

ISSN 0001-0944

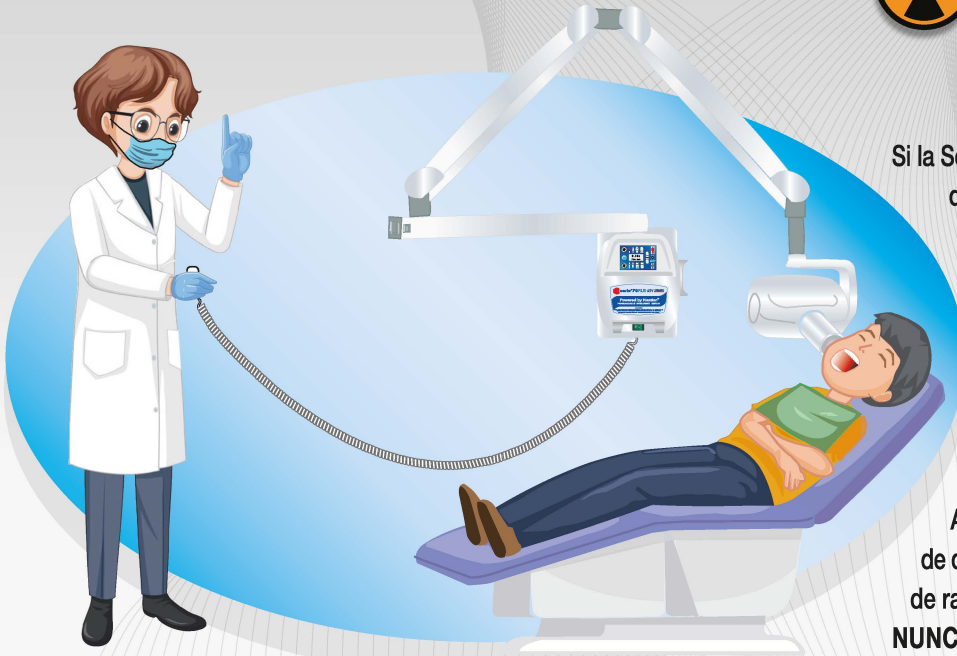
REVISTA ADM ÓRGANO OFICIAL DE LA ASOCIACIÓN DENTAL MEXICANA

Revista | ADM



01 Noviembre - 31 Diciembre 2025 | Vol. LXXXII Núm. 6

Seguridad Radiológica???



Si la Seguridad Radiológica, como Operador de un equipo de Rayos-X Intra-oral es algo que desconoce o no le ha preocupado, tome sus precauciones para que la Radiación Ionizante no llegue a generar Daños Estocásticos y Acumulativos en su organismo.

Cómo llevar a cabo una toma radiográfica en condiciones de seguridad con Equipos de RX Intra-orales **TRADICIONALES**, de piso o pared:

Antes de activar el Equipo, colóquese a **DOS** metros de distancia del RX y del Paciente, fuera del haz principal de radiación, o active el Equipo con disparador remoto. **NUNCA** sostenga la Fuente Generadora en sus manos. **NUNCA** sostenga en sus manos la película o el sensor digital en la cavidad oral del paciente.

Si la toma radiográfica es con un Equipo **PORTÁTIL SIN DISPARADOR REMOTO**, **COLÓQUESE MANDIL, GUANTES Y COLLAR TIROIDEO EMPLOMADOS**, ya que sin protecciones las Dosis de Radiación pueden rebasar en más de **TRES VECES** lo que indican las Normas Establecidas de Seguridad Radiológica.



La información proporcionada es cortesía de
corix medical systems®

REFERENCIAS:

- Protocolos de seguridad sugeridos por ALARA e ICRP.
- U.S. FDA, Radiation Safety Considerations for X-Ray Equipment Designed for Hand Held USE-December 24, 2008.
- Radiation Protection in Dentistry, NCRP Report No. 145.
- Considerations on Radiological Safety with Portable Intra-oral X-Ray Equipments, Jorge Lavin - Massimo Bachi - Coramex, S.A., Oct. 2023.
- The reduction methode of operator's radiation dose for portable X-Ray machines. Restorative Dentistry & Endodontics, 2012 Aug. 29.
- Justification and good practice in using handheld portable dental X-Ray equipment. European Academy of Dentomaxillofacial Radiology. EADMR (2015) 44, 20140343.



corix medical systems® 50 YEARS*

Pantalla Táctil

Corix® 70 Plus Touch Screen*

Le ofrece
todo lo que
Ud. necesita para un
Óptimo Radiodiagnóstico
Intra-Oral, con la
Mayor Seguridad Radiológica



¿Seguridad Radiológica?

Si la Seguridad Radiológica,
como Operador de un equipo de Rayos-X,
es algo que desconoce o no le preocupa,
es mejor que lea en: www.corix.us
todos los detalles.



Corix® 70 Digital V3
Obtener imágenes
Radiográficas Intra-Orales
en un corto tiempo y con la
menor dosis de radiación
Ahora es posible!!!



¡Calidad y Economía!

Los equipos
Corix® 70 Junior*
Le ofrecen:
**Calidad, Economía y
Seguridad Radiológica**



Lauro Villar No. 94-B, 02440, México, CDMX
Tels: +52 55 5394 1192 • +52 55 5394 1199
☎ 56 2571 9826 🌐 www.corix.us
📘 <http://www.facebook.com/CORAMEXSA>
✉ sales@corix.us • repre.ventas@corix.us



* Disponible en versión de:
Pared (WM) y
Base Móvil (MM)

DIRECTORIO REVISTA ADM

Consejo Editorial

Editor

Dr. José Agustín Zerón y Gutiérrez de Velasco

Editores Asociados

Endodoncia

Dr. Sergio Curiel Torres
Dr. Rubén Rosas Aguilar

Odontopediatría

Dr. Luis Karakowsky Kleiman
Dr. Héctor Ramón Martínez Menchaca

Cirugía Bucal

Dr. Mario Trejo Cancino
Dr. Ilan Vinitzky Brener

Ortodoncia

Dr. Rolando González López
Dr. Rogelio J. Scougall Vilchis

Periodoncia

Dr. José Agustín Zerón y Gutiérrez de Velasco
Dr. Alejandro González Blanco
Dr. Francisco Javier Kenji Hosoya Suzuri
Dra. Gloria Elena Guzmán Celaya

Prostodoncia y Odontología Restaurativa

Dr. Rodrigo Rafael Escalante Vázquez
Dr. Antonio Bello Roch
Dr. Néstor A. Schejtman Plotnik

Patología y Medicina Bucal

Dr. Adalberto Mosqueda Taylor
Dr. José Luis Castellanos Suárez
Dra. Beatriz Catalina Aldape Barrios

Operatoria y Materiales Dentales

Dr. José de Jesús Cedillo Valencia
Dr. Federico Pérez Díez
Dr. Sergio Favela Flores

Práctica Clínica (Mercadotecnia, Ética, otros)

Dr. Armando Hernández Ramírez
Dra. Martha Díaz Curi
Dr. Jorge Parás Ayala

Investigación

Dra. Miriam Lucía Rocha Navarro

REVISTA ADM ÓRGANO OFICIAL DE LA ASOCIACIÓN DENTAL MEXICANA es una publicación arbitrada y se encuentra indizada y compilada en:

- Medigraphic, Literatura Biomédica (www.medigraphic.org.mx).
- PERIODICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias, UNAM (<http://biblat.unam.mx>).
- LATINDEX, Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (<http://www.latindex.org>).
- ARTEMISA IV al XI.
- Index to dental literature Med Lars.
- LILACS (www.bireme.br).
- Biblioteca de la Universidad de Bielefeld, Alemania (www.v.uni-bielefeld.de/english/fulltext).
- Biblioteca de revistas electrónicas biomédicas UNAM, México (www.revbiomedicas.unam.mx).
- Biblioteca Digital de la Universidad de Chile, Rep. de Chile (<http://transtor.sisib.uchile.cl/bd/digital>).
- Biblioteca Pública del Estado de Roma, Italia (www.biblioroma.sbn.it/medica/ejnl/fulltext.htm).
- Free Medical Journals (www.freemedicaljournals.com/htm/esp.htm).
- Infodocor, España (infodocor.org/revis.htm).
- Universidad de Lausanne, Suiza (<http://perunil.unil.ch/perunil/periodiques>).
- Universidad del Wales College of Medicine, Reino Unido (<http://archive.uwcm.ac.uk/ejnl/>).
- Universidad del Norte de Paraná, Brasil (www.unopar.br/bibliolinks/direitos_autorais/biologicas_saude/periodicos_biologicas/periodicos_biologicas.htm).
- Universidad de Regensburg, Alemania (www.bibliothek.uniregensburg.de/ezeit/flphtml?notation=WW-YZ&bibid=ZBME&colors=3&frames=toc=6sag=3).
- Universidad Federal de São Paulo, Brasil (unifesp.br/dis/bibliotecas/revistas.htm).
- Sociedad Iberoamericana de Información Científica (SIIC Data Bases).

La versión a texto completo se encuentra en www.medigraphic.com/adm
La revista se encuentra en <http://www.adm.org.mx>

REVISTA ADM ÓRGANO OFICIAL DE LA ASOCIACIÓN DENTAL MEXICANA es una publicación bimestral del 01 de Noviembre al 31 de Diciembre de 2025 editada en la Ciudad de México, por Graphimedic S.A. de C.V., Coquimbo No. 936, Col. Lindavista, C.P. 07300, Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México. Editor Responsable: José Agustín Zerón y Gutiérrez de Velasco. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derecho de Autor: 04-2015-073013002700-203. Clasificación temática asignada: ESPECIALIDADES MÉDICAS. Titular: ASOCIACIÓN DENTAL MEXICANA FEDERACIÓN NACIONAL DE COLEGIOS DE CIRUJANOS DENTISTAS, A.C. Domicilio de la publicación: Ezequiel Montes 92, Col. Tabacalera, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06030, Ciudad de México. Teléfonos 0155 3000 0352 y 55 5546 7083. Distribuidor: Asociación Dental Mexicana Federación Nacional de Colegios de Cirujanos Dentistas, A.C.

Arte, diseño, composición tipográfica, pre prensa, impresión y acabado por



Tels. 8589-8527 al 32. E-mail: emyc@medigraphic.com
Impreso en México / Printed in Mexico.

Las opiniones expresadas en los artículos y publicidad son responsabilidad exclusiva de los autores. El material publicado es propiedad de la REVISTA ADM ÓRGANO OFICIAL DE LA ASOCIACIÓN DENTAL MEXICANA, por lo que está prohibida la reproducción parcial o total de su contenido por cualquier medio, ya sea impreso o electrónico.

La correspondencia relacionada con artículos, reseñas, noticias y suscripciones debe dirigirse a REVISTA ADM ÓRGANO OFICIAL DE LA ASOCIACIÓN DENTAL MEXICANA, Ezequiel Montes 92, Col. Tabacalera. Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06030, Ciudad de México. Las solicitudes para anuncios comerciales deberán dirigirse a la Asociación Dental Mexicana Federación Nacional de Colegios de Cirujanos Dentistas, A.C., y a Graphimedic, S.A. de C.V., a los teléfonos antes mencionados. La REVISTA ADM ÓRGANO OFICIAL DE LA ASOCIACIÓN DENTAL MEXICANA es una publicación bimestral y aparece la segunda quincena del segundo mes correspondiente.

Costo de Suscripción

	Nacional	Extranjero
Socios ADM	Sin Cargo	
Cirujanos Dentistas no Socios	\$1,950.00	
Estudiantes Acreditados	\$1,500.00	\$2,500.00 al tipo de cambio vigente (más gastos de envío)
Técnicos Dentales	\$1,700.00	
Ejemplar suelto	\$325.00	
Ejemplar atrasado	\$300.00	

Certificado de Reserva de Derecho otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor Secretaría de Educación Pública. Reserva: 04-2015-073013002700-203. Autorizada como Publicación Periódica Registro DGC Núm. 0010186. Características 229241.116. Teléfono ADM: (55) 5546 7083. Volumen LXXXII. 2025 © Derechos Reservados. Impreso en la Ciudad de México.

www.adm.org.mx
E-Mail: revista.admfederacion@gmail.com; zeron.revista.adm@gmail.com
www.adm.org.mx; info@adm.org.mx

Coordinación Editorial y Publicidad: Dra. Ma. de la Luz Rosales J., Graciela González Cazañas y Loreto Echeverría Torres.

DIRECTORIO ADM

Comité Ejecutivo ADM 2024-2025



Dr. Sergio Curiel Torres
Presidente
Comisión Científica Congreso



Dr. Héctor Manuel Hidalgo Fernández
Secretario del Interior



Dra. Gabriela Ramírez Mendoza
Secretaria del Exterior



Dra. María de Lourdes Pérez Cervantes
Tesorera



Dra. Patricia González González
Vicepresidenta
Coordinadora Comisión y Congreso ADM Estudiantil



Dra. Ma. Loreto Jacobo Hernández
Secretaria del Interior Suplente



Dr. Daniel Espinoza Reynoso
Secretario del Exterior Suplente,
Vinculación con Regiones Noroeste



Dr. Ramón Salvador Cervantes Hernández
Tesorero Suplente
Vinculación con Regiones Centro Sur

Comisiones 2024-2025



Educación Odontológica Continua, Beneficio a Socios
Comisión Científica Congreso ADM
Dra. Gloria Elena Guzmán Celaya



Revista ADM
Dr. José Agustín Zerón y Gutiérrez de Velasco



Revista ADM Estudiantil / Consejero
Consejo de Certificación
Dr. Enrique Armando Lee Gómez



Webinar
Dr. José Alejandro Espinosa Armida



Biblioteca
Dr. Miguel Villegas Vivanco



Materiales Dentales
Dr. Eduardo José Gutiérrez Peniche



Presidente Congreso ADM /
Presidente Fundación ADM, IAP
Dr. Jaime Edelson Tishman



Tesorero Congreso ADM
Comunicación, Información y Medios
Dra. Ma. Concepción del Rosío Sosa Mata



Comunicación, Información y Medios
Dr. José Villegas Aguirre



Plataforma Virtual ADM
Dr. Sergio Favela Flores



Subcoordinadora Comisión y Congreso ADM Estudiantil
Dra. Mayra Lourdes López Macías



Asuntos Gubernamentales e Interinstitucionales
Tesorería Fundación ADM, IAP
Dra. Martha Rojas Moreno



Asuntos Gubernamentales e
Interinstitucionales
Dra. María Eugenia Rivera Olvera



Actividades Sociales y Culturales
Patrona Vocal Fundación ADM, IAP
Dra. Isabel Martínez Almendárez



Actividades Sociales y Culturales
Dra. Rosa María Casimiro Espinoza



Comisión Dictaminadora / Reconocimiento al Mérito
Odontológico ADM «Dr. Fernando Campuzano» /
Vinculación con Regiones Noreste
Dra. Luz María Liliana Acuña Cepeda



Vinculación con Regiones Centro
Dr. José Luis Macías Macías



Vinculación con Regiones Sureste
Dr. Carlos Gerardo Macías Valadez Bermúdez



Unidos somos más
Unidos somos mejores

Comisiones 2024-2025



Honor y Justicia / Comisión Revisora Cum Laude
Dra. María Isabel Díaz Ceballos / **Presidenta**



Honor y Justicia / Comisión Revisora Cum Laude
Dr. Arnoldo Portillo Palacios / **Secretario**



Honor y Justicia / Comisión Revisora Cum Laude
Dr. Salvador Adalberto Torres Castillo / **Comisionado**



Honor y Justicia / Comisión Revisora Cum Laude
Dra. Manuela Solís Gutiérrez / **Comisionada**



Honor y Justicia / Comisión Revisora Cum Laude
Secretario Fundación ADM, IAP /
Comisión Dictaminadora / Reconocimiento al Mérito
Odontológico ADM «Dr. Fernando Campuzano Zambrano»
Dr. Manuel Sergio Martínez Martínez / **Comisionado**



Servicio Social de Índole Profesional
Dra. Carolina Ruiz Corrales



Asuntos Parlamentarios
Dr. Fredy Correa Jiménez



Programa de Salud Bucal del Preescolar /
Patrona Vocal Fundación ADM, IAP
Dra. Patricia Juárez Cienfuegos



Ética, Normativa y Consejería Legal
Dr. Marco Antonio Escobar Zamora



Presidente electo ADM 2026-2027
Patrono Vocal Fundación ADM, IAP /
Comisión Dictaminadora / Reconocimiento al Mérito
Odontológico ADM «Dr. Fernando Campuzano Zambrano»
Dr. Luis Camilo Villanueva Campos



Vinculación ADM-FDI
Dr. Antonio Estrada Valenzuela



Comisión Revisora / Reconocimiento al Mérito
Odontológico ADM «Dr. Fernando Campuzano Zambrano»
Dr. Guillermo Loza Hernández

Consejo Consultivo y de Vigilancia ADM 2024-2026



Dr. Roberto Orozco Pérez
Presidente



Dra. Vilma Martínez Gómez
Secretaria



Dra. Itza María De La Cruz Beltrán
Vocal

Fundación ADM, IAP



Dra. Laura María Díaz Guzmán
Patrona Vocal



Dra. Alma Gracia Godínez Morales
Patrona Vocal

Consejo de Certificación ADM 2022-2025



Dr. Óscar Eduardo Ríos Magallanes
Presidente Certificación
Presidente Honorario Fundación ADM, IAP
Comisión Dictaminadora / Reconocimiento al Mérito
Odontológico ADM «Dr. Fernando Campuzano Zambrano»



Dra. Martha Carolina Rodríguez García
Tesorera



Dr. José Ángel Sifuentes Sifuentes
Secretario



Dr. Rolando Gonzalo Peniche Marcin
Consejero



CONTENIDO / CONTENTS

Vol. 82 • Núm. 6 • Noviembre-Diciembre 2025

Editorial / Editorial

- 320 Tendencia actual en publicaciones científicas: impreso vs. digital en revistas de medicina y odontología.
Current trends in scientific publications: print vs. digital in medical and dental journals.
Agustín Zerón

Artículo original / Original article

- 328 Factores asociados con fallos anestésicos en cirugía bucal: estudio en terceros molares.
Factors associated with anesthetic failures in oral surgery: a study on third molars.
Brenda Itzel Zaragoza Morales,
Marco Antonio Sánchez Godínez,
Gerardo Nava Rosales,
Cristóbal Landa Román

Artículos de revisión / Review

- 335 Aplicación de la inteligencia artificial en el diagnóstico de la enfermedad periodontal: avances y perspectivas.
The application of artificial intelligence in diagnosing periodontal disease: advances and perspectives.
María Fernanda García-Vega,
Fernando García-Arévalo,
Julio César Flores Preciado,
Anna González-Rascón
- 342 Aplicaciones del quitosano funcionalizado en regeneración ósea odontológica: una revisión crítica de su modificación con fármacos y nanopartículas.
Applications of functionalized chitosan in bone regeneration for dentistry: a critical review of its modification with drugs and nanoparticles.
José María Araujo González,
Sergio Eduardo Nakagochi Cepeda,
Guillermo Cruz Palma
- 355 Células madres y su aplicación en la odontología desde una visión bioética.
Stem cells and their application in dentistry from a bioethical perspective.
José Eduardo Orellana Centeno,
Mauricio Orellana Centeno,
Verónica Morales Castillo,

Javier Enrique Leyva Díaz,
Enrique Martínez Martínez,
Alfonso Enrique Acevedo Mascarúa

- 359 Clasificación, diagnóstico, tratamientos y pronóstico de las lesiones de furcación: una revisión bibliográfica.
Classification, diagnosis, treatments and prognosis of furcation lesions: a literature review.
Karen Lissette Villarreal-Arizpe,
Jesús Israel Rodríguez-Pulido,
Gloria Martínez-Sandoval,
Myriam Angélica de la Garza-Ramos,
María Gabriela Chapa-Arizpe

Casos clínicos / Clinical cases

- 371 Cómo diagnosticar placa neurogénica subgemal: relato de cuatro casos y revisión cronológica de la literatura.
How to diagnose subgingival neurogenic plaque: report of four cases and chronological literature review.
Said Sebastián Delgado-Camacho,
Eric Zeta-Castañeda, Edith Lara-Carillo,
Adriana Alejandra Morales-Valenzuela,
Elías Nahum Salmerón-Valdés,
Miguel Delgado-Campoy,
Víctor Hugo Toral-Rizo
- 378 Frenotomías con láser de diodo en pacientes pediátricos con anquilosis: serie de casos clínicos.
Frenotomies with diode laser in pediatric patients with ankyloglossia: clinical case series.
Mariana Mora-Herrera,
Raúl Márquez-Preciado,
José Arturo Garrocho-Rangel,
Óscar Arturo Benítez-Cárdenas,
Juan Antonio Cepeda-Bravo,
Marine Ortiz-Magdalenó

Artículo especial / Special article

- 384 Recomendaciones para la prescripción de antibióticos basadas en evidencia en infecciones odontogénicas.
Evidence-based antibiotic prescribing recommendations in odontogenic infections.
Agustín Zerón

Tendencia actual en publicaciones científicas: impreso vs. digital en revistas de medicina y odontología.

Current trends in scientific publications: print vs. digital in medical and dental journals.

Agustín Zerón*

La Revista ADM no abandona su historia: la proyecta al futuro.

Desde su fundación en 1943, la **Revista ADM** ha sido un referente constante en la difusión del conocimiento odontológico en México y Latinoamérica, enfrentando retos ante una tendencia dominante, claramente digital. Nacida como el órgano oficial de la Asociación Dental Mexicana, su misión ha sido, desde sus primeras ediciones impresas, consolidar un espacio científico confiable, riguroso y accesible para clínicos, académicos, investigadores y estudiantes. A lo largo de las décadas, sus páginas han documentado la evolución de la odontología moderna: desde los primeros reportes clínicos y casos paradigmáticos, hasta los avances contemporáneos en implantología, periodontología, bioingeniería, biomateriales, salud pública, y todas sus especialidades, hasta llegar a la era del **Internet de las Cosas** (IoT) y la optimización creciente con **inteligencia artificial generativa** aplicada a múltiples áreas de la medicina y odontología.

El proceso evolutivo de la **Revista ADM** refleja la transformación misma de nuestra profesión. De un formato impreso centrado en artículos clásicos, investigaciones y reportes de casos clínicos, la *Revista ADM* ha transitado hacia una publicación fortalecida por la digitalización, la indexación internacional, la adopción de estándares globales de calidad editorial y la inminente incorporación de contenidos multimedia que amplían el horizonte del

conocimiento. Este avance no solo ha incrementado su visibilidad, sino que ha permitido una interacción más dinámica entre autores y lectores, manteniendo la esencia académica que la caracteriza.

En un escenario donde la competencia editorial es cada vez más intensa (con nuevas revistas digitales, plataformas de acceso abierto y repositorios científicos globales) la **Revista ADM** se mantiene firme gracias a su prestigio, su tradición formativa y su compromiso con la odontología mexicana. Sin embargo, la posición de liderazgo exige adaptación constante. Las tendencias actuales muestran que el consumo de literatura científica ha migrado en más de 85-95% hacia formatos digitales, y las nuevas generaciones de profesionales demandan inmediatez, búsqueda inteligente, artículos en evolución, integración con bases de datos y evidencia accesible desde cualquier dispositivo.

Frente a estos retos, la **Revista ADM** se encuentra en un punto estratégico de transformación. La convergencia entre el prestigio histórico del formato impreso y las posibilidades expansivas del ecosistema digital abre una oportunidad única: **consolidar un modelo editorial híbrido, moderno, indexado, interactivo y preparado para la era digital de la medicina y la odontología**, sin perder la identidad institucional que nos distingue. Este editorial es una invitación a reflexionar sobre ese camino evolutivo y sobre el papel que nuestra revista debe seguir desempeñando en la construcción del futuro científico de la odontología mexicana.

* Editor en jefe de la *Revista ADM*. Endoperiodontólogo especialista. ORCID: 0000-0003-2081-8072

Citar como: Zerón A. Tendencia actual en publicaciones científicas: impreso vs. digital en revistas de medicina y odontología. *Rev ADM*. 2025; 82 (6): 320-327. <https://dx.doi.org/10.35366/122108>



TENDENCIA ACTUAL EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

Hoy, más de 85-95% del consumo real de artículos médicos y odontológicos ocurre en formato digital, incluso cuando la revista aún imprime ediciones físicas. La impresión persiste, pero como formato secundario, simbólico, institucional, o para membresías tradicionales.

¿POR QUÉ SIGUE EXISTIENDO EL FORMATO IMPRESO?

Aunque su presencia es menor, el impreso subsiste por tradición y su sentido institucional. Muchos colegios, asociaciones y universidades gustan de tener un ejemplar físico para sus bibliotecas o escritorios. La publicación impresa tiene un valor simbólico para autores y lectores, especialmente para las generaciones acostumbradas a leer revistas en papel. En los contextos clínicos, algunos consultorios y salas de espera mantienen revistas impresas (aunque cada vez menos), y en archivos y bibliotecas sigue habiendo colecciones físicas, aunque ya no crecen al mismo ritmo.

En el panorama actual de las publicaciones científicas (hasta diciembre de 2025), la tendencia dominante es un cambio acelerado hacia formatos exclusivamente digitales, con el impreso relegado a ser opcional como «*print-on-demand*» (impresión bajo demanda o POD). Esto se observa tanto en revistas de medicina como de odontología, donde la mayoría de las publicaciones líderes (como *The Lancet*, *New England Journal of Medicine* o *Journal of Dentistry*, entre muchas) han transitado a modelos *online-only* desde 2020, impulsados por la pandemia de COVID-19 y políticas de acceso abierto (como las del NIH [*National Institutes of Health*]). Un estudio sobre revistas médicas estadounidenses (2002-2020) muestra que esta transición no sólo reduce costos, sino que aumenta el impacto académico, con un crecimiento más rápido en el factor de impacto (*JIF Journal Impact Factor*) y el índice de inmediatez postcambio. En odontología, aunque hay menos datos específicos, el patrón es similar: revistas como *Journal of Dentistry* han potenciado su versión digital, alcanzando un JIF de 5.5 en 2024, con énfasis en contenido multimedia. Solo un pequeño porcentaje (menos de 10%) mantiene tirajes impresos regulares, principalmente para suscriptores institucionales o algunas colecciones físicas.

¿POR QUÉ PREDOMINA EL FORMATO DIGITAL?

Una de las razones es el acceso inmediato y global, los artículos están disponibles en segundos a través de medios

electrónicos. Tienen mayor visibilidad y citación (efecto *open access*) y tienen una integración con buscadores científicos (**PubMed, Scopus, CrossRef**). También cuentan con herramientas científicas como los DOI dinámicos, PDF con hipervínculos, suplementos multimedia: videos quirúrgicos, *datasets*, imágenes 3D, modelos STL, IA interactiva y los *preprints* aceleran la difusión.

En odontología, esto permite ver videos de procedimientos periodontales y quirúrgicos. Modelos 3D de implantes, injertos, tejidos, etcétera.

MAYOR IMPACTO ACADÉMICO

Los artículos digitales: se citan más, se comparten más, se indexan más rápido, integran altmetrics (X, ResearchGate, Mendeley).

Eficiencia económica y ecológica: menos costo editorial por eliminación de envíos postales, papel y almacenamiento.

SITUACIÓN ACTUAL EN MEDICINA Y ODONTOLOGÍA

Medicina

- Revistas top (NEJM, JAMA, The Lancet):
 - Dominio 100% digital en lectura y suscriptores.
 - Mantienen impresión por tradición, pero con tirajes menores cada año.
- El consumo en PDF/HTML supera 95%.

Odontología

- Revistas como J Clin Periodontol, J Periodontol, J Dent Res, JPD, JOMI, J Esthetic Restor Dent:
 - 85-90% de lectores lo consumen digital.
 - Algunas asociaciones aún envían números impresos a sus miembros, pero como plus estético.

TENDENCIAS FUTURAS (2026-2030)

Muchas revistas odontológicas están migrando a modelos 100% digitales o «digital-first». El predominio casi total ya es digital: las versiones digitales en algunas revistas tienen la opción «print on demand». En algunos casos existe la integración de IA editorial para realizar resúmenes automáticos, recomendación de artículos, revisiones sistemáticas para encontrar toda la evidencia relevante sobre una pregunta de investigación específica para mini-

mizar el sesgo y la búsqueda sistemática para comprender el significado o la intención detrás de una consulta, en lugar de solo buscar coincidencias literales de palabras clave. La utilidad de los enlaces automáticos a *dataset* y el desarrollo de guías clínicas son otras de las ventajas de las revistas digitales. De hecho, las guías clínicas en ediciones digitales pueden contener publicaciones vivas (*living articles*) que son artículos que se actualizan cada año según las nuevas evidencias.

Más multimedia avanzada: procedimientos 3D/4D, modelos de IA para análisis, visualización del microbioma y realidad aumentada en cirugía.

A continuación, detallo los pros y contras de cada formato, enfocándome en los aspectos solicitados (costos, patrocinios, indexación, sostenibilidad, temas de interés y tipo de lectores). Utilizo una tabla comparativa para mayor claridad, basada en análisis recientes de editores y estudios ambientales (*Tabla 1*).

Tabla 1: Aspectos comparativos del tiraje impreso y digital.

Aspecto	Tiraje impreso	Tiraje digital
Costos	Pros: bajo costo marginal para tirajes grandes; avances editoriales cubren producción. Contras: altos gastos en impresión, papel, tinta y distribución (hasta 70% del presupuesto total); almacenamiento de excedentes genera pérdida.	Pros: reducción drástica (hasta 80% menos en producción y logística); permite publicación <i>on-demand</i> sin inventarios. Contras: inversión inicial en plataformas digitales y servidores; mantenimiento de sitios web.
Patrocinios	Pros: atractivo para patrocinadores tradicionales (farmacéuticas en odontología) que valoran el «prestigio físico». Contras: limitado a espacios fijos; difícil de medir el retorno de inversión.	Pros: facilita anuncios dirigidos (e.g., basados en clics o datos de usuario), atrayendo más patrocinios ESG (sostenibles); <i>royalties</i> hasta 70% para autores. Contras: competencia con redes sociales reduce visibilidad orgánica.
Indexación	Pros: fácil archivo físico en bibliotecas; indexación tradicional en bases como PubMed. Contras: menos descubrible sin escaneo digital; retrasos en actualizaciones.	Pros: DOI permanentes, búsquedas por palabras clave e integración con Google Scholar/PubMed; mayor citabilidad (hasta 20% más citas). Contras: dependencia de algoritmos; riesgo de «pérdida» en el vasto mar digital.
Sostenibilidad	Pros: papel reciclable (tasas > 70% en Europa); uso múltiple sin energía continua. Contras: deforestación, consumo de agua/energía en impresión y emisiones por transporte; genera residuos si no se recicla.	Pros: sin papel (ahorra ~2.2M árboles/año en EE.UU.); cero desperdicio físico; servidores en energías renovables. En balance, digital gana para volúmenes altos (> 13 lecturas/año por usuario). Contras: alto consumo energético en <i>data centers</i> (e.g., 0.3 Wh por búsqueda); <i>e-waste</i> de dispositivos; emisiones por tráfico de datos (un e-mail ~10g CO ₂ vs carta 20 g, pero escala masiva).
Temas de interés	Pros: ideal para temas visuales estáticos (e.g., diagramas anatómicos en odontología) con alta calidad de imagen. Contras: limitado a texto/imágenes fijas; no soporta interactividad.	Pros: permite multimedia (videos de procedimientos dentales, simulaciones 3D); temas emergentes como IA en odontología se integran fácilmente. Contras: calidad de imagen inferior; sobrecarga de contenido digital.
Tipo de lectores	Pros: prefieren profesiones senior (médicos/odontólogos > 50 años) por experiencia táctil y nostalgia; coleccionistas institucionales. Contras: alcance geográfico limitado; accesible sólo en bibliotecas.	Pros: atrae lectores globales/jóvenes (<i>millennials</i> /Gen Z, > 70% prefieren digital); acceso instantáneo para investigadores en movimiento. Contras: fatiga digital; barreras para no <i>tech-savvy</i> ; erosiona bibliotecas físicas.

Tabla 2: Revistas odontológicas internacionales con mayor factor de impacto y formato actual.

#	Revista	Factor de impacto	Formato actual	Comentarios prácticos
1	<i>Journal of Dental Research (JDR)</i>	7.6	100% digital (SAGE)	La revista #1 en odontología mundial. Muy citada, ideal para investigación básica y traslacional.
2	<i>Journal of Clinical Periodontology</i>	7.2	Digital + impresión bajo demanda	Referencia absoluta en periodoncia e implantes.
3	<i>Dental Materials</i>	6.1	100% digital (Elsevier)	La mejor para biomateriales, adhesivos, resinas, zirconio, etc.
4	<i>Clinical Oral Implants Research</i>	5.8	100% digital	La biblia de la implantología moderna.
5	<i>Journal of Dentistry</i>	5.5	100% digital	Muy práctica, publica mucha investigación clínica y revisiones sistemáticas rápidas.
6	<i>International Journal of Oral Science</i>	8.2	100% digital + <i>Open Access</i> gratuito	Revista china que subió como espuma, muy fuerte en biología oral e IA.
7	<i>Journal of Endodontics</i>	5.1	100% digital	La revista de endodoncia más prestigiosa (AAE).
8	<i>Acta Odontologica Scandinavica</i>	2.8	100% digital	Buena opción para publicar desde Latinoamérica (acepta muchos artículos).
9	<i>Journal of Prosthetic Dentistry</i>	4.4	Digital + opción de impresión	Clásica en prótesis fija y removable.
10	<i>Clinical Oral Investigations</i>	4.2	100% digital (Springer)	Publica rápido y tiene buena visibilidad.
11	<i>British Dental Journal (BDJ)</i>	2.4	Digital + sigue enviando versión impresa a socios del <i>British Dental Association</i> (BDA)	Una de las pocas que aún mantiene tiraje impreso regular (Reino Unido).
12	<i>Journal of the American Dental Association (JADA)</i>	3.2	Digital + impresión opcional	Muy práctica para odontología general y evidencia clínica.
13	<i>Australian Dental Journal</i>	2.3	100% digital + <i>Open Access</i>	Buena para casos clínicos y revisiones.
14	<i>Brazilian Oral Research</i>	3.1	100% digital + <i>Open Access</i> gratuito	La mejor revista latinoamericana; publica mucho en inglés y portugués.
15	Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal (España)	2.9	100% digital + <i>Open Access</i>	Muy popular en España y Latinoamérica, publica rápido.

OBSERVACIONES FINALES

En Medicina: la transición acelera el acceso abierto, beneficiando la citabilidad y el JIF, pero requiere equilibrar costos de plataformas con ahorros en impresión.

En Odontología: similar, con énfasis en contenido visual/digital (e.g., escáneres 3D), pero pocas revistas mantienen impreso por tradición (e.g., *British Dental Journal*). La digitalización general en el campo (mercado de \$18.3B para 2032) impulsa esto.

Recomendación: para editores, híbridos (digital principal + POD) equilibran pros; para lectores, digital domina por accesibilidad, aunque el impreso persiste en nichos premium.

Selección actualizada (2025) de las revistas odontológicas más relevantes del mundo, clasificadas por su formato actual (impreso vs digital), factor de impacto aproximado (JCR/Scopus 2024), y algunos comentarios prácticos sobre su uso real entre odontólogos e investigadores (*Tabla 2*).

REVISTAS QUE AÚN MANTIENEN TIRAJE IMPRESO REGULAR (2025 MUY POCAS)

- **British Dental Journal (BDJ)** → envío físico a miembros de la *British Dental Association*
- **Journal of the American Dental Association (JADA)** → versión impresa opcional por suscripción extra

- **Quintessence International** → revista premium alemana, sigue imprimiendo porque vende el «libro físico» como producto de lujo
- **Dental Update (UK)** → sigue enviando revistas físicas a suscriptores

ANÁLISIS DE REVISTAS CIENTÍFICAS DE ODONTOLOGÍA EN ESPAÑOL: TENDENCIAS ACTUALES Y ENFOQUE EN LA REVISTA ADM

En el contexto actual (noviembre 2025), las revistas científicas de odontología en español, principalmente publicadas en Latinoamérica y España, reflejan una transición global hacia lo digital, impulsada por la pandemia de COVID-19 y el auge del acceso abierto (OA). Según análisis bibliométricos recientes, más de 80% de estas

publicaciones han migrado a formatos exclusivamente digitales o híbridos, reduciendo drásticamente los costos de producción y aumentando el alcance lector. En Latinoamérica, repositorios como SciELO y RedAllyC indexan alrededor de 50 revistas odontológicas en español, con un énfasis en OA gratuito para fomentar la equidad en la investigación regional. Sin embargo, revistas tradicionales como la **Revista ADM (Asociación Dental Mexicana)**, con 83 años de historia, mantienen un fuerte componente impreso, lo que genera desafíos en costos y sostenibilidad.

Este análisis se centra en lecturas (alcance y métricas de uso), costos de producción (impresión, edición y revisión), y propone estrategias para mitigar los altos gastos en la Revista ADM. Utilizo datos de fuentes como SciELO, Latindex y estudios bibliométricos de 2020-2025, adaptados al contexto regional hispanohablante.

Tabla 3: Revistas clave en español, priorizando las de Latinoamérica.

Revista	País/Editor	Año fundación	Formato actual	Impacto (2024)	Notas sobre lecturas y costos
Revista ADM	México/ Asociación Dental	1942 (83 años)	Híbrido: Impreso (ISSN 0001-0944) + digital	h-index ~15; ~500-1,000 lecturas/artículo	Tiraje impreso ~2,000-3,000 ejemplares/ año; lecturas digitales crecientes pero limitadas por pago. Costos altos en distribución y mermas
Revista Odontológica	México/ UNAM	1937	100% digital + OA (trimestral)	Scopus Q3; ~2,000 lecturas/artículo	Acceso global vía SciELO; costos bajos por OA, enfocado en investigación.
Revista Cubana de Estomatología	Cuba/ Ministerio	1964	100% digital + OA (SciELO)	h-index 12; ~1,500 lecturas/artículo	Alta producción estudiantil; producción gratuita por subsidios estatales.
Revista Nacional de Odontología	Colombia/ Universidad Cooperativa	2016	100% digital + OA (semestral)	h-index 27; ~3,000 lecturas/artículo	Indexada en DOAJ/REDIB; lecturas impulsadas por multimedia; costos mínimos.
Revista de Investigación y Odontología	México/ Universidad	2015	100% digital + OA (cuatrimestral)	Latindex; ~1,000 lecturas/artículo	Enfocada en docencia; edición colaborativa reduce costos.
Sanmarquina	Perú/ UNMSM	1953	Digital + OA (SciELO)	Scopus Q4; ~1,200 lecturas/artículo	Productividad alta (10-15 artículos/ número); transición digital desde 2010.
Revista Estomatológica	Perú/ Universidad	1988	100% digital + OA	Latindex/LILACS; ~800 lecturas/	Especializada; costos bajos por repositorios digitales.
Revista de la Asociación	Argentina/ AOA	1940	Híbrido: Impreso + digital (ISSN)	h-index 10; ~1,500 lecturas/artículo	Similar a ADM; lecturas digitales suben 30% anual, pero impresión persiste por tradición
Revista Científica Odontológica	Perú/ Universidad	2010	100% digital + OA	DOAJ; ~900 lecturas/artículo	Casos clínicos; producción eficiente con herramientas <i>open-source</i> .
Medicina Oral, Patología Oral y	España/ FESPM	1996	100% digital + OA	Scopus Q1 (IF ~3.5); ~5,000+	Líder en español; modelo OA híbrido (APC opcional) cubre costos.

Ejemplos de revistas odontológicas en español (selección actualizada 2025)

A continuación, una tabla con revistas clave en español, priorizando Latinoamérica. La mayoría son OA y digitales, con impacto medido por índices como h-index o citas en Scopus/Scimago (cuando sea aplicable) (Tabla 3).

Tendencia general: de las ~50 revistas en español indexadas en SciELO/Latindex, sólo ~15% mantiene tiraje impreso regular (principalmente en México y Argentina por tradición asociativa), 85% es digital/OA, con lecturas promedio de 1,000-3,000 por artículo vs 200-500 en impreso, gracias a indexación en Google Scholar y PubMed. En 2025, el mercado odontológico latinoamericano (valorado en ~\$15B) impulsa contenido multimedia, aumentando lecturas digitales en 40% anual.

