

Inteligencia artificial, usos de software y sus aplicaciones en radiología dental.

Artificial intelligence, uses of software and its applications in dental radiology.

Anastacio Oropeza Oropeza,^{*,‡} Enrique Gaona,^{*,§} Nelly Molina Frechero,^{*,¶}
Guadalupe Robles Pinto,^{*,||} Enrique Castañeda Castaneira^{*,||}

RESUMEN

Introducción: la inteligencia artificial (IA) es utilizada en diferentes campos como la medicina, con múltiples resultados, por lo que el uso desarrollado en radiología dental puede aportar importancia para la profesión odontológica. **Objetivo:** el propósito del presente trabajo fue identificar los diversos softwares de inteligencia artificial con aplicaciones en radiología dental. **Material y métodos:** se realizó una revisión electrónica de la información relacionada con software de IA aplicada en radiología dental. Los criterios de inclusión consistieron en softwares de las tecnologías basadas en IA en radiografías dentales y sus aplicaciones en la práctica odontológica. **Resultados:** dentro de los softwares de IA pudimos encontrar los siguientes: Imagen Dental de IA de Carestream, Pearl by DentalMonitoring, Vizi AI de Vatech, Diagnocat: Promadent AI Insights. Y algunas empresas que utilizan IA en radiología dental como Zebra Medical Vision, Allisone Technologies, DentiMax. Las aplicaciones en radiología dental mejoran la precisión del diagnóstico, la eficiencia del flujo de trabajo, detectan problemas dentales en etapa temprana, diagnosticando caries, enfermedades de las encías, fracturas dentales, tumores maxilofaciales, además apoyan en la medición de la densidad ósea y localización de puntos de referencia cefalométricos. **Conclusiones:** en la última década se han desarrollado múltiples softwares con IA que tienen el potencial de revolucionar la radiología dental. Al mejorar la precisión del diagnóstico y la detección temprana de problemas dentales, la IA puede ayudar a los odontólogos a brindar una atención dental más precisa y segura a sus pacientes.

Palabras clave: inteligencia artificial, software, radiología dental, aplicaciones.

ABSTRACT

Introduction: artificial intelligence (AI) is used in different fields, such as medicine, with multiple results, so the use developed in dental radiology can add importance to the dental profession. **Objective:** the purpose of this work was to identify the various artificial intelligence software applications in dental radiology. **Material and methods:** an electronic review of the information related to AI software applied in dental radiology was carried out. The inclusion criteria consisted of AI-based technology in dental x-rays and their applications in dental practice. **Results:** within the AI software, we could find the following: AI Dental Image from Carestream, Pearl by DentalMonitoring, Vizi AI from Vatech, and Diagnocat: Promadent AI Insights. And some companies that use AI in dental radiology, such as Zebra Medical Vision, Allisone Technologies, and DentiMax. With the following applications in dental radiology, they improve diagnostic accuracy, workflow efficiency, detect dental problems at an early stage, diagnose cavities, gum diseases, dental fractures, and maxillofacial tumors, and also support density measurement of bones and the location of cephalometric reference points. **Conclusions:** in the last decade, multiple AI software programs have been developed that have the potential to revolutionize dental radiology. By improving diagnostic accuracy and early detection of dental problems, AI can help dentists provide more accurate and safer dental care to their patients.

Keywords: artificial intelligence, software, dental radiology, applications.

* Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México, México.

‡ Maestro en Ciencias Odontológicas.

§ Doctor en Física Médica, docente de la Maestría en Ciencias Odontológicas.

¶ Doctora en Ciencias Odontológicas. Coordinadora de Maestría en Ciencias Odontológicas.

|| Docente de la Maestría en Ciencias Odontológicas.

Recibido: 08 de julio de 2024. Aceptado: 11 de septiembre de 2024.

Citar como: Oropeza OA, Gaona E, Molina FN, Robles PG, Castañeda CE. Inteligencia artificial, usos de software y sus aplicaciones en radiología dental. Rev ADM. 2024; 81 (5): 271-279. <https://dx.doi.org/10.35366/118110>



INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) es un campo de la informática que busca crear softwares que puedan imitar las capacidades cognitivas del ser humano, como aprender, razonar, resolver problemas y tomar decisiones. El término inteligencia artificial hoy en día está en auge y pareciera ser un nuevo, que se está convirtiendo en parte de nuestra vida diaria en forma de Siri, Alexa, el Asistente de Google, etcétera. La IA es utilizada en diferentes aplicaciones, como la aviación y los juegos de computadora que están ampliamente presentes en la actualidad; sin embargo, el término IA fue utilizado en 1956 por John McCarthy,¹

desde entonces, las computadoras y las máquinas están programadas para imitar redes neuronales humanas y procesar datos para desarrollar algoritmos y aprendizaje profundo y el poder computacional ha crecido hasta el punto de realizar cálculos instantáneos con la capacidad de evaluar nuevos datos en tiempo real.

