






REVISIÓN

Diode laser to enhance irrigation of the root canal system: systematic literature review

Láser de diodo para potenciar la irrigación del sistema de conductos radiculares: revisión bibliográfica sistemática

Miryan Margarita Grijalva Palacios¹  , Nathalie Stefy Ponce Reyes¹  , Naomi Leonela Vásquez Guerra¹  ,
Alejandra Daniela Chávez Arteaga¹  

¹Universidad Regional Autónoma de los Andes Uniandes, Ibarra-Ecuador.

Citar como: Grijalva Palacios MM, Ponce Reyes NS, Vásquez Guerra NL, Chávez Arteaga AD. Diode laser to enhance irrigation of the root canal system: systematic literature review. Salud, Ciencia y Tecnología. 2024;4:921. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2024921>

Enviado: 24-12-2023

Revisado: 02-03-2024

Aceptado: 03-04-2024

Publicado: 04-04-2024

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

ABSTRACT

The use of lasers in endodontics has revolutionized the dental field by offering a precise and less invasive option to treat pulp and periapical problems. This is why the importance of the diode laser in endodontics is recognized in order to potentiate the irrigation of the root canal system. The aim of this study was to interpret, by means of a systematic literature review, the use of the diode laser to enhance root canal irrigation in endodontics. Through a systematic review, 18 original articles related to the aforementioned topic were analyzed, which were obtained from the electronic search of the following databases: Springer, BioMed Central, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, PubMed, Wiley Online Library. In addition. It was obtained as results that it is possible to reach areas such as lateral or accessory canals that may be inaccessible for traditional irrigation techniques, eliminating dentin debris, smear layer and other residues; however, despite its advantages it should be considered that the application of the diode laser should not replace conventional treatment, but should be considered as a possible complementary treatment. It is concluded that the application of the diode laser in endodontic therapy improves the efficiency of root canal system disinfection.

Keywords: Laser in Dentistry; Diode Laser; Laser in Endodontics; Pulp Problems; Periapical Problems.

RESUMEN

El uso del láser en endodoncia ha revolucionado el campo dental al ofrecer una opción precisa y menos invasiva para tratar problemas pulpares y periapicales. Es por ello que se reconoce la importancia del láser de diodo en Endodoncia para potencializar la irrigación del sistema de conductos radiculares. El objetivo de estudio fue interpretar, mediante revisión bibliográfica sistemática, el empleo del láser de diodo para potenciar la irrigación del sistema de conductos radiculares en Endodoncia. A través de una revisión sistemática se analizaron 18 artículos originales que guardan relación con el tema antes mencionado, los cuales se obtuvieron de la búsqueda electrónica de las siguientes bases de datos: Springer, BioMed Central, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, PubMed, Wiley Online Library. Además. Se obtuvo como resultados que se puede llegar a áreas como los conductos laterales o accesorios que pueden ser inaccesibles para las técnicas de irrigación tradicionales, eliminando restos de dentina, capa de barrillo y otros residuos; sin embargo, a pesar de sus ventajas se debe considerar que la aplicación del láser de diodo no debería sustituir al tratamiento convencional, sino que debería considerarse como un posible tratamiento complementario. Se concluye que la aplicación del láser de diodo en la terapia endodóntica mejora la eficiencia de la desinfección del sistema de conductos radiculares.

Palabras clave: Láser en Odontología; Láser de Diodo; Láser en Endodoncia; Problemas Pulpares; Problemas Periapicales.

INTRODUCCIÓN

La terapia de conducto es un método terapéutico comúnmente utilizado; el principal objetivo del tratamiento de endodoncia es eliminar eficazmente las bacterias y los restos de tejido pulpar necrótico del sistema de conductos radiculares con el fin de preservar los dientes.^(1,2,3,4)

Las técnicas de terapia de endodoncia convencionales de última generación siguen siendo reconocidas como un tratamiento “estándar de oro”; con el tiempo, se emplean numerosas técnicas para facilitar una desinfección adecuada activando el irrigante elegido en el sistema de conductos radiculares; sin embargo, estas técnicas también tienen limitaciones y no pueden eliminar por completo todo el biofilm de los canales radiculares especialmente de los accesorios o delta apicales, por lo cual debido a la variedad en las tasas de fracaso informadas y el dolor postoperatorio impulsan la necesidad de alternativas complementarias.^(4,5)

Los irrigantes más comunes que se utilizan en endodoncia incluyen hipoclorito de sodio (NaOCl) y clorhexidina y ácido etilendiaminetetraacético (EDTA), entre otros.^(4,5) La solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) es el irrigante más utilizado durante el desbridamiento quimiomecánico de conductos radiculares debido a su amplio espectro antimicrobiano y su capacidad para disolver restos de tejido orgánico.^(4,5,6,7)

La instrumentación de los conductos radiculares conduce a la formación de una capa residual, conocida como barrillo dentinario, el cual se adhiere a las paredes dentinarias y puede contener microorganismos y sus subproductos, sirviendo como sustrato para la formación de biopelículas.⁽⁸⁾

Hajjar; Vega, & Monar, manifiestan que al contener el barrillo dentinario microorganismos irritantes, biopelículas y restos de tejido necrótico deben ser completamente eliminado de las paredes para que no actúe como una barrera física entre los materiales de obturación y la dentina, impidiendo la entrada y flujo de los irrigantes en los túbulos dentinarios, potenciando el fracaso del tratamiento endodóntico.^(9,10)

La irrigación tradicional con jeringas es un procedimiento de endodoncia ampliamente utilizado antes de la llegada de la activación ultrasónica pasiva; consiste en la dispensación de una solución de irrigación en el conducto radicular del diente a través de agujas/cánulas de calibre variable, ya sea de forma pasiva o bajo agitación; esto último se logra moviendo la aguja hacia arriba y hacia abajo en el espacio del conducto radicular del diente; sin embargo, no garantiza una renovación completa de la solución de riego en la zona apical, la persistencia de burbujas de gas (bloqueo de vapor) en la zona apical disminuye la penetración de la solución de irrigación, lo que provoca una acumulación de bacterias y desechos que es una limitación de la irrigación tradicional con jeringas en procedimientos de endodoncia.^(7,9)

