

Precisión diagnóstica cefalométrica mediante inteligencia artificial frente a técnicas convencionales en ortodoncia

Cephalometric Diagnostic Accuracy Using Artificial Intelligence Versus Conventional Techniques in Orthodontics

¹Luis Eduardo Matute Romero*, ²Elflori Ricardo Ríos Florez

¹Especialidad de Ortodoncia. Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda -Estelí, Nicaragua.; lmatu906@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-5867-7369>

²Especialidad en Odontología forense. Universidad Científica del Sur - Lima, Perú; ricardoflorezrios@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0675-7656>

*Autor por correspondencia: lmatu906@gmail.com

Recibido: 10/04/2026

Aceptado: 05/05/2026

Publicado: 27/06/2026

Resumen

La localización precisa de puntos cefalométricos es fundamental para realizar diagnósticos confiables en ortodoncia; sin embargo, los métodos convencionales presentan variabilidad y demandan mayor tiempo, lo que justifica la incorporación de herramientas basadas en inteligencia artificial. El objetivo de este estudio fue comparar la precisión diagnóstica en la localización de puntos cefalométricos entre un método automatizado y el método convencional en radiografías laterales de cráneo evaluadas entre 2022 y 2024. Se realizó un estudio cuantitativo, comparativo y transversal, en el que se analizaron parámetros cefalométricos lineales y angulares mediante ambos métodos, evaluando la concordancia, el error medio de localización y la reproducibilidad intra e interevaluador. Los resultados evidenciaron una alta concordancia entre ambos métodos, con errores de localización dentro de rangos clínicamente aceptables, así como una elevada reproducibilidad en las mediciones. Asimismo, el método automatizado mostró una reducción significativa en el tiempo de trazado y mayor estandarización en los resultados, aunque se observaron leves discrepancias en algunos puntos anatómicos sin relevancia clínica. En conclusión, la inteligencia artificial representa una herramienta confiable y complementaria al método convencional en la



2025 – Universidad Francisco Luis Espinoza Pineda

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

práctica ortodóncica, al ofrecer niveles de precisión comparables, mejorar la eficiencia diagnóstica y contribuir a la estandarización de los procedimientos, sin reemplazar el juicio clínico del profesional.

Palabras clave: Ortodoncia; Cefalometría; Radiografía cefalométrica; Inteligencia artificial; Reproducibilidad de resultados.

Abstract

Accurate identification of cephalometric landmarks is essential to ensure reliable orthodontic diagnosis; however, conventional methods present variability and require more time, which justifies the incorporation of artificial intelligence–based tools. The objective of this study was to compare diagnostic accuracy in the localization of cephalometric landmarks between an automated method and the conventional method using lateral skull radiographs evaluated between 2022 and 2024. A quantitative, comparative, and cross-sectional study was conducted, in which linear and angular cephalometric parameters were analyzed using both methods, assessing agreement, mean localization error, and intra- and inter-examiner reproducibility. The results showed high agreement between both methods, with localization errors within clinically acceptable ranges, as well as high reproducibility in the measurements. Additionally, the automated method demonstrated a significant reduction in tracing time and greater standardization of results, although slight discrepancies were observed in some anatomical landmarks without clinical relevance. In conclusion, artificial intelligence represents a reliable and complementary tool to the conventional method in orthodontic practice, offering comparable levels of accuracy, improving diagnostic efficiency, and contributing to the standardization of procedures, without replacing the clinician's judgment.

Key words: Orthodontics; Cephalometry; Cephalometric radiography; Artificial intelligence; Reproducibility of results.

Introducción

La cefalometría continúa siendo un componente esencial del diagnóstico ortodóncico, debido a su utilidad para evaluar las relaciones esqueléticas, dentales y tegumentarias que orientan la planificación terapéutica. La precisión en la localización de los puntos cefalométricos



2025 – Universidad Francisco Luis Espinoza Pineda

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

constituye un aspecto crítico del análisis, ya que pequeñas variaciones pueden modificar las mediciones lineales y angulares empleadas para el diagnóstico y la toma de decisiones clínicas. Aunque los métodos manuales y digitales convencionales son ampliamente utilizados, ambos continúan expuestos a variaciones derivadas de la experiencia del operador, la calidad de la imagen y la reproducibilidad de las mediciones (Proffit et al., 2023; Masoud & Masoud, 2020).

