



## REVISIÓN

# Actualización de la validez de los métodos digitales de trazado cefalométrico en 2 dimensiones

Luis Daniel Pellicer Castillo<sup>a,\*</sup>, Alberto F. Albaladejo Martínez<sup>b</sup>, Enrique Jiménez Crespo<sup>c</sup>, María Iglesias Fernández<sup>d</sup> y Adrián Curto Aguilera<sup>e</sup>

<sup>a</sup>Máster en Ortodoncia y Ortopedia, Universidad de Alcalá de Henares, Práctica Privada en Valladolid, España

<sup>b</sup>Profesor titular de Ortodoncia, Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad de Salamanca, Salamanca, España

<sup>c</sup>Colaborador del Máster en Ortodoncia y Ortopedia, Universidad de Alcalá de Henares, Máster en Ortodoncia y Ortopedia, Universidad de Alcalá de Henares Madrid, España

<sup>d</sup>Práctica privada en Badajoz. Alumna del Máster en Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial, Universidad de Oviedo, Cantabria, España

<sup>e</sup>Práctica privada, Cáceres, España

### PALABRAS CLAVE

Trazado cefalométrico digital;  
Programas de trazado digital;  
Puntos cefalométricos;  
Medidas cefalométricas

### Resumen

**Objetivo:** Presentar los métodos que se emplean para estudiar la fiabilidad y validez de la cefalometría en 2 dimensiones, los programas y sistemas evaluados, y exponer las medidas y puntos cefalométricos más conflictivos.

**Material y métodos:** Se realizó una revisión bibliográfica de los estudios publicados sobre trazado digital. Veintiocho artículos cumplieron con los requisitos del estudio, abarcando desde 1981 a 2011. Los elementos estudiados en los artículos son los trazados sobre distintos medios en 2 dimensiones (película radiográfica, impresión de copia digital, digitalizador, programas informáticos).

**Resultados:** El trazado cefalométrico sobre película radiográfica muestra los mejores resultados. La radiografía digital obtenida de telerradiógrafos digitales actuales o el escaneado en alta resolución de la película radiográfica obtienen los valores más cercanos al trazado manual, pero fotografiar digitalmente la película presenta diferencias significativas.

**Conclusiones:** Los programas informáticos más modernos son fiables para el estudio cefalométrico en el ámbito clínico, y conforme evolucionan recortan diferencias presentes en estudios realizados con programas más antiguos.

© 2012 Sociedad Española de Ortodoncia. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

\*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: luisdanielpellicer@gmail.com (L.D. Pellicer Castillo).

**KEYWORDS**

Digital cephalometric tracing;  
Digital cephalometric software;  
Cephalometric landmarks;  
Cephalometric measurements

**Update of the validity of two-dimensional digital cephalometric tracing methods****Abstract**

*Objectives:* To present the methods used to study the reliability and validity of two-dimensional cephalometry, the programs and systems tested, and the most troublesome cephalometric measurements and points.

*Methods:* We performed a literature review of published studies on digital cephalometric Software. A total of 28 articles, published from 1981 to 2011, met the study requirements. The elements studied in the articles were in various two-dimensional formats (X-ray film, digital copy printing, scanner, software).

*Results:* X-ray film showed the best cephalometric tracing. Digital radiography obtained directly or scanned in high resolution radiographic film showed values closest to manual tracing, but digital photography of the film showed significant differences.

*Conclusions:* The latest software is reliable for clinical cephalometric study. As advances in the software were made, differences with older programs became fewer.

© 2012 Sociedad Española de Ortodoncia. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

**Introducción**

La cefalometría sobre película radiográfica ha sido el método diagnóstico, estudio y predicción del crecimiento por excelencia, desde que en 1931 Broadbent presentó la primera aplicación estandarizada de la telerradiografía<sup>1</sup>. Ochenta años después, el manejo y control de diferentes estudios cefalométricos por parte del profesional es habitual en cualquier formación, y una exigencia si queremos realizar un completo diagnóstico de nuestros pacientes.

Si algo ha tenido en contra el estudio cefalométrico, superada la exigente formación que requiere, es el costo que supone en tiempo. No es extraño entonces, que desde la informatización de las consultas, su contribución no se ciñese exclusivamente a la gestión clínica y económica, sino que una aplicación que supusiese un ahorro de tiempo, espacio y mejorase la comunicación entre pacientes y profesionales fuese tremendamente atractiva. Sin embargo, los inicios no fueron tan idílicos y técnicas de trazado digital como las desarrolladas con el DigiGraph<sup>2-4</sup> (Dolphin Imaging & Management Solutions, Woodland Hills, California, EE. UU.), no tuvieron el éxito esperado pese a tener grandes ventajas.

En la actualidad, a pesar del gran número de estudios e investigaciones en las técnicas emergentes sobre radiografía tridimensional<sup>5-8</sup>, la realidad clínica se encuentra con el uso de programas de trazado digital en 2 dimensiones para la mayor parte de los profesionales.

**Informática en el gabinete de ortodoncia**

Si bien las computadoras surgieron a partir de 1936, y en 1969 se utilizaron sus capacidades de cálculo y procesamiento para el estudio cefalométrico de Ricketts, su elevado coste aleja su uso fuera de los centros de investigación.

Hasta finales de 1977, no se empieza a introducir en los mercados, y su posterior reducción de costes de desarrollo supuso la consecuente producción en masa e implantación

en los hogares. También fueron diseñadas para ser inmediatamente útiles a los clientes no técnicos, en contraste con las microcomputadoras de la primera generación que vinieron como kits y requirieron a menudo habilidades en electrónica<sup>9</sup>.

El primer *software* de ayuda al ortodoncista en el diagnóstico y pronóstico fue el Jiff Orthodontic Evaluation, desarrollado por la Rocky Mountain Orthodontics (RMO, Denver, EE. UU.), al final de los años sesenta<sup>10</sup>. Estaba constituido por un programa de análisis estático, que permitía el análisis lateral y frontal de Ricketts, Jarabak, Sassouni-Plus, Steiner y Grummons, facilitando su optimización y permitiendo al usuario individualizar su propio análisis.