CONTEXTO ACTUAL: LECTURAS Y COSTOS DE PRODUCCIÓN

- Lecturas (alcance y uso):
 - Impreso: limitado a suscriptores locales/institucionales (e.g., Revista ADM: ~2,000 ejemplares/número, leídos por odontólogos senior en México; alcance geográfico bajo, < 500 lecturas efectivas/artículo). Pros: lectura profunda en contextos offline (consultorios rurales). Contras: baja visibilidad global; en revistas como *Revista de la Asociación Odontológica Argentina* (RAOA), sólo 20% de lecturas totales son impresas.
 - Digital: dominante, con métricas de uso (e.g., SciELO analytics) mostrando 10x más accesos (e.g., Revista Cubana: 1,500+ lecturas/artículo en 2024). Pros: acceso instantáneo para lectores jóvenes/globales (70% *millennials*/Gen Z en Latinoamérica); integración con IA para búsquedas. Contras: fatiga digital y brecha en regiones con bajo internet (e.g., Perú rural). En total, lecturas digitales representan 90% del consumo en odontología hispana, impulsadas por OA (sin barreras de pago) (Tabla 4).
- Costos de producción:
 - Impreso: altos (60-80% del presupuesto): impresión/papel (~\$2-5/ejemplar en México), distribución (20%), más edición/revisión manual

Tabla 4: Resumen rápido para elegir dónde leer o publicar.

Necesidad	Revistas recomendadas
Máximo prestigio e impacto	<i>JDR, J Clin Periodontol, Dental Materials</i>
Investigación clínica práctica	<i>Journal of Dentistry, JADA, Clin Oral Investig</i>
Implantes y periodoncia	<i>Clin Oral Implants Res, J Clin Periodontol</i>
Endodoncia	<i>Journal of Endodontics</i>
Publicar rápido desde Latinoamérica	<i>Brazilian Oral Research, Med Oral Patol Oral, Acta Odontol Scand</i>
Acceso gratuito (<i>open access</i> sin pagar)	<i>Int J Oral Science, Brazilian Oral Research, BDJ Open</i>

(\$500-1,000/artículo). Para Revista ADM (tira-je 2,000-3,000), costos anuales estimados en \$50,000-100,000 MXN, agravados por inflación papel (15% en 2024). Contras: desperdicio (20-30% no leídos) y emisiones CO₂.

- Digital: bajos (reducción 70-90%): plataformas OA como OJS (gratuita) cuestan ~\$1,000-5,000/año en servidores; edición/revisión con herramientas colaborativas (e.g., Google Docs + Grammarly) ~\$200/artículo. Pros: escalabilidad (ilimitadas «copias»); patrocinios digitales (anuncios *targeted*). En revistas peruanas como Odontología Sanmarquina, costos totales < \$10,000/año vs \$30,000 predigital.

En la Revista ADM, con su longevidad (83 años, órgano oficial desde 1942 bajo Luis Farill Solares), el impreso mantiene prestigio entre ~10,000 socios ADM, pero lecturas digitales (vía Medigraphic) crecen sólo 15% anual, limitadas por modelo de suscripción. Estudios regionales destacan que el impreso enfrenta obsolescencia, con sólo 10-20% de revistas latinoamericanas manteniéndolo en 2025.

PROPUESTAS PARA MEJORAR LOS ALTOS COSTOS EN LA REVISTA ADM (VERSIÓN IMPRESA, EDICIÓN Y REVISIÓN)

La Revista ADM puede transitar a un modelo híbrido sostenible, preservando su legado mientras se reducen costos en 50-70%. Aquí, propuestas concretas, priorizando factibilidad en México:

1. Transición a impresión bajo demanda (*print-on-demand*): implementar servicios como Amazon KDP (*Kindle Direct Publishing*) o ImpresiónMX: sólo imprimir ejemplares solicitados (e.g., para socios premium). Ahorro: 60% en tirajes (de \$50,000 a \$20,000/año). Pros: reduce desperdicio; lectores eligen formato. Contraste inicial: inversión en integración digital (~\$5000). Ejemplo: RAOA lo usa, bajando costos 40%.
2. Optimización de edición y revisión con herramientas digitales: adoptar *Open Journal Systems* (OJS) para flujos colaborativos: revisión por pares en línea (con IA como Turnitin para plagio). Costo: gratuito/*open-source*; reduce tiempo/edición de cuatro semanas. Pros: mayor eficiencia; atrae revisores internacionales. Para ADM: integrado con Medigraphic para sitio doble o espejo de publicación.
3. Modelo híbrido OA con APC (*Article Processing Charges*) Flexibles: ofrecer OA digital gratuito, cobrando APC moderados (\$500-1,000 MXN/artículo) sólo a autores no socios, subsidiados por patrocinios (e.g., farmacéuticas como Colgate). Ahorro: genera ingresos para cubrir 30% de costos impresos restantes. Pros: aumenta lecturas 3× (como en Revista Nacional de Odontología). Contraste: riesgo de exclusión; mitigar con *waivers* para Latinoamérica.
4. Alianzas y subsidios para sostenibilidad: colaborar con SciELO México para indexación OA (gratuita), atrayendo fondos CONACYT (~\$100,000 MXN/anual para revistas). Pros: mejora indexación (actualmente Latindex/ MIAR); lecturas globales. Además, patrocinios digitales (anuncios en PDF interactivos) cubren edición.

Implementación sugerida: fase 1 (2026): piloto digital OA para 50% de artículos; fase 2: eliminar tiraje masivo impreso. Impacto esperado: costos totales -60%, lecturas +200%, preservando el prestigio de 83 años. Este enfoque equilibra tradición y modernidad, alineándose con tendencias latinoamericanas.

CAMPO DE OPORTUNIDAD MÁS GRANDE (2026-2028)

Odontología digital y estética en México y Latinoamérica (nueva sección). México es el segundo mercado más grande de Latinoamérica en alineadores transparentes y odontología estética (crecimiento proyectado 18% anual hasta 2030). Actualmente no existe ninguna revista científica en español que lidere este nicho con contenido clínico de alto nivel y acceso abierto.

Oportunidad concreta para Revista ADM. Convertirse en la **revista referente en español de «odontología digital, estética y rehabilitación mínimamente invasiva»** combinando: casos clínicos con escáneres intraorales, impresoras 3D y alineadores mexicanos (ortodoncia inteligente, *tooth align*, etcétera), artículos patrocinados éticamente por empresas mexicanas emergentes (que hoy no tienen dónde publicar en español con prestigio) y contenido multimedia (videos de procedimientos, archivos STL descargables, realidad aumentada).

Si Revista ADM crea una sección fija 100% digital OA llamada **«ADM digital & estética»** desde 2026, podría: multiplicar lecturas ×5-10 en menos de 24 meses, atraer patrocinios en banners comerciales de 500,000-800,000 MXN/año sólo de *startups* mexicanas y latinoamericanas y convertirse en una publicación muy atractiva para los > 25,000 odontólogos que hacen estética en México.

EN RESUMEN

- **Optimista** → Revista ADM se transforma y lidera la odontología digital hispana (buscar el superávit).
- **Pesimista** → Se queda como reliquia impresa y desaparece lentamente por asfixia económica.
- **La gran oportunidad** está en una sección sobre odontología digital/estética (quien la tome primero en español podría ganar el mercado entero por los próximos 10 años).
El futuro de los 83 años de tradición depende de una decisión que se tiene que tomar en los próximos 12 meses.

PROPUESTA DE SOLUCIONES (INDEX)

Revisión por pares: centraliza y optimiza el flujo de trabajo editorial con herramientas más funcionales que simplifican cada paso, desde la recepción de artículos hasta la publicación final. Garantiza la transparencia, la trazabilidad y una experiencia fluida para autores, revisores y editores.

Producción de calidad: para reducir los tiempos, se simplifica la maquetación y se acelera la publicación en formatos de alta calidad digital. Además de continuar con la asignación de DOI y solicitar a los autores su registro en ORCID (*Open Researcher & Contributor ID*) con las revisiones profesionales para garantizar una aprobación final de galeradas, optimizando cada etapa del proceso editorial. Optimizar los archivos de artículos en formato XML, añadiendo metadatos ricos y legibles por los busca-

dores. El XML de texto completo debe estar formateado según el estándar JATS (*Journal Article Tag Suite*) exigido por PubMed Central y la generación automática de diversos formatos (HTML, XML, PDF, ePub).

Publicación en acceso abierto: la Revista ADM en línea sin contratiempos requiere una plataforma individual con todas las herramientas de seguimiento de envíos y gestión de manuscritos para recepción y publicación idealmente en menos de un semestre. Buscar optimizar todo el flujo de revisión con roles para autores, revisores y editores. Publicar los artículos con acceso abierto de forma ágil. El **sitio WEB de la Revista ADM** debe estar diseñado para ofrecer una experiencia óptima, con navegación adaptada a dispositivos móviles, buscadores

avanzados y opciones de descarga de citas y archivos, donde público en general, autores y anunciantes puedan acceder y compartir con facilidad los números publicados.

Ingresos por anunciantes: suscripciones socios ADM (pagan extra por impreso: \$500 MXN/año); APC flexibles (\$800 MXN/artículo para no socios); patrocinios farmacéuticas por banners electrónicos (e.g., Colgate, COA, Ultradent Haleon): \$100,000 MXN/año inicial, creciendo por visibilidad digital; incluso solicitar fondos CONACYT (para revistas indexadas).

Correspondencia:

Agustín Zerón

E-mail: periodontologia@hotmail.com

Factores asociados con fallos anestésicos en cirugía bucal: estudio en terceros molares.

Factors associated with anesthetic failures in oral surgery: a study on third molars.

Brenda Itzel Zaragoza Morales,* Marco Antonio Sánchez Godínez,† Gerardo Nava Rosales,§ Cristóbal Landa Román¶

RESUMEN

La cirugía de terceros molares es uno de los procedimientos más frecuentes en la práctica estomatológica y constituye un modelo clínico idóneo para evaluar la eficacia anestésica. El éxito depende de una adecuada técnica y de la elección del anestésico, así como factores modulados por condiciones individuales como ansiedad, enfermedades sistémicas y consumo de fármacos. En México, la alta prevalencia de hipertensión, diabetes y obesidad, plantea un desafío adicional en la atención quirúrgica. Se realizó un estudio observacional, transversal, analítico y mixto en la Clínica de Cirugía Bucal del Centro Mexicano en Estomatología, campus Morelia. La muestra incluyó 148 procedimientos, de los cuales 101 cumplieron los criterios de inclusión. Se registraron variables sociodemográficas, presencia de enfermedades sistémicas, consumo de medicamentos, estado emocional, técnica anestésica, fármaco utilizado y número de refuerzos anestésicos necesarios. Los pacientes tuvieron un rango de edad entre 16 y 50 años, con predominio de mujeres (73.26%). Sólo 6.93% presentaba alguna enfermedad sistémica, principalmente hipertensión y diabetes. El 16.83% reportó consumo de medicamentos, destacando antibióticos, antihipertensivos y omeprazol. El 61.38% manifestó sentirse nervioso antes de la cirugía. La técnica más empleada fue la troncular regional (68.41%), seguida por infiltrativa (26.73%) y combinada (14.85%). El anestésico principal fue mepivacaína con epinefrina (63.36%). En 37.62% de los casos se requirió un refuerzo anestésico, y en 1.98% fueron necesarias hasta seis infiltraciones. Se concluye que la dependencia exclusiva de la técnica troncular y de la mepivacaína condiciona una elevada necesidad de

ABSTRACT

Third molar surgery is one of the most frequent procedures in dental practice and represents an ideal clinical model to evaluate anesthetic efficacy. Success depends on proper technique and the choice of anesthetic, factors influenced by individual conditions such as anxiety, systemic diseases, and medication use. In Mexico, the high prevalence of hypertension, diabetes, and obesity poses an additional challenge in surgical care. An observational, cross-sectional, analytical, and mixed study was conducted at the Oral Surgery Clinic of the Centro Mexicano en Estomatología, Morelia campus. The sample included 148 procedures, of which 101 met the inclusion criteria. Sociodemographic variables, presence of systemic diseases, medication use, emotional state, anesthetic technique, anesthetic drug used, and the number of anesthetic reinforcements required were recorded. Patients ranged from 16 to 50 years old, with a predominance of women (73.26%). Only 6.93% presented a systemic condition, mainly hypertension and diabetes. A total of 16.83% reported medication use, primarily antibiotics, antihypertensives, and omeprazole. Preoperative nervousness was reported by 61.38% of patients. The most frequently used technique was regional (68.41%), exclusively via the inferior alveolar nerve block, followed by infiltrative (26.73%) and combined approaches (14.85%). The main anesthetic was mepivacaine with epinephrine (63.36%). Reinforcement was required in 37.62% of cases, and up to six infiltrations were necessary in 1.98%. It is concluded that exclusive reliance on the inferior alveolar nerve block and mepivacaine leads

* Especialista en Cirugía Bucal. Residente de la Especialidad en Periodoncia en el Centro Mexicano en Estomatología (CME) campus Morelia. México.

† Especialista en Ortodoncia. Maestría en Educación Media y Superior. Maestría en Odontología. Doctorado en Educación Superior. Facultad de Odontología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

§ Especialista en Periodoncia. Docente de Implantología Oral en el CME campus Morelia. México.

¶ Especialista en Periodoncia. Especialista en Cirugía Bucal. Doctor en Políticas Públicas para el Sector Salud. Maestría en Salud Pública. Docente de Seminario de Tesis en el CME campus Morelia. México.

Recibido: 05 de septiembre de 2025. Aceptado: 14 de noviembre de 2025.

Citar como: Zaragoza MBI, Sánchez GMA, Nava RG, Landa RC. Factores asociados con fallos anestésicos en cirugía bucal: estudio en terceros molares. Rev ADM. 2025; 82 (6): 328-334. <https://dx.doi.org/10.35366/122109>



refuerzos, lo que impacta en la eficiencia operatoria y en la comodidad del paciente. Asimismo, la ansiedad se perfiló como un factor relevante en la eficacia anestésica.

Palabras clave: tercer molar, anestesia dental, anestesia local, estrés subjetivo, estudio de evaluación.

to a high demand for reinforcements, affecting operative efficiency and patient comfort. Moreover, anxiety emerged as a relevant factor influencing anesthetic efficacy.

Keywords: molar third, anesthesia dental, anesthesia local, subjective stress, evaluation study.

INTRODUCCIÓN

La cirugía de terceros molares constituye uno de los procedimientos quirúrgicos más frecuentes dentro de la práctica estomatológica y es considerada un modelo clínico ideal para evaluar la eficacia anestésica. Su correcta ejecución depende del control del dolor y de la adecuada elección de la técnica anestésica, lo que repercute directamente en la seguridad del paciente y en la eficiencia operatoria. Diversos autores han comparado la eficacia de técnicas como la troncular, Gow-Gates, Akinosi y la infiltrativa, encontrando variaciones en la latencia, duración y profundidad anestésica, así como en el grado de satisfacción del paciente.¹⁻⁴

Los anestésicos locales empleados en odontología también presentan diferencias farmacocinéticas y farmacodinámicas que influyen en los resultados clínicos. Estudios comparativos han demostrado que agentes como la lidocaína, articaína, mepivacaína y bupivacaína ofrecen distintos perfiles de inicio de acción, duración y necesidad de refuerzos anestésicos.⁵⁻¹¹ Por ejemplo, la articaína se caracteriza por un inicio más rápido y un mayor poder de difusión tisular, mientras que la bupivacaína ofrece mayor profundidad y duración, pero con un inicio más lento.⁵

La efectividad anestésica no depende únicamente de la técnica o del fármaco, sino también de factores individuales del paciente. El estado emocional, particularmente la ansiedad y el estrés, juega un papel determinante al incrementar la percepción del dolor y disminuir la eficacia del bloqueo anestésico. En procedimientos de terceros molares, se ha observado que los pacientes con mayor nivel de ansiedad presentan con más frecuencia fallos anestésicos o necesidad de infiltraciones adicionales.¹²

Otro factor crítico es la presencia de enfermedades sistémicas. La elevada prevalencia en México de patologías como hipertensión arterial, diabetes mellitus y obesidad implica que una parte considerable de los pacientes sometidos a cirugía bucal pueda presentar condiciones que alteren el metabolismo o la eficacia de los anestésicos locales. Se ha señalado que la diabetes puede influir en los procesos de cicatrización e incrementar la suscep-

tibilidad a infecciones, mientras que la hipertensión y las enfermedades cardiovasculares obligan a considerar cuidadosamente el uso de vasoconstrictores.¹³

Asimismo, el consumo concomitante de medicamentos constituye una variable de gran relevancia. Antihipertensivos, hipoglucemiantes, antibióticos, ansiolíticos, antidepresivos y antiinflamatorios no esteroideos pueden interactuar con los anestésicos locales y sus vasoconstrictores. Dichas interacciones farmacológicas, en algunos casos mediadas por la inhibición o inducción de enzimas hepáticas, pueden modificar tanto la duración como la intensidad del efecto anestésico. Incluso, sustancias de consumo frecuente como el alcohol pueden alterar la farmacocinética del anestésico, condicionando la eficacia del bloqueo.¹⁴⁻¹⁶

En el ámbito académico, estas consideraciones adquieren una relevancia adicional, dado que los procedimientos quirúrgicos en las clínicas universitarias son realizados por discentes bajo supervisión docente. La elección de una técnica anestésica limitada a un solo recurso, como la mepivacaína en técnica troncular, puede condicionar la necesidad de refuerzos frecuentes y afectar tanto la experiencia de aprendizaje del estudiante como la seguridad del paciente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio observacional, transversal, analítico, mixto, sin riesgo. En el que se analizaron las técnicas de anestesia y anestésicos empleados durante los procedimientos quirúrgicos de terceros molares realizados en la Clínica de Cirugía Bucal del Centro Mexicano en Estomatología, campus Morelia. Se excluyeron otros procedimientos quirúrgicos realizados en la clínica. Se calculó a través de una población finita de 148 pacientes.

RESULTADOS

Se encuestó un total de 148 procedimientos quirúrgicos, de los cuales 47 fueron descartados al no contar con el 100% de respuestas contestadas. Los pacientes atendidos

en las instalaciones del Centro Mexicano en Estomatología campus Morelia, oscilaban entre los 16 y 50 años de edad. Siendo la edad promedio de 20 años de edad con 18 pacientes atendidos, seguido por los 19 y 21 años con 10 pacientes cada uno. La edad con menor frecuencia fueron los 27 años. Al analizar cuál fue el sexo que se presentó con mayor frecuencia para recibir atención quirúrgica en la clínica de Cirugía Bucal en el Centro Mexicano en Estomatología Campus Morelia, fue de 74 (73.26%) mujeres y 27 (26.76%) hombres.

De las 101 cirugías realizadas, se cuestionó a los residentes de cirugía bucal sobre el estado de salud de sus pacientes, con la finalidad de establecer si existen enfermedades sistémicas de importancia para su atención quirúrgica bucal. En 94 (93.06%) cirugías se respondió de manera negativa, demostrando que solo 7 (6.93%) presentaban alguna patología sistémica. A los siete pacientes que manifestaron presentar alguna enfermedad sistémica, se les cuestionó si se encontraban controlados o descontrolados, siendo que el 100% reportó estar controlado. Las patologías reportadas fueron 4 (57.14%) hipertensión arterial, 2 (28.57%) diabetes mellitus sin especificar tipo y 1 (14.28%) ovario poliquístico.

Se evaluó el consumo de medicamentos con el propósito de identificar el tratamiento farmacológico que llevaban los pacientes y analizar si éste podía influir en el efecto de la anestesia local en procedimientos odontológicos. Del total, 84 pacientes (83.16%) señalaron no consumir ningún fármaco, mientras que 17 (16.83%) refirieron sí hacerlo. A estos últimos se les preguntó específicamente cuáles medicamentos utilizaban, obteniéndose los siguientes reportes: cinco casos con amoxicilina, uno con amoxicilina combinada con ácido clavulánico y ketorolaco con tramadol, tres con amoxicilina e ibuprofeno, tres con losartán y amlodipino, dos con metformina, cuatro con omeprazol y uno con suplemento radiance.

Como parte de las variables a evaluar, se consideró el estado emocional del paciente a fin de conocer si existía una relación entre la cantidad de anestésico infiltrado. Se cuestionó a los pacientes previo a la infiltración si se sentían nerviosos por el procedimiento que se iban a realizar, a lo que 39 (38.61%) reportaron que no y 62 (61.38%) manifestaron que sí (Figura 1).

Como parte de la evaluación, se analizó la técnica anestésica utilizada por los cirujanos bucales con el objetivo de determinar si existía relación entre el tipo de técnica aplicada y la necesidad de infiltraciones adicionales. Se observó que en 59 casos (68.41%) se empleó anestesia regional, correspondiendo el 100% de éstas a la técnica troncular. En 27 casos (26.73%) se aplicó anestesia local

por infiltración, mientras que en 15 procedimientos (14.85%) se utilizó una técnica combinada, consistente en anestesia regional troncular complementada con un refuerzo supraperióstico inicial en la zona a intervenir. Uno de los aspectos importantes a considerar durante el procedimiento quirúrgico es la elección de la anestesia para la infiltración inicial. A lo cual 64 (63.36%) procedimientos fueron realizados con mepivacaína con epinefrina, seguido de 17 (16.83%) que emplearon articaína 1:100,000, 12 (11.88%) lidocaína con epinefrina, en menor medida 5 (4.9%) cirugías fueron realizadas con articaína 1:200,000, 2 (1.98%) con mepivacaína simple y 1 (0.99%) con lidocaína simple (Figura 2).

Una vez realizada la primera infiltración por el cirujano, se evaluó la percepción al dolor referida por el paciente. A lo cual se realizaron refuerzos de anestesia. Siendo que en 38 (37.62%) ocasiones con una infiltración de refuerzo se solucionó la molestia producida. En 31 (30.69%) casos se requirió de dos infiltraciones, en 10 (9.90%) ocasiones de tres y cuatro infiltraciones, en 2 (1.98%) casos aislados se requirió de cinco y seis infiltraciones (Figura 3).

Las zonas anatómicas donde se infiltró para realizar el refuerzo anestésico fueron: 43 supraperiostica, seguido de 16 en el nervio bucal, siete en el nervio palatino, cinco en vestibular y bucal, cuatro en la tuberosidad del maxilar, cuatro en nervio bucal y palatino anterior, dos troncular y supraperiostica, dos troncular, dos pericoronales, dos lingual, bucal, troncular y vestibular, dos intraligamentaria, una vestibular, lingual y palatino, una vestibular y lingual (Figura 4).

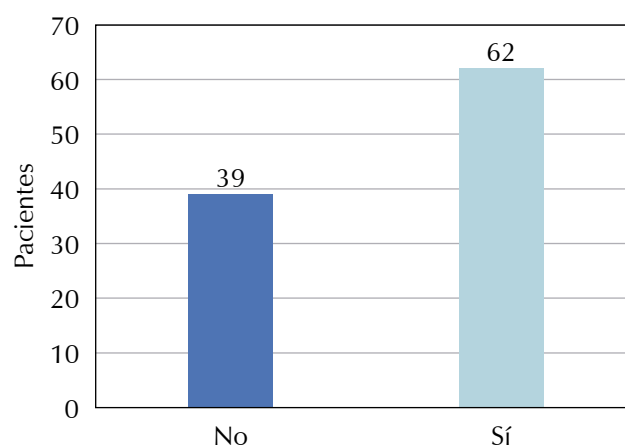
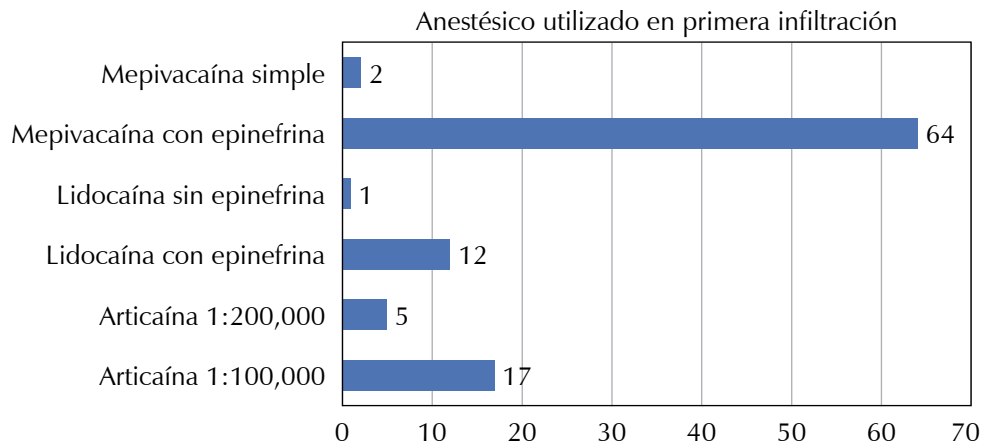


Figura 1: Sesenta y dos pacientes que acudieron al Centro Mexicano en Estomatología manifestaron estar nerviosos por el procedimiento quirúrgico que se les iba a realizar.

Figura 2:

El anestésico empleado con mayor frecuencia es la mepivacaína con epinefrina y en menor medida la lidocaína sin epinefrina.



La anestesia utilizada con mayor frecuencia para realizar el refuerzo fue mepivacaína con epinefrina en 55 (554.45%) de los casos, seguido de 15 (14.85%) lidocaína con epinefrina y 12 (11.88%) articaína 1:100,000. Seguido de 6 (5.94%) mepivacaína simple, 2 (1.98%) lidocaína sin epinefrina, 1 (0.99%) articaína 1:100,000 con mepivacaína con epinefrina, 1 (0.99%) articaína 1:100,000 y 1 (0.99%) articaína 1:200,000 (Figura 5).

DISCUSIÓN

Yañez, Aguilera y Cortés en 2022 evaluaron la ejecución y éxito de la técnica de anestesia previo a una extracción dental simple. Los estudiantes que fueron invitados a participar firmaron un consentimiento y se realizó una encuesta que contenía un protocolo informativo para el alumno con los pasos a seguir. De los 104 encuestados se obtuvo que un 57% de los estudiantes de cuarto año y un 65% de los de quinto año, lograron una correcta técnica anestésica con un solo cartucho de anestesia. Estableciendo que no existió diferencia significativa con respecto al año académico y las variables estudiadas, exceptuando la necesidad de un refuerzo anestésico posterior a la comprobación de una técnica exitosa donde los alumnos de cuarto año necesitaron efectuar un mayor control del dolor intraoperatorio.¹⁷

Hidalgo-Dávila y Vázquez-Torres en 2017 comprobaron la eficacia de las técnicas anestésicas para el bloqueo del nervio dentario inferior en pacientes atendidos en la Facultad de Odontología de la UNAP-2017. El tipo de investigación fue cuantitativa, el diseño no fue experimental, correlacional y transversal. La muestra estuvo conformada por 81 pacientes. El instrumento utilizado fue la ficha de evaluación clínica odontológica de las técnicas anestésicas tronculares y la escala visual de dolor. Los parámetros va-

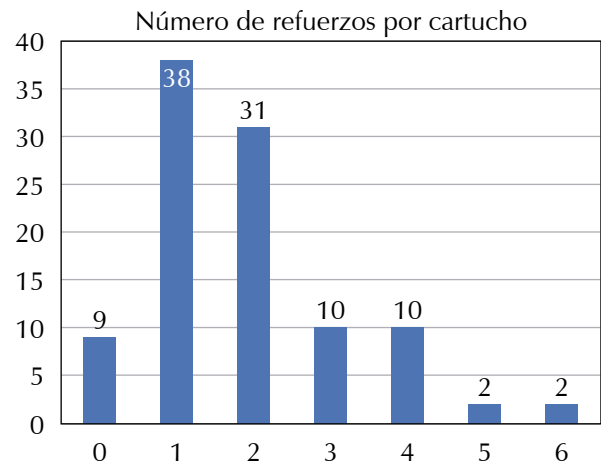


Figura 3: Conteo de infiltraciones de refuerzo realizadas para lograr disminuir la sensación dolorosa del paciente.

lorados fueron 10, los más relevantes son la palpación de los puntos de referencias anatómicas, dirección de la aguja, escala visual de dolor a la inserción de la aguja, dolor de alguna área al instrumentar, requirió refuerzo anestésico y grado de anestesia. Los resultados más importantes fueron los siguientes: direccionaron correctamente la aguja en la técnica directa el 2.3% al nervio bucal largo, el 65.1% al nervio lingual y el 93.0% al nervio dentario inferior; en la técnica indirecta el 5.0% al nervio bucal largo, el 10.0% al nervio lingual y el 95.0% al nervio dentario inferior, y en la técnica Akinosi el 100.0%. El mayor porcentaje de casos de las tres técnicas estuvo en el código 1 (sin dolor) de la escala visual del dolor al insertar la aguja, seguido del código 2 y 3 (dolor leve). La técnica directa presentó su mayor porcentaje en el grado de anestesia el (58.1%) grado B (fracaso), seguido de A (éxito) y C (fracaso) (20.9%

cada uno); la técnica indirecta presentó porcentajes iguales (40%) en el grado A (éxito) y C (fracaso); la técnica Akinosi presentó el 100% en el grado A (éxito). Existen diferencias significativas en el grado de anestesia entre las técnicas anestésicas ($p = 0.000$). No existen diferencias en el grado de anestesia entre la técnica directa y la indirecta ($p = 1.000$). Existen diferencias en el grado de anestesia entre la técnica directa y la de Akinosi ($p = 0.000$).¹⁸

Soto-Gallardo y Lozada-López en 2016 analizaron a un total de 37 pacientes en los que se evaluó la técnica de anestesia sin aguja en 29 pacientes a los cuales se les aplicó en el órgano dental número 23 la técnica anestésica dental infiltrativa y en el órgano dental número 13

se aplicó la técnica anestésica dental sin aguja, ocupando en las dos técnicas lidocaína con epinefrina, por lo que se analizó en un mismo paciente el tiempo de inicio, el tiempo de duración de cada técnica y el dolor que será medido en la escala EVA. Una vez realizado el análisis se obtuvo que la escala EVA en la técnica anestésica convencional marca un grado de dolor de tres, mientras que la técnica anestésica sin aguja marca cero, por lo que la rapidez en que el anestésico atraviesa por difusión es más invasiva. Por su parte, se analizó que el tiempo de inicio de anestesia sin aguja el efecto anestésico es inmediato, mientras que la técnica anestésica convencional se demora cinco minutos.¹⁹

Figura 4:

La zona para realizar un refuerzo anestésico con mayor frecuencia fue la supraperiostica y la menor fue una combinación de vestibular, lingual y palatino y vestibular con bucal.

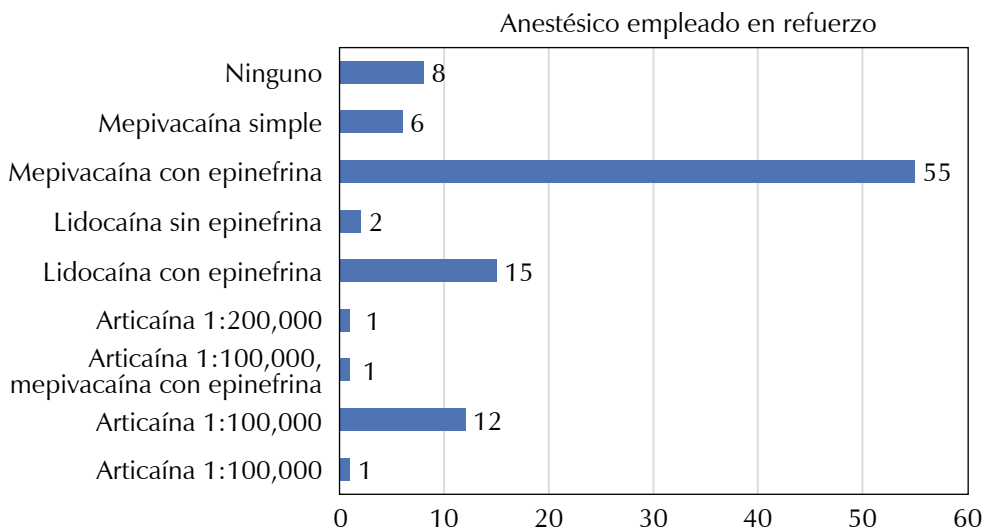
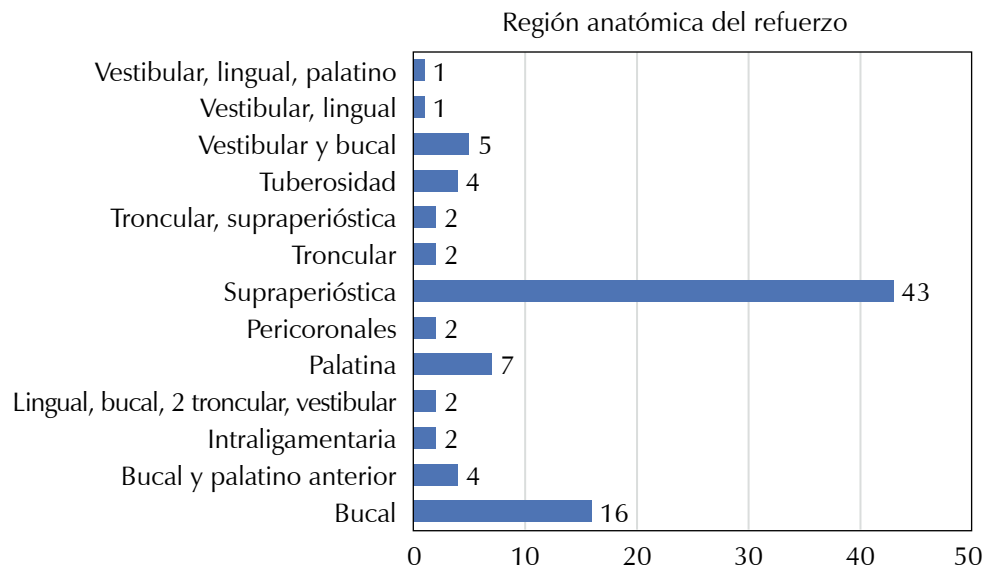


Figura 5:

Los refuerzos anestésicos se realizaron principalmente empleando mepivacaína con epinefrina y en menor medida con articaína 1:100,000 y articaína 1:200,000.

Montenegro-Luther en 2009 evaluó teóricamente a través de una prueba de conocimiento elaborada con la supervisión de un docente a 30 odontólogos practicantes de turno en la Clínica de Exodoncia de la Facultad de Odontología de la USAC. Los cuales necesitaron de bloqueo mandibular para poder realizar la extracción en los pacientes que acudieron a la clínica. Al realizar la práctica de campo los estudiantes respondieron las pruebas de conocimiento, se evaluó a pacientes mayores de 16 años, que estuvieran libres de enfermedades sistémicas y locales, en los cuales se indicó bloqueo mandibular. Una vez confirmada dicha información se procedió a colocar el anestésico. En 27 se realizó palpación del borde anterior de la rama adecuadamente, en 12 la palpación del borde posterior de la rama adecuadamente esto equivale a 40% y 18 inadecuadamente, equivalentes al 60%. Se puede observar que de los 30 pacientes evaluados 11 presentaron molestia en el nervio bucal largo, 12 en el nervio lingual, 19 en el dentario y al momento de instrumentar solamente siete no presentaron ninguna molestia.²⁰

De igual manera, se observó que la técnica troncular es la única empleada de manera sistemática en todos los procedimientos, dejando de lado otras alternativas como la técnica infiltrativa, Gow-Gates o Vazirani-Akinosi, que en determinados casos podrían ofrecer un mejor efecto anestésico o servir como técnicas complementarias. Esta dependencia exclusiva de la técnica troncular, aunada a la restricción en el tipo de anestésico, constituye una debilidad significativa del protocolo anestésico aplicado en la clínica, pues limita la capacidad del cirujano para adaptarse a los diferentes escenarios anatómicos y a las variaciones fisiológicas de los pacientes.

El análisis de la cantidad de infiltraciones complementarias realizadas en los procedimientos mostró que, en un número considerable de casos, fue necesario recurrir a refuerzos intraoperatorios para mantener la analgesia. Esto refleja que, si bien la técnica troncular con mepivacaína logra en la mayoría de los casos un efecto inicial adecuado, no siempre garantiza una duración ni profundidad anestésica suficientes para cubrir todo el tiempo quirúrgico requerido en la exodoncia de terceros molares. Esta situación repercute directamente en la comodidad del paciente y en la eficiencia del procedimiento, alargando los tiempos operatorios y generando mayor ansiedad en algunos casos.

Un aspecto relevante que emergió de esta investigación fue el manejo antibiótico previo a los procedimientos quirúrgicos. Se observó que, en la clínica, únicamente un cirujano es quien prescribe antibióticos previos a la cirugía, lo que genera una falta de estandarización en el

protocolo de profilaxis antimicrobiana. Esta situación no solo representa un área de mejora en términos de uniformidad académica y clínica, sino que también resalta la necesidad de establecer criterios claros basados en evidencia científica y en las normas oficiales mexicanas, a fin de prevenir tanto el uso innecesario de antibióticos como el riesgo de resistencia bacteriana. La correcta indicación de estos fármacos debe formar parte integral de la planificación quirúrgica, pues incide directamente en la seguridad del paciente y en los resultados postoperatorios.

Otro hallazgo que merece destacarse es la influencia del estado emocional del paciente en la efectividad anestésica. En los procedimientos de terceros molares se identificó que un porcentaje considerable de pacientes refirió sentirse nervioso antes y durante la cirugía, lo cual puede influir en la percepción del dolor y, en consecuencia, en la necesidad de aplicar refuerzos anestésicos. Esta relación ya ha sido descrita en la literatura, donde se reconoce que el estrés y la ansiedad generan alteraciones fisiológicas, como aumento en la liberación de catecolaminas y cambios en el umbral del dolor, lo que puede reducir la eficacia de la anestesia local. De acuerdo con los resultados obtenidos, si bien no se estableció una asociación estadísticamente contundente, sí se observó una tendencia en la que los pacientes más nerviosos presentaron mayor requerimiento de refuerzos durante el acto quirúrgico. Esta situación pone de manifiesto que el éxito anestésico no depende únicamente de la técnica empleada ni del tipo de anestésico administrado, sino también del manejo emocional del paciente. En este sentido, la ansiedad constituye un factor de riesgo que puede condicionar la profundidad y duración de la anestesia, generando la necesidad de dosis adicionales.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió evidenciar la realidad clínica en la que se desarrollan los procedimientos quirúrgicos de terceros molares dentro de la Clínica de Cirugía Bucal del Centro Mexicano en Estomatología, campus Morelia. Uno de los hallazgos más relevantes fue que la clínica únicamente suministra mepivacaína como anestésico local, sin brindar otras opciones farmacológicas como articaína o lidocaína, que en distintos estudios han mostrado un desempeño superior en determinados escenarios quirúrgicos. Esta limitación reduce la posibilidad de individualizar el manejo anestésico en función de las características clínicas del paciente y, en consecuencia, se observa un incremento en la necesidad de refuerzos anestésicos para alcanzar un control adecuado del dolor.