Láseres en endodoncia

Para aumentar la eficacia de los tratamientos de endodoncia, en los últimos años se investigan diferentes longitudes de onda del láser y se estudian en numerosas ocasiones in vitro la eliminación de bacterias a diferentes profundidades mediante varios procedimientos terapéuticos y clínico incluso con longitudes de onda dobles.^(7,11) Entre otras muchas técnicas que se desarrollan para mejorar la desinfección del conducto radicular, se sugieren los láseres de diodo de alta potencia por su capacidad para llegar a zonas imposibles de alcanzar con las técnicas tradicionales.^(7,11)

La activación del láser mejora la eficacia de los irrigantes para eliminar la capa de barrillo al facilitar una penetración más profunda del irrigante en los túbulos dentinarios y las áreas apicales; este efecto se atribuye a la cavitación, que se produce como resultado de la energía del láser, que provoca la formación de burbujas de vapor en la solución de irrigación, que posteriormente se expanden e implosionan.^(4,5,12)

Las fuerzas de corte y las ondas de choque que se generan por el colapso de las burbujas contribuyen a la eliminación de la capa de barro de las paredes dentinarias, mejorando así la eficiencia de la solución irrigante, además las ondas de presión y las burbujas de cavitación secundarias también influyen en la acción de limpieza.^(4,5,12) Se investigan instrumentos complementarios, como los láseres, para abordar el riesgo de fracaso de la terapia endodóntica debido a la complejidad del sistema de conductos radiculares, además su uso en irradiación directa de los conductos radiculares o como complemento a los irrigantes colocados en los canales, en combinación con un fotosensibilizador (terapia fotodinámica antimicrobiana) y como fotobiomodulación para la gestión del dolor.^(4,8)

Láser de diodo

Los láseres de diodo tienen una absorción insignificante en agua, mientras que son absorbidos en gran medida por la melanina y la hemoglobina como principales moléculas absorbentes en los tejidos blandos.^(8,13) Esta técnica es adecuada para el desbridamiento ya que no elevan la temperatura del tejido y no interfiere con el tejido duro, estos son muy utilizados debido a su capacidad de cambiar la función celular de forma no térmica y no destructiva.^(8,11,14)

Algunas investigaciones demuestran que el láser de diodo puede eliminar bacterias que migran profundamente a la dentina, pudiendo así aumentar la tasa de éxito en la terapia endodóntica, además otros informan que en la terapia periodontal hay una reducción significativa de los efectos proinflamatorios mediadores y mayor

mejora de los parámetros clínicos periodontales.^(11,15)

Láser de Er:YAG

El láser Er:YAG es un láser infrarrojo medio con una longitud de onda de 2940 nm; en comparación con otras unidades láser de diferentes longitudes de onda, puede ser altamente absorbido por el agua y las hidroxiapatitas; se ha demostrado que la ablación directa con láser es eficaz para eliminar la capa de barrillo dentinario y las sustancias infectadas de la superficie de la dentina, así como para abrir los túbulos dentinarios, lo que facilita la eliminación de las bacterias intratubulares.^(11,13,15)

Es por eso que surge la necesidad de realizar una revisión de las diferentes fuentes bibliográficas con la finalidad de analizar la importancia que tiene la utilización del láser de diodo como parte de la terapia endodóntica, de manera que se busca lograr el éxito del tratamiento, ya que en la actualidad se han realizado nuevos avances como los láseres de diodo, de Er:YAG y de Erblio-Cromo, entre otros que permiten una desinfección más eficiente, procedimientos menos invasivos, y menor necesidad de retratamientos del sistema de conductos radiculares, pues estas técnicas permiten alcanzar las zonas de difícil acceso, donde los instrumentos manuales y rotatorios no pueden llegar y mejorar de esta manera el éxito clínico.

El objetivo de estudio es interpretar, mediante revisión bibliográfica sistemática, el empleo del láser de diodo para potenciar la irrigación del sistema de conductos radiculares en Endodoncia.

MÉTODOS

Para realizar la presente revisión bibliográfica se empleó la metodología documental, el material que se utilizó para analizar la importancia del láser de diodo en Endodoncia para potencializar la irrigación del sistema de conductos radiculares, fueron 18 artículos originales, se consideró un periodo entre 2018 al 2023, los cuales se obtuvieron mediante una búsqueda electrónica de bases de datos como: Springer, BioMed Central, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, PubMed, Wiley Online Library.

Mediante una matriz de contenido se obtuvieron los datos y se interpretaron con el análisis de contenido. Al momento de buscar la presente información se utilizó palabras claves: “láser en odontología”; “láser de diodo”; “láser en endodoncia”.

Crterios de inclusión utilizados en la búsqueda

- a. Artículos de los que se podía obtener el resumen o texto completo.
- b. Período de publicación: 2018 al 2023.
- c. Artículos publicados en revistas científicas de alto impacto: Springer, BMC, MDPI, PubMed, Wiley Online Library.
- d. Artículos con amplia relación con el presente tema de investigación.

Crterios de exclusión en la búsqueda

- a. Artículos que carecían de utilidad para el tema a tratar.
- b. Artículos que no estaban escritos en idioma inglés.

Tomando en cuenta lo expuesto, se seleccionaron artículos, de los cuales no todos cumplían con los parámetros antes indicados, de tal manera que solo se utilizó 18 artículos originales (figura 1) con texto completo en el idioma inglés; todos con un periodo entre el 2018 al 2023, que a su vez guardan relación con los fines establecidos en el objetivo de la presente revisión bibliográfica, de esta modo lograr resolver problemática existente y determinar cuál es la importancia del láser de diodo en Endodoncia para potencializar la irrigación del sistema de conductos radiculares, de manera que se obtenga mayor éxito clínico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales hallazgos de la revisión bibliográfica se muestran en la tabla 1.