Actualmente, existe una gran cantidad de programas informáticos para la elaboración de estudios cefalométricos, algunos presentados en la revista por el doctor Ignacio García Espoza en 2005<sup>11</sup>. En España, los más utilizados por clínicos e investigadores son NemoCeph, Dolphin, Ortomed y Quick Ceph. A continuación se presenta una reseña histórica de los programas citados y de los digitalizadores.

**NemoCeph**

El lanzamiento de NemoCeph fue en 1996 durante la Reunión de la Sociedad Española de Ortodoncia de Burgos, siendo el primer *software* para estudios de cefalometría basado en imágenes digitalizadas en entorno Windows desarrollado en Europa. Hasta el año 1999, se van introduciendo nuevos análisis cefalométricos en NemoCeph y se empiezan a implementar los planes del objetivo visual de tratamiento, las predicciones de crecimiento de Ricketts y la superposición de fotografía/radiografía (combinadas permiten el *Morphing*)<sup>12</sup>. El Dr. Roth introduce mejoras como la creación de series cronológicas de captura, un visor de documentos, y las predicciones de conversión cefalométrica y ortodoncia a corto plazo para tratamientos quirúrgicos.

A partir del año 2001, se lanza NemoCeph bajo la plataforma NemoStudio (*suite* integrada de aplicaciones clínicas) y se comienzan a desarrollar otros módulos ortodónci-

cos como NemoCast (análisis de modelos computarizados), desarrollado bajo la dirección del Dr. Cervera, y en el año 2005/2006, se desarrolla el análisis geométrico diseñado por el Dr. Carlos Silva<sup>13</sup>.

A partir del año 2008, se distribuyen los productos 3D. NemoCeph 3D realiza el diagnóstico tridimensional basado en la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT, en inglés *cone beam computer tomography*). Permite la localización de puntos y estructuras cefalométricas tanto en los cortes sagital/axial/coronal como en radiografías generadas desde el propio CBCT. En el año 2010, se aplica al análisis de modelos (NemoCast 3D) y a la planificación quirúrgica (NemoCeph 3D OS *Orthognatic Surgery*); este último permite la fabricación de las guías quirúrgicas a través de su propio sistema CAD-CAM computarizado.

## Dolphin

Dolphin (Dolphin Imaging & Management Solutions, Woodland Hills, California, Estados Unidos) es un *software* modular y escalable que permite el análisis, diagnóstico y gestión del tratamiento ortodóncico. Se integra con las unidades de radiodiagnóstico, CBCT, soluciones telefónicas y de web en los sistemas operativos Windows y MacOS.

El producto inaugural de Dolphin es el DigiGraph, sistema por ultrasonidos que obtiene imágenes de estudio y mediciones, sin radiación. El equipo lo llama DigiGraph® y su debut se produce en el encuentro anual de la Asociación Americana de Ortodontistas, en Anaheim, California, en 1989. Poco después, se convierte en portada de la revista *Journal of Clinical Orthodontics* en el número de junio.

Son diversos los trabajos que analizan la fiabilidad del sistema ultrasónico<sup>14</sup>, considerándolo válido para aplicación clínica<sup>15</sup>; sin embargo, otros estudios discrepan de la fiabilidad al compararlo con estudios cefalométricos realizados en radiografías<sup>16</sup>. Pese a las ventajas del sistema: nula radiación, rapidez del estudio y fácil comunicación con el paciente, el mercado no lo aceptó y actualmente Dolphin no ha renovado su posesión de la marca Digigraph.

En 1995, la compañía redirige el objetivo, realizando un *software* de trazado digital, integrándolo con cámaras digitales y con los sistemas más populares de gestión clínica. Hasta 1999, Dolphin se instala en Australia, seguido de Reino Unido y el resto de Europa. La asociación con los doctores Arnett y McLaughlin fue la más representativa de una serie de colaboraciones entre 2000 y 2002 que ayudaron a construir unas herramientas de diagnóstico y tratamiento más comprensivas para el usuario base. Un ejemplo fue el módulo de simulación de tratamiento. El *software* de estudio cefalométrico que existe en la actualidad comenzó a tomar forma entonces, y en 2002, con Todd Blankenbecler en la compañía, se lanza su *software* de gestión clínica, con sistemas sencillos de escaneado y características sobre seguridad. En 2004, se integra la comunicación entre sistemas; utilizando el servicio AnywhereDolphin.com, se provee de un sistema seguro en línea que permite obtener y compartir por Internet los datos.

Actualmente, dispone de *software* de estudio en 3 dimensiones utilizando las fuentes de imagen en 3D como el CBCT, *magnetic resonance imaging*, la tomografía computarizada espiral o las cámaras faciales de alta definición.

## Ortomed

Ortomed, propiedad de Infomed (Infomed servicios informáticos SL, Barcelona, España), debe su gran difusión a la colaboración con los colegios de odontólogos regionales y el Consejo General de Odontólogos y Estomatólogos de España con el Plan de informatización nacional para odontostomatólogos), ofreciendo sus productos a través del Plan Avanza 2.

Infomed es el principal precursor de la red RIDO, iniciativa institucional promovida por los colegios oficiales y el Consejo General a la que se han adherido numerosas sociedades científicas.

## Quick Ceph

Quick Ceph es el programa de estudio cefalométrico desarrollado por Quick Ceph Systems (Quick Ceph Systems, San Diego, California, Estados Unidos), empresa fundada por Günther Blaseio (*Doctor of Dental Medicine & Master of Science degree*), ortodoncista y especialista en programas informáticos, en 1986. Desde su concepción, la compañía ha producido herramientas para la informática de diagnóstico y planificación del tratamiento, siendo los ortodoncistas y los cirujanos maxilofaciales sus objetivos.