REFERENCIAS

1. Ruiz Rosas PD, Reyes-Vargas AE. Estudio comparativo de la eficacia anestésica de la técnica Gow Gates vs Gow Gates con STA para el bloqueo del nervio dentario inferior en los pacientes atendidos en el curso de Cirugía Bucal y Maxilofacial II de la Clínica Odontológica ULADECH Católica, distrito de Chimbote, provincia del Santa, departamento de Áncash – año 2020 [Tesis]. Chimbote (Perú): Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Odontología; 2022. Disponible en: https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/28590/GOW_GATES_NERVIO_DENTARIO_INFERIOR_RUIZ_ROSAS_PERCY_DAVID.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. Sandino-Aragón CM, Zepeda-Duarte JJ, Jaime AL. Eficacia de dos técnicas de bloqueo del nervio dentario inferior “técnica de los tres tiempos” y técnica de Akinosi en exodoncia de primeras y segundas molares inferiores en las clínicas odontológicas del Centro de Salud Pedro Altamirano, Managua-Nicaragua, en el periodo comprendido enero-marzo 2010 [Tesis]. León (Nicaragua): Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León), Facultad de Odontología; 2010. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/5973/1/222354.pdf>
3. Asfura IJ, Ramos DL. Estudio comparativo entre la técnica troncular SPIX y la técnica infiltrativa en la extracción de premolares mandibulares [Tesis]. Santiago (Chile): Universidad Finis Terrae, Facultad de Odontología; 2018. Disponible en: <https://repositorio.uft.cl/bitstream/handle/20.500.12254/1584/Asfura-Ramos%202018.pdf>
4. Berdejo-Cuti DA, Salinas-Zúñiga RVH. Nivel de conocimiento sobre técnica anestésica troncular e infiltrativa en estudiantes de VIII y X semestre de la Facultad de Odontología de la Universidad Católica de Santa María [Tesis]. Arequipa (Perú): Universidad Católica de Santa María, Facultad de Odontología; 2023. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/52e43c68-a9ed-41c7-a34a-e9bab7c23aae>
5. Estévez RO, Martínez-González JM. Eficacia analgésica residual de la articaína vs bupivacaína en la cirugía de terceros molares inferiores [Tesis]. Madrid (España): Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Odontología, Departamento de Medicina y Cirugía Bucal; 2012. Disponible en: <https://docta.ucm.es/bitstreams/6ead7e25-a19d-4f48-af09-b2231e64d35c/download>
6. Velásquez-Simón SE. Eficacia del anestésico local articaína como alternativa en la extracción de molares inferiores a través de la técnica infiltrativa bucal, en pacientes de ambos sexos comprendidos entre 15-80 años que asisten a las clínicas de exodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala [Tesis]. Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Odontología; 2013. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4275/1/T2528.pdf>
7. Carrillo Martel D. Eficacia anestésica de la técnica de Gow-Gates en pacientes atendidos en un servicio de cirugía buco maxilo facial [Tesis]. Lima (Perú): Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2011. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/323343914.pdf>
8. Martínez MA, Cabarcas-Sierra MJ, Thorrens-Martelo LDJ. Eficacia de la articaína al 4% con epinefrina 1:100 000 vs lidocaína al 2% con epinefrina 1:80 000 en el bloqueo mandibular directo con infiltración bucal en cirugía de terceros molares [Tesis]. Cartagena (Colombia): Universidad de Cartagena, Facultad de Odontología; 2017. Disponible en: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/d64153b5-8033-49af-a839-c1bf06769515/content>
9. Galvis-Pérez GM. Levobupivacaína como anestésico local en la odontectomía de los terceros molares y su comparación con lidocaína [Tesis]. Caracas (Venezuela): Universidad Central de Venezuela, Facultad de Odontología; 2014. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10872/6213>
10. Erazo-Pérez JG. Comparación de la eficacia de los anestésicos locales articaína y lidocaína utilizando la técnica tres pasos en molares mandibulares permanentes con pulpitis irreversible: estudio *in vivo* [Tesis]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Odontología; 2014. Disponible en: http://www.repositorio.usac.edu.gt/800/1/T_2594.pdf
11. Ensaldo CE, Ensaldo CE, Rivas MR, Ensaldo FE, Adler SS. Estudio clínico comparativo entre articaína y lidocaína. Rev ADM. 2003; 9 (6): 212-218.
12. Dalda NV, Navarro-Martín MT, Negre FE, Negre FC, Navarro-Martín AB, Dalda Navarro JA. Detección de disfunciones sexuales asociadas al uso de antipsicóticos y antidepresivos. Rev Sanit Investig. 2024; 5 (2): 45-52.
13. Aroca-Benítez FN, Portal GY. Manejo odontológico en pacientes diabéticos e hipertensos en el Centro de Salud N°2 Las Casas Quito [Tesis]. Ecuador: Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES); 2015. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/1811/1/TUAEEXCMSP016-2015.pdf>
14. Posadas-Berber JA, Gómez-Garibay JA, Arredondo SE, Morales-Ramos AEL. Uso de betabloqueadores en el perioperatorio. Valoración y manejo perioperatorio por medicina interna. México: Editorial Alfil; 2020.
15. Martínez MA, Freyle GE, Senior GN. Comparación de la eficacia de dos soluciones anestésicas: lidocaína al 2% con epinefrina 1:80 000 versus articaína al 4% con epinefrina 1:100 000 en molares inferiores con pulpa vital que requieran tratamiento endodóntico [Tesis]. Cartagena (Colombia): Universidad de Cartagena, Facultad de Odontología; 2016. Disponible en: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/10646d09-9695-48ee-bdc1-fbc9196d0148>
16. Lazcano V, Loreto CB, Valadés B, De los Ángeles M. Anestesia intraligamentaria asistida por computador versus anestesia troncular en molares mandibulares vitales con indicación de endodoncia usando articaína al 4% [Tesis]. Chile: Universidad San Sebastián; 2018.
17. Yáñez YN, Aguilera MO, Cortés VS. Comparación en técnica anestésica de bloqueo del nervio alveolar inferior en estudiantes de odontología de diferente año académico. Odontol Vital. 2022; 37 (1): 38-49.
18. Hidalgo-Dávila CN, Vázquez-Torres AF. Eficacia de las técnicas de anestesia troncular mandibular de alumnos de la Facultad de Odontología UNAP-Loreto 2017 [Tesis]. Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2017.
19. Soto-Gallardo JL, Lozada-López FDR. Comparación de trauma y eficacia de dos técnicas de anestesia infiltrativa versus técnica de anestesia dental sin aguja en los estudiantes de séptimo y octavo semestre de la carrera de odontología de la unidad de atención odontológica UNIANDES [Tesis]. Ecuador: Universidad Regional Autónoma de los Andes, Facultad de Ciencias Médicas; 2016.
20. Montenegro-Luther JG. Evaluación clínica de la efectividad de la técnica de anestesia de tres pasos con una sola punción para el bloqueo de los nervios dentarios, bucal largo y lingual [Tesis]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2009.

Conflicto de intereses: no existen.

Aspectos éticos: no existen.

Financiamiento: autofinanciado.

Correspondencia:

Cristóbal Landa Román

E-mail: clr_31@hotmail.com

Aplicación de la inteligencia artificial en el diagnóstico de la enfermedad periodontal: avances y perspectivas.

The application of artificial intelligence in diagnosing periodontal disease: advances and perspectives.

María Fernanda García-Vega,^{*,‡} Fernando García-Arévalo,^{*,§} Julio César Flores Preciado,^{*,¶} Anna González-Rascón^{*,||}

RESUMEN

La periodontitis es una enfermedad que afecta a la población mundial, se caracteriza por ser inflamatoria crónica, que compromete la salud integral del paciente y que está asociada a factores locales y sistémicos. La inteligencia artificial (IA) ha demostrado ser una herramienta capaz para la detección de la enfermedad periodontal a través de modelos de aprendizaje profundo como las redes neuronales convolucionales (CNN). Esta revisión se enfoca en el uso de IA para el análisis de imagenología dental, particularmente mediante arquitecturas como *U-Net*, *ResNet* y modelos híbridos como *HYNETS*, los cuales permiten segmentar estructuras anatómicas en radiografías y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) para clasificar con precisión la pérdida ósea y los estadios de la periodontitis. Entre los principales beneficios se encuentran una alta eficacia y un avance en la clasificación de los estadios de la periodontitis, ayudando a optimizar las decisiones clínicas de los odontólogos, permitiendo estandarizar la enfermedad periodontal y reducir la variabilidad profesional. Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar la aplicación de *deep learning* y CNN en el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad periodontal, destacando su potencial para optimizar la precisión diagnóstica, reducir errores clínicos y mejorar la atención al paciente mediante el uso de herramientas tecnológicas avanzadas.

Palabras clave: periodontitis, inteligencia artificial, redes neuronales convolucionales, aprendizaje profundo.

ABSTRACT

Periodontitis is a disease that affects the global population and is characterized as a chronic inflammatory condition that compromises the patient's overall health. It is associated with both local and systemic factors. Artificial intelligence (AI) has proven to be a powerful tool for detecting periodontal disease through deep learning models such as convolutional neural networks (CNNs). This review examines the use of AI in dental imaging analysis, particularly through architectures like *U-Net*, *ResNet*, and hybrid models such as *HYNETS*, which allow for the segmentation of anatomical structures in radiographs and Cone Beam Computed Tomography (CBCT) to accurately classify bone loss and the stages of periodontitis. Among the main benefits are high diagnostic accuracy and significant advancements in the classification of periodontitis stages, supporting clinicians in optimizing clinical decisions, standardizing diagnosis, and reducing interprofessional variability. This literature review aims to analyze the application of deep learning and CNNs in the diagnosis and treatment of periodontal disease, highlighting their potential to enhance diagnostic precision, reduce clinical errors, and improve patient care through the integration of advanced technological tools.

Keywords: periodontitis, artificial intelligence, convolutional neural networks, deep learning.

Abreviaturas:

AAP = Academia Americana de Periodontología
CBCT = tomografía computarizada de haz cónico
CNN = redes neuronales convolucionales

EP = enfermedad periodontal
IA = inteligencia artificial
OMS = Organización Mundial de la Salud
PA = periodontitis apical
RBL = pérdida ósea radiográfica

* Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

‡ Lic. Cirujano dentista.

§ Lic. Cirujano dentista. Especialista en periodoncia. Maestro en ciencias clínicas odontológicas.

¶ Lic. Cirujano dentista. Maestro en ciencias. Doctor en ciencias.

|| Ing. Biotecnología. Maestra en ciencias. Doctora en ciencias.

Recibido: 20 de octubre de 2025. Aceptado: 11 de noviembre de 2025.

Citar como: García-Vega MF, García-Arévalo F, Flores PJC, González-Rascón A. Aplicación de la inteligencia artificial en el diagnóstico de la enfermedad periodontal: avances y perspectivas. Rev ADM. 2025; 82 (6): 335-341. <https://dx.doi.org/10.35366/122110>



INTRODUCCIÓN

La periodontitis es una de las enfermedades orales más prevalentes en el ámbito mundial, se caracteriza por ser multifactorial, no transmisible y crónica. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las periodontopatías en su estadio grave afectan aproximadamente a 19% de la población adulta, lo que equivale a más de mil millones de casos en todo el mundo.¹ Esta enfermedad se desarrolla a partir del biofilm dental, causado por una mala higiene bucal y potenciada por factores de riesgo como el tabaquismo y la mala alimentación, además de ciertas condiciones sistémicas, lo que favorece la acumulación de bacterias patógenas. Todos estos factores desembocan en una reacción inflamatoria e infecciosa que afecta directamente a los tejidos de soporte del diente y así mismo en la salud general del paciente.²

La relación que existe entre la enfermedad periodontal (EP) y algunas enfermedades sistémicas se debe a la respuesta inflamatoria intensificada y a una reacción alterada del sistema inmunológico, un ejemplo de ello es la diabetes mellitus, en la cual la inflamación crónica de la periodontitis afecta directamente en el control de los niveles de glucosa en sangre, lo que agrava la diabetes y aumenta el riesgo de complicaciones.³ Es por esto que la prevención y una detección oportuna de la enfermedad periodontal no sólo mejora la salud bucal del paciente, sino que también puede reducir el riesgo y progresión de la enfermedad sistémica, impactando en su salud general. Clínicamente la EP se manifiesta con sangrado gingival, bolsas periodontales de más de 4 mm, movilidad dental y encías inflamadas.⁴ Radiográficamente se puede observar pérdida de la cresta alveolar ya sea horizontal o vertical, general o localizada.

En los últimos años se ha desarrollado la inteligencia artificial (IA) como una tecnología basada en redes neuronales que emplea algoritmos avanzados, *deep learning* y computación cognitiva para procesar datos. Su aplicación en medicina ha servido como apoyo para mejorar el diagnóstico, así como el tratamiento de distintas enfermedades, desarrollando mejoras en vacunas, tratamientos farmacológicos, etcétera.⁵ En el área odontológica la IA puede potenciar la detección, el diseño del plan de tratamiento y su ejecución ante diferentes escenarios. Para esto, se utiliza información de diagnóstico como pueden ser imágenes tales como fotografías, tomografías o radiografías.⁶

En periodoncia se ha implementado la IA para análisis de imagenología, permitiendo detectar signos de la enfermedad periodontal, detección de pérdida de hueso

alveolar y bolsas periodontales, además contribuye a la predicción del riesgo a desarrollar enfermedad periodontal mediante el análisis del historial clínico del paciente.⁷

Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar la aplicación de *deep learning* y redes neuronales convolucionales (CNN) en el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad periodontal, destacando su potencial para optimizar la precisión diagnóstica, reducir errores clínicos y mejorar la atención al paciente mediante el uso de herramientas tecnológicas avanzadas.

Fundamentos de la inteligencia artificial en el diagnóstico odontológico

La inteligencia artificial en medicina utiliza modelos de *machine learning* para ayudar al procesamiento de datos médicos importantes, mejorando la velocidad de respuesta del personal de salud en el diagnóstico y elevando la calidad de atención al paciente.⁸ Algunos tipos de IA aplicadas a la salud pueden ser CNN, aprendizaje profundo (*deep learning*), sistemas basados en aprendizaje automático (*machine learning*), y modelos de segmentación de imágenes.

Este artículo se concentrará en el aprendizaje automático y las redes neuronales artificiales. Para entender mejor qué es cada una, nos basaremos en los siguientes conceptos: el aprendizaje automático se refiere a la generación de programas computacionales que mejoran alguna métrica de evaluación a partir del uso de datos,⁹ mientras que las redes neuronales son capas convolucionales que generan capas para disminuir la dimensión de las imágenes y detectar características específicas sintetizando predicciones.¹⁰

Un ejemplo de CNN es el modelo *U-Net*, formado de una parte codificadora y una parte decodificadora, lo que le permite extraer características de la imagen y luego reconstruirlas con mayor precisión,¹¹ en el campo de la odontología se usa para segmentar la estructura ósea en radiografías periapicales y en la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Otro CNN es el *ResNet-50* efectivo para la clasificación de la severidad y grados de la periodontitis. La ayuda de estas redes en el campo odontológico es útil para la detección de patrones de imágenes radiográficas y CBCT, generando un beneficio significativo en la detección y clasificación de la enfermedad periodontal a través de la identificación de la pérdida de la cresta ósea.¹²

En un estudio desarrollado en la Universidad de Texas y la Universidad Estatal de San José,¹³ se creó un modelo a partir de *U-Net* y de *ResNet-34* nombrado *HYNETS*, este modelo logró clasificar la etapa de la periodontitis en cada diente, a partir del uso de radiografías periapicales, la IA

lograba clasificar cada diente según la pérdida ósea y la distancia entre la línea cemento esmalte. Ellos se basaron en la clasificación de periodontitis de 2018, calculando la pérdida ósea radiográfica (RBL):

1. **Etapla I:** $RBL < 15\%$.
2. **Etapla II:** RBL entre $15-33\%$.
3. **Etapla III:** $RBL > 33\%$.

Lo que *HYNETS* implementa es un enfoque de aprendizaje multitarea, integrando redes de segmentación para identificar áreas óseas, dientes y la unión cemento-esmalte (CEJ). Utiliza *U-Net* con *ResNet-34* para la segmentación de hueso y dientes, y una variante de *U-Net*

para la detección de la línea CEJ (*Figura 1*). Este estudio demuestra un avance tecnológico en el campo de la odontología en los procesos de estandarización de diagnóstico, ya que este caso en particular se basa mucho en la experiencia, formación y opinión de cada especialista a pesar de que existe la clasificación establecida por la Academia Americana de Periodontología (AAP).

Aplicaciones de IA en el diagnóstico de la enfermedad periodontal

En el área de la salud se ha utilizado la IA para la detección de distintas enfermedades con ayuda de imagenología, por ejemplo para el diagnóstico de enfermedades pul-

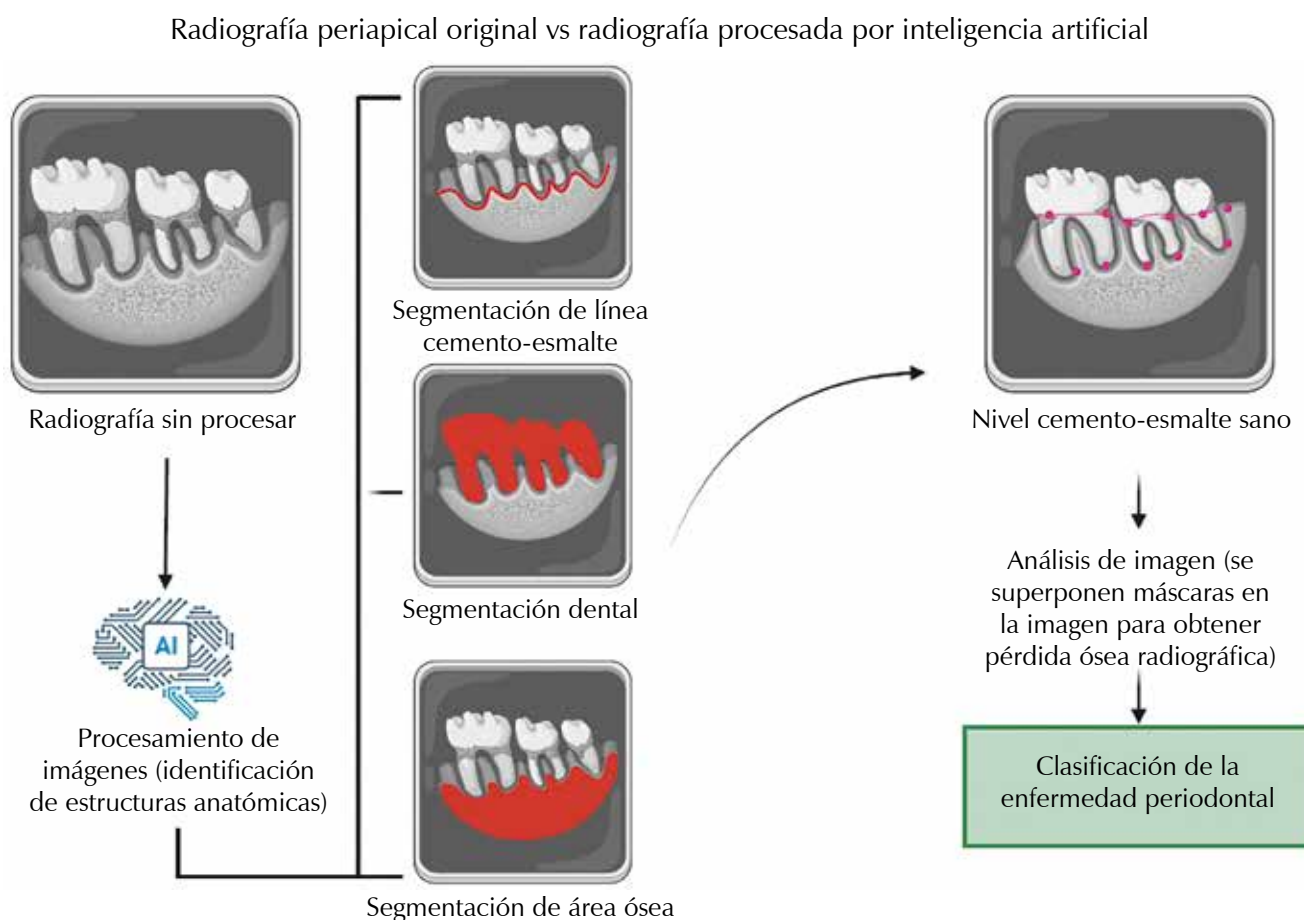


Figura 1: Análisis radiográfico para clasificación de la enfermedad periodontal mediante inteligencia artificial. Descripción del procesamiento de radiografía periapical mediante la IA, muestra la segmentación de la línea cemento-esmalte, órganos dentales y hueso. A partir de la identificación de estas estructuras se calcula la pérdida ósea radiográfica y se realiza la clasificación automatizada de la enfermedad periodontal. IA = inteligencia artificial.

Creado con BioRender, García F. [Acceso 20 de Octubre 2025] Disponible en: <https://BioRender.com/cbpaj14>

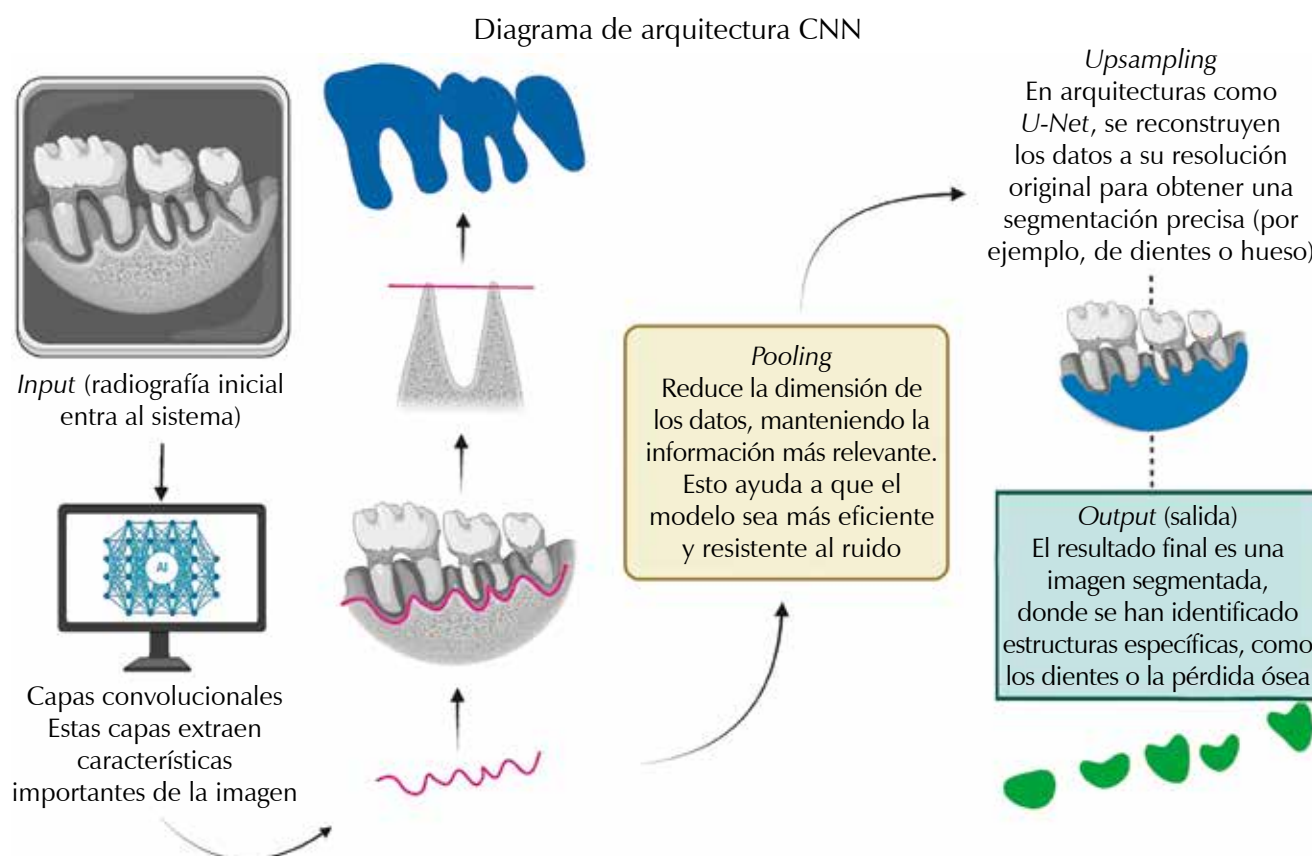


Figura 2: Procesamiento de radiografía periapical mediante redes neuronales convulsionales. El sistema recibe como entrada una radiografía periapical y procesa la imagen mediante capas convolucionales, pooling y upsampling. Este flujo permite identificar y segmentar estructuras clave, como dientes y áreas con pérdida ósea, generando una salida con delimitación anatómica precisa.

CNN = redes neuronales convolucionales.

Creado con BioRender. García F. [Acceso 20 de Octubre 2025] Disponible en: <https://BioRender.com/nxb4our>

monares se han utilizado las CNN para localizar patrones en radiografías torácicas diagnosticando patologías como la neumonía y tuberculosis.¹⁴ Asimismo, otros sistemas analizan imágenes del fondo del ojo para encontrar signos de retinopatía diabética en etapas tempranas, ayudando a prevenir la ceguera.¹⁵ En el campo de la odontología se ha utilizado para la detección temprana de caries mediante el uso de imágenes intraorales, sin la necesidad de la intervención manual del profesional.¹⁶

De manera similar, en el área de la periodoncia, la inteligencia artificial también ha demostrado ser una herramienta valiosa para el diagnóstico clínico.

Una de las ramas de la IA más utilizadas en el área de periodoncia para la detección de enfermedades periodontales a través de imágenes radiografías o CBCT es el *deep learning*. Este método se basa en redes neuronales

que se asemejan a las neuronas de los mamíferos, capaces de identificar patrones complejos dentro de grandes volúmenes de datos. Una manera de entenderlo mejor es imaginarlo como un sistema de aprendizaje automático que conforme más información recibe, más aprende. Con la práctica, mejora la detección de patrones y toma de decisiones. Además, no sólo analizan las imágenes en su forma original, sino que también pueden detectar objetos específicos como los dientes (Figura 2). A partir de ello, esta rama procesa la información, aprende de ella y la corrige para futuros procesos.^{9,12}

En un estudio para el diagnóstico de la enfermedad periodontal se evaluaron 243 pacientes con radiografías periapicales. En la etapa inicial, dos profesionales de la salud determinaron la pérdida ósea en las radiografías. Posteriormente, estas radiografías se sometieron a una

rama de *deep learning* con modelo multitarea llamado Inception V3, que logró una precisión de 0.87 ± 0.01 en la categorización de pérdida ósea leve. Esta tecnología puede ayudar a resaltar áreas de pérdida ósea sutil, proporcionando a los dentistas una herramienta que hace más eficiente el diagnóstico temprano.¹⁷

En cuanto al uso de CBCT para la detección de enfermedad periodontal, en ciertas ocasiones resulta fundamental, debido a que en una imagen bidimensional algunas patologías como la periodontitis apical (PA) no pueden identificarse hasta que no se produzca una destrucción significativa del hueso cortical. La CBCT, al ser una imagen tridimensional, reduce la superposición de estructuras anatómicas, permitiendo observar de mejor manera el área oral de interés, facilitando la detección de destrucción del tejido periodontal.¹⁸

Además, la arquitectura de la IA llamada *U-net* ha demostrado que puede mejorar la calidad de imágenes generadas por CBCT a través de la segmentación automatizada. Esto ayuda a integrar información adicional proporcionada por la tomografía, permitiendo identificar y medir con precisión la cantidad de hueso perdido en relación con el tejido circundante.¹²

La aplicación de la IA en la detección de la enfermedad periodontal puede ofrecer una herramienta significativa para la detección y análisis de la pérdida ósea a través de la imagenología. Su capacidad para reducir la variabilidad entre los profesionales permite estandarizar los diagnósticos, reduciendo el tiempo de la toma de decisiones clínicas y facilita la implementación de los tratamientos oportunos. Su uso de forma progresiva puede ayudar a mejorar la atención del paciente para hacerla más precisa y personalizada.

Beneficios y desafíos de la implementación de la IA en el diagnóstico periodontal

La implementación de la IA en el diagnóstico de las enfermedades periodontales ha demostrado ser una herramienta prometedora para mejorar la calidad de diagnóstico y precisión en el área clínica. Los beneficios que la tecnología ofrece es la capacidad de resolver diagnósticos de manera rápida permitiendo una atención más eficiente, ya que se ha demostrado que la IA puede imitar la precisión y exactitud de especialistas capacitados.^{13,19}

La aplicación de modelos de aprendizaje profundo, como las redes neuronales han sido capaces de detectar la pérdida de la cresta ósea a través de radiografías y tomografías, esto ha facilitado la clasificación automatizada de la periodontitis según su grado y estadio. Con

ayuda de esta tecnología se puede brindar al paciente un tratamiento personalizado, predecir la periodontitis y la pérdida de dientes en una etapa temprana para permitir a los sujetos tomar medidas preventivas y proactivas, abordando así las consecuencias físicas, mentales y económicas que esta causa.²⁰

A pesar de los avances clínicos con el uso de la IA, han surgido diferentes limitaciones en este nuevo campo como la necesidad de grandes volúmenes de datos de alta calidad para entrenar a estos modelos, obstáculos en la recopilación y estandarización de datos. La necesidad de capacitación del personal de salud, así como la implementación de estas nuevas tecnologías generan un costo adicional a los equipos ya utilizados para el diagnóstico de estas enfermedades. El sesgo del algoritmo también genera otra desventaja que puede conducir a diagnósticos inexactos. Todos los algoritmos tienen la necesidad de utilizar datos de los pacientes como la imagenología y los registros clínicos, por lo tanto, se necesita un consentimiento informado, así como la anonimización de los mismos para proteger la privacidad y los derechos de los pacientes.²⁰

Futuras direcciones y perspectivas

Con apoyo de la IA se puede utilizar la teleodontología aplicada en regiones rurales y de difícil acceso a la atención odontológica, ya que por medio de los diferentes modelos de inteligencia artificial se puede ampliar el acceso a diagnósticos especializados, esto podría permitir la monitorización de la salud periodontal y la detección temprana de las enfermedades periodontales.

Por lo general, la detección de la enfermedad periodontal se restringe a la revisión de radiografías, historial clínico y sondaje del caso realizado por un profesional, lo que está ligado a la capacidad del dentista para la detección y clasificación de la enfermedad, después de este diagnóstico, se realiza un tratamiento según cada estadio de la enfermedad. Una desventaja con este enfoque es que trata a los pacientes en cada estadio como un promedio estadístico y no da importancia a las características individuales o variaciones.

Considerando lo anterior, se abre la posibilidad de desarrollar planes de tratamiento personalizados basados en el análisis de datos clínicos, imagenológicos y genéticos, ya que se podría centrar esta tecnología en identificar subgrupos de casos dentro de poblaciones grandes que tienen más probabilidades de responder a un tratamiento en particular, por ejemplo, terapia periodontal no quirúrgica y antibióticos sistémicos.²⁰

CONCLUSIONES

Herramientas como las redes neuronales y el aprendizaje profundo han sido fundamentales para el desarrollo de la IA en el campo odontológico. La detección de patrones y estructuras complejas en radiografías y tomografías permite localizar de forma automática y precisa la pérdida ósea, como signo de las patologías periodontales. Modelos como *U-net*, *ResNet* y *HYNETS* han demostrado una alta eficacia y un avance en la clasificación de los estadios de la periodontitis. Con lo anterior, la IA, al poder implementar los conocimientos de los profesionales de salud con diversos estudios, ya sean imagenológicos y genómicos, posibilita una atención personalizada para cada paciente y no sólo enfocada en el tratamiento según el estadio de la periodontitis.

A partir de lo expuesto, y dada la naturaleza multifactorial y altamente prevalente de la periodontitis (afectando a más de mil millones de personas en el mundo), surge la importancia de continuar investigando y desarrollando herramientas basadas en IA para mejorar la detección temprana, en virtud de seguir mejorando las herramientas diagnósticas y transformar los modelos actuales de atención odontológica en sistemas más eficientes y equitativos.

REFERENCIAS

- Organización Mundial de la Salud. Oral health [Internet]. Ginebra: World Health Organization; 2025 [Citado 2025 Oct 17]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>
- Gutiérrez-Romero F, Padilla-Avalos A, Marroquín-Soto C. Enfermedad periodontal en Latinoamérica: enfoque regional y estrategia sanitaria. *Rev Salud Pública (Bogotá)*. 2023; 24 (4): 1-5. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rsap.v24n4.97675>
- Navarro SAB, Faria AR, Bascones MA. Relación entre diabetes mellitus y enfermedad periodontal. *Periodoncia*. 2002; 14 (1): 9-19. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/peri/v14n1/original1.pdf>
- American Academy of Periodontology. Gum disease information [Internet]. Chicago: AAP [Cited 2025 October 17]. Available in: <https://www.perio.org/for-patients/gum-disease-information/>
- Ávila-Tomás JF, Mayer-Pujadas MA, Quesada-Varela V. La inteligencia artificial al servicio de la medicina familiar y comunitaria. *Aten Primaria Práct*. 2022; 4 (3): 1.
- Cedeño SLV, Lainez ASM, Escudero DWS, Flor CMC. Aplicación de inteligencia artificial en odontología. *RECIAMUC Rev Cient Multidiscip*. 2023; 7 (4): 37-46. Disponible en: [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(4\).oct.2023.37-46](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(4).oct.2023.37-46)
- Gallardo HC. IA en odontología: diagnóstico preciso de las enfermedades de las encías en minutos. *ResearchGate*; 2024 [citado 2025 Oct 17]. CC BY 4.0 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/378520327_IA_en_odontologia_Diagnostico_preciso_de_las_enfermedades_de_las_encias_en_minutos
- Faiyazuddin M, Rahman SJQ, Anand G, Siddiqui RK, Mehta R, Khatib MN et al. The impact of artificial intelligence on healthcare: a comprehensive review of advancements in diagnostics, treatment, and operational efficiency. *Health Sci Rep*. 2025; 8(1): 70312. doi: 10.1002/hsr2.70312.
- Aracena C, Villena F, Arias F, Dunstan J. Aplicaciones del aprendizaje automático en la medicina. *Rev Med Clin Condes*. 2022; 33: 568-575. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2022.10.001>
- Mienye ID, Swart TG, Obaido G, Jordan M, Ilono P. Deep convolutional neural networks in medical image analysis: a review. *Information*. 2025; 16 (3): 195. <https://doi.org/10.3390/info16030195>
- Neha F, Deepshikha Bhati, Deepak Kumar Shukla, Sonavi Makarand Dalvi, Nikolaos Mantzou, Safa Shubbar. An analytics-driven review of U-Net for medical image segmentation. *Healthc Anal*. 2025; 8: 100416. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.health.2025.100416>
- Agrawal H, Hietanen A, Särkkä S. Utilizing U-Net architectures with auxiliary information for scatter correction in CBCT across different field-of-view settings [Internet]. *Proc. SPIE*. 2024; 12925: 1-5. Available in: <https://doi.org/10.1117/12.3004168>
- Kabir T, Lee C-T, Nelson J, Sheng S, Meng H-W, Chen L et al. An end-to-end entangled segmentation and classification convolutional neural network for periodontitis stage grading from periapical radiographic images. *ArXiv*. 2021; arXiv: 2109.13120: 1-8. Available in: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.13120>
- Lakhani P, Sundaram B. Deep learning at chest radiography: automated classification of pulmonary tuberculosis by using convolutional neural networks. *Radiology*. 2017; 284 (2): 574-582. Available in: <https://doi.org/10.1148/radiol.2017162326>
- Gulshan V, Peng L, Coram M, Stumpe MC, Wu D, Narayanaswamy A et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA*. 2016; 316 (22): 2402-2410. Available in: <https://doi.org/10.1001/jama.2016.17216>
- Schwendicke F, Golla T, Dreher M, Krois J. Convolutional neural networks for dental image diagnostics: a scoping review. *J Dent*. 2019; 91: 103226. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.103226>
- Chang J, Chang MF, Angelov N, Viana A, Politis C, Lambrichts I et al. Application of deep machine learning for the radiographic diagnosis of periodontitis. *Clin Oral Investig*. 2022; 26 (11): 6629-6637. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04617-4>
- Contreras VJA, Gutierrez AEF, Solano DYT, Castellanos DYZ, Buitrago RSM. Reproducibilidad en el diagnóstico imagenológico de periodontitis apical a partir de CBCT. *Acta Odontol Colomb*. 2020; 10 (1): 60-67. Available in: <https://doi.org/10.15446/aoc.v10n1.81133>
- Khanagar SB, Al-ehaideb A, Maganur PC, Vishwanathaiah S, Patil S, Baeshen HA et al. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry—A systematic review. *J Dent Sci*. 2021; 16 (1): 508-522. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.06.019>
- Pitchika V, Büttner M, Schwendicke F. Artificial intelligence and personalized diagnostics in periodontology: a narrative review. *Periodontol 2000*. 2024; 95: 220-231. Available in: <https://doi.org/10.1111/prd.12586>

Conflicto de intereses: ninguno.

Aspectos éticos: declaración de uso de inteligencia artificial fecha: 20 de octubre de 2025. Este artículo fue elaborado inicialmente con apoyo de herramientas de in-

teligencia artificial, con el propósito de agilizar la redacción, garantizar la claridad en la comunicación y estructurar de modo coherente los contenidos complejos.

La revisión, validación y ajuste final de cada sección (diagnóstico, objetivos, metodología, calendario y responsabilidades) estuvieron a cargo de la autora principal, asegurando su pertinencia con la información clínica y básica de la odontología/periodoncia, así como su alineación con los objetivos formativos y normativos institucionales. Este uso de inteligencia artificial se realizó en estricto

cumplimiento de principios éticos, transparencia y responsabilidad institucional, fomentando una cultura de mejora continua, innovación educativa y aprovechamiento estratégico de tecnologías emergentes.

Financiamiento: autofinanciado.

Correspondencia:

Anna González-Rascón

E-mail: gonzaleza1@uabc.edu.mx

Aplicaciones del quitosano funcionalizado en regeneración ósea odontológica: una revisión crítica de su modificación con fármacos y nanopartículas.

Applications of functionalized chitosan in bone regeneration for dentistry: a critical review of its modification with drugs and nanoparticles.

José María Araujo González,* Sergio Eduardo Nakagochi Cepeda,* Guillermo Cruz Palma*

RESUMEN

Introducción: la regeneración ósea sigue siendo un desafío importante en odontología, especialmente en el tratamiento de defectos periodontales y alveolares. Los hidrogeles basados en quitosano han surgido como biomateriales prometedores por su biocompatibilidad, biodegradabilidad y capacidad de ser funcionalizados con fármacos o nanopartículas para mejorar sus propiedades osteoinductivas. Esta revisión examina críticamente la evidencia reciente sobre hidrogeles de quitosano modificados y su potencial clínico. **Material y métodos:** se realizó una revisión narrativa de 116 artículos científicos publicados en los últimos diez años, centrada en estudios que modifican hidrogeles de quitosano con fármacos, nanopartículas o biomoléculas osteoinductivas. Se analizaron investigaciones *in vitro* e *in vivo* aplicadas a la ingeniería de tejido óseo en odontología. **Resultados:** los hidrogeles modificados demostraron mejorar la proliferación celular, diferenciación osteoblástica, mineralización y expresión de marcadores osteogénicos. Varios estudios reportaron un mejor rendimiento mecánico, biocompatibilidad y liberación controlada de agentes bioactivos. En modelos animales, se observó una regeneración ósea efectiva, especialmente en defectos periodontales. **Conclusión:** los hidrogeles de quitosano modificados muestran gran potencial para la regeneración ósea en odontología. Sin embargo, aún se requiere validación clínica. La investigación futura debe enfocarse en biomateriales inteligentes integrados con células madre y moléculas bioactivas para facilitar su aplicación clínica.

Palabras clave: quitosano, regeneración ósea, ingeniería de tejidos, osteoinducción, agentes bioactivos.

ABSTRACT

Introduction: bone regeneration remains a major challenge in dentistry, particularly in managing periodontal and alveolar defects. Chitosan-based hydrogels have emerged as promising biomaterials due to their biocompatibility, biodegradability, and capacity for functionalization with drugs or nanoparticles to enhance osteoinductive properties. This review critically examines recent evidence on modified chitosan hydrogels and their clinical potential. **Material and methods:** a narrative review of 129 scientific articles from the last ten years was conducted, focusing on studies involving chitosan hydrogel modification with drugs, nanoparticles, or osteoinductive biomolecules. Both *in vitro* and *in vivo* research related to dental applications in bone tissue engineering were analyzed. **Results:** modified chitosan hydrogels improved cell proliferation, osteoblastic differentiation, mineralization, and expression of osteogenic markers. Studies reported enhanced mechanical performance, biocompatibility, and controlled release of bioactive agents. Several animal models demonstrated effective bone regeneration, particularly in periodontal defects. **Conclusion:** modified chitosan hydrogels show great promise for dental bone regeneration. However, clinical validation is still needed. Future research should focus on smart biomaterials integrated with stem cells and bioactive molecules to advance their translation into routine dental practice.

Keywords: chitosan, bone regeneration, tissue engineering, osteoinduction, bioactive agents.

* Doctorado en Ciencias Odontológicas. Facultad de Odontología, Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

Recibido: 28 de mayo de 2025. Aceptado: 14 de noviembre de 2025.

