

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

<https://doi.org/10.35381/s.v.v9i1.4541>

Mecanismos biológicos de la fotobiomodulación en la tracción de caninos impactados. Revisión de Literatura

Biological mechanisms of photobiomodulation in impacted canine traction. Literature review

Juan Alfredo Vásquez-Méndez
javasquezm35@est.ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-9364-0300>

Celia María Pulgarin-Fernandez
celia.pulgarin@ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-5653-9078>

Recibido: 20 de diciembre 2024
Revisado: 10 de enero 2025
Aprobado: 15 de marzo 2025
Publicado: 01 de abril 2025

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

RESUMEN

La fotobiomodulación (FBM), o terapia con láser de baja intensidad, ha surgido como una opción para mejorar los resultados de la tracción ortodóntica. Este tratamiento influye en la remodelación ósea, regula la respuesta inflamatoria y acelera el movimiento dental. **Objetivo:** Analizar los efectos de la fotobiomodulación (FBM) en la tracción de caninos impactados, evaluando su influencia sobre los mecanismos biológicos involucrados en el proceso de remodelación ósea. **Método:** Se realizó una revisión bibliográfica de la literatura disponible, utilizando las bases de datos electrónicas: PubMed, Scopus, Cochrane y LILACS. Las palabras clave utilizadas fueron: fotobiomodulación, láser de baja intensidad, canino retenido, tracción. **Resultados:** La fotobiomodulación ha mostrado beneficios para controlar el dolor ortodóntico y en movimientos dentales tiene un efecto positivo. **Conclusión:** La fotobiomodulación es una herramienta en el tratamiento de caninos impactados, al ofrecer beneficios como la aceleración del movimiento dental, la reducción del dolor e inflamación.

Descriptores: Terapia con láser de baja intensidad; diente impactado; técnicas de movimiento dental. (Fuente: DeCS).

ABSTRACT

Photobiomodulation (PBM), or low-intensity laser therapy, has emerged as an option for improving orthodontic traction results. This treatment influences bone remodelling regulates the inflammatory response and accelerates tooth movement. **Objective:** To analyse the effects of photobiomodulation (PBM) on impacted canine traction, evaluating its influence on the biological mechanisms involved in the bone remodelling process. **Method:** A literature review was conducted using the electronic databases PubMed, Scopus, Cochrane and LILACS. The keywords used were: photobiomodulation, low-intensity laser, retained canine, traction. **Results:** Photobiomodulation has shown benefits in controlling orthodontic pain and has a positive effect on tooth movement. **Conclusion:** Photobiomodulation is a tool in the treatment of impacted canines, offering benefits such as accelerated tooth movement and reduced pain and inflammation.

Descriptors: Low-intensity laser therapy; impacted tooth; tooth movement techniques. (Source: DeCS).

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

INTRODUCCIÓN

Los caninos impactados son un desafío frecuente en ortodoncia, con un impacto considerable en el tratamiento y la estética del paciente. En los últimos años, ha crecido tanto la demanda como la accesibilidad de los tratamientos de ortodoncia, junto con una creciente necesidad por parte de los pacientes de disminuir la duración del tratamiento ¹. La tracción ortodóntica convencional para corregir esta anomalía es efectiva, pero el proceso puede ser lento y generar incomodidad para el paciente. En general, los tratamientos de ortodoncia tienen una duración entre 24 y 36 meses, lo que puede afectar el bienestar de los pacientes y aumentar el riesgo de efectos secundarios a largo plazo, como caries y reabsorción radicular ^{1 2}.

El dolor asociado con la ortodoncia es un efecto secundario no deseado generando inquietudes en los pacientes. Las fuerzas aplicadas durante el tratamiento provocan el movimiento de los dientes y la remodelación ósea en torno a las raíces, lo cual puede ocasionar molestias y reducir la cooperación del paciente. Como resultado, se afecta el progreso del tratamiento, dificultando el habla y la masticación, generando un impacto negativo en la calidad de vida relacionada con la salud bucal ³.

