

Artículo Original/ Original Article

EFICACIA DE LA aPDT EN COMBINACIÓN CON HIPOCLORITO DE SODIO Y AGUA OXIGENADA EN CONDUCTOS RADICULARES EX VIVO

Efficacy of aPDT in combination with sodium hypochlorite and hydrogen peroxide in ex vivo root canals.

aPDT rehegua hekorosã porã ñembojuehe Rupive Hipoclorito de Sodio ha Y Oxigenado ndive, tapykue ruga ruguápe Ex viv

Francisco Ariel Fernández¹, Axel Mathias Galeano¹, Noemí Zárate¹, Fernanda Aira¹, Myrian Grabow¹

1. Universidad del Norte. Facultad de Odontología. Asunción, Paraguay

Cómo referenciar este artículo/ How to reference this article	Fernández, Francisco Ariel; Galeano, Axel Mathias; Zarate, Noemi; Aira, Fernanda; Grabow, Myrian. Eficacia de la aPDT en combinación con hipoclorito de sodio y agua oxigenada en conductos radiculares Ex vivo. <i>Rev. Acad. Scientia Oralis Salutem</i> . 2025; 6(1): 37-45
--	--

Resumen

El objetivo de investigación fue evaluar la eficacia antimicrobiana de la terapia fotodinámica (aPDT) en la eliminación de *Enterococcus faecalis*. Material y Método: fue un estudio experimental ex vivo con 30 primeros molares superiores permanentes, divididos aleatoriamente en tres grupos: G1 aPDT + hipoclorito de sodio al 2,5% G2, aPDT + peróxido de hidrógeno al 3% Y G3 control sin tratamiento. Se procedió a instrumentar mecánicamente e irrigar dos grupos en la etapa final se aplicó azul de metileno al 0,005% en la raíz palatina durante 5 minutos, luz roja y 9 Jules con láser TherapyEC. Los resultados mostraron una eliminación bacteriana completa (100%) en ambos grupos tratados con aPDT, con 0 unidades formadoras de colonias (UFC), en contraste con el grupo control que presentó más de 100.000 UFC. Resultados: El análisis estadístico evidenció diferencias altamente significativas entre los grupos tratados y el control, sin diferencias significativas entre los protocolos de aPDT utilizados. La aPDT demostró ser altamente efectiva contra *E. faecalis*, una bacteria resistente asociada al fracaso endodóntico. Su acción se basa en la generación de especies reactivas de oxígeno que destruyen las estructuras celulares bacterianas, alcanzando zonas de difícil acceso como túbulos dentinarios e istmos. Además, el azul de metileno mostró ser un fotosensibilizador ideal por su baja toxicidad y buena penetración tisular. En conclusión, la aPDT es una alternativa prometedora como coadyuvante en tratamientos endodónticos, con alta eficacia, sin resistencia bacteriana conocida y adaptable a distintos irrigantes.

Palabras clave: aPDT – Irrigación – Hipoclorito de Sodio – *Enterococcus Faecalis*

*Autor de Correspondencia: Myrian Grabow myriangrgrabow63@gmail.com

Trabajo de Investigación Realizado en la Facultad de Odontología Universidad del Norte Asunción- Paraguay

Fecha de recepción: septiembre 2025. Fecha de aceptación: octubre 2025



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una [Licencia Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

SUMMARY/ ABSTRAC

The research objective was to evaluate the antimicrobial efficacy of photodynamic therapy (aPDT) in the elimination of *Enterococcus faecalis*. Material and Method: The study was ex vivo experimental with 30 permanent upper first molars, randomly divided into three groups: G1 aPDT + 2.5% sodium hypochlorite G2, aPDT + 3% hydrogen peroxide and G3 untreated control. The methodology was to mechanically instrument and irrigate two groups in the final stage 0.005% methylene blue was applied to the palatal root for 5 minutes, red light and 9Jules with TherapyEC laser. The results showed a complete bacterial elimination (100%) in both groups treated with aPDT, with 0 colony forming units (CFU), in contrast to the control group that presented more than 100,000 CFU. Statistical analysis showed highly significant differences between the treated and control groups, with no significant differences between the aPDT protocols used.

aPDT proved to be highly effective against *E. faecalis*, a resistant bacterium associated with endodontic failure. Its action is based on the generation of reactive oxygen species that destroy bacterial cell structures, reaching hard-to-reach areas such as dentinal tubules and isthmus. In addition, methylene blue proved to be an ideal photosensitizer due to its low toxicity and good tissue penetration. In conclusion, aPDT is a promising alternative as an adjuvant in endodontic treatments, with high efficacy, no known bacterial resistance and adaptable to different irrigants.