En las últimas décadas, el campo de la endodoncia experimenta una revolución gracias al avance continuo de la tecnología. La introducción de herramientas y técnicas innovadoras ha transformado radicalmente la forma en que se diagnostican y tratan las enfermedades pulpares. Estos avances tecnológicos continúan elevando los estándares de atención en la endodoncia, mejorando la calidad de vida de los pacientes y asegurando resultados más predecibles y duraderos.

Al analizar los artículos en este estudio, se resalta que (Sadony *et al.*; Kapetanović *et al.*) mencionan que el uso de la técnica del láser de diodo proporciona un mayor alcance de áreas complejas en el sistema de conductos radiculares que otras técnicas no podrían.^(1,17)

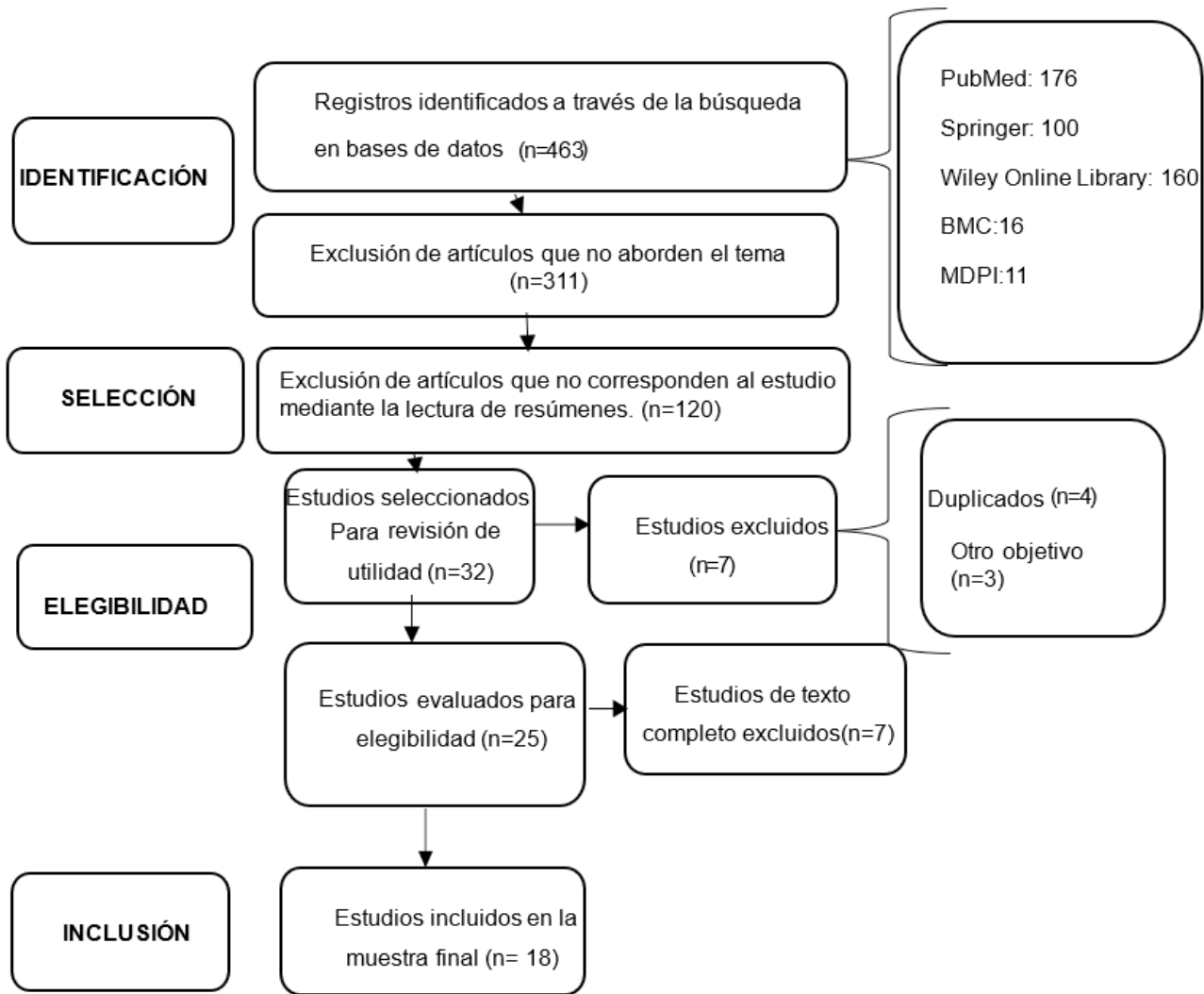


Figura 1. Diagrama de flujo de la revisión bibliográfica

Tabla 1. Descripción de los artículos utilizados para la investigación

Autor y Título	Datos	Categoría
(Sadony et al., 2021) E f e c t of photodynamic therapy using diode laser and a novel plant extract irrigant against Enterococcus faecalis and Candida albicans. ⁽¹⁾	El objetivo del tratamiento de conducto es la eliminación de los desechos pulpares y los microorganismos. Estudios han demostrado que mediante la preparación quimiomecánica la mitad de las paredes dentinarias pueden permanecer intactas debido a la complejidad de los conductos radiculares a comparación de la desinfección con láser que tiene la capacidad de alcanzar áreas complejas que otras técnicas no podrían alcanzar, además es altamente efectiva contra las bacterias orales y tiene la ventaja de eliminar microorganismos periodontales y endodónticos casi sin efectos secundarios.	Mayor eficacia debido al alcance de áreas complejas en el sistema de conductos radiculares. Eliminación de microorganismos.
(Hend et al., 2023) Efficiency of diode laser in control of post-endodontic pain: a randomized controlled trial. ⁽¹⁶⁾	La terapia endodóntica busca el control del dolor post-endodóntico. Debido a los efectos secundarios indeseables que los AINES pueden ocasionar es necesario tener en cuenta otros métodos para el alivio del dolor; uno de los usos de la terapia con láser en odontología es su efecto antiinflamatorio para aliviar el dolor, mediante la disminución de bradicinina e histamina, otro de los usos que se le atribuye es la cicatrización de heridas. La utilización del láser de diodo de baja intensidad es más eficaz para el control del dolor postoperatorio inmediato después de 24 horas, en comparación a la irrigación activada por láser (LAI)	Diferencia significativa en el alivio del dolor a las 24 horas. Intervención en la producción de factores proinflamatorios y neurotransmisores relacionados con el dolor