El dolor causado por el tratamiento ortodóntico tiene un origen inflamatorio. Este tipo de dolor se maneja, en general, con medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINEs), considerados el tratamiento estándar. Sin embargo, estos medicamentos pueden ralentizar el movimiento dental y presentan diversas contraindicaciones ⁴. Además, pueden provocar efectos secundarios sistémicos como reacciones alérgicas, trombocitopenia, erupciones cutáneas, hipertensión, cefaleas, nefrotoxicidad, toxicidad hepática, problemas gastrointestinales y un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares ^{3 5}.

La fotobiomodulación (FBM) ha demostrado efectos terapéuticos en diversos contextos clínicos, incluida la ortodoncia, gracias a su capacidad para modular la biología celular. El movimiento dental en ortodoncia es una respuesta biológica a fuerzas externas que generan un lado de tensión y otro de presión. En el lado de presión se produce la reabsorción ósea. Este proceso ocurre como resultado de la remodelación periodontal y ósea.

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

La remodelación ósea está impulsada por fuerzas que favorecen tanto la resorción como la deposición ósea; este proceso es esencial en los tratamientos ortodónticos. Los osteoclastos y osteoblastos juegan un papel fundamental, facilitando respectivamente la resorción y la formación ósea. Varios estudios han demostrado los efectos de la terapia con láser de baja intensidad (LLLT) en la estimulación de la remodelación ósea. Estos pueden acelerar el movimiento ortodóntico al aumentar, potencialmente, el número o la actividad de los osteoclastos en la zona tratada ^{6 7}

La LLLT estimula estos procesos de remodelación en los tejidos orales hidrófilos a través de su efecto fotobioestimulante ^{6 8 9} La FBM utiliza longitudes de onda específicas de luz para interactuar con los tejidos biológicos, principalmente a través de la estimulación de las células. La principal área de acción de la LLLT son las mitocondrias, donde el citocromo C oxidasa (CCO),^{6 10} es la enzima terminal de la cadena respiratoria, juega un papel crucial en el transporte de electrones. Su activación mejora la actividad celular y la síntesis de proteínas, produciendo una aceleración del proceso de curación y la remodelación ósea. Además, la fotobiomodulación puede influir en la expresión de factores de crecimiento y citoquinas, modulando la respuesta inflamatoria y estimulando la regeneración tisular. El haz de LLL (láser de baja intensidad) tiene tres propiedades principales: monocromaticidad, significa que emite luz de una sola longitud de onda o color. La segunda propiedad es la colimación, esto implica que la luz mantiene una dirección constante. La tercera es la coherencia, que se refiere al movimiento sincronizado de las ondas de luz ¹¹.

El láser generalmente se emite sin contacto directo. Existen diversas formas de dirigir el LLL hacia la zona a tratar, como cables de fibra óptica de vidrio, guías de onda tubulares huecas y piezas de mano (brazos articulados). Además, los dispositivos láser cuentan con diferentes modos de emisión: modo de onda continua, pulso controlado y pulso libre. En el modo de onda continuo, el láser emite luz de forma constante; en el modo de pulso controlado, la energía se modula periódicamente; y en el pulso libre, la energía se libera en intervalos específicos, seguidos de pausas ⁶

12.

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

Cuando los tejidos se exponen al LLL, ocurren cuatro tipos de interacciones entre el haz láser y el tejido diana: transmisión, reflexión, dispersión y absorción. En la transmisión, el láser atraviesa el tejido sin causar alteraciones; la reflexión ocurre cuando el haz láser rebota desde la superficie del tejido sin modificarlo; la dispersión, el calor generado por el láser se distribuye hacia los tejidos circundantes sin afectar al tejido diana; y en la absorción, la luz láser es captada por el tejido diana, produciendo los efectos deseados ^{6 13}.