El uso de la IA en medicina se empezó a utilizar en el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades, así como para predecir los resultados del tratamiento y reducir los costos al ser sugerido por Ramesh,² se empezaron a integrar herramientas de ingeniería como la lógica difusa y sistemas computacionales en medicina, como la robótica y la administración de fármacos.³

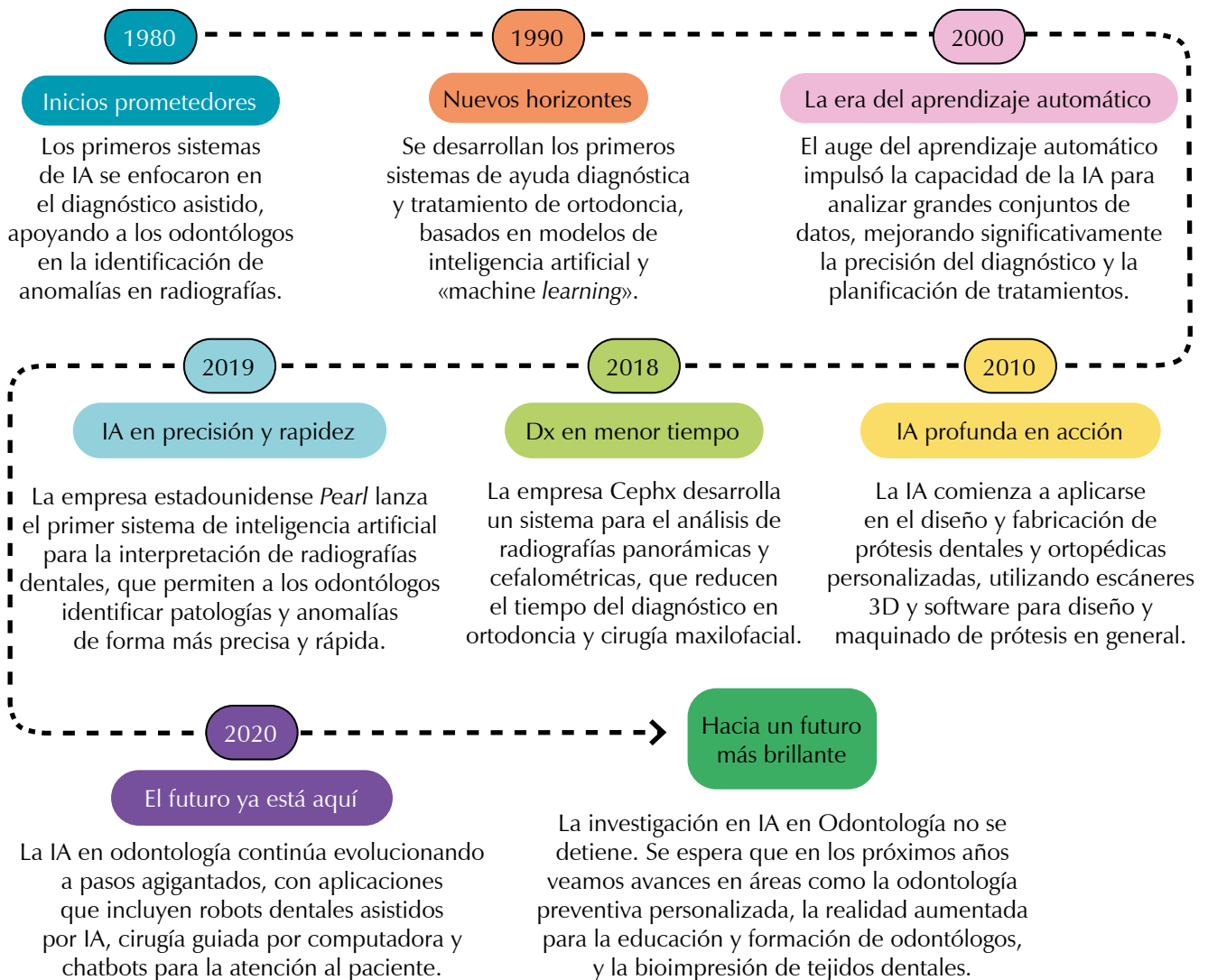


Figura 1: Línea del tiempo de la evolución de la IA en radiología dental.