(Dai et al., 2018) Bactericidal effect of a diode laser on <i>Enterococcus faecalis</i> in human primary teeth—an in vitro study. ⁽²⁾	Tras el tratamiento endodóntico, algunos microorganismos podrían mantenerse, incluso después de la instrumentación mecánica, lo que puede resultar en un desenlace desfavorable durante el procedimiento de tratamiento de conductos. La combinación del láser de diodo con NaOCl presenta una mayor reducción de la capa de barrillo dentinario que el láser de diodo sin NaOCl lo que resulta en un mejor contacto entre dicho compuesto y las bacterias. El uso de láser de diodo, especialmente combinado con NaOCl permite una muy amplia reducción bacteriana en las superficies de los conductos radiculares; incluso en los túbulos dentinarios más profundos.	Mayor efecto bactericida del láser de diodo en combinación con NaOCl.
(Huang et al., 2023) Current Applications and Future Directions of Lasers in Endodontics: A Narrative Review. ⁽³⁾	Los procedimientos asistidos por láser de diodo de 808 nm, que incluye hemostasia y descontaminación, podrían mejorar los resultados del tratamiento de recubrimiento pulpar para exposiciones a caries. En ensayos aleatorizados sobre pulpotomía, el grupo tratado con láser de diodo de baja potencia alcanzó una tasa de éxito clínico del 100 % a diferencia del 87,5 % de los tratamientos con diodo de alta potencia. En cuanto al manejo del dolor, el láser de diodo de 940 nm en el contexto de la desinfección del conducto radicular, luego de la extracción y preparación del empaste del conducto radicular concluyó en un dolor postoperatorio ligeramente menor y una menor ingesta de analgésicos. En cuanto a la aceleración del desarrollo radicular, las investigaciones han demostrado que la combinación del láser de diodo GaALAs (810 nm) puede acelerar la dentinogénesis y la apexogénesis.	Mejorar el recubrimiento pulpar. Disminución de fracaso clínico gracias a la implementación del láser de diodo de baja potencia. Disminución del dolor postoperatorio. Aceleración del desarrollo radicular.
(Anagnostaki et al., 2020) Systematic Review on the Role of Lasers in Endodontic Therapy: Valuable Adjunct Treatment?. ⁽⁴⁾	El hipoclorito de sodio (NaOCl), combinado con instrumentación mecánica ha representado el "estándar de oro" en endodoncia; sin embargo, se ha descrito un riesgo de fracaso de entre el 7 y el 16 %, principalmente debido a la complejidad del sistema de conductos radiculares, es por ello que se han investigado métodos adicionales como el láser. La aplicación del láser de diodo no debería sustituir al tratamiento convencional, sino que debería considerarse como un posible tratamiento complementario. En un estudio en el cual se usó el láser de diodo de 970 nm, se probaron los niveles de CGRP junto con los niveles de dolor; el CGRP es un mediador proinflamatorio que desencadena inflamación, durante la cual aumenta la sensibilidad al dolor y disminuye el umbral del dolor. El estudio determinó resultados favorables, disminuyendo las puntuaciones de dolor a la percusión y la cantidad total de CGRP.	El láser de diodo debe considerarse como tratamiento complementario. Disminución del dolor y la inflamación.
(Hajjar et al., 2022) An integrative review on the tooth root canal disinfection by combining laser assisted approaches and antimicrobial Solutions. ⁽⁹⁾	El hipoclorito de sodio (NaOCl) es la solución antimicrobiana más común para la desinfección del conducto radicular, este compuesto tiene limitaciones que disminuyen la eliminación de la capa de barrillo entre otras consecuencias, de esta manera, se debe potenciar la erradicación de bacterias mediante el uso de métodos físicos alternativos como las técnicas asistidas por láser. La acción antibacteriana del efecto combinado del láser y las soluciones de irrigación fueron más efectivos que los de los grupos de irradiación únicamente con láser. El estudio informa que el tratamiento con láser combinado con NaOCl proporciona un efecto bactericida del 98 al 99 % en la erradicación de microorganismos. Además, promueve una desinfección profunda que llega hasta los túbulos dentinarios.	La combinación de soluciones antimicrobianas y láser mejora considerablemente la erradicación de bacterias en el tratamiento de conducto radicular.
(Erben et al., 2019) Evaluation of the bactericidal potential of 2780 nm ER, CR: YSGG and 940 nm diode lasers in the root canal system. ⁽⁵⁾	Los datos demuestran que la combinación de las longitudes de onda del láser dual (Er, Cr:YSGG y diodo de 940 nm) es segura y más efectiva que cualquiera de los láseres solos y es comparable a la irrigación con aguja con hipoclorito de sodio y ácidoetilendiaminotetraacético (EDTA). Este láser fue efectivo para eliminar la capa de barrillo y lograr una desinfección profunda de la dentina, además de su actividad antibacteriana. Este sistema de láser dual puede resultar más eficaz en el tratamiento de sistemas de conductos radiculares que cualquier longitud de onda láser sola.	Efectividad del láser dual (Er, Cr:YSGG y diodo de 940 nm) en tratamiento de conductos. Eliminación de la capa de barrillo.
		A c t i v i d a d antibacteriana.

