



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE ODONTOLOGIA

**TERAPIA DE PROTOCOLO DE
FOTODINÁMICA(PDT)-DESINFECCIÓN
FOTOACTIVADA(PAD). REVISIÓN DE LA
LITERATURA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ODONTÓLOGA**

AUTOR: ESTRELLA JANETH ORTIZ PADILLA

DIRECTOR: OD.ESP.DIANA PATRICIA ÁLVAREZ ÁLVAREZ

CUENCA – ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE ODONTOLOGIA

**TERAPIA DE PROTOCOLO DE
FOTODINÁMICA(PDT)-DESINFECCIÓN
FOTOACTIVADA(PAD). REVISIÓN DE LA
LITERATURA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ODONTÓLOGA**

AUTOR: ESTRELLA JANETH ORTIZ PADILLA

DIRECTOR: OD.ESP.DIANA PATRICIA ÁLVAREZ ÁLVAREZ

CUENCA- ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Terapia de protocolo de fotodinámica (PDT) - Desinfección fotoactivada (PAD).

Revisión de la literatura

Estrella Janeth Ortiz Padilla¹, Diana Patricia Álvarez Álvarez²

¹Estudiante de Pregrado de la Carrera de Odontología, Universidad Católica de Cuenca

²Docente de Endodoncia, Facultad de Odontología, Universidad Católica de Cuenca

Resumen

A nivel mundial, más del 55,7% de las personas ha recibido algún tratamiento endodóntico, terapia en la cual una desinfección adecuada de los conductos radiculares es clave para el éxito, pero donde las técnicas tradicionales presentan limitaciones frente a microorganismos resistentes y formaciones anatómicas complejas. A partir de lo cual se planteó elaborar una revisión de la literatura sobre la Terapia fotodinámica (PDT) - desinfección fotoactivada (PAD) para la limpieza de conductos radiculares, mediante una bibliográfica en PubMed y SciELO, entre el periodo 2021-2025, obteniendo como resultado de la búsqueda inicial 279 artículos, siendo seleccionados en base a los criterios de inclusión y exclusión los 30 más afines al tema central. El uso de PDT/PAD para la desinfección de los conductos radiculares en combinación con NaOCl, logra potenciar la eliminación de microorganismos, mientras facilita la limpieza de zonas difíciles de alcanzar en piezas dentales con anatomías radiculares complejas, siendo una alternativa prometedora frente a métodos tradicionales. Su incorporación puede mejorar los resultados clínicos y reducir complicaciones postratamiento, aunque es necesario más estudios para lograr una adecuada estandarización.

Palabras clave: Endodoncia, Desinfección, Tratamiento del Conducto Radicular.

Abstract

Globally, more than 55.7% of people have received some form of endodontic treatment, a procedure in which proper disinfection of the root canals is key to success, but where traditional techniques have limitations when faced with resistant microorganisms and complex anatomical formations. Based on this, a literature review was conducted on photodynamic therapy (PDT) - photoactivated disinfection (PAD) for root canal cleaning. A bibliographic search was carried out in PubMed and SciELO databases between 2021 and 2025. The initial search yielded 279 articles, of which the 30 most relevant to this topic were selected based on inclusion and exclusion criteria. The use of PDT/PAD for root canal disinfection in combination with sodium hypochlorite (NaOCl) enhances microbial elimination while facilitating the cleaning of hard-to-

reach areas in teeth with complex root anatomies, making it a promising alternative to traditional methods. Its incorporation can improve clinical outcomes and reduce post-treatment complications, although further studies are required to achieve proper standardization.

Keywords: Endodontics, Disinfection, Root Canal Treatment.

Introducción

A nivel mundial alrededor del 55.7% de la población ha tenido algún tratamiento endodóntico (1), debido a lesiones cariosas profundas, afecciones pulpares, traumatismos, la pérdida considerable de estructura dental, parafunciones bucales o previo a una rehabilitación oral (1,2).

Resulta necesario para un tratamiento endodóntico exitoso, lograr una buena desinfección y limpieza en el interior de los conductos radiculares (3); aunque la instrumentación mecánica es útil para reducir la cantidad de bacterias, es insuficiente para eliminarlas por completo, sobre todo debido a la anatomía compleja de los conductos radiculares, además de la formación de biofilms bacterianos, que reducen la acción de los desinfectantes tradicionales (4-7).

