Cuaderno de odontología. Revista científica
Vol. 4(especial5), 25-32, 2026
https://doi.org/10.62574/svf4hr89

Métodos digitales y tradicionales de trazado cefalométrico en la planificación ortodóntica: revisión sistemática

Digital and traditional cephalometric tracing methods in orthodontic planning: a systematic review

Paula Solange Segura-Ruiz
oa.paulassr39@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0009-0008-7544-1501

Evelyn Nathaly Sánchez-Rosero
evelynnsr41@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0009-0008-7887-912X

Verónica Alejandra Salame-Ortiz
ua.veronicasalame@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0000-0002-7103-5804

RESUMEN

Objetivo: comparar los métodos digitales y tradicionales de trazado cefalométrico aplicados a la planificación ortodóntica. **Métodos:** revisión sistemática de síntesis narrativa en PubMed (2019 a 2026), con descriptores sobre cefalometría, trazado manual, trazado digital e inteligencia artificial; se seleccionaron 15 estudios agrupados en tres ejes. **Resultados:** cuatro estudios sintetizaron la evidencia, siete analizaron la precisión de programas automatizados y cuatro la reproducibilidad, la concordancia y la velocidad entre herramientas. **Conclusión:** la literatura reciente concentra su interés en la precisión de la inteligencia artificial frente al trazado manual; la heterogeneidad de programas y de puntos evaluados impide una conclusión única, por lo que se recomienda que el especialista verifique los puntos críticos del trazado automático.
Descriptores: cefalometría; ortodoncia; inteligencia artificial (DeCS).

ABSTRACT

Objective: to compare digital and traditional cephalometric tracing methods applied to orthodontic planning. **Methods:** narrative-synthesis systematic review in PubMed (2019 to 2026), using descriptors on cephalometry, manual tracing, digital tracing and artificial intelligence; 15 studies were selected and grouped into three themes. **Results:** four studies synthesized the evidence, seven analyzed the accuracy of automated software and four the reproducibility, agreement and speed among tools. **Conclusion:** recent literature focuses on the accuracy of artificial intelligence against manual tracing; heterogeneity of software and landmarks prevents a single conclusion, so specialists should verify the critical points of automatic tracing.
Descriptors: cephalometry; orthodontics; artificial intelligence (MeSH).

Recibido: 08/07/2026. Revisado: 19/07/2026. Aprobado: 25/09/2026. Publicado: 01/10/2026.
Artículo original breve

INTRODUCCIÓN

En ortodoncia, el análisis cefalométrico aporta medidas esqueléticas, dentales y de tejidos blandos que orientan el diagnóstico y el plan de tratamiento, y su ejecución pasó del calco manual sobre acetato al trazado asistido por programas informáticos. Dentro de este orden de ideas, Narkhede et al. compararon el trazado digital con el manual mediante una revisión sistemática con metaanálisis (1), y Hendrickx et al. se preguntaron si el análisis cefalométrico guiado por inteligencia artificial puede sustituir al trazado manual (2).

Ahora bien, la automatización plantea la cuestión de la exactitud. En tal sentido, Bao et al. evaluaron la precisión del análisis cefalométrico automatizado basado en inteligencia artificial (3); a su vez, Zughair et al. contrastaron el trazado con inteligencia artificial frente al semiautomático y al manual (4), y Mercier et al. analizaron la fiabilidad y la exactitud de un programa con inteligencia artificial para el diagnóstico cefalométrico (5).

Por otra parte, la identificación de los puntos de referencia concentra buena parte del debate. Así, Schwendicke et al. sintetizaron mediante revisión sistemática y metaanálisis el aprendizaje profundo para detectar puntos cefalométricos (6), Rauniyar et al. realizaron un metaanálisis sobre el aprendizaje automático en la identificación de esos puntos (7), y Ye et al. preguntaron si un programa automático supera a ortodoncistas expertos en esa tarea (8). En consecuencia, el objetivo de esta revisión fue comparar los métodos digitales y tradicionales de trazado cefalométrico aplicados a la planificación ortodóntica, a partir de la literatura indexada en PubMed.