Keywords: aPDT, Irrigation, Sodium Hypochlorite, *Enterococcus Faecalis*.

ÑE'ËMBYKY

Temiaporã rembipota: Ko estudio rupive ojehechauka mba'éichapa ikatupyry aPDT (terapia fotodinámica) ombogue haña *Enterococcus faecalis* tapykue ruga rupi ex vivo. Tembiaporã ha Tembikuaa: Ojeoporúkuri 30 primer molar yvategua, oñemboja'o mbohapy grúpo: G1: aPDT + Hipoklorito de Sodio 2,5%, G2: aPDT + Y Oxigenado 3%, G3: Control (ndorekói tratamiento) Ojejapo instrumentación ha irrigación; ipahápe ojeporu azul de metileno 0,005% + luz pytã + láser 9 Jules (TherapyEC). Apopyre: Umi Grupo tratado (G1 ha G2) oguereko 0 UFC, he'ise omboguepa 100% bacteria. Upe jave, grupo control oguereko 100.000 UFCarupi. Pumbyry: aPDT ipokatu ha hekorosã, ikatu oñembojoaju irrigante rehe ha ndogueru resistencia bacteriana. Ikatu ojejeporu ykeajojaha endodoncia rembiapópe futura-pe.

Ñe'ë Tee: : aPDT – Irrigación – Hipoclorito de Sodio – *Enterococcus Faecalis*

***Autor de Correspondencia:** Myrian Grabow myriangrgrabow63@gmail.com

Trabajo de Investigación Realizado en la Facultad de Odontología Universidad del Norte Asunción- Paraguay

Fecha de recepción: septiembre 2025. Fecha de aceptación: octubre 2025



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una [Licencia Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

1. Introducción

La invasión bacteriana constituye el factor etiológico predominante en el desarrollo de enfermedades pulpares y periapicales. Ciertos microorganismos, particularmente el *Enterococcus faecalis*, poseen la capacidad de penetrar profundamente en los túbulos dentinarios, alcanzando distancias de 300 a 400 micrómetros.^{1,2}

Esta característica ha impulsado la investigación de protocolos innovadores que faciliten el acceso de soluciones irrigantes a estas estructuras microscópicas y capilares³. En este contexto, la tecnología láser emerge como una alternativa terapéutica significativa, pudiendo aplicarse de manera individual o mediante la terapia fotodinámica, donde se incorpora un agente fotosensibilizante que, al ser activado por radiación láser de longitud de onda específica, genera compuestos como especies reactivas de oxígeno y radicales hidroxilos, los cuales atacan el material genético bacteriano, conduciendo a la eliminación efectiva de los microorganismos patógenos.^{4,5}

La implementación de irrigación potenciada con tecnología láser se ha propuesto como procedimiento complementario a la terapia quimio-mecánica convencional. Cuando la energía láser es absorbida por los irrigantes, se produce la formación de burbujas de vapor en el seno del fluido, las cuales, al colapsar, generan potentes fuerzas de cizallamiento⁶. Este fenómeno, conocido como cavitación, potencia significativamente la acción antibacteriana y la capacidad desinfectante en todo el sistema radicular, alcanzando eficazmente áreas de complejo acceso instrumental como conductos accesorios y túbulos dentinarios.⁷

La irrigación en endodoncia constituye un paso fundamental para prevenir el fracaso en los tratamientos endodónticos. Complementando la irrigación con terapia aPDT aumentamos las propiedades bactericidas y así prevenimos consecuencias.