Citar como: Araujo GJM, Nakagochi CSE, Cruz PG. Aplicaciones del quitosano funcionalizado en regeneración ósea odontológica: una revisión crítica de su modificación con fármacos y nanopartículas. Rev ADM. 2025; 82 (6): 342-354. <https://dx.doi.org/10.35366/122111>



Abreviaturas:

BMP = proteínas morfogenéticas óseas
 FGF = factor de crecimiento de fibroblastos
 HPLC = células del ligamento periodontal humano
 MOF = estructuras metal-orgánicas
 nHA = hidroxiapatita en forma nanométrica
 SHED = células madre derivadas de dientes deciduos exfoliados
 TGF-β1 = factor transformante del crecimiento beta 1

INTRODUCCIÓN

La regeneración ósea constituye un componente esencial de la medicina regenerativa contemporánea, particularmente en el ámbito odontológico, donde los defectos óseos son frecuentes debido a enfermedades periodontales, traumas, resecciones quirúrgicas y extracciones dentales. La pérdida de tejido óseo en los maxilares no solo compromete la función masticatoria y la estabilidad de los dientes o implantes, sino que también representa un desafío estético y funcional para la rehabilitación oral integral.¹

A lo largo de las últimas décadas, se han implementado múltiples estrategias para inducir o acelerar la formación de hueso nuevo, incluyendo injertos autólogos, aloinjertos, sustitutos óseos sintéticos y el uso de membranas en técnicas de regeneración ósea guiada.^{2,3} Si bien estas aproximaciones han mostrado resultados clínicos aceptables, presentan limitaciones significativas como disponibilidad limitada, riesgos inmunológicos, infecciones potenciales y una integración tisular subóptima. Por ello, la búsqueda de biomateriales más eficaces, bioseguros y capaces de integrarse de manera activa con el entorno biológico se ha convertido en una prioridad dentro de la investigación en ingeniería de tejidos óseos.^{4,5}

El quitosano es un polisacárido natural derivado de la desacetilación de la quitina, presente en los exoesqueletos de crustáceos y paredes celulares de hongos. Gracias a su biocompatibilidad, biodegradabilidad y capacidad para formar estructuras porosas, el quitosano ha emergido como un material prometedor en la ingeniería de tejidos óseos, especialmente en aplicaciones odontológicas.⁶

Una de las características más destacadas del quitosano es su capacidad para formar andamios tridimensionales que imitan la matriz extracelular del hueso, facilitando la adhesión, proliferación y diferenciación de células osteogénicas. Además, su estructura química permite la incorporación de diversos agentes bioactivos, como hidroxiapatita y nanopartículas, que potencian su actividad osteoinductiva y osteoconductiva.⁷

Estudios recientes han demostrado que los andamios de quitosano, especialmente cuando se combinan con

hidroxiapatita, mejoran significativamente la regeneración ósea en defectos craneofaciales, mostrando una integración superior con el tejido óseo circundante.⁸ Además, las propiedades antimicrobianas inherentes del quitosano contribuyen a reducir el riesgo de infecciones postoperatorias, un factor crucial en procedimientos odontológicos.¹

También se ha descrito que las formulaciones modernas, como los hidrogeles y las membranas bioactivas a base de quitosano, pueden diseñarse para responder a estímulos fisiológicos, liberando compuestos osteogénicos de forma controlada.⁴ Estas propiedades, combinadas con su versatilidad estructural, lo convierten en un material atractivo para aplicaciones regenerativas en odontología.

Actúa como una matriz bioactiva multifuncional que no solo proporciona soporte estructural, sino que también interactúa activamente con el entorno biológico para promover la regeneración ósea. Su versatilidad y propiedades bioactivas lo posicionan como un material clave en el desarrollo de terapias avanzadas para la regeneración ósea en odontología.^{9,10}

A pesar de sus múltiples ventajas, el quitosano en su forma nativa presenta limitaciones que restringen su aplicación directa en regeneración ósea compleja. Entre sus principales desventajas se encuentran su baja resistencia mecánica, su limitada estabilidad en medios fisiológicos, su rápida degradación en ciertas condiciones y su escasa capacidad de autorreticulación sin el uso de agentes externos.^{7,11} Estas propiedades hacen que, si bien es útil como biomaterial base, no sea suficiente por sí solo para satisfacer los requisitos biomecánicos y funcionales de defectos óseos críticos o de carga.

Además, el quitosano puro tiene una pobre afinidad con ciertos tipos celulares y puede carecer de señales bioquímicas específicas que estimulen la diferenciación osteoblástica de forma efectiva.¹² Estas limitaciones han impulsado el desarrollo de estrategias de modificación química y física del quitosano con el fin de mejorar su desempeño biológico y estructural.

Una de las aproximaciones más prometedoras es la funcionalización del quitosano con fármacos osteoactivos como estatinas, vitamina D3, quercetina o icariina, que han demostrado potenciar la diferenciación de células madre mesenquimales hacia linajes osteogénicos.¹³ Paralelamente, la incorporación de nanopartículas –como óxido de grafeno, hidroxiapatita dopada, ZIF-8 o MOF– ha permitido aumentar significativamente su resistencia mecánica, capacidad de carga y liberación controlada de agentes bioactivos.¹⁴

Estas modificaciones no solo mejoran la bioactividad del quitosano, sino que lo convierten en una plataforma

versátil y personalizada para la ingeniería de tejidos óseos en odontología. La capacidad de diseñar hidrogeles, membranas o andamios que respondan a estímulos biológicos y ambientales ha abierto nuevas posibilidades para tratar defectos periodontales complejos, regenerar hueso alveolar y mejorar el pronóstico de implantes dentales en sitios comprometidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una revisión narrativa crítica con enfoque cualitativo y exploratorio, orientada a recopilar, analizar y sintetizar la evidencia reciente relacionada con el uso de hidrogeles de quitosano modificados mediante incorporación de fármacos osteoactivos o nanopartículas para aplicaciones en regeneración ósea, especialmente en el campo odontológico.

Se incluyeron artículos científicos publicados entre enero de 2015 y mayo de 2025 que cumplieran con los siguientes criterios: estudios en inglés o español, estudios preclínicos *in vitro* o *in vivo*, ensayos clínicos, revisiones sistemáticas y artículos originales, evaluación del quitosano como hidrogel o andamio, solo o en combinación con modificadores como fármacos (estatinas, flavonoides, metformina, vitamina D3) o nanopartículas (óxidos metálicos, hidroxiapatita, grafeno, MOF) y aplicaciones dirigidas a la regeneración ósea, particularmente en defectos dentoalveolares o craneofaciales.

Se excluyeron artículos duplicados, publicaciones sin texto completo disponible, estudios centrados únicamente en otras funciones del quitosano (como cicatrización dérmica, cáncer o cosmética) o sin relación directa con regeneración ósea.

La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos electrónicas como PubMed, ScienceDirect, MDPI, Scopus y SpringerLink, utilizando los siguientes términos de búsqueda (MeSH y palabras clave libres), combinados mediante operadores booleanos:

(«chitosan hidrogel» OR «chitosan scaffold») AND («bone regeneration» OR «osteogénesis» OR «bone healing») AND («drug delivery» OR «statin» OR «flavonoid» OR «nanoparticle» OR «nano-hydroxyapatite» OR «graphene oxide» OR «periodontal regeneration»).

La última búsqueda fue realizada el 25 de mayo de 2025.

Los títulos y resúmenes fueron revisados de forma independiente por dos investigadores. En caso de discrepancia, se discutió con un tercer evaluador. Tras aplicar

los criterios de inclusión/exclusión, se seleccionaron 129 artículos para análisis completo. Los datos se organizaron en una tabla comparativa que incluyó: año de publicación, tipo de estudio, tipo de modificación del quitosano, sistema de liberación o nanopartícula utilizada, modelo experimental, objetivo y resultados principales.

Se identificaron las principales tendencias de modificación del quitosano y se clasificaron en dos grandes grupos: funcionalización con fármacos y modificación con nanopartículas, subclasificadas por tipo de compuesto o partícula.

Dado el enfoque de revisión narrativa crítica, no se aplicaron herramientas de evaluación cuantitativa de riesgo de sesgo. Sin embargo, se consideraron los siguientes elementos para valorar la solidez metodológica de los estudios: claridad en el diseño experimental, definición de grupos y controles, métodos de caracterización fisicoquímica y biológica, modelos *in vitro*, animales o humanos empleados y resultados cuantitativos relacionados con osteogénesis (fosfatasa alcalina, mineralización, formación ósea, expresión génica, histología).

RESULTADOS

Propiedades del quitosano

El quitosano es un polisacárido lineal derivado de la desacetilación de la quitina, compuesto por unidades de D-glucosamina y N-acetil-D-glucosamina unidas por enlaces β -(1 \rightarrow 4). Su estructura química le confiere una serie de propiedades fisicoquímicas que lo hacen especialmente atractivo para aplicaciones en ingeniería de tejidos óseos.¹⁵⁻¹⁷

Una de las características más destacadas del quitosano es su capacidad para formar andamios tridimensionales que imitan la matriz extracelular del hueso, facilitando la adhesión, proliferación y diferenciación de células osteogénicas. Además, su estructura química permite la incorporación de diversos agentes bioactivos, como hidroxiapatita y nanopartículas, que potencian su actividad osteoinductiva y osteoconductiva.¹⁸⁻²²

La solubilidad del quitosano en medios acuosos ácidos y su capacidad para formar geles lo hacen adecuado para la fabricación de hidrogeles y otros sistemas de liberación controlada de fármacos. Estas propiedades son esenciales para su aplicación en la regeneración ósea, donde se requiere una liberación sostenida de factores osteoinductivos.²³⁻²⁸

Además, el quitosano exhibe propiedades antimicrobianas inherentes, lo que contribuye a reducir el

riesgo de infecciones postoperatorias en procedimientos odontológicos. Esta actividad antimicrobiana se atribuye a la interacción de los grupos amino protonados del quitosano con las membranas celulares de los microorganismos, alterando su permeabilidad y provocando la muerte celular.²⁹⁻³¹

Las propiedades fisicoquímicas del quitosano, como su estructura lineal, capacidad de formar geles, solubilidad en medios ácidos y actividad antimicrobiana, lo posicionan como un biomaterial versátil y eficaz para aplicaciones en regeneración ósea en odontología.

Mecanismos de acción del quitosano en la regeneración tisular

Osteoinducción y osteoconducción. El quitosano promueve la diferenciación de células madre mesenquimales hacia linajes osteogénicos, facilitando la formación de nuevo tejido óseo. Además, su estructura porosa y biocompatible actúa como andamiaje, guiando el crecimiento celular y la deposición de matriz extracelular.^{32,33}

Modulación de la respuesta inflamatoria. El quitosano posee propiedades antiinflamatorias que ayudan a reducir la respuesta inmunitaria en el sitio de la lesión, creando un entorno más favorable para la regeneración tisular.³⁴⁻³⁶

Estimulación de la angiogénesis. La formación de nuevos vasos sanguíneos es crucial para el suministro de nutrientes y oxígeno al tejido en regeneración. El quitosano ha demostrado estimular la angiogénesis, mejorando así la viabilidad y funcionalidad del tejido regenerado.^{37,38}

Modificación del quitosano con fármacos osteoactivos

El quitosano, por sí solo, posee propiedades biocompatibles, antimicrobianas y de soporte estructural que lo hacen adecuado como biomaterial para la regeneración ósea. Sin embargo, su actividad osteoinductiva intrínseca es limitada, por lo que la modificación con agentes farmacológicos osteoactivos representa una estrategia prometedora para potenciar su funcionalidad biológica. Esta combinación permite: estimular directamente la diferenciación osteoblástica, acelerando la formación de tejido óseo nuevo,³⁹⁻⁴² incorporar efectos antiinflamatorios o antioxidantes que modulen el microambiente en defectos óseos complejos o crónicos,^{20,31,36,37} proporcionar una liberación sostenida y localizada del agente activo, reduciendo efectos adversos sistémicos y mejorando la biodisponibilidad en el sitio de lesión y sincronizar

la angiogénesis y la osteogénesis, fundamentales en defectos óseos grandes o en condiciones como periodontitis avanzada o lesiones postextracción.

Esta sinergia entre el quitosano y los fármacos osteoactivos convierte a estos sistemas híbridos en plataformas versátiles para tratamientos más eficaces, minimizando complicaciones y mejorando la integración tisular en aplicaciones odontológicas.

Estatinas. Las estatinas, como la simvastatina y la rosuvastatina, son conocidas por su capacidad para estimular la expresión de proteínas morfogenéticas óseas (BMP-2), promoviendo la diferenciación osteoblástica y la angiogénesis. La incorporación de estas estatinas en matrices de quitosano ha mostrado resultados prometedores en la regeneración ósea.

Un estudio evaluó la eficacia de membranas de regeneración ósea guiada cargadas con simvastatina, observando una mejora significativa en la formación ósea en modelos animales.^{39,40}

Otro trabajo desarrolló un hidrogel termosensible basado en quitosano cargado con estatinas, demostrando su potencial para mejorar la regeneración ósea y reducir la inflamación de tejidos blandos.⁴¹

Flavonoides (icariina, dihidromiricetina). Los flavonoides, como la icariina y la dihidromiricetina, poseen propiedades osteogénicas y antioxidantes. Su incorporación en sistemas de liberación controlada basados en quitosano ha sido objeto de investigación reciente.

Un estudio desarrolló un hidrogel termosensible de quitosano/ β -glicerofosfato cargado con icariina, mostrando eficacia en el control de infecciones y en la regeneración ósea en modelos caninos con defectos óseos infecciosos.⁴³⁻⁴⁵

La dihidromiricetina ha demostrado mejorar la diferenciación osteogénica de células madre mesenquimales humanas, parcialmente a través de la activación de la vía de señalización Wnt/ β -catenina.⁴⁶⁻⁴⁹

Metformina, vitamina D3 y otros agentes. La metformina, comúnmente utilizada en el tratamiento de la diabetes tipo 2, ha mostrado efectos osteoinductivos cuando se administra localmente en combinación con quitosano. Asimismo, la vitamina D3 es esencial para la homeostasis del calcio y la salud ósea.

Un estudio evaluó nanopartículas de quitosano para la liberación sostenida de metformina, observando efectos terapéuticos en defectos óseos *in vitro*.⁵⁰

Otro trabajo investigó el potencial de andamios de quitosano para la entrega localizada sostenida de vitamina D, mostrando resultados prometedores en la regeneración ósea.⁵¹

Modificación del quitosano con nanopartículas

La incorporación de nanopartículas en matrices de quitosano ha emergido como una estrategia efectiva para potenciar sus propiedades en la regeneración ósea. Estas modificaciones buscan mejorar la bioactividad, la osteoinducción, la resistencia mecánica y las capacidades antimicrobianas del quitosano.

Hidroxiapatita y biocerámicas. La hidroxiapatita, principal componente mineral del hueso, se combina frecuentemente con quitosano para formar andamios que imitan la matriz ósea natural. Estos compuestos mejoran la adhesión celular, la proliferación y la diferenciación osteogénica. Estudios han demostrado que los andamios de quitosano/hidroxiapatita favorecen la regeneración ósea en defectos críticos, mostrando una integración ósea superior en comparación con el quitosano solo.⁵²⁻⁵⁶

Nanopartículas metálicas (Zn, Mg, Ag). Las nanopartículas metálicas incorporadas en matrices de quitosano aportan propiedades antimicrobianas y osteoinductivas:

1. **Zinc (Zn):** estimula la proliferación y diferenciación osteoblástica, además de conferir propiedades antimicrobianas.⁵⁷⁻⁶⁰
2. **Magnesio (Mg):** promueve la formación ósea y mejora la bioactividad del andamio.⁶¹⁻⁶³
3. **Plata (Ag):** proporciona una potente actividad antimicrobiana, reduciendo el riesgo de infecciones en el sitio del implante.^{64,65}

La combinación de estas nanopartículas con quitosano ha mostrado mejoras significativas en la regeneración ósea y en la prevención de infecciones postoperatorias.

Estructuras metal-orgánicas (MOF). Los MOF son estructuras porosas que permiten la liberación controlada de iones y moléculas bioactivas. Incorporados en matrices de quitosano, los MOF pueden liberar iones como el magnesio y compuestos antioxidantes como el ácido gálico, promoviendo la osteogénesis y reduciendo la inflamación. Estudios recientes han demostrado que sistemas de hidrogel con MOF mejoran la regeneración ósea en modelos de periodontitis.⁶⁶⁻⁶⁸

Óxido de grafeno y nanotubos de carbono. El óxido de grafeno y los nanotubos de carbono mejoran las propiedades mecánicas y eléctricas de los andamios de quitosano. Estos nanomateriales facilitan la adhesión y proliferación celular, y promueven la diferenciación osteogénica. Además, su incorporación en matrices de

quitosano ha mostrado una mejora en la regeneración ósea en modelos experimentales.⁶⁹⁻⁷⁵

Impacto en propiedades fisicoquímicas y biológicas

Las propiedades fisicoquímicas del quitosano pueden ser moduladas mediante la incorporación de los diversos aditivos antes mencionados para mejorar su desempeño en aplicaciones específicas.

Porosidad y estructura. La porosidad del quitosano es crucial para aplicaciones en ingeniería de tejidos, ya que influye en la difusión de nutrientes y en la migración celular. La incorporación de hidroxiapatita y otras biocerámicas en matrices de quitosano ha demostrado mejorar la porosidad y la interconectividad de los poros, facilitando la regeneración ósea.^{76,77}

Gelación y estabilidad. El quitosano puede formar hidrogeles mediante procesos de gelación física o química. La adición de agentes como el β -glicerofosfato permite la formación de hidrogeles termosensibles que gelifican a temperatura corporal, proporcionando una matriz estable y adaptable al sitio de la lesión.^{14,24,78-84}

Liberación controlada. La capacidad del quitosano para formar matrices porosas y su afinidad por diversos compuestos lo hacen adecuado para sistemas de liberación controlada. La incorporación de nanopartículas metálicas (Zn, Mg, Ag) y fármacos osteoactivos en la matriz de quitosano permite una liberación sostenida y localizada de agentes terapéuticos, mejorando la eficacia del tratamiento y reduciendo efectos secundarios.^{1,18,23,61,67,71,85-94}

Citocompatibilidad y bioactividad. El quitosano es biocompatible y biodegradable, lo que lo hace adecuado para aplicaciones biomédicas. La incorporación de nanopartículas como el óxido de grafeno y los nanotubos de carbono en la matriz de quitosano ha demostrado mejorar la adhesión y proliferación celular, así como promover la diferenciación osteogénica.⁹⁵⁻¹⁰¹

Aplicaciones clínicas potenciales en regeneración ósea en odontología

La periodontitis es una enfermedad inflamatoria que compromete los tejidos de soporte del diente, incluyendo el hueso alveolar y el ligamento periodontal, lo que conduce a una destrucción significativa del periodonto y, eventualmente, al aflojamiento dental. Esta afección comienza con la formación de bolsas periodontales y

progresar con la aparición de defectos óseos. En las fases iniciales, el tratamiento suele centrarse en procedimientos no quirúrgicos, como el raspado y alisado radicular, además de tratamientos químicos. Sin embargo, en casos avanzados, caracterizados por una profundidad de sondaje mayor a 5 mm, se consideran con mayor frecuencia estrategias quirúrgicas de tipo regenerativo.^{102,103} Entre ellas destacan la regeneración tisular guiada y la regeneración ósea guiada, las cuales emplean membranas barrera que crean un espacio controlado en el sitio del defecto óseo, favoreciendo la proliferación de osteoblastos y la formación de nuevo hueso. La lógica detrás de estas técnicas es que la membrana actúa como una barrera que impide la migración de células epiteliales, evitando así la formación de un epitelio de unión largo en lugar de tejido óseo regenerado.¹⁰⁴

En la ingeniería de tejidos óseos, uno de los mayores retos es diseñar andamios tridimensionales que imiten la estructura del hueso a nivel nanométrico. Estos andamios biodegradables actúan como soporte temporal para que las células se adhieran, proliferen y se diferencien adecuadamente. Para ser efectivos, los biomateriales deben ser biocompatibles, no tóxicos y simular la matriz extracelular. Aunque los materiales naturales son preferidos, también se emplean polímeros sintéticos por su buena degradabilidad y afinidad celular. Además, la topografía superficial del andamio influye directamente en el comportamiento celular, siendo clave para una regeneración eficaz.^{105,106}

El quitosano y sus derivados son biomateriales naturales que cumplen con los criterios esenciales para su uso en andamios de ingeniería de tejidos, especialmente por su biocompatibilidad y degradación no tóxica a través de mecanismos lisosomales. En odontología, estos andamios se aplican en la regeneración ósea, periodontal y dentinopulpar. Sin embargo, su limitada resistencia mecánica y bioactividad restringen su eficacia en tejidos como el hueso o el cartílago.

Para potenciar la osteogénesis y mejorar las propiedades mecánicas del quitosano, se ha recurrido a su combinación con polímeros sintéticos, componentes bioactivos y factores de crecimiento.¹⁰⁷ Esta estrategia ha dado lugar a materiales compuestos que no solo mejoran la resistencia estructural, sino que también estimulan eficazmente la formación de nuevo tejido óseo. El uso de nanopartículas bioactivas como hidroxiapatita, fosfato tricálcico, sílice y especialmente biovidrio, ha demostrado ser altamente beneficioso. Estas nanopartículas pueden actuar como agentes osteoconductivos y, en algunos casos, como inductores de nueva formación ósea, además de proporcionar soporte mecánico en zonas de carga.¹⁰⁸

Por ejemplo, andamios basados en quitosano y sulfato de condroitina con biovidrio nanométrico han mostrado ser favorables para la actividad celular y la regeneración ósea *in vivo*. Asimismo, se ha observado que los compuestos de quitosano-gelatina con biovidrio incrementan la adsorción de proteínas y la deposición mineral, ofreciendo un entorno ideal para la adhesión y expansión celular. Esta similitud estructural con el tejido óseo a escala nanométrica convierte a los biomateriales nanoestructurados en herramientas eficaces para acelerar la regeneración ósea.¹⁰⁹

Además, se ha planteado una estrategia combinatoria que incluye la carga de factores de crecimiento como las proteínas morfogenéticas óseas (BMP-2 y BMP-7), el factor transformante del crecimiento beta 1 (TGF- β 1) y el factor de crecimiento de fibroblastos (FGF). Estos factores tienen la capacidad de dirigir a las células madre mesenquimales hacia una diferenciación osteogénica, maximizando así el potencial terapéutico del andamio.¹¹⁰

Numerosos estudios han evidenciado que los andamios elaborados con quitosano recubierto de hidroxiapatita ofrecen un entorno altamente favorable para la regeneración ósea, ya que potencian la osteoconductividad y favorecen tanto la proliferación como la diferenciación celular. Esta combinación de materiales logra simular de forma efectiva la matriz extracelular del tejido óseo natural. En particular, la incorporación de hidroxiapatita en forma nanométrica (nHA) dentro de la estructura del andamio contribuye a incrementar la formación de apatita en el sitio del defecto, promoviendo así una mayor mineralización y facilitando la captación de calcio y fósforo, fundamentales para el proceso de osteogénesis.¹¹¹

Una innovación destacada en este campo es el diseño de una membrana de doble funcionalidad basada en quitosano. La cara que entra en contacto con el hueso fue modificada con nHA y enriquecida con BMP-6, un factor de crecimiento osteoinductor, mientras que la cara opuesta fue cubierta con nanofibras de polilactona electrohiladas, con el objetivo de evitar la migración de células epiteliales y la formación indeseada de epitelio de unión. Los resultados mostraron que esta configuración no solo estimuló la actividad de los preosteoblastos, sino que también actuó eficazmente como barrera física.¹¹²

Además, se ha reportado que la adición de nanopartículas de hidroxiapatita carbonatada a membranas fibrosas de quitosano y PVA mejora de manera notable la actividad biológica del material, así como sus propiedades mecánicas, lo cual se traduce en una mayor

adhesión y proliferación de osteoblastos. Estas estructuras replican de forma convincente la arquitectura nanométrica del hueso, ofreciendo un entorno óptimo para la regeneración. En comparación directa, se ha observado que un andamio liofilizado compuesto por quitosano y nHA presenta una mayor resistencia a la compresión y un módulo elástico superior que su contraparte formulada con biovidrio nanométrico. No obstante, ambos demostraron excelente biodegradabilidad, biocompatibilidad con fibroblastos y una elevada capacidad de inducir biomineralización.¹¹³

Como se ha mencionado anteriormente, los hidrogeles de complejos polielectrolitos presentan un alto potencial en aplicaciones de ingeniería tisular y sistemas de liberación controlada de fármacos. Una de sus mayores ventajas en odontología es que los hidrogeles basados en quitosano pueden ser inyectables, lo que permite su aplicación sin necesidad de procedimientos quirúrgicos invasivos, lo cual resulta particularmente útil en áreas de difícil acceso como las bolsas periodontales profundas.

En este contexto, se ha desarrollado un hidrogel de complejos polielectrolitos compuesto por quitosano y alginato de sodio, reticulado con poliacrilamida, que ha demostrado poseer propiedades mecánicas mejoradas, buena biodegradabilidad y una estructura porosa interconectada con topología fibrosa tipo «escalera». Estas características facilitan notablemente la adhesión, proliferación y mineralización de células osteoblásticas humanas, lo que lo convierte en un biomaterial prometedor para la ingeniería ósea.¹¹⁴

Además, en años recientes ha cobrado gran interés el desarrollo de andamios cargados con fármacos, ya que estos no solo promueven la regeneración ósea, sino también la cicatrización periodontal. Su efectividad se atribuye a la liberación sostenida del agente terapéutico y a la estructura microarquitectónica del andamio, que favorece la adhesión y el crecimiento celular. Entre los fármacos utilizados destacan la eritropoyetina, la metformina y diversos antibióticos.^{50,115,116}

Por otro lado, la terapia celular representa una alternativa atractiva en medicina regenerativa, siempre y cuando se consideren criterios de seguridad para evitar efectos adversos. En el campo odontológico, las células madre mesenquimales dentales han cobrado relevancia debido a su fácil obtención y a su capacidad de diferenciación multipotencial. Entre estas se incluyen las células madre de la pulpa dental, las provenientes de dientes deciduos exfoliados (SHED) y las del ligamento periodontal humano. Recientemente, se ha identificado una población celular derivada de tejidos granulomatosos periapicales:

las células madre mesenquimales de quistes periapicales humanos, que muestran alta capacidad de proliferación y diferenciación. En modelos animales inmunodeprimidos, la implantación de estas células ha demostrado su capacidad para generar cemento radicular y ligamento periodontal funcional.¹¹⁷⁻¹²³

En la regeneración periodontal, las células del ligamento periodontal humano (HPLC) representan un componente clave por su alta capacidad para regenerar tanto el cemento radicular como el ligamento periodontal. Estudios *in vivo* han demostrado que, al ser sembradas sobre andamios de quitosano, las HPLC promueven la formación de nuevo tejido óseo sin provocar respuestas inflamatorias o inmunológicas adversas. Esta interacción también incrementa la expresión de genes relacionados con la diferenciación osteoblástica, como RUNX2, fosfatasa alcalina y osteopontina.¹²⁴

Además, se ha documentado que andamios compuestos de quitosano mesoporoso e hidroxiapatita, cargados con amelogenina humana recombinante, favorecen significativamente la diferenciación de las HPLC hacia linajes cementoblásticos y osteoblásticos. Sin embargo, si bien los andamios con células inducen una mayor cantidad de neoformación ósea durante las primeras seis semanas, a las doce semanas estas diferencias tienden a nivelarse, lo cual sugiere que el mayor impacto de las HPLC ocurre en la fase inicial del proceso de cicatrización.¹²⁵

Asimismo, los hidrogeles y esponjas de quitosano han mostrado ser vehículos eficientes para la entrega celular, representando una opción prometedora en la ingeniería tisular periodontal. En particular, las SHED han mostrado buena viabilidad y adhesión al ser cultivadas sobre andamios de quitosano. Cuando estos andamios se funcionalizan con TGF- β 1, se ha observado una notable mejora en la proliferación osteogénica de las SHED, aunque también se han reportado estudios que indican una ligera inhibición de dicha proliferación, sugiriendo que la respuesta celular puede depender del contexto específico del microambiente y de la formulación del biomaterial.¹²⁶

Estos hallazgos confirman el potencial de los andamios a base de quitosano como plataformas versátiles para la regeneración periodontal, particularmente cuando se integran con células madre dentales y factores bioactivos como la amelogenina y TGF- β 1.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

A lo largo de las últimas décadas, los avances en biomateriales han permitido grandes progresos en el campo de

la ingeniería de tejidos, y en particular en la regeneración ósea aplicada a la odontología. Entre ellos, los hidrogeles de quitosano modificados con fármacos y nanopartículas han emergido como una opción altamente versátil, biocompatible y funcional. A partir del análisis de los 26 estudios revisados, se puede concluir que esta clase de biomateriales ha demostrado un notable potencial para inducir la proliferación, diferenciación y mineralización de células osteogénicas, gracias a sus propiedades físico-químicas ajustables, su capacidad para imitar la matriz extracelular y su comportamiento inyectable, lo que facilita aplicaciones mínimamente invasivas.

Diversas estrategias de modificación del quitosano han permitido superar muchas de sus limitaciones iniciales, como su escasa estabilidad mecánica y limitada bioactividad. La incorporación de nanopartículas (como hidroxiapatita, tricalcio fosfato, biovidrio o materiales de carbono), fármacos osteoinductores (como simvastatina, vitamina D3 o metformina) y factores de crecimiento (como BMP o TGF- β 1) ha potenciado la capacidad del quitosano para promover una regeneración ósea eficiente, incluso en condiciones inflamatorias o en presencia de enfermedades como la periodontitis.

Pese a estos avances significativos, existen todavía importantes áreas por explorar. La mayoría de los estudios disponibles se han llevado a cabo en modelos *in vitro* o en animales, y aunque han aportado evidencia sólida sobre la capacidad osteogénica de los hidrogeles de quitosano modificados, la traslación hacia aplicaciones clínicas humanas aún es limitada. Faltan ensayos clínicos bien diseñados, controlados y con seguimiento a largo plazo que evalúen de manera concluyente la eficacia, seguridad, integración tisular y estabilidad funcional de estos materiales en pacientes reales. Además, hay poca estandarización en las metodologías de síntesis, caracterización y evaluación, lo que dificulta la comparación entre estudios y el establecimiento de protocolos clínicos definitivos.

Desde una perspectiva traslacional, estos hidrogeles representan una oportunidad revolucionaria para la odontología regenerativa. Su capacidad de adaptarse a defectos irregulares, rellenar espacios comprometidos anatómicamente y liberar de forma controlada agentes terapéuticos los convierte en una alternativa prometedora frente a técnicas más invasivas, como los injertos óseos autólogos. Su aplicación podría beneficiar procedimientos como la regeneración ósea guiada, la preparación de sitios para implantes, el tratamiento de defectos alveolares, y la regeneración periodontal avanzada, especialmente en casos donde el tejido óseo disponible

es insuficiente o está comprometido por procesos inflamatorios crónicos.

En este sentido, las propuestas de líneas de investigación futura deberían centrarse en los siguientes ejes estratégicos:

1. **Ensayos clínicos en humanos** que evalúen la eficacia de estos biomateriales en escenarios clínicos reales, particularmente en defectos periodontales complejos, regeneración periimplantaria y reconstrucción ósea maxilofacial.
2. **Desarrollo de hidrogeles inteligentes**, capaces de responder a estímulos específicos (como cambios de pH, temperatura o señales biológicas locales) para liberar fármacos de forma precisa y personalizada.
3. **Aplicación de tecnologías de fabricación avanzada**, como la bioimpresión 3D, para crear estructuras personalizadas con geometría y porosidad específicas, facilitando la integración funcional del injerto en el lecho óseo del paciente.
4. **Evaluación inmunológica y osteoinmunomodulación**, ya que el entorno inflamatorio juega un papel clave en la regeneración ósea. Entender cómo los materiales interactúan con el sistema inmune permitirá optimizar su diseño para promover un ambiente pro-regenerativo.
5. **Exploración de nuevas combinaciones bioactivas**, integrando exosomas, péptidos señalizadores, micro-ARN o incluso células madre encapsuladas, para potenciar los efectos regenerativos y acelerar la recuperación funcional.

En conclusión, los hidrogeles de quitosano modificados constituyen una plataforma altamente prometedora en el campo de la odontología regenerativa. Su capacidad de adaptación, su versatilidad funcional y su perfil biológico favorable abren un amplio abanico de aplicaciones clínicas que, con el impulso de nuevas investigaciones y colaboraciones interdisciplinarias, podrían revolucionar la forma en que se abordan los tratamientos de pérdida ósea en la práctica odontológica contemporánea.

REFERENCIAS

1. Sukpaita T, Chirachanchai S, Pimkhaokham A, Ampornaramveth RS. Chitosan-based scaffold for mineralized tissues regeneration. *Mar Drugs*. 2021; 19 (10): 551.
2. Valamvanos TF, Dereka X, Katifelis H, Gazouli M, Lagopati N. Recent advances in scaffolds for guided bone regeneration. *Biomimetics (Basel)*. 2024; 9 (1): 153.

3. Ra G, Wo Q. Bone regeneration in dentistry: an overview. *J Biol Regul Homeost Agents* 2021; 35 (1 Suppl. 1): 37-46.
4. Zhu T, Zhou H, Chen X, Zhu Y. Recent advances of responsive scaffolds in bone tissue engineering. *Front Bioeng Biotechnol* 2023; 11: 1296881.
5. Buser D, Urban I, Monje A, Kunrath MF, Dahlin C. Guided bone regeneration in implant dentistry: basic principle, progress over 35 years, and recent research activities. *Periodontol* 2000. 2023; 93 (1): 9-25.
6. Aguilar A, Zein N, Harmouch E, Hafdi B, Bornert F, Offner D et al. Application of chitosan in bone and dental engineering. *Molecules*. 2019; 24 (16): 3009.
7. Islam MM, Shahrzaman M, Biswas S, Nurus Sakib M, Rashid TU. Chitosan based bioactive materials in tissue engineering applications-A review. *Bioact Mater*. 2020; 5 (1): 164-183.
8. Souto-Lopes M, Grenho L, Manrique Y, Dias MM, Lopes JCB, Fernandes MH et al. Bone regeneration driven by a nano-hydroxyapatite/chitosan composite bioaerogel for periodontal regeneration. *Front Bioeng Biotechnol*. 2024; 12: 1355950.
9. Olguín Y, Gerova-Vatsova T, Peev S, Yotsova R, Rogova V-V. Evaluation of the effectiveness of chitosan-modified bone regeneration materials: a systematic review. *Pharmaceutics*. 2025; 17 (5): 665.
10. Piszko PJ, Piszko A, Kyrk S, Kyrk J, Horodniczy T, Struzik N et al. Bone regeneration capabilities of scaffolds containing chitosan and nanometric hydroxyapatite—Systematic review based on *in vivo* examinations. *Biomimetics* (Basel). 2024; 9 (8): 503.
11. Ahmed S, Ikram S. Chitosan based scaffolds and their applications in wound healing. *Achiev Life Sci*. 2016; 10 (1): 27-37.
12. Kong M, Chen XG, Xing K, Park HJ. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: a state of the art review. *Int J Food Microbiol*. 2010; 144 (1): 51-63.
13. Rezazadeh M, Parandeh M, Akbari V, Ebrahimi Z, Taheri A. Incorporation of rosuvastatin-loaded chitosan/chondroitin sulfate nanoparticles into a thermosensitive hydrogel for bone tissue engineering: preparation, characterization, and cellular behavior. *Pharm Dev Technol*. 2019; 24 (3): 357-367.
14. Zhang C, Fei Y, Li M, Li J, Tang M, Wang G et al. Chitosan-P407-PNIPAM hydrogel loaded with AgNPs/lipid complex for antibacterial, inflammation regulation and alveolar bone regeneration in periodontitis treatment. *Int J Biol Macromol*. 2025; 307 (Pt 4): 142080. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2025.142080.
15. Hallmann L, Gerngrob MD. Chitosan and its application in dental implantology. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2022; 123 (6): e701-e707.
16. Seidi F, Khodadadi Yazdi M, Jouyandeh M, Dominic M, Naeim H, Nezhad MN et al. Chitosan-based blends for biomedical applications. *Int J Biol Macromol*. 2021; 183: 1818-1850.
17. Fakhri E, Eslami H, Maroufi P, Pakdel F, Taghizadeh S, Ganbarov K et al. Chitosan biomaterials application in dentistry. *Int J Biol Macromol*. 2020; 162: 956-974.
18. Bharathi R, Ganesh SS, Harini G, Vatsala K, Anushikaa R, Aravind S et al. Chitosan-based scaffolds as drug delivery systems in bone tissue engineering. *Int J Biol Macromol*. 2022; 222 (Pt A): 132-153.
19. Kulkarni N, Shinde SD, Jadhav GS, Adsare DR, Rao K, Kachhia M et al. Peptide-chitosan engineered scaffolds for biomedical applications. *Bioconjug Chem*. 2021; 32 (3): 448-465.
20. Beleño-Acosta B, Advincula RC, Grande-Tovar CD. Chitosan-based scaffolds for the treatment of myocardial infarction: a systematic review. *Molecules*. 2023; 28 (4): 1920. doi: 10.3390/MOLECULES28041920.
21. Atia GAN, Shalaby HK, Zehravi M, Ghobashy MM, Attia HAN, Ahmad Z et al. Drug-loaded chitosan scaffolds for periodontal tissue regeneration. *Polymers* (Basel). 2022; 14 (15): 3192. doi: 10.3390/POLYM14153192.
22. Gholap AD, Rojekar S, Kapare HS, Vishwakarma N, Raikwar S, Garkal A et al. Chitosan scaffolds: Expanding horizons in biomedical applications. *Carbohydr Polym*. 2024; 323: 121394. doi: 10.1016/j.carbpol.2023.121394.
23. Tian B, Liu J. Smart stimuli-responsive chitosan hydrogel for drug delivery: a review. *Int J Biol Macromol* 2023; 235: 123902. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.123902.
24. Pan S, Zhu C, Wu Y, Tao L. Chitosan-based self-healing hydrogel: from fabrication to biomedical application. *Polymers* (Basel) 2023; 15 (18): 3768. doi: 10.3390/POLYM15183768.
25. Mohite P, Rahayu P, Munde S, Ade N, Chidrawar VR, Singh S et al. Chitosan-based hydrogel in the management of dermal infections: a review. *Gels*. 2023; 9 (7): 594. doi: 10.3390/GELS9070594.
26. Wang Q, Wang X, Feng Y. Chitosan hydrogel as tissue engineering scaffolds for vascular regeneration applications. *Gels*. 2023; 9 (5): 373. doi: 10.3390/GELS9050373.
27. Yuan N, Shao K, Huang S, Chen C. Chitosan, alginate, hyaluronic acid and other novel multifunctional hydrogel dressings for wound healing: a review. *Int J Biol Macromol*. 2023; 240: 124321. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.124321.
28. Zhao J, Qiu P, Wang Y, Wang Y, Zhou J, Zhang B et al. Chitosan-based hydrogel wound dressing: From mechanism to applications, a review. *Int J Biol Macromol*. 2023; 244: 125250. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.125250.
29. Ferreira Muniz I de A, e Silva Campos D, Ribeiro ILA, Rodrigues WF, da Silva SD, Batista AUD et al. Antimicrobial Activity in Chitosan-Treated Prosthetic Materials: A Systematic Review. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2023; 31 (3): 214-223.
30. Confederat LG, Tuchilus CG, Dragan M, Sha'at M, Dragostin OM. Preparation and antimicrobial activity of chitosan and its derivatives: a concise review. *Molecules*. 2021; 26 (12): 3694. doi: 10.3390/MOLECULES26123694.
31. Rashki S, Asgarpour K, Tarrahimofrad H, Hashemipour M, Ebrahimi MS, Fathizadeh H et al. Chitosan-based nanoparticles against bacterial infections. *Carbohydr Polym*. 2021; 251: 117108. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.117108.
32. Zhao Y, Zhao S, Ma Z, Ding C, Chen J, Li J. Chitosan-based scaffolds for facilitated endogenous bone re-generation. *Pharmaceutics* (Basel). 2022; 15 (8): 1023. doi: 10.3390/PH15081023.
33. Kim SK, Murugan SS, Dalavi PA, Gupta S, Anil S, Seong GH et al. Biomimetic chitosan with biocomposite nanomaterials for bone tissue repair and regeneration. *Beilstein J Nanotechnol*. 2022; 13: 1051-1067.
34. Paradowska-Stolarz A, Mikulewicz M, Laskowska J, Karolewicz B, Owczarek A. The importance of chitosan coatings in dentistry. *Mar Drugs*. 2023; 21 (12): 613. doi: 10.3390/MD21120613.
35. Thangavelu A, Stelin K, Vannala V, Mahabob N, Hayyan F, Sundaram R. An overview of chitosan and its role in periodontics. *J Pharm Bioallied Sci*. 2021; 13 (Suppl 1): S15-S18.
36. Mu L, Wu L, Wu S, Ye Q, Zhong Z. Progress in chitin/chitosan and their derivatives for biomedical applications: where we stand. *Carbohydr Polym*. 2024; 343: 122233. doi: 10.1016/j.carbpol.2024.122233.
37. Mawazi SM, Kumar M, Ahmad N, Ge Y, Mahmood S. Recent applications of chitosan and its derivatives in antibacterial, anticancer, wound healing, and tissue engineering fields. *Polymers* (Basel). 2024; 16 (10): 1351. doi: 10.3390/POLYM16101351.