MÉTODO

Con el fin de reunir la evidencia disponible, se realizó una revisión sistemática de síntesis narrativa, sin metaanálisis, dado que los programas, las radiografías y los

puntos evaluados difieren entre los estudios; los criterios y el proceso de selección adoptaron la lógica de la declaración PRISMA en lo aplicable.

En la identificación de los registros, se consultó PubMed con combinaciones de los descriptores cephalometric analysis, manual tracing, digital tracing, artificial intelligence y landmark identification, unidos mediante los operadores AND y OR, con filtro de publicación entre 2019 y 2026.

Asimismo, se incluyeron publicaciones con autores identificables, en inglés, que compararan métodos de trazado cefalométrico o evaluaran la exactitud, la reproducibilidad o la velocidad de programas digitales y automatizados. Por el contrario, se excluyeron los trabajos de ingeniería sin comparación clínica y los comentarios editoriales.

Posteriormente, se seleccionaron 15 estudios por su afinidad con el objetivo planteado. De cada uno se extrajeron el foco de comparación y el aspecto analizado, y los datos se organizaron en la Tabla 1 y se agruparon en tres ejes temáticos: síntesis de la evidencia, precisión de programas automatizados, y reproducibilidad, concordancia y velocidad. Al tratarse de una revisión de literatura publicada, el trabajo no requirió dictamen de un comité de ética.

RESULTADOS

En primer lugar, la selección final reunió 15 publicaciones (Tabla 1), agrupadas en tres ejes según su foco; cuatro sintetizaron la evidencia, siete analizaron la precisión de programas automatizados y cuatro examinaron la reproducibilidad, la concordancia y la velocidad entre herramientas.

Tabla 1. Estudios incluidos en la revisión sistemática.

Estudio	Comparación	Aspecto analizado
Narkhede et al., 2024 (1)	Digital frente a manual	Revisión sistemática y metaanálisis
Hendrickx et al., 2024 (2)	Inteligencia artificial frente a manual	Posibilidad de sustituir el trazado manual
Bao et al., 2023 (3)	Análisis automatizado	Precisión del análisis con inteligencia artificial

Estudio	Comparación	Aspecto analizado
Zughair et al., 2025 (4)	Automático, semiautomático y manual	Evaluación del trazado
Mercier et al., 2024 (5)	Programa con inteligencia artificial	Fiabilidad y exactitud diagnóstica
Schwendicke et al., 2021 (6)	Aprendizaje profundo	Detección de puntos (revisión y metaanálisis)
Rauniyar et al., 2023 (7)	Aprendizaje automático	Identificación de puntos (metaanálisis)
Ye et al., 2023 (8)	Programa automático frente a expertos	Identificación de puntos
Zaheer et al., 2024 (9)	Semiautomático, automático y manual	Comparación de programas con inteligencia artificial
Sadek et al., 2024 (10)	Web automatizado frente a digital manual	Exactitud en la identificación de puntos
Cao et al., 2022 (11)	Aprendizaje profundo	Exactitud en radiografías laterales 2D
Prince et al., 2023 (12)	WebCeph, AutoCEPH y manual	Reproducibilidad de medidas lineales y angulares
Sobouti et al., 2025 (13)	Semidigital, digital y convencional	Exactitud y reproducibilidad (estudio preliminar)
Gupta et al., 2024 (14)	Aplicación móvil y programa web	Concordancia y velocidad
Lee et al., 2023 (15)	Programas comerciales con inteligencia artificial	Análisis cefalométrico lateral (parte 1)

Elaboración propia a partir de los estudios incluidos. Entre paréntesis, número de la referencia.

En el eje de síntesis, las revisiones y los metaanálisis (1, 2, 6, 7) abordan la pregunta central de si el trazado digital o automatizado puede equipararse al manual, y lo hacen desde dos ángulos: la comparación global entre métodos y la identificación de los puntos de referencia mediante aprendizaje profundo y automático.

