

# Inteligencia artificial en la mejora del diagnóstico y tratamiento en Ortodoncia: avances, desafíos y perspectivas. Revisión de la literatura

Artificial intelligence to improve the diagnosis and treatment in Orthodontics: advances, challenges and perspectives. Literature review

Pablo Fernando Suquilanda Gualán <sup>1a</sup>, Marco Antonio Marín Guamán <sup>1b</sup>  
<sup>1</sup> Universidad Católica de Cuenca, Carrera de Odontología, Cuenca Ecuador.  
<sup>a</sup> Estudiante de pregrado  
<sup>b</sup> PhD

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue analizar el impacto de la inteligencia artificial (IA) en el diagnóstico y tratamiento en ortodoncia, evaluando sus avances, beneficios y desafíos mediante una revisión de la literatura científica reciente. Se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos como PubMed, Scopus, Science Direct y Google Académico, utilizando palabras clave en español e inglés junto con operadores booleanos. Se incluyeron 42 artículos publicados entre 2020 y 2025 que abordaron el uso de IA en ortodoncia, priorizando estudios con relevancia científica y metodológica. La implementación de IA en ortodoncia ha optimizado el diagnóstico y la planificación del tratamiento a través de técnicas como redes neuronales convolucionales (CNN), aprendizaje automático (ML) y modelos de predicción basados en big data. Estas herramientas han demostrado alta precisión en la detección de puntos anatómicos cefalométricos, análisis de crecimiento y predicción de resultados de tratamientos ortodóncicos y ortognáticos. Además, la IA ha mejorado la toma de decisiones clínicas, reduciendo el tiempo de diagnóstico y aumentando la eficiencia en el tratamiento. La IA ha mostrado un alto potencial en la mejora del diagnóstico y tratamiento en ortodoncia, logrando precisión comparable a la de expertos humanos en la identificación de estructuras anatómicas y planificación de tratamientos. No obstante, su aplicación enfrenta barreras como la falta de estandarización, preocupaciones éticas sobre la privacidad de datos y la necesidad de validaciones clínicas más amplias. A medida que se superen estos desafíos, la IA se consolidará como una herramienta clave en la práctica ortodoncia.

**Palabras clave:** Inteligencia Artificial; Diagnóstico; Tratamiento; Ortodoncia. ([Fuente: DeCS BIREME](#))

## ABSTRACT

The objective of the study was to analyze the impact of artificial intelligence (AI) on diagnosis and treatment in orthodontics, evaluating its advances, benefits, and challenges through a review of recent scientific literature. A bibliographic review was carried out in databases such as PubMed, Scopus, Science Direct, and Google Scholar, using keywords in Spanish and English along with Boolean operators. They were included 42 articles published between 2020 and 2025 that addressed the use of AI in orthodontics, prioritizing studies with scientific and methodological relevance. The implementation of AI in orthodontics has optimized diagnosis and treatment planning through techniques such as convolutional neural networks (CNN), machine learning (ML), and big data-based prediction models. These tools have demonstrated high accuracy in the detection of cephalometric anatomical points, growth analysis, and prediction of orthodontic and orthognathic treatment outcomes. Furthermore, AI has improved clinical decision making, reducing diagnostic time and increasing treatment efficiency. AI has shown high potential to improve diagnosis and treatment in orthodontics, achieving accuracy comparable to that of human experts in identifying anatomical structures and planning treatments. However, its application faces barriers such as lack of standardization, ethical concerns about data privacy, and the need for broader clinical validations. As these challenges should be overcome, AI will establish itself as a key tool in orthodontic practice.

**Keywords:** Artificial Intelligence; Diagnosis; Treatment; Orthodontics. (Source: MeSH NLM)

**Recibido:** 18 de marzo de 2025

**Aprobado:** 22 de abril de 2025

**Publicado:** 30 de junio de 2025

### Correspondencia:

Pablo Fernando Suquilanda Gualán  
Correo electrónico: [pablofer.2107@gmail.com](mailto:pablofer.2107@gmail.com)

© Los autores. Este artículo es publicado por la Universidad de San Martín de Porres (Lima, Perú) Es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Citar como: Suquilanda Gualán PF, Marín Guamán MA. Inteligencia artificial en la mejora del diagnóstico y tratamiento en Ortodoncia: avances, desafíos y perspectivas. Revisión de la literatura. KIRU.2025 jul-set;22(3):191-200. <https://doi.org/10.24265/kiru.2025.v22n3.04>

## INTRODUCCIÓN

La maloclusión es una enfermedad con una alta prevalencia a nivel mundial, afectando hasta un 56% de la población. El objetivo del tratamiento de ortodoncia es restaurar la oclusión normal y mejorar el atractivo facial en pacientes con maloclusión. Su diagnóstico se realiza mediante una medición precisa de distancias, planos y ángulos de acuerdo con puntos de referencia tanto de tejido blando como de tejido duro por medio de la utilización de una radiografía cefálica lateral o mediante el uso de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) <sup>(1)</sup>.

En los últimos 25 años, el uso de la tecnología de la información en el campo de la odontología ha aumentado sustancialmente en especial en el área de ortodoncia. La inteligencia artificial (IA) facilita el examen, la organización, la visualización y la catalogación de datos. Es así que, en la actualidad la IA ha comenzado a introducirse en el campo de la ortodoncia, por ejemplo, los algoritmos de IA permiten la evaluación de radiografías digitales e imágenes de tomografía computarizada de haz cónico, la identificación de puntos de referencia cefalométricos, la realización de análisis cefalométricos y la predicción de resultados del tratamiento <sup>(2-4)</sup>.

Sus sofisticados algoritmos de reconocimiento de patrones y predicción están impulsando descubrimientos científicos en varias disciplinas. El aprendizaje profundo, un subtipo de IA, permite que las computadoras aprendan y tomen decisiones sin programación explícita <sup>(2)</sup>. Estos algoritmos, modelados a partir de las redes neuronales del cerebro humano, tienen una amplia gama de usos; ante este contexto, en la ortodoncia, el aprendizaje profundo se ha convertido en una técnica invaluable para mejorar la planificación del tratamiento, el diagnóstico y la predicción de resultados <sup>(5,6)</sup>.