38. Loo HL, Coh BH, Lee LH, Chuah LH. Application of chitosan-based nanoparticles in skin wound healing. *Asian J Pharm Sci.* 2022; 17 (3): 299-332.
39. Alsaed MA, Al-Ghaban NMH. Chitosan nanoparticle/simvastatin for experimental maxillary bony defect healing: a histological and histomorphometrical study. *Biomimetics.* 2023; 8 (4): 363. doi: 10.3390/BIOMIMETICS8040363.
40. Murali VP, Guerra FD, Ghadri N, Christian JM, Stein SH, Jennings JA et al. Simvastatin loaded chitosan guided bone regeneration membranes stimulate bone healing. *J Periodontal Res.* 2021; 56 (5): 877-884.
41. Petit C, Batool F, Stutz C, Anton N, Klymchenko A, Vandamme T et al. Development of a thermosensitive statin loaded chitosan-based hydrogel promoting bone healing. *Int J Pharm.* 2020; 586: 119534. doi: 10.1016/j.IJPHARM.2020.119534.
42. Rodríguez-Merchán EC. Bone healing materials in the treatment of recalcitrant nonunions and bone defects. *Int J Mol Sci.* 2022; 23 (6): 3352. doi: 10.3390/IJMS23063352.
43. Xu S, Zhao S, Jian Y, Shao X, Han D, Zhang F et al. Icaritin-loaded hydrogel with concurrent chondrogenesis and anti-inflammatory properties for promoting cartilage regeneration in a large animal model. *Front Cell Dev Biol.* 2022; 10: 1011260. doi: 10.3389/FCCELL.2022.1011260.
44. Shao B, Fu Y, Li B, Huo S, Du J, Zhang X et al. Icaritin-loaded chitosan/ β -glycerophosphate thermosensitive hydrogel enhanced infection control and bone regeneration in canine with infectious bone defects. *J Biomater Appl.* 2024; 39 (7): 696-713. doi: 10.1177/08853282241288323.
45. Tang X, Wang Y, Liu N, Deng X, Zhou Y, Zu C et al. Methacrylated carboxymethyl chitosan scaffold containing icaritin-loaded short fibers for antibacterial, hemostasis, and bone regeneration. *ACS Biomater Sci Eng.* 2024; 10 (8): 5181-5193.
46. Li H, Bao Y, He J, Yu H, Tian C, Zhou X et al. Chitosan-based dihydromyricetin composite hydrogel demonstrating sustained release and exceptional antibacterial activity. *Int J Biol Macromol.* 2025; 291: 139128. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.139128.
47. Liu X, Wang S, Ding C, Zhao Y, Zhang S, Sun S et al. Polyvinylpyrrolidone/chitosan-loaded dihydromyricetin-based nanofiber membrane promotes diabetic wound healing by anti-inflammatory and regulating autophagy-associated protein expression. *Int J Biol Macromol.* 2024; 259 (Pt 1): 129160. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.129160.
48. Ding Q, Liu X, Zhang S, Chai G, Ma S, Sun S et al. Chitosan-modified dihydromyricetin liposomes promote the repair of liver injury in mice suffering from diabetes mellitus. *Int J Biol Macromol.* 2024; 273 (Pt 2): 133040. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.133040.
49. Yang J, Zhang L, Wang Y, Wang N, Wei H, Zhang S et al. Dihydromyricetin-loaded oxidized polysaccharide/L-arginine chitosan adhesive hydrogel promotes bone regeneration by regulating PI3K/AKT signaling pathway and MAPK signaling pathway. *Carbohydr Polym.* 2024; 346: 122614. doi: 10.1016/j.carbpol.2024.122614.
50. Chen NX, Su XL, Feng Y, Liu Q, Tan L, Yuan H et al. Chitosan nanoparticles for sustained release of metformin and its derived synthetic biopolymer for bone regeneration. *Front Bioeng Biotechnol.* 2023; 11: 1169496. doi: 10.3389/FBIOE.2023.1169496.
51. Gupta AA, Kheur S, Badhe RV, Raj AT, Bhone R, Jaisinghani A et al. Assessing the potential use of chitosan scaffolds for the sustained localized delivery of vitamin D. *Saudi J Biol Sci.* 2021; 28 (4): 2210-2215.
52. Soriente A, Fasolino I, Gomez-Sánchez A, Prokhorov E, Buonocore GG, Luna-Barcenas G et al. Chitosan/hydroxyapatite nanocomposite scaffolds to modulate osteogenic and inflammatory response. *J Biomed Mater Res A.* 2022; 110 (2): 266-272.
53. Lazarevic M, Petrovic S, Pierfelice TV, Ignjatovic N, Piattelli A, Vljac Tovilovic T et al. Antimicrobial and osteogenic effects of collagen membrane decorated with chitosan-nano-hydroxyapatite. *Biomolecules.* 2023; 13 (4): 579. doi: 10.3390/BIOM13040579.
54. Gawel J, Milan J, Zebrowski J, Ploch D, Stefaniuk I, Kus-Liskiewicz M. Biomaterial composed of chitosan, riboflavin, and hydroxyapatite for bone tissue regeneration. *Sci Rep.* 2023; 13 (1): 17004. doi: 10.1038/S41598-023-44225-0.
55. Ait Said H, Mabroum H, Lahcini M, Oudadesse H, Barroug A, Ben Youcef H et al. Manufacturing methods, properties, and potential applications in bone tissue regeneration of hydroxyapatite-chitosan biocomposites: a review. *Int J Biol Macromol.* 2023; 243: 125150. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.125150.
56. Pádua AS, Figueiredo L, Silva JC, Borges JP. Chitosan scaffolds with mesoporous hydroxyapatite and mesoporous bioactive glass. *Prog Biomater.* 2023; 12 (2): 137-153.
57. Mutlu N, Liverani L, Kurtuldu F, Galusek D, Boccaccini AR. Zinc improves antibacterial, anti-inflammatory and cell motility activity of chitosan for wound healing applications. *Int J Biol Macromol.* 2022; 213: 845-857.
58. Harini B, Rajeshkumar S, Roy A. Biomedical application of chitosan and piper longum-assisted nano zinc oxide-based dental varnish. *Appl Biochem Biotechnol.* 2022; 194 (3): 1303-1309.
59. Gamboa-Solana CDC, Chuc-Gamboa MC, Aguilar-Pérez FJ, Cauich-Rodríguez JV, Vargas-Coronado RF, Aguilar-Pérez DA et al. Zinc oxide and copper chitosan composite films with antimicrobial activity. *Polymers (Basel)* 2021; 13 (22): 3861. doi: 10.3390/POLYM13223861.
60. Loncarevic A, Malbasa Z, Kovacic M, Ostojic K, Angaits A, Skoko Z et al. Copper-zinc/chitosan complex hydrogels: rheological, degradation and biological properties. *Int J Biol Macromol.* 2023; 251: 126373. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.126373.
61. Bryan A, Wales E, Vedante S, Blanquer A, Neupane D, Mishra S et al. Evaluation of magnesium-phosphate particle incorporation into co-electrospun chitosan-elastin membranes for skin wound healing. *Mar Drugs.* 2022; 20 (10): 615. doi: 10.3390/MD20100615.
62. Chen Y, Sheng W, Lin J, Fang C, Deng J, Zhang P et al. Magnesium oxide nanoparticle coordinated phosphate-functionalized chitosan injectable hydrogel for osteogenesis and angiogenesis in bone regeneration. *ACS Appl Mater Interfaces.* 2022; 14 (6): 7592-7608.
63. Zajac A, Sasiadek W, Dyminska L, Ropuszynska-Robak P, Hanuza J, Ptak M et al. Chitosan and its carboxymethyl-based membranes produced by crosslinking with magnesium phytate. *Molecules.* 2023; 28 (16): 5987. doi: 10.3390/MOLECULES28165987.
64. Aldakheel FM, Mohsen D, El Sayed MM, Alawam KA, Binsahya AKS, Alduraywish SA. Silver nanoparticles loaded on chitosan-g-PVA hydrogel for the wound-healing applications. *Molecules.* 2023; 28 (7): 3241. doi: 10.3390/MOLECULES28073241.
65. Artunduaga-Bonilla JJ, Honorato L, Cordeiro-De Oliveira DF, Araújo-Goncalves R, Guimaraes A, Miranda K et al. Silver chitosan nanocomposites as a potential treatment for superficial candidiasis. *Med Mycol.* 2021; 59 (10): 993-1005.
66. Luo Q, Yang Y, Ho C, Li Z, Chiu W, Li A et al. Dynamic hydrogel-metal-organic framework system promotes bone regeneration in periodontitis through controlled drug delivery. *J Nanobiotechnology.* 2024; 22 (1): 287. doi: 10.1186/S12951-024-02555-9.

67. Li L, Han S, Zhao S, Li X, Liu B, Liu Y. Chitosan modified metal-organic frameworks as a promising carrier for oral drug delivery. *RSC Adv* 2020; 10 (73): 45130-45138.
68. Dousti M, Golmohamadpour A, Hani Z, Jamalpoor Z. Ca-AlN MOFs-loaded chitosan/gelatin scaffolds; a dual-delivery system for bone tissue engineering applications. *Nanotechnology*. 2024; 35 (14). doi: 10.1088/1361-6528/AD0EF4.
69. Liu S, Li Z, Wang Q, Han J, Wang W, Li S et al. Graphene oxide/chitosan/hydroxyapatite composite membranes enhance osteoblast adhesion and guided bone regeneration. *ACS Appl Bio Mater* 2021; 4 (11): 8049-8059.
70. Feng W, Wang Z. Shear-thinning and self-healing chitosan-graphene oxide hydrogel for hemostasis and wound healing. *Carbohydr Polym*. 2022; 294: 119824. doi: 10.1016/j.carbpol.2022.119824.
71. Hosseini SN, Naghib SM, Kashani GK, Mozafari MR. Chitosan-grafted graphene materials for drug delivery in wound healing. *Curr Pharm Des*. 2025; 31 (9): 691-715.
72. Zapata MEV, Tovar CDC, Hernandez JHM. The role of chitosan and graphene oxide in bioactive and antibacterial properties of acrylic bone cements. *Biomolecules*. 2020; 10 (12): 1-23.
73. Souza APC, Neves JG, Navarro da Rocha D, Lopes CC, Moraes AM, Correr-Sobrinho L et al. Chitosan/xanthan membrane containing hydroxyapatite/graphene oxide nanocomposite for guided bone regeneration. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2022; 136: 105464. doi: 10.1016/j.jmbbm.2022.105464.
74. Kodolova-Chukhontseva VV, Shishov MA, Kolbe KA, Smirnova NV, Dobrovol'skaya IP, Dresvyannina EN et al. Conducting composite material based on chitosan and single-wall carbon nanotubes for cellular technologies. *Polymers (Basel)*. 2022; 14 (16): 3287. doi: 10.3390/POLYM14163287.
75. Silva SK, Plepis AMG, Martins V da CA, Horn MM, Buchaim DV, Buchaim RL et al. Suitability of chitosan scaffolds with carbon nanotubes for bone defects treated with photobiomodulation. *Int J Mol Sci*. 2022; 23 (12): 6503. doi: 10.3390/IJMS23126503.
76. Grzybek P, Jakubski L, Dudek G. Neat chitosan porous materials: a review of preparation, structure characterization and application. *Int J Mol Sci*. 2022; 23 (17): 9932. doi: 10.3390/IJMS23179932.
77. Wu P, Shen L, Liu HF, Zou XH, Zhao J, Huang Y et al. The marriage of immunomodulatory, angiogenic, and osteogenic capabilities in a piezoelectric hydrogel tissue engineering scaffold for military medicine. *Mil Med Res*. 2023; 10 (1): 35. doi: 10.1186/S40779-023-00469-5.
78. Nelson VJ, Dinnunhan MFK, Turner PR, Faed JM, Cabral JD. A chitosan/dextran-based hydrogel as a delivery vehicle of human bone-marrow derived mesenchymal stem cells. *Biomedical Materials (Bristol)*. 2017; 12 (3): 035012. doi: 10.1088/1748-605X/AA70F2.
79. Duong TTL, Vu BT, Ta HTK, Vo QM, Le TD, Nguyen TH. Fabrication of *in situ*-cross-linked N-succinyl chitosan/oxidized alginate hydrogel-loaded ascorbic acid and biphasic calcium phosphate for bone tissue engineering. *Biopolymers*. 2024; 116 (1): e23628. doi: 10.1002/BIP.23628.
80. Cui ZK, Kim S, Baljon JJ, Wu BM, Aghaloo T, Lee M. Microporous methacrylated glycol chitosan-montmorillonite nanocomposite hydrogel for bone tissue engineering. *Nat Commun*. 2019; 10 (1): 3523. doi: 10.1038/S41467-019-11511-3.
81. Priddy-Arrington TR, Edwards RE, Colley CE, Nguyen MM, Hamilton-Adair T, Caldorera-Moore ME. Characterization and optimization of injectable *in situ* crosslinked chitosan-genipin hydrogels. *Macromol Biosci*. 2023; 23 (6): e2200505. doi: 10.1002/MABI.202200505.
82. Guillén-Carvajal K, Valdez-Salas B, Beltrán-Partida E, Salomón-Carlos J, Cheng N. Chitosan, gelatin, and collagen hydrogels for bone regeneration. *Polymers (Basel)*. 2023; 15 (13): 2762. doi: 10.3390/polym15132762.
83. Hong F, Qiu P, Wang Y, Ren P, Liu J, Zhao J et al. Chitosan-based hydrogels: From preparation to applications, a review. *Food Chem X*. 2024; 21: 101095.
84. Fan P, Zeng Y, Zaldivar-Silva D, Agüero L, Wang S. Chitosan-based hemostatic hydrogels: the concept, mechanism, application, and prospects. *Molecules*. 2023; 28 (3): 1473. doi: 10.3390/molecules28031473.
85. López-Manzanara Pérez C, Torres-Pabón NS, Laguna A, Torrado G, de la Torre-Iglesias PM, Torrado-Santiago S et al. Development of chitosan/sodium carboxymethylcellulose complexes to improve the simvastatin release rate: polymer/polymer and drug/polymer interactions' effects on kinetic models. *Polymers (Basel)*. 2023; 15 (20): 4184. doi: 10.3390/polym15204184.
86. Salahuddin A, Ashraf A, Ahmad K, Hou H. Recent advances in chitosan-based smart hydrogel for drug delivery systems. *Int J Biol Macromol*. 2024: 135803.
87. Lazaridou M, Bikiaris DN, Lamprou DA. 3D bioprinted chitosan-based hydrogel scaffolds in tissue engineering and localised drug delivery. *Pharmaceutics*. 2022; 14 (9): 1978. doi: 10.3390/PHARMACEUTICS14091978.
88. Peers S, Montebault A, Ladavière C. Chitosan hydrogels for sustained drug delivery. *J Control Release* 2020; 326: 150-163.
89. Saeedi M, Vahidi O, Moghbeli M, Ahmadi S, Asadnia M, Akhavan O et al. Customizing nano-chitosan for sustainable drug delivery. *J Control Release*. 2022; 350: 175-192.
90. Ahsan SM, Thomas M, Reddy KK, Sooraparaju SG, Asthana A, Bhatnagar I. Chitosan as biomaterial in drug delivery and tissue engineering. *Int J Biol Macromol*. 2018; 110: 97-109.
91. Petroni S, Tagliaro I, Antonini C, D'Arienzo M, Orsini SF, Mano JF et al. Chitosan-based biomaterials: insights into chemistry, properties, devices, and their biomedical applications. *Mar Drugs*. 2023; 21 (3): 147. doi: 10.3390/md21030147.
92. Manna S, Seth A, Gupta P, Nandi G, Dutta R, Jana S et al. Chitosan derivatives as carriers for drug delivery and biomedical applications. *ACS Biomater Sci Eng*. 2023; 9 (5): 2181-2202.
93. Ailincăi D, Morariu S, Rosca I, Sandu AI, Marin L. Drug delivery based on a supramolecular chemistry approach by using chitosan hydrogels. *Int J Biol Macromol*. 2023; 248: 125800. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.125800.
94. Ji X, Shao H, Li X, Ullah MW, Luo G, Xu Z et al. Injectable immunomodulation-based porous chitosan microspheres/HPCH hydrogel composites as a controlled drug delivery system for osteochondral regeneration. *Biomaterials*. 2022; 285: 121530. doi: 10.1016/j.biomaterials.2022.121530.
95. Wang X, Li S, Yu H, Lv J, Fan M, Wang X et al. The biocompatibility of multi-source stem cells and gelatin-carboxymethyl chitosan-sodium alginate hybrid biomaterials. *Tissue Eng Regen Med*. 2022; 19 (3): 491-503.
96. Deineka V, Sulaieva O, Pernakov N, Radwan-Pragłowska J, Janus L, Kornienko V et al. Hemostatic performance and biocompatibility of chitosan-based agents in experimental parenchymal bleeding. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2021; 120: 111740. doi: 10.1016/j.msec.2020.111740.
97. Jiang Z, Li L, Li H, Xia L, Hu H, Wang S et al. Preparation, biocompatibility, and wound healing effects of O-carboxymethyl chitosan nonwoven fabrics in partial-thickness burn model. *Carbohydr Polym*. 2022; 280: 119032. doi: 10.1016/j.carbpol.2021.119032.

98. Zhong C, Zhu H, Sheng Y, Wo J, You D, Sun G et al. Biocompatibility and osteogenic potential of choline phosphate chitosan-coated biodegradable Zn1Mg. *Acta Biomater.* 2024; 175: 395-410.
99. Costa EM, Silva S, Tavaría FK, Pintado M. Insights into the biocompatibility and biological potential of a chitosan nanoencapsulated textile dye. *Int J Mol Sci.* 2022; 23 (22): 14234. doi: 10.3390/IJMS232214234.
100. Gutiérrez-Sánchez M, Flores-Rocha S, Pozos-Guillén A, Flores H, Escobar-Barrios V, Palestino-Escobedo AG et al. Design, characterization, and biocompatibility of chitosan-nano-hydroxyapatite/tricalcium phosphate sponges. *Tissue Cell.* 2025; 94: 102804. doi: 10.1016/j.tice.2025.102804.
101. Kim S, Jung S. Biocompatible and self-recoverable succinoglycan dialdehyde-crosslinked alginate hydrogels for pH-controlled drug delivery. *Carbohydr Polym.* 2020; 250: 116934. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.116934.
102. Kwon TH, Lamster IB, Levin L. Current concepts in the management of periodontitis. *Int Dent J* 2021; 71 (6): 462-476.
103. Mohammad-Rahimi H, Motamedian SR, Pirayesh Z, Haiat A, Zahedrozegar S, Mahmoudinia E et al. Deep learning in periodontology and oral implantology: a scoping review. *J Periodontol Res.* 2022; 57 (5): 942-951.
104. Kantarci A, Stavropoulos A, Sculean A. Introduction: vision of regenerative periodontology. *Dent Clin North Am.* 2022; 66 (1): xi-xiii.
105. Baranwal A, Kumar A, Priyadarshini A, Oggu GS, Bhatnagar I, Srivastava A et al. Chitosan: An undisputed bio-fabrication material for tissue engineering and bio-sensing applications. *Int J Biol Macromol.* 2018; 110: 110-123.
106. Wang L, Wu Y, Hu T, Ma PX, Guo B. Aligned conductive core-shell biomimetic scaffolds based on nanofiber yarns/hydrogel for enhanced 3D neurite outgrowth alignment and elongation. *Acta Biomater.* 2019; 96: 175-187.
107. Wang W, Meng Q, Li Q, Liu J, Zhou M, Jin Z et al. Chitosan derivatives and their application in biomedicine. *Int J Mol Sci.* 2020; 21 (2): 487.
108. Singh BN, Veeresh V, Mallick SP, Jain Y, Sinha S, Rastogi A et al. Design and evaluation of chitosan/chondroitin sulfate/nanobioglass based composite scaffold for bone tissue engineering. *Int J Biol Macromol.* 2019; 133: 817-830.
109. P NC, S KB, V SK. Multifunctional organic and inorganic hybrid bionanocomposite of chitosan/poly(vinyl alcohol)/nanobioactive glass/nanocellulose for bone tissue engineering. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022; 135: 105427.
110. Kumar P, Saini M, Dehiya BS, Umar A, Sindhu A, Mohammed H et al. Fabrication and *in-vitro* biocompatibility of freeze-dried CTS-nHA and CTS-nBG scaffolds for bone regeneration applications. *Int J Biol Macromol.* 2020; 149: 1-10.
111. Chaudhuri B, Mondal B, Ray SK, Sarkar SC. A novel biocompatible conducting polyvinyl alcohol (PVA)-polyvinylpyrrolidone (PVP)-hydroxyapatite (HAP) composite scaffolds for probable biological application. *Colloids Surf B. Biointerfaces* 2016; 143: 71-80.
112. Gumusderelioglu M, Sunal E, Tolga Demirtas T, Kiremitci AS. Chitosan-based double-faced barrier membrane coated with functional nanostructures and loaded with BMP-6. *J Mater Sci Mater Med.* 2019; 31 (1): 4. doi: 10.1007/S10856-019-6331-x.
113. Januariyasa IK, Ana ID, Yusuf Y. Nanofibrous poly(vinyl alcohol)/chitosan contained carbonated hydroxyapatite nanoparticles scaffold for bone tissue engineering. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2020; 107: 110347.
114. Suneetha M, Rao KM, Han SS. Mechanically improved porous hydrogels with polysaccharides via polyelectrolyte complexation for bone tissue engineering. *Int J Biol Macromol.* 2020; 144: 160-169.
115. Chen J, Xie C, Li Y, Sun Q, Yu F, Li K et al. A multifunctional metformin loaded carboxymethyl chitosan/tannic acid/manganese composite hydrogel with promising capabilities for age-related bone defect repair. *Carbohydr Polym.* 2025; 358: 123526. doi: 10.1016/j.carbpol.2025.123526.
116. Xu X, Gu Z, Chen X, Shi C, Liu C, Liu M et al. An injectable and thermosensitive hydrogel: promoting periodontal regeneration by controlled-release of aspirin and erythropoietin. *Acta Biomater.* 2019; 86: 235-246.
117. Nakashima M, Iohara K, Murakami M. Dental pulp stem cells and regeneration: dental pulp stem cells and regeneration. *Endod Topics.* 2013; 28 (1): 38-50.
118. Ledesma-Martínez E, Mendoza-Núñez VM, Santiago-Orsorio E. Mesenchymal stem cells derived from dental pulp: a review. *Stem Cells Int.* 2016; 2016: 4709572.
119. Marrazzo P, Paduano F, Palmieri F, Marrelli M, Tatullo M. Highly efficient *in vitro* reparative behaviour of dental pulp stem cells cultured with standardised platelet lysate supplementation. *Stem Cells Int.* 2016; 2016: 7230987.
120. Tatullo M, Codispoti B, Pacifici A, Palmieri F, Marrelli M, Pacifici L et al. Potential use of human periapical cyst-mesenchymal stem cells (hPCy-MSCs) as a novel stem cell source for regenerative medicine applications. *Front Cell Dev Biol.* 2017; 5: 103. doi: 10.3389/FCCELL.2017.00103.
121. Sharifi F, Hasani M, Atyabi SM, Yu B, Ghalandari B, Li D et al. Mesenchymal stem cells encapsulation in chitosan and carboxymethyl chitosan hydrogels to enhance osteo-differentiation. *Mol Biol Rep.* 2022; 49 (12): 12063-12075.
122. Qi P, Ning Z, Zhang X. Synergistic effects of 3D chitosan-based hybrid scaffolds and mesenchymal stem cells in orthopaedic tissue engineering. *IET Nanobiotechnol.* 2023; 17 (2): 41-48.
123. Kudiyarasu S, Karuppan-Perumal MK, Rajan-Renuka R, Manickam-Natrajan P. Chitosan composite with mesenchymal stem cells: Properties, mechanism, and its application in bone regeneration. *Int J Biol Macromol.* 2024; 275 (Pt 1): 133502. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.133502.
124. Liao Y, Li H, Shu R, Chen H, Zhao L, Song Z et al. Mesoporous hydroxyapatite/chitosan loaded with recombinant-human amelogenin could enhance antibacterial effect and promote periodontal regeneration. *Front Cell Infect Microbiol.* 2020; 10: 180.
125. Sukpaita T, Chirachanchai S, Suwattanachai P, Everts V, Pimkhaokham A, Ampornaramveth RS. *In vivo* bone regeneration induced by a scaffold of chitosan/dicarboxylic acid seeded with human periodontal ligament cells. *Int J Mol Sci.* 2019; 20 (19): 4883.
126. Huang TY, Su WT, Chen PH. Comparing the effects of chitosan scaffolds containing various divalent metal phosphates on osteogenic differentiation of stem cells from human exfoliated deciduous teeth. *Biol Trace Elem Res.* 2018; 185 (2): 316-326.

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existe conflicto de intereses relacionados con la realización de esta investigación.

Aspectos éticos: dado que esta investigación corresponde a una revisión narrativa de la literatura científica, no se requirió la aprobación de un comité de ética, ya que no se realizaron experimentos directos en seres humanos

ni animales. No obstante, se respetaron todos los principios éticos en la selección, análisis e interpretación de la información proveniente de estudios previamente publicados, priorizando siempre la integridad científica, la trazabilidad de las fuentes y la adecuada citación de los autores originales.

Financiamiento: esta investigación fue financiada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el marco de

sus programas de apoyo a la investigación científica en el área de Ciencias de la Salud. Los recursos utilizados fueron provistos institucionalmente para el desarrollo del presente estudio.

Correspondencia:

José María Araujo González

E-mail: chema_araujo@hotmail.com

jose.araujogz@uanl.edu.mx

Células madres y su aplicación en la odontología desde una visión bioética.

Stem cells and their application in dentistry from a bioethical perspective.

José Eduardo Orellana Centeno,^{*,‡} Mauricio Orellana Centeno,^{*,§} Verónica Morales Castillo,[¶]
Javier Enrique Leyva Díaz,^{*,||} Enrique Martínez Martínez,^{*,**} Alfonso Enrique Acevedo Mascarúa^{*,‡‡}

RESUMEN

La medicina regenerativa es un campo amplio interdisciplinario de investigación y de aplicaciones clínicas enfocadas a la reparación, reposición o regeneración de células, tejidos u órganos para restaurar la función dañada resultante de cualquier causa, incluyendo los defectos congénitos, enfermedad y trauma. Existen diferentes posturas sobre la obtención de células madre. Parten de que el embrión es en todo momento un ser humano merecedor del mismo grado de respeto y protección que una persona adulta (o incluso más, por ser más indefensa). El embrión, desde sus fases tempranas, es equiparable desde el punto de vista de su estatuto moral, a un ser humano adulto. Por tanto, su manipulación y destrucción es injustificable, porque atenta contra la dignidad humana.

Palabras clave: células madre, odontología, bioética.

ABSTRACT

Regenerative medicine is a broad interdisciplinary field of research and clinical applications focused on the repair, replacement or regeneration of cells, tissues or organs to restore damaged function resulting from any cause, including congenital defects, disease and trauma. There are different positions on stem cell procurement. They start from the assumption that the embryo is at all times a human being deserving of the same degree of respect and protection as an adult person (or even more, because it is more defenceless). The embryo, from its early stages, is comparable, from the point of view of its moral status, to an adult human being. Therefore, its manipulation and destruction is unjustifiable, because it violates human dignity.

Keywords: stem cells, dentistry, bioethics.

INTRODUCCIÓN

El inicio del tratamiento odontológico

Un paciente llega a consulta debido a una fractura del primer molar inferior, menciona lo siguiente:

«estaba comiendo y escuché un crujido, al revisarme sentí un hoyo en mi diente».

Se le realiza el expediente clínico con todos los elementos de diagnóstico necesarios para darle el tratamiento más adecuado. El paciente menciona que le da miedo ir al dentista y que no quiere que se le practiquen

* Docente de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Facultad de Odontología. Oaxaca, México.

‡ Doctor en educación. Profesor investigador de tiempo completo de la Universidad de la Sierra Sur, Instituto de Investigación Sobre Salud Pública, Licenciatura en Odontología. Oaxaca, México.

§ Doctor en educación. Profesor investigador de la Universidad Cuauhtémoc, Facultad de Odontología. San Luis Potosí, México.

¶ Doctora en alta dirección y organización de sistemas de salud. Médico Familiar del Hospital General de Zona No. 9 del Instituto Mexicano del Seguro Social. San Luis Potosí, México.

|| Especialista cirujano maxilofacial.

** Doctor en ciencias odontológicas.

‡‡ Maestro en ortodoncia.

Recibido: 31 de julio de 2025. Aceptado: 13 de noviembre de 2025.

Citar como: Orellana CJE, Orellana CM, Morales CV, Leyva DJE, Martínez ME, Acevedo MAE. Células madres y su aplicación en la odontología desde una visión bioética. Rev ADM. 2025; 82 (6): 355-358. <https://dx.doi.org/10.35366/122112>



ciertos tratamientos curativos que conlleven anestesia, y que le dan miedo las inyecciones y las agujas.

Prácticamente todos los odontólogos han pasado alguna vez por una situación similar a ésta en sus múltiples formas, buscando alternativas para que el paciente tenga un tratamiento adecuado, por ejemplo:

1. Desensibilización sistémica.
2. Técnica decir-mostrar-hacer.
3. Técnica de imitación.
4. Técnica de distracción.
5. Musicoterapia.
6. Comunicación no verbal.

Sin embargo, muchas de estas técnicas no son tan eficaces para todos los casos, por lo que se han propuesto tratamientos en los cuales no se tenga que utilizar anestesia local, ejemplo de esto es la medicina regenerativa.

Medicina regenerativa

Es un campo amplio interdisciplinario de investigación y de aplicaciones clínicas enfocadas a la reparación, reposición o regeneración de células, tejidos u órganos para restaurar la función dañada resultante de cualquier causa, incluyendo los defectos congénitos, enfermedad y trauma. Utiliza una combinación de abordajes tecnológicos que van más allá del tradicional trasplante y terapias de reemplazo. Estos abordajes pueden incluir, pero no están limitados a: el uso de células troncales, moléculas solubles, ingeniería genética, ingeniería de tejidos y terapia celular avanzada.¹

La medicina regenerativa es una herramienta creciente en los tratamientos en distintas especialidades médicas y hoy por hoy cuenta con aplicaciones en la odontología.

En el transcurso de la vida, los seres vivos sufren de lesiones cuya recuperación implica la proliferación y el reclutamiento de células que sean capaces de restaurar su forma y función normal. Las células que tengan esa capacidad deben, por lo tanto, conservar un tipo de «memoria» que permita el llevar a cabo el complejo proceso de desarrollar nuevas células y tejidos. Las células madre son células totipotenciales o pluripotenciales que, mediante la señalización molecular adecuada, son capaces de generar tejidos embrionarios o células indiferenciadas, las cuales pueden ser empleadas dentro del campo de la ingeniería tisular, para generar células y tejidos *in vitro* para posteriormente ser trasplantadas o injertadas en lechos de organismos vivos.

Panorama general de las células madre

El ser humano está compuesto de alrededor de 250 tipos de células diferentes que se desarrollan a partir de células madre. Una característica sobresaliente de este tipo de células es que son indiferenciadas y conservan la capacidad de convertirse en cualquier tipo de tejido del organismo. Fueron identificadas por primera vez en el sistema hematopoyético, pero están presentes también en otros tejidos del organismo.²⁻⁵ Existen dos tipos de células madre según su origen: embrionarias y postnatales; dependiendo la fase en la que se encuentran se diferencian en totipotenciales, pluripotenciales y multipotenciales.⁴⁻⁸

Las células totipotenciales son producidas a partir de la fecundación, son las que originan un embrión. Al formarse el blastocisto se identifican células pluripotenciales, diferenciándose en las tres líneas germinales (endodermo, mesodermo y ectodermo); es decir, son las que podrían transformarse en células de cualquier tejido u órgano del cuerpo humano, pero no en un embrión.^{3,9,10} Las células postnatales son multipotenciales, que se pueden diferenciar en células de distintos tipos, pero dentro de la misma clase, su rol principal es reparar y mantener los tejidos del área. Ésta se puede observar en médula ósea, tejido graso, músculos, sangre y órganos dentarios.^{5-7,11}

En algunos campos ya hay resultados alentadores, como por ejemplo en el tratamiento de enfermedades hereditarias, cáncer, enfermedades cardíacas, mal de Parkinson, artritis reumatoide, diabetes de tipo 1, etcétera. Sin embargo, en otros, todavía hay mucho por trabajar.¹²⁻¹⁴

Estudios clínicos de las células madre en la odontología

Estudios como el de D'Aquino y colaboradores demostraron radiográfica e histológicamente la formación ósea tras el trasplante de células troncales de la pulpa dental junto con un andamio de colágeno dentro del alvéolo donde fueron extraídos los terceros molares de un paciente. Por su parte, Giuliani y su equipo dieron seguimiento al caso mediante radiación sincrotrónica revelando que la porción regenerada era hueso compacto uniformemente vascularizado.^{15,16} En el estudio de Carini y su grupo, se obtuvieron células madre de la médula ósea de la cresta ilíaca y las colocaron en defectos periodontales, observándose reducción de las furcaciones de primer grado, lo cual indicaba un mejoramiento de los defectos con relación al valor inicial.¹⁷

Torres y colaboradores reportaron el caso de un paciente portador de un quiste dentígero mandibular con gran destrucción ósea, donde se colocaron células madre

adultas, identificando que éstas indujeron la regeneración ósea en las cavidades quísticas de los maxilares.¹⁸

En la investigación de Fuentes-Ayala y su equipo, se demostró la formación y aumento de la densidad ósea al implantar células madre hematopoyéticas adultas autólogas en los defectos óseos provocados por la enfermedad periodontal de un paciente a los 12 meses.¹⁹

Se ha avanzado poco en este aspecto, pero hay la ilusión y esperanza que sí se pueden conseguir resultados alentadores en el tiempo.

Controversias relacionadas con el uso de las células madre

La principal razón de este punto tiene que ver con el modo en que son obtenidas.

Hay tres fuentes para ello:

1. El propio cuerpo que, en determinados órganos, dispone de algunas células todavía no completamente diferenciadas, dispuestas para reponer aquellas que se vayan deteriorando.
2. Células precursoras de las gónadas de fetos abortados.
3. Embriones cuando están en la fase de blastocisto, es decir, entre los días cinco a 14 desde su concepción.

La primera de las fuentes no plantea, en principio, más conflictos éticos que los relativos al consentimiento informado de la persona de la que se extraigan las células. La segunda nos remite a los problemas sobre el uso de tejidos fetales para fines de investigación o de terapia. No es el momento de tratar la diferencia entre la licitud moral de utilizar tejidos de fetos abortados espontáneamente y la ilicitud de emplear los resultantes de abortos voluntarios. La tercera es la más problemática pues supone acabar con la vida de los embriones de los que se obtengan las células. Los embriones, a su vez, pueden tener diversas procedencias. Pueden ser embriones sobrantes de fecundaciones artificiales; embriones fecundados *in vitro* con la única finalidad de experimentar con ellos; o embriones creados por clonación, utilizando óvulos humanos o de animales.^{20,21}

Existen diferentes posturas sobre la obtención de células madre. Parten de que el embrión es en todo momento un ser humano merecedor del mismo grado de respeto y protección que una persona adulta (o incluso más, por ser más indefensa).

El embrión, desde sus fases tempranas, es equiparable desde el punto de vista de su estatuto moral, a un ser humano adulto. Por tanto, su manipulación y destrucción es

injustificable, porque atenta contra la dignidad humana. En este caso es posible comentar la argumentación de Kant: los sujetos morales son fines en sí mismos, y jamás pueden ser medios de otros; así las razones que se tengan deben ser altruistas o en beneficio de la humanidad. La creencia religiosa cristiana, basada en el dualismo, sostiene que el embrión humano recibe su alma racional directamente de Dios, en el preciso momento de la concepción; aunque, como sabemos, el embrión puede dividirse hasta el día 14 después de la fecundación, y producir un embarazo gemelar. El dogma no aclara si en esta eventualidad, Dios envía otra alma, o la primera la divide en dos.²²

Desde el punto de vista biológico, se plantea que la vida humana es una unidad, que va de la primera célula hasta la muerte del individuo. Esta idea se basa en una concepción biológica determinista del desarrollo del embrión, sustentada en la existencia de una programación genética, preestablecida en el genoma, y que se va expresando en el tiempo y en el espacio. La correspondencia ontogénica a lo anterior se conoce como preformacionismo, la cual sostiene que ya en el ovocito se encuentra contenido el ser adulto futuro, y sólo necesita del tiempo para crecer. La ingenua imagen de un hombrécito minúsculo dentro del ovocito ha pasado a ser la de un hombre potencial contenido en el genoma.²³

Se llega a sostener que como el embrión humano es incapaz de brindar un consentimiento informado, para estos sectores ultraconservadores y moralistas, cualquier uso de óvulos fecundados con fines terapéuticos es éticamente inaceptable, por tratarse de manipulación de vidas humanas.

Otra perspectiva es aquella en la cual el embrión es un bien que puede ser utilizado, porque antes de que logre un cierto desarrollo, no tiene estatuto ético especial y puede ser tratado del mismo modo que cualquier otro conjunto de células. Un respeto gradualmente creciente, en relación con el nivel del desarrollo del embrión, porque tiene un valor especial que no es el de cosa ni el de persona. Y por ello merece cierto grado de protección que, no obstante, puede y debe ser balanceado frente a otros posibles valores en conflicto.

En la medicina regenerativa odontológica la obtención de estas células busca alternativas para ello; por ejemplo: pueden extraerse directamente de la médula ósea, de la sangre periférica a la que se han movilizado previamente mediante el uso de factores estimuladores del crecimiento, como es el factor estimulador de colonias granulocíticas, del órgano dentario. Recientemente se han conseguido resultados también prometedores con las

células madre provenientes del tejido adiposo extraído mediante liposucción.

CONCLUSIONES

El futuro de la medicina regenerativa tiene, entre otros retos, el de demostrar que los tejidos sometidos a las diversas técnicas de este campo realmente adquieren una recuperación estructural y funcional adecuada, y para ello se prevé que los siguientes desarrollos tengan que ver en un inicio con tejidos relativamente simples, como el cartílago o el hueso, o inclusive la piel, en donde el desarrollo no sea tridimensionalmente muy complejo ni requiera vascularización, o ésta sea mínima.

La odontología moderna busca sustituir los materiales dentales que se utilizan actualmente por materiales de origen biológico, basados en células con las mismas características de las naturales.

Los avances recientes sobre las células madre dentales sugieren que durante la próxima década la bioingeniería podrá crear tejidos dentales que proporcionen un tratamiento más seguro y menos invasivo y que además no produzca rechazo en el paciente.

La obtención de las células madre debe estar dada por diferentes alternativas para evitar caer en dilemas éticos y conflictos entre los principios de la bioética contemporánea.

