

# Comparación de trazos cefalométricos computarizados y manuales midiendo el error de reproducibilidad \*

A comparison between computerized cephalometric drawing and hand-made cephalometric drawing measuring errors of reproduction

Nelly Coronel Corzo \*\*  
Ana María Fino Vega \*\*  
Manuel Andrés Vallejo Kattah \*\*\*

Univ Odontol 2003 Dic; 23(53):16-23

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Studies about precision and reproducibility of cephalometric points, measurements and angles have shown a wide range of results, regarding the referential points of the drawings. **OBJECTIVE:** To analyze the reproducibility error in cephalometry when traces are done in a manual way or with a computerized method. **METHODS:** A descriptive study with an analytic observational design was done. Ten extraoral lateral radiographs, which presented high standards of clearness and resolution of the image, were taken from patients who were older than 15 years of age. Images excluded were those that presented distortion of size or shape, and also where no occlusal contact was evident. On every radiograph traces were done according to the Steiner's cephalometric analysis. For the hand-made drawing, 5 photocopies were taken, from each original trace, in order to determine the angular and linear measurements. The program used for the computerized cephalometric analysis was 6-Span; the computerized cephalometric analysis was done 5 times from every original trace. Results were registered in a table and the D'Ahlberg's and the correlation coefficient tests were used in order to compare both methods. **RESULTS:** The computerized method showed higher error of reproduction in the majority of the measurements taken, with the exception of the angular and linear measure of I-I: NB. In terms of the correlation between both methods, non-significant difference regarding the errors was found in both groups.

## KEY WORDS

Tracing, manual cephalometry, computerized cephalometry, cephalometric analysis, orthodontic diagnostic.

\* Artículo correspondiente al trabajo de grado para optar al título de Odontólogo.

\*\* Odontóloga, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D. C., Colombia.

\*\*\* Odontólogo, ortodoncista, docente. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D. C., Colombia Director del trabajo.

## RESUMEN

**ANTECEDENTES:** Las investigaciones sobre la precisión y la reproducibilidad en la ubicación de puntos, ángulos y medidas cefalométricas muestran que varían considerablemente en cuanto a la localización. **OBJETIVO:** analizar el error de reproducibilidad en los trazos cefalométricos obtenidos en forma manual y computarizada. **MÉTODO:** se realizó un estudio descriptivo de diseño observacional analítico. Se seleccionaron 10 radiografías de perfil, tomadas a pacientes mayores de 15 años, con buena nitidez y resolución de la imagen, y se excluyeron aquellas que presentaban distorsión del tamaño, de la forma de la imagen y donde no había contacto oclusal. Sobre éstas se realizó el calco, ubicando los puntos cefalométricos, empleando el análisis de Steiner; para el trazado manual, se tomaron 5 fotocopias donde se realizaron las medidas angulares y lineales. Para el trazo computarizado, se utilizó el programa Span-6 que se realizó 5 veces. Se apli-

caron las pruebas estadísticas para error de reproducibilidad de D'Ahlberg, y el coeficiente de correlación para comparar los dos métodos. **RESULTADOS:** en la técnica manual, en lo que respecta a las medidas angulares, el error fue  $\leq 0,552^\circ$ , y en las medidas lineales error fue  $\leq 0,122^\circ$ , excepto para I-I: NB que fue de 1.732 mm. En la técnica computarizada, el error de reproducibilidad fue  $\leq 1.8^\circ$ , siendo mayor en Go-Gn:SN. **CONCLUSIONES:** el método computarizado presentó mayor error de reproducibilidad en la mayoría de las medidas, excepto para la medida angular y lineal de I-I: NB.

## PALABRAS CLAVE

Trazo, cefalometría manual, cefalometría computarizada, análisis cefalométricos, diagnóstico ortodóntico.

## ÁREA TEMÁTICA

Ortodoncia

**THEMATIC FIELD**

Orthodontics

**INTRODUCCIÓN**

Ya que la cefalometría es una de las ayudas diagnósticas más importantes para el estudio del desarrollo, crecimiento dental y esquelético, hay que lograr una mayor exactitud y reproducibilidad en la ubicación de los puntos, trazos cefalométricos y toma de medidas; todo ello, para un adecuado diagnóstico, pronóstico y plan de tratamiento.<sup>1-4</sup> La cefalometría no es exacta, y aunque las radiografías de perfil se pueden medir con precisión, el margen de error puede variar bastante por varios factores, entre los que se encuentran la discrepancia en la ubicación de los puntos, la calidad radiográfica, el entrenamiento y conocimiento del operador y la toma de medidas.<sup>4</sup>

Uno de los errores que se pueden presentar está asociado con la técnica radiográfica. Éstos están divididos en tres tipos: error de proyección, posición incorrecta del paciente y observación incorrecta. El error de proyección puede estar afectado por la posición del tubo de rayos x, el paciente y la película; la posición incorrecta del paciente se debe a una mala alineación con el cefalostato; y la observación incorrecta se debe a la dificultad en la obtención exacta de los puntos cefalométricos.<sup>5-6</sup>

El método más común de elección para el análisis cefalométrico es el trazo manual; hasta el momento, ha mostrado buenos resultados por ser una técnica confiable pero no exacta. En esta técnica se deben utilizar muchos instrumentos para la realización del trazo y toma de mediciones especiales; por consiguiente, los problemas se derivan a veces de dificultad para efectuar las medidas. Por ejemplo, en ángulos formados por rectas casi paralelas, con unos valores cercanos a 0°,

donde el vértice cae fuera del calco; eso implica tener que medirlos por medio de otros recursos geométricos, lo que aumenta el error en la toma de medidas.<sup>7</sup>