Recientemente se ha propuesto utilizar la inteligencia artificial en la monitorización del proceso de tratamiento. Los algoritmos de IA pueden analizar imágenes de los dientes de un paciente y compararlas con el plan de tratamiento, para monitorear el progreso y realizar los ajustes necesarios. Lo cual permite confirmar que el tratamiento se está llevando a cabo según lo planeado y alerta al ortodoncista sobre cualquier alteración de los resultados esperados <sup>(7)</sup>.

Es así que, en los últimos años, el avance de la tecnología ha impulsado el desarrollo de herramientas inteligentes capaces de procesar grandes volúmenes de información con rapidez y precisión. Entre ellas se encuentran las redes

neuronales convolucionales (CNN), un tipo de arquitectura dentro de la inteligencia artificial especializada en el análisis de imágenes, que imita el funcionamiento del cerebro humano para reconocer patrones visuales. También destaca el aprendizaje automático (ML), que permite a los sistemas aprender de los datos y mejorar su desempeño sin necesidad de ser programados de manera explícita. Por otro lado, los modelos de predicción basados en big data utilizan grandes cantidades de información para identificar tendencias y generar pronósticos más precisos <sup>(7,8)</sup>.

En consecuencia, comprender los conocimientos, y actitudes de los ortodoncistas en relación con la IA es esencial, ya que desempeña un papel fundamental a la hora de influir en la adopción e implementación de tecnologías de IA. Estos conocimientos son fundamentales para establecer el desarrollo de aplicaciones prácticas de IA, abordar cuestiones éticas y legales y orientar las estrategias de mercado para mejorar la aceptación. Además, la confianza de los ortodoncistas en la IA podría mejorar la confianza y la aceptación del paciente, una percepción favorable estimula la innovación y la cooperación, impulsando el progreso en los tratamientos y tecnologías de ortodoncia <sup>(8)</sup>.

Por lo expresado anteriormente, este trabajo tiene como objetivo proporcionar una revisión exhaustiva de la implementación de la inteligencia artificial en la ortodoncia, analizando tanto sus potenciales beneficios como los desafíos, y las barreras en su adopción. Por lo que, se pretende responder las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los principales avances en IA en ortodoncia?, ¿Qué desafíos enfrenta la implementación de IA en ortodoncia?, ¿Qué tan precisos son los modelos de IA en comparación con los ortodoncistas en el diagnóstico y planificación del tratamiento?, ¿Cuáles son las consideraciones éticas del uso de IA en el área de ortodoncia?

## METODOLOGÍA

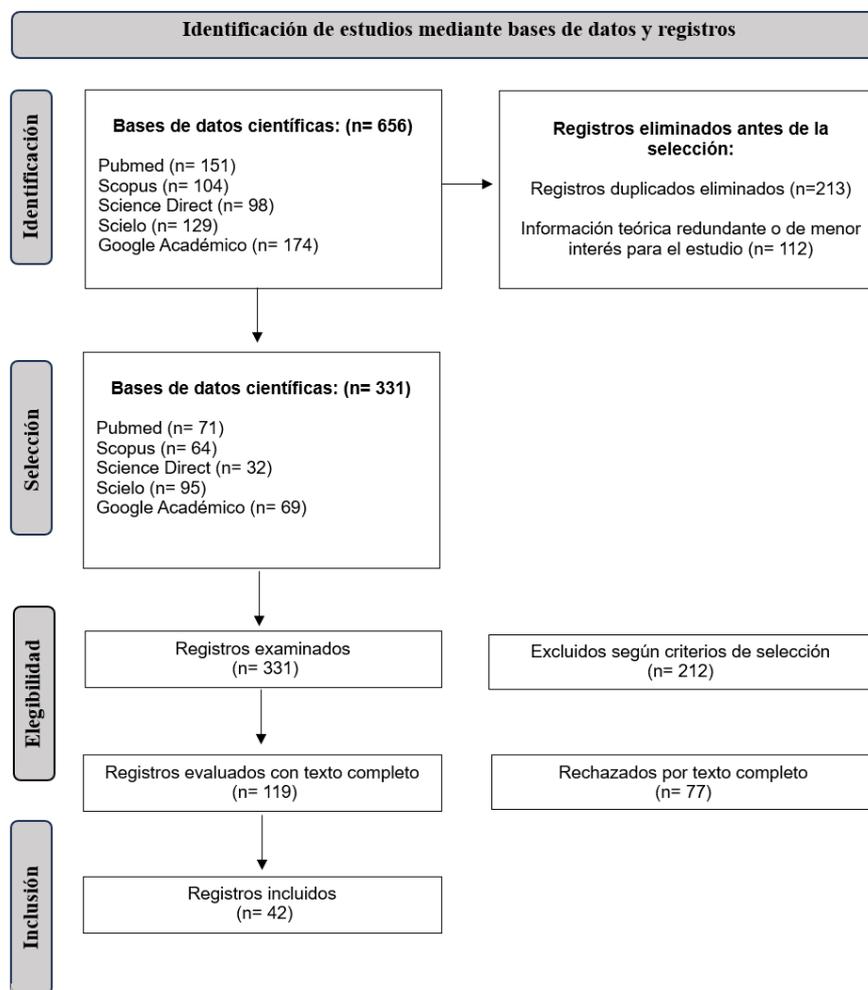
Este estudio corresponde a una revisión de la literatura, en la cual se analizó la información existente acerca del uso de la inteligencia artificial en el diagnóstico y tratamiento en el área de ortodoncia. Los artículos se buscaron en bases de datos como: Science Direct, Scopus, Pubmed, SciELO y Google académico. Para la búsqueda de la información, se emplearon palabras clave como "inteligencia artificial", "diagnóstico", "tratamiento", "ortodoncia", "artificial intelligence", "diagnosis", "treatment", "orthodology". Asimismo, se aplicaron operadores booleanos para mejorar la precisión de los resultados obtenidos en la búsqueda.

Para seleccionar los artículos relacionados al tema de estudio se utilizaron los siguientes criterios de inclusión: artículos publicados acerca de la inteligencia artificial en ortodoncia, estudios que aborden avances, desafíos y futuras perspectivas de la inteligencia artificial en ortodoncia, artículos en idiomas español e inglés, investigaciones publicadas en los últimos 5 años, es decir, desde el año 2019 hasta el mes de febrero del año 2025. Como criterios de exclusión se consideró, investigaciones cuyo texto completo no esté disponible, y literatura gris.

