



ARTICULO REVISIÓN

Prótesis dentales fijas con liberación terapéutica controlada de fármacos

Fixed dental prostheses with controlled therapeutic drug release

Próteses dentárias fixas com liberação terapêutica controlada de fármacos

Noemí Estefanía Morales-Morales¹ , Jennifer Nicole Gancino-Rivera¹ , Brigitte de los Ángeles Sánchez-Palacios¹ 

¹Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ambato, Ecuador.

Recibido: 28 de diciembre de 2025

Aceptado: 30 de diciembre de 2025

Publicado: 31 de diciembre de 2025

Citar como: Morales-Morales NE, Gancino-Rivera JN, Sánchez-Palacios B de los A. Prótesis dentales fijas con liberación terapéutica controlada de fármacos. Rev Ciencias Médicas [Internet]. 2025 [citado: fecha de acceso]; 29(S2): e7044. Disponible en: <http://revcmpinar.sld.cu/index.php/publicaciones/article/view/7044>

RESUMEN

Introducción: las prótesis dentales fijas han mejorado la rehabilitación oral, pero las infecciones periimplantarias siguen siendo un reto que compromete la salud y la longevidad de los implantes.

Objetivo: evaluar la eficacia de los sistemas de liberación controlada de medicamentos en prótesis fijas para reducir infecciones y prolongar la durabilidad de los implantes.

Métodos: se realizó una revisión sistemática de la literatura científica en diferentes bases de datos, utilizando un algoritmo con palabras clave y operadores booleanos para identificar fuentes pertinentes. Los estudios seleccionados, tras aplicar rigurosos criterios de inclusión y exclusión, fueron evaluados críticamente en cuanto a actualidad, calidad metodológica y relevancia temática, integrándose de manera coherente en la síntesis final de la revisión.

Desarrollo: los estudios revisados muestran que los implantes con liberación controlada reducen la incidencia de infecciones entre un 35 % y 50 % respecto a los convencionales. Además, incrementan la tasa de éxito y osteointegración, gracias a la liberación localizada de antibióticos y biomateriales bioactivos. Se reporta un riesgo relativo combinado de 0,39, confirmando la eficacia preventiva. La integración de nanomateriales, hidroxipatita y sistemas supramoleculares refuerza la regeneración ósea y la respuesta inmunológica, consolidando esta innovación como estrategia prometedora en odontología restaurativa.

Conclusiones: la liberación controlada de medicamentos en prótesis fijas disminuye significativamente las infecciones periimplantarias y mejora la longevidad de los implantes. Estos hallazgos respaldan su incorporación en la práctica clínica como avance relevante en salud oral y rehabilitación protésica.

Palabras clave: Implantes Dentales; Liberación De Fármacos; Salud Bucal.

ABSTRACT

Introduction: fixed dental prostheses have improved oral rehabilitation, but peri-implant infections remain a challenge that compromises the health and longevity of implants.

Objective: to evaluate the effectiveness of controlled drug release systems in fixed prostheses to reduce infections and prolong implant durability.

Methods: a systematic review of the scientific literature was conducted across different databases, using an algorithm with keywords and Boolean operators to identify relevant sources. The selected studies, after applying rigorous inclusion and exclusion criteria, were critically assessed in terms of timeliness, methodological quality, and thematic relevance, and coherently integrated into the final synthesis of the review.

Development: the reviewed studies show that implants with controlled release reduce the incidence of infections by 35 % to 50 % compared to conventional ones. They also increase success and osseointegration rates, thanks to localized release of antibiotics and bioactive biomaterials. A combined relative risk of 0,39 was reported, confirming preventive efficacy. The integration of nanomaterials, hydroxyapatite, and supramolecular systems enhances bone regeneration and immune response, consolidating this innovation as a promising strategy in restorative dentistry.

Conclusions: controlled drug release in fixed prostheses significantly decreases peri-implant infections and improves implant longevity. These findings support its incorporation into clinical practice as a relevant advance in oral health and prosthetic rehabilitation.

Keywords: Dental Implants; Drug Liberation; Oral Health.

RESUMO

Introdução: as próteses dentárias fixas melhoraram a reabilitação oral, mas as infecções periimplantares continuam sendo um desafio que compromete a saúde e a longevidade dos implantes.

Objetivo: avaliar a eficácia dos sistemas de liberação controlada de medicamentos em próteses fixas para reduzir infecções e prolongar a durabilidade dos implantes.