Uno de los microorganismos más comunes en infecciones endodónticas es *Enterococcus faecalis*, una bacteria resistente que sobrevive en condiciones extremas y forma biofilms difíciles de eliminar (4,8). El hipoclorito de sodio (NaOCl), es utilizado ampliamente como irrigante, ya que tiene una potente actividad antimicrobiana, además de una considerable capacidad para la disolución del tejido orgánico (4). Pero se han evidenciado ciertas limitaciones, como que algunos microorganismos como *Enterococcus faecalis*, han desarrollado cierta resistencia a los desinfectantes químicos (9,10), también que el uso de NaOCl en dientes temporales con ápices abiertos o en zonas de reabsorción puede ser un riesgo, si se extruye fuera del conducto, llevando esto a explorar alternativas, con resultados similares, pero menor riesgo de complicaciones (11,12).

A razón de esto en los últimos años, se ha probado la combinación de NaOCl con tecnologías como la desinfección fotoactivada mediante láser de diodo, que ha presentado un mayor potencial para desinfectar los conductos radiculares, permitiendo una mayor penetración del irrigante, sin afectar negativamente los tejidos adyacentes (8,13-15).

Además el tratamiento local con PDT/PAD ha demostrado también ser eficaz en la disrupción de biopelículas, por lo que esta terapia coadyuvante puede mejorar los resultados clínicos, aumentando la tasa de éxito en los procedimientos endodónticos convencionales y quirúrgicos, especialmente previniendo la aparición de complicaciones que requieran la prescripción de antibióticos sistémicos; además esta terapia se considera segura y predecible, ya que no se han reportado efectos adversos considerables o casos de resistencia frente a su uso hasta la fecha (16-20).

Aunque incluso con estos avances, la evidencia sobre el uso combinado de NaOCl y la desinfección fotoactivada es limitada, siendo importante realizar más investigaciones dentro de este nicho de la endodoncia (21-23).

En relación a lo mencionado, la presente investigación planteó como objetivo elaborar una revisión de la literatura sobre la Terapia fotodinámica (PDT) - desinfección fotoactivada (PAD) para la limpieza de conductos radiculares; como complemento en los protocolos de desinfección endodóntica, evaluando su impacto frente a microorganismos resistentes, su seguridad clínica y su potencial como alternativa o adyuvante a los métodos tradicionales de irrigación.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión de la literatura sobre la Terapia fotodinámica (PDT) - desinfección fotoactivada (PAD), empleando como apoyo para la gestión documental Mendeley Reference Manager, facilitando así la importación y exportación, de los documentos para su lectura entre los autores.

Se realizó una búsqueda en bases de datos indexadas como Pubmed y SciELO, entre 2021 a 2025, usando las siguientes combinaciones de palabras clave y operadores booleanos, expresadas en la Figura 1:

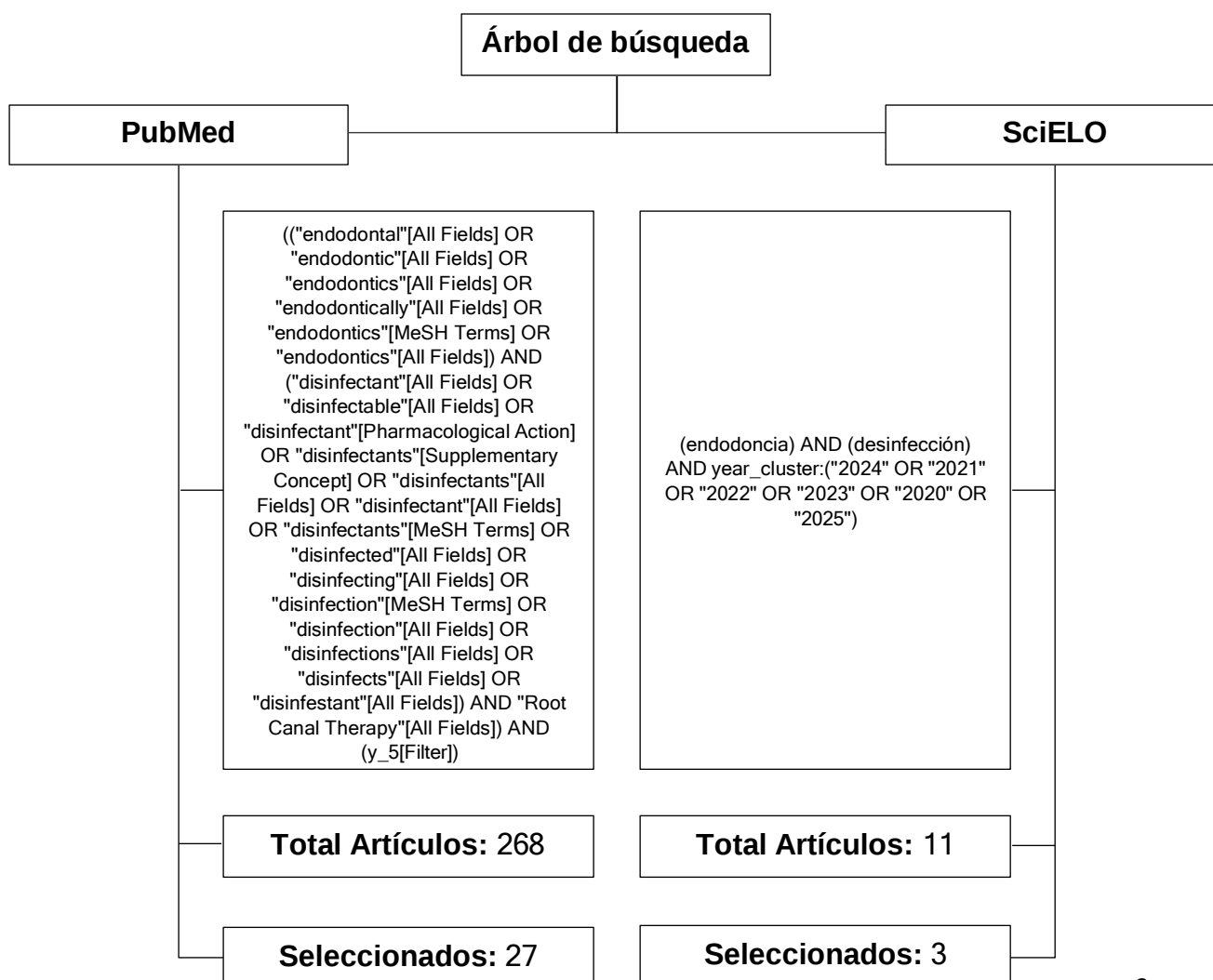


Figura 1. Árbol de búsqueda

Se incluyeron para la revisión estudios de casos, estudios experimentales y cuasiexperimentales, revisiones sistemáticas y metaanálisis, revisiones de la literatura y artículos originales, relacionados a la temática.

Se excluyeron artículos con una antigüedad mayor a 5 años, con alto riesgo de sesgo, que no estén publicados en bases de datos indexadas, publicados en revistas predatoras, cuyos autores presente conflictos de interés, con falta de transparencias en los resultados y fuentes de financiamiento, tesis, libros o sitios web no gubernamentales.

La selección fue realizada por parte de ambos autores, mediante una búsqueda inicial de sondeo que arrojó 279 resultados, no se evidenciaron resultados duplicados, se descartaron 241 considerando los criterios de inclusión y exclusión planteados, reduciendo así los resultados obtenidos inicialmente en la búsqueda a 38, luego se procedió a dar lectura a los títulos y resúmenes, para una vez seleccionados los artículos más idóneos, realizar una lectura completa de los manuscritos, seleccionando finalmente 30 artículos para ser incluidos en esta revisión.

Aspectos éticos

Puesto que el presente manuscrito es una revisión de la literatura, donde no se trabaja con muestras biológicas, ni participantes humanos; su ejecución no representa un nivel de riesgo bioético considerable, estando exento por esta razón de la aprobación de un comité de bioética.

Los autores del presente manuscrito declaran no tener conflictos de interés relacionados a esta publicación, siendo esta investigación autofinanciada.