Para la selección de los artículos primeramente se eliminaron los artículos duplicados, posteriormente se analizó el resumen de cada

uno de los estudios analizando si estos cumplían con los criterios de inclusión. Luego se evaluó el texto completo de los artículos seleccionados determinando si estos mostraban información relacionada al objetivo de estudio, incluyendo de esta manera un total de 42 artículos en la presente investigación (Figura 1). Al ser una revisión de la literatura no se evaluó el sesgo de los artículos incluidos.

Una vez seleccionados los artículos, se realizó un análisis exhaustivo de cada uno de ellos, recopilando la información más relevante, realizando énfasis en los avances, desafíos y percepciones del uso de la inteligencia artificial en el área de ortodoncia.



**Figura 1.** Diagrama de flujo para la identificación de los estudios

## RESULTADOS

En los últimos años, los avances tecnológicos en el campo de la ortodoncia, han mejorado y simplificado en gran medida los flujos de trabajo en el diagnóstico y la planificación del

tratamiento. Los principales avances para lograr un flujo de trabajo digital basado en computadora en ortodoncia han sido la incorporación de dispositivos de imágenes tridimensionales (3D), plataformas de diseño y fabricación asistidas por computadora

(CAD/CAM) e impresión 3D. Estas tecnologías ofrecen un tratamiento más rápido, preciso y predecible, con menos molestias para el paciente <sup>(9)</sup>.

En este sentido, la incorporación de redes basadas en inteligencia artificial tiene como objetivo automatizar procesos con alta confiabilidad y precisión. Esta automatización depende principalmente de algoritmos de aprendizaje automático (AA) o de aprendizaje profundo (AP) impulsados por IA <sup>(9)</sup>.

El AA se basa en algoritmos para predecir resultados basados en conjuntos de datos y extraer información de diversas disciplinas de investigación. En este sentido, el aprendizaje automático permite a las máquinas aprender de los datos, lo que les permite abordar problemas sin intervención humana. Las técnicas de AA comunes incluyen máquinas de vectores de soporte, regresión logística, clasificador bayesiano ingenuo, árbol de decisiones, bosque aleatorio, máquina de aprendizaje extremo, algoritmo difuso k-vecino más cercano y red neuronal convolucional <sup>(10)</sup>.

Del mismo modo, el aprendizaje profundo, un componente integral del AA, utiliza redes multicapa en redes neuronales profundas para analizar datos de entrada. El objetivo del aprendizaje profundo es construir una red neuronal capaz de reconocer patrones automáticamente, mejorando así la detección de características. De esta manera, las redes de aprendizaje profundo pueden manejar de manera eficiente datos de alta dimensión que tienen múltiples variables predictoras. Es así que, las redes neuronales artificiales (ANN), estructuras computacionales que imitan el funcionamiento del cerebro humano para procesar información, y las redes neuronales convolucionales (CNN), una variante especializada en el análisis de imágenes, han demostrado un rendimiento óptimo en este campo. Ambas se aplican comúnmente en la mayoría de los flujos de trabajo dentomaxilofaciales para el diagnóstico, la planificación del tratamiento y la predicción del pronóstico <sup>(10,11)</sup>.

En los últimos años el uso de estos recursos digitales ha potenciado el campo de la ortodoncia, utilizándose en varias áreas, en el presente estudio se realizará una descripción de los principales usos de la IA en esta área de la odontología.

### **Análisis de imágenes y diagnóstico**

El diagnóstico en ortodoncia en varias ocasiones se convierte en un desafío, ya que requiere una evaluación integral de varios

componentes faciales. En este sentido, el análisis cefalométrico es un aspecto esencial en la planificación del tratamiento y la evaluación de los resultados. Sin embargo, la precisión y la eficiencia de este análisis puede verse afectada por la determinación manual de puntos de referencia, siendo un procedimiento que conlleva tiempo, y en especial su precisión depende de la experiencia del clínico <sup>(2,12)</sup>.

Con respecto a ello, la odontología digital hoy en día permite recopilar información del paciente de forma digital y almacenarla en una base de datos para el diagnóstico y la planificación del tratamiento. Las soluciones de automatización que utilizan inteligencia artificial y aprendizaje automático han reducido significativamente la carga de evaluación y ha minimizado las variaciones en el diagnóstico. Los recientes avances en IA han dado lugar a varios estudios centrados en mejorar la precisión, la eficacia y la consistencia del análisis cefalométrico. Entre los diversos usos de la IA en ortodoncia, el análisis cefalométrico ha sido objeto de una amplia investigación <sup>(2)</sup>.

Esta tecnología simplifica el análisis cefalométrico al determinar automáticamente puntos de referencia, reduciendo el error humano. De esta manera se pueden realizar evaluaciones más precisas y rápidas y crear planes de tratamiento más efectivos para los pacientes, en comparación a los realizados de manera tradicional. Además, los algoritmos de IA calculan con precisión ángulos y distancias lineales entre puntos de referencia, proporcionando un análisis cefalométrico preciso <sup>(7,13)</sup>.

Incluso, los clínicos pueden adaptar los modelos de IA a los pacientes o a las condiciones clínicas específicas, lo que permite una planificación del tratamiento más avanzada. Además, los modelos de IA analizan las evaluaciones cefalométricas a lo largo del tiempo, lo que permite a los clínicos monitorear de cerca el progreso del paciente y revisar los planes de tratamiento según sea necesario para lograr mejores resultados. En general, la integración de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en el campo de la cefalometría aumenta significativamente la eficiencia, la precisión y la personalización de la planificación y la gestión del tratamiento dental y craneofacial <sup>(7,14)</sup>.

De manera que, los sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas en el área de la ortodoncia, se han categorizado según la función del apoyo en provisión de alertas (activo) o reacción a la información de los pacientes/aportes de los proveedores (pasivo);

en el momento de prestación del apoyo en antes, durante o después de la toma de decisiones y en el método de desarrollo, clasificándolo en basado o no en el conocimiento <sup>(15)</sup>.