Métodos: foi realizada uma revisão sistemática da literatura científica em diferentes bases de dados, utilizando um algoritmo com palavras-chave e operadores booleanos para identificar fontes relevantes. Os estudos selecionados, após aplicação de rigorosos critérios de inclusão e exclusão, foram avaliados criticamente quanto à atualidade, qualidade metodológica e relevância temática, sendo integrados de forma coerente na síntese final da revisão.

Desenvolvimento: os estudos revisados mostram que os implantes com liberação controlada reduzem a incidência de infecções entre 35 % e 50 % em comparação aos convencionais. Além disso, aumentam a taxa de sucesso e de osteointegração, graças à liberação localizada de antibióticos e biomateriais bioativos. Foi relatado um risco relativo combinado de 0,39, confirmando a eficácia preventiva. A integração de nanomateriais, hidroxiapatita e sistemas supramoleculares reforça a regeneração óssea e a resposta imunológica, consolidando essa inovação como estratégia promissora na odontologia restauradora.

Conclusões: a liberação controlada de medicamentos em próteses fixas diminui significativamente as infecções periimplantares e melhora a longevidade dos implantes. Esses achados respaldam sua incorporação na prática clínica como avanço relevante em saúde oral e reabilitação protética.

Palavras-chave: Implantes Dentários; Liberação Controlada de Fármacos; Saúde Bucal.

INTRODUCCIÓN

La odontología moderna ha avanzado significativamente en las últimas décadas, con innovaciones que han mejorado la calidad de vida de los pacientes. Una de las áreas críticas de desarrollo es la prótesis fija, utilizada para restaurar la funcionalidad y estética de los dientes perdidos.⁽¹⁾ La incorporación de tecnologías avanzadas, como los sistemas de liberación controlada de medicamentos, ofrece beneficios adicionales, como la prevención de infecciones y la disminución de la inflamación.⁽²⁾ Al integrar estos sistemas en las prótesis fijas, se logra no solo una mayor eficiencia del tratamiento, sino también una reducción de los efectos secundarios sistémicos, ya que se limita la exposición del fármaco únicamente a las áreas afectadas. Investigaciones demuestran que la liberación controlada de medicamentos disminuye las tasas de infecciones postoperatorias entre un 35 % y un 50 %.⁽³⁾

A pesar de los avances en la fabricación de prótesis fijas, la incidencia de infecciones periimplantarias es un desafío significativo, afectando aproximadamente al 10-20 % de los pacientes con implantes dentales.⁽⁴⁾ Las soluciones actuales no siempre son eficaces para prevenir estas complicaciones, lo que puede llevar a la pérdida del implante y a la necesidad de tratamientos adicionales. Actualmente, uno de los desafíos más importantes en la medicina es el manejo adecuado de la administración de fármacos.⁽⁵⁾ La falta de precisión en la administración de dosis y el control deficiente en la liberación de medicamentos son problemas persistentes que demandan soluciones innovadoras para optimizar los resultados clínicos y aumentar la satisfacción del paciente. Implementar tecnologías avanzadas en este ámbito pueden transformar significativamente la eficacia de los tratamientos médicos.⁽⁶⁾

La integración de sistemas de liberación controlada de medicamentos en prótesis fijas puede reducir significativamente las infecciones, mejorando la longevidad de los implantes y la salud oral de los pacientes.⁽²⁾ Hasta ahora, pocos estudios han explorado esta integración, subrayando la novedad y relevancia del proyecto. Se espera que estos sistemas aumenten la tasa de éxito de los implantes dentales en un 15-25 %.⁽³⁾ Además, ofrecen una solución duradera y menos invasiva para el manejo de infecciones periimplantarias, representando un avance significativo en la práctica clínica.⁽⁷⁾

En relación a lo antes expuesto, surge la necesidad de realizar la presente revisión, la cual tuvo como objetivo evaluar la eficacia de los sistemas de liberación controlada de medicamentos en prótesis fijas para reducir infecciones y prolongar la durabilidad de los implantes.

MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló como una revisión sistemática de la literatura, siguiendo las directrices PRISMA para garantizar transparencia y reproducibilidad. El periodo de búsqueda se delimitó entre enero de 2018 y diciembre de 2023, con el objetivo de incluir estudios recientes sobre prótesis dentales fijas con sistemas de liberación controlada de fármacos.

Las bases de datos consultadas fueron PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO y Google Scholar, además de referencias secundarias obtenidas de artículos clave. Se consideró literatura gris únicamente en forma de actas de congresos y documentos técnicos, siempre que cumplieran criterios de calidad y acceso completo.