Tras conseguir su título en ortodoncia en la Universidad de Loma Linda (California, Estados Unidos) en 1986, el Dr. Blaseio presenta Quick Ceph, como un programa revolucionario en la planificación del tratamiento, por no centrarse exclusivamente en la dentición y la oclusión, sino en la cara y el perfil del paciente, permitiendo visualizar el compromiso existente entre la oclusión final y la estética del perfil.

El programa ha progresado con Quick Ceph Plus, Quick Ceph Image, Quick Ceph Image Pro y Quick Ceph 2000. Cada nuevo lanzamiento incluía importantes avances, tales como simulaciones informatizadas del tratamiento en 1986, compresión en formato JPEG en 1992, el uso de las curvas de Bézier (la patente pertenece a Quick Ceph) para el trazado de los contornos en 1995, y trabajo con imágenes en alta resolución en 1999. Las últimas incorporaciones que anuncia el fabricante son las superposiciones de radiografías traslúcidas sobre estructuras óseas para la planificación ortodóncica y quirúrgica, y la integración del CBCT.

## Digitalizador

A raíz de los cambios que se dieron en la cartografía del siglo xx gracias a la introducción y uso de ordenadores, concretamente en el dibujo y desarrollo de dispositivos gráficos, codificando imágenes gráficas digitalmente, se intentó aplicar dichos sistemas a la cefalometría.

La imagen digital con coordenadas cartesianas combinada con los ordenadores, herramientas tan eficaces para codificar, almacenar, analizar y visualizar datos, permite transformar los gráficos en datos numéricos. La manera de recopilar dichos datos consiste en una mesa de dibujo con un puntero digital, mientras un digitalizador cartográfico mide la posición y coordenadas del puntero sobre el plano y las registra. El titular de la primera patente para un digitalizador cartográfico es Robert Boyle, de la Universidad de

Saskatchewan, Canadá. También existen dispositivos que automáticamente digitalizan la imagen con los registros, haciendo uso de rejilla.

El procesamiento de los datos es realizado por el ordenador a través de cálculos algebraicos entre el registro y el trazado. A partir de aquí, se abren las posibilidades, tales como la recopilación de datos, comparación, interpretación en tiempo récord, cambios en tiempo real, y transmitirlos por Internet. La visualización y manipulación se puede hacer en la pantalla, y el operador obtiene simultáneamente los datos numéricos, así como la imagen modificada.

## Objetivos

El propósito de este artículo es revisar las publicaciones presentadas sobre trazados digitales hasta la actualidad y destacar:

- Los métodos empleados en los estudios comparativos con trazados, así como los formatos que se comparan.
- Programas o sistemas de trazado digital estudiados, su validación y ventajas frente a otros métodos.
- Los formatos de imagen en 2 dimensiones y su repercusión en el método empleado.
- Puntos cefalométricos y medidas cefalométricas empleadas que han resultado conflictivos.

## Material y métodos

Se realizó una revisión bibliográfica en PubMed, utilizando como palabras clave: "cephalometry", "measurements", "orthodontics", "landmark", "computer-assisted cephalometric analysis", "digitized imaging". El método utilizado para la obtención de datos fue una estrategia de búsqueda elaborada para Medline usando los operadores booleanos (AND, OR Y NOT) en mayúsculas, y las palabras de texto en minúsculas para tener en cuenta las diferencias en el vocabulario controlado y las reglas de sintaxis.

Se encontraron 28 artículos que como estudios cumplen los requisitos de evidencia científica para alcanzar un grado de recomendación B y C según la US Agency for Health Research and Quality. Estos artículos, son todos estudios prospectivos, y no se encontró ninguna revisión del tema ni metanálisis, lo que no permite alcanzar un grado A. No se incluyeron documentos, opiniones de comités de expertos, experiencias clínicas de autoridades de prestigio o estudios de series de casos. La revisión finalizó en junio de 2012, y los artículos considerados abarcan desde 1981 a 2011.

## Resultados

En los artículos encontrados, el material y métodos empleados para comparar la fiabilidad de los programas son variados, pero en síntesis se realiza mediante 3 métodos:

- 1) Estudiando las medidas habituales en cefalometría y comparándolas en sucesivos trazados. Sus valores pueden ser en milímetros o en grados.

- 2) Superponiendo los trazados y midiendo la diferencia de los puntos cefalométricos. Se mide en milímetros.
- 3) Estandarizando las imágenes y radiografías con referencias en ejes cartesianos, y midiendo en los mismos la posición relativa de los puntos que se han de evaluar, ya sean cefalométricos o elegidos por el investigador.

En dichos artículos, los trazados comparados son una combinación de las siguientes opciones:

- a) Trazado manual sobre película radiográfica (original)<sup>17-27</sup>.
- b) Trazado manual sobre impresión (*hard copy*)<sup>18,23,25,27,28</sup>.
- c) Trazado digital realizado con digitalizador (*digitizer*)<sup>29-31</sup>.
- d) Trazado digital realizado con *software* cefalométrico (*monitor displayed*)<sup>17,19-23,25,26,28,29</sup>.

Entre los estudios encontrados en la búsqueda bibliográfica se estudia el origen de la imagen:

- Obtenida directamente (ortopantomógrafos y telerradiógrafos digitales)<sup>22,23</sup>.
- Escaneada<sup>18,22,23</sup>.
- Fotografiada con cámaras digitales<sup>22,23,26</sup>.

En cuanto a los programas de cefalometría empleados, en los artículos observamos que 10 de los estudios utilizaron Dolphin<sup>17,18,22,26,29,32,33-36</sup>, 4 Vistadent<sup>17,28,34,37</sup>, 4 programas propios desarrollados por programadores<sup>19-21,38</sup>, 3 utilizaron digitalizadores<sup>24,31</sup>, 2 usaron Quick Ceph<sup>17,39</sup>, 1 utilizó NemoCeph<sup>17</sup>, 3 no revelan cuál se utilizó<sup>27,40,41</sup> y el resto usaron otros programas comerciales<sup>23,25,42,43</sup>. No se encontró ningún estudio que utilizase el programa Ortomed.