Los sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas basados en el conocimiento contienen datos compilados ingresados directamente por los usuarios o extraídos de los registros electrónicos de los pacientes, aplicaciones de teléfonos y datos sobre medicamentos o protocolos y pautas clínicas basados en la intención de usar un sistema de decisión clínica. Los sistemas no basados en el conocimiento también requieren una fuente de datos; sin embargo, las decisiones se toman con reconocimiento de patrones estadísticos o enfoques de aprendizaje automático. En consecuencia, las computadoras aprenden de experiencias previas, descubren patrones dentro de los datos y eliminan la necesidad de aportes o reglas de expertos. Las redes neuronales artificiales y los algoritmos genéticos componen los principales tipos de sistemas no basados en el conocimiento <sup>(15)</sup>.

### Clasificación esquelética

Además de la oclusión, la posición de la mandíbula en relación con el cráneo también es un índice valioso en el examen pre-ortodóncico. Clasificándose en diferentes tipos de malposición esquelética con base al ángulo ANB y a la evaluación de Wits <sup>(1)</sup>.

La clasificación esquelética tradicional depende de la clasificación manual, cálculo de variables lineales y angulares, utilizando puntos de referencia craneomaxilares y mandibulares. Sin embargo, las posiciones de la mandíbula varían significativamente debido a la oclusión y la articulación temporomandibular, lo que causa dificultades en la clasificación esquelética, mientras que los puntos de referencia craneomaxilares son relativamente estables <sup>(1)</sup>.

En este sentido, las ANN pueden predecir variables mandibulares utilizando variables craneomaxilares, mostrando coeficientes de correlación altos especialmente para los puntos Gnation (Gn) y mentón (Me). Además, se ha demostrado que la máquina de vector de soporte también genera clasificaciones esqueléticas basadas en las variables craneomaxilares extraídas automáticamente. Incluso, el método basado en CNN puede dividir la clase esquelética vertical en normal, hiperdivergente e hipodivergente, además de la relación sagital <sup>(1)</sup>.

### Decisiones de extracción

Las razones principales para la extracción de

dientes por razones ortodóncicas son generar espacio para alinear los dientes en presencia de apiñamiento severo y para permitir que los dientes se muevan de modo que se pueda reducir la protrusión o se puedan camuflar los problemas esqueléticos de Clase II o Clase III <sup>(16,17)</sup>.

Para ello, con el uso de la IA, se construyó un sistema de toma de decisiones para predecir si es necesaria o no la extracción en pacientes con maloclusión. Utilizando una red neuronal artificial con el algoritmo de aprendizaje de propagación hacia atrás de errores para reducir las posibilidades de cometer errores, encontrando que esta red neuronal tiene una alta precisión a la hora de determinar si es o no necesario realizar un tratamiento de extracción <sup>(15-17)</sup>.

También se han utilizado ANN para predecir los patrones de extracción detallados, demostrando una precisión mayor al 80%, dentro de este algoritmo las características más importantes para la predicción son el apiñamiento, la arcada superior, el ANB y la curva de Spee <sup>(15-17)</sup>.

### Estimación del crecimiento y desarrollo

El momento adecuado para iniciar los tratamientos de ortodoncia es un factor clave a considerar en el diagnóstico y la planificación del tratamiento ortodóncico. Las indicaciones antropométricas, como la edad cronológica, la edad dental, la menarquia, los cambios en la voz, el aumento de altura y la maduración esquelética, son factores clave para determinar el crecimiento y el desarrollo. Las radiografías se utilizan con frecuencia para encontrar signos de maduración esquelética, de este modo, la estimación de la edad mediante radiografías de mano y muñeca puede conllevar a la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático y tecnologías de inteligencia artificial para automatizar la edad. Tras introducir datos de una amplia base de datos como raza, edad y género, los sistemas de IA pueden evaluar las radiografías con una capacidad de aprendizaje profundo. Mostrando de esta manera, que los sistemas de IA pueden evaluar la madurez esquelética con un rendimiento similar al de un radiólogo <sup>(18)</sup>.

Sin embargo, estudios publicados previamente han mostrado resultados bastante heterogéneos, mientras que algunos autores encontraron una predicción moderada del 58% al 71% en las predicciones de las etapas maduración mediante el uso de IA. Otros han demostrado precisiones de las predicciones para diferentes algoritmos de IA de más del 90%. Con base en el estado actual de la investigación, se puede concluir que los

algoritmos de IA han logrado resultados prometedores para la determinación de la madurez esquelética, sin embargo, aún se requieren más estudios que demuestren la fiabilidad de su uso <sup>(19)</sup>.

### Planificación quirúrgica virtual en cirugía ortognática

La cirugía ortognática, una faceta compleja de la ortodoncia que implica la corrección quirúrgica de las irregularidades de la mandíbula, ha sido testigo de un cambio de paradigma con la integración de la IA. La IA tiene la capacidad de discernir estructuras cruciales, lo que ayuda a predecir la necesidad de cirugía ortognática <sup>(10,20)</sup>.

La planificación quirúrgica virtual, facilitada por algoritmos de IA, permite a los cirujanos simular procedimientos y anticipar los resultados. Esto no sólo agiliza la planificación preoperatoria, sino que también mejora la previsibilidad y la precisión de las intervenciones quirúrgicas, mejorando en última instancia los resultados posoperatorios. En los últimos años se han desarrollado algoritmos para examinar los predictores cefalométricos que indican la necesidad futura de cirugía ortognática en individuos con labio y paladar hendido unilateral reparados, sugiriendo que, a la edad de 6 años, se podían hacer predicciones precisas sobre la necesidad futura de cirugía correctiva para abordar discrepancias esqueléticas sagitales <sup>(10,21)</sup>.

### Desafíos éticos y regulatorios

Las tecnologías que ayudan a la toma de

decisiones humanas o que funcionan de forma autónoma deben cumplir las mismas normas morales y éticas que rigen las acciones humanas; por lo tanto, la ortodoncia digital también debe estar sujeta a estos principios. La evolución y la aplicación de las tecnologías de IA tienen debidamente en cuenta las preocupaciones, conjeturas y dilemas éticos que que implican <sup>(22)</sup>.