<p>(Hüseyn Gündüz & Esin Özlek, 2023) The effects of laser and ultrasonic irrigation activation methods on smear and debris removal in traditional and conservative endodontic access cavities.⁽¹²⁾</p>	<p>Tanto en las cavidades de acceso tradicionales como en las conservadoras se observaron considerablemente menos frotis en el grupo de activación con láser en comparación con los grupos de activación ultrasónica; además se observaron significativamente menos desechos en el grupo de activación láser en comparación con el grupo de irrigación con aguja convencional. Estudios demuestran que la activación con láser era más eficaz que la irrigación ultrasónica pasiva o la irrigación manual para eliminar los restos de dentina, así como para eliminar los medicamentos del conducto radicular, también para facilitar la penetración de los selladores del conducto radicular, y además mejora la eficacia de los irrigantes para eliminar la capa de barrillo.</p>	<p>Reducción de la capa de frotis y desechos. Eficacia para eliminar restos de dentina, medicamentos del conducto y capa de barrillo. Facilita la penetración de selladores del conducto.</p>
<p>(Kebudi et al., 2020) Antibacterial efficacy of 810-nm diode laser on the biofilm formation by <i>Enterococcus faecalis</i> in root canals: an in vitro study.⁽⁷⁾</p>	<p>Las infecciones endodónticas suelen estar relacionadas con múltiples especies; en el presente estudio se eligió <i>E. faecalis</i> como marcador microbiológico porque se ha identificado con frecuencia en casos con infecciones endodónticas. En varios estudios anteriores se ha demostrado la eficacia de los láseres de diodo contra diversos microorganismos, pero según algunos, no era más eficaz que la irrigación con NaOCl. Se observaron reducciones significativas en los grupos que emplearon un láser de diodo de 810nm, sin embargo, el grupo que obtuvo una mayor reducción de la biopelícula de <i>E. faecalis</i> fue el que combinó EDTA al 17 % + NaOCl al 5,25 % + solución salina.</p>	<p>Eficacia contra diversos microorganismos como <i>E. faecalis</i>.</p>
<p>(Shan et al., 2022) Comparison of Er:YAG laser and ultrasonic in root canal disinfection under minimally invasive access cavity.⁽¹⁵⁾</p>	<p>El láser de diodo puede utilizarse como complemento para la desinfección del sistema de conductos radiculares en el tratamiento endodóntico, este láser da lugar a paredes del conducto radicular más limpias, sin embargo, no está claro si la irrigación asistida por láser puede mejorar la desinfección. EL estudio menciona que, aunque los ultrasonidos y el láser puede mejorar la desinfección con NaOCl, la tasa de eliminación de bacterias no puede alcanzar el 100 %; sin embargo, si pueden eliminar eficazmente la capa de barrillo dentinario y exponer los túbulos dentinarios, así como potenciar la eliminación de bacterias tanto en el conducto radicular como en el interior de los túbulos dentinarios.</p>	<p>Tratamiento complementario. Eliminación eficaz de la capa de barrillo dentinario.</p>
<p>(Kapetanović et al., 2022) Efficacy of different Er:YAG laser-activated photoacoustic streaming modes compared to passive ultrasonic irrigation in the retreatment of curved root canals.⁽¹⁷⁾</p>	<p>El retratamiento del conducto radicular se convierte en la opción terapéutica principal cuando el tratamiento inicial fracasa. Esta técnica implica la eliminación del material de obturación, seguida de un proceso de irrigación, desinfección y posterior rellenado del espacio endodóntico. La irrigación ultrasónica pasiva (PUI) se ha descrito como una técnica complementaria eficaz tras el retratamiento convencional, sin embargo, estudios recientes han advertido de su menor eficacia en anatomías de conducto complejas en comparación con la irrigación activada por láser. Tanto la irrigación ultrasónica como la activada por láser arrojaron resultados con una eficacia similar en la eliminación de restos de obturación de conductos radiculares redondos y curvos tras un retratamiento básico.</p>	<p>Mayor exposición de los túbulos dentinarios Eficacia en la eliminación de restos de obturación de conductos radiculares. Eliminación de restos en áreas complejas.</p>
<p>(Ancioğlu et al., 2021) The comparison of cleaning efficacy and apical extrusion of advanced irrigation activation methods with a novel Er:YAG laser modality: sweeps.⁽¹³⁾</p>	<p>No se puede lograr una limpieza total únicamente mediante la preparación mecánica debido a la complicada estructura del conducto radicular, además, se demostró que la acción química de las soluciones de irrigación por sí solas no son suficientes para eliminar completamente la capa orgánica e inorgánica de la pared del conducto radicular. Por ende, es necesario implementar un protocolo de irrigación eficiente para lograr una desinfección exitosa de los conductos radiculares. Por ende, es necesario implementar un protocolo de irrigación eficiente para lograr una desinfección exitosa de los conductos radiculares, combinando nuevas modalidades de irrigación activada por láser para proporcionar una mayor eficacia de limpieza en la pared del conducto radicular. El láser de diodo obtuvo resultados favorables, pues se determinó una menor cantidad de desechos y en general mayor apertura de los túbulos dentinarios en comparación con la técnica PUI en la cual se observó que las muestras tenían desechos pesados, mientras que en la técnica PIPS se registraron restos que cubrían casi el 50 % del conducto radicular.</p>	<p>Mayor eficacia de limpieza en la pared del conducto radicular Mayor disminución en la cantidad de desechos en comparación con la técnica PUI y PIPS. Mayor exposición de los túbulos dentinarios.</p>