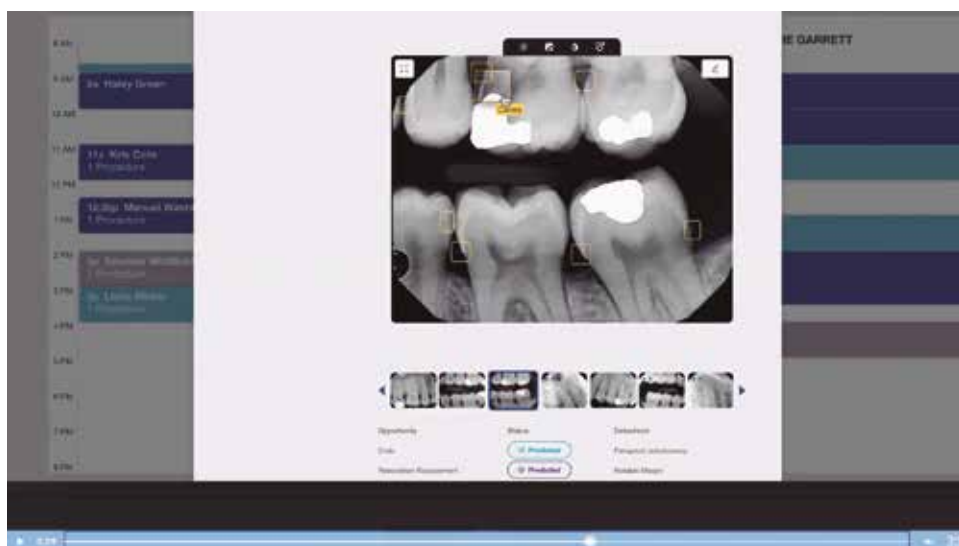


Figura 2:

Practice Intelligence[®] pone la IA de Pearl al servicio de los consultorios odontológicos.

En el campo de la odontología, la IA se empezó a desarrollar al crearse redes neuronales en forma de aplicaciones y programas informáticos en odontología restauradora, endodoncia, ortodoncia, periodoncia y otras especialidades,⁴ esas redes neuronales sirven para la detección de caries dentales, márgenes de restauración y fracturas radiculares verticales, entre otras.

El propósito del presente trabajo fue identificar los softwares de inteligencia artificial e identificar las aplicaciones en radiología dental.

EVOLUCIÓN DE IA EN RADIOLOGÍA DENTAL

Este campo relativamente nuevo ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, marcando un antes y un después en la atención odontológica.

En la *Figura 1* se hace un recorrido a través de los hitos más importantes que han dado forma a la IA en la radiología dental.⁵

SOFTWARE EN RADIOLOGÍA DENTAL

Este notable progreso se debe a las tareas de reconocimiento de imágenes, que en los últimos años han experimentado un crecimiento en la cantidad de acumulación y disponibilidad de datos digitales suficientes, así como un poder computacional significativo. Combinado con el aumento del acceso a exámenes radiológicos resultante de la carga de trabajo y la escasez de radiólogos capacitados y experimentados, la IA y sus capacidades han llevado a la vanguardia esta área de la medicina. Múltiples

grupos han desarrollado algoritmos de procesamiento de imágenes y visión por computadora para permitir un diagnóstico más rápido,⁶⁻⁸ mejorar la visualización de patologías,⁹⁻¹³ alertar situaciones de emergencia¹⁴⁻¹⁶ y ayudar en el problema crítico de deficiencia de mano de obra.¹⁷ Sin embargo, el desarrollo no debe tener la intención de reemplazar al radiólogo humano, sino más bien aumentar y proporcionar aplicaciones que resalten información que de otro modo no se obtendría mediante la visión humana, y proporcionar conocimientos que no están ampliamente disponibles en un período de tiempo más corto.¹⁸

El software de IA en radiología dental ayuda a los odontólogos a diagnosticar problemas dentales, puede analizar imágenes de radiografías para valorar automáticamente características que pueden ser indicativas de enfermedades dentales, como caries, periodontitis y anomalías óseas.