REFERENCIAS

- Daar AS, Greenwood HL. A proposed definition of regenerative medicine. *J Tissue Eng Regen Med*. 2007; 1 (3): 179-184.
- Gronthos S, Mankani M, Brahimi J, Robey PG, Shi S. Postnatal human dental pulp stem cells (DPSCs) *in vitro* and *in vivo*. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2000; 97 (25): 13625-13630.
- U.S. Dept of Health and Human Services. National Institutes of Health. Stem cells: scientific progress and future research directions. Appendix F: Glossary and terms. Washington (DC): U.S. Dept of Health and Human Services; 2001.
- Rendón J, Jiménez LP, Urrego PA. Células madre en odontología. *Rev CES Odont*. 2011; 24 (1): 51-58.
- Valencia-Hitte R, Espinosa-Fernández R, Saadia M, Velasco NJ, Nario H. Panorama actual de las células madre de la pulpa de dientes primarios y permanentes. *RODYB*. 2013; 2 (2): 1-33.
- Batouli S, Miura M, Brahimi J, Tsutsui TW, Fisher LW, Gronthos S et al. Comparison of stem-cell-mediated osteogenesis and dentinogenesis. *J Dent Res*. 2003; 82 (12): 976-981.
- Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM. Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *J Endod*. 2007; 33 (4): 377-390.
- Huang GT. A paradigm shift in endodontic management of immature teeth: conservation of stem cells for regeneration. *J Dent*. 2008; 36 (6): 379-386.
- Sadler TW, Langman J. Embriología médica con orientación clínica. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2007. pp. 33-46.
- Gómez de Ferraris ME, Campos-Muñoz A. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. México: Médica Panamericana; 2009. pp. 28-135.
- Nakashima M, Iohara K, Murakami M. Dental pulp stem cells and regeneration. *Endodontic Topics*. 2013; 28 (1): 38-50.
- Miura M, Gronthos S, Zhao M, Lu B, Fisher LW, Robey PG et al. SHED: stem cells from human exfoliated deciduous teeth. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2003; 100 (10): 5807-5812.
- Estrela C, Alencar AH, Kitten GT, Vencio EF, Gava E. Mesenchymal stem cells in the dental tissues: perspectives for tissue regeneration. *Braz Dent J*. 2011; 22 (2): 91-98.
- Kashyap R. SHED - basic structure for stem cell research. *J Clin Diagn Res*. 2015; 9 (3): ZE07-ZE09.
- d'Aquino R, De Rosa A, Lanza V, Tirino V, Laino L, Graziano A et al. Human mandible bone defect repair by the grafting of dental pulp stem/progenitor cells and collagen sponge biocomplexes. *Eur Cell Mater*. 2009; 18: 75-83.
- Giuliani A, Manescu A, Langer M, Rustichelli F, Desiderio V, Paino F et al. Three years after transplants in human mandibles, histological and in-line holotomography revealed that stem cells regenerated a compact rather than a spongy bone: biological and clinical implications. *Stem Cells Transl Med*. 2013; 2 (4): 316-324.
- Carini F, Menchini GB, Biagi E, Salvade' A, Sbordone L, Baldoni MG. Estudio experimental sobre la utilización de células madre humanas en la terapia de los defectos periodontales: resultados preliminares. *Av Periodon Implantol*. 2011; 23 (2): 97-107.
- Torres LE, Marimón ME, Morejón FC, Camacho R, León L. Autotrasplante de células madre adultas en defecto óseo de rama mandibular por quiste dentígero. *Rev Cienc Médicas*. 2011; 15 (4): 89-101.
- Fuentes-Ayala E, Lourido-Pérez H de la C, León-Amado L, Quintero-Pérez W, Fleitas-Vigoa D, Pérez-Hernández LY. Uso terapéutico de células madre adultas en enfermedad periodontal. *Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter*. 2013; 29 (4): 419-425.
- Zamudio T. Células madre: embrionarias y de adulto. En: Zamudio T. Regulación jurídica de las biotecnologías. Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México; 2007.
- Hernández-Ramírez P. Medicina regenerativa II: aplicaciones, realidad y perspectivas de la terapia celular. *Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter* [Internet]. 2006; 22 (1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892006000100002
- Green R. The human research debates. Bioethics in the vortex of controversy. New York: Oxford University Press; 2001.
- McHugh PR. Zygote and "clonote"--the ethical use of embryonic stem cells. *N Engl J Med*. 2004; 351 (3): 209-211.

Conflicto de intereses: ninguno.

Comité de ética: CEI-04A/2020.

Financiamiento: recursos propios.

Correspondencia:

José Eduardo Orellana Centeno

E-mail: jeorellana@unsis.edu.mx

Clasificación, diagnóstico, tratamientos y pronóstico de las lesiones de furcación: una revisión bibliográfica.

Classification, diagnosis, treatments and prognosis of furcation lesions: a literature review.

Karen Lissette Villarreal-Arizpe,* Jesús Israel Rodríguez-Pulido,* Gloria Martínez-Sandoval,*
Myriam Angélica de la Garza-Ramos,* María Gabriela Chapa-Arizpe*

RESUMEN

Introducción: en el 30-50% de los pacientes con periodontitis se puede encontrar involucramiento de la furcación, la cual es muy difícil de desbridar completamente debido a su morfología. **Objetivo:** presentar las distintas clasificaciones, los métodos diagnósticos, tratamientos de las lesiones en furcación y los pronósticos de los abordajes existentes. **Material y métodos:** se realizó una búsqueda en la base de datos de PubMed con el cruce de palabras «furcation», «etiology», «classification», «treatment», «scaling and root planning», «open flap debridement», «furcoplasty», «tunneling», «hemisection», «amputation», «extraction», y «prognosis». **Resultados:** el factor determinante para la afectación de la furcación es la placa bacteriana (biofilm) y es necesario realizar un análisis clínico y radiográfico para su correcto diagnóstico. Existen distintos tratamientos como por ejemplo el raspado y alisado radicular, colgajo por desbridación, plastia de la furcación, tunelización, hemisección, amputación, extracción y regenerativos, y su elección depende principalmente del grado de afectación de la furcación y su localización. El pronóstico de entre 4 y 30.8 años depende del abordaje utilizado y va desde un 35 a un 100%. **Conclusiones:** existen distintos tratamientos para las furcaciones involucradas. La correcta elección de éste puede mejorar el pronóstico a largo plazo del órgano dentario afectado.

Palabras clave: defectos de furcación, periodontitis, tratamientos, clasificación, pronóstico.

ABSTRACT

Introduction: in 30-50% of patients with periodontal disease, furcation involvement can be found, which is very difficult to completely debride due to its morphology. **Objectives:** to present the different classifications, diagnostic methods, treatments of furcation lesions and the prognoses of the existing approaches. **Material and methods:** the search was made in the PubMed database with the crossword «furcation», «etiology», «classification», «treatment», «scaling and root planning», «open flap debridement», «furcoplasty», «tunneling», «hemisection», «amputation», «extraction» and «prognosis». **Results:** the determining factor for furcation involvement is dental plaque (biofilm) and a clinical and radiographic analysis is necessary for its correct diagnosis. There are different treatments such as scaling and root planing, debridement flap, furcation plasty, tunneling, hemisection, amputation, extraction and regenerative treatments, and their choice depends mainly on the degree of furcation involvement and its location. The prognosis between 4 and 30.8 years depends on the approach used and ranges from 35 to 100%. **Conclusions:** there are different treatments for furcations. The correct choice of this can improve the long-term prognosis of the affected tooth.

Keywords: furcation defects, periodontitis, treatments, classification, prognosis.

* Postgrado de Periodoncia, Facultad de Odontología, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Recibido: 18 de junio de 2021. Aceptado: 15 de octubre de 2025.

Citar como: Villarreal-Arizpe KL, Rodríguez-Pulido JI, Martínez-Sandoval G, de la Garza-Ramos MA, Chapa-Arizpe MG. Clasificación, diagnóstico, tratamientos y pronóstico de las lesiones de furcación: una revisión bibliográfica. Rev ADM. 2025; 82 (6): 359-370. <https://dx.doi.org/10.35366/122113>



Abreviaturas:

CBCT = tomografía computarizada de haz cónico
 CR = resección de la corona
 EMD = derivado de la matriz del esmalte
 PDGF = factor de crecimiento derivado de plaquetas
 PRF = fibrina rica en plaquetas (por sus siglas en inglés)
 PRP = plasma rico en plaquetas
 RR = resección de la raíz
 RTG = regeneración tisular guiada

INTRODUCCIÓN

La periodontitis es una enfermedad inflamatoria asociada a microorganismos y mediada por el huésped.¹ Más de mil millones de personas en todo el mundo sufren de periodontitis grave (Organización Mundial de la Salud, WHO.int.) y genera considerables costos en la salud, esta patología es la sexta enfermedad más prevalente en el mundo² en donde las formas más severas afectan aproximadamente al 10% de la población.³

La periodontitis se caracteriza por la destrucción irreversible de los tejidos, dando como resultado una pérdida progresiva de inserción periodontal.² Si se permite que la enfermedad periodontal continúe, la pérdida de los tejidos periodontales causa resorción ósea y, en el caso de órganos dentarios multirradiculares, puede afectar el tronco radicular y la zona de separación radicular o furcación.⁴ Cuando los microorganismos colonizan esta zona, se le denomina «involucración de furca».⁵

Es muy común encontrar involucramiento de furcación en los pacientes con periodontitis. Se ha reportado una prevalencia del 13.7% en la población general de EE. UU. y en el 30-50% de los pacientes con periodontitis.⁵ La importancia de este tema radica en que aquellos molares con furca involucrada tienen un mayor riesgo de pérdida de inserción futura en comparación con órganos dentales sin involucración de furca. Asimismo, tienen un mayor riesgo de que se pierdan en comparación con órganos dentarios unirradiculares.⁶

La literatura demuestra que los molares con presencia de furcación involucrada grado II y III de Hamp⁷ tienen una mayor probabilidad de perderse en presencia o ausencia de terapia periodontal de soporte.⁸ De igual manera, en un estudio publicado por Nibali y colaboradores⁵ demostraron que en 10 a 15 años aquellos órganos dentarios con furca involucrada grado I de la clasificación de Hamp,⁷ el riesgo se aumenta al doble en la pérdida de molares aun en terapia periodontal.

La afectación de la furcación representa un desafío en el tratamiento de los molares con compromiso periodontal.⁸ Esto se debe a que esta área tiene una morfología que

puede ser muy difícil o imposible de desbridar por medio de una instrumentación periodontal de rutina.⁹ Debido a lo anterior, para asegurar una estabilidad a largo plazo de los molares con furcación involucrada, es necesario crear una topografía que permita un control ideal de placa bacteriana.¹⁰ Dependiendo del sitio y el grado de involucración de furcación, existen distintos tratamientos que buscan mejorar el pronóstico de los órganos dentarios afectados, por ejemplo, el mantenimiento no quirúrgico, cirugía resectiva y los tratamientos regenerativos.⁸

El tipo de órgano dentario y el grado de involucración de la furcación se definieron como los factores más importantes en la toma de decisiones acerca del tratamiento que se realizará.⁹ Asimismo, el diagnóstico y tratamiento inicial de las lesiones de furcación favorece el pronóstico y, por consiguiente, la permanencia del órgano dental en el arco maxilar.⁴

Debido a lo anterior, el objetivo del presente artículo es presentar las distintas clasificaciones, los métodos diagnósticos, tratamientos de las lesiones en la furcación, y el pronóstico con los distintos abordajes, con la finalidad de que el periodoncista considere la elección de los distintos abordajes posibles y elija el más adecuado para mejorar el pronóstico de aquellos órganos dentales afectados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda en la base de datos de PubMed con el cruce de palabras «*furcation*», «*etiology*», «*classification*», «*treatment*», «*scaling and root planning*», «*open flap debridement*», «*furcoplasty*», «*tunneling*», «*hemisection*», «*amputation*», «*extraction*» y «*prognosis*».

RESULTADOS**Etiología**

La furcación se puede ver involucrada por distintos factores. El factor determinante de estas lesiones es la acumulación de placa bacteriana (biofilm) como resultado de una higiene oral deficiente.

Por otra parte, los factores predisponentes incluyen: morfología radicular aberrante, proyecciones de esmalte, perlas de esmalte, presencia de conductos accesorios en la raíz, dimensión del tronco radicular, localización de la furcación en relación con el tronco radicular, perforación iatrogénica de la furca, entre otros.¹¹⁻¹³

También existen factores modificantes, como por ejemplo el trauma oclusal que puede aumentar la pérdida ósea en presencia de placa bacteriana y empeorar la condición del paciente.¹⁴

Clasificaciones

A lo largo del tiempo se han establecido distintas clasificaciones en la involucración de la furcación, las cuales se encuentran resumidas en la [Tabla 1](#).

Diagnóstico

La correcta determinación de la extensión del defecto, así como de la posición del tejido marginal en relación con la furcación, son de gran importancia debido a

Tabla 1: Clasificaciones de furcación.

Autor	Año	Sistema de clasificación
1 Goldman HM ¹⁵	1958	Grado I: lesión incipiente Grado II: lesión de fondo de saco Grado III: lesión de lado a lado
2 Easley JR ¹⁶	1969	Clase I: afectación incipiente, pero no hay componente horizontal en la furca Clase II: – Tipo 1. Pérdida de fijación horizontal en la bifurcación – Tipo 2. Pérdida de fijación vertical en la bifurcación Clase III: pérdida de unión total en la bifurcación – Tipo 1. Pérdida de unión horizontal en la bifurcación – Tipo 2. Pérdida de fijación vertical en la bifurcación
3 Staffileno HJ ¹⁷	1969	Clase I: furcaciones con lesión de tejidos blandos que se extiende hasta el nivel de la furca, pero con poca destrucción ósea Clase II: furcaciones con una lesión de tejidos blandos y un grado variable de destrucción ósea, pero sin una comunicación completa a través de la furca Clase III: furcaciones con destrucción ósea con comunicación completa de lado a lado
4 Glickman I ¹⁸	1972	Grado I: lesión incipiente con bolsa supraósea y ligera pérdida ósea en la zona de la furca Grado II: pérdida de hueso interradicular y formación de bolsas, pero una parte del hueso alveolar y el ligamento periodontal permanecen intactos Grado III: lesión de lado a lado Grado IV: lesión de lado a lado con recesión gingival que conduce a un área de furca claramente visible
5 Hamp SE y cols. ⁷	1975	Grado I: pérdida de inserción horizontal < 3 mm Grado II: pérdida de inserción horizontal > 3 mm sin abarcar el ancho del área de bifurcación Grado III: destrucción horizontal completa de lado a lado en el área de la furca
6 Ramfjord SP y cols. ¹⁹	1979	Clase I: destrucción de tejido < 2 mm (1/3 del ancho del diente) en la furca Clase II: destrucción de tejido > 2 mm (> 1/3 del ancho del diente) Clase III: lesión de lado a lado
7 Richietti PA ²⁰	1982	Clase I: 1 mm de invasión horizontal Clase Ia. 1-2 mm de invasión horizontal Clase II: 2-4 mm de invasión horizontal Clase IIa. 4-6 mm de invasión horizontal Clase III: > 6 mm de invasión horizontal
8 Tal H y cols. ²¹	1982	Clasificación furcal 1: La profundidad de la bifurcación es de 0 mm Clasificación furcal 2: la profundidad de la bifurcación es de 1 a 2 mm Clasificación furcal 3: la profundidad de la bifurcación es de 3 mm Clasificación furcal 4: la profundidad de la bifurcación es de 4 mm o más
9 Eskow RN y cols. ²²	1984	El grado 1 de afectación de la furca se clasifica como: subclase A: destrucción vertical > 1/3 Subclase B: destrucción vertical de 2/3 Subclase C: destrucción vertical más allá del tercio apical de la altura interradicular

Continúa Tabla 1: Clasificaciones de furcación.

	Autor	Año	Sistema de clasificación
10	Tarnow D y cols. ²³	1984	Para cada clase de clasificación horizontal (I-III), se agregó una subclase basada en la resorción ósea vertical: Subclase A: 0-3 mm Subclase B: 4-6 mm Subclase C: > 7 mm
11	Fedi PF ²⁴	1985	Clasificaciones de Glickman + Hamp: los grados son los mismos que los de la clasificación de Glickman (I-IV) El grado II se subdivide en grados I y II Grado I. Pérdida ósea vertical 1-3 mm Grado II. Pérdida ósea vertical > 3 mm, pero no comunica de lado a lado
12	Rosemberg MM ²⁵	1986	Horizontal: Grado I: sondeo < 4 mm Grado II: sondeo > 4 mm Grado III: se encuentran dos o tres bifurcaciones clasificadas como grado II Vertical: – Poco profundo: ligera extensión lateral de un defecto interradicular, desde el centro de la trifurcación en dirección horizontal – Profundo: afectación de la furca interna pero que no penetra en la furca adyacente
13	Grant DA y cols. ²⁶	1988	Grado I: lesión incipiente Clase II: involucración parcialmente bajo techo de la furca Clase III: lesión de lado a lado
14	Goldman HM y cols. ²⁷	1988	Clase I: afectación únicamente de la entrada a la furca Clase II: involución de la furca se extiende debajo del techo de ésta Clase III: lesión de lado a lado
15	Basaraba N ²⁸	1990	Clase I: afectación inicial de la furcación Clase II: afectación parcial de la furcación Clase III: involucración comunicante de la furcación
16	Hou GL y cols. ²⁹	1998	Clasificación basada en la longitud del tronco radicular y la pérdida ósea horizontal y vertical Tipos de tronco radicular: – Tipo A: furca se encuentra en el tercio cervical de la longitud de la raíz – Tipo B: furca se encuentra entre el tercio cervical y dos tercios de la longitud de la raíz – Tipo C: furca se encuentra en los dos tercios cervicales de la longitud de la raíz Clases de bifurcación: – Clase I: pérdida horizontal de 3 mm – Clase II: pérdida horizontal > 3 mm – Clase III: pérdida horizontal de lado a lado Subclases por evaluación radiográfica periapical: – Subclase «a»: defecto supraóseo – Subclase «b»: defecto infraóseo
17	Nevis M y cols. ³⁰	1998	Clase I: pérdida incipiente o temprana de la inserción Clase II: una invasión más profunda y pérdida de la inserción que no se extiende a una invasión completa Clase III: pérdida completa del periodonto que se extiende desde la superficie vestibular a la lingual, diagnosticado radiográfica y clínicamente
18	Glossary of periodontal terms ³¹	2001	Clase I: pérdida ósea mínima pero notable en la furcación Clase II: grado variable de destrucción ósea pero que no se extiende por completo a través de la furca Clase III: resorción ósea que se extiende completamente a través de la furca

Continúa Tabla 1: Clasificaciones de furcación.

	Autor	Año	Sistema de clasificación
19	Walter C y cols. ³²	2009	Modificación de la clasificación de Hamp et al Grado I: pérdida de inserción horizontal de < 1/3 del ancho del diente Grado II: pérdida de inserción horizontal de > 3 y < 6 mm Grado II-III: pérdida de inserción horizontal de > 6 mm, pero sin extenderse completamente Grado III: destrucción total horizontal, de lado a lado
20	Carnevale G y cols. ³³	2012	Grado I: pérdida de inserción horizontal < 1/3 Grado II: pérdida de inserción horizontal > 1/3 Grado III: destrucción horizontal de lado a lado
21	Pilloni A, Rojas M. ⁹	2018	NEI: la furca no está clínicamente expuesta y la pérdida de inserción horizontal es de ≤ 2 mm NEII: la furca no está clínicamente expuesta y la pérdida de inserción horizontal es de ≥ 3 mm NEIII: la furca no está clínicamente expuesta y la pérdida de inserción horizontal es total, con una apertura completa de la bifurcación EI: la furca está clínicamente expuesta y la pérdida de inserción horizontal es de ≤ 2 mm EII: la furca está clínicamente expuesta y la pérdida de inserción horizontal es de ≥ 3 mm EIII: la furca está clínicamente expuesta y la pérdida de inserción horizontal es total, con una apertura completa de la bifurcación

que proporciona información clínica necesaria para un diagnóstico más preciso y confiable.³⁴ De igual manera, el examen diagnóstico permite determinar los factores anatómicos locales que pueden afectar el resultado de la terapia, como por ejemplo la longitud del tronco radicular, longitud y forma de la raíz, dimensión interradicular, anatomía de la furcación, proyecciones cervicales de esmalte, entre otros. De modo que sea posible elegir la opción más adecuada de tratamiento.³⁵

La literatura concluye que el diagnóstico de la extensión de la involucración de furca se realiza mediante una exploración clínica y un análisis radiográfico. El primero se lleva a cabo midiendo la profundidad de sondeo, nivel de inserción clínica y el sondeo de la entrada a la furcación por medio de la sonda curva de Nabers.^{34,36-38} Un sondeo cuidadoso permite determinar la presencia, extensión y configuración del defecto de la furcación, así como la posición de la inserción periodontal en relación con ésta.³⁵

Comúnmente, la exploración clínica se complementa con radiografías periapicales, sin embargo, estudios recientes reportan que el uso de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT por sus siglas en inglés) mejora la precisión diagnóstica de estas lesiones, por lo que se ha sugerido como una herramienta de evaluación adjunta a los métodos convencionales.^{34,36-38}

Tratamientos

Para elegir el abordaje más apropiado para cada grado de furcación involucrada es necesario que el profesional tome en cuenta las características clínicas y radiográficas como la altura del tronco radicular, el ancho de la entrada de la furca y la distancia entre el techo de la furca y la cresta ósea.³⁹ Los tipos de tratamientos para los defectos de furcación se resumen en la *Figura 1*.

No quirúrgicos

Raspado y alisado radicular

La meta del tratamiento de la involucración de furca es poder limpiarla y facilitar la higiene oral del paciente.⁷ Posterior a su diagnóstico, el raspado y alisado radicular es el primer paso en la terapia de estas, sin embargo, es necesario confirmarlo seis meses posteriores a este tratamiento.⁴⁰

La readaptación de los tejidos en la superficie radicular posterior a la periodontitis depende en la preparación de la superficie dental. Debido a lo anterior es de gran importancia remover la placa bacteriana, cálculo y cemento contaminado con la finalidad de producir una superficie lisa y biológicamente aceptable.⁴¹

Bower⁴¹ analizó la morfología de las furcaciones maxilares y mandibulares para investigar si ésta influenciaba en

la instrumentación con curetas. Encontró que en el 81% de las furcas, la entrada medía menos de 1 mm y en el 58% medía 0.7 mm. La relevancia de este dato recae en que la parte activa de las curetas tienen un ancho de entre 0.75 y 1.10 mm impidiendo la correcta instrumentación de las furcaciones. Debido a lo anterior, se recomienda utilizar curetas especiales para furca como la Quentin, DeMarco, Mini Five Gracey, entre otras.³⁵

A pesar de esto, existen diversos estudios que demuestran la eficacia del tratamiento no quirúrgico en los defectos de furcación. Ribeiro y colegas⁴² encontraron que la terapia no quirúrgica puede tratar eficazmente las afecciones de furca clase II. De igual manera, Svärdröm y Wennström ilustraron que, en pacientes que participaron en un mantenimiento constante durante 10 años, las bifurcaciones podrían mantenerse utilizando técnicas no agresivas.⁴³ Si el área es accesible para la higiene oral, la furcación se puede mantener con terapia no quirúrgica.⁴⁰

Quirúrgicos

Conservadores

Colgajo por desbridación

Si el objetivo del tratamiento va enfocado a mejorar la higiene del paciente y a obtener acceso para desbridación, se sugiere realizar un colgajo y realizar una plastia

de la furcación para remover irregularidades en la raíz y aumentar el tamaño de la entrada a ésta.⁴⁰

Graziani y su grupo⁴⁴ realizaron una revisión sistemática con metaanálisis de ensayos de control aleatorio para el tratamiento de furcas grado II con colgajo por desbridación, y encontraron que este tratamiento presenta mejoras clínicas significativas a los seis meses.

Bajaj y colaboradores⁴⁵ encontraron un cambio de 1.58 ± 1.02 mm en la profundidad promedio de sondeo después de nueve meses de realizar este tratamiento en furcas grado II. Asimismo, hubo un cambio en el nivel de inserción clínico vertical y horizontal de 1.37 ± 0.58 y 1.08 ± 0.50 mm respectivamente, con un porcentaje de llenado óseo del defecto de 2.78 ± 0.68 .

Kanoriya y su equipo⁴⁶ realizaron un ensayo clínico controlado en furcas grado II y, a los nueve meses del colgajo por desbridación, obtuvieron como resultado una disminución en la profundidad de sondaje de 2.41 ± 0.77 mm, un cambio en el nivel de inserción vertical y horizontal de 2.33 ± 0.48 y 2.04 ± 0.35 mm, respectivamente, y un porcentaje de llenado óseo del defecto de 10.25 ± 3.66 .

Resectivos

Plastia de la furca

Este procedimiento consiste en la reducción horizontal de la bifurcación mediante la osteoplastia y la odontoplastia

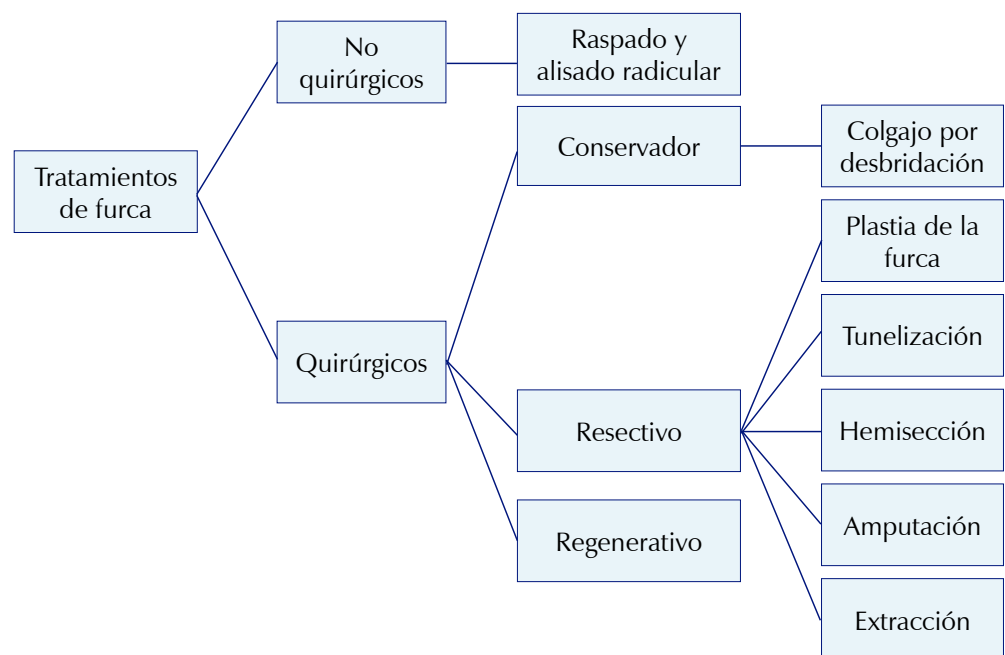


Figura 1:

Tratamientos para los defectos de furcación.

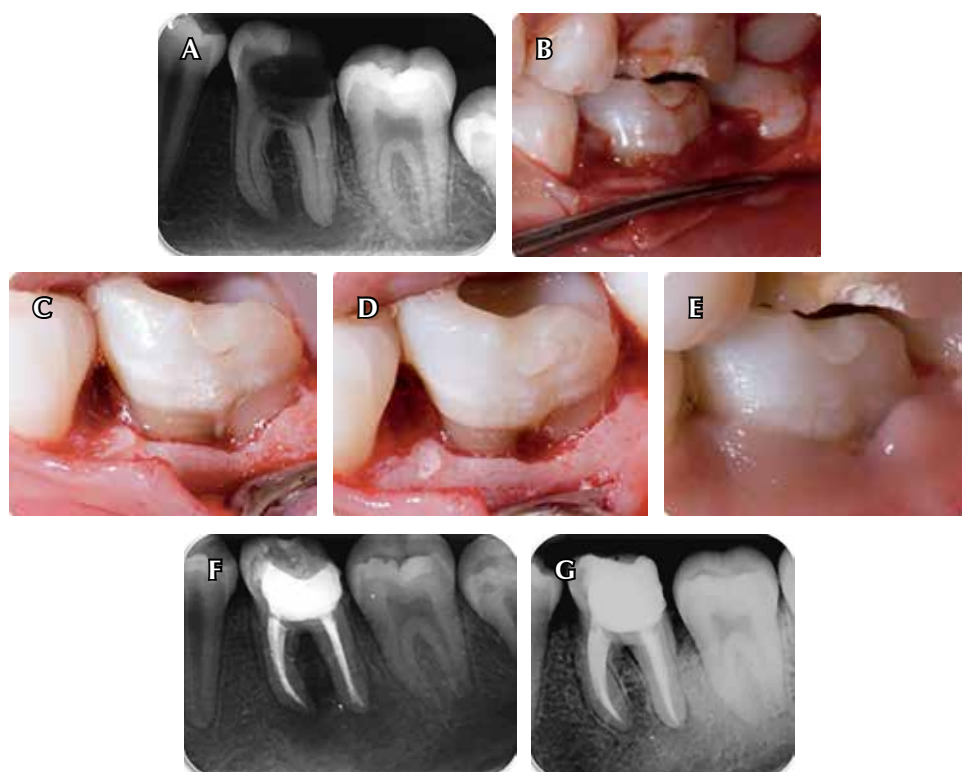


Figura 2:

Plastia de la furcación.

A) Radiografía inicial. B) Elevación de colgajo. Nótese el tejido de granulación en la zona de la furca. C) Proyección de esmalte. D) Odontoplastia y osteoplastia. E) Dos semanas de cicatrización. F) Radiografía final. G) Radiografía de control a 20 meses.

creando así una confluencia suave entre el hueso y el diente.^{7,47} Este tratamiento se utiliza cuando la destrucción horizontal no excede los 3 mm y es de mayor valor en los molares mandibulares.⁴⁷

Para este procedimiento es necesario realizar una elevación de colgajo para tener acceso al área interradicular, remoción del tejido inflamatorio por medio de un raspado y alisado radicular y la posterior odontoplastia y osteoplastia para reducir el componente horizontal del defecto y aumentar el tamaño de la entrada a la furca. Es necesario que la sutura quede a nivel de la cresta alveolar, cubriendo la entrada a la bifurcación. La cicatrización en esta zona debe ser «como una papila»⁴⁸ (Figura 2).

Tunelización

Los molares con furca grado III están en mayor riesgo de extraerse en comparación con aquellas con grado I y II, por lo que son consideradas un desafío desde el punto de vista terapéutico. La tunelización de una furca busca facilitar la higiene por parte del paciente por medio de la creación quirúrgica de un «túnel» accesible para los cepillos interdetales.⁴⁹

Para que la cirugía sea exitosa es necesario que se cumplan los siguientes requisitos: divergencia entre raíces mesial y distal de manera que permita una correcta limpieza postquirúrgica, un tronco radicular corto, soporte óseo en interproximal que compense la ostectomía en el área de la furca, una proporción corono:radicular mayor a 1:1 y ausencia o mínima movilidad dental.⁵⁰

El procedimiento quirúrgico consiste en la elevación de un colgajo de espesor parcial por lingual y vestibular con la subsecuente remoción del tejido de granulación. Posteriormente, se realiza la ostectomía por medio de fresas de diamante o insertos piezoeléctricos, dejando una distancia entre 5-6 mm entre el fórnix y la cresta ósea. Se realiza el raspado y alisado radicular y se posiciona apicalmente el colgajo cubriendo el hueso y fijándolo con suturas.⁴⁹

La ventaja de este tratamiento sobre la amputación o hemisección es que no es necesario realizar un tratamiento de endodoncia con reconstrucción de la corona, siendo así más económico para el paciente. Sin embargo, existe un aumento en la probabilidad de caries radicular, sensibilidad, exposición de conductos laterales que requerirían el tratamiento de endodoncia y la necesidad de que el paciente se comprometa a tener una buena higiene para que el tratamiento sea exitoso.⁵⁰

Resección radicular

Los términos «amputación radicular» y «hemisección» se conocen colectivamente como «resección radicular». ⁵¹ Es necesario realizar una distinción entre los procedimientos de resección de la raíz (RR) y resección de la corona (CR). El primero consiste en la amputación de la raíz o cualquier RR a nivel de la unión amelocementaria sin remover partes de la corona. Mientras que la resección de la corona incluye la hemisección, trisección y premolarización (bicuspidación). Asimismo, ésta abarca todos los tratamientos en los que la separación atraviesa la bifurcación y la corona de un diente multirradicular, de tal manera que se puede extraer una raíz y su porción asociada de la corona (hemisección o trisección) (*Figura 3*) o se conservan todas las secciones de la raíz/corona (premolarización o bicuspidación). ⁵²

El objetivo de este tratamiento es conseguir un ambiente favorable para el mantenimiento de la hie-

ne oral al eliminar la morfología retentiva y las raíces afectadas severamente. ⁵³ Por lo tanto, está indicado principalmente en furcas grado II o grado III muy afectadas. De igual manera, se puede considerar en casos con pérdida ósea severa localizada que afecta a una raíz individual, fracturas radiculares verticales, caries radicular subgingival, patología periapical persistente, resorcciones radiculares, perforaciones radiculares iatrogénicas o cuando las situaciones anatómicas impidan la colocación del implante. ⁵²

El éxito de los tratamientos resectivos depende, en gran medida, de la selección del caso y de seguir pautas específicas de endodoncia, cirugía y restauración. Desde el punto de vista periodontal, la cantidad de soporte óseo y el grado de afectación de la furcación son determinantes importantes para la selección de casos y el pronóstico. Por lo tanto, es más probable que la resección o hemisección de la raíz realizada en la etapa incipiente de la invasión de la furca tenga un resultado exitoso. Por otra parte,

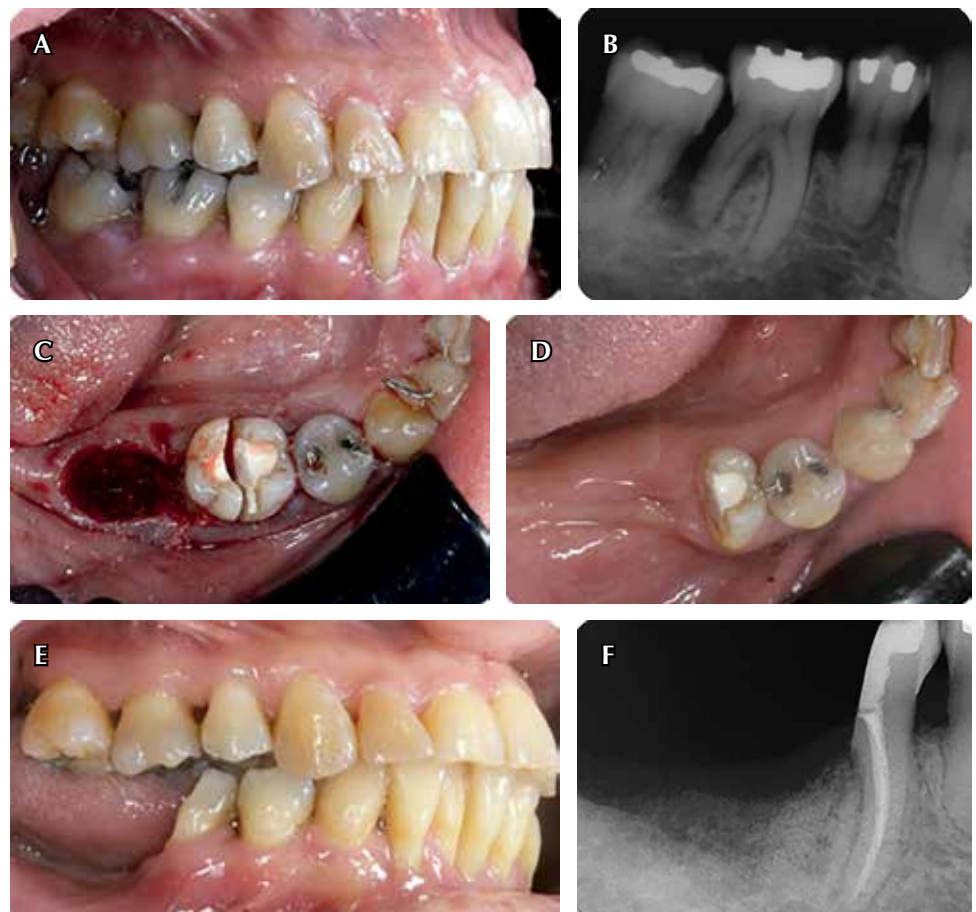


Figura 3:

Hemisección. **A)** Fotografía inicial. **B)** Radiografía inicial.

C) Extracción de 4.7 y hemisección de 4.6. Nótese que previo a la cirugía se realizó el tratamiento de conductos.

D) Cicatrización a cuatro semanas. **E)** Cicatrización a cuatro semanas. **F)** Radiografía de control a cuatro semanas (se colocó un injerto óseo para disminuir el colapso del reborde).

Tabla 2: Pronóstico de los tratamientos de furca.

	Clase I	Clase II %	Clase III %
Resección	No necesita intervención	44-86	35-79
Túnel	quirúrgica si la profundidad al	67	62-67
Colgajo por desbridación	sondaje es de 5 mm o menos,	70-93	50-75
Raspado y alisado radicular	no hay sangrado al sondeo y	72-82	56-73
Repetición del raspado y alisado radicular	no hay pérdida ósea vertical	85	45

desde el punto de vista endodónico, los factores como conductos no tratables, debilitamiento de las paredes laterales de las raíces restantes durante la instrumentación endodónica y un mal diseño posterior son las causas del fracaso de los molares seccionados.⁵⁴

Extracción

Este tratamiento debe considerarse en los siguientes escenarios: cuando la pérdida de inserción es tan extensa que resulta imposible mantener la raíz; si otros abordajes no permitirán obtener una anatomía dental o gingival que facilite una adecuada higiene por parte del paciente; cuando conservar el diente afectado no contribuya al plan de tratamiento integral; en presencia de lesiones endodónicas o asociadas a caries; o si la preservación del diente representa un factor de riesgo a largo plazo. Es fundamental que, al decidir el manejo de la furca, se evalúe siempre el pronóstico del tratamiento global y no únicamente el del órgano dentario involucrado.⁴⁸

Regenerativos

El objetivo final del tratamiento de defectos de furcación es el cierre de ésta mediante regeneración periodontal, es decir, formación de cemento radicular, ligamento periodontal y hueso alveolar que abarca toda el área de la furca involucrada.⁵⁵

Existen distintas técnicas quirúrgicas regenerativas para tratar los defectos de furcación. Entre ellos se encuentran la regeneración tisular guiada (RTG) haciendo uso de membranas absorbibles y no absorbibles, injertos óseos (autoinjertos, aloinjertos o xenoinjertos), agentes bioactivos como derivado de la matriz del esmalte (EMD), factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), plasma

rico en plaquetas, fibrina rica en plaquetas (PRP/PRF) y combinaciones de ellos.⁵⁶

Los beneficios del tratamiento regenerativo en furcaciones incluyen la mejora de los niveles de inserción clínica vertical, la disminución en la profundidad sondeable de las bolsas y la mejora de la afectación de la furcación involucrada de forma horizontal y vertical.^{56,57} También, se ha encontrado que, aunque el cierre completo de la furcación afectada es raro, este tratamiento puede convertir una furca grado II en una grado I, mejorando el pronóstico a largo plazo del órgano dentario afectado.^{55,56} Esto es debido a que la regeneración periodontal se debe considerar como el tratamiento de elección cuando sea posible, especialmente en defectos clase II y cuando el hueso interproximal es coronal al defecto de furcación.^{40,58,59}

Pronóstico

El pronóstico de los órganos dentarios afectados está determinado por el grado de involucración de la furcación y el nivel de inserción clínica. Las furcas clase I de Hamp muestran un pronóstico similar a los molares sin involucración de furca, mientras que los molares afectados de clase II y III tienen un riesgo significativamente mayor y clínicamente relevante de pérdida de dientes.⁶⁰⁻⁶²

Domminisch y colegas⁶ publicaron una revisión sistemática del pronóstico entre 4 y 30.8 años de diferentes tratamientos realizados en los tres tipos de clases de furca (Tabla 2). Los autores encontraron que, dentro de sus límites, los datos indican que en las clases II y III, el raspado y alisado radicular y el colgajo por desbridación pueden resultar en tasas de supervivencia similares a las de amputación/resección de raíces, separación de raíces o tunelización.

Asimismo, Huynh-Ba y colaboradores⁶³ encontraron que la regeneración tisular guiada tiene un pronóstico

de entre 83.3 a 100% de supervivencia de 5-12 años. Es importante recordar que el éxito de este tratamiento depende no sólo del grado de involucración de la furca, sino también de si es un molar maxilar o mandibular, siendo el primero el que tiene un peor pronóstico.⁶⁴

¿Qué tratamiento elegir?