(Liu et al., 2019) Bactericidal efficacy of three parameters of Nd:YAP laser irradiation against <i>Enterococcus faecalis</i> compared with NaOCl irrigation. ⁽⁶⁾	Estudios determinan que el láser de diodo es más efectivo para reducir las biopelículas de <i>E. faecalis</i> que la activación ultrasónica y la irrigación con jeringa convencional. Además, otros estudios afirman que el láser de diodo de 1,5 W era eficaz en la reducción del recuento de bacterias de <i>E. faecalis</i> de las paredes del conducto radicular y los túbulos dentinarios sin dañar las estructuras periodontales	Efecto bactericida eficaz en la eliminación de biopelículas de <i>E. faecalis</i>
(Gutknecht et al., 2018) Bactericidal effect of 445-nm blue diode laser in the root canal dentin on <i>Enterococcus faecalis</i> of human teeth. ⁽¹¹⁾	Debido a que las bacterias son la principal causa de infecciones endodónticas, eliminar las bacterias persistentes en las áreas alejadas del sistema de conductos radiculares representa un desafío significativo en las estrategias de tratamiento. El efecto bactericida de un láser de diodo azul con una longitud de onda de 445 nm mostró que la irradiación con 1,2 W eliminó un promedio del 96 %, 97,6 % y 84,9 % de <i>E. faecalis</i> a profundidades de dentina de 300 µm, 500 µm y 1000 µm, respectivamente, mientras que una potencia inferior de 0,4 W en modo continuo eliminó el 6,90 %, el 32,50 % y el 9,68 % respectivamente es por ello que se determina que reducir la potencia en modo continuo había disminuido el efecto antibacteriano de este láser.	Eliminación bacteriana. Aumenta la tasa de éxito en la terapia endodóntica.
(Kazeminejad et al., 2021) A comparison of smear layer removal effects between conventional chemical surface treatment and double-wavelength (Er,Cr:YSGG 2780 nm and diode 940 nm) laser methods on push-out bond strength of Biodentine. ⁽¹⁸⁾	En el campo de la endodoncia, se buscan en primer lugar, una preparación biomecánica en la que el sistema de conductos radiculares se limpie, desinfecte y prepare de manera adecuada; y segundo, obturar el sistema de conductos radiculares. Garantizar un sellado efectivo entre las paredes del conducto radicular y los materiales de obturación es un factor crucial para el éxito de este tratamiento. Actualmente, el uso alternativo de hipoclorito de sodio y EDTA 17 % se propone como protocolo estándar para eliminar el barrillo dentinario, sin embargo, estudios recientes han demostrado que el uso de EDTA puede provocar una reducción de la resistencia de la raíz contra las fracturas, además su uso durante más de 1 min provocar la destrucción y erosión de la pared dentinaria del conducto es por ello que se propone al láser como un método alternativo para la eliminación de la capa de barrillo. Tras el análisis se determinó que el protocolo de longitud de onda dual (combinación de láser Er,Cr:YSGG en 2780 nm y láser de diodo en 940 nm) elimina la capa de barrillo de manera efectiva, así como el EDTA. El estudio muestra que la fuerza de adhesión de Biodentine no se vio afectada por la presencia o ausencia de la capa de barrillo.	Eficacia en la eliminación de la capa de barrillo dentinario. Sellado efectivo de las paredes del conducto. Mayor eficacia con el uso de láser dual (Er,Cr:YSGG y láser de diodo) Eliminación de la capa de barrillo.

Uno de los objetivos del tratamiento de conducto es la eliminación de los microorganismos; los estudios presentados por (Sadony et al.; Erben et al.; Shan et al.; Arıcıoğlu et al.; Gutknecht et al.) aluden que implementar un protocolo de irrigación puede permitir alcanzar el objetivo de una desinfección exitosa de los conductos radiculares mediante láser, mejorando así la limpieza en las paredes del conducto radicular.^(1,5,11,13,15)

En el contexto de la endodoncia, la bacteria *E. faecalis* puede ser resistente a los tratamientos y puede sobrevivir en condiciones extremas, como las presentes durante los procedimientos de endodoncia. Además, puede colonizar fácilmente los conductos radiculares y las estructuras dentales afectadas por infecciones pulpares o periapicales; sin embargo, en las investigaciones presentadas por (Kebudi et al.; Liu et al.) se evidencia que el uso de láser de diodo proporciona reducciones significativas de la biopelícula de *E. faecalis*.^(6,7)

Destaca que (Gutknecht et al.; Huang et al.) afirman que los procedimientos asistidos por láser de diodo, podrían mejorar los resultados del tratamiento endodóntico.^(3,11) Por otro lado, se debe considerar que el uso del láser de diodo no debe reemplazar el tratamiento estándar, sino ser visto como una opción adicional de tratamiento; esto se observa en los estudios proporcionados por (Anagnostaki et al.; Shan et al.).^(4,15)

En los estudios que presentan (Hüseyin Gündüz & Esin Özlek; Kapetanović et al.; Arıcıoğlu et al.) se obtiene como resultados menos presencia de desechos en el grupo de activación con láser de diodo en comparación con otras técnicas como la PUI y la irrigación convencional.^(12,13,17)

Es interesante que (Erben et al.; Kazeminejad et al.) mencionan que un protocolo láser dual, es decir, una combinación de láser Er,Cr:YSGG junto con el láser de diodo elimina la capa de barrillo de manera efectiva y lograr una desinfección profunda.^(5,18) Además, los autores (Erben et al.; Hüseyin Gündüz & Esin Özlek; Shan et al.; Kazeminejad et al.) concuerdan que el uso del láser garantiza una eliminación eficaz de la capa de barrillo dentinario con la finalidad de éxito en el tratamiento.^(5,12,15,18)

Por su parte, (Arıcıoğlu et al.; Shan et al.) mencionan que otra de las ventajas del láser de diodo es mejorar la exposición los túbulos dentinarios que es esencial para garantizar una limpieza profunda, desinfección, una

obturación efectiva.^(13,15)