Una de las principales preocupaciones en los estudios que involucran IA en ortodoncia es la protección de datos, en particular en lo que respecta al acceso a grandes cantidades de datos de pacientes, lo que genera inquietudes sobre la privacidad de los datos, la confidencialidad e información sensible de los pacientes. Esto a menudo da como resultado limitaciones en el tamaño de los conjuntos de datos, lo que plantea un inconveniente importante para el diagnóstico de enfermedades, especialmente cuando se entrenan modelos con uso intensivo de datos <sup>(22,23)</sup>.

Por lo tanto, el consentimiento informado es un requisito ético fundamental que garantiza que los pacientes comprendan plenamente cómo funcionan los sistemas de IA y en qué medida la IA influirá en las decisiones clínicas. Además, se deben comunicar claramente los posibles riesgos asociados con el uso de la IA, como las filtraciones de datos, la pérdida de privacidad y la posibilidad de predicciones sesgadas o inexactas <sup>(22,23)</sup>.

**Tabla 1.** Precisión diagnóstica de la IA en ortodoncia

Autor	Hallazgos encontrados
M'hamed <i>et al.</i> , (2022) <sup>(30)</sup>	La precisión de los sistemas de IA alcanzó el <b>95,47%</b> en la planificación y toma de decisiones sobre tratamientos de ortodoncia
Del Real <i>et al.</i> , (2022) <sup>(31)</sup>	Al generar y comparar varios modelos de predicción, se logró una precisión del <b>93,9%</b> para determinar si se requiere o no una extracción en función del modelo y los datos radiográficos
Tanikawa y Yamashiro (2021) <sup>(32)</sup>	El estudio desarrolló dos sistemas de IA para predecir la morfología facial 3D tras cirugía ortognática y ortodoncia, con un <b>100%</b> de éxito al definir el éxito con un error < 2 mm
Ryu <i>et al.</i> , (2022) <sup>(33)</sup>	La precisión alcanzó el <b>99,3%</b> para la clasificación de las fotografías faciales y del <b>99,9%</b> para la clasificación de las fotografías intraorales
Kök <i>et al.</i> , (2019) <sup>(34)</sup>	Evaluaron el análisis de la maduración vertebral cervical mediante algoritmos de IA con una precisión media del <b>77,02%</b>
Lee <i>et al.</i> , (2024) <sup>(35)</sup>	El modelo con mejor ajuste para predecir el tiempo computacional alcanzó un coeficiente de determinación ajustado de <b>0,99</b> .
Li <i>et al.</i> , (2019) <sup>(36)</sup>	Los modelos de redes neuronales muestran una precisión del <b>94,0%</b> para la predicción de extracción-no extracción. Y las precisiones de los patrones de extracción y patrones de anclaje son del <b>84,2%</b> y del <b>92,8%</b> , respectivamente

**Tabla 1.** Continuación

Seo <i>et al.</i> , (2021) <sup>(37)</sup>	Los modelos de aprendizaje profundo demostraron más del <b>90%</b> de precisión en la determinación de la maduración vertebral cervical en las radiografías cefalométricas laterales
Kim <i>et al.</i> , (2021) <sup>(38)</sup>	El modelo de aprendizaje profundo mostró una precisión del <b>93%</b> para estimar la maduración vertebral cervical mediante cefalografías laterales
Kim <i>et al.</i> , (2020) <sup>(39)</sup>	Desarrollaron un método de análisis cefalométrico completamente automatizado utilizando aprendizaje profundo, el cual demostró una precisión del <b>88,43%</b>
Guo <i>et al.</i> , (2021) <sup>(40)</sup>	Desarrollaron modelos de CNN para estimar la edad de una persona basado en la edad dental con una precisión del <b>94,15%</b>

### Limitaciones y desafíos futuros

Los recientes avances en inteligencia artificial han tenido un impacto significativo en la ortodoncia, en particular en la práctica clínica dentro del diagnóstico y la planificación del tratamiento. Si bien estos avances prometen mejorar la atención de ortodoncia, varios desafíos obstaculizan su adopción generalizada. A pesar de que algunos modelos de IA muestran alta precisión, su desempeño en alteraciones esqueléticas y oclusales poco comunes es incierto debido a la falta de datos de entrenamiento <sup>(2,24)</sup>.

Enfoques como la ampliación de datos, el aprendizaje semisupervisado, que combina una pequeña cantidad de datos etiquetados con una gran cantidad de datos no etiquetados para mejorar el entrenamiento del modelo, y el aprendizaje de pocos disparos, que busca entrenar sistemas con muy pocos ejemplos por clase, tienen como objetivo mitigar la escasez de datos. Sin embargo, su eficacia aún presenta ciertas limitaciones, especialmente en aplicaciones clínicas donde la precisión es fundamental. Para minimizar el requisito de una gran cantidad de datos de entrenamiento, el aprendizaje por transferencia utiliza modelos entrenados previamente en dominios similares; sin embargo, estos modelos pueden no ser tan generalizados cuando se aplican a otros dominios. La ampliación de datos puede aumentar el tamaño de la muestra, pero no puede mejorar la variabilidad biológica <sup>(2,25)</sup>.

De igual manera, el aprendizaje por transferencia se refiere a la aplicación de modelos previamente entrenados en un dominio diferente pero relacionado, reduciendo así la dependencia de datos de entrenamiento extensos. Sin embargo, este enfoque puede exhibir capacidades de generalización bajas cuando se aplica a un nuevo dominio. La ampliación de datos puede incrementar el tamaño de la muestra alterando las características de los datos existentes o generando imágenes sintéticas, pero no puede

mejorar la diversidad de la variabilidad biológica <sup>(25,26)</sup>.

### DISCUSIÓN

La inteligencia artificial es una rama de la ciencia que se ocupa del desarrollo de programas y ordenadores que pueden recopilar datos, razonar sobre ellos y luego traducirlos en acciones inteligentes <sup>(27,28)</sup>. En el área de la ortodoncia, el aprendizaje automático es actualmente la aplicación de IA más utilizada <sup>(29)</sup>.

En esta área se ha demostrado avances significativos en la precisión diagnóstica y la planificación de tratamientos. Diversos estudios <sup>(30-41)</sup> han evaluado el desempeño de los sistemas de IA, proporcionando evidencia de su efectividad y sus posibles aplicaciones clínicas. Sin embargo, es crucial analizar críticamente la utilidad de estos hallazgos en la práctica ortodóncica.