La tracción ortodóntica implica la aplicación de fuerzas sobre los dientes, lo que desencadena una respuesta biológica compleja en el hueso alveolar. La fotobiomodulación puede potenciar la remodelación ósea al estimular la actividad de osteoblastos y osteoclastos. Los osteoblastos, responsables de la formación ósea, y los osteoclastos, encargados de la resorción ósea, son fundamentales en el proceso de movimiento dental. Se ha demostrado que mejora la función de los osteoblastos, promoviendo la formación de nuevo hueso en el lado de compresión, y de los osteoclastos, favoreciendo la resorción en el lado de tensión, este equilibrio optimizado puede acelerar el movimiento dental y reducir el tiempo del tratamiento ortodóntico ^{14 17}.

Uno de los riesgos asociados con la tracción de caninos impactados es la reabsorción radicular, un fenómeno donde el diente pierde parte de su raíz debido a la presión prolongada o a una respuesta inflamatoria excesiva. La fotobiomodulación ha mostrado potencial para prevenir o minimizar este fenómeno ¹⁸.

Todos los tipos de células responden modificando su metabolismo ante la irradiación con luz láser monocromática, así como luz no coherente (LEDs), debido a la presencia universal de fotoceptores, específicamente las enzimas terminales de la cadena respiratoria, como el citocromo C oxidasa, en las mitocondrias. En términos generales, se acepta que las mitocondrias son el objetivo primario de la acción de la luz en las células, y que el citocromo C oxidasa es la molécula responsable de este proceso ^{19 20}.

En cuanto al proceso inflamatorio es una parte esencial al movimiento ortodóntico, pero la inflamación excesiva puede generar dolor y complicaciones ^{21 23}.

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

La fotobiomodulación puede ayudar a regular esta respuesta, promoviendo una inflamación controlada y reduciendo la liberación de mediadores como prostaglandinas y citoquinas.³ Además, tiene efectos analgésicos al aumentar la liberación de endorfinas y disminuir la percepción del dolor, lo cual contribuye a una experiencia más cómoda durante el tratamiento ²⁴.

La implementación de la FBM en ortodoncia debe basarse en un protocolo claro que considere parámetros del láser, como la longitud de onda, potencia, densidad de energía y duración de la exposición. La evidencia indica que las longitudes de onda entre 780 y 830 nm son efectivas para acelerar el movimiento dental. Las longitudes de onda ≤ 810 nm son las más asociadas con un movimiento ortodóntico más rápido, y en el rango entre 730 nm y 830 nm estimula mejor la actividad celular. Los ortodoncistas deben adaptar estos parámetros a las necesidades de cada paciente, basándose en la localización del canino impactado, la intensidad de la tracción y las características individuales del paciente ⁷.

De esta manera se indica una potencia de 100 mW (0,1 W) para la terapia láser, aunque esto puede variar dependiendo del equipo utilizado. Actualmente, existen dispositivos que operan en modo continuo o pulsado, con potencias mínimas de 0,2 W, ajustándose al 50% para lograr la dosis adecuada ⁷.

La densidad de energía, también denominada como fluencia (J/cm^2), determina la cantidad real de energía que recibe el tejido objetivo. La densidad energética varía entre 4,25 y 80 J/cm^2 , dependiendo de la punta utilizada y el objetivo del tratamiento (aceleración del movimiento dental o control del dolor). Dado que los equipos dentales tienen puntas pequeñas y no intercambiables entre fabricantes, es importante ajustar la densidad energética según el equipo disponible ⁷.

Respecto al número de aplicaciones de fotobiomodulación, diversos estudios informan que las dosis repetidas entre citas de no aumentan significativamente la aceleración del movimiento dental. Se recomienda aplicar láser en las consultas de control. Por lo tanto, no es necesario aumentar el número de sesiones entre controles. Para asegurar un tratamiento ortodóntico sin dolor, se recomienda repetir la dosis 24 horas después

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

del ajuste ortodóntico. La aplicación de una dosis única mensual es insuficiente para eliminar el dolor asociado con el tratamiento ⁷.