Revisión de la literatura actual

En el tratamiento endodóntico es clave la limpieza profunda y desinfección de los conductos radiculares, pero se ha evidenciado que aunque se realicen las técnicas tradicionales de forma adecuada, donde se combina el ensanchamiento mecánico del conducto y el uso de soluciones irrigantes aplicadas con jeringa, no siempre se consigue eliminar los residuos y microorganismos, principalmente debido a dos factores: la complejidad de la anatomía interna del diente, que muchas veces incluye zonas difíciles de alcanzar como istmos, canales laterales y deltas apicales; así como la presencia de biopelículas microbianas adheridas a las paredes del conducto, que muchas veces no son eliminadas con estos métodos (10,22,23).

En base a lo planteado, a lo largo de los años se ha seguido investigando formas más eficaces de limpieza, una de las estrategias más prometedoras consiste en activar las soluciones irrigantes dentro del conducto para mejorar su alcance y capacidad de limpieza; para esto existen diversos métodos para lograrlo, como el uso de puntas que giran o vibran, sistemas

que alternan presión y más recientemente el empleo de láseres pulsados en lo que se conoce como desinfección fotoactivada (4,5,23).

Funcionamiento

Durante la desinfección de los conductos radiculares, el uso de láseres inicialmente se aplicó con la irradiación directa de las paredes del conducto tras su preparación y secado, esta técnica conocida como endodoncia láser convencional, tenía como objetivo la limpieza y desinfección, pero se evidenciaron ciertas limitaciones como la falta de cobertura uniforme de las paredes y una insuficiente efectividad antimicrobiana (2,7,23). A partir de esto, surgió la desinfección fotoactivada, la cual implica aplicar pulsos láser dentro de la solución irrigante, mejorando su penetración en el conducto y potenciando su acción de limpieza (23,24).

Este proceso implica la aplicación de pulsos de láser de erbio, que duran entre 25 y 250 microsegundos, a una frecuencia de 10 a 20 pulsos por segundo, teniendo una potencia de salida de 220 mW, una densidad de 3,05 W/cm² y una longitud de onda continua de 635 nm, con una densidad de potencia de 2000-4000 mW/cm²; este tipo de láseres son altamente absorbidos por líquidos acuosos, lo que provoca un sobrecalentamiento local, ebullición explosiva y la formación de vapor, a partir del irrigante; esta expansión de vapor genera burbujas que al colapsar debido a la disminución de la presión interna, crean un movimiento violento del líquido circundante, a velocidades de hasta 21 metros por segundo, se recomienda realizar este proceso por un periodo entre 30 a 90 segundos (8,10,11,22,23).

Este proceso forma burbujas que implosionan en los conductos radiculares, aplicando una gran cantidad de fuerza física, generando ondas de choque que a su vez actúan en las ramificaciones de los conductos, donde se forman burbujas más pequeñas que oscilan después del pulso láser, repitiendo el proceso y permitiendo así una limpieza más profunda (10,12,23,25).

A su vez este proceso genera un fuerte movimiento físico del irrigante, desplazando el contenido del canal hacia coronal y expulsándolo del conducto, esto implica que el movimiento del irrigante dentro de la cavidad es mucho más rápido que otros métodos, como la activación ultrasónica; también cabe mencionar que, la desinfección fotoactivada genera un movimiento oscilante bidireccional de apical hacia coronal, lo que implica una mayor efectividad de la limpieza en las zonas más profundas del conducto, ya que al no emplearse un instrumento físico, se reduce considerablemente el riesgo de error humano, aumentando el éxito del tratamiento (10,21-23).

Características del fotosensibilizador ideal

Se suelen usar láseres de neón, de helio-neón y argón, de diodo o de vapor de metal, por lo que el fotosensibilizador debe ser sensible a un pico del espectro desde el rojo hasta el infrarrojo con valores entre 650-800 nm, para favorecer la generación de especies reactivas

de oxígeno debe tener un alto rendimiento cuántico de estado triplete, la selectividad hacia los tejidos debe ser alta y específica, no presentar toxicidad oscura, tener la capacidad de atravesar las membranas de fosfolípidos evitando la autoagregación, tener una alta estabilidad al ser almacenado, capacidad de eliminar macroorganismos sin provocar daño considerable a las células eucariotas del paciente, el producto debe tener propiedades farmacocinéticas óptimas que faciliten su absorción, distribución, metabolismo y excreción, las partículas deben ser lo suficientemente pequeñas como para penetrar las membranas microbianas, además debe ser económico para no afectar en exceso el costo de los tratamientos (10,26,27).