En este sentido, M'hamed *et al.* <sup>(30)</sup> analizaron la evidencia sobre el uso de IA en la planificación de tratamientos ortodóncicos personalizados, destacando que la precisión de estos sistemas alcanzó el 95,47%. Si bien estos resultados son prometedores, la aplicabilidad de estos modelos en entornos clínicos reales aún requiere validaciones más amplias en poblaciones diversas. Además, aunque la precisión diagnóstica es alta, la toma de decisiones clínicas sigue dependiendo en gran medida de la experiencia del ortodoncista, recomendando que la IA debe considerarse como una herramienta de apoyo y no como un sustituto del criterio profesional.

Por su parte, Del Real *et al.* <sup>(31)</sup> exploraron la utilidad de la IA en la predicción de extracciones dentales en ortodoncia, basándose en variables del modelo y registros cefalométricos. Si bien lograron una precisión del 93,9%, los resultados varían dependiendo de la cantidad y calidad de los datos empleados. Es decir, aunque estos modelos pueden mejorar la planificación del

tratamiento, su precisión podría verse afectada por limitaciones en la representatividad de los datos utilizados, lo que podría generar sesgos diagnósticos.

Asimismo, Tanikawa *et al.* <sup>(32)</sup> desarrollaron un sistema de IA para predecir la morfología facial tridimensional tras cirugía ortognática y ortodoncia. Aunque los errores promedio fueron clínicamente aceptables, los modelos deben ser validados en distintos grupos poblacionales para garantizar su generalización.

En el ámbito de la clasificación de imágenes clínicas, Ryu *et al.* <sup>(33)</sup> implementaron redes neuronales convolucionales para clasificar fotografías ortodóncicas con una precisión del 98%. Aunque esta tasa de éxito sugiere un gran potencial para la automatización del diagnóstico, la clasificación de imágenes es solo el primer paso en la evaluación de un paciente. La interpretación clínica y la correlación con otros datos diagnósticos siguen siendo esenciales para garantizar un tratamiento adecuado.

En cambio, Kōk *et al.* <sup>(34)</sup> compararon el rendimiento de siete algoritmos de IA para determinar estadios de crecimiento óseo mediante vértebras cervicales. Aunque los resultados fueron favorables, la variabilidad en la precisión de los algoritmos sugiere que la selección del modelo adecuado es fundamental para garantizar una evaluación confiable. Además, la integración de estos algoritmos en la rutina clínica aún es un desafío, ya que requiere ajustes en los flujos de trabajo tradicionales de los ortodoncistas.

Es así que, el desarrollo de modelos de IA en ortodoncia no solo depende de los avances en algoritmos, sino también de diversos factores técnicos y metodológicos que influyen en su rendimiento. Es por ello que, la optimización de estos modelos requiere un proceso complejo que involucra la selección de variables adecuadas, el tamaño de la muestra y el número de sesiones de entrenamiento, entre otros aspectos. En este contexto, Lee *et al.* <sup>(35)</sup> investigaron los factores que influyen en el desarrollo de IA en ortodoncia, evaluando múltiples modelos con diversas configuraciones. Si bien encontraron que un mayor número de sesiones de entrenamiento mejora la eficacia de los modelos, la optimización de estos algoritmos depende de la disponibilidad de datos clínicos de alta calidad. Además, el tiempo computacional necesario para desarrollar estos modelos puede ser un factor limitante en su implementación en la práctica clínica cotidiana. Por lo tanto, a pesar de los avances, la implementación de la IA en ortodoncia enfrenta desafíos significativos. Evidenciando que, uno

de los principales obstáculos es la disponibilidad y calidad de los datos clínicos. Para que los modelos sean precisos, requieren grandes volúmenes de información bien estructurada y representativa de una diversidad de casos clínicos, lo que puede ser un proceso complejo y prolongado <sup>(36)</sup>.

Otro desafío importante es la integración de la IA con los sistemas de planificación y gestión ya utilizados por los ortodoncistas. Muchas plataformas actuales no están diseñadas para interoperar con tecnologías basadas en IA, lo que dificulta su implementación en el flujo de trabajo clínico <sup>(6,16)</sup>. Además, existen cuestiones legales y éticas sin regulación clara en el ámbito de la IA en salud, lo que resalta la necesidad de establecer normativas sobre transparencia algorítmica, privacidad de datos, ciberseguridad y protección de los pacientes y profesionales involucrados <sup>(41)</sup>.

Finalmente, Miranda *et al.* <sup>(42)</sup> identificaron estrategias para evaluar la precisión de herramientas de IA diagnóstica en ortodoncia, incluyendo plataformas de análisis de imágenes y modelos tridimensionales. Reportando que la previsión de que la impresión 3D cubrirá más del 60% de las necesidades de tratamiento dental en el año 2025 refuerza el potencial de la IA en la personalización de tratamientos. No obstante, la adopción de estas tecnologías dependerá de la accesibilidad económica y de la capacitación de los profesionales para su correcta implementación, lo que puede ser una barrera para su uso generalizado.

Además, es importante tener en cuenta los posibles conflictos de interés que podrían influir en los resultados presentados en los estudios analizados en el presente estudio. Algunos estudios pueden haber sido realizados por investigadores o instituciones con vínculos con empresas o entidades que desarrollan tecnologías de IA, lo que podría generar sesgos en la interpretación de los resultados o en la presentación de los beneficios de estas tecnologías.

## CONCLUSIONES

La IA ha demostrado tener múltiples avances en ortodoncia, contribuyendo específicamente en el diagnóstico y la planificación del tratamiento. Su uso se centra principalmente en la determinación automática de puntos cefalométricos, en la identificación del crecimiento y la edad cronológica y en las decisiones de extracción de dientes con fines de ortodoncia.

Sin embargo, la IA aún enfrenta desafíos en su

implementación en el área de la ortodoncia; a pesar de su capacidad para obtener diagnósticos más precisos y eficientes, hasta el momento no se han convertido en un elemento básico en la práctica de ortodoncia de rutina. Si bien la IA puede mejorar la precisión del diagnóstico, no puede reemplazar la inteligencia humana.

