

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. **Etapa I:** $RBL < 15\%$.
2. **Etapa II:** RBL entre $15-33\%$.
3. **Etapa 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-

Radiografía periapical original vs radiografía procesada por inteligencia artificial

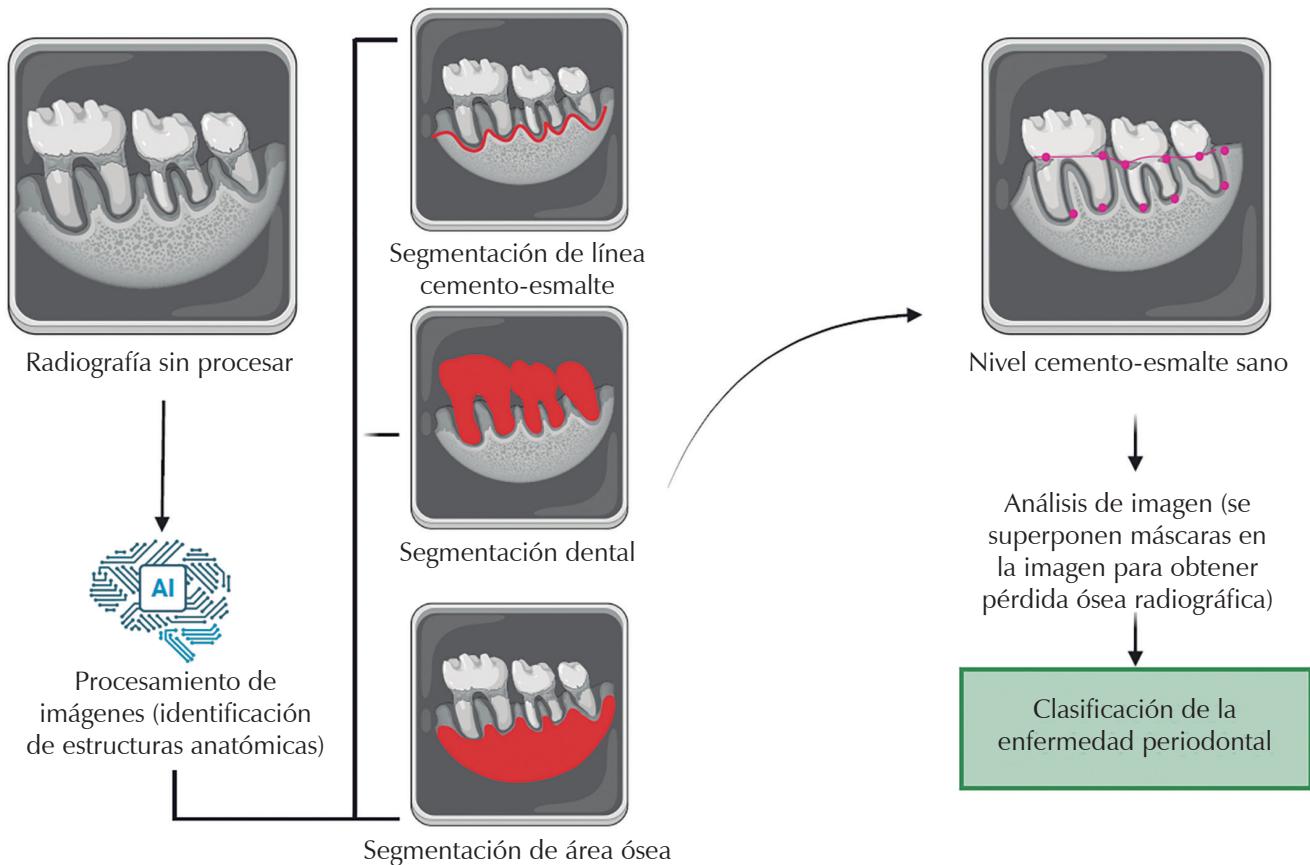


Figura 1: Análisis radiográfico para clasificación de la enfermedad periodontal mediante inteligencia artificial. Descripción del procesamiento de radiografía periapical mediante la IA, muestra la segmentación de la línea cemento-esmalte, órganos dentales y hueso. A partir de la identificación de estas 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/cbpajl4>