Hay que destacar que aunque la PDT/PAD por si sola logra inhibir hasta cierto punto el desarrollo de microorganismos en los conductos dentales y otras superficies, para una adecuada desinfección es necesario combinarla con soluciones desinfectantes como el NaOCL, ya que de lo contrario podrían sobrevivir colonias de microorganismos que provoquen posteriormente un fracaso del tratamiento endodóntico (28,29); además se puede potenciar aún más su efectividad si se utilizan fotosensibilizadores como la curcumina o la riboflavina (25,30).

Discusión

Los estudios In vitro revisados muestran que la PDT/PAD mejora la desinfección de los conductos radiculares, siendo especialmente útil para patógenos resistentes como *E. faecalis*, sobre todo en combinación con irrigantes tradicionales como el hipoclorito de sodio, superando las limitaciones de los métodos de desinfección más tradicionales.

En relación a la combinación usual de la PDT/PAD con NaOCL, Yavagal C. y col. (4), en un estudio en India, 2023, en una muestra de 36 dientes, aplicando Láser de diodo 810 nm (Novolase Dual wave Endo Diode, Novolase Technologies) en intervalos de 5 segundos, por una duración de 15 segundos, 3 veces, describieron que en el grupo de NaOCl en solución sin láser las Unidades Formadoras de Colonias (CFU) se redujeron de 7.54 (0.069) a 0.984 (2.41), mientras que en el de NaOCl en solución + láser pasaron de 7.585 (0.089) a 0.717 (1.115), similar a lo indicado por Sinha Y. y col. (7), en India, 2024, que en 40 dientes usando Láser de diodo 650 nm por 30 segundos, mencionaron que en 5.25% NaOCl + láser se disminuyó las CFU de 20.28 (19-21.20) a 1.36 (1.24-1.42).

A contraste en estudios donde se utilizó solamente la PDT/PAD por separado, como el de Pourhajibagher M. y col. (8), en Irán, 2019, en 52 piezas dentales con la técnica de Láser de diodo 635 nm (DX62, Konftec, Taiwan); por 60 segundos, presentaron en relación a las CFU que en el grupo control hubo 8.22 ± 0.06 , luego de la aplicación en el de láser de diodo se redujo a 7.22 ± 0.06 ($p > 0.05$) y en el de NaOCl 1.17 ± 0.06 ($p < 0.05$), discrepando del estudio de Katalinić I. y col. (22), en Croacia, 2019, en 100 piezas dentales con Láser de diodo 445 nm (SiroLaser Blue, Dentsply Sirona, Bensheim, Germany) empleando 5 repeticiones

con descansos de 5 segundos con un tiempo total de la exposición 60 segundos, el grupo control presentó $6,53\text{E}+13$ CFU, al aplicar la terapia el de láser de diodo paso a $9,44\text{E}+09$, el de Láser de diodo + láser de diodo 970 nm a $1,62\text{E}+09$, el de Láser de diodo + 0.1% de solución de riboflavina a $5,51\text{E}+08$ ($p = 0,002$) y el de Láser de diodo + 3% NaOCl a $0,00\text{E}+00$, estas discrepancias pudiesen atribuirse a las variaciones en los protocolos implementados, sin embargo, lo que si es necesario mencionar es que por sí solo la PDT/PAD no logra un resultado óptimo, por lo que es necesaria su combinación con NaOCL para obtener una adecuada desinfección de los conductos.