Esta terapia ofrece una serie de beneficios y se considera una opción superior frente a los tratamientos ortodónticos tradicionales, especialmente en términos de comodidad y seguridad para el paciente. Su característica no invasiva es una de sus principales ventajas, eliminando la necesidad de intervenciones quirúrgicas, reduciendo el riesgo de complicaciones ^{1 8 19}.

MÉTODO

Para la revisión de la literatura, se empleó un enfoque descriptivo e investigativo. Se realizó la revisión de bases bibliográficas digitales actualizadas, relacionado con la fotobiomodulación en conjunto con la tracción de caninos. La búsqueda se inició en plataformas digitales como PubMed y Google Académico.

A partir de la temática de investigación, la estrategia de búsqueda se basó en términos de Medical Subject Heading (MeSH), los Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCs) y términos abiertos. Se utilizaron descriptores controlados e indexados para cada una de la base de datos incluidas en esta revisión de alcance, combinándolos mediante operadores booleanos OR, AND y NOT.

Para la selección de estudios de interés, se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de Inclusión

Estudios clínicos controlados aleatorizados (ECA).

Estudios clínicos controlados aleatorizados enmascarados (ECAe).

Estudios de revisión de literatura.

Estudios de revisión sistemática, con y sin meta-análisis.

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

Criterios de Exclusión

Cartas al editor.

Artículos sin su texto completo y que no se han podido contactar con el editor.

RESULTADOS

En esta revisión, se estableció una base de datos que incluyó 15 artículos de Pubmed, 11 de Google académico, 15 de Pesquisa, sumando un total de 41 artículos. Tras un primer filtro, se retuvieron 10 artículos siendo las referencias duplicadas, dejando 31 artículos. Después de revisar todos los registros, se excluyeron 9 estudios que no cumplían con los criterios de elección. Como resultado, se obtuvo 22 artículos para esta revisión de literatura. En la revisión de la literatura, se menciona varios estudios importantes sobre la utilización de la fotobiomodulación (FMB). De manera conjunta, se obtuvo información sobre la mecánica de tracción de caninos impactados en ortodoncia, evidenciando que la eficacia de la FBM en la aceleración del tratamiento de ortodoncia o movimiento dental es positiva. La mayoría de los estudios revisados coinciden en que la terapia tiene un impacto favorable en la aceleración del movimiento dental durante los tratamientos ortodónticos ^{15 20}.

La fotobiomodulación demuestra, según varios estudios, que ayuda a mejorar la actividad de remodelación ósea, interviniendo en la actividad celular de los osteoclastos y osteoblastos, generando movimiento ortodóntico acelerado, especialmente cuando se aplican longitudes de onda en el rango de 700-850 nm. Sin embargo, se debe considerar que la aceleración del movimiento ortodóntico no se incrementa considerablemente con el número de aplicaciones repetidas entre citas de control, razón por la cual no es necesario aumentar el número de sesiones fuera de las programadas para el tratamiento convencional ^{25 26}

Varios artículos indican que, además de su eficacia en el movimiento dental, la FBM también ha demostrado ser eficaz en la reducción del dolor asociado con la tracción ortodóntica o procedimientos que generen inflamación durante el tratamiento. La literatura revisada indica sobre la FBM es capaz de disminuir la inflamación y promover una respuesta inflamatoria controlada, contribuyendo significativamente al

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

alivio del dolor. Asimismo, los efectos analgésicos de la terapia pueden provocar una experiencia más cómoda para el paciente, mejorando su calidad de vida durante el tratamiento ¹. Se menciona que el impacto de la FBM para prevenir la reabsorción radicular. Esta terapia puede ayudar a prevenir o minimizar la reabsorción radicular, un efecto secundario potencialmente grave de la tracción de caninos impactados. Al influir positivamente en los procesos biológicos y reducir la inflamación excesiva, la FBM puede proteger la estructura radicular del diente ¹.