Además, existe una gran incertidumbre en relación a los desafíos éticos debido a la falta de privacidad de los datos, la confidencialidad e información sensible de los pacientes. En el futuro, a medida que se aborden las preocupaciones y se desarrollen algoritmos y técnicas más avanzadas, la IA sin duda se convertirá en una parte integral de la práctica clínica de ortodoncia, mejorando la calidad y la rapidez de los tratamientos.

### Roles de contribuciones según CRediT

Conceptualización: PFSG, MAMG.

Metodología: PFSG, MAMG. Análisis formal:

PFSG. Investigación: PFSG, MAMG. Recursos:

PFSG. Redacción – Borrador original: PFSG, MAMG. Redacción – Revisión y edición: PFSG, MAMG.

**Fuente de financiamiento:** Autofinanciado.

**Conflictos de interés:** Los autores declararon no tener conflicto de interés.

### REFERENCIAS

- Liu J, Chen Y, Li S, Zhao Z, Wu Z. Machine learning in orthodontics: Challenges and perspectives. *Adv Clin Exp Med.* 2021;30(10):1065–1074. doi: 10.17219/acem/138702.
- Surendran A, Daigavane P, Shrivastav S, Kamble R, Sanchla AD, Bharti L, et al. The Future of Orthodontics: Deep Learning Technologies. *Cureus.* 2024 Jun 10;16(6):e62045. doi: 10.7759/cureus.62045
- Kurt Demirsoy K, Buyuk SK, Bicer T. How reliable is the artificial intelligence product large language model ChatGPT in orthodontics? *Angle Orthod.* 2024 Nov 1;94(6):602-607. doi: 10.2319/031224-207.1.
- Wong K, Lam X, Jiang Y, Yeung A, Lin Y. Artificial intelligence in orthodontics and orthognathic surgery: a bibliometric analysis of the 100 most-cited articles. *HFM.* 2023;19(1):38. doi: 10.1186/s13005-023-00383-0
- Polizzi A, Boato M, Serra S, D'Antò V, Leonardi R. Applications of artificial intelligence in orthodontics: a bibliometric and visual analysis. *Clin Oral Investig.* 2025 Jan 16;29(1):65. doi: 10.1007/s00784-025-06158-y.
- Dipalma G, Inchingolo AD, Inchingolo AM, Piras F, Carpentiere V, Garofoli G, et al. Artificial Intelligence and Its Clinical Applications in Orthodontics: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel).* 2023 Dec 15;13(24):3677. doi: 10.3390/diagnostics13243677.

- Bor S, Kotan S. The Influence of Artificial Intelligence in Orthodontics. *J Dent Fac Usak Univ.* 2023;2(1):14-9.
- Gupta S, Verma S, Chauhan AK, Roy MS, Rajkumari W, Sahgal C. Knowledge, attitude, and perception of orthodontic students, and orthodontists regarding role of artificial intelligence in field of orthodontics—An online cross-sectional survey. *J World Fed Orthod.* 2025 Feb;14(1):3-11. doi: 10.1016/j.ejwf.2024.08.002.
- Gracea RS, Winderickx N, Vanheers M, Hendrickx J, Preda F, Shujaat S, et al. Artificial intelligence for orthodontic diagnosis and treatment planning: A scoping review. *J Dent.* 2025 Jan;152:105442. doi: 10.1016/j.jdent.2024.105442.
- Tahir K, Abul Barakaat A, Fida M, Sukhia R. In the Contemporary Era of Artificial Intelligence, the Trajectory of Orthodontics: Past and Future Perspectives—A Narrative Review. *J Calif Dent Assoc.* 2024;52(1):2400420. doi: 10.1080/19424396.2024.2400420
- Monill-González A, Rovira-Calatayud L, d'Oliveira NG, Ustrell-Torrent JM. Artificial intelligence in orthodontics: Where are we now? A scoping review. *Orthod Craniofac Res.* 2021 Dec;24 Suppl 2:6-15. doi: 10.1111/ocr.12517.
- Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Vishwanathaiah S, Maganur PC, Patil S, Naik S, et al. Scope and performance of artificial intelligence technology in orthodontic diagnosis, treatment planning, and clinical decision-making - A systematic review. *J Dent Sci.* 2021 Jan;16(1):482-492. doi: 10.1016/j.jds.2020.05.022.
- Strunga M, Urban R, Surovková J, Thurzo A. Artificial Intelligence Systems Assisting in the Assessment of the Course and Retention of Orthodontic Treatment. *Healthcare (Basel).* 2023 Feb 25;11(5):683. doi: 10.3390/healthcare11050683
- Büyük SK, Hatal S. Artificial Intelligence and Machine Learning in Orthodontics. *Ortodogu Tip Derg.* 2019;11(4): 517-523.
- Al Turkestani N, Bianchi J, Deleat-Besson R, Le C, Tengfei L, Prieto JC, et al. Clinical decision support systems in orthodontics: A narrative review of data science approaches. *Orthod Craniofac Res.* 2021 Dec;24 Suppl 2(Suppl 2):26-36. doi: 10.1111/ocr.12492.
- Akdeniz S, Tosun M. A review of the use of artificial intelligence in orthodontics. *JECM.* 2021; 38(3s):157-162.
- Hussain M, Fatima S, Reddy K, Ramya Y, Betha S, Kauser A, et al. Artificial intelligence in orthodontics: A review. *International J. Health Sci.* 2022;6(S2):9378-9383. doi: 10.53730/ijhs.v6nS2.7445
- Ahmed N, Chethana A, Aymen U, Rahul N. Artificial intelligence in orthodontics: A way towards modernization. *IP Indian J Orthod Dentofacial Res.* 2023;9(1):3-7. doi: 10.18231/j.ijodr.2023.002
- Kunz F, Stellzig-Eisenhauer A, Boldt J. Applications of Artificial Intelligence in Orthodontics—An Overview and Perspective Based on the Current State of the Art. *Applied Sciences.* 2023;13(6):3850. doi: 10.3390/app13063850