Para observar la difusión del programa NemoCeph, se realizó una búsqueda informática en el servidor PubMed, con la palabra clave "nemoceph" se encuentran 5 artículos que lo referencian<sup>17,44-47</sup>, 4 de ellos lo nombran en su material y métodos<sup>44-47</sup>, donde se utilizó el programa para realizar un estudio cefalométrico en la población polaca<sup>44</sup>, evaluar la posición, tamaño y orientación del complejo nasomaxilofacial en pacientes con fisura labiopalatina<sup>45</sup>, o hacer una evaluación de los cambios craneofaciales entre población sana y pacientes con polisosis paroxística benigna<sup>46</sup>.

Realizando la búsqueda con la palabra clave "ortomed", el buscador de PubMed no mostró resultados.

## Discusión

La proliferación de ordenadores de uso personal, y el hecho de no requerir aditamentos más complejos, supuso la aplicación (si no su aparición que había sido anterior) de *software* cefalométrico en la práctica habitual de los ortodoncistas; es lógico, entonces, que desde finales de los años noventa los estudios se centren en ellos.

De los 28 artículos encontrados, 10 utilizaron Dolphin<sup>17,18,22,26,29,32,33-36</sup>, siendo el *software* que más estudios ha tenido sobre su fiabilidad. Con respecto a la fiabilidad, a excepción del Dolphin 8.0, que presentó una medida cuyas diferencias tenían repercusión clínica<sup>36</sup>, todos los estudios son uniformes al dar como válidos en el ámbito clínico los

resultados de los programas informáticos en general, como, en concreto, las distintas versiones de Dolphin estudiadas. Sin embargo, en el ámbito estadístico, las diferencias entre los estudios son notables, no solo en los puntos, ángulos o mediciones que presentan diferencias significativas inter-operadores (algo lógico e inherente a un sistema que estudia la exactitud de mediciones realizadas por humanos), sino que se observan diferentes resultados en la significancia intermétodo. Algunos presentan los métodos digitales como más precisos<sup>20,32</sup> mientras que otros consideran el método manual como referencia<sup>21</sup>.

Por otra parte, solo se ha encontrado un estudio que aborde la fiabilidad del programa NemoCeph<sup>17</sup>; en dicho artículo, utilizan la versión NemoCeph NX 2006 junto con los programas Dolphin 10.5, Vistadent AT 3.1 y Quick Ceph 2000 y los comparan con el trazado manual utilizando 3 medidas dentales, 11 esqueléticas y 1 de tejido blando que conforman 5 medidas lineales y 10 angulares utilizando un solo operador. El artículo no encuentra diferencias significativas entre los programas ni con el método manual.

Los 2 estudios que emplean Quick Ceph 2000<sup>17,39</sup> no encuentran diferencias significativas con otros programas<sup>17</sup> ni con el trazado manual<sup>17,39</sup>, validando sus mediciones cefalométricas y superposiciones para ser usadas en la fase III de la certificación empleada por la American Board of Orthodontics.

El digitalizador, siendo el sistema empleado al comienzo de los estudios de trazados digitales, mostró excelentes resultados en un inicio<sup>31</sup>, pero un estudio posterior presentó unas conclusiones desalentadoras<sup>24</sup>, donde la calibración de la imagen digital produjo un error pequeño pero significativo, la resolución espacial de la imagen digital empleada era menor que la de la convencional y se mostró incapaz de igualar a la radiografía convencional en rango dinámico y sensibilidad a pequeños cambios en la densidad óptica<sup>30</sup>. El error aleatorio asociado y error sistemático con medidas angulares/lineales y trazado cefalométrico tendían a ser mayores con las imágenes digitales. Todo ello se asoció a la calidad de la imagen digital, de poca resolución, gran tamaño de pixel y pocos niveles de grises<sup>30,48</sup>.

La calidad de imagen digital ha evolucionado<sup>49</sup> hasta obtener la validación para ser aplicada en el estudio cefalométrico, e incluso se ha permitido su compresión<sup>50-53</sup>. La validez de la imagen digital depende del origen de la misma. Obtenida directamente con ortopantomógrafos y telerradiógrafos digitales actuales<sup>22,23</sup>, o el escaneo de películas radiográficas con un escáner digital de alta resolución<sup>18,22,23</sup>, dan resultados aceptables en el ámbito clínico y científico. Sin embargo, la digitalización de una película radiográfica mediante fotografía digital<sup>22,23,26</sup>, posicionando la película en negatoscopio, estandarizando la distancia foco-objeto y utilizando trípode para la sujeción fija de la cámara, presenta magnificación en los trazados cefalométricos que, si bien algunos autores obtienen medidas angulares válidas<sup>22</sup>, dan resultados no aceptables en los valores lineales<sup>22,26</sup>.

Dado que muchas veces la imagen utilizada en los estudios es originalmente digital, para realizar una comparativa con el trazado analógico se requiere una copia impresa. Esta ha demostrado su validez en estudios realizados entre formato digital, copia impresa y película radiográfica con-

vencional<sup>18,20,23,25</sup>. Gran parte de los estudios que comparan la copia impresa con la película no encuentran diferencias significativas<sup>23,25</sup>, un trabajo encuentra solo diferencias en el punto Go<sup>20</sup>, y un último trabajo halla una diferencia significativa entre formato digital y copia impresa<sup>18</sup>. Pese a esta distorsión entre formatos, el autor acepta la validez clínica de la copia impresa.

Los 3 trabajos<sup>19,28,54</sup> que estudian el tiempo empleado en el trazado dan como resultados que el trazado digital ahorra tiempo en relación con el trazado manual, independientemente de la experiencia del operador<sup>28,54</sup>, si bien el operador inexperto requiere más tiempo<sup>19</sup>.