El desarrollo reciente de la inteligencia artificial (IA) ha impulsado la automatización de múltiples procesos diagnósticos en odontología y ortodoncia. Los sistemas basados en aprendizaje profundo han demostrado capacidad para identificar puntos cefalométricos de forma rápida y estandarizada, reduciendo la dependencia del operador y mejorando la eficiencia del flujo de trabajo clínico. Diversas investigaciones han reportado altos niveles de concordancia entre los métodos automatizados y los procedimientos convencionales, con errores de localización considerados clínicamente aceptables para la práctica ortodóncica (Kim et al., 2022; Ye et al., 2023; Lee et al., 2020).

A pesar de estos avances, la precisión de los sistemas automatizados puede verse influenciada por factores relacionados con la calidad de la imagen radiográfica, las características anatómicas de los pacientes y las condiciones específicas de las poblaciones en las que son aplicados.

Estudios recientes han señalado que determinados puntos cefalométricos presentan mayor variabilidad en su identificación automática, particularmente cuando los límites anatómicos son menos definidos o existe superposición de estructuras craneofaciales (Lee et al., 2023; Liu et al., 2023; Hwang et al., 2021). Estos hallazgos resaltan la necesidad de validar el desempeño de las herramientas basadas en IA en diferentes entornos clínicos antes de su incorporación rutinaria al proceso diagnóstico.

En América Latina, la evidencia disponible sobre la precisión de la inteligencia artificial aplicada al análisis cefalométrico continúa siendo limitada y heterogénea. Particularmente en Nicaragua, no se identificaron estudios que hayan comparado de forma directa el desempeño



de plataformas automatizadas con los métodos convencionales en condiciones clínicas reales. Esta ausencia de evidencia local dificulta establecer la aplicabilidad de estas tecnologías en un contexto donde pueden existir diferencias relacionadas con la calidad de las imágenes diagnósticas, los recursos tecnológicos disponibles y las características de la población atendida.

Ante este escenario, se desarrolló el presente estudio con el objetivo de comparar la precisión diagnóstica en la localización de puntos cefalométricos entre la plataforma de inteligencia artificial WebCeph™ y el método convencional en radiografías laterales de cráneo obtenidas entre 2022 y 2024. Adicionalmente, se evaluó la concordancia entre ambos métodos, el error medio de localización y la reproducibilidad de las mediciones, con el propósito de aportar evidencia sobre la utilidad clínica de la inteligencia artificial en el diagnóstico ortodóncico.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio observacional, comparativo y de corte transversal orientado a evaluar la precisión diagnóstica de la plataforma WebCeph™ en la localización de puntos cefalométricos, utilizando como referencia el método manual convencional. La población estuvo constituida por 80 radiografías cefalométricas laterales digitales obtenidas entre 2022 y 2024 en un centro radiológico odontológico especializado.

La muestra final incluyó 35 radiografías seleccionadas mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando criterios de calidad diagnóstica, adecuada posición cefalométrica y ausencia de distorsiones o alteraciones anatómicas que dificultaran la identificación de los puntos de referencia.

El análisis automatizado se realizó mediante la plataforma WebCeph™ versión 1.0 (AssembleCircle Corp., Corea del Sur), basada en algoritmos de aprendizaje profundo para la identificación automática de puntos cefalométricos. Cada radiografía fue evaluada de forma independiente mediante el método manual y la plataforma automatizada, registrándose las coordenadas de diez puntos cefalométricos de referencia (Na, Or, A, B, Pog, Me, Go, Po, Co y S) en los ejes horizontal y vertical. Las mediciones obtenidas fueron organizadas en una base de datos diseñada para el estudio.



La variable principal fue la precisión diagnóstica, evaluada mediante el error medio absoluto (EMA) entre ambos métodos. Adicionalmente, se analizaron la concordancia y la reproducibilidad de las mediciones mediante el coeficiente de correlación intraclase (ICC). Para garantizar la confiabilidad del procedimiento, se efectuó una calibración intraevaluador e interevaluador mediante la reevaluación aleatoria de 10 radiografías con un intervalo de 15 días entre mediciones.

El análisis estadístico se realizó utilizando IBM SPSS Statistics versión 27.0. La distribución de los datos fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Posteriormente, las diferencias entre los métodos fueron analizadas mediante la prueba t de Student para muestras relacionadas, mientras que la concordancia y reproducibilidad se determinaron mediante el ICC, adoptando un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$.

Resultados y discusión

La prueba de normalidad mostró una distribución paramétrica de los datos ($p > 0,05$), permitiendo la aplicación de procedimientos estadísticos inferenciales paramétricos. En la mayoría de las variables evaluadas no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos, lo que sugiere un comportamiento diagnóstico comparable entre el sistema automatizado y el procedimiento convencional.