En cuanto a su efectividad para eliminar microorganismos específicos en relación al párrafo anterior, según Katalinić I. y col. (22), con una mezcla de Láser de diodo + 3% NaOCl se puede reducir la CFU de *E. faecalis* hasta un $0,00\text{E}+00$; mientras que en cuanto a las colonias de *Actinomyces naeslundii*, en el estudio de Sotomil J. y col. (25), en Brasil, 2019, realizado en 11 muestras en medios de cultivo de agar sangre, utilizando un Diodo emisor de luz 385- 515 nm (Bluephase LED, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) en dos sesiones de 30 segundos, donde en el grupo control con solución salina las CFU fueron de $4.00\text{E}+08$, luego en los grupos de intervención se redujo en el de 1 % NaOCL a $0.2\text{E}+01$, en el de Irrigante de Curcumina 5mg/ml a $1.9\text{E}+08$ y en el de Irrigante de Curcumina 5mg/ml + Diodo emisor de luz a $1.6\text{E}+08$, evidenciándose una mayor disminución de CFU en el grupo de 1 % NaOCL, en base a esto se plantea que aunque se pudiese considerar otras alternativas de irrigación no tradicionales de forma efectiva, aun se requiere más estudios para optimizar su implementación, ya que no logran el mismo nivel de efectividad que los irrigantes tradicionales. Entre las principales limitaciones de esta revisión se encuentra que todos los estudios comparados fueron realizados in vitro, por lo que el desempeño clínico in vivo de la PDT/PAD, aún resulta incierto, además hay bastante heterogeneidad entre los protocolos utilizados, por lo que no se ha logrado definir una estandarización óptima para este tipo de tratamientos, tampoco hay evidencia de tipo longitudinal en la literatura que represente adecuadamente este tipo de terapias; no obstante, una fortaleza importante de esta investigación es que fue realizada con estudios que recientes que utilizaron un sistema de medida similar siendo en este caso el CFU, lo que permite tener un enfoque global general más claro sobre la utilidad de la PDT/PAD para la desinfección de conductos radiculares, por lo que se recomienda a futuro realizar estudios que busquen estandarizar el protocolo óptimo para la aplicación de la PDT/PAD, así como la posterior generación de investigaciones in vivo, que permitan eventualmente la elaboración de metaanálisis y guías clínicas internacionales.

Conclusión

La revisión de la literatura realizada muestra que la terapia fotodinámica (PDT/PAD) es una herramienta complementaria óptima para la limpieza y desinfección de conductos radiculares,

siempre y cuando se use en conjunto con irrigantes convencionales como el hipoclorito de sodio, ya que aumenta la eliminación de microorganismos resistentes y facilita la limpieza de áreas de difícil acceso en conductos radiculares con anatomías complejas.

No debe considerarse un reemplazo de la instrumentación y de la irrigación química habituales, sino un soporte que puede mejorar los resultados clínicos. Cabe mencionar que aunque la evidencia experimental es favorable, hacen falta estudios clínicos bien diseñados, así como protocolos más homogéneos para confirmar su eficacia y establecer pautas de uso en la práctica diaria.

Agradecimientos

Se agradece a la Od. Diana Patricia Álvarez Álvarez por su apoyo y dirección en la elaboración de esta investigación.

Conflicto de intereses

No hubo ningún conflicto de intereses por parte de los autores.

Contribuciones de los autores

O.E.: Redacción del artículo, análisis de datos/interpretación de datos, estadísticas, recolección de datos y aceptación de ser responsable de todos los aspectos del trabajo. Á.D.: Dirección de la investigación, revisión crítica del artículo, aprobación del artículo.

Apoyo financiero

Esta investigación se autofinanció mediante los autores.

Declaración de disponibilidad de datos

Datos disponibles previa solicitud a los autores.

Referencias bibliográficas

1. León M, Cabanillas D, Martín J, Montero P, Saúco J, Segura J. Prevalence of root canal treatment worldwide: A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J* [Internet]. 2022 [citado el 9 de abril de 2025];55(11):1105-27. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9826350/>
2. Almadi K, Alkahtany M, Alamam Y, Alaql F, Alaql A, Almutairi M, et al. Influence of Propolis, Ozone and Photodynamic therapy in root canal disinfection on resin bond strength to radicular dentin. *Photodiagnosis Photodyn Ther* [Internet]. 2021 [citado el 9

de abril de 2025];33:102131. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33307235/>