Para un manejo adecuado del láser en la terapia de Baja Intensidad, se recomienda su aplicación utilizando parámetros específicos para maximizar sus efectos terapéuticos deseados. Se ha identificado que una potencia de 100 mW (0,1 W) es eficaz para la mayoría de los equipos, aunque algunos modelos más avanzados pueden requerir ajustes a 0,2 W, dependiendo de la configuración de pulsos. Además, la densidad energética recomendada varía entre 4,25 y 80 J/cm², dependiendo de la punta utilizada y el objetivo del tratamiento ²⁷. La aplicación y frecuencia, se sugiere no aumentar el número de sesiones de FBM fuera de las citas de control de ortodoncia para lograr una aceleración significativa del movimiento dental. Sin embargo, se recomienda aplicar una dosis adicional de FBM 24 horas después del ajuste ortodóntico para asegurar un tratamiento sin dolor, ya que una dosis única mensual no es suficiente para controlar completamente el dolor asociado con el tratamiento ortodóntico ²⁴.

DISCUSIÓN

La fotobiomodulación, también conocida como FBM, es actualmente una terapia ampliamente utilizada para aliviar el dolor ^{9 28}. La LLLT es un procedimiento no invasivo y de fácil aplicación, con pocos efectos secundarios. Se han llevado a cabo numerosos estudios sobre esta técnica, y la mayoría respalda su efectividad para controlar el dolor; sin embargo, algunos han reportado resultados opuestos. La variabilidad en los diseños experimentales y factores como la longitud de onda, la potencia de salida, la densidad energética, el modo, la duración y la frecuencia del

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

láser podrían ser la causa de las conclusiones inconsistentes, representando un desafío que debe ser abordado ⁹.

En un metanálisis realizado por Murakami-Malaquias-Silva F., se propuso examinar diversos estudios que investigaron los efectos de la FBM en la regeneración ósea en pacientes sometidos a tratamiento ortodóntico. En esta investigación nos demuestran resultados que la LLLT fue eficaz en la estimulación de la actividad de los osteoblastos, favoreciendo así la formación de hueso alrededor de los dientes ¹.

Otra investigación demuestra, según la curva de Arndt-Schulz, la respuesta a la luz láser varía dependiendo de la dosis: niveles bajos de luz láser tienen un efecto estimulante y reparador en los tejidos, mientras que dosis más altas pueden ser menos eficaces o incluso dañinas. Esto resalta la importancia de ajustar correctamente la dosis de FBM para lograr resultados deseados sin comprometer la salud del tejido óseo o los dientes. La remodelación ósea es un proceso dinámico que incluye tanto la reabsorción del hueso viejo como la deposición de hueso nuevo, proceso en el cual intervienen principalmente los osteoclastos y los osteoblastos ²⁴.

CONCLUSIONES

La fotobiomodulación es una herramienta prometedora en ortodoncia, pero su aplicación debe ser cuidadosamente dosificada y dirigida para maximizar los beneficios sin interferir con los procesos naturales de la remodelación ósea. La planificación adecuada del tratamiento, combinada con un uso apropiado de FBM, puede optimizar los resultados y ayudar a lograr un cierre de espacios más eficiente, manteniendo al mismo tiempo la estabilidad y la salud dental a largo plazo.

La fotobiomodulación es una opción más segura, especialmente en comparación con los métodos que implican estimulación eléctrica en ambientes húmedos. Además, la precisión y control del FBM, facilitados por el uso de longitudes de onda específicas adaptadas a planes de tratamiento individuales, mejoran su perfil de seguridad y eficacia. A diferencia de los métodos tradicionales de ortodoncia, la LLLT no causa daño tisular, infección, pérdida de sangre ni molestias, sino que alivia estas afecciones, su capacidad para promover la cicatrización tisular, la angiogénesis, la

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

remodelación ósea y acelerar el movimiento dental resalta su valor como terapia complementaria en ortodoncia.

Los estudios revisados demuestran que la fotobiomodulación con láser de baja potencia (LBP) puede acelerar significativamente el movimiento ortodóntico dental, logrando aumentos del 40 % en humanos a los 3 meses, una reducción del 26 % en el tiempo total de tratamiento en casos de alineación y nivelación, y un incremento de hasta 46 % en la distancia del movimiento dental en modelos animales.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés en la publicación de este artículo.