El objetivo de la presente investigación fue determinar la eficacia antibacteriana del aPDT en combinación del hipoclorito de sodio al 2,5% o con Agua oxigenada al 3%

en el conducto radicular palatino de primeros molares superiores ex vivo.

2. Material y método

Diseño: Experimental ex vivo.

Tamaño de la Muestra: 30 molares multiradiculares.

Preparación de las muestras: los dientes se prepararon en la pre-clínica de Odontología de la Universidad del Norte seguidamente cada pieza dentaria fue colocada en contenedores de un material de esponjas en una posición vertical para su mejor manipulación, e introducidos en una caja autoclavable y se procedió a la esterilización de las muestras en autoclave a 103°C durante 1 hora 33 minutos.

Inoculación de cepa bacteriana: el procedimiento microbiológico se realizó en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad del Norte, todos los procedimientos se realizaron usando mechero de Bunsen, cercano al área de trabajo, para proporcionar un ambiente aséptico. La cepa de *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 fue adquirida por la Microbióloga Dra. Noemí Zarate de un laboratorio especializado

RIERA y se cultivó siguiendo las especificaciones del fabricante. Se preparó una suspensión bacteriana 0,5 M.F (1,5-2 UFC/ml) en tubo estéril con solución salina estéril 0,9%. Se inoculó la mezcla de la suspensión bacteriana en cada conducto palatino hasta llenarlo, con una jeringa de insulina (en los 30 dientes). Se evitó la contaminación de los demás conductos con sellado con resina fluida fotoactiva. La suspensión bacteriana se inoculó hasta visualizar que sobrepasa el nivel apical, inmediatamente se pasó gasa estéril al ápice para sellar los forámenes de cada raíz con una resina fotoactiva y evitar la filtración bacteriana a través del ápice durante la inoculación. Las piezas dentarias fueron incubadas en una estufa de cultivo a 37°C. durante 17 días para la formación del biofilm bacteriano. Transcurrido este periodo, las muestras fueron divididas aleatoriamente en 3 grupos.

Grupo 1: Preparación biomecánica, se aplicó protocolo de irrigación con hipoclorito de sodio al 2,5% activado con ultrasonido Helse HU-One (20 seg 3 veces) se secaron los conductos con conos

absorbentes estériles, se aplicó el azul de metileno al 0,005% con jeringa de tuberculina, se esperó cinco minutos y se realizó aTPD con Therapy EC con luz roja en 9 Jules.

Grupo 2: Preparación biomecánica con sistemas rotatorios AF ONE (Fanta dental, Shanghai), se aplicó protocolo de irrigación con hipoclorito de sodio al 2,5% activado con ultrasonido Helse HUOne (20 seg 3 veces) se realizó ultima irrigación con agua oxigenada 10 vol. se secó los conductos con conos absorbentes estériles, se aplicó el azul de metileno al 0,005% con jeringa de tuberculina, se esperó cinco minutos y se realizó aTPD con Therapy EC con luz roja en 9 Jules.

Grupo 3: Grupo control de crecimiento bacteriano, se verifico el crecimiento de las colonias, no se realizó ninguna instrumentación. Toma de la muestra: después de los tratamientos respectivos, se llenó cada conducto radicular de los tres grupos con 2ml de solución fisiológica 0,9%, usando una jeringa de tuberculina estéril y una aguja tipo NaviTip. Luego se colocó un cono de papel en cada conducto y se agito en forma circular contactando

con las paredes dentarias durante 30 segundos para tomar las respectivas muestras. Seguidamente, los conos de papel se colocaron en tubos crioviales estériles.

Análisis microbiológico: para la siembra de *Enterococcus faecalis*, se utilizó el método de agotamiento de asa, en primer lugar, se agregó 1ml de solución fisiológica 0,9% en cada tubo criovial, que a su vez contenga un cono de papel, se agito por 60 segundos para que la muestra sea diluida y homogenizada. Seguidamente se tomó una muestra representativa de 10 ul con un asa calibrada estéril y se sembró en agar sangre a 37° durante 48 horas. Luego del periodo de incubación, se realizó el recuento unitario de colonias (UFC) de cada uno de los grupos mediante el recuento de colonias de *Enterococcus faecalis* fue calculado y expresado en UFC/ml.