3. Miranda T, Andrade J, Gelfuso G, Cunha M, Oliveira L, Gratieri T. Novel technologies to improve the treatment of endodontic microbial infections: Inputs from a drug delivery perspective. *Int J Pharm* [Internet]. 2023 [citado el 9 de abril de 2025];635:122794. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36870400/>
4. Yavagal C, Subramani S, Patil V, Yavagal P, Talwar R, Hebbal M, et al. Disinfection Efficacy of Laser Activation on Different Forms and Concentrations of Sodium Hypochlorite Root Canal Irrigant against *Enterococcus faecalis* in Primary Teeth. *Children* [Internet]. 2023 [citado el 9 de abril de 2025];10(12):1887. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38136089/>
5. Bordea I, Hanna R, Chiniforush N, Grădinaru E, Câmpian R, Sîrbu A, et al. Evaluation of the outcome of various laser therapy applications in root canal disinfection: A systematic review. *Photodiagnosis Photodyn Ther* [Internet]. 2020 [citado el 9 de abril de 2025];29:101611. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31809911/>
6. Olivi M, Raponi G, Palaia G, Berlutti F, Olivi G, Valentini E, et al. Disinfection of Root Canals with Laser-Activated Irrigation, Photoactivated Disinfection, and Combined Laser Techniques: An Ex Vivo Preliminary Study. *Photobiomodul Photomed Laser Surg* [Internet]. 2021 [citado el 9 de abril de 2025];39(1):62-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33332214/>
7. Sinha Y, Tilokani A, Pradhan P, Patri G, Gupta A. Comparative Assessment of the Antimicrobial Efficacy of Photoactivated Disinfection Employing Distinct Photosensitizers: A Morphological Analysis Using Scanning Electron Microscopy and Confocal Laser Scanning Microscopy. *Cureus* [Internet]. 2024 [citado el 9 de abril de 2025];16(10):e71008. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39507185/>
8. Pourhajibagher M, Chiniforush N, Bahador A. Antimicrobial action of photoactivated C-Phycocyanin against *Enterococcus faecalis* biofilms: Attenuation of quorum-sensing system. *Photodiagnosis Photodyn Ther* [Internet]. 2019 [citado el 9 de abril de 2025];28:286-91. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31639456/>
9. Elashiry M, Bergeron B, Tay F. *Enterococcus faecalis* in secondary apical periodontitis: Mechanisms of bacterial survival and disease persistence. *Microb Pathog* [Internet]. 2023 [citado el 9 de abril de 2025];183:106337. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37683835/>

10. Calderón J, Cassana L, Villar J, Velásquez Z. Terapia fotodinámica, una nueva tendencia en endodoncia para la eliminación del *Enterococcus faecalis*. *Revista Estomatológica Herediana* [Internet]. 2024 [citado el 9 de abril de 2025];34(1):77-84. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1019-43552024000100077
11. de Araújo L, da Rosa W, Gobbo L, da Silva T, de Almeida J, Ferraz C. Global research trends on photodynamic therapy in endodontics: A bibliometric analysis. *Photodiagnosis Photodyn Ther* [Internet]. 2022 [citado el 9 de abril de 2025];40:103039. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35907620/>
12. Salazar A, Zapata M. Efectividad de la curcumina como terapia fotodinámica para los procedimientos de endodoncia: una revisión narrativa. *Revista Científica Odontológica* [Internet]. 2024 [citado el 9 de abril de 2025];12(2):e200. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39119127/>
13. Aydın H, Er K, Kuştarıcı A, Akarsu M, Gençer G, Er H, et al. Antibacterial activity of silver nanoparticles activated by photodynamic therapy in infected root canals. *Dent Med Probl* [Internet]. 2020 [citado el 9 de abril de 2025];57(4):393-400. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33444488/>
14. Pourhajibagher M, Bahador A. Adjunctive antimicrobial photodynamic therapy to conventional chemo-mechanical debridement of infected root canal systems: A systematic review and meta-analysis. *Photodiagnosis Photodyn Ther* [Internet]. 2019 [citado el 9 de abril de 2025];26:19-26. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30753922/>
15. Jouhar R, Halim M, Ahmed M, Shah F, Quadri S. Synthesis, characterization, and application of methylene blue functionalized reduced graphene oxide for photodynamic therapy in root canal treatment. *Pak J Med Sci* [Internet]. 2025 [citado el 9 de abril de 2025];41(2):519-24. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39926673/>
16. Abdelkarim H, Parada I, Arnabat J. Photodynamic Therapy in Endodontics: A Helpful Tool to Combat Antibiotic Resistance? A Literature Review. *Antibiotics*. 2021;10(9):1106.
17. Gholami L, Shahabi S, Jazaeri M, Hadilou M, Fekrazad R. Clinical applications of antimicrobial photodynamic therapy in dentistry. *Front Microbiol* [Internet]. 2023 [citado el 1 de julio de 2025];13:1-47. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9850114/pdf/fmicb-13-1020995.pdf>