FINANCIAMIENTO

No se ha recibido financiamiento.

AGRADECIMIENTO

A Universidad Católica de Cuenca y colaboradores del proceso investigativo.

REFERENCIAS CONSULTADAS

1. Vinces Ramírez ZR, Cabrera Padrón MI, Azuero Ordóñez JÁ. Efectos de la fotobiomodulación en el tratamiento de ortodoncia. Revisión bibliográfica. *Anatomía Digital*. 2023;6(3):67-83.
2. Olszewska A, Wolny M, Kensy J, Kotela A, Czajka-Jakubowska A, Matys J. Photobiomodulation Therapy for Neurosensory Disturbances in Orthognathic Surgery Patients: A Systematic Review. *Life*. 2025;15.
3. Mirhashemi AH, Rasouli S, Shahi S, Chiniforush N. Efficacy of Photobiomodulation Therapy for Orthodontic Pain Control Following the Placement of Elastomeric Separators: A Randomized Clinical Trial. *J Lasers Med Sci*. 2021;12:1-6.
4. Mishra D, Urala AS, Nayak AS, Divya S, Kamath R, Bairy LN, et al. A Randomized Controlled Trial Evaluating the Effect of Local Application of Sodium Alendronate Gel and Low-Level Laser Therapy (LLLT) on Peri-Implant Tissue Healing in Wistar Rats. *F1000Res*. 2025;14.

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

5. Bustos-Bravo AI, Ramos-Montiel RI, Bustos Bravo A, Ramos Montiel R. Correlación tomográfica de la distancia transversal maxilar y la inclinación de molares permanentes superiores en adultos clase I esquelético. *Polo del Conocimiento*. 2022;7(4):1806-22. <https://n9.cl/hcpgk6>
6. Alzahrani AM, Aljibrin FJ, Alqahtani AM, Saklou R, Alhassan IA, Alamer AH, et al. Photobiomodulation in Orthodontics: Mechanisms and Clinical Efficacy for Faster Tooth Movement. *Cureus*. 2024.
7. Dominguez A. Current protocol to achieve dental movement acceleration and pain control with Photo-biomodulation. *World J Methodol*. 2023;13(5):379-83.
8. Yong J, Gröger S, Von Bremen J, Martins Marques M, Braun A, Chen X, et al. Photobiomodulation therapy assisted orthodontic tooth movement: potential implications, challenges, and new perspectives. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2023;24:957-73.
9. Khot TA, Lele P, Dodwad V, Patil A, Bhosale N, Yewale M. Comparative Evaluation of the Effect of Photobiomodulation on Pain Reduction in Individuals Undergoing Segmental Retraction Using a Closing Loop: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Cureus*. 2024.
10. Ramos Montiel RR. Theoretical epistemic foundation of the maxillofacial cranio-cervico diagnosis Fundamento teórico epistémico del diagnóstico craneo-cervico maxilofacial. *Rev Mex Ortodon*. 2022;7(4):180-2.
11. Rodriguez Salazar DY, Málaga Rivera JA, Laynes Effio JE, Valencia-Arias A. A systematic review of trends in photobiomodulation in dentistry between 2018 and 2022: advances and investigative agenda. *F1000Res*. 2023;12:1415.
12. Alsayed Hasan MMA, Sultan K, Ajaj M, Voborná I, Hamadah O. Low-level laser therapy effectiveness in reducing initial orthodontic archwire placement pain in premolars extraction cases: A single-blind, placebo-controlled, randomized clinical trial. *BMC Oral Health*. 2020;20(1).
13. Gonçalves A, Barros G, Coelho M, Monteiro F, Silva FS, Pinho T. Effectiveness of Surgical and Non-Surgical Techniques for Accelerating Orthodontic Tooth Movement in Fixed Appliances and Aligners: A Systematic Review. *Turk J Orthod*. 2025. <https://n9.cl/bxcfl>
14. Gonçalves A, Monteiro F, Carvalho Ó, Oliveira S, Costa I, Catarino SO, et al. Optimization of a Photobiomodulation Protocol to Improve the Cell Viability, Proliferation and Protein Expression in Osteoblasts and Periodontal Ligament Fibroblasts for Accelerated Orthodontic Treatment. *Biomedicines*. 2024;12(1).