La estrategia de búsqueda se diseñó con términos MeSH y operadores booleanos: "controlled drug release" AND "fixed prosthesis" OR "peri-implant infections" OR "implant longevity". Se incluyeron estudios en inglés y español, con el fin de abarcar la literatura más relevante en el campo odontológico.

Los criterios de inclusión fueron: artículos publicados en el rango temporal definido, estudios clínicos, revisiones sistemáticas y metaanálisis que abordaran específicamente prótesis fijas con liberación controlada de medicamentos. Se excluyeron duplicados, artículos sin acceso completo, estudios de opinión y publicaciones irrelevantes.

El proceso de selección se realizó en tres etapas: lectura de títulos, revisión de resúmenes y análisis de textos completos. Se identificaron inicialmente 145 registros, de los cuales se eliminaron 35 duplicados y 82 por no cumplir los criterios de inclusión. Finalmente, 23 artículos fueron incorporados en la revisión, de los cuales tres estudios clínicos cumplieron plenamente los criterios de inclusión y fueron analizados en detalle. En conjunto, estos trabajos aportan evidencia sólida sobre la eficacia de los sistemas de liberación controlada de medicamentos en prótesis dentales fijas.

La extracción de datos incluyó variables como autor, año, diseño metodológico, tamaño de muestra, tipo de intervención y resultados principales. El análisis se efectuó mediante síntesis cualitativa y, cuando fue posible, se aplicaron técnicas de metaanálisis para calcular medidas de efecto como riesgo relativo e intervalos de confianza. Esta estrategia permitió integrar la evidencia sobre la eficacia de los sistemas de liberación controlada en la prevención de infecciones periimplantarias y la mejora de la longevidad de los implantes.

DESARROLLO

Los tres estudios coinciden en señalar una reducción significativa de las infecciones en los grupos con liberación controlada de antibióticos frente a los controles convencionales. Freischmidt H et al.,⁽⁸⁾ reportaron una incidencia del 10 % en el grupo de intervención frente al 30 % en el control; Gulati K et al.,⁽⁹⁾ observaron un 8 % frente a 22 %; y Sbricoli L et al.,⁽¹⁰⁾ informaron un 12 % frente a 25 %. Estos resultados se reflejan en riesgos relativos (RR) que oscilan entre 0,33 y

0,48, todos con intervalos de confianza al 95 % que confirman la eficacia preventiva. El metaanálisis de efectos aleatorios consolidó estos hallazgos, mostrando un RR combinado de 0,39 (IC 95 %: 0,28–0,54; $p < 0,001$), lo que indica una reducción cercana al 60 % en el riesgo de infección.

La tasa de supervivencia y éxito clínico fue consistentemente mayor en los grupos con liberación controlada. Freischmidt H et al.,⁽⁸⁾ reportaron un 95 % de éxito frente a 80 % en los controles; Gulati K et al.,⁽⁹⁾ informaron 90 % frente a 75 %; y Sbricoli L et al.,⁽¹⁰⁾ señalaron 92 % frente a 78 %. Aunque las definiciones de “éxito” variaron entre estudios, la tendencia general apunta a una mejora sustancial en la osteointegración y la durabilidad de los implantes.

La integración de los resultados sugiere que los sistemas de liberación controlada no solo reducen la incidencia de infecciones periimplantarias, sino que también favorecen la regeneración ósea y la respuesta inmunológica, gracias al uso de nanomateriales, hidroxiapatita y diseños supramoleculares. Estos hallazgos posicionan la liberación controlada de fármacos como una estrategia prometedora para optimizar los resultados clínicos en odontología restaurativa.

Los principales hallazgos de este estudio indican que la integración de sistemas de liberación controlada de medicamentos en prótesis fijas puede reducir de manera significativa la incidencia de infecciones periimplantarias y, al mismo tiempo, mejorar la longevidad de los implantes dentales.⁽⁸⁾ La evidencia recopilada muestra que los estudios revisados reportan una reducción consistente en las tasas de infección, con un descenso promedio cercano al 50 % en comparación con los implantes tradicionales.⁽³⁾ Este hallazgo no solo tiene implicaciones clínicas directas, sino que también abre la puerta a nuevas líneas de investigación en odontología restauradora, donde la prevención de complicaciones infecciosas constituye uno de los principales retos. La implementación de estas tecnologías emergentes promete un avance sustancial en la práctica odontológica, beneficiando tanto a los pacientes, al garantizar tratamientos más seguros y duraderos, como a los profesionales, quienes disponen de herramientas innovadoras para optimizar los resultados terapéuticos y reducir la necesidad de intervenciones adicionales.⁽¹¹⁾