Los puntos cefalométricos (de cefalometrías laterales) descritos en los artículos como conflictivos, aquellos que han obtenido resultados estadísticamente significativos, o los que han logrado una correlación menor de 0,40 (por debajo de lo aceptable según la escala de interpretación del valor de kappa propuesta por Landis y Koch<sup>55</sup>), aparecen en la tabla 1. Los autores concuerdan que son puntos que:

- Suelen localizarse en estructuras sin bordes claramente definidos.
- Pertenecen a estructuras que o bien se superponen, o presentan otras estructuras que dificultan su definición.

Las medidas cefalométricas (de cefalometrías laterales) descritas en los artículos como conflictivos, los que han obtenido resultados estadísticamente significativos, o los que han obtenido una correlación menor de 0,40 (por debajo de lo aceptable según la escala de interpretación del valor de kappa propuesta por Landis y Koch<sup>55</sup>), aparecen en la tabla 2. Estas medidas presentan problemas por:

- Estar formadas por puntos cefalométricos descritos como conflictivos.
- Se construyen con puntos o planos que a su vez son construidos; los programas informáticos que no permiten supervisar el proceso son más susceptibles de presentar un error.
- Ha existido un problema de calibrado de la imagen.

## Conclusiones

Los métodos empleados en los estudios comparativos con trazados utilizan bien las medidas y puntos habituales en cefalometría o puntos en ejes cartesianos.

La gran mayoría de artículos concluyen validando en el ámbito clínico los programas que estudian, más aun cuando los estudios son recientes y los programas son versiones más modernas. En el ámbito estadístico, se suelen observar diferencias estadísticamente significativas, en especial en puntos sobre estructuras conflictivas.

Los programas o sistemas de trazado digital estudiados en la bibliografía encontrada han sido Dolphin, Vistadent, Quick Ceph, NemoCeph y programas propios. Las versiones más recientes de los programas han presentado mayor fiabilidad y los autores reflejan menos conflictos. El uso de digitalizadores cartográficos no se ha estandarizado, y su validación ha quedado en entredicho debido a la baja calidad de las imágenes con las que trabajaban en un principio.

**Tabla 1** Puntos conflictivos en los estudios hallados

Punto cefalométrico conflictivo	Descripción del punto cefalométrico dada por el autor	Autores y año
Condilion, Condylion (Cd)	Punto más superior de la cabeza del cóndilo	(Lagravere, 2010) (Hagemann, 2000)
Gonion, Gonion (Go)	Punto construido por la intersección del plano de la rama y el plano mandibular	(Lagravere, 2010) (Chen YJ, 2004) (Lagravere, 2010) (C)
Porion, Porion (Pb)	Punto superior de meato auditivo externo	(Lagravere, 2010) (Yu SH, 2008) (Bruntz, 2006) (Chen YJ, 2000) (Geelen 1998)
Lower central incisor root apex (L1R), Lower incisor apex (Lola), Lower incisor apex, ápice incisivo inferior	Punto del ápice radicular del incisivo mandibular. Ápice del incisivo inferior más anterior	(Lagravere, 2010) (Chen YJ, 2000) (Hagemann, 2000) (Geelen 1998)
Anterior nasal spine, ANS, ENA, espina nasal anterior	Punta de la espina nasal anterior	(Lagravere, 2010) (Gliddon, 2006) (Chen YJ, 2000) (Hagemann, 2000) (Geelen 1998)
Upper incisor edge (UIE), borde incisivo superior	Punto medio del borde incisal del incisivo central superior más prominente	(Naumova 2009) (Hagemann, 2000) (Geelen 1998)
Lower incisor edge (LIE), Borde incisivo inferior	Punto medio del borde incisal del incisivo central inferior más prominente	(Naumova 2009) (Hagemann, 2000) (Geelen 1998)
Soft tissue gnathion (Gn <sup>s</sup> )	Gnathion del tejido blando El punto más anteroinferior del tejido blando del mentón	(Naumova 2009)
R1	El punto más profundo de la curva que forma el borde anterior de la rama mandibular	(Yu SH, 2008)
Pogonion	Punto más anterior de la sínfisis medio sagital mandibular	(Yu SH, 2008) (Gliddon, 2006)
A	Punto más profundo de la curva maxilar entre la punta nasal anterior y la cortical del alvéolo dental	(Gliddon, 2006)
B	Punto más posterior de la concavidad a lo largo del borde anterior de la sínfisis mandibular	(Gliddon, 2006) (Nimkarn, 1995)
Orbitale (Or)	Punto más bajo localizado en el borde externo de la cavidad de la órbita	(Bruntz, 2006) (Chen YJ, 2000)
Articulare (Ar)	Punto formado por la intersección del borde inferior de la base craneal y el promedio de las superficies posteriores de los cóndilos mandibulares	(Chen YJ, 2000)
PNS	Espina nasal posterior	(Chen YJ, 2000) (Hagemann, 2000)
UM	Cúspide mesiovestibular del primer molar superior	(Chen YJ, 2000)
Menton (Me)	Punto más inferior del mentón en el contorno de la sínfisis	(Chen YJ, 2000)
Gnathion (Gn)	Punto medio entre Pogonion y Menton en el contorno de la sínfisis	(Chen YJ, 2000)
R3	Punto mas inferior de escotadura sigmoidea	(Hagemann, 2000)
Nasion	Punto más anterior de la sutura frontonasal	(Hagemann, 2000)
Sella (S)	Centro de la silla turca	(Geelen, 1998)
Infradental (Id)	Punto medio entre los incisivos inferiores centrales	(Geelen, 1998)
Molar Superior (Ms), Molar superior	Punto de contacto mesial del primer molar maxilar permanente determinado por la tangente perpendicular al plano oclusal	(Geelen, 1998)
Mandibular prominence (Mp)	Punto más prominente del contorno posterior de la base mandibular	(Geele, 1998)
Molar inferior (Mi), Molar inferior	Punto de contacto mesial del primer molar mandibular permanente determinado por la tangente perpendicular al plano oclusal	(Geelen, 1998)
Basion (Ba)	Punto medio en el borde anterior del foramen magnum	(Geelen, 1998)