3. Resultados

Distribución de la muestra:

Grupo 1: (aPDT + NaCl): n = 10

Grupo 2: (aPDT + H₂O₂): n = 10

Grupo 3: (Control): n = 10

Los resultados muestran una eliminación completa (100%) de *E. faecalis* en ambos grupos tratados con aPDT, independientemente de la solución irrigadora utilizada (hipoclorito de sodio 2,5% y peróxido de hidrógeno 3%). El grupo control confirmó la viabilidad y crecimiento del microorganismo inoculado, observado en la tabla de recuento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por grupo (Tabla 1).

Tabla 1. Recuento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por grupo:

Grupo	Tratamiento	n (muestra)	UFC promedio	Rango	Eliminación bacteriana
1	aPDT + NaOCl	10	0	0 - 0	100%
2	aPDT + H ₂ O ₂	10	0	0 - 0	100%
3	Control	10	0	>100, 000	0%

Fuente: Elaboración Propia

Prueba Exacta de Fisher: dado que los datos representan variables categóricas (presencia/ausencia de crecimiento bacteriano), se aplicó la prueba exacta de Fisher para comparar los grupos (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de contingencia.

Grupo	Sin crecimiento	Con crecimiento	Total
aPDT + NaOCl	10 (100%)	0 (0%)	10
aPDT + H ₂ O ₂	10 (100%)	0 (0%)	10
Control	0 (0%)	06 (60%)	6
Total	20	6	26

Fuente: Elaboración Propia

5. Discusión

El presente estudio confirma la eficacia de la terapia fotodinámica antimicrobiana (aPDT) empleando azul de metileno al 0,005% como fotosensibilizador y láser de baja potencia con luz roja (9 Jules) para la erradicación del *E. faecalis* en conductos radiculares. La eliminación total del microorganismo en ambos grupos experimentales valida el potencial de esta modalidad terapéutica como complemento efectivo de los protocolos convencionales de irrigación y desinfección endodóntica. Estos resultados concuerdan con investigaciones anteriores que documentan reducciones significativas de *E. faecalis* mediante aPDT. La efectividad observada se fundamenta en el mecanismo de acción característico de

la terapia fotodinámica, que produce especies reactivas de oxígeno capaces de provocar daño letal e irreversible en las estructuras celulares bacterianas, incluyendo membranas, proteínas y material genético.

Los hallazgos son consistentes con el trabajo de Sapienza Fromigue⁸ quienes investigaron la optimización de la desinfección del conducto radicular. Los autores reconocen la complejidad inherente del sistema de conductos y la necesidad de procedimientos complementarios, concluyendo que la tecnología láser constituye un método prometedor para suplementar la irrigación convencional.

Similarly, Rabello et al.⁹ evaluaron la eficacia de la aPDT suplementaria en un ensayo clínico aleatorizado, documentando presencia inicial de bacterias y endotoxinas en el 100% de las muestras. La preparación biomecánica con técnica reciprocante demostró eficacia significativa en la reducción microbiana. La aPDT suplementaria resultó efectiva en tratamientos de una sesión ($p < 0,05$), mas no en protocolos de dos visitas con medicación intraconducto de hidróxido de calcio. Aunque la terapia mostró limitaciones contra endotoxinas, evidenció beneficios específicos en determinados protocolos clínicos.

Asnaashari et al.¹⁰ corroboraron estos hallazgos en un estudio piloto sobre dientes con tratamiento endodóntico fallido, aplicando aPDT (665 nm, 1 W, 240 segundos) posterior a la preparación químico-mecánica. Los resultados mostraron mejora significativa en la eliminación bacteriana, incrementando de 80% a 93,3% las muestras libres de microorganismos ($p < 0,001$), confirmando que la aPDT suplementaria potencia la eficacia de los procedimientos convencionales en casos de retratamiento endodóntico.

6. Conclusiones

La terapia fotodinámica antimicrobiana que utilizó azul de metileno y láser de baja potencia demostró ser altamente efectiva para la eliminación de *E. faecalis* en conductos radiculares, alcanzando una eliminación bacteriana del 100% cuando se combina con hipoclorito de sodio o peróxido de hidrógeno. La equivalencia en eficacia entre ambas soluciones irrigadoras ofrece flexibilidad clínica en la implementación de protocolos de aPDT.