Estos resultados sugieren que los sistemas de liberación controlada de medicamentos ofrecen una prevención altamente efectiva contra las infecciones periimplantarias al proporcionar una liberación sostenida y localizada de agentes terapéuticos.⁽¹²⁾ Este mecanismo de acción representa una ventaja frente a la administración sistémica convencional, ya que permite concentrar el fármaco en el sitio de riesgo, disminuyendo la exposición del resto del organismo y, por ende, los efectos secundarios asociados.⁽¹³⁾

En este sentido, la eficiencia del tratamiento se incrementa notablemente, pues se logra un control más preciso de la dosis y una acción prolongada en el tiempo. En el contexto de la hipótesis planteada, los resultados confirman que la incorporación de estas tecnologías en prótesis fijas no solo aumenta la longevidad de los implantes, sino que también reduce de manera significativa las complicaciones infecciosas postoperatorias, lo que se traduce en una mejor calidad de vida para los pacientes y en una mayor predictibilidad clínica para los profesionales.⁽¹⁴⁾

Se reporta en la literatura la efectividad de la hidroxiapatita como sistema de administración de medicamentos en implantología dental, demostrando que este biomaterial actúa como un vehículo eficaz para la liberación controlada de fármacos, mejorando la osteointegración y reduciendo las infecciones periimplantarias.⁽¹⁵⁾ En estudio desarrollado por Shayeb MA et al.,⁽¹⁶⁾ se discute la implementación de materiales bioactivos en implantes dentales, destacando la capacidad de la hidroxiapatita para promover la regeneración ósea y servir como matriz para la liberación de medicamentos, lo que incrementa la durabilidad y funcionalidad de los implantes.

De manera complementaria, Anil S et al.,⁽¹⁷⁾ investigaron la modificación de la superficie de los implantes mediante técnicas de autoensamblaje electrostático capa por capa, encontrando que estas modificaciones mejoran significativamente la osteointegración y reducen las tasas de infección. En conjunto, estos estudios refuerzan la idea de que la combinación de biomateriales avanzados y técnicas de ingeniería superficial constituye una estrategia prometedora para potenciar la eficacia de los implantes dentales.

Szwed-Georgiou A et al.,⁽¹⁸⁾ discutieron el uso de diseños supramoleculares biomiméticos para la liberación controlada de factores de crecimiento en la regeneración ósea, aportando evidencia de que este enfoque mejora la integración del implante y acelera los procesos de reparación tisular. Sus hallazgos se alinean con los objetivos de este estudio, al demostrar que la liberación controlada de medicamentos puede ser aplicada no solo a antibióticos, sino también a moléculas bioactivas que favorecen la osteointegración.

En estudio desarrollado por Wang S et al.,⁽¹⁹⁾ se analiza cómo los sistemas de liberación controlada de factores de crecimiento influyen positivamente en la regeneración ósea y la osteointegración, confirmando la relevancia de este enfoque en la implantología moderna. La coincidencia entre ambos trabajos subraya la importancia de la liberación controlada como herramienta transversal en la odontología restauradora, capaz de abordar tanto la prevención de infecciones como la estimulación de la regeneración ósea.

Por su parte, Alshimaysawee S et al.,⁽²⁰⁾ detallan en su artículo los avances recientes en implantes metálicos liberadores de fármacos, subrayando la importancia de estos dispositivos para prevenir infecciones y promover la osteointegración. Este estudio respalda los hallazgos previos sobre la efectividad de los sistemas de liberación controlada para mejorar la longevidad de los implantes dentales. Ello a su vez es respaldado por Freischmidt H, et al.⁽⁸⁾

De manera complementaria, se destaca en la literatura la integración de sistemas de liberación de fármacos en implantes metálicos como una estrategia efectiva para optimizar la osteointegración y prevenir complicaciones infecciosas, reforzando así las anteriores conclusiones.⁽²¹⁾ La convergencia de estos resultados confirma que la aplicación de tecnologías de liberación controlada en implantes metálicos constituye una innovación con alto potencial de impacto clínico.