20. Siddiqui TA, Sukhia RH, Ghandhi D. Artificial intelligence in dentistry, orthodontics and Orthognathic surgery: A literature review. *J Pak Med Assoc.* 2022 Feb;72(Suppl 1)(2):S91-S96. doi: 10.47391/JPMA.AKU-18.
21. Hung H, Wang Y, Wang Y. Applications of artificial intelligence in orthodontics. *TJO.* 2020;32(2):3. doi: 10.38209/2708-2636.1005
22. Leonardi R, Vaiid N. Artificial Intelligence in Orthodontics: Concerns, Conjectures, and Ethical Dilemmas. *Int Dent J.* 2025 Feb;75(1):20-22. doi: 10.1016/j.identj.2024.11.002
23. Rahim A, Khattoon R, Khan TA, Syed K, Khan I, Khalid T, et al. Artificial intelligence-powered dentistry: Probing the potential, challenges, and ethicality of artificial intelligence in dentistry. *Digit Health.* 2024 Nov 11;10:20552076241291345. doi: 10.1177/20552076241291345.
24. Nordblom NF, Büttner M, Schwendicke F. Artificial Intelligence in Orthodontics: Critical Review. *J Dent Res.* 2024 Jun;103(6):577-584. doi: 10.1177/00220345241235606.
25. Liu J, Zhang C, Shan Z. Application of Artificial Intelligence in Orthodontics: Current State and Future Perspectives. *Healthcare (Basel).* 2023 Oct 18;11(20):2760. doi: 10.3390/healthcare11202760.
26. Yellu R, Kukalakunta Y, Thunki P. Artificial Intelligence in Orthodontics: Current Trends and Future Directions. *JBAI.* 2024;4(1):50-55.
27. Bichu YM, Hansa I, Bichu AY, Premjani P, Flores-Mir C, Vaid NR. Applications of artificial intelligence and machine learning in orthodontics: a scoping review. *Prog Orthod.* 2021 Jul 5;22(1):18. doi: 10.1186/s40510-021-00361-9.
28. Albalawi F, Alamoud K. Trends and application of artificial intelligence technology in orthodontic diagnosis and treatment planning—A review. *Applied Sciences.* 2022;12(22):11864. doi: 10.3390/app122211864
29. Subramanian AK, Chen Y, Almalki A, Sivamurthy G, Kafle D. Cephalometric Analysis in Orthodontics Using Artificial Intelligence-A Comprehensive Review. *Biomed Res Int.* 2022 Jun 16;2022:1880113. doi: 10.1155/2022/1880113.
30. M'hamed Jihed, Ines Dallel, Samir Tobji, Adel Ben Amor. The Impact of Artificial Intelligence on Contemporary Orthodontic Treatment Planning - A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sch J Dent Sci.* 2022 Jun 9(5): 70-87. doi: 10.36347/sjds.2022.v09i05.001
31. Del Real A, Del Real O, Sardina S, Oyonarte R. Use of automated artificial intelligence to predict the need for orthodontic extractions. *Korean J Orthod.* 2022;52:102-111. doi: 10.4041/kjod.2022.52.2.102
32. Tanikawa C, Yamashiro T. Development of novel artificial intelligence systems to predict facial morphology after orthognathic surgery and orthodontic treatment in Japanese patients. *Sci Rep.* 2021;11:15853. doi: 10.1038/s41598-021-95002-w
33. Ryu J, Lee Y, Mo S, Lim K, Jung S, Kim T. Application of deep learning artificial intelligence technique to the classification of clinical orthodontic photos. *BMC Oral Health.* 2022; 22(1):454. doi: 10.1186/s12903-022-02466-x
34. Kök H, Acilar AM, İzgi MS. Usage and comparison of artificial intelligence algorithms for determination of growth and development by cervical vertebrae stages in orthodontics. *Prog Orthod.* 2019 Nov 15;20(1):41. doi: 10.1186/s40510-019-0295-8.
35. Lee JM, Moon JH, Park JA, Kim JH, Lee SJ. Factors influencing the development of artificial intelligence in orthodontics. *Orthod Craniofac Res.* 2024 Dec;27 Suppl 2(Suppl 2):6-12. doi: 10.1111/ocr.12806.
36. Li P, Kong D, Tang T. Orthodontic treatment planning based on artificial neural networks. *Scientific Rep.* 2019;9(1):1–9. doi: 10.1038/s41598-018-38439-w
37. Seo H, Hwang J, Jeong T, Shin J. Comparison of Deep Learning Models for Cervical Vertebral Maturation Stage Classification on Lateral Cephalometric Radiographs. *J Clin Med.* 2021 Aug 15;10(16):3591. doi: 10.3390/jcm10163591.
38. Kim EG, Oh IS, So JE, Kang J, Le VNT, Tak MK, et al. Estimating Cervical Vertebral Maturation with a Lateral Cephalogram Using the Convolutional Neural Network. *J Clin Med.* 2021 Nov 19;10(22):5400. doi: 10.3390/jcm10225400.
39. Kim H, Shim E, Park J, Kim YJ, Lee U, Kim Y. Web-based fully automated cephalometric analysis by deep learning. *Comput Methods Programs Biomed.* 2020;194:105513. doi: 10.1016/j.cmpb.2020.105513.
40. Guo Y-C, Han M, Chi Y, Long H, Zhang D, Jang J, et al. Accurate age classification using manual method and deep convolutional neural network based on orthopantomogram images. *Int J Legal Med.* 2021;135(4):1589-1597. doi: 10.1007/s00414-021-02542-x
41. Naik N, Hameed BMZ, Shetty DK, Swain D, Shah M, Paul R, et al. Legal and Ethical Consideration in Artificial Intelligence in Healthcare: Who Takes Responsibility? *Front Surg.* 2022 Mar 14;9:862322. doi: 10.3389/fsurg.2022.862322.
42. Miranda F, Barone S, Gillot M, Baquero B, Anchling L, Hutin N, et al. Artificial intelligence applications in orthodontics. *J Calif Dent Assoc.* 2023;51(1):2195585. doi: 10.1080/19424396.2023.2195585

---

Pablo Fernando Suquilanda Gualán  
 ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0204-3231>  
 Correo: [pablo.suquilanda.10@est.ucacue.edu.ec](mailto:pablo.suquilanda.10@est.ucacue.edu.ec)

Marco Antonio Marín Guamán  
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2210-6872>  
 Correo: [mmarin@ucacue.edu.ec](mailto:mmarin@ucacue.edu.ec)