Este software ofrece una serie de aplicaciones, que incluyen mejoramiento en la precisión del diagnóstico, debido a que pueden ayudar a los dentistas a identificar patologías dentales con mayor precisión en etapas tempranas cuando son más fáciles de tratar, obteniendo una práctica más eficiente al automatizar la tarea de analizar imágenes de radiografías, reduciendo costos y evitando procedimientos dentales innecesarios.

En el mercado hay diversos softwares de los que podemos mencionar los que tiene un mayor *marketing*, como *Pearl by Dental Monitoring* (*Figura 2*) es un software de monitoreo dental que ayuda a los profesionales del área odontológica a realizar un seguimiento del progreso

de sus pacientes, además de detectar caries, enfermedad periodontal y problemas de alineación dental a través de fotos y videos de la boca del paciente y compararlos con el tiempo para ver el progreso del tratamiento, también crea planes de tratamiento personalizados.

El software *EzDent-i* de *Vatech* (Figura 3) crea imágenes 3D de dientes y huesos a partir de imágenes de radiografías 2D. Ofrece una amplia gama de herramientas para el diagnóstico y la comunicación dental. Está diseñado para ayudar a los dentistas a mejorar la eficiencia del flujo de trabajo, mejorar la precisión del diagnóstico y mejorar la comunicación con los pacientes, ofrece una variedad de opciones de radiografía 2D y 3D, que incluyen *Cone Beam Computed Tomography* (CBCT), cefalogramas y tomografías de haz cónico. Esto permite a los dentistas obtener imágenes detalladas de la boca y las estructuras faciales del paciente, lo que les ayuda a diagnosticar con precisión una amplia gama de problemas dentales. También incluye una variedad de herramientas de diagnóstico avanzadas, como la medición automática de angulación de implantes, la planificación virtual de implantes y la



Figura 3: Software *EzDent-i* que permite un análisis basado en la interpretación del volumen. Corre bajo el sistema operativo basado en 3D con base en 2D. Ahorro de tiempo empleado en el análisis y la comprensión de las imágenes del paciente.

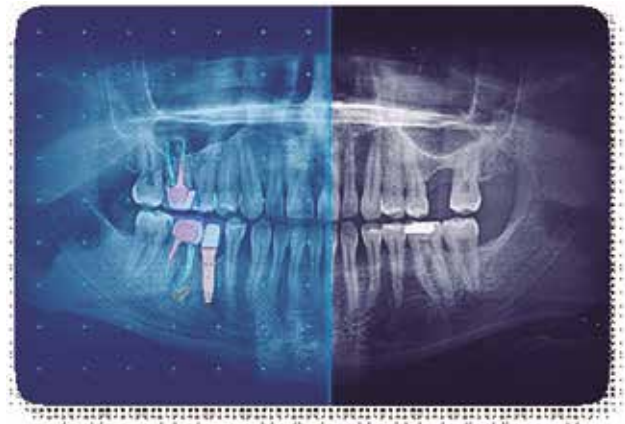


Figura 4: Software *Allisone*, artificial intelligence at the service of tomorrow's dentists.



Figura 5: *Second Opinion*®: la primera plataforma de IA dental en tiempo real que detecta automáticamente numerosas condiciones en las radiografías dentales. Plataforma de IA para radiografía dental *Second Opinion*®.

odontometría. Este software facilita la comunicación con los pacientes al proporcionar herramientas para crear presentaciones de casos personalizados, animaciones educativas y planes de tratamiento.

El software *Allisone Technologies* (Figura 4) fue creada por una empresa francesa que ha desarrollado una solución para el análisis de imágenes dentales radiográficas que con IA permite leer e interpretar las radiografías con rapidez y precisión. Además, ayuda a los profesionales odontólogos a explicar mejor a sus pacientes las dolencias que padecen.¹⁹⁻²¹

Este software analiza radiografías, datos del paciente y genera explicaciones visuales fáciles de entender sobre

salud oral y crea opciones de tratamiento disponibles. Este software incluye la posibilidad de enviar mensajes educativos, recordatorios de citas y encuestas de satisfacción a los pacientes.

El sistema *Second Opinion*[®] (Figura 5) ayuda a los profesionales de la odontología en la revisión de radiografías mediante la aplicación de IA para resaltar hallazgos patológicos y no patológicos. Este programa incluye la caries dental, discrepancias en el margen de las restauraciones, cálculos, radiolucencia periapical, coronas, conductos radiculares, puentes e implantes. Al tomar radiografías el sistema muestra en los monitores cualquier condición detectada, lo que brinda a los dentistas una visión más nítida de la salud bucal de sus pacientes, logrando que al visualizar la pantalla los pacientes obtengan una mayor comprensión de los hallazgos del odontólogo.