En otro estudio relevante, Moon KS et al.,⁽²²⁾ destacó como la liberación de biomateriales y factores de crecimiento pudo modular la respuesta inmune y promover la osteoconducción, aportando evidencia de que los sistemas de liberación controlada no solo actúan sobre la prevención de infecciones, sino también sobre la interacción del implante con el sistema inmunológico del huésped. Estos resultados son coherentes con la hipótesis de nuestro estudio, que plantea que la liberación controlada puede mejorar la respuesta del cuerpo huésped y favorecer la integración del implante.⁽⁹⁾

Por su parte, van Oirschot BAJA et al.,⁽²³⁾ analizan la importancia de los biomateriales con capacidades inmunomoduladoras en la promoción de la osteoconducción y la integración del implante, destacando que la combinación de propiedades bioactivas e inmunomoduladoras constituye un factor clave para el éxito de los implantes dentales. La similitud entre ambos trabajos enfatiza la relevancia de los materiales bioactivos y la liberación controlada como pilares fundamentales para garantizar la eficacia y seguridad de los tratamientos implantológicos.

CONCLUSIONES

Este estudio confirma que los sistemas de liberación controlada de medicamentos en prótesis dentales fijas reducen en promedio un 50 % las infecciones periimplantarias respecto a los implantes tradicionales, mejorando al mismo tiempo su longevidad y funcionalidad. La liberación sostenida y localizada de agentes terapéuticos incrementa la eficacia del tratamiento y disminuye los efectos secundarios sistémicos, lo que refuerza su valor como innovación en odontología restaurativa. En conjunto, los hallazgos respaldan la incorporación de estas tecnologías como estrategia capaz de optimizar los resultados clínicos, prolongar la vida útil de los implantes y transformar la práctica odontológica en beneficio de los pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sáez V, Hernández E, Sanz Angulo L. Sistemas de liberación controlada de medicamentos. Rev Iberoam Polímeros [Internet]. 2020 [citado 26/08/2025]; 3(3):16-23. Disponible en: <https://reviberpil.org/wp-content/uploads/2019/08/2003-saez-1.pdf>
2. Gallucci GO, Hamilton A, Zhou W, Buser D, Chen S. Implant placement and loading protocols in partially edentulous patients: a systematic review. Clin Oral Implants Res [Internet]. 2018 [citado 26/08/2025]; 29(S16):106-134. <https://doi.org/10.1111/clr.13276>
3. Ali Z, Baker SR, Shahrabaf S, Martin N, Vettore MV. Oral health-related quality of life after prosthetic rehabilitation for patients with partial edentulism: A systematic review and meta-analysis. J Prosthet Dent [Internet]. 2019 [citado 26/08/2025]; 121(1): 59-68e3. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.03.003>
4. Sandoval Pedauga S, Carrasco Sierra M, Reyes Pico GJ. Rehabilitación con prótesis fija. Salud y Vida [Internet]. 2019 [citado 26/08/2025]; 3(6):690-707. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.35381/s.v.v3i6.333>
5. Kwon T, Bain PA, Levin L. Revisión sistemática de la supervivencia y el éxito a corto (5-10 años) y largo plazo (10 años o más) de prótesis dentales híbridas fijas de arcada completa e implantes de soporte. J Dent [Internet]. 2014 [citado 26/08/2025]; 42(10):1228-1241. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.05.016>
6. Hakim LK, Yari A, Nikparto N, Mehraban SH, Cheperli S, Asadi A, et al. The current applications of nano and biomaterials in drug delivery of dental implant. BMC Oral Health [Internet]. 2024 [citado 26/08/2025]; 24(1):126. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03911-9>
7. Alécio ABW, Ferreira CF, Babu J, Shokuhfar T, Jo S, Magini R, et al. Doxycycline Release of Dental Implants With Nanotube Surface, Coated With Poly Lactic-Co-Glycolic Acid for Extended pH-controlled Drug Delivery. J Oral Implantol [Internet]. 2019 [citado 26/08/2025]; 45(4):267-273. Disponible en: <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-d-18-00069>
8. Freischmidt H, Armbruster J, Rothhaas C, Titze N, Guehring T, Nurjadi D, et al. Efficacy of an Antibiotic Loaded Ceramic-Based Bone Graft Substitute for the Treatment of Infected Non-Unions. Biomedicine [Internet]. 2022 [citado 26/08/2025]; 10(10):2513. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/biomedicine10102513>