Asegurar un correcto sellado entre las paredes del conducto radicular y los materiales de obturación es esencial para el éxito de la terapia endodóntica, de esta manera (Hüseyin Gündüz & Esin Özlek; Kazeminejad et al.) aluden en estudios que la activación con láser de diodo facilita la penetración de los selladores en el sistema de conductos.^(12,18)

Eliminar el dolor es un objetivo central en la práctica de la endodoncia para mejorar la calidad de vida del paciente y preservar la estructura dental; de esta manera (Hend et al.; Huang et al.; Anagnostaki et al.) manifiestan que la utilización del láser de diodo es eficaz para el control del dolor postoperatorio.^(3,4,16)

El tejido alrededor del diente puede estar inflamado como resultado de la infección antes del tratamiento y debido a la manipulación del tejido durante el procedimiento, uno de los beneficios que logra el láser de diodo en la terapia endodóntica es la disminución de mediadores proinflamatorios como la bradiginina e histamina, así lo manifiestan (Hend et al.; Anagnostaki et al.).^(4,16)

El hipoclorito de sodio (NaOCl), combinado con instrumentación mecánica ha representado el estándar en endodoncia; sin embargo, este compuesto tiene ciertas limitaciones, de esta manera, se debe potenciar la erradicación de bacterias mediante el uso de métodos físicos alternativos como las técnicas asistidas por láser, de manera que los autores (Dai et al.; Hajjar et al.) manifiestan que la combinación del láser de diodo con NaOCl proporciona un mayor efecto bactericida.^(2,9)

Los investigadores de este estudio, aplicando principios de neutrosofía, que se ocupa de la exploración de la incertidumbre, recomiendan la realización de investigaciones futuras centradas en la aplicación del láser de diodo en procedimientos de endodoncia. El objetivo sería optimizar la irrigación del sistema de conductos radiculares, una técnica que promete mejorar significativamente la efectividad del tratamiento endodóntico.

La propuesta se basa en la premisa de que, al reducir la incertidumbre asociada con las técnicas convencionales de irrigación, el láser de diodo podría ofrecer un enfoque más preciso y eficiente para eliminar los tejidos necróticos y los microorganismos presentes en los conductos radiculares. Esta recomendación no solo se fundamenta en la necesidad de avanzar en las prácticas endodónticas sino también en el éxito que herramientas similares han demostrado en otros ámbitos de investigación,^(19,20,21) donde la aplicación de tecnologías innovadoras ha permitido superar limitaciones previas y alcanzar resultados más satisfactorios. Este enfoque innovador representa un paso adelante potencial en la mejora de los procedimientos endodónticos, prometiendo beneficios tangibles tanto para los profesionales como para los pacientes.

CONCLUSIONES

El uso del láser de diodo en endodoncia para potenciar la irrigación del sistema de conductos radiculares es una técnica innovadora que ha demostrado ser beneficioso en varios aspectos. Según los resultados obtenidos se ha determinado que el láser de diodo mejora la eficiencia de la desinfección del sistema de conductos radiculares; y su efecto es potenciado en combinación de soluciones antimicrobianas para aumentar su eficacia.

La energía láser puede llegar a áreas como los conductos laterales o accesorios pueden ser inaccesibles para las técnicas de irrigación tradicionales, eliminando restos de dentina, capa de barrillo y otros residuos; además, el láser de diodo ayuda a preservar el tejido dental sano que de otra manera podría ser dañado por procedimientos más invasivos esto es fundamental para la conservación de la estructura dental; sin embargo, a pesar de sus ventajas se debe considerar que la aplicación del láser de diodo no debería sustituir al tratamiento convencional, sino que debería considerarse como un posible tratamiento complementario.

Estos beneficios subrayan la importancia de esta tecnología en el campo de la endodoncia y su papel en mejorar los resultados del tratamiento endodóntico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sadony, DM, Khallaf, ME y Kamal, JS Efecto de la terapia fotodinámica con láser de diodo y un nuevo irrigante de extracto de planta contra *Enterococcus faecalis* y *Candida albicans*. Bull Natl Res Cent 45, 53 (2021). <https://doi.org/10.1186/s42269-021-005>.

2. Dai, S., Xiao, G., Dong, N. et al. Bactericidal effect of a diode laser on *Enterococcus faecalis* in human primary teeth—an in vitro study. BMC Oral Health 18, 154 (2018). <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0611-6>.

3. Huang Q, Li Z, Lyu P, Zhou X, Fan Y. Current Applications and Future Directions of Lasers in Endodontics: A Narrative Review. Bioeng 2023, Vol 10, Page 296 [Internet]. 2023 Feb 26 [cited 2023 Oct 23];10(3):296. Available from: <https://www.mdpi.com/2306-5354/10/3/296/htm>

4. Anagnostaki E, Mylona V, Parker S, Lynch E, Grootveld M. Systematic Review on the Role of Lasers in Endodontic Therapy: Valuable Adjunct Treatment? Dent J 2020, Vol 8, Page 63 [Internet]. 2020 Jul 1 [cited 2023 Oct 23];8(3):63. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-6767/8/3/63/htm>