**Tabla 2** Medidas conflictivas en los estudios hallados

Medida cefalométrica conflictiva	Descripción de la medida cefalométrica dada por el autor	Autores y año
<b>AB on FOP</b>	Distancia lineal (mm) entre los puntos A y B sobre el plano oclusal	(Tsorovas, 2010)
<b>li to A/Pog</b>	Distancia (mm) perpendicular desde el borde del incisivo mandibular al plano formado por el punto A y Pog	(Tsorovas, 2010)
<b>Ángulo nasolabial</b>	Ángulo determinado por los puntos columna, subnasal y borde del labio superior	(Celik, 2009) (Uysal, 2009)
<b>ANS-Me</b>	Distancia (mm) entre espina nasal anterior y Me	(Sayinsu, 2007)
<b>APFH</b>	Relación entre las alturas faciales posterior y anterior	(Celik, 2009)
<b>L1-NB</b>	Ángulo determinado por el eje del incisivo mandibular y la línea N-B	(Celik, 2009) (Polat-Ozsoy, 2009)
<b>Nperp-Pg</b>	Distancia (mm) entre el punto A y la línea perpendicular a la horizontal de Frankfurt desde el punto N	(Grybauskas, 2007)
<b>Go-Me</b>	Distancia (mm) entre los puntos Go y Me	(Celik, 2009)
<b>U1-NA</b>	Ángulo determinado por el eje del incisivo superior y el plano N-A	(Celik, 2009), (Uysal, 2009), (Polat-Ozsoy, 2009)
<b>li-Li</b>	Distancia desde el punto li (incisivo inferior) a Li (labio inferior)	(Grybauskas, 2007)
<b>SNB</b>	Ángulo formado por los puntos S, N, y B	(Naumova, 2009)
<b>Wits</b>	Distancia lineal entre los puntos A y B paralela al plano oclusal	(Polat-Ozsoy, 2009) (Collins, 2007)
<b>Cd-A</b>	Distancia entre los puntos Cd y A	(Power, 2005) (Forsyth, 1996)
<b>Cd-Gn</b>	Distancia entre los puntos Cd y Gn	(Thurzo, 2010) (Polat-Ozsoy, 2009)
<b>FMA</b>	Ángulo entre el plano de Frankfurt y el plano mandibular	(Santoro, 2006)
<b>SN-PP, SNMx</b>	Ángulo formado entre el plano palatal y SN	(Polat-Ozsoy, 2009) (Power, 2005)
<b>U1-FH</b>	Ángulo determinado por el eje del incisivo maxilar y el plano de Frankfurt	(Polat-Ozsoy, 2009)
<b>Li-Plano estético</b>	Distancia perpendicular desde el labio inferior al plano E	(Grybauskas, 2007) (Bruntz, 2006)
<b>Na perpendicular A</b>	Distancia perpendicular desde el punto A a la línea perpendicular del plano de Frankfurt al punto N	(Polat-Ozsoy, 2009)
<b>Na perpendicular Pog</b>	Distancia perpendicular desde Pog a Nasion perpendicular al plano de Frankfurt	(Uysal, 2009) (Sayinsu, 2007)
<b>1-SN (°), UI/SN</b>	Ángulo determinado por el eje del incisivo central superior y el plano SN	(Uysal, 2009)
<b>UI:MxPI, UIMx, U1/PP</b>	Ángulo determinado por el eje del incisivo central superior y el plano palatino	(Foden-Johnson, 2008)
<b>LI:MnP, LIMd, LI-MP</b>	Ángulo determinado por el eje del incisivo central inferior y el plano mandibular	(Grybauskas, 2007) (Chen YJ, 2004)
<b>MxM</b>	Ángulo determinado por el plano mandibular y el plano palatino	(Collins, 2007) (Power, 2005)
<b>SNA</b>	Ángulo formado por los puntos S, N y A	(Collins, 2007) (Santoro, 2006)
<b>ANB</b>	Ángulo formado por los puntos A, N y B	(Power, 2005) (Forsyth, 1996)
<b>Maxillary height</b>	Ángulo formado por los puntos N, CF, y A	(Collins, 2007) (Santoro, 2006)
<b>Maxillary depth, FH-Nasion to point A</b>	Ángulo formado entre el plano de Frankfurt y el plano NAA	(Chen SK, 2004)
<b>y -axis</b>	Ángulo formado entre Frankfurt y el plano S-Gn	(Sayinsu, 2007)
<b>U1/L1</b>	Ángulo entre el eje del incisivo maxilar y el incisivo mandibular	(Sayinsu, 2007) (Bruntz, 2006)
<b>B-Nv</b>	Distancia desde el punto B al plano Nv	(Sayinsu, 2007) (Bruntz, 2006)
<b>S-Ar-Go articular angle</b>	Ángulo articular determinado por los planos S-Ar y Ar-Go	(Grybauskas, 2007)