Diagnocat AI (Figura 6) realiza análisis de radiografías intraorales, radiografías panorámicas (OPG) e imágenes CBCT emitiendo un informe preciso, claro y conciso de más de 65 afecciones. Por término medio un especialista en radiología oral tarda al menos 30 minutos en analizar una CBCT. Este software revoluciona la entrega de diagnósticos odontológicos, ofreciendo resultados en tiempo récord, en tan solo 10 segundos genera hallazgos para imágenes 2D y de cuatro a seis minutos para imágenes CBCT. Esto permite a los profesionales dedicar más tiempo a la atención personalizada del paciente, explicando el diagnóstico y el plan de tratamiento de forma clara y sencilla. *Diagnocat AI* no sólo ofrece resultados veloces, sino que también brinda una herramienta invaluable para la comunicación con el paciente. Los informes detallados con imágenes 3D permiten explicar las patologías de forma clara y visual, aumentando la comprensión y aceptación del plan de tratamiento por parte de los pacientes.

El software *Carestream Dental AI Insights* (Figura 7) abre la puerta a nuevas oportunidades al combinar el poder de la inteligencia artificial con la tecnología basada en la nube, *AI Insights* es una solución innovadora y eficaz que analiza automáticamente las imágenes radiográficas panorámicas y documenta los resultados de los tratamientos. *AI Insights* se integra perfectamente con el software *CS Imaging 8* para ofrecer uniformidad de resultados y automatizar la creación de informes, lo que permite ahorrar tiempo mientras se mejora la aceptación de tratamientos propuestos. *AI Insights* proporciona la información necesaria para realizar un diagnóstico seguro y preciso, sólo hay que realizar una radiografía panorámica, llevar la imagen a la nube y *AI Insights* hará el resto, analizando automáticamente la imagen y mostrando los hallazgos en sólo unos segundos. El software puede detectar una amplia gama de afecciones, resaltándolas en color directamente en la imagen y dentro del gráfico interactivo, proporcionando informes de alta calidad en cuestión de segundos. Los resultados se exportan automáticamente a un informe completo que incluye la imagen, y un PDF de ese informe se guarda directamente en el historial del paciente en *CS Imaging Software*, esto facilita la documentación del tratamiento y del seguimiento.

Una empresa llamada *DentiMax* (Figura 8) ha desarrollado un sistema de IA que puede ayudar a los odontólogos a planificar tratamientos de implantes. El software de imágenes es uno de los pocos sistemas de imágenes digitales verdaderamente abiertos. Es compatible con prácticamente todos los sensores, escáneres de placas de fósforo, cámaras intraorales y unidades panorámicas/cefalográficas digitales, por lo que no es necesario cambiar el software de imágenes si se desea utilizar los sensores dentales *DentiMax*, ya que estos se integrarán perfectamente en la mayoría de los principales softwares de imágenes.



Figura 6:

Informe de *Diagnocat*[®] de terceros molares en contacto con el conducto mandibular y uno de ellos es el causante de un proceso patológico en la zona del OD 37.



Figura 7:

Imagen de hallazgos codificados por colores que hacen que la revisión de imágenes sea clara y sencilla.

APLICACIONES EN RADIOLOGÍA DENTAL

La IA se está aplicando cada vez más en la radiología dental, con el objetivo de mejorar la precisión y la eficiencia de los diagnósticos. Dentro de las diversas aplicaciones podemos mencionar que la versión del software se puede utilizar para detectar caries, fracturas, enfermedades periodontales, quistes y tumores. En algunos casos, la IA puede incluso superar a los radiólogos humanos en la detección de estas condiciones, se puede hacer segmentación de imágenes dentales en diferentes partes, como los dientes, tejido óseo y tejidos blandos. Esto puede ayudar a los radiólogos a obtener una mejor comprensión de la anatomía y la patología de la región dental, pudiendo planificar mejor el tratamiento dental, como la colocación de implantes o la extracción de dientes.^{19,20,22,23}

En estudios realizados por Oztekin y colaboradores,²¹ Goswami y su equipo²⁴ y Mallick y su grupo²⁵ se encontró que algunos algoritmos de IA podían detectar caries con una precisión de 99.5 a 99%, en comparación con 85% de los radiólogos humanos.