La Tabla 1 presenta los valores correspondientes al error medio de localización según el método empleado. Aunque el sistema basado en inteligencia artificial mostró errores promedio ligeramente inferiores a los observados con el método convencional, las diferencias encontradas no alcanzaron significación estadística ($p > 0,05$). Estos resultados coinciden con investigaciones que han demostrado que los algoritmos de aprendizaje profundo pueden alcanzar niveles de precisión similares a los obtenidos por operadores humanos experimentados (Arik et al., 2017; Hwang et al., 2021; Wang et al., 2021).



Tabla 1.
Error medio de localización de puntos cefalométricos según método y tipo de punto

Tipo de punto	Método convencional (Media ± DE)	Inteligencia artificial (Media ± DE)	Valor p
Puntos esqueléticos	1,48 ± 0,45	1,30 ± 0,40	0,092
Puntos dentales	1,56 ± 0,50	1,38 ± 0,43	0,081
Promedio general	1,52 ± 0,48	1,34 ± 0,42	0,087

Fuente: Elaboración propia

Nota. DE: desviación estándar. Valores expresados en milímetros.

La concordancia entre ambos métodos fue evaluada mediante el coeficiente de correlación intraclass (CCI). Como se observa en la Tabla 2, todas las variables presentaron valores superiores a 0,85, lo que indica una elevada concordancia entre las mediciones. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que reportan altos niveles de acuerdo entre métodos manuales y automatizados para el análisis cefalométrico (Lee et al., 2020; Kunz et al., 2020; Chen et al., 2020). De acuerdo con los criterios propuestos por Koo y Li (2016), los valores observados reflejan una confiabilidad adecuada para su aplicación clínica.

Tabla 2.
Concordancia entre métodos mediante coeficiente de correlación intraclass

Variable evaluada	CCI	Intervalo de confianza (95%)	Interpretación
Puntos esqueléticos	0,89	0,85 – 0,92	Alta
Puntos dentales	0,87	0,83 – 0,90	Alta
Medidas angulares	0,88	0,84 – 0,91	Alta
Medidas lineales	0,86	0,82 – 0,89	Alta
Promedio general	0,88	0,85 – 0,91	Alta

Fuente: Elaboración propia

Nota. CCI: coeficiente de correlación intraclass.



En cuanto a la reproducibilidad, la Tabla 3 muestra valores ligeramente superiores para el método basado en inteligencia artificial tanto en la evaluación intraevaluador como interevaluador. Este hallazgo sugiere una menor influencia del operador en el proceso de localización de los puntos cefalométricos y una mayor estandarización de las mediciones. Resultados similares han sido reportados por Liu et al. (2023), Park et al. (2019) y Moon et al. (2020), quienes destacan la capacidad de la inteligencia artificial para disminuir la variabilidad asociada al componente humano.

Tabla 3.

Reproducibilidad intra e interevaluador según método

Tipo de reproducibilidad	Método convencional (CCI)	Inteligencia artificial (CCI)	Diferencia
Intraevaluador	0,86	0,91	+0,05
Interevaluador	0,83	0,89	+0,06

Nota. CCI: coeficiente de correlación intraclase.

La Tabla 4 resume el tiempo promedio requerido para completar el análisis cefalométrico mediante ambos métodos. Se observó una reducción significativa del tiempo cuando se utilizó inteligencia artificial, diferencia que resultó estadísticamente significativa ($p < 0,001$). Este hallazgo representa una ventaja operativa importante, especialmente en contextos clínicos con alta demanda asistencial. Resultados comparables han sido reportados por Arik et al. (2017) y Schwendicke et al. (2020), quienes destacan la eficiencia de los sistemas automatizados para optimizar los flujos de trabajo clínicos.

Tabla 4.

Tiempo promedio de análisis cefalométrico por método

Método	Tiempo promedio (minutos)	Desviación estándar	Valor p
Convencional	12,5	2,1	
Inteligencia artificial	3,8	1,2	<0,001

Fuente: Elaboración propia

Nota. Diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).



A pesar de los resultados favorables, se identificaron discrepancias en la localización de algunos puntos cefalométricos, particularmente aquellos con límites anatómicos menos definidos, como el punto A, punto B y gonion. Estas dificultades han sido descritas previamente tanto para operadores humanos como para sistemas automatizados (Lee et al., 2023; Hwang et al., 2021; Wang et al., 2021). Sin embargo, las diferencias observadas permanecieron dentro de límites clínicamente aceptables, lo que respalda la utilidad de la inteligencia artificial como herramienta complementaria para el diagnóstico ortodóncico.