Continúa en página siguiente

**Tabla 2** Medidas conflictivas en los estudios hallados

*Continuación*

Medida cefalométrica conflictiva	Descripción de la medida cefalométrica dada por el autor	Autores y año
<b>FH/OP</b>	Ángulo determinado por el plano de Frankfurt y el plano oclusal	(Grybauskas, 2007) (Bruntz, 2006)
<b>FH/NPog, facial plane</b>	Ángulo facial determinado por el plano de Frankfurt y el plano facial (N-Pg)	(Grybauskas, 2007) (Bruntz, 2006)
<b>UI/OP</b>	Ángulo determinado por el eje del incisivo superior y el plano oclusal	(Grybauskas, 2007)
<b>L1/OP</b>	Ángulo determinado por el eje del incisivo inferior y el plano oclusal	(Grybauskas, 2007) (Chen, 2004)
<b>L1/GoGn</b>	Ángulo entre el plano formado por Go-Gn y el eje del incisivo inferior	(Grybauskas, 2007) (Santoro, 2006)
<b>S-Go:N-Me</b>	Ángulo formado por los planos S-Go y N-Me	(Santoro, 2006)
<b>N-ANS:ANS-Me</b>	Ángulo formado por los planos N-ANS y ANS-Me	(Santoro, 2006)
<b>LAFH</b>	Distancia lineal entre la espina nasal y Me	(Power, 2005)
<b>SN-OP</b>	Ángulo determinado por el plano SN y el plano oclusal	(Chen SK 2004)
<b>ArAGn</b>	Ángulo formado por los puntos Ar, A, y Gn	(Chen SK 2004)
<b>SNli</b>	Ángulo determinado por el plano SN y el eje del incisivo mandibular	(Forsyth, 1996)
<b>F2-F1-F3</b>	Medidas creadas por el autor para el propio estudio mediante agujeros en cada imagen	(Forsyth, 1996)
<b>S-N</b>	Distancia lineal entre Sy N	(Forsyth, 1996)

Es unánime en los estudios que el uso de programas cefalométricos supone un ahorro de tiempo para el operador, si bien los operadores más jóvenes requieren un mayor tiempo para el trazado.

Los distintos métodos digitales suelen comparar los diversos formatos de presentar una radiografía. La película radiográfica se presenta como el formato más fiable, la radiografía digital es válida cuando la imagen tiene una alta calidad y es obtenida directamente en el aparato de rayos X o digitalizada con un escáner dispuesto a tal efecto, mientras que la obtenida fotografiando la radiografía presenta diferencias significativas. La impresión de la radiografía digital es aceptable.

Los puntos cefalométricos empleados que han resultado conflictivos se han localizado en estructuras complicadas, con bordes poco definidos o estructuras superpuestas. Las medidas cefalométricas que emplean dichos puntos se ven comprometidas, y aquellas que utilizan planos construidos por el propio *software*, si no permiten una supervisión del operador, son susceptibles de errores. La correcta calibración en el empleo de *software* cefalométrico es fundamental.

**Bibliografía**

1. Broadbent BH. A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod.* 1931;1:45-66.
2. Chaconas SJ, Engel GA, Gianelly AA, Gorman JC, Grummons DC, Lemchen MS, et al. The DigiGraph work station. Part 1. Basic concepts. *J Clin Orthod.* 1990;24:360-7.
3. Alexander RG, Gorman JC, Grummons DC, Jacobson RL, Lemchen MS. DigiGraph work station. 2. Clinical management. *J Clin Orthod.* 1990;24:402-7.

4. Chaconas SJ, Jacobson RL, Lemchen MS. DigiGraph work station. 3. Accuracy of cephalometric analyses. *J Clin Orthod.* 1990;24:467-71.
5. Ghoneima A, Albarakati S, Baysal A, Uysal T, Kula K. Measurements from conventional, digital and CT-derived cephalograms: a comparative study. *Aust Orthod J.* 2012;28:232-9.
6. Van Vlijmen CJ, Maal T, Bergé SJ, Bronkhorst EM, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM. A comparison between 2D and 3D cephalometry on CBCT scans of human skulls. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010;39:156-60.
7. Damstra J, Fourie Z, Fen Y. Practical limitations of cone-beam computed tomography in 3D cephalometry. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue.* 2011;20:662-8.
8. Gribel BF, Gribel MN, Frazão DC, McNamara JA Jr, Manzi FR. Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans. *Angle Orthod.* 2011;81:26-35.
9. BeGole EA. Software development for the management of cephalometric radiographic data. *Comput Programs Biomed.* 1980;11:175-82.
10. Ricketts RM. The evolution of diagnosis to computerized cephalometrics. *Am J Orthod.* 1969;55:795-803.
11. García I. Software cefalométrico en internet. *Ortod Esp.* 2005;45:50-2.
12. Cousley RR, Grant E, Kindelan JD. The validity of computerized orthognathic predictions. *J Orthod.* 2003;30:149-54.
13. Barreto MB, Fonseca EM, da Cunha AJ. A computerized system to conduct the Tweed-Merrifield analysis in orthodontics. *Braz Oral Res.* 2006;20:167-71.
14. Krummenauer F, Doll G. Statistical methods for the comparison of measurements derived from orthodontic imaging. *Eur J Orthod.* 2000;22:257-69.
15. Doll GM, Zentner A, Krummenauer F, Gärtner H. Reliability and validity of the DigiGraph 100 in orthodontic diagnosis. *J Orofac Orthop.* 2001;62:116-32.