En odontología conservadora, los softwares de IA se aplican principalmente en el análisis de radiografías intraorales para diagnosticar caries interproximales, del esmalte y comprender la extensión real en dentina.⁷ De hecho, el análisis de la escala de grises de los diferentes píxeles presentes en la radiografía sirve para identificar la presencia o ausencia de caries y el tamaño de la lesión.

En los estudios de Pan Yang y colaboradores²⁶ y Motoki Fukuda y su equipo²⁷ se encontró que un algoritmo de

IA podía detectar fracturas radiculares con una precisión de 93%.

En el estudio de Cai y colaboradores¹⁴ utilizaron dos detectores de objetos distintos basados en *Convolutional Neural Network* (CNN), concretamente utilizando el programa YOLOv7, para detectar con precisión dientes y prótesis, el cual además integra un algoritmo de optimización de candidatos basado en conocimientos previos, lo que da como resultado *Mean Average Precision* (mAP) excepcionales de hasta 0.992 para la detección de dientes naturales y 0.983 para la detección de prótesis.

La IA está empezando a entrar en actividades y programas de odontología predictiva y diagnóstico por imagen.¹⁷ En ortodoncia, algunos programas ya permiten la detección automática de puntos de referencia cefalométricos en telerradiografías latero-laterales, de cambios radiográficos resultantes de tratamientos de ortodoncia sin extracciones y la predicción del crecimiento y desarrollo.^{9,18}

Siguiendo el mismo principio, el análisis de radiografías intraorales permite que algunos sistemas de IA detecten patologías endodóncicas y la anatomía de los conductos radiculares, sugiriendo la dificultad de su posible tratamiento.¹⁰ En el mismo contexto, en periodoncia e implantología la inteligencia artificial es útil para comprender los tipos de defectos óseos presentes y para evaluar el riesgo de desarrollar patologías periodontales/periimplantarias, siguiendo, por ejemplo, la observación de la desaparición de la lámina dura.¹¹ Además, en este campo el *deep learning* también puede permitir reconocer

el tipo de implante que hay en el hueso, en el caso de que se deba tratar a un paciente al que se le ha colocado un implante y cuyo tipo no se conoce.¹³

LIMITACIONES DE IA EN RADIOLOGÍA DENTAL

Como toda tecnología, a pesar de los avances significativos, la IA en radiología dental aún presenta algunas limitaciones.²⁸ Al contener información médica sensible como datos visuales y datos de salud personal, plantean importantes retos de privacidad y seguridad en el uso de la IA para su análisis e interpretación, algunas limitaciones son:

Cumplimiento normativo: es crucial garantizar el cumplimiento de las regulaciones de protección de datos, personales, para proteger la privacidad del paciente.

Sesgo algorítmico: la susceptibilidad de los algoritmos de IA a sesgos puede generar disparidades en la precisión del diagnóstico y las recomendaciones de tratamiento. Es esencial abordar estos sesgos mediante conjuntos de datos de entrenamientos diversos y representativos, y transparencia en la formulación de los algoritmos.

Preocupaciones éticas: el uso ético de la IA en radiología dental involucra consideraciones como la autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia del paciente. Se debe abordar la posible dependencia excesiva de la IA en la toma de decisiones clínicas, el impacto en las relaciones médico-paciente y la utilización responsable del conocimiento generado por la IA en la planificación del tratamiento.

Consentimiento informado y transparencia: es imperativo obtener el consentimiento informado de los pacientes para el uso de IA en imágenes en radiología dental. Deben estar informados sobre el papel de la IA en sus diagnósticos y planificación de tratamientos. La transparencia en el uso de los algoritmos de IA, incluidas sus limitaciones y posibles sesgos, es esencial para mantener la confianza de los pacientes y garantizar una práctica ética.

Responsabilidad y regulación: la responsabilidad inherente de los sistemas de IA en radiología dental, que abarca la validación de algoritmos y el uso responsable del conocimiento generado por la IA, es un desafío importante. La existencia de marcos regulatorios y directrices destinados al desarrollo ético y la implementación de la IA en la atención sanitaria, es esencial para garantizar la seguridad y el bienestar del paciente.

Costos y accesibilidad: la implementación de sistemas de IA en la radiología dental puede ser costosa, lo que limita su accesibilidad para algunos consultorios odontológicos, especialmente en áreas con recursos limitados.