Estos hallazgos respaldan el potencial de la aPDT como coadyuvante valioso en endodoncia, especialmente para casos que requieren desinfección exhaustiva. La integración de esta tecnología en

protocolos endodónticos convencionales podría representar un avance significativo en el manejo de infecciones persistentes y mejorar los resultados del tratamiento endodóntico.

7. Bibliografía

1. Laccourreye O, Maisonneuve H. French scientific medical journals confronted by developments in medical writing and the transformation of the medical press. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* [Internet]. 2019;136(6):475–80. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1879729619301437>
2. Rabello DGD, Corazza BJM, Ferreira LL, Santamaria MP, Gomes APM, Martinho FC. Does supplemental photodynamic therapy optimize the disinfection of bacteria and endotoxins in one-visit and two-visit root canal therapy? A randomized clinical trial. *Photodiagnosis Photodyn Ther* [Internet]. 2017;19:205–11. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1572100017300133>
3. Calderón Augusto JCM, Cassana Rojas LR, Villar Zapata JC, Velásquez Huamán Z. Terapia fotodinámica, una nueva tendencia en endodoncia para la eliminación del *Enterococcus faecalis*. *Rev Estomatol Hered* [Internet]. 2024 [cited 2025 Mar 4];34(1):77–84. Available from: <http://44.198.254.164/index.php/REH/article/view/5333>
4. Chiniforush N, Pourhajibagher M, Shahabi S, Kosarieh E, Bahador A. Can antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) enhance the endodontic treatment? *J Lasers Med Sci* [Internet]. primavera de 2016;7(2):76–85. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15171/jlms.2016.14>
5. Calderón Augusto JCM, Cassana Rojas LR, Villar Zapata JC, Velásquez Huamán Z. Terapia fotodinámica, una nueva tendencia en endodoncia para la eliminación del *Enterococcus faecalis*. *Rev Estomatol Herediana* [Internet]. 31 de marzo de 2024 [citado 27 de febrero de 2025];34(1):77-84. Disponible en: <http://44.198.254.164/index.php/REH/article/view/5333>
6. Marín Botero ML, Gómez Gómez B, Cano Orozco AD, Cruz López S, Castañeda Peláez DA, Castillo Castillo EY. Hipoclorito de sodio como irrigante de conductos. Caso clínico, y revisión de literatura. *Av Odontoestomatol* [Internet]. 2019 Abr [citado 2025 Mar 04] ; 35(1): 33-43. Disponible http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So21312852019000100005&lng=es.
7. Bush LM. Infecciones por enterococos [Internet]. *Manual MSD versión para profesionales*. [citado el 4 de marzo de 2025]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/profesional/enfermedadesinfecciosas/cocos-grampositivos/infecciones-por-enterococos>
8. Sapienza Fromigue ME, Lazo SD, Jara Ortiz MJ, Hervith Gerac MS, Amestoy GO, Carosillo AF, et al. En

búsqueda de la perfección en la desinfección del conducto radicular. In: XVII Jornada Internacional de Ciencia y Tecnología y XV Jornada de Becarios y Tesistas de la Facultad de Odontología de la UNNE (Corrientes, 6 de octubre de 2022).

9. Tavares WLF, Ferreira MVL, de Carvalho Machado V, Braga T, Amaral RR, Cohen S. Antimicrobial photodynamic therapy and guided endodontics: A case report. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2020 Sep;31:101935. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.101935. Epub 2020 Aug 8. PMID: 32781260.

10. Asnaashari, M., Homayuni, H. y Paymanpour, P. (2016). El efecto antibacteriano de la terapia fotodinámica adicional en dientes con tratamiento endodóntico fallido: Un estudio piloto. Journal of Lasers in Medical Sciences , 7 (4), 238–242. Recuperado de <https://journals.sbmu.ac.ir/jlms/article/view/12554>

8. Declaración de conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés con respecto a la elaboración y presentación de este artículo científico.