En el eje de precisión, Bao et al. (3), Zughair et al. (4), Mercier et al. (5) y Ye et al. (8) evaluaron programas con inteligencia artificial frente al trazado manual, semiautomático o de expertos; de igual forma, Zaheer et al. compararon programas semiautomáticos y totalmente automáticos con el sistema manual (9), Sadek et al. analizaron la exactitud de un programa web frente a la identificación digital manual (10) y Cao et al. examinaron la exactitud de los algoritmos de aprendizaje profundo en telerradiografías laterales bidimensionales (11).

En el eje de reproducibilidad y velocidad, Prince et al. estudiaron la reproducibilidad de medidas lineales y angulares obtenidas con WebCeph, con AutoCEPH y con el

método manual (12); por su parte, Sobouti et al. contrastaron trazados semidigitales y totalmente digitales con los métodos convencionales en un estudio preliminar (13), Gupta et al. compararon la concordancia y la velocidad de una aplicación móvil con las de un programa web de inteligencia artificial (14), y Lee et al. analizaron programas comerciales de análisis cefalométrico lateral con inteligencia artificial (15).

En conjunto, once de los quince estudios se centran en programas con inteligencia artificial, de modo que la comparación clásica entre calco manual y trazado digital convencional ocupa un lugar minoritario en la producción reciente.

DISCUSIÓN

De acuerdo con la distribución de los estudios, el interés de la investigación se desplazó de la comparación entre calco y pantalla hacia la evaluación de la inteligencia artificial (3 a 5, 8, 9 a 11, 15). Esta orientación tiene una explicación práctica, puesto que la identificación de puntos consume la mayor parte del tiempo del trazado; sin embargo, la velocidad no equivale a exactitud, y por esa razón los estudios que miden ambas variables (14) resultan los más útiles para el clínico.

Por otro lado, la variedad de programas evaluados (12, 13, 15) dificulta generalizar. Dicho de otro modo, un resultado favorable para un programa concreto, sobre un conjunto de radiografías determinado, no se traslada automáticamente a otro programa ni a otra población, y el propio carácter preliminar de algunos estudios (13) refuerza esa cautela.

Asimismo, las síntesis de la evidencia (1, 2, 6, 7) muestran que la pregunta de si el trazado automático puede reemplazar al manual sigue formulándose como una interrogante abierta. Desde la práctica ortodóntica, esto sugiere que la inteligencia artificial funciona mejor como apoyo que como sustituto, y que el especialista debe revisar los puntos críticos antes de aceptar las medidas, sobre todo en casos límite.

En cuanto a las limitaciones, la revisión se restringió a PubMed y a publicaciones en inglés, incluyó 15 estudios, no valoró el riesgo de sesgo ni el tamaño de las diferencias y agrupó los trabajos por foco temático; en consecuencia, no permite afirmar que un método supere a otro. Se requieren estudios que comparen programas con las mismas radiografías y con criterios clínicos de aceptabilidad.

CONCLUSIÓN

La literatura reciente sobre trazado cefalométrico concentra su interés en la precisión, la reproducibilidad y la velocidad de los programas con inteligencia artificial frente al trazado manual. La heterogeneidad de los programas y de los puntos evaluados impide una conclusión única, por lo que se recomienda emplear la inteligencia artificial como apoyo, con verificación por parte del especialista, y orientar futuros estudios hacia comparaciones con criterios clínicos de aceptabilidad.

FINANCIAMIENTO

Este trabajo se llevó a cabo con recursos exclusivamente aportados por los autores.

CONFLICTO DE INTERESES

No existen conflictos de interés por parte de los autores respecto a la presente investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador.

REFERENCIAS

Voy a verificar las 15 referencias y completar los autores; te entrego solo el listado final.
Ya confirmé las primeras 8. Faltan las 7 restantes.