5. Erben P, Chang AM, Darveau RP, Fong H, Johnson JD, Paranjpe A. Evaluation of the bactericidal potential of 2780-nm ER,CR:YSGG and 940-nm diode lasers in the root canal system. *Lasers Dent Sci* [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2023 Oct 23];3(2):137-46. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41547-019-00060-z>
6. Liu T, Huang Z, Ju Y, Tang X. Bactericidal efficacy of three parameters of Nd:YAP laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation. *Lasers Med Sci* [Internet]. 2019 Mar 6 [cited 2023 Oct 23];34(2):359-66. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-018-2603-9>
7. Benezra MK, Karaaslan E, Doymaz MZ, Dincer AN. Antibacterial efficacy of 810-nm diode laser on the biofilm formation by *Enterococcus faecalis* in root canals: an in vitro study. *Lasers Dent Sci* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2023 Oct 23];4(2):73-8. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41547-020-00088-6>
8. Sayar F, Hashemi S, Chiniforush N, Seyed Jafari E, Jandaghi A. Effects of diode and erbium lasers as an adjunct to scaling and root planing on clinical and immunological parameters in non-surgical periodontal treatment: a split-mouth randomized controlled clinical trial—“effects of lasers on immunological parameters.” *Lasers Med Sci* [Internet]. 2022 Sep 1 [cited 2023 Oct 23];37(7):3021-30. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-022-03596-y>
9. Hajjar S, Melo-Ferraz A, Carvalho O, Henriques B, Silva F, Teughels W, et al. An integrative review on the tooth root canal disinfection by combining laser-assisted approaches and antimicrobial solutions. *Lasers Dent Sci* [Internet]. 2022 Sep 1 [cited 2023 Oct 23];6(3):133-51. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41547-022-00163-0>
10. Vega, M., & Monar, J. (2021). Estudio comparativo in vitro a través de microfotografía de la efectividad del anillo ultrasónico HBW y la punta ultrasónica IrriS en la remoción de barrillo dentinario. *Odontoinvestigación*, 7(1), 54-67.
11. Gutknecht N, Al Hassan N, Martins MR, Conrads G, Franzen R. Bactericidal effect of 445-nm blue diode laser in the root canal dentin on *Enterococcus faecalis* of human teeth. *Lasers Dent Sci* 2018 24 [Internet]. 2018 Nov 16 [cited 2023 Oct 23];2(4):247-54. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41547-018-0044-1>
12. Gündüz H, Özlek E. The effects of laser and ultrasonic irrigation activation methods on smear and debris removal in traditional and conservative endodontic access cavities. *Lasers Med Sci* [Internet]. 2023 Dec 1 [cited 2023 Oct 23];38(1):1-9. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-023-03816-z>
13. Arıcioglu B, Çıkman AŞ, Babacan M. The comparison of cleaning efficacy and apical extrusion of advanced irrigation activation methods with a novel Er:YAG laser modality: sweeps. *Lasers Dent Sci* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2023 Oct 23];5(1):43-52. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41547-021-00113-2>
14. Singh K, Jhingan P, Malik M, Mathur S. In vitro comparative evaluation of physical and chemical properties of surface enamel after using APF and SDF with or without laser activation. *Eur Arch Paediatr Dent* [Internet]. 2023 Aug 1 [cited 2023 Oct 23];24(4):461-72. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40368-023-00808-z>
15. Shan XY, Tian FC, Li J, Yang N, Wang YY, Sun H Bin. Comparison of Er:YAG laser and ultrasonic in root canal disinfection under minimally invasive access cavity. *Lasers Med Sci* [Internet]. 2022 Oct 1 [cited 2023 Oct 23];37(8):3249-58. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-022-03613-0>
16. Ismail HH, Obeid M, Hassanien E. Efficiency of diode laser in control of post-endodontic pain: a randomized controlled trial. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2023 Jun 1 [cited 2023 Oct 23];27(6):2797-804. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-023-04864-z>
17. Petričević GK, Katić M, Anić I, Salarić I, Vražić D, Bago I. Efficacy of different Er:YAG laser-activated photoacoustic streaming modes compared to passive ultrasonic irrigation in the retreatment of curved root canals. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2022 Nov 1 [cited 2023 Oct 23];26(11):6773-81. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-022-04637-0>

18. Kazeminejad E, Rahati M, Vakili MA, Gutknecht N. A comparison of smear layer removal effects between conventional chemical surface treatment and double-wavelength (Er,Cr:YSGG 2780 nm and diode 940 nm) laser methods on push-out bond strength of Biodentine. *Lasers Dent Sci* [Internet]. 2021 Jun 1 [cited 2023 Oct 23];5(2):107-15. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41547-021-00127-w>

19. Prado Quilambaqui J, Reyes Salgado L, Valencia Herrera A, Rodríguez Reyes E. Estudio del cuidado materno y conocimientos ancestrales en el Ecuador con ayuda de mapas cognitivos neutrosóficos. *Revista Investigación Operacional*. 2022;43(3):340-348. Disponible en: <https://rev-inv-ope.pantheonsorbonne.fr/sites/default/files/inline-files/43322-06.pdf>

20. Ramos Argilagos M, Valencia Herrera Á, Vayas Valdiviezo W. Evaluación de estrategias de educación nutricional en escuelas del Ecuador utilizando TOPSIS neutrosófico. *Rev Int Cienc Neutrosóficas*. 2022;18(3):208-217.

21. Viteri Villa M, Wong Vázquez L, Zúñiga Viteri R. Neutrosophic Health Analysis in Times of COVID-19. *Int J Neutrosophic Sci*. 2022;18(3):218-226.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Miryan Margarita Grijalva Palacios, Nathalie Stefy Ponce Reyes, Naomi Leonela Vásquez Guerra, Alejandra Daniela Chávez Arteaga.

Análisis formal: Miryan Margarita Grijalva Palacios, Nathalie Stefy Ponce Reyes, Naomi Leonela Vásquez Guerra, Alejandra Daniela Chávez Arteaga.

Investigación: Miryan Margarita Grijalva Palacios, Nathalie Stefy Ponce Reyes, Naomi Leonela Vásquez Guerra, Alejandra Daniela Chávez Arteaga.

Administración del proyecto: Miryan Margarita Grijalva Palacios, Nathalie Stefy Ponce Reyes, Naomi Leonela Vásquez Guerra, Alejandra Daniela Chávez Arteaga.

Redacción - borrador original: Miryan Margarita Grijalva Palacios, Nathalie Stefy Ponce Reyes, Naomi Leonela Vásquez Guerra, Alejandra Daniela Chávez Arteaga.

Redacción - revisión y edición: Miryan Margarita Grijalva Palacios, Nathalie Stefy Ponce Reyes, Naomi Leonela Vásquez Guerra, Alejandra Daniela Chávez Arteaga.