Necesidad de capacitación y actualización continua: los dentistas y el personal dental deben estar capacitados adecuadamente para utilizar e interpretar correctamente los resultados de la IA. Además, los sistemas de IA deben actualizarse continuamente con nuevos datos e información para mantener su precisión y relevancia.

A pesar de estas limitaciones, la IA tiene el potencial de revolucionar la radiología dental al mejorar la eficiencia, la precisión y la accesibilidad del diagnóstico. Es importante abordar las limitaciones actuales mediante un enfoque



Figura 8:

Software de gestión de consultas dentales *DentiMax*.

multidisciplinario que implique la colaboración entre profesionales de la salud, científicos de datos, especialistas en ética y formuladores de políticas para establecer pautas éticas, mitigar los sesgos y salvaguardar la privacidad del paciente en la aplicación de la IA en radiología dental, mediante la investigación, el desarrollo y la implementación responsable de la IA en este campo, siempre priorizando la calidad de la atención al paciente y la ética profesional.

CONCLUSIONES

La radiología dental está a punto de dar un gran salto gracias a IA. Esta tecnología innovadora tiene el potencial de transformar la forma en que se diagnostican y tratan las enfermedades dentales, mejorando significativamente la calidad de la atención y los resultados para los pacientes.

Uno de los principales beneficios de la IA en la radiología dental reside en su capacidad para detectar anomalías con una precisión superior a la del ojo humano. Los algoritmos de IA pueden analizar imágenes dentales de forma minuciosa, identificando patrones sutiles que podrían pasar desapercibidos para los radiólogos experimentados. Esto permite un diagnóstico más temprano y preciso de diversas afecciones dentales, apoyando especialidades como odontología preventiva, ortodoncia, periodoncia, endodoncia e implantología dental.

La IA no sólo mejora la precisión del diagnóstico y la seguridad del paciente, sino que también puede automatizar tareas repetitivas que consumen tiempo valioso a los radiólogos, permitiendo a los profesionales enfocarse en tareas más complejas que requieran su experiencia y juicio clínico, por lo que constituye una excelente herramienta de apoyo al profesional de la salud oral.