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

15. Zhong J, Zhang X, Ruan Y, Huang Y. Photobiomodulation therapy's impact on angiogenesis and osteogenesis in orthodontic tooth movement: in vitro and in vivo study. *BMC Oral Health*. 2024;24(1).
16. Gutiérrez Belén Milagros L, Puebla Ramos L, Ramos Montiel R, Milagros B, Ramos P. Posición vestíbulo-palatina de primeros molares maxilares permanentes en individuos clase I esquelética mediante CBCT. *Anatomía Digital*. 2022;5(3):179-94. <https://n9.cl/ro8pnz>
17. Pulgarin Fernandez CM, Campoverde Torres CH, Zapata Hidalgo CD, Calderon Barzallo ML, Ramos Montiel RR. Capítulo 5. Estimación tridimensional de la porción condilar en adultos jóvenes con normo-oclusión de la ciudad de Cuenca-Ecuador. *Sociedad del Conocimiento: Resultados de investigaciones universitarias*. 2023;120-39. <https://n9.cl/21emm>
18. Kuc AE, Kotuła J, Kulgawczyk M, Kotuła K, Grzech-Leśniak Z, Zalewska A, et al. Orthodontic Treatment of a Transmigrating Impacted Lower Canine Using a Digitally Designed and 3D-Printed Lingual Appliance Combined with Corticotomy and Laser Therapy—A Case Report. *J Clin Med*. 2025;14(4).
19. Cavagnola Zúñiga S, Chaple Gil AM. Láser de baja potencia en Ortodoncia. *Rev. Cubana Estomatol*. 2018;55.
20. An Y, An L, Zhao J, Li Z, Wang J, Wu Y, et al. Effect of photobiological regulation of green laser on orthodontic tooth retention in rats. *Lasers Med Sci*. 2025;40(1):24.
21. Bustamante Quichimbo D del C, Puebla Ramos L, Pesantez Solano SM, Ramos Montiel RR. Capítulo 3. Etiología, clasificación, diagnóstico y tratamiento de las maloclusiones en niños mediante el uso de aparatos bimaxilares de ortopedia funcional maxilar. *Sociedad del Conocimiento: Resultados de investigaciones universitarias*. 2023;76-101. <https://n9.cl/6vkq6>
22. Ramos Montiel R, Puebla Ramos L, Palmas S, Oyen J, Cabrera Padrón MI, Espinoza Arias J, et al. Biology and Mechanobiology of the Tooth Movement during the Orthodontic Treatment. *IntechOpen*. 2024. <https://n9.cl/f7au0>
23. Dominguez A. Is it possible to anchor a tooth with photobiomodulation? *World J Clin Cases*. 2024;12(5):872-4.
24. Tsaprazlis T, Filippou D, Mavragani M. Benefits and Effects of Laser-Based Techniques in Complementary Maxillary Expansion: A Narrative Review. *Cureus*. 2024. <https://n9.cl/n1p7a>

Juan Alfredo Vásquez-Méndez; Celia María Pulgarin-Fernandez

25. Elfouly DA, Abdel-Haffiez SH, El-Harouni NM, Elzoheiry MAS, Marzouk ES. Three-dimensional assessment of low-level laser therapy on orthodontic miniscrew displacement using CBCT: a retrospective study. *BMC Oral Health*. 2024;24(1).
26. Sobouti F, Kashiri A, Dadgar S, Aryana M, Eissa O, Hakimiha N, et al. Comparative Efficacy of Laser Versus Conventional Method in the Success of Circumferential Supracrestal Fiberotomy in Orthodontic Patients: A Systematic Review. *J Lasers Med Sci*. 2024;15.

©2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).