16. Tsang KH, Cooke MS. Comparison of cephalometric analysis using a non-radiographic sonic digitizer (DigiGraph Workstation) with conventional radiography. *Eur J Orthod.* 1999;21:1-13.
17. Erkan M, Gurel HG, Nur M, Demirel B. Reliability of four different computerized cephalometric analysis programs. *Eur J Orthod.* 2012;34:318-21.
18. Bruntz LQ, Palomo JM, Baden S, Hans MG. A comparison of scanned lateral cephalograms with corresponding original radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130:340-8.
19. Chen SK, Chen YJ, Yao CC, Chang HF. Enhanced Speed and Precision of Measurement in a Computer-Assisted Digital Cephalometric Analysis System. *Angle Orthod.* 2004;74:501-7.
20. Chen YJ, Chen SK, Huang HW, Yao CC, Chang HF. Reliability of landmark identification in cephalometric radiography acquired by a storage phosphor imaging system. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004;33:301-6.
21. Chen YJ, Chen SK, Chang HF, Chen KC. Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. *Angle Orthod.* 2000;70:387-92.
22. Collins J, Shah A, McCarthy C, Sandler J. Comparison of measurements from photographed lateral cephalograms and scanned cephalograms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132:830-3.
23. Yu SH, Nahm DS, Baek SH. Reliability of landmark identification on monitor-displayed lateral cephalometric images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133:790.
24. Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S. Digital imaging of cephalometric radiography, part 1: advantages and limitations of digital imaging. *Angle Orthod.* 1996;66:37-42.
25. Geelen W, Wenzel A, Goffredsen E, Kruger M, Hansson LG. Reproducibility of cephalometric landmarks on conventional film, hardcopy, and monitor-displayed images obtained by the storage phosphor technique. *Eur J Orthod.* 1998;20:331-40.
26. Grybauskas S, Balciuniene I, Vetra J. Validity and reproducibility of cephalometric measurements obtained from digital photographs of analogue headfilms. *Somatologija.* 2007;9:114-20.
27. Hagemann K, Vollmer D, Niegel T, Ehmer U, Reuter I. Prospective study on the reproducibility of cephalometric landmarks on conventional and digital lateral headfilms. *J Orofac Orthop.* 2000;61:91-9.
28. Celik E, Polat-Ozsoy O, Toygar Memikoglu TU. Comparison of cephalometric measurements with digital versus conventional cephalometric analysis. *Eur J Orthod.* 2009;31:241-6.
29. Huja SS, Grubaugh EL, Rummel AM, Fields HW, Beck FM. Comparison of hand-traced and computer-based cephalometric superimpositions. *Angle Orthod.* 2009;79:428-35.
30. Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S. Digital imaging of cephalometric radiographs, part 2: image quality. *Angle Orthod.* 1996;66:43-50.
31. Richardson A. A comparison of traditional and computerized methods of cephalometric analysis. *Eur J Orthod.* 1981;3:15-20.
32. Thurzo A, Javorka V, Stanko P, Lysy J, Suchancova B, Lehotska V, et al. Digital and manual cephalometric analysis. *Bratisl Lek Listy.* 2010;111:97-100.
33. Uysal T, Baysal A, Yagci A. Evaluation of speed, repeatability, and reproducibility of digital radiography with manual versus computer-assisted cephalometric analyses. *Eur J Orthod.* 2009;31:523-8.
34. Ravindranath S, Krishnaswamy NR, Sundaram V. Comparison of two imaging programs in predicting the soft tissue changes with mandibular advancement surgery. *Orthodontics (Chic).* 2011;12:354-65.
35. Sayinsu K, Isik F, Trakyali G, Arun T. An evaluation of the errors in cephalometric measurements on scanned cephalometric images and conventional tracings. *Eur J Orthod.* 2007;29:105-8.
36. Power G, Breckon J, Sherriff M, McDonald F. Dolphin imaging software: an analysis of the accuracy of cephalometric digitization and orthognathic prediction. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2005;34:619-26.
37. Polat-Ozsoy O, Gokcelik A, Toygar Memikoglu TU. Differences in cephalometric measurements: a comparison of digital versus hand-tracing methods. *Eur J Orthod.* 2009;31:254-9.
38. Chen YJ, Chen SK, Yao JC, Chang HF. The effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry. *Angle Orthod.* 2004;74:155-61.
39. Foden-Johnson D, English J, Gallerano R. Comparison of hand-traced and computerized cephalograms: landmark identification, measurement, and superimposition accuracy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133:556-64.
40. Santoro M, Jarjoura K, Cangialosi TJ. Accuracy of digital and analogue cephalometric measurements assessed with the sandwich technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129:345-351.
41. Nimkarn Y, Miles PG. Reliability of computer-generated cephalometrics. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1995;10:43-52.
42. Lagravère MO, Low C, Flores-Mir C, Chung R, Carey JP, Heo G, et al. Intraexaminer and interexaminer reliabilities of landmark identification on digitized lateral cephalograms and formatted 3-dimensional cone-beam computerized tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137:598-604.
43. Naoumova J, Lindman R. A comparison of manual traced images and corresponding scanned radiographs digitally traced. *Eur J Orthod.* 2009;31:247-53.
44. Obloj B, Fudalej P, Dudkiewicz Z. Cephalometric standards for Polish 10-year-olds with normal occlusion. *Angle Orthod.* 2008;78:262-9.
45. Khanna R, Tikku T, Wadhwa J. Nasomaxillary complex in size, position and orientation in surgically treated and untreated individuals with cleft lip and palate: A cephalometric overview. *Indian J Plast Surg.* 2012;45:68-75.
46. Gungor AY, Arica V, Gungor O, Tutanc M. Cephalometric evaluation of children with familial Mediterranean fever. *Angle Orthod.* 2012;82:552-5.
47. Zamora N, Llamas JM, Gibrán R, Gandía JL, Paredes V. Cephalometric measurements from 3D reconstructed images compared with conventional 2D images. *Angle Orthod.* 2011;81:856-64.
48. Eppley BL, Sadove AM. Computerized digital enhancement in craniofacial cephalometric radiography. *J Oral Maxillofac Surg.* 1991;49:1038-43.
49. Graham RN, Perriss RW, Scarsbrook AF. DICOM demystified: a review of digital file formats and their use in radiological practice. *Clin Radiol.* 2005;60:1133-40.
50. MacMahon H, Doi K, Sanada S, Montner SM, Giger ML, Metz CE, et al. Data compression: effect on diagnostic accuracy in digital chest radiography. *Radiology.* 1991;178:175-9.
51. Goldberg MA, Fivovarov M, Mayo-Smith WW, Bhalla MP, Blickman JG, Bramson RT, et al. Application of wavelet compression to digitized radiographs. *AJR Am J Roentgenol.* 1994;163:463-8.
52. Wenger NA, Tewson DH, McDonald F. Direct digital lateral cephalometry: the effects of JPEG compression on image quality. *Med Eng Phys.* 2006;28:560-7.
53. Abdelkarim A, Nummikoski P, Gakunga P, Hatch JP, Dove SB. Effect of JPEG2000 compression on landmark identification of lateral cephalometric digital radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138:518-24.
54. Tsovas G, Karsten AL. A comparison of hand-tracing and cephalometric analysis computer programs with and without advanced features--accuracy and time demands. *Eur J Orthod.* 2010;32:721-8.
55. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;33:159-74.