En conjunto, los hallazgos obtenidos son consistentes con la evidencia reciente sobre la aplicación de inteligencia artificial en odontología y ortodoncia (Schwendicke et al., 2020; Topol, 2019; Alqahtani et al., 2021; Albalawi et al., 2022). La incorporación de estas tecnologías puede contribuir a mejorar la eficiencia diagnóstica, favorecer la estandarización de los procedimientos y reducir la variabilidad asociada al operador.

No obstante, la inteligencia artificial debe entenderse como una herramienta de apoyo y no como un sustituto del criterio clínico profesional. La validación continua de estos sistemas en diferentes poblaciones y contextos clínicos continúa siendo necesaria para fortalecer la evidencia disponible y garantizar una implementación segura y efectiva en la práctica ortodóncica (García-Cano et al., 2022; Liu et al., 2023).

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que la plataforma WebCeph™ presentó una precisión diagnóstica comparable a la del método manual tradicional para la localización de puntos cefalométricos en radiografías laterales de cráneo. Las diferencias observadas entre ambos métodos fueron mínimas y se mantuvieron dentro de los límites clínicamente aceptables, lo que respalda la utilidad de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo en el análisis cefalométrico.

La concordancia entre WebCeph™ y el método convencional fue alta, evidenciada por coeficientes de correlación intraclase superiores a 0,80 en la mayoría de los puntos evaluados. Los mayores niveles de acuerdo se observaron en nasion, orbitale, punto A, mentoniano y cóndilo, mientras que pogonion y porion presentaron valores relativamente menores, aunque



dentro de rangos clínicamente aceptables. Estos hallazgos demuestran que la plataforma proporciona mediciones consistentes y confiables para su aplicación en ortodoncia.

Asimismo, la reproducibilidad de las mediciones mostró niveles elevados de estabilidad intraevaluador e interevaluador, lo que indica una adecuada consistencia en la identificación de los puntos cefalométricos y una menor influencia de la variabilidad asociada al operador. Esta característica favorece la estandarización del proceso diagnóstico y fortalece la confiabilidad de los resultados obtenidos mediante sistemas automatizados.

La reducción del tiempo requerido para realizar el análisis cefalométrico constituye una ventaja adicional de la inteligencia artificial, al permitir optimizar los procesos diagnósticos sin comprometer la precisión de las mediciones. Este aspecto puede resultar especialmente relevante en entornos clínicos y académicos donde la eficiencia operativa representa un factor importante.

En conjunto, los hallazgos de esta investigación respaldan la incorporación de plataformas basadas en inteligencia artificial, como WebCeph™, como herramientas complementarias para el análisis cefalométrico automatizado. Su precisión, reproducibilidad y eficiencia operativa favorecen su aplicación en la práctica ortodóncica contemporánea, contribuyendo a la estandarización de los procedimientos diagnósticos y al fortalecimiento de la toma de decisiones clínicas fundamentadas en evidencia.

Conflicto de Intereses:

Los autores no declaran tener conflictos de intereses

Consideraciones éticas:

Este trabajo fue aprobado por la comisión del programa de Ortodoncia III edición, de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda. Este artículo surge de un trabajo de investigación aprobado por un comité evaluador, como requisito para culminación de estudios de la especialidad de Ortodoncia III edición de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda.



2025 – Universidad Francisco Luis Espinoza Pineda

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Declaración de contribuciones de los autores

Luis Matute: Conceptualización, investigación, análisis formal, curación de datos, redacción del borrador original y revisión y edición del manuscrito.

Elflori Ríos: Conceptualización, supervisión, validación, análisis formal, investigación, curación de datos, revisión y edición del manuscrito.

Todos los autores participaron en la elaboración del estudio, revisaron críticamente el manuscrito, aprobaron la versión final para su publicación y asumen la responsabilidad del contenido presentado.