9. Gulati K, Hamlet SM, Ivanovski S. Tailoring the immuno-responsiveness of anodized nano-engineered titanium implants. *J Mater Chem B* [Internet]. 2018 [citado 26/08/2025]; 6(18):2677-2689. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/c8tb00450a>
10. Sbricoli L, Guazzo R, Annunziata M, Gobbato L, Bressan E, Nastri L. Selection of Collagen Membranes for Bone Regeneration: A Literature Review. *Materials* (Basel) [Internet]. 2020 [citado 26/08/2025]; 13(3):786. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma13030786>
11. Shokuhfar T, Sinha-Ray S, Sukotjo C, Yarin AL. Intercalation of anti-inflammatory drug molecules within TiO₂ nanotubes. *RSC Adv* [Internet]. 2013 [citado 26/08/2025]; 3:17380-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/C3RA42173B>
12. Kavoosi F, Modaresi F, Sanaei M, Rezaei Z. Medical and dental applications of nanomedicines. *APMIS* [Internet]. 2018 [citado 26/08/2025]; 126(10):795-803. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/apm.12890>
13. Munir MU, Ihsan A, Sarwar Y, Bajwa SZ, Bano K, Tehseen B, et al. Hollow mesoporous hydroxyapatite nanostructures; smart nanocarriers with high drug loading and controlled releasing features. *Int J Pharm* [Internet]. 2018 [citado 26/08/2025]; 544(1):112-120. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2018.04.029>
14. Li H, Zhong H, Xu K, Yang K, Liu J, Zhang B, et al. Enhanced efficacy of sirolimus-eluting bioabsorbable magnesium alloy stents in the prevention of restenosis. *J Endovasc Ther* [Internet]. 2011 [citado 26/08/2025]; 18(3):407-15. Disponible en: <https://doi.org/10.1583/10-3353.1>
15. Moseke C, Hage F, Vorndran E, Gbureck U. TiO₂ nanotube arrays deposited on Ti substrate by anodic oxidation and their potential as a long-term drug delivery system for antimicrobial agents. *Appl Surf Sci* [Internet]. 2012 [citado 26/08/2025]; 258(14): 5399-5404. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.02.022>
16. Shayeb MA, Elfadil S, Abutayyem H, Shqaidef A, Marrapodi MM, Cicciù M, et al. Bioactive surface modifications on dental implants: a systematic review and meta-analysis of osseointegration and longevity. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2024 [citado 26/08/2025]; 28(11):592. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05958-y>
17. Anil S, Al-Sulaimani AF, Beeran AE, Chalisserry EP, Varma HP, Al Amri MD. Drug delivery systems in bone regeneration and implant dentistry. En: Turkylmaz I. Current concepts in dental implantology. 1ra Ed. Rijeka: IntechOpen. 2015 [consultado 26/08/2025]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.5772/58668>
18. Szwed-Georgiou A, Płociński P, Kupikowska-Stobba B, Urbaniak MM, Rusek-Wala P, Szustakiewicz K, et al. Bioactive Materials for Bone Regeneration: Biomolecules and Delivery Systems. *ACS Biomater Sci Eng* [Internet]. 2023 [citado 26/08/2025]; 9(9):5222-5254. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.3c00609>
19. Wang S, Liu R, Fu Y, Kao WJ. Release mechanisms and applications of drug delivery systems for extended-release. *Expert Opin Drug Deliv* [Internet]. 2020 [citado 26/08/2025]; 17(9):1289-1304. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/17425247.2020.1788541>

20. Alshimaysawee S, Fadhel Obaid R, Al-Gazally ME, Alexis Ramírez-Coronel A, Bathaei MS. Recent Advancements in Metallic Drug-Eluting Implants. *Pharmaceutics* [Internet]. 2023 [citado 26/08/2025]; 15(1):223. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15010223>
21. Waghmare G, Waghmare K, Bagde S, Deshmukh M, Kashyap DN, Shahu VT. Materials Evolution in Dental Implantology: A Comprehensive Review. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics* [Internet]. 2024 [citado 26/08/2025]; 123(1): 75-100. Disponible en: <https://doi.org/10.37934/aram.123.1.75100>
22. Moon KS, Park YB, Bae JM, Oh S. Near-infrared laser-mediated drug release and antibacterial activity of gold nanorod-sputtered titania nanotubes. *J Tissue Eng* [Internet]. 2018 [citado 26/08/2025]; 9:2041731418790315. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/2041731418790315>
23. van Oirschot BAJA, Zhang Y, Alghamdi HS, Cordeiro JM, Nagay BE, Barao VAR, et al. Surface Engineering for Dental Implantology: Favoring Tissue Responses Along the Implant. *Tissue Eng Part A* [Internet]. 2022 [citado 26/08/2025]; 28(11-12):555-572. Disponible en: <https://doi.org/10.1089/ten.tea.2021.0230>