18. Betancourt P, Brocal N, Sans E, Zaror C. Functionalized Nanoparticles Activated by Photodynamic Therapy as an Antimicrobial Strategy in Endodontics: A Scoping Review. *Antibiotics* [Internet]. 2021 [citado el 1 de julio de 2025];10(9):1064. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34572645/>
19. Shahbazi S, Esmaeili S, Feli M, Asnaashari M. Photodynamic Therapy in Root Canal Disinfection: A Case Series and Mini-Review. *J Lasers Med Sci* [Internet]. 2022 [citado el 1 de julio de 2025];13(1):e19-e19. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9392882/pdf/jlms-13-e19.pdf>
20. Wang L, Chen Q, Liu D. Development of photodynamic therapy in treating oral diseases. *Frontiers in Oral Health* [Internet]. 2025 [citado el 1 de julio de 2025];5:1-39. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11777028/pdf/froh-05-1506407.pdf>
21. Oda D, Duarte M, Andrade F, Moriyama L, Bagnato V, de Moraes I. Antimicrobial action of photodynamic therapy in root canals using LED curing light, curcumin and carbopol gel. *Int Endod J* [Internet]. 2019 [citado el 9 de abril de 2025];52(7):1010-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30720875/>
22. Katalinić I, Budimir A, Bošnjak Z, Jakovljević S, Anić I. The photo-activated and photo-thermal effect of the 445/970 nm diode laser on the mixed biofilm inside root canals of human teeth in vitro: A pilot study. *Photodiagnosis Photodyn Ther* [Internet]. 2019 [citado el 9 de abril de 2025];26:277-83. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30995521/>
23. Meire M, De Moor R. Principle and antimicrobial efficacy of laser-activated irrigation: A narrative review. *Int Endod J* [Internet]. 2024 [citado el 9 de abril de 2025];57(7):841-60. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/iej.14042>
24. Yarlagadda S, Selvakumar R, Parashar S, Arockiam S, Natanasabapathy V. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of nanoparticle-mediated photodynamic therapy versus photodynamic therapy and conventional disinfection in endodontics: A systematic review and meta-analysis. *Journal of conservative dentistry and endodontics* [Internet]. 2023 [citado el 1 de julio de 2025];26(5):502-13. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10823957/pdf/JCDE-26-502.pdf>
25. Sotomil J, Münchow E, Pankajakshan D, Spolnik K, Ferreira J, Gregory R, et al. Curcumin-A Natural Medicament for Root Canal Disinfection: Effects of Irrigation, Drug Release, and Photoactivation. *J Endod* [Internet]. 2019 [citado el 9 de abril de 2025];45(11):1371-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31542283/>

26. Betancourt P, Arnabat J, Viñas M. Irrigación Activada por Láser en Endodoncia. *International journal of odontostomatology* [Internet]. 2021 [citado el 28 de mayo de 2025];15(3):773-81. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2021000300773&lang=es
27. Guimarães D, Bezerra D, Araújo G, De Vasconcelos G, Vieira J, Queiroga D. Antibacterial efficacy of photodynamic therapy in the disinfection of root canals - Integrative literature review. *CES Odontol* [Internet]. 2020 [citado el 28 de mayo de 2025];33(2):147-58. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-971X2020000200147&lang=es
28. Suresh N, Joseph B, Sathyan P, Sweetey V, Waltimo T, Anil S. Photodynamic therapy: An emerging therapeutic modality in dentistry. *Bioorg Med Chem* [Internet]. 2024 [citado el 1 de julio de 2025];114:117962. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39442490/>
29. Haroon S, Khabeer A, Faridi M. Light-activated disinfection in endodontics: A comprehensive review. *Dent Med Probl* [Internet]. 2021 [citado el 1 de julio de 2025];58(3):411-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34597484/>
30. Shahi A, Afrasiabi S, Sarraf P, Benedicenti S, Solimei L, Chiniforush N. In Vitro Assessment of SWEEPS and Antimicrobial Photodynamic Therapy Alone or in Combination for Eradicating *Enterococcus faecalis* Biofilm in Root Canals. *Pharmaceutics* [Internet]. 2023 [citado el 1 de julio de 2025];15(11):1-13. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10674832/pdf/pharmaceutics-15-02628.pdf>