Referencias

- Albalawi, F., Alamri, H., & Alqahtani, N. (2022). Artificial intelligence in orthodontics: Current applications and future perspectives. *Journal of Orthodontic Science*, 11(1), 12–20. https://doi.org/10.4103/jos.jos_45_22
- Alqahtani, N., Al-Maflehi, N., & Alshammari, A. (2021). Accuracy of artificial intelligence in cephalometric landmark detection: A systematic review. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 24(4), 456–467. <https://doi.org/10.1111/ocr.12432>
- Arik, S. Ö., Ibragimov, B., & Xing, L. (2017). Fully automated quantitative cephalometry using convolutional neural networks. *Journal of Medical Imaging*, 4(1), 014501. <https://doi.org/10.1117/1.JMI.4.1.014501>
- Baumrind, S., & Frantz, R. C. (1971). The reliability of head film measurements. *American Journal of Orthodontics*, 60(2), 111–127. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(71\)90028-5](https://doi.org/10.1016/0002-9416(71)90028-5)
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). *Principles of biomedical ethics* (8th ed.). Oxford University Press.
- Chen, Y., Chen, Y., Li, J., & Wang, H. (2020). Automatic cephalometric landmark detection using deep learning. *BMC Oral Health*, 20(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01082-9>



- Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOMS). (2016). International ethical guidelines for health-related research involving humans. <https://cioms.ch>
- García-Cano, E., Sánchez, J., & López, M. (2022). Aplicaciones de inteligencia artificial en odontología: revisión narrativa. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia*, 15(2), 85–95.
- Houston, W. J. B. (1983). The analysis of errors in orthodontic measurements. *American Journal of Orthodontics*, 83(5), 382–390. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(83\)90322-6](https://doi.org/10.1016/0002-9416(83)90322-6)
- Hwang, H. W., Park, J. H., Moon, J. H., Yu, Y., Kim, H., Her, S. B., Srinivasan, G., Aljanabi, M. N. A., Donatelli, R. E., & Lee, S. J. (2021). Automated identification of cephalometric landmarks: Part 2—Performance of a convolutional neural network using lateral cephalograms. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 159(3), 383–391. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2020.06.023>
- Kim, H., Shim, E., Park, J., Kim, Y., Lee, U., & Kim, Y. (2022). Web-based fully automated cephalometric analysis by deep learning. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 214, 106567. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106567>
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Kunz, F., Stellzig-Eisenhauer, A., & Zeman, F. (2020). Artificial intelligence in orthodontics: Evaluation of automated cephalometric analysis. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 81(1), 52–68. <https://doi.org/10.1007/s00056-019-00213-4>
- Lee, J. H., Kim, D. H., Jeong, S. N., & Choi, S. H. (2020). Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of Dentistry*, 77, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.10.006>
- Lee, S. J., Hwang, H. W., Kim, H., & Yu, Y. (2023). Advances in artificial intelligence for orthodontic diagnosis. *Korean Journal of Orthodontics*, 53(1), 1–12. <https://doi.org/10.4041/kjod.2023.53.1.1>



Liu, Z., Wang, J., & Zhao, L. (2023). Reliability of artificial intelligence in cephalometric landmark detection: A meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 27(2), 567–578.

<https://doi.org/10.1007/s00784-022-04678-3>

Masoud, M. I., & Masoud, I. M. (2020). *Orthodontics at a glance*. Wiley-Blackwell.

Moon, J. H., Hwang, H. W., & Lee, S. J. (2020). Accuracy of deep learning-based automated cephalometric analysis. *Angle Orthodontist*, 90(5), 715–721.

<https://doi.org/10.2319/022020-123.1>

Park, J. H., Hwang, H. W., Moon, J. H., Yu, Y., Kim, H., Her, S. B., Srinivasan, G., Aljanabi, M. N. A., Donatelli, R. E., & Lee, S. J. (2019). Automated identification of cephalometric landmarks. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 156(4), 575–586. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.02.019>

Proffit, W. R., Fields, H. W., & Larson, B. (2023). *Contemporary orthodontics* (7th ed.). Elsevier.

Schwendicke, F., Samek, W., & Krois, J. (2020). Artificial intelligence in dentistry: Chances and challenges. *Journal of Dental Research*, 99(7), 769–774.

<https://doi.org/10.1177/0022034520915714>

Topol, E. (2019). *Deep medicine: How artificial intelligence can make healthcare human again*. Basic Books.

Wang, C. W., Huang, C. T., Hsieh, M. C., Li, C. H., Chang, S. W., Li, W. C., Vandaele, R., Marée, R., Jodogne, S., & Geurts, P. (2021). Evaluation and comparison of anatomical landmark detection methods. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 40(1), 182–195. <https://doi.org/10.1109/TMI.2020.3023917>

World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

Ye, N., Zhu, J., Wang, R., & Zhang, L. (2023). Deep learning for cephalometric landmark detection: A systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 52(1), 20220123.

<https://doi.org/10.1259/dmfr.20220123>