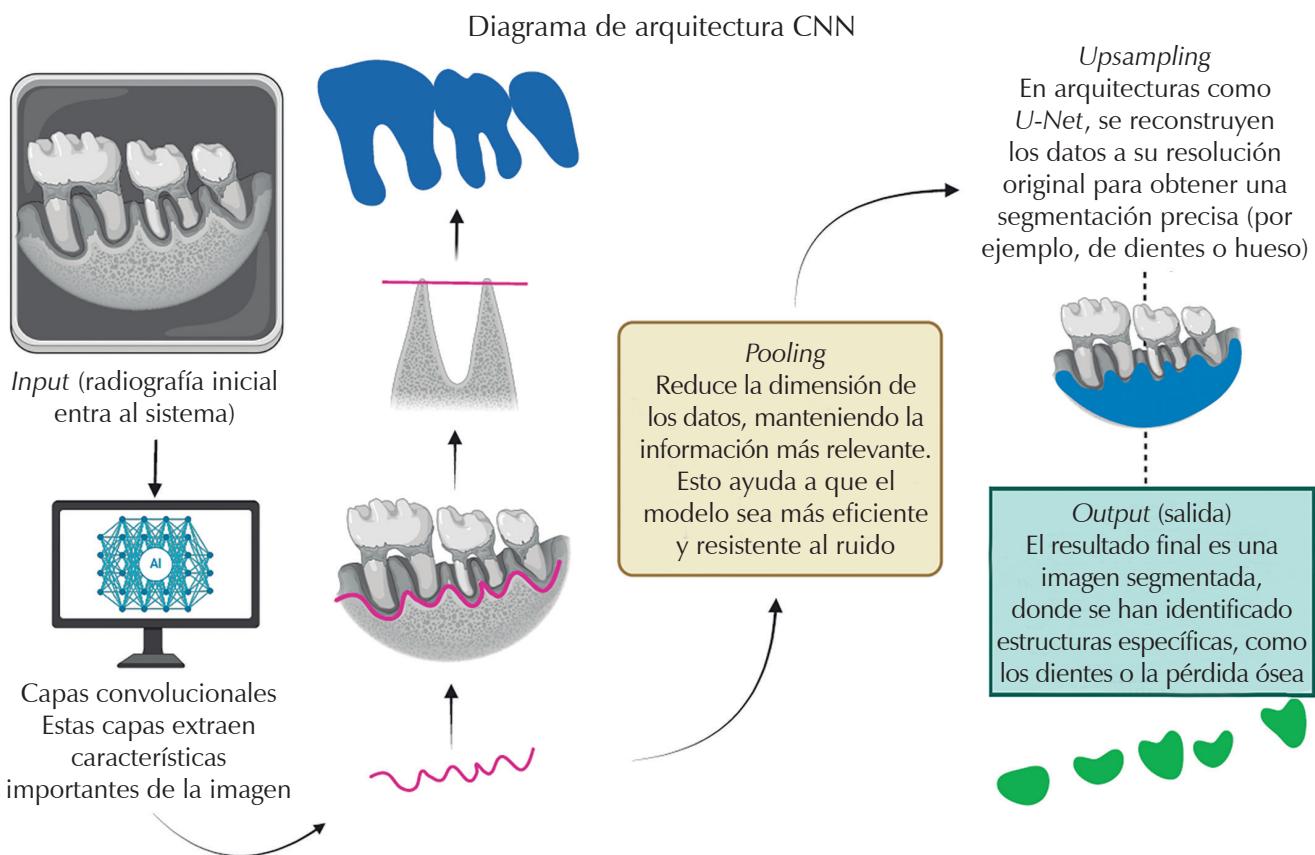


Figura 2: Procesamiento de radiografía periapical mediante redes neuronales convolucionales. El sistema recibe como entrada una radiografía periapical y procesa la imagen mediante capas convolucionales, pooling y upsampling. Este flujo permite identificar y segmentar estructuras clave, como dientes y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

Creado con BioRender. Garcia 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 periodontia, 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 periodontia para la detección de enfermedades periodontales a través de imágenes radiográficas 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

1. 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>
2. 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>
3. 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>
4. 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/>
5. 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.
6. Cedeño SLV, Láinez 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)
7. 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_odontología_Diagnóstico_precio_de_las_enfermedades_de_las_encias_en_minutos
8. 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.
9. 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.rmclc.2022.10.001>
10. 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>
11. 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>
12. 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>
13. 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>
14. 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>
15. Gulshan V, Peng L, Coram M, Stumpf 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>
16. 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>
17. Chang J, Chang MF, Angelov N, Viana A, Politis C, Lambrechts 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>
18. 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>
19. 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>
20. 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