En el 2020, Sanz y su equipo⁶⁴ publicaron unas guías para el tratamiento de la periodontitis en las que se mencionan las recomendaciones para la elección de la terapia de las distintas clases de involucración de la furcación. Los autores mencionan que para los molares con furca clase II mandibular con bolsas residuales, recomiendan realizar regeneración empleando proteínas derivadas de la matriz del esmalte o un injerto óseo con o sin membrana absorbible. En cuanto a la furca clase II maxilar se recomienda una instrumentación no quirúrgica, colgajo por desbridación, regeneración o separación/amputación radicular. Para la clase III maxilar y mandibular, además de la tunelización, se mencionan los mismos tratamientos que para la clase II maxilar, excepto la regeneración.

CONCLUSIONES

La periodontitis se caracteriza por la destrucción irreversible de los tejidos con pérdida progresiva de inserción causada por la presencia de microorganismos. Este daño a los tejidos periodontales puede incluir a la furcación que, debido a su morfología, es muy difícil desbridar completamente por medio de instrumentación periodontal de rutina. Dependiendo del sitio y el grado de involucración de furca, existen distintos tratamientos que buscan mejorar el pronóstico de estos órganos dentales, como por ejemplo el mantenimiento no quirúrgico, cirugía resectiva y los tratamientos regenerativos.

AGRADECIMIENTOS

A CONAHCYT por la beca otorgada y a Diana Lorena Curiel Velázquez y Alejandra Elí Bustamante Whitney por su colaboración con los casos clínicos.

REFERENCIAS

1. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: framework and proposal of a new classification and case definition. *J Clin Periodontol*. 2018; 89 Suppl 1: S159-S172.
2. Helal O, Gostemeyer G, Krois J, Fawzy El Sayed K, Graetz C, Schwendicke F. Predictors for tooth loss in periodontitis patients: systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*. 2019; 46 (7): 699-712.
3. Needleman I, Garcia R, Gkraniis N, Kirkwood KL, Kocher T, Iorio AD et al. Mean annual attachment, bone level, and tooth loss: a systematic review. *J Periodontol*. 2018; 89 Suppl 1: S120-S139.
4. Soares DM, Melo JGA, Barboza CAG, Alves R de V. The use of enamel matrix derivative in the treatment of class II furcation defects: systematic review and meta-analysis. *Aust Dent J*. 2020; 65 (4): 241-251.
5. Nibali L, Zavattini A, Nagata K, Di Iorio A, Lin G-H, Needleman I, et al. Tooth loss in molars with and without furcation involvement - a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*. 2016; 43 (2): 156-166.
6. Dommisch H, Walter C, Dannewitz B, Eickholz P. Resective surgery for the treatment of furcation involvement: a systematic review. *J Clin Periodontol*. 2020; 47 (S22): 375-391.
7. Hamp S-E, Nyman S, Lindhe J. Periodontal treatment of multi rooted teeth. Results after 5 years. *J Clin Periodontol*. 1975; 2 (3): 126-135.
8. Nibali L, Krajewski A, Donos N, Volzke H, Pink C, Kocher T, et al. The effect of furcation involvement on tooth loss in a population without regular periodontal therapy. *J Clin Periodontol*. 2017; 44 (8): 813-821.
9. Pilloni A, Rojas M. Furcation involvement classification: a comprehensive review and a new system proposal. *Dent J*. 2018; 6 (3): 34.
10. Alassadi M, Qazi M, Ravidà A, Siqueira R, Garaicoa-Pazmiño C, Wang H. Outcomes of root resection therapy up to 16.8 years: A retrospective study in an academic setting. *J Periodontol*. 2020; 91 (4): 493-500.
11. Desantis M, Murphy KG. The role of resective periodontal surgery in the treatment of furcation defects: resective periodontal surgery in furcation defects. *Periodontol 2000*. 2000; 22 (1): 154-168.
12. Azim AA, Lloyd A, Huang GT-J. Management of longstanding furcation perforation using a novel approach. *J Endod*. 2014; 40 (8): 1255-1259.
13. Parihar AS, Katoch V, Parihar AS, Katoch V. Furcation involvement & its treatment: a review. *J Adv Med Dent Sci Res*. 2015; 3 (1): 81-87.
14. Cimoës R, Gusmao E, Picarte ACC, Bené Barbosa MB, Rosing C. Correlation between clinical and radiographic findings on the occurrence of furcation involvement in patients with periodontitis. *Indian J Dent Res*. 2014; 25 (5): 572.
15. Goldman HM. Therapy of the Incipient Bifurcation Involvement. *J Periodontol*. 1958; 29 (2): 112-116.
16. Easley JR, Drennan GA. Morphological classification of the furca. *J Can Dent Assoc*. 1969; 35 (2): 104-107.
17. Staffileno HJ. Surgical management of the furca invasion. *Dent Clin North Am*. 1969; 13 (1): 103-119.
18. Glickman I. Clinical periodontology; prevention, diagnosis, and treatment of periodontal disease in the practice of general dentistry. 4th ed. Philadelphia: Saunders; 1972.
19. Ramfjord SP, Ash MM. Periodontology and periodontics. Saunders: Philadelphia, PA, USA, 1979. pp. 247-309.
20. Ricchetti PA. A furcation classification based on pulp chamber-furcation relationships and vertical radiographic bone loss. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1982; 2 (5): 50-59.
21. Tal H, Lemmer J. Furcal defects in dry mandibles: part II: severity of furcal defects. *J Periodontol*. 1982; 53 (6): 364-367.
22. Eskow RN, Kapin SH. Furcation invasions: correlating a classification system with therapeutic considerations. Part I. Examination, diagnosis, and classification. *Compend Contin Educ Dent*. 1984; 5 (6): 479-83, 487.

23. Tarnow D, Fletcher P. Classification of the vertical component of furcation involvement. *J Periodontol.* 1984; 55 (5): 283-284.
24. Fedi PF. The Periodontal syllabus. 2nd ed. Lea and Febiger: Philadelphia, PA, USA; 1985, pp. 169-170.
25. Rosenberg, MM. Management of osseous defects, furcation involvements, and periodontal-pulpal lesions. In: Clark JW, ed. *Clinical dentistry, periodontal and oral surgery.* Harper and Row: Philadelphia, PA, USA, 1986.
26. Grant DA, Stern IB, Lisgarten MA. *Periodontics.* 6th ed. C.V. Mosby: St. Louis, IL, USA; 1988, p. 931.
27. Goldman HM, Cohen DW. *Periodontal Therapy.* 6th ed. C.V. Mosby: St. Louis, IL, USA; 1988, p. 921.
28. Basaraba N. Furcation invasions. In: Schluger S, Yuodelis R, Page RC, Johnson RH, eds.; *Periodontal diseases.* Lea and Febiger: Philadelphia, PA, USA, 1990.
29. Hou GL, Chen YM, Tsai CC, Weisgold AS. A new classification of molar furcation involvement based on the root trunk and horizontal and vertical bone loss. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1998; 18 (3): 257-265.
30. Nevis M, Cappetta EG. Treatment of maxillary furcations. In: Nevins M, Mellonig JT. eds.; *Periodontal therapy-clinical approaches and evidence of success.* Quintessence: Chicago, IL, USA, 1998.
31. American Academy of Periodontology. *Glossary of Periodontal Terms,* 4th ed.; American Academy of Periodontology: Chicago, LA, USA, 2001.
32. Walter C, Kaner D, Berndt DC, Weiger R, Zitzmann NU. Three-dimensional imaging as a pre-operative tool in decision making for furcation surgery. *J Clin Periodontol.* 2009; 36 (3): 250-257.
33. Carnevale G, Pontoriero R, Lindhe J. Treatment of furcation—involved teeth. In: Lindhe J, Lang NP, Karring T, eds. *Clinical periodontology and implant dentistry,* 5th ed.; Munksgaard: Copenhagen, Denmark, 2012; pp. 823-847.
34. Komsic S, Plancak D, Kasaj A, Puhar I. A comparison of clinical and radiological parameters in the evaluation of molar furcation involvement in periodontitis. *Acta Stomatol Croat.* 2019; 53 (4): 326-336.
35. Newman MG. *Newman and carranza's clinical periodontology.* 13th edition. Philadelphia, PA: Elsevier, Inc; 2018.
36. Yusof NAM, Noor E, Reduwan NH, Yusof MYPM. Diagnostic accuracy of periapical radiograph, cone beam computed tomography, and intrasurgical linear measurement techniques for assessing furcation defects: a longitudinal randomised controlled trial. *Clin Oral Investig.* 2021; 25 (3): 923-932.
37. Pajnigara N, Kolte A, Kolte R, Pajnigara N, Lathiya V. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography in identification and postoperative evaluation of furcation defects. *J Indian Soc Periodontol.* 2016; 20 (4): 386.
38. Padmanabhan S, Dommy A, Guru S, Joseph A. Comparative evaluation of cone-beam computed tomography versus direct surgical measurements in the diagnosis of mandibular molar furcation involvement. *Contemp Clin Dent.* 2017; 8 (3): 439.
39. Bevilacqua L, Fonzar A, Olivier S, De Biasi M, Visintin M, Angerame D et al. Outcome of different surgical approaches in the treatment of class II furcation defects in mandibular molars: a randomized clinical trial. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2020; 40 (5): 693-701.
40. Rasperini G, Majzoub J, Tavelli L, Limioli E, Katayama A, Barootchi S et al. Management of furcation-involved molars: recommendation for treatment and regeneration. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2020; 40 (4): e137-146.
41. Bower RC. Furcation morphology relative to periodontal treatment: furcation entrance architecture. *J Periodontol.* 1979; 50 (1): 23-27.
42. Del Peloso Ribeiro É, Bittencourt S, Ambrosano GMB, Nociti FH, Sallum EA, Sallum AW, et al. Povidone-iodine used as an adjunct to non-surgical treatment of furcation involvements. *J Periodontol.* 2006; 77 (2): 211-217.
43. Svardstrom G, Wennstrom JL. Periodontal treatment decisions for molars: an analysis of influencing factors and long-term outcome. *J Periodontol.* 2000; 71 (4): 579-585.
44. Graziani F, Gennai S, Karapetsa D, Rosini S, Filice N, Gabriele M, et al. Clinical performance of access flap in the treatment of class II furcation defects. A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *J Clin Periodontol.* 2015; 42 (2): 169-181.
45. Bajaj P, Pradeep AR, Agarwal E, Rao NS, Naik SB, Priyanka N et al. Comparative evaluation of autologous platelet-rich fibrin and platelet-rich plasma in the treatment of mandibular degree II furcation defects: a randomized controlled clinical trial. *J Periodontol Res.* 2013; 48 (5): 573-581.
46. Kanoriya D, Pradeep AR, Garg V, Singhal S. Mandibular degree ii furcation defects treatment with platelet-rich fibrin and 1% alendronate gel combination: a randomized controlled clinical trial. *J Periodontol.* 2017; 88 (3): 250-258.
47. Highfield JE. Periodontal treatment of multirooted teeth. *Aust Dent J.* 1978; 23 (1): 91-98.
48. Lindhe J, Lang NP, Berglundh T, Giannobile WV, Sanz M, editors. *Clinical periodontology and implant dentistry.* 6th ed. Chichester, West Sussex; Ames, Iowa: Wiley Blackwell; 2015, p. 1.
49. Nibali L, Akcali A, Rüdiger SG. The importance of supportive periodontal therapy for molars treated with furcation tunnelling. *J Clin Periodontol.* 2019; 46 (12): 1228-1235.
50. Vandersall DC, Detamore RJ. The mandibular molar class III furcation invasion. *J Am Dent Assoc.* 2002; 133 (1): 55-60.
51. Joshipura V. Hemisection- A relevant, practical and successful treatment option. 2011; 3 (6): 6.
52. Setzer FC, Shou H, Kulwattanaporn P, Kohli MR, Karabucak B. Outcome of crown and root resection: a systematic review and meta-analysis of the literature. *J Endod.* 2019; 45 (1): 6-19.
53. Mokbel N, Kassir A, Naaman N, Megarbane J-M. Root resection and hemisection revisited. Part I: a systematic review. *int j periodontics restorative dent.* 2019; 39 (1): e11-31.
54. Sharma S, Sharma R, Ahad A, Gupta N, Mishra S. Hemisection as a conservative management of grossly carious permanent mandibular first molar. *J Nat Sci Biol Med.* 2018; 9 (1): 97.
55. Laugisch O, Cosgarea R, Nikou G, Nikolidakis D, Donos N, Salvi GE et al. Histologic evidence of periodontal regeneration in furcation defects: a systematic review. *Clin Oral Investig.* 2019; 23 (7): 2861-906.
56. Jepsen S, Gennai S, Hirschfeld J, Kalemaj Z, Buti J, Graziani F. Regenerative surgical treatment of furcation defects: a systematic review and Bayesian network meta-analysis of randomized clinical trials. *J Clin Periodontol.* 2020; 47 (S22): 352-374.
57. Cortellini P, Cortellini S, Tonetti MS. Papilla preservation flaps for periodontal regeneration of molars severely compromised by combined furcation and intrabony defects: Retrospective analysis of a registry-based cohort. *J Periodontol.* 2020; 91 (2): 165-173.
58. Avila-Ortiz G, De Buitrago JG, Reddy MS. Periodontal regeneration-furcation defects: a systematic review from the AAP regeneration workshop. *J Periodontol.* 2015; 86 (2-s): S108-130.
59. Reddy MS, Aichelmann-Reidy ME, Avila-Ortiz G, Klokkevold PR, Murphy KG, Rosen PS, et al. Periodontal regeneration – furcation defects: a consensus report from the AAP regeneration workshop. *J Periodontol.* 2015; 86 (2-s): S131-133.
60. Eickholz P, Walter C. Clinical and radiographic diagnosis and epidemiology of furcation involvement. In: Nibali L, editor.

Diagnosis and treatment of furcation-involved teeth. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2018. pp. 15-31.

61. Dannewitz B, Zeidler A, Hüsing J, Saure D, Pfefferle T, Eickholz P et al. Loss of molars in periodontally treated patients: results 10 years and more after active periodontal therapy. *J Clin Periodontol.* 2016; 43 (1): 53-62.
62. Graetz C, Schützhold S, Plaumann A, Kahl M, Springer C, Salzer S et al. Prognostic factors for the loss of molars - an 18-years retrospective cohort study. *J Clin Periodontol.* 2015; 42 (10): 943-950.
63. Huynh-Ba G, Kuonen P, Hofer D, Schmid J, Lang NP, Salvi GE. The effect of periodontal therapy on the survival rate and incidence of complications of multirooted teeth with furcation involvement after an observation period of at least 5 years: a systematic review. *J Clin Periodontol.* 2009; 36 (2): 164-176.
64. Sanz M, Herrera D, Kebschull M, Chapple I, Jepsen S, Berglundh T et al. Treatment of stage I-III periodontitis-The EFP S3 level clinical practice guideline. *J Clin Periodontol.* 2020; 47 (S22): 4-60.

Conflicto de intereses: no hay conflicto de intereses.

Aspectos éticos: sin conflictos éticos.

Financiamiento: CONAHCYT.

Correspondencia:

Dra. Karen Lissette Villarreal Arizpe

E-mail: karenl.villarreal@hotmail.com

Cómo diagnosticar placa neurogénica subgémal: relato de cuatro casos y revisión cronológica de la literatura.

How to diagnose subgummal neurogenous plaque: report of four cases and chronological literature review.

Said Sebastián Delgado-Camacho,* Eric Zeta-Castañeda,† Edith Lara-Carillo,§ Adriana Alejandra Morales-Valenzuela,‡
Elías Nahum Salmerón-Valdés,‡ Miguel Delgado-Campoy,¶ Víctor Hugo Toral-Rizo‡

RESUMEN

Introducción: la placa neurogénica subgémal (PNS) es una estructura anatómica neurosensorial normal, localizada en bordes laterales posteriores de la lengua, que puede causar sintomatología dolorosa o ardorosa ante la presencia de trauma en la zona. Se revisó literatura en inglés y portugués en PubMed y Google-Scholar. **Presentación de los casos:** se seleccionaron cuatro casos de PNS que llegaron a nuestra clínica, tres mujeres y un hombre, de 33, 43, 44 y 58 años, respectivamente. Tres pacientes presentan pápula en el borde posterolateral derecho de la lengua. Dentro de los diagnósticos clínicos por los cuales llegaron: en dos había sospecha de virus del papiloma humano (VPH) y los dos restantes sin diagnóstico clínico definido. Dos pacientes presentaban ardor, uno dolor y uno estaba asintomático. El plan de tratamiento fue diferente de acuerdo con cada caso y fue basado en terapia láser de baja potencia y cirugía. **Resultados:** los pacientes asintomáticos fueron informados de la PNS. En las citas de seguimiento, los casos sintomáticos refirieron remisión de la sintomatología. **Conclusiones:** comprender la PNS es crucial para evitar biopsias innecesarias y conocer tratamientos adecuados para la sintomatología asociada. Es imperativo que el odontólogo identifique esta región y pueda informar al paciente adecuadamente respecto a su manejo.

Palabras clave: estructura neurosensorial, trauma, VPH, cirugía.

ABSTRACT

Introduction: subgummal neurogenic plaque (SNP) is a normal neurosensory anatomical structure, located on the posterior lateral borders of the tongue, which can cause painful or burning symptoms in the presence of trauma in the area. Literature in English and Portuguese was reviewed in PubMed and Google-Scholar. **Presentation of cases:** four cases of SNP that presented to our clinic were selected, three women and one man, aged 33, 43, 44 and 58 years respectively. Three patients presented a papule on the right posterolateral border of the tongue. Among the clinical diagnoses for which they arrived: in two there was suspicion of HPV and in the remaining two without a defined clinical diagnosis. Two patients reported burning, one reported pain, and one was asymptomatic. The treatment plan was different according to each case and was based on low-power laser therapy and surgery. **Results:** asymptomatic patients were informed of SNP. At follow-up appointments, symptomatic cases reported remission of symptoms. **Conclusions:** understanding the PNS is crucial to avoid unnecessary biopsies and to know appropriate treatments for the associated symptoms. It is imperative that the dentist identifies this region and can adequately inform the patient regarding its management.

Keywords: neurosensory structure, trauma, HPV, surgery.

Abreviaturas:

CG = corpúsculos gustativos
CK14 = citoqueratina 14
CK20 = citoqueratina 20
CK7 = citoqueratina 7

CK8 = citoqueratina 8
EMA = antígeno epitelial de membrana
NSE = enolasa
PNS = placa neurogénica subgémal
VPH = virus del papiloma humano

* Alumno de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México.

† Profesor. Clínica Orocentro. Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México.

§ Profesor investigador del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología. Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México.

¶ Alumno de Patología Oral y Maxilofacial, ENES, Unidad León, Universidad Nacional Autónoma de México.

Recibido: 15 de enero de 2025. Aceptado: 14 de noviembre de 2025.

Citar como: Delgado-Camacho SS, Zeta-Castañeda E, Lara-Carillo E, Morales-Valenzuela AA, Salmerón-Valdés EN, Delgado-Campoy M et al. Cómo diagnosticar placa neurogénica subgémal: relato de cuatro casos y revisión cronológica de la literatura. Rev ADM. 2025; 82 (6): 371-377. <https://dx.doi.org/10.35366/122114>



INTRODUCCIÓN

La placa neurogénica subgemal (PNS) consiste en estructuras normales localizadas en el tercio posterior de los bordes laterales de la lengua, se asocia con los folículos linfoides y forman un complejo morfológico y fisiológico con las papilas gustativas.¹ Los casos reportados de PNS muestran ligera predilección en mujeres.^{2,3}

Clínicamente se presenta como pápula o nódulo con sintomatología dolorosa o ardorosa, por lo general posterior a un trauma en la zona. El tratamiento varía desde remover el estímulo (trauma) hasta la aplicación de láser de baja potencia o remoción quirúrgica de la zona afectada.² Es importante reconocer esta estructura anatómica, ya que existen patologías que se pueden manifestar en esta zona y que podrían ser confundidas, un ejemplo sería el carcinoma de células escamosas, el cual tiene predilección por estas zonas, o bien patologías como alergias por contacto, papilitis lingual transitoria o síndrome de boca ardiente, que requieren manejo específico.

Se realizó la búsqueda de artículos científicos en las bases de PubMed y Google Scholar con las palabras «subgemmal neurogenous plaque», «neuroepithelial structure/tongue», «posterolateral tongue», «subepithelial

nerve plexus», «burning tongue/plaque», con un resultado de 32 artículos, de los cuales, 18 fueron aceptados para tomarlos como fuentes bibliográficas al cumplir con la información completa de los casos clínicos.

Asimismo, a través de la base de pacientes de la Clínica de Orocentro de la Facultad de Odontología de la UAEMex se revisaron los casos diagnosticados con PNS, de los cuales se seleccionaron cuatro casos.

El objetivo de este trabajo es relatar cuatro casos con la finalidad de realizar una guía práctica sobre cómo diagnosticar la PNS.

PRESENTACIÓN DE LOS CASOS

Caso 1. Hombre de 58 años que acude a la clínica de Orocentro por probable lesión por virus del papiloma humano (VPH). A la inspección clínica intraoral se detectó una pápula en borde lateral posterior derecho de la lengua, de 4 mm de diámetro, de color ligeramente blanco amarillento, consistencia blanda, superficie lisa, forma circular, bordes poco definidos, base sésil, sin antecedentes de sintomatología (*Figura 1A*). Al analizar a este paciente se concluyó que se trataba de la PNS asintomática, por lo que se informó al paciente que dicha estructura es normal y no representa una entidad patológica, por lo tanto, no

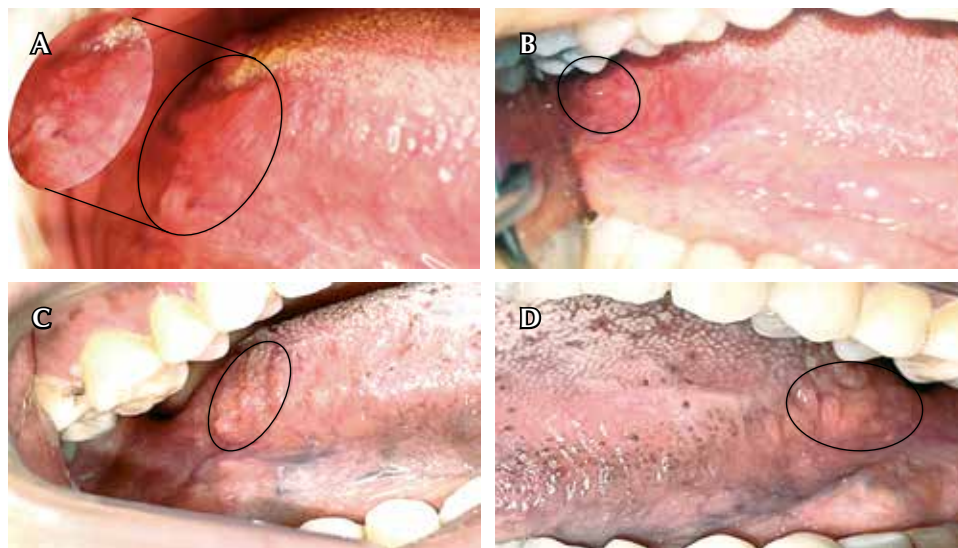


Figura 1: Fotografías clínicas, las zonas de la placa están encerradas en círculos. **A)** Paciente 1, la imagen ilustra las características clásicas de zona en donde se localiza la placa neurogénica subgemal. En la imagen a mayor aumento se observa la zona ricamente vascularizada de características normales. No se observan datos de lesión por VPH. **B)** Paciente 2, se aprecia la pápula con discreto enrojecimiento, esta zona es la que presenta sintomatología ardorosa. **C-D)** Paciente 4, las características clínicas mostradas en estas imágenes son las típicas pápulas de la PNS; con tratamiento conservador desapareció la sintomatología de la zona del lado derecho.

PNS = placa neurogénica subgemal.

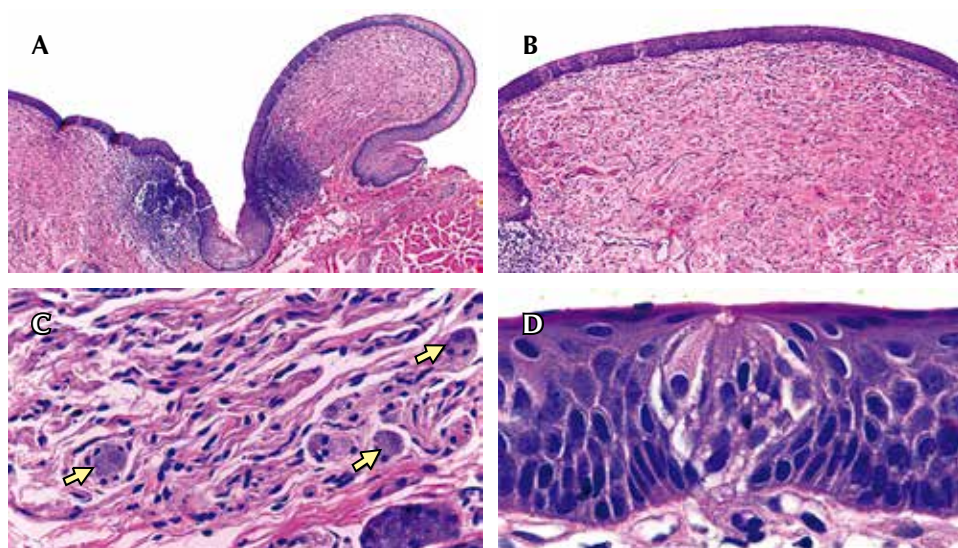


Figura 2: Fotografías microscópicas en H&E. **A)** En menor aumento se aprecia la morfología característica de la placa, en forma de pápula. Se aprecian dos agregados linfoides que pueden llegar a formar folículos linfoides. **B)** En este aumento se observan corpúsculos gustativos a nivel epitelial y el plexo neural paralelo al epitelio. Esta zona puede confundirse con lesiones de naturaleza neural como el neurofibroma. **C)** En la zona profunda de la PNS es común encontrar células ganglionares maduras (flechas), entrelazadas con pequeños fascículos nerviosos. **D)** En esta imagen a mayor aumento se identifica un corpúsculo que muestra el botón gustativo en la superficie epitelial.

PNS = placa neurogénica subgumal.

se debía tomar biopsia. El paciente aceptó la explicación y se dio seguimiento a tres meses sin mostrar cambios ni sintomatología en la zona.

Caso 2. Mujer de 43 de años que acude a la clínica con sensación de ardor. Clínicamente se observa una pápula en el borde lateral derecho de lengua a nivel del tercio posterior, de 5 mm de diámetro, de color discretamente eritematoso, consistencia blanda, superficie lisa, forma ovalada, de bordes regulares bien definidos, de base sésil (*Figura 1B*). La paciente refiere haber realizado una restauración en el molar adyacente en la zona, previo a la sintomatología, indica tiempo de evolución de más de un año. Se concluye clínicamente que se trata de irritación en la zona de la PNS. Se realiza tratamiento conservador con agentes paliativos, los cuales consistieron en verificación de restauraciones, eliminando zonas de irritación. Al cabo de un mes más, no se obtiene mejoría en la sintomatología, por lo que la paciente opta por la toma de biopsia excisional. El estudio de patología diagnóstica proceso inflamatorio inespecífico, en zona de placa neurógena subgumal (*Figura 2*); se realizan estudios de inmunohistoquímica para caracterizar las estructuras de la PNS (*Figura 3*). En el seguimiento a seis meses la paciente no presenta sintomatología.

Caso 3. Mujer de 33 años que acude a consulta odontológica por lesión dolorosa en borde posterolateral derecho de la lengua con dos meses de evolución, cuenta con antecedentes de tratamiento dental en los molares adyacentes previo al inicio de la sintomatología. Se realiza tratamiento conservador con agentes paliativos (iguales al caso 2). Al no mejorar la sintomatología se toma biopsia excisional. El estudio de patología diagnóstica proceso inflamatorio inespecífico, en zona de placa neurógena subgumal (*Figura 2*), se realizan estudios de inmunohistoquímica para caracterizar las estructuras de la PNS (*Figura 3*).

Caso 4. Mujer de 44 años que acude a consulta dental por ardor en la lengua, clínicamente se observa una pápula en borde posterolateral derecho de la lengua de 4 mm de diámetro, de color similar a la mucosa adyacente, de consistencia blanda, superficie lisa, forma irregular, bordes uniformes y de base móvil (*Figura 1C*) y en el borde posterolateral izquierdo se observa otra pápula, con características similares a la de lado derecho (*Figura 1D*). Se le menciona las opciones de tratamiento a la paciente, y opta aplicar láser de baja potencia obteniendo mejoría en la sintomatología. En cita de seguimiento a los dos meses no hay recidiva de los síntomas.

RESULTADOS

En la literatura encontramos diferentes definiciones de la PNS como «estructuras neurales normales ubicadas en el borde posterior de la lengua que presenta una variación anatómica regional no neoplásica»¹ o

«estructura morfológica normal que se encuentra en las papilas foliadas, fungiformes y circunvaladas de la lengua humana».⁴

Epidemiológicamente Katarinny Gonzaga y colaboradores³ en 2017 y Pareira Meirelles² en 2024 reportaron una ligera predilección de casos en mujeres.

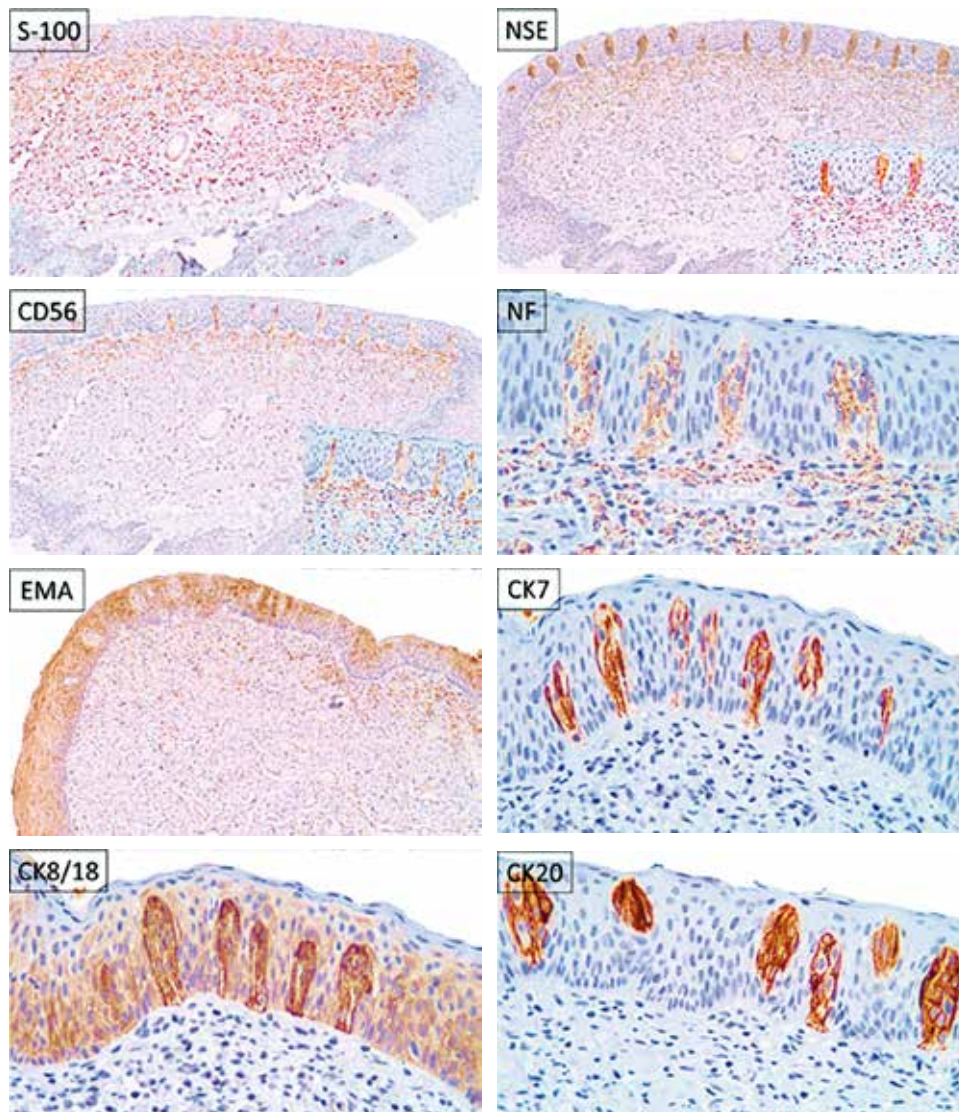


Figura 3: Microfotografías de inmunohistoquímica a través del sistema de estreptavidina-biotina peroxidasa con polímeros, como cromógeno la diaminobencidina. La inmunomarcación con S-100 muestra la característica expresión de la PNS en las áreas bifásicas que resaltan las células de Schwann y tiñen débilmente a los corpúsculos gustativos (CG). NSE, CD56 y NF muestran positividad en los CG, así como en los axones que se mezclan con las células de Schwann con expresión fibrilar. EMA presenta marcación en los estratos intermedio y superficial del epitelio con marcación citoplasmática. En la zona de la PNS se expresa en las vainas de fascículos nerviosos destacando áreas perineurales. CK7, CK8/18 y CK20 destacan con marcación intensa la presencia de los CG.

PNS = placa neurogénica subgumal.

En la actualidad, se desconoce el factor etiológico que puede causar dolor o ardor de la PNS; sin embargo, se ha descrito que puede inflamarse por un procedimiento quirúrgico como la extracción de un diente, una inyección de anestésico local o por un traumatismo.⁵

Los aspectos clínicos de la PNS no están bien definidos,² clínicamente se puede presentar como área eritematosa (atrófica), úlcera, mancha blanca⁶ o pápulas o nódulos hiperplásicos.^{4,7,8} Se ha relatado que la morfología de la PNS es nodular o papular.² Estas pápulas o nódulos de la PNS varían de 2 hasta 10 mm, según observaciones en serie de casos.⁵

En cuanto a la sintomatología, la placa es asintomática en condiciones normales. Los casos sintomáticos típicamente se manifiestan como sensación de dolor o ardor asociada al sitio de lesión^{8,9} pudiendo ser uni o bilateral.

Histológicamente, la PNS presenta un patrón bifásico, compuesto por una red neuronal circunscrita superficial, un plexo paralelo al epitelio superficial. El epitelio que recubre esta zona presenta frecuentes corpúsculos gustativos (CG). La porción más profunda está formada por pequeños fascículos nerviosos entrelazados con escasas células ganglionares maduras, las cuales en su mayoría estarán rodeadas de células satélite.^{1,7} La parte superficial consiste en células alargadas y fusiformes, con una cantidad variable de colágeno en un patrón similar a un neurofibroma.⁵ Se presentaron glándulas de Von Ebner y una cantidad discreta a moderada de infiltrado linfocitario inflamatorio subepitelial.^{1-4,7} La parte profunda se compone de frecuentes células ganglionares dispersas.⁶ Ocasionalmente se pueden identificar estructuras similares al órgano yuxtaoral de Chievitz sobre la PNS.¹⁰⁻¹²

El inmunoperfil de la PNS se caracteriza por la positividad para S-100,^{1,6} enolasa (NSE), CD56, antígeno epitelial de membrana (EMA) en la vaina de los fascículos nerviosos, citoqueratina 7 (CK7) en las células basales de las papilas gustativas. Una ligera tinción de citoqueratina 8 (CK8) en las células basales del epitelio estratificado y una tinción intensa sobre las papilas gustativas. Citoqueratina 14 (CK14) en el epitelio estratificado, pero ausente sobre las papilas gustativas. Así mismo se observó numerosas papilas gustativas adyacentes al cuerpo de la PNS positivas con citoqueratina 20 (CK20) mostrando intensa marcación.⁷⁻¹¹

El diagnóstico clínico diferencial relatado en la literatura es muy variado e incluye: quistes linfocitiales,⁴ hiperplasia fibrosa,^{4,6,13} carcinoma de células escamosas,⁴ ganglioneuroma,^{3,7,14} pseudoganglioneurofibroma,⁷ neurofibroma,^{3,6,7,13,14} neuroma traumático,^{3,7,14} neuroma mucoso,^{7,13} lesión reactiva de tiroides lingual,⁶ candidosis,¹⁰ leucoplasia³ e hiperplasia pseudoepiteliomatosa.¹⁵

Con base en la sintomatología de dolor/ardor que se puede presentar en la PNS encontramos como diagnóstico diferencial a las alergias de contacto, papilitis lingual transitoria,⁷ papilitis foliada,¹⁶ úlcera,¹⁰ síndrome de boca ardiente, la glositis atrófica,⁷ infecciones fúngicas, deficiencias vitamínicas, efecto secundario a medicamentos, alteraciones orales, estrés psicológico, diabetes, sequedad de bocas, galvanismo, hábitos parafuncionales o lesiones de nervios craneales.⁹

Al consultar la literatura se observó que el tratamiento que en la actualidad más se realiza sobre la PNS es la extirpación quirúrgica, ya que normalmente su diagnóstico fue histológico; sin embargo, como primera opción tenemos a los tratamientos convencionales locales para controlar el dolor focal, como revisión de restauraciones mal ajustadas, uso de fotobiomodulación, indicaciones de higiene y dieta. De no obtener una mejora, la extirpación puede ser útil para detener completamente los síntomas y obtener un diagnóstico confirmatorio.⁸ Se cree que la cirugía funciona porque al extirpar el área expuesta al traumatismo crónico, ya no habrá área que genere un estímulo de dolor/ardor provocado por los mediadores químicos de las células inflamatorias, dejando de estimular directamente los elementos neurales de la placa neurogénica subgumal.^{8,10}

Heguedusch y colegas¹⁰ mencionan que se recomienda la extirpación quirúrgica de la PNS sintomática, aunque se desconoce la afección que la extirpación de la PNS pueda representar en la calidad de vida del paciente.

En cuanto al pronóstico, se considera favorable si posterior a la biopsia, la sintomatología cesa. Se catalogará reservado si y solo si los síntomas tardan en remitir.

En la *Tabla 1* se presentan los hallazgos encontrados en la literatura expuestos de forma cronológica.

DISCUSIÓN

La PNS es una estructura normal de la lengua localizada en los bordes laterales a nivel posterior, que ocasionalmente puede extenderse al dorso lingual.⁶ Hasta el momento se han relatado 116 casos de pacientes con PNS, en donde las mujeres han predominado y se ha identificado una prevalencia en la quinta y séptima década de la vida.² En este estudio, las manifestaciones clínicas coinciden con las relatadas en la literatura,^{1,7,9} que consisten en pápulas de 2 a 10 mm, el color puede ser normal o eritematoso (atrófico), la superficie es lisa y la base varía de sésil a pediculada, mostrando consistencia blanda. Por lo tanto, estas características deben ser consideradas normales en el examen clínico de rutina.

Tabla 1: Cronología de placa neurogénica subgema.