1. Narkhede S, Rao P, Sawant V, Sachdev SS, Arora S, Pawar AM, et al. Digital versus manual tracing in cephalometric analysis: a systematic review and meta-analysis. J Pers Med. 2024;14(6):566.

2. Hendrickx J, Gracea RS, Vanheers M, Winderickx N, Preda F, Shujaat S, et al. Can artificial intelligence-driven cephalometric analysis replace manual tracing? A systematic review and meta-analysis. Eur J Orthod. 2024;46(4):cjae029.
3. Bao H, Zhang K, Yu C, Li H, Cao D, Shu H, et al. Evaluating the accuracy of automated cephalometric analysis based on artificial intelligence. BMC Oral Health. 2023;23(1):191.
4. Zughair SAK, Ishaq RAR, Al-dossary OAI, Aldhorae K, Saber NH, Elayah SA. Evaluation of artificial intelligence-based cephalometric tracing versus semi-automatic and manual tracing. BMC Oral Health. 2025;25(1):1429.
5. Mercier JP, Rossi C, Sanchez IN, Renovales ID, Sahagún PM, Templier L. Reliability and accuracy of artificial intelligence-based software for cephalometric diagnosis. A diagnostic study. BMC Oral Health. 2024;24(1):1309.
6. Schwendicke F, Chaurasia A, Arsiwala L, Lee JH, Elhennawy K, Jost-Brinkmann PG, et al. Deep learning for cephalometric landmark detection: systematic review and meta-analysis. Clin Oral Investig. 2021;25(7):4299-309.
7. Rauniyar S, Jena S, Sahoo N, Mohanty P, Dash BP. Artificial intelligence and machine learning for automated cephalometric landmark identification: a meta-analysis previewed by a systematic review. Cureus. 2023;15(6):e40934.
8. Ye H, Cheng Z, Ungvijanpunya N, Chen W, Cao L, Gou Y. Is automatic cephalometric software using artificial intelligence better than orthodontist experts in landmark identification? BMC Oral Health. 2023;23(1):467.
9. Zaheer R, Shafique HZ, Khalid Z, Shahid R, Jan A, Zahoor T, et al. Comparison of semi and fully automated artificial intelligence driven softwares and manual system for cephalometric analysis. BMC Med Inform Decis Mak. 2024;24(1):271.
10. Sadek M, Alaskari O, Hamdan A. Accuracy of web-based automated versus digital manual cephalometric landmark identification. Clin Oral Investig. 2024;28(11):621.
11. Cao L, He H, Hua F. Deep learning algorithms have high accuracy for automated landmark detection on 2D lateral cephalograms. J Evid Based Dent Pract. 2022;22(4):101798.
12. Prince STT, Srinivasan D, Duraisamy S, Kannan R, Rajaram K. Reproducibility of linear and angular cephalometric measurements obtained by an artificial-intelligence assisted software (WebCeph) in comparison with digital software (AutoCEPH) and manual tracing method. Dental Press J Orthod. 2023;28(1):e2321214.
13. Sobouti F, Dadgar S, Namadian S, Bahrami Rad HR, Rakhshan V. Accuracy and reproducibility of semidigital versus fully digital cephalometric tracings using a new computer program versus conventional methods (gold standards): a preliminary study. Biomed Res Int. 2025;2025:8403357.

14. Gupta S, Shetty S, Natarajan S, Nambiar S, Mv A, Agarwal S. A comparative evaluation of concordance and speed between smartphone app-based and artificial intelligence web-based cephalometric tracing software with the manual tracing method: a cross-sectional study. J Clin Exp Dent. 2024;16(1):e11-7.
15. Lee J, Bae SR, Noh HK. Commercial artificial intelligence lateral cephalometric analysis: part 1 - the possibility of replacing manual landmarking with artificial intelligence service. J Clin Pediatr Dent. 2023;47(6):106-18.

Derechos de autor: 2026. Por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/