REFERENCIAS

- Mintz Y, Brodie R. Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minim Invasive Ther Allied Technol.* 2019; 28: 73-81.
- Ramesh AN, Kambhampati C, Monson JR, Drew PJ. Artificial intelligence in medicine. *Ann R Coll Surg Engl.* 2004; 86: 334-338.
- Hamet P, Tremblay J. Artificial intelligence in medicine. *Metabolism.* 2017; 69S: S36-40.
- Ossowska A, Kusiak A, Swietlik D. Artificial intelligence in dentistry-narrative review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022; 19: 3449.
- Jadad-Bechara E. El impacto de la inteligencia artificial en la Odontología. *Dental Tribune.* 2023. Disponible en: <https://la.dental-tribune.com/news/el-impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-la-odontologia/>
- Marwaha J. Artificial intelligence in conservative dentistry and endodontics: a game-changer. *J Conserv Dent Endod.* 2023; 26: 514-518.
- Oguz FE, Ekersular MN, Sunnetci KM, Alkan A. Can chat GPT be utilized in scientific and undergraduate studies? *Ann Biomed Eng.* 2024; 52: 1128-1130. doi: 10.1007/s10439-023-03333-8.
- Mohammad-Rahimi H, Motamedian SR, Rohban MH, Krois J, Uribe SE, Mahmoudinia E et al. Deep learning for caries detection: a systematic review. *J Dent.* 2022; 122: 104115.
- Sadr S, Mohammad-Rahimi H, Motamedian SR, Zahedrozegar S, Motie P, Vinayahalingam S et al. Deep learning for detection of periapical radiolucent lesions: a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy. *J End.* 2023; 49: 248-261.e3.
- Revilla-León M, Gómez-Polo M, Barmak AB, Inam W, Kan JYK, Kois JC et al. Artificial intelligence models for diagnosing gingivitis and periodontal disease: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2023; 130: 816-824.
- Mohammad-Rahimi H, Motamedian SR, Pirayesh Z, Haiat A, Zahedrozegar S, Mahmoudinia E et al. Deep learning in periodontology and oral implantology: a scopingreview. *J Periodontal Res.* 2022; 57: 942-951.
- Revilla-León M, Gómez-Polo M, Vyas S, Barmak BA, Galluci GO, Att W, Krishnamurthy VR. Artificial intelligence applications in implant dentistry: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2023; 129: 293-300.
- Chopra S, Vranckx M, Ockerman A, Ostgren P, Krüger-Weiner C, Benchimol D et al. A retrospective longitudinal assessment of artificial intelligence-assisted radiographic prediction of lower third molar eruption. *Sci Rep.* 2024; 14: 994. doi: 10.1038/s41598-024-51393-0.
- Cai X, Zhang H, Wang Y, Zhang J. Digital pathology-based artificial intelligence models for differential diagnosis and prognosis of sporadic odontogenic keratocysts. *Int J Oral Sci.* 2024; 16: 16. doi: 10.1038/s41368-024-00287-y.
- Ali MA, Fujita D, Kobashi S. Teeth and prostheses detection in dental panoramic X-rays using CNN-based object detector and a priori knowledge-based algorithm. *Sci Rep.* 2023; 13: 16542. doi: 10.1038/s41598-023-43591-z.
- Schwendicke F, Krois J. Data dentistry: how data are changing clinical care and research. *J Dent Res.* 2022; 101: 21-29.
- Park JH, Kim Y-J, Kim J, Kim J, Kim I-H, Kim N et al. Use of artificial intelligence to predict outcomes of nonextraction treatment of Class II malocclusions. *Seminars in Orthodontics.* 2021; 27: 87-95.
- Mohammad-Rahimi H, Nadimi M, Rohban MH, Shamsoddin E, Lee VY, Motamedian SR. Machine learning and orthodontics, current trends and the future opportunities: a scoping review. *AJO-DO.* 2021; 160: 170-192.e4.
- Katsumata A. Deep learning and artificial intelligence in dental diagnostic imaging. *Jpn Dent Sci Rev.* 2023; 59: 329-333.
- Turosz N, Checinska K, Checinski M, Brzozowska A, Nowak Z, Sikora M. Applications of artificial intelligence in the analysis of dental panoramic radiographs: an overview of systematic reviews. *Dentomaxillofac Radiol.* 2023; 52: 20230284. doi: 10.1259/dmfr.20230284.
- Oztek F, Katar O, Sadak F, Yildirim M, Cakar H, Aydogan M et al. An explainable deep learning model to prediction dental caries using panoramic radiograph images. *Diagnostics (Basel).* 2023; 13: 226.
- Cordero-Bayo JM. Planificación digital de defectos óseos con necesidad de implantes para injertos óseos personalizados en bloques. Tesis Doctoral. Sevilla España. Universidad de Sevilla. 2022. Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/142990>
- Salunke D, Joshi R, Peddi P, Mane DT. Deep learning techniques for dental image diagnostics: a survey. 2022 International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS), Trichy, India. 2022: 244-257. doi: 10.1109/ICAISS55157.2022.10010576.
- Goswami M, Maheshwari M, Baruah-Singh A, Gupta R. Automated detection of oral cancer and dental caries using convolutional neural network. 2021 9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future

- Directions) (ICRITO), Noida, India. 2021: 1-5. doi: 10.1109/ICRITO51393.2021.9596537.
25. Mallick M, Govindaraju S, Kumar M, Kumar S, Kandasamy M, Anitha P. Analysis of panoramic images using deep learning for dental disease identification. Third International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (ICAIS), Coimbatore, India. 2023: 1513-1517. doi: 10.1109/ICAIS56108.2023.10073939.
 26. Pan Y, Xiaolong G, Chuangchuang M, Senrong Q, Gang L. Detection of vertical root fractures by cone-beam computed tomography based on deep learning. *Dentomaxillofac Radiol.* 2023; 52: 20220345. doi: 10.1259/dmfr.20220345.
 27. Motoki F, Kyoko I, Naoki S, Yoshiko A, Yudai Y, Shota K et al. Evaluation of an artificial intelligence system for detecting vertical root fracture on panoramic radiography. *Oral Radiol.* 2020; 36: 337-343
 28. Suazo Galdames. Applications of artificial intelligence in dentomaxillofacial diagnosis. *Rev Cubana Estomatol.* 2024; 61. Disponible en: <https://revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/4934>

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

Aspectos éticos: el presente trabajo se realizó conforme a principios éticos que aseguran el avance del conocimiento, la comprensión y mejora de la condición humana y el progreso de la sociedad.

Financiamiento: este trabajo se realizó con recursos propios, por lo que no se tuvo financiamiento de alguna institución.

Correspondencia:

Oropeza Oropeza Anastacio

E-mail: mco@correo.xoc.uam.mx,