1999	McDaniel et al. ¹⁷ describe por primera vez que los plexos nerviosos subepiteliales están normalmente en las papilas circunvaladas, fungiformes y foliadas de la lengua
2004	Triantafyllou et al. ¹⁶ relata la semejanza histológica de la PNS con un neurofibroma y describe sus diferencias para un correcto diagnóstico de ambas entidades. Postula por primera vez que los síntomas pueden ser por traumatismo crónico, el cual estimula las fibras nerviosas directamente o a través de la inflamación que el trauma genera
2006	Val-Bernal et al. ¹⁵ menciona la probabilidad de que la PNS desde una vista tridimensional pueda ser un anillo completo contiguo al epitelio inferior. Así mismo menciona que, aunque no se hayan definido consecuencias clínicas significativas, merecen reconocimiento para evitar un diagnóstico erróneo
2008	Gueiros et al. ⁷ reporta la diferencia entre la PNS y ganglioneuroma, neuroma, lengua ardiente focal, alergia por contacto y glositis papilar fungiforme. Así mismo, menciona que la extirpación quirúrgica no es considerada la primera opción para su manejo
2009	Gueiros et al. ⁹ describe que la PNS está asociada frecuentemente con folículos linfoides, formando un complejo morfológico y fisiológico con la papila gustativa, por lo cual debe considerarse como una estructura normal de la lengua
2009	Rodrigues et al. ⁸ escribe en su artículo que es una estructura neural propia del tercio posterior del borde lateral de la lengua
2012	Brito et al. ⁶ relata por primera vez un caso de PNS en el dorso de la lengua, próximo al borde de la lengua.
2014	Palazzolo et al. ¹¹ describe por primera vez la presencia de los órganos yuxtaorales de Chievitz en la placa neurogénica subgema ¹²
2015	Fonseca et al. ¹⁴ publica el hallazgo de PNS asociada con el órgano yuxtaoral de Chievitz y resalta igual que Palazzolo et al. ¹¹ la importancia de no malinterpretar estas estructuras normales con invasión de carcinoma en tejido neural
2017	Pellicoli et al. ¹ reafirma el hecho de que la PNS es una estructura normal que puede causar sintomatología como dolor y/o ardor y que cuando esta estructura no presente sintomatología no requerirá de tratamiento
2017	Gonzaga et al. ³ reporta que la placa neurogénica subgema presenta una ligera predilección por el sexo femenino
2018	Agrawal et al. ¹³ describe que, en casos asintomáticos, la biopsia solo será necesaria para descartar neoplasias
2020	Ide et al. ¹⁸ plantea que el órgano yuxtaoral de Chievitz presente en la PNS no debe interpretarse de origen neural, si no de origen epitelial, es decir, de vestigios epiteliales
2022	Val-Bernal et al. ¹⁹ menciona que las PNS son estructuras pequeñas que pueden sufrir hiperplasia y que son más frecuentes de lo que se pensaba anteriormente
2023	Soares et al. ²⁰ plantean la posibilidad de que la sintomatología en la PNS puede ser una manifestación tardía de la infección por COVID-19

PNS = placa neurogénica subgema.

La mayoría de los artículos encontrados en esta revisión corresponden a PNS con sintomatología,⁷⁻¹⁰ es decir, que la PNS en condiciones normales no causa dolor o ardor. Se atribuye la causa de sintomatología a traumas² que pueden ser crónicas o únicas y provoquen inflamación en esta estructura neural generando dolor o ardor.

El tratamiento propuesto es único para casos con sintomatología. Algunas opciones terapéuticas incluyen eliminar factores irritantes locales y/o aplicación de láser de baja potencia. Si estos tratamientos conservadores no alivian las molestias, entonces se puede realizar remoción quirúrgica de la zona afectada.^{5,9,10}

El odontólogo y profesionales de la salud pueden identificar la presencia de la PNS identificando las características clínicas mostradas en los casos presentados y enlistadas a continuación:

1. Crecimientos papulares o nodulares.
2. Localizados en bordes laterales (uni o bilaterales) a nivel de las papilas circunvaladas, fungiformes y foliadas de la lengua.
3. Tamaño de 2 a 10 mm.
4. La coloración de estas estructuras puede variar de rosa pálido o discretamente eritematoso.

5. Presentan consistencia blanda.
6. Superficie lisa.
7. Pueden presentar forma ovoide o esférica.
8. Pueden tener una base sésil o pediculada.

En ausencia de sintomatología no debe realizarse ningún tipo de manipulación o tratamiento. En caso de realizar algún procedimiento odontológico en esa zona, se debe llevar a cabo sin lesionar la PNS para evitar la aparición de dolor o ardor.

CONCLUSIÓN

Identificar y comprender la PNS es crucial para evitar lesionar esta zona y no llevar a cabo biopsias innecesarias. Es imperativo que el odontólogo identifique esta región y pueda informar al paciente adecuadamente respecto a su manejo.

REFERENCIAS

1. Pellicoli ACA, Fonseca FP, Silva RN, Gueiros LAM, de Almeida OP, Vargas PA et al. Histomorphometric characterization of subgemma neurogenous plaques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2017; 123 (4): 477-481.
2. Meirelles DP, Felix FA, de Sousa SF, de Aguiar MCF. Subgemma neurogenous plaque: a series of six cases and a literature overview. *Oral Maxillofac Surg*. 2024; 28 (2): 975-983.
3. Gonzaga AKG, Moreira DGL, Sena DAC, Lopes MLDS, de Souza LB, Queiroz LMG. Subgemma neurogenous plaque of the tongue: a report of three cases. *Oral Maxillofac Surg*. 2017; 21 (3): 351-355.
4. Lopes-Santos G, Cardoso CL, Oliveira DT. Subgemma neurogenous plaque of posterolateral region in tongue: A case report and review of literature. *Int J Surg Case Rep*. 2022; 94: 107086.
5. Alnajjar H, O'Toole TR, Lin DM, Al-Khudari S, Gattuso P. Subgemma neurogenous plaque: a clinical and pathologic review with comparison to common head and neck neural tumors. *Clin Pathol*. 2019; 12: 2632010X19830180.
6. Brito JA, de Souza FT, de Lacerda JC, Bernardes VF, Gomes CC, Gomez RS. Asymptomatic nodule in the tongue. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2012; 114 (3): 281-283.
7. Gueiros LA, León JE, Leao JC, Lopes MA, Jorge J, de Almeida OP. Subgemma neurogenous plaque: clinical and microscopic evaluation of 7 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 108 (6): 920-924.
8. Rodrigues GGN, Zanon CF, Hespanhol W, Cavalcante MAA, Romão M. Placa neurogênica sub-geminal. *Relatos Casos Cir*. 2009; (3): 1-4.
9. Gueiros LA, Leon JE, Lopes MA, de Almeida OP, Jorge J. Subgemma neurogenous plaque associated with burning tongue: report of two cases and review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2008; 37 (8): 773-776.
10. Heguedusch D, Maciel LFO, Oliveira SV, Custódio M, Nunes FD, Lemos-Junior CA et al. Clinical aspects of tongue subgemma neurogenous plaque: Surgical treatment of two symptomatic cases. *J Oral Diagn*. 2019; 4: 1-4.
11. Palazzolo MJ, Fowler CB, Magliocca KR, Gnepp DR. Neuroepithelial structures associated with the subepithelial nerve plexus of taste buds: a fortuitous finding resembling the juxtaoral organ of Chievitz. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2014; 117 (4): 497-501.
12. Bommanavar SB, Hema KN, Baad R. Juxtaoral organ of Chievitz: An innocuous organ to be known. *J Oral Maxillofac Pathol*. 2017; 21 (1): 162-164.
13. Agrawal M, Sonthalia S, Jha AK, Goldust M. Asymptomatic pinkish-red nodule over the posterolateral tongue. *J Cutan Aesthet Surg*. 2018; 11 (4): 245-247.
14. Fonseca FP, Latta Moreira JP, Almeida OP, Vargas PA, Mauad T. Neuroepithelial structures associated with neurogenous subgemma plaque of the tongue: an autopsy finding. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2015; 120 (1): 94-96.
15. Val-Bernal JF, Rivadulla I, Garijo MF. Lingual subgemma neurogenous plaques with pseudoepitheliomatous hyperplasia: incidental pseudomalignant condition. *Pathol Int*. 2006; 56 (8): 462-465.
16. Triantafyllou A, Coulter P. Structural organization of subgemma neurogenous plaques in foliate papillae of tongue. *Hum Pathol*. 2004; 35 (8): 991-999.
17. McDaniel RK. Subepithelial nerve plexus (with ganglion cells) associated with taste buds. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999; 87 (5): 605-609.
18. Ide F, Ito Y, Nishimura M, Kusama K, Kikuchi K. So-called neuroepithelial structures in the posterolateral tongue: what can be learned from former studies? *Head and Neck Pathology*. 2020; 14: 1092-1093.
19. Val-Bernal JF, Garijo MF, Fontanil N. Subgemma neurogenous plaques of the tongue: a systematic autopsy study. *Rom J Morphol Embryol*. 2022; 63 (3): 545-553.
20. Soares CD, de Souza LL, Laffitte CM, Pontes HAR, de Almeida OP, Mosqueda-Taylor A, Hernandez-Guerrero JC et al. Symptomatic subgemma neurogenous plaque in patients with COVID-19: Is there an association? *J Oral Pathol Med*. 2023; 52 (6): 514-520.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Aspectos éticos: todos los procedimientos realizados en humanos se ajustaron a los principios establecidos en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (AMM), así como lo establecido en la Ley General de Salud Título Quinto y el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, y NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos.

Financiamiento: este trabajo no cuenta con financiamiento.

Correspondencia:

Víctor Hugo Toral-Rizo

E-mail: vhtoralr@uaemex.mx

Frenotomías con láser de diodo en pacientes pediátricos con anquiloglosia: serie de casos clínicos.

Frenotomies with diode laser in pediatric patients with ankyloglossia: clinical case series.

Mariana Mora-Herrera,^{*,‡} Raúl Márquez-Preciado,^{*,‡} José Arturo Garrocho-Rangel,^{*,‡}
Óscar Arturo Benítez-Cárdenas,^{*,§} Juan Antonio Cepeda-Bravo,^{*,¶} Marine Ortiz-Magdaleno^{*,||}

RESUMEN

El frenillo es un pliegue de tejido fibroso, muscular o ambos, cubierto de mucosa oral encargado de mantener fija a la mucosa de los carrillos, lengua y labios, el hueso alveolar, la encía y el periostio. El frenillo lingual, en algunos casos, suele tener una inserción corta que puede generar problemas en el paciente pediátrico debido al papel importante que la lengua posee en el funcionamiento y desarrollo adecuado del sistema estomatognático; a este padecimiento se le conoce como anquiloglosia que significa lengua anclada, por lo que la lengua tiene dificultades para moverse. La frenotomía es una técnica quirúrgica que sirve para liberar el frenillo lingual, es un tratamiento efectivo, simple y seguro. El uso de láser ha adquirido popularidad en cirugías de tejidos blandos por sus múltiples beneficios como menor tiempo operatorio, control del sangrado y hemostasia, además de no requerir suturas y minimizar el dolor e inflamación. El objetivo de este artículo es mostrar una serie de casos clínicos en los cuales se realizaron frenotomías con láser de diodo y en los que se obtuvieron resultados funcionales satisfactorios con menor estrés en los pacientes.

Palabras clave: anquiloglosia, frenillo lingual corto, láser de diodo, paciente pediátrico.

ABSTRACT

The frenum is a fold of fibrous tissue, muscular or both, covered with oral mucosa responsible for keeping the mucosa of the cheeks, tongue and lips, the alveolar bone, the gum and the periosteum fixed. The lingual frenulum in some cases usually has a short insertion that can cause problems in the pediatric patient due to the important role that the tongue plays in the proper functioning and development of the stomatognathic system; this condition is known as ankyloglossia which means anchored tongue, so the tongue has difficulty moving. Frenotomy is a surgical technique that is used to release the lingual frenum; it is an effective, simple and safe treatment. The use of laser has gained popularity in soft tissue surgeries due to its multiple benefits such as: shorter operating time, bleeding control and hemostasis, in addition to not requiring sutures and minimizing pain and inflammation. The purpose of this article is to show a series of clinical cases in which diode laser frenotomies were performed and where satisfactory functional results were obtained with less stress on patients.

Keywords: ankyloglossia, tongue-tie, diode laser, pediatric patient.

INTRODUCCIÓN

El término anquiloglosia (lengua anclada) se refiere a un trastorno de la lengua que está presente desde el nacimiento. Restringe el rango del movimiento

de la lengua debido a que la inserción del frenillo lingual es anómala porque el pliegue vertical de la mucosa es más corto de lo normal. La anquiloglosia puede afectar las funciones orales como la succión, la deglución, el habla, la masticación y los movimientos

* Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

‡ Especialista en Estomatología Pediátrica.

§ Cirujano maxilofacial.

¶ Especialista en Periodoncia.

|| Doctor en Ingeniería y Ciencia de Materiales.

Recibido: 24 de octubre de 2023. Aceptado: 14 de noviembre de 2025.

Citar como: Mora-Herrera M, Márquez-Preciado R, Garrocho-Rangel JA, Benítez-Cárdenas ÓA, Cepeda-Bravo JA, Ortiz-Magdaleno M. Frenotomías con láser de diodo en pacientes pediátricos con anquiloglosia: serie de casos clínicos. Rev ADM. 2025; 82 (6): 378-383. <https://dx.doi.org/10.35366/122115>



articulares, por lo que su detección temprana es fundamental para el adecuado desarrollo neuromuscular de los niños.¹

Las consecuencias de padecer anquiloglosia se clasifican en orales y generales. Las consecuencias orales incluyen el movimiento restringido de la lengua que conduce a la alteración de la articulación del habla, principalmente de los sonidos «h», «l», «r», «t», «d», «sh», «w» y «z». Las consecuencias generales afectan la interacción social debido a la falta de armonía en el habla.²

El tratamiento quirúrgico de la anquiloglosia se basa en el grado de restricción del movimiento de la lengua y las limitaciones funcionales relacionadas. El uso del láser quirúrgico es un tratamiento alternativo comparado con el método convencional que consiste en realizar un corte con bisturí. La literatura científica ha reportado que las frenotomías realizadas con láser ofrecen mayores beneficios de acuerdo con las percepciones de los pacientes pediátricos.³

La Academia Americana de Odontología Pediátrica reconoce el uso del láser como un instrumento beneficioso en procedimientos de restauración dental y tejidos blandos para bebés, niños y adolescentes.⁴ Estudios concuerdan que las frenotomías con láser generan mayor comodidad en los tiempos postoperatorios, con menor molestia de los pacientes al hablar y masticar. Además, proporcionan una mayor precisión comparado con el bisturí, lo que genera menos dolor, sangrado, inflamación y una cicatrización retráctil.⁵

En este artículo se presenta una serie de tres casos clínicos de frenotomías en pacientes pediátricos realizadas con láser de diodo como instrumento quirúrgico en la clínica de la especialidad en estomatología pediátrica de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

PRESENTACIÓN DE LOS CASOS

En cada uno de los casos clínicos presentados en este artículo los padres acompañaron al paciente pediátrico a las consultas donde autorizaron y firmaron el consentimiento informado tras recibir la información adecuada sobre los procedimientos de diagnóstico y tratamiento del menor, así como de los registros fotográficos necesarios para la posterior publicación del caso. Este trabajo fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (CEI-FE-087-022).

En los tres procedimientos quirúrgicos se infiltró lidocaína al 2% con epinefrina 1:100,000 en ambos lados del frenillo y en la punta de la lengua, donde se colocó un punto de sutura para ayudar a referir la lengua durante todo el procedimiento y evitar la deformación y la tensión del frenillo durante el procedimiento. Se colocaron unas gafas protectoras para el paciente, operador y personal auxiliar.

La presencia de dolor se valoró utilizando la escala de expresiones faciales de Biere: 1) ausencia de dolor, 2) leve, 3) moderado, 4) severo y 5) insoportable, es una escala subjetiva y válida en niños mayores de 2-3 años.⁶ Para poder estimar el tipo de anquiloglosia se utilizó la clasificación de Coryllos, la cual permite determinar el lugar de inserción y las características físicas del frenillo mediante la observación y la palpación (*Tabla 1*).⁷ El comportamiento del paciente pediátrico en el sillón dental se clasificó en cuatro tipos de acuerdo al grado de respuesta conductual con la escala de Frankl (*Tabla 2*).⁸⁻¹⁰

El equipo láser de diodo (SOL® DenMat) se configuró con el sistema de corte, a una longitud de onda de 808 nm y una potencia de 3 W en modo de pulso de onda continua. Con la punta activada, se realizó el corte del frenillo en el área de inserción en forma horizontal para

Tabla 1: Clasificación anatómica de Coryllos.

Tipo I	Frenillo fino y elástico; la lengua está anclada desde la punta hasta el surco alveolar y se observa en forma de corazón
Tipo II	Frenillo fino y elástico; la lengua está anclada desde 2-4 mm de la punta hasta cerca del surco alveolar
Tipo III	Frenillo grueso, fibroso y no elástico; se encuentra anclada desde la mitad de la lengua hasta el piso de la boca
Tipo IV	El frenillo no se ve, se palpa, con un anclaje fibroso o submucoso grueso y brillante desde la base de la lengua hasta el piso de la boca

Tabla 2: Escala de Frankl.

Paciente	Escala	Comportamiento
Frankl 1	Definitivamente negativo	Paciente que no tiene capacidad de cooperar. Son niños que gritan, lloran, normalmente hay que ayudar a estabilizarlos
Frankl 2	Negativo	Paciente que es ansioso, que llora, no se queda del todo quieto, pero que acata órdenes, es capaz de sentarse y abrir la boca
Frankl 3	Positivo	Paciente que está en el sillón dental, que colabora, acata mejor las órdenes, no mueve las extremidades, pero que está temeroso, interrumpe el procedimiento de una manera intermitente
Frankl 4	Definitivamente positivo	El paciente es cooperador, acata órdenes, está tranquilo, no se mueve, está en una postura cómoda y colaboradora durante el tratamiento

romper la tensión en las fibras anteriores del frenillo. Al momento del corte los tejidos se cauterizan, por lo que no fue necesario suturar en ninguno de los casos descritos a continuación. El corte con el láser debe ser preciso para no lesionar arterias y/o el nervio lingual. A los padres de los pacientes se les dieron las indicaciones postoperatorias que consistían en dieta blanda, higiene oral y analgésico en caso de dolor. Se citó a los pacientes para valoración a la semana y al mes posterior al procedimiento.

Caso clínico 1

Paciente femenino de seis años tres meses de edad, remitida por su terapeuta de lenguaje al Postgrado en Estomatología Pediátrica de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, debido a que los movimientos limitados de la lengua interfieren en la pronunciación de los fonemas /r/, /rr/, /t/ y /s/. El diagnóstico con el que se refiere es dislalia originada por frenillo lingual corto.

La historia clínica de la paciente no presenta antecedentes médicos relevantes. Durante la exploración clínica intraoral y exploración digital se observó el frenillo lingual corto y una anquiloglosia anterior tipo II (frenillo fino y elástico mucoso) según la clasificación de Coryllos, lo que impide el movimiento libre de la lengua y limita su elevación y protrusión generando la forma característica de lengua en forma de corazón o en w. La limitación del movimiento no permite a la lengua tocar la bóveda palatina (*Figura 1A*).

El plan de tratamiento propuesto fue una frenotomía con láser de diodo (*Figura 1B y C*). La paciente presentó una conducta Frankl tipo 4, manifestó dolor leve y posterior a ocho días del procedimiento quirúrgico no presentó complicaciones durante la recuperación, por lo que se continúa con la estimulación del movimiento de la lengua.

Un mes después de la frenotomía se realizó una valoración en la que se observó una lengua más libre, la punta de la lengua logró extenderse sobre los labios sin tensión y su dislalia disminuyó.

Caso clínico 2

Paciente femenino de siete años cuatro meses de edad que acude al Postgrado en Estomatología Pediátrica de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

En la historia clínica refiere no presentar ningún antecedente médico relevante. En la exploración clínica intraoral se observó el frenillo lingual corto, con una anquiloglosia anterior tipo I según la clasificación de Coryllos (*Figura 1D*), por lo que se indica realizar una frenotomía con láser de diodo para resolver la anquiloglosia (*Figura 1E y F*).

La paciente presentó conducta Frankl tipo 3 y manifestó dolor leve. Después de siete días se observó una correcta cicatrización sin presentar complicaciones inmediatas y postoperatorias. Se indicó iniciar terapia de lenguaje para estimular más el movimiento de la lengua y ejercicios en casa.

Caso clínico 3

Paciente masculino de seis años cuatro meses de edad, acude al Postgrado en Estomatología Pediátrica de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

En la historia clínica no refiere ningún antecedente médico de importancia. En la exploración clínica intraoral se observó una lengua en forma de w, también conocida como lengua en forma de corazón por el frenillo lingual corto (*Figura 1G*). Presenta una anquiloglosia anterior tipo II según la clasificación de Coryllos (*Figura 1H*).

El plan de tratamiento consistió en realizar una frenotomía con láser de diodo para resolver la anquiloglosia (*Figura 1I*). Se consideró la conducta del paciente Frankl tipo 4 y manifestó dolor leve.

DISCUSIÓN

Las ventajas del uso de láser en cirugías de tejidos blandos se debe a que poseen excelentes cualidades para el corte, contorneado de tejidos blandos, la vaporización de fibras

profundas, coagulación/hemostasia. Las cirugías con láser de diodo se caracterizan por la ausencia de sangrado intraoperatorio, tienen un sistema de emisión de haz que emplea una pieza de mano de fibra óptica flexible, con una configuración sencilla. Es un semiconductor de estado sólido asociado con aluminio, galio y arsénico, altamente absorbido por la hemoglobina, pero pobre por el agua.¹¹

Los láseres de diodo tienen una capacidad importante para sellar capilares por medio de la desnaturalización de proteínas y la estimulación de la producción del factor VII



Figura 1: Fotografías intraorales de los tres casos clínicos presentados. Imágenes del primer caso clínico: **A)** frontal de la lengua en forma de w o de corazón, **B)** inserción corta del frenillo lingual y **C)** uso del láser de diodo. Segundo caso clínico: **D)** limitación del movimiento de protrusión de la lengua, **E)** anquiloglosia y **F)** procedimiento quirúrgico con el láser de diodo. Tercer caso clínico: **G)** vista lateral de la lengua en forma de w o de corazón, **H)** limitación del movimiento por el frenillo corto y **I)** área quirúrgica posterior al uso del láser de diodo en la cara ventral de la lengua.

de la coagulación. Además, estos láseres tienen propiedades desinfectantes y están indicados para cirugías de tejidos blandos bucales cerca de estructuras dentales que no impliquen un sangrado excesivo. Sin embargo, pueden causar aumentos rápidos de temperatura si se prolonga el tiempo de aplicación sobre el tejido irradiado; por lo que el enfriamiento con agua es imperativo.^{12,13}

En las frenotomías se recomienda el uso del láser de diodo con los siguientes parámetros: longitud de onda: 810-980 nm, fibra: 320-400 µm, potencia: 1.8 a 3 W y dosis de energía: 272 J, en modo continuo.¹⁴ Los casos clínicos reportados en este artículo se realizaron con el láser de diodo utilizando el equipo SOL® DenMat, el cual cuenta con cuatro modalidades de uso: *cut* (cortar), *debride* (desbridar), *perio* (periodontal) y *custom* (a medida). En las frenotomías realizadas en esta serie de casos clínicos se utilizó el equipo de láser de diodo en la modalidad *cut* y se programó a una potencia de 3 W en onda continua y una longitud de onda de 808 nm. La fibra óptica requiere que se «inicie» para realizar el procedimiento quirúrgico. El proceso de «iniciación» se refiere a preparar la punta de la fibra para que retenga el calor, fundiendo una capa delgada de pigmento sobre el extremo. La forma más sencilla de iniciar la punta es moviendo ligeramente el extremo de la fibra a través de un trozo de papel articular con la unidad ajustada en onda continua con un 1 W. La punta retendrá el pigmento del papel y resplandecerá, no debe superar 1 segundo en contacto. Una vez que la fibra óptica esté activada, se procede a realizar el acto quirúrgico.¹⁵

Las técnicas quirúrgicas de frenotomía con bisturí suelen requerir más de 15 minutos para realizar completamente una frenotomía en pacientes pediátricos, incluyendo la hemostasia y suturas necesarias, mientras que la cirugía con láser puede realizarse en menos de 10 minutos y en la mayoría de los casos no es necesario suturar.^{16,17} El tiempo del procedimiento quirúrgico en los casos clínicos de este artículo se contó a partir desde la colocación de la anestesia tópica hasta terminar el procedimiento, se obtuvo un promedio de 11 a 16 minutos.

De igual manera, se ha informado que las frenotomías con láser o electrobisturí han conducido a cómodos periodos postoperatorios, con menos quejas de los pacientes, como la dificultad para hablar y masticar. Además, se observa una mayor precisión al corte comparado con un bisturí, resultando en menos dolor, sangrado, inflamación y función restringida postoperatoria.¹⁸

Como parte del manejo interdisciplinario de la anquiloglosia en pacientes pediátricos, se recomendó como terapia complementaria continuar con los ejercicios de

lenguaje al día siguiente de la cirugía para permitir que la lengua se adapte a su nueva posición y movimiento.^{19,20}

CONCLUSIÓN

Los hallazgos clínicos obtenidos demostraron que la frenotomía con láser para tratamiento de anquiloglosia ocasionan un sangrado mínimo y dolor leve posiblemente por las cualidades de corte y cauterización del láser de diodo.

REFERENCIAS

- Costa-Romero M, Espínola-Docio B, Paricio-Talayero JM, Díaz-Gómez NM. Ankyloglossia in breastfeeding infants. An update. Arch Argent Pediatr 2021; 119 (6): 600-609.
- Calvo-Henríquez C, Neves SM, Branco AM, Lechien JR, Reinoso FB, Rojas XM et al. Relationship between short lingual frenulum and malocclusion: a multicentre study. Acta Otorrinolaringol Esp (Engl Ed). 2021; S0001-6519(21)00031-5.
- Parri Ferrandis FJ. Ankyloglossia in infants: surgical aspects. Cir Pediatr. 2021; 34 (2): 59-62.
- Messner AH, Walsh J, Rosenfeld RM, Schwartz SR, Ishman SL, Baldassari C et al. Clinical consensus statement: ankyloglossia in children. Otolaryngol Head Neck Surg. 2020; 162 (5): 597-611.
- Devishree, Gujjari SK, Shubhashini PV. Frenectomy: a review with the reports of surgical techniques. J Clin Diagn Res. 2012; 6 (9): 1587-1592.
- Roberts JF, Curzon ME, Koch G, Martens LC. Review: behaviour management techniques in paediatric dentistry. Eur Arch Paediatr Dent. 2010; 11 (4): 166-174.
- Ambulatoria. Cir May Amb. 2009; 14 (4): 143-145.
- Coryllos E, Genna CW, Salloum AC. Congenital tongue-tie and its impact on breastfeeding. In: American Academy of Pediatrics. Breastfeeding: Best for baby and mother; 2004. p. 1-11.
- Jamali Z, Vatandoost M, Erfanparast L, Aminabadi NA, Shirazi S. The relationship between children's media habits and their anxiety and behaviour during dental treatment. Acta Odontol Scand. 2018; 76 (3): 161-168.
- Frankl SN, Shiere FR, Fogels HR. Should the parent remain with the child in the dental operator? J Dent Child. 1962; 29 (3): 150-163.
- American Academy of Pediatric Dentistry. Guideline on behavior guidance for the pediatric dental patient. Pediatr Dent. 2015; 37 (6): 180-193.
- Dell'Olio F, Baldassarre ME, Russo FG, Schettini F, Siciliani RA, Mezzapesa PP et al. Lingual laser frenotomy in newborns with ankyloglossia: a prospective cohort study. Ital J Pediatr. 2022; 48 (1): 163.
- Khan U, MacPherson J, Bezuhly M, Hong P. Comparison of frenotomy techniques for the treatment of ankyloglossia in children: A systematic review. Otolaryngol Head Neck Surg. 2020; 163 (3): 428-443.
- Murias I, Grzech-Lesniak K, Murias A, Walicka-Cuprys K, Dominiak M, Golob Deeb J et al. Efficacy of various laser wavelengths in the surgical treatment of ankyloglossia: a systematic review. Life (Basel). 2022; 12 (4): 558.
- Cherian D, Saeed R, Anusha K, Rag B, Peter T. Management of ankyloglossia by functional frenuloplasty using diode laser. J Orthod Sci. 2023; 12: 23.

16. Mezzapesa PP, Lepore G, Acella V, De Giglio N, Favia G. Clinical outcomes of diode laser treatment of ankyloglossia in children and young adults: a report of two cases. *Cureus*. 2020; 12 (3): e7367.
17. Junqueira MA, Cunha NN, Costa e Silva LL, Araújo LB, Moretti AB, Couto Filho CE et al. Surgical techniques for the treatment of ankyloglossia in children: a case series. *J Appl Oral Sci*. 2014; 22 (3): 241-248.
18. Mills N, Pransky SM, Geddes DT, Mirjalili SA. What is a tongue tie? Defining the anatomy of the in-situ lingual frenulum. *Clin Anat*. 2019; 32 (6): 749-761.
19. Ata N, Alatas N, Yilmaz E, Adam AB, Gezgin B. The relationship of ankyloglossia with gender in children and the ideal timing of surgery in ankyloglossia. *Ear Nose Throat J*. 2021; 100 (3): NP158-NP160.
20. Amaíz Flores AJ. La electrocirugía en la Odontología actual. *Odontología Vital*. 2018; (28): 91-101.

Conflicto de intereses: no hay conflicto de intereses de los autores.

Aspectos éticos: se cuenta con el consentimiento informado firmado por los padres o tutores (representantes legales) de los menores para uso de datos, fotografías e imágenes clínicas.

Financiamiento: no hay fuentes de financiamiento para el trabajo.

Correspondencia:

Marine Ortiz-Magdaleno

E-mail: marine.ortiz@uaslp.mx

Recomendaciones para la prescripción de antibióticos basadas en evidencia en infecciones odontogénicas.

Evidence-based antibiotic prescribing recommendations in odontogenic infections.

Agustín Zerón*

RESUMEN

Las infecciones odontogénicas son comunes en la práctica clínica y, si bien muchas pueden resolverse con intervenciones locales, en ciertos casos requieren el uso de antibióticos. La prescripción adecuada de estos medicamentos es esencial para evitar la resistencia bacteriana y garantizar un tratamiento eficaz.

Palabras clave: infecciones odontogénicas, antibióticos, resistencia bacteriana.

ABSTRACT

Odontogenic infections are common in clinical practice and, although many can be resolved with local interventions, in certain cases they require the use of antibiotics. Proper prescription of these drugs is essential to prevent bacterial resistance and ensure effective treatment.

Keywords: odontogenic infections, antibiotics, bacterial resistance.

INTRODUCCIÓN

Las infecciones odontogénicas, originadas en los tejidos dentales y periodontales, representan una causa frecuente en la consulta odontológica. Aunque muchas de estas infecciones pueden manejarse con tratamientos locales, en determinados casos es necesario recurrir a la prescripción de antibióticos. Sin embargo, el uso indiscriminado de antibióticos ha contribuido al aumento alarmante de la resistencia bacteriana, lo que subraya la importancia de prescribir estos medicamentos basándose inicialmente en un adecuado diagnóstico, y aunque la prescripción en general es empírica al no usar antibiogramas o identificación bacteriana de rutina, al conocer actualmente los complejos bacterianos de la microbiota patogénica,

todo proceso terapéutico debe apegarse a la evidencia científica (Tabla 1).

INDICACIONES PARA LA PRESCRIPCIÓN DE ANTIBIÓTICOS

La antibioterapia está indicada en infecciones odontogénicas que presentan signos o riesgo de diseminación sistémica –como fiebre, linfadenopatías, trismus o celulitis–, y en pacientes inmunocomprometidos. Por el contrario, en casos de pulpitis, periodontitis crónica leves o abscesos localizados sin síntomas sistémicos, los antibióticos no suelen ser necesarios y el tratamiento debe centrarse en la intervención odontológica local, como el desbridamiento del biofilm oral, la eliminación de una lesión cariosa profunda, la instrumentación de

* Endoperiodontólogo especialista. ORCID: 0000-0003-2081-8072

Recibido: 24 de abril de 2025. Aceptado: 14 de noviembre de 2025.

Citar como: Zerón A. Recomendaciones para la prescripción de antibióticos basadas en evidencia en infecciones odontogénicas. Rev ADM. 2025; 82 (6): 384-386. <https://dx.doi.org/10.35366/122116>



conductos en caso de endodontitis, y el raspado y alisado radicular con o sin cirugía en casos de periodontitis severas. En la actualidad se sabe que una infección odontogénica tiene un efecto directo en la disbiosis microbiana que puede repercutir en el microbioma oral con impacto sistémico.

SELECCIÓN DEL ANTIBIÓTICO

Actualmente la amoxicilina es el antibiótico de primera elección debido a su eficacia contra los principales patógenos orales reconocidos. En antecedentes de infecciones previas, la amoxicilina con ácido clavulánico es un buen recurso ante la probabilidad de existir una infección con bacterias betalactámicas. En pacientes alérgicos a

la penicilina, se pueden considerar alternativas como la clindamicina, la cefalexina o los macrólidos (azitromicina, claritromicina), teniendo en cuenta las posibles reacciones cruzadas o los efectos secundarios como la colitis pseudomembranosa.

DURACIÓN DEL TRATAMIENTO

La duración óptima del tratamiento antibiótico debe basarse en la respuesta clínica de cada paciente. Se recomienda una prescripción inicial de cinco días y reevaluar al paciente para determinar la necesidad de continuar o ajustar la terapia por más tiempo. Prolongar el tratamiento más allá de la resolución de los síntomas puede favorecer la aparición de resistencia bacteriana.

Tabla 1: Lista de verificación para la prescripción de antibióticos en odontología (CDC).

Pretratamiento

- Diagnosticar correctamente una infección bacteriana oral
- Considerar intervenciones de manejo terapéutico, que pueden ser suficientes para controlar una infección bacteriana oral localizada
- Sopesar los posibles beneficios y riesgos (es decir, toxicidad, alergia, efectos adversos, infección por *Clostridium difficile*) de los antibióticos antes de recetarlos
- Recetar antibióticos solo a pacientes registrados y solo para infecciones bacterianas que haya sido capacitado para tratar
- No recetar antibiótico para infecciones virales orales, infecciones fúngicas o ulceraciones relacionadas con traumatismos o aftas. Implementar las recomendaciones nacionales de profilaxis antibiótica para las preocupaciones médicas para las que existen guías (por ejemplo, defectos cardíacos)
- Evaluar el historial médico y las condiciones de los pacientes, el estado de embarazo, las alergias a medicamentos y el potencial de interacciones farmacológicas y eventos adversos, cualquiera de los cuales puede afectar la selección de antibióticos

Prescripción

- Asegurarse de que las referencias de antibióticos basadas en la evidencia estén fácilmente disponibles durante las visitas del paciente
- Evitar la prescripción basada en prácticas históricas no basadas en la evidencia, por solicitud del paciente, o por conveniencia o presión de los colegas
- Realizar y documentar el diagnóstico, los pasos del tratamiento y la justificación para el uso de antibióticos (si se prescriben) en la historia clínica del paciente
- Prescriba solo cuando los signos y síntomas clínicos de una infección bacteriana sugieran una respuesta inmunitaria sistémica, como fiebre o malestar general junto con inflamación oral local
- Revise los regímenes antibióticos empíricos según la evolución del paciente y, si es necesario, los resultados de los cultivos
- Utilice el antibiótico más específico (de espectro reducido) durante el menor tiempo posible (2-3 días después de que remitan los signos y síntomas clínicos) para pacientes por lo demás sanos
- Discuta el uso de antibióticos y los protocolos de prescripción con los especialistas remitentes

Educación del paciente

- Eduque a sus pacientes para que tomen los antibióticos exactamente como se les prescribe, tomen los antibióticos recetados solo para ellos y no los guarden para futuras enfermedades

Educación del personal

- Asegúrese de que los miembros del personal estén capacitados para mejorar la probabilidad de que el paciente cumpla con las prescripciones de antibióticos. Los antibióticos solo son antibacterianos

PROFILAXIS ANTIBIÓTICA

La profilaxis antibiótica está indicada solo en procedimientos invasivos en pacientes con alto riesgo de endocarditis infecciosa o con sistemas inmunológicos comprometidos. La administración debe realizarse una hora antes del procedimiento, utilizando amoxicilina o, en caso de alergia, clindamicina.

CONCLUSIÓN

La prescripción racional de antibióticos en infecciones odontogénicas debe basarse en criterios clínicos claros basados en la evidencia científica para garantizar su eficacia terapéutica y minimizar el riesgo de resistencia bacteriana. Es fundamental que los profesionales de la odontología instruyan a sus pacientes sobre estrategias de prevención, y se mantengan actualizados sobre las guías y recomendaciones actuales para optimizar el uso de antibacterianos.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

1. Gaetti-Jardim E Jr, Landucci LF, de Oliveira KL, Costa I, Ranieri RV, Okamoto AC et al. Microbiota associated with

infections of the jaws. *Int J Dent*. 2012; 2012: 369751. doi: 10.1155/2012/369751.

2. Thompson W, Williams D, Pulcini C, Sanderson S, Calfon P, Verma M. Tackling antibiotic resistance: why dentistry matters. *Int Dent J*. 2021; 71 (6): 450-453. doi: 10.1016/j.identj.2020.12.023.
3. Brar NK, Dhariwal A, Shekhar S, Junges R, Hakansson AP, Petersen FC. HAMLET, a human milk protein-lipid complex, modulates amoxicillin induced changes in an ex vivo biofilm model of the oral microbiome. *Front Microbiol*. 2024; 15: 1406190. doi: 10.3389/fmicb.2024.1406190.
4. World Antimicrobial resistance Awareness Week. 18 to 24 November is World AMR Awareness Week. World Health Organization. WHO. Available from: <https://www.who.int/campaigns/world-amr-awareness-week>
5. Checklist for antibiotic prescribing in dentistry. National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (U.S.). Division of Healthcare Quality Promotion. CDC. Dental-fact-sheet-final. https://stacks.cdc.gov/view/cdc/47672/cdc_47672_DS1.pdf
6. Drug prescribing. Scottish Dental Clinical Effectiveness Pr. 2024. Available from: <https://www.sdcep.org.uk/publishedguidance/drug-prescribing/>
7. Antimicrobial resistance. 2024. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>

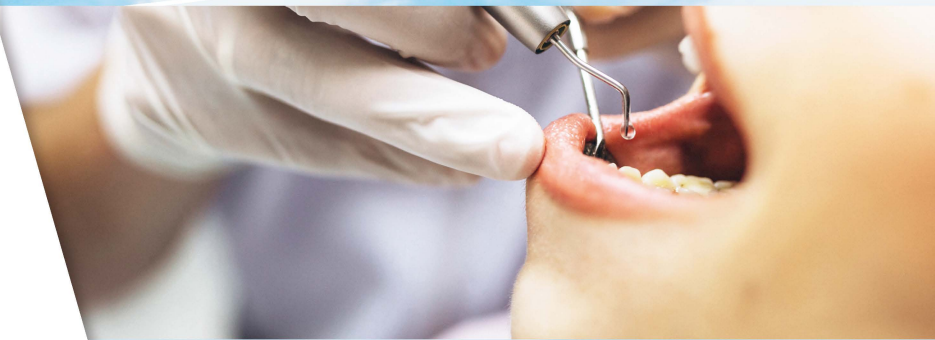
Correspondencia:

Agustín Zerón

E-mail: periodontologia@hotmail.com

CLAVULIN[®] 12h

Amoxicilina, Ácido Clavulánico



COMBATE EFICAZMENTE A LOS MICROORGANISMOS IMPLICADOS EN INFECCIONES ODONTOGÉNICAS^{1,2}

► CLAVULIN 12h[®] blinda el efecto antimicrobiano de la amoxicilina^{1,4}

El ácido clavulánico confiere un alto grado de protección contra las β -lactamasas, extendiendo su espectro antibiótico frente a bacterias **resistentes a amoxicilina**.¹⁻⁴

Elija bien a la primera:

CLAVULIN 12h[®] es el tratamiento empírico de **1^a elección en infecciones odontogénicas** en las GPC⁵



Para consultar la IPP
escanee este código

REFERENCIAS: 1. Tancawan AL, Pato MN, Abidin KZ, Asari ASM, Thong TX, Kochhar P, et al. Amoxicillin/Clavulanic Acid for the Treatment of Odontogenic Infections: A Randomised Study Comparing Efficacy and Tolerability versus Clindamycin. *Int J Dent*. 2015;2015:1-9; 2. Prevención, diagnóstico y tratamiento de las infecciones odontogénicas en adultos en primero y segundo nivel de atención. México: Secretaría De Salud, 2011; 3. Evans J, Hanoodi M, Wittler M. Amoxicillin Clavulanate. [Actualizado el 16 de Agosto de 2023]. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Ene 2024-. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538164/>; 4. Uto LR, Gerriets V. Clavulanic Acid. [Actualizado el 29 de Mayo de 2023]. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Ene 2024-. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545273/>; 5. Nieves Franco A, Herrera Becerril A, Sánchez Vázquez del Mercado M, Castillejos Vizcalfo VH. ¿Porqué se utiliza la amoxicilina con ácido clavulánico?. *Odontol. atual*. 2020;17(203):54-6.

sanfer[®]

Dentaflox[®]

CONTROL INTENSIVO

ENCÍAS SANAS,
protección *completa*



Profesionales en el **control** de la salud bucal

Aviso de Publicidad No. 2415112002D00206. Material exclusivo para el profesional de la salud.