Comúnmente, los errores cefalométricos en el análisis de los trazos manuales son atribuidos a errores en la reproducibilidad; éstos son causados por la dificultad en la identificación de los puntos, debido a las limitaciones visuales humanas, imágenes deficientes y errores de mediciones, pues los puntos son ubicados de una manera subjetiva, sin rigurosidad ni especificación matemática.<sup>6</sup> Además, la precisión obtenida por medición manual suele ser bastante pobre, y las cifras se redondean para facilitar las operaciones; al propagarse esos pequeños errores a lo largo de los cálculos, los valores finales resultantes llegan a tener una inexactitud apreciable.<sup>7</sup>

En un estudio publicado en 1998, Rudolph y colaboradores desarrollaron un método de identificación basado en una operación matemática que incluye derivadas y logaritmos, para definir la ubicación exacta de puntos cefalométricos. Encontraron que los resultados eran similares a la ubicación manual de puntos.<sup>6</sup>

Con la inexactitud y variabilidad de los valores finales, al realizar el trazo cefalométrico de forma manual, se crearon sistemas expertos para facilitar aun más la realización de la cefalometría; fueron diseñados para aceptar, manipular y almacenar datos con el fin de procesarlos rápidamente y con exactitud.<sup>8-10</sup>

Como ya se ha mencionado, los errores en el análisis cefalométrico se deben a las limitaciones radiográficas y a la identificación incorrecta en la ubicación del punto; por eso es necesaria una gran habilidad en la identifi-

cación y en la ubicación del punto, para reducir el error. Si el programa de computador permite realizar múltiples digitalizaciones de un mismo punto y luego poder utilizar la medida como aproximación a la posición del punto, es posible aumentar la precisión; de hecho, con una sola digitalización, ya se incrementa la precisión.<sup>11</sup>

Diferentes estudios (Baskin en 1997, Tsang 1999, Liu y colaboradores en 2000, Chen y colaboradores en 2000) comparan la técnica manual y la computarizada, mostrando que ambas presentan igual error en la precisión y la reproducibilidad; este error es atribuido a la ubicación del punto el cual afecta la realización del trazo y a la toma de medidas.<sup>12-15</sup> Esta investigación comparó el error entre las dos técnicas en la realización del análisis cefalométrico, para lograr hallazgos que permitan un conocimiento verídico y proporcione avances en la configuración de un sistema aplicable que sea confiable y exacto.

Por esto en este estudio se controló el margen de error que pueda interferir en la localización de puntos y en la medición, tales como la calidad radiográfica y error de proyección, entre otros. Solamente se midió el error producido por el trazo y la toma de medidas. Conjuntamente no se han realizado estudios en donde se compare paralelamente el trazo realizado de forma manual y computarizada.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizó un estudio descriptivo.<sup>16</sup> El tipo de diseño que se utilizó en esta investigación fue observacional analítico.<sup>17</sup> La base para la selección de la muestra constó de 350 radiografías de perfil, a partir de la cual se calculó un  $n = 220$  radiografías; por razones presupuestales y porque en los estudios publicados generalmente se utilizan menos de 50 radiografías de perfil,

se escogieron 10 radiografías, en las cuales se realizaron los trazos 5 veces de forma manual y 5 veces de forma computarizada, para un total de 100 datos (50 con la técnica manual y 50 con la computarizada). Entre los parámetros de inclusión, se tomaron en cuenta las radiografías que fueron tomadas a personas mayores de 15 años, dado que a partir de esta edad los huesos están más calcificados y con mayor madurez, lo que permite una mejor definición de la imagen; igualmente, las radiografías debían presentar buena nitidez y resolución de la imagen. Entre los parámetros de exclusión se consideraron las radiografías de perfil que presentaron distorsión del tamaño y de la forma de la imagen y las que no presentaron contacto oclusal.

A continuación, se eligió el programa computarizado y el tipo de análisis cefalométrico con el cual se realizó la digitalización de los puntos. Para este estudio se utilizó el sistema Span-6 versión 6.5; (Ortodentist SL, Madrid, España), que es un programa diseñado para almacenar y obtener datos a través de la digitalización del punto y de los contornos. Con este programa se pueden seleccionar varias opciones para el análisis cefalométrico. En este caso, se empleó el análisis de Steiner, ya que tanto las medidas lineales como las angulares son de fácil identificación y confiabilidad.<sup>7, 12, 14</sup> Éstas fueron:

#### Medidas angulares

Ángulo ANB, ángulo SNA, ángulo SNB, ángulo incisivo superior- NA, ángulo incisivo inferior- NB, ángulo interincisivo, ángulo Go-Gn: SN.

#### Medidas lineales

Segmento incisivo superior-NA, segmento incisivo inferior-NB, segmento Pg-NB.

Se partió de las diez radiografías de perfil escogidas, en las que se realiza-

ron, por parte de un operador con entrenado, los calcos y la ubicación de los puntos cefalométricos necesarios para el análisis de Steiner, así como los puntos que exigía el programa; para la ubicación de los puntos, se utilizó un lápiz duro HB de 0.5 mm y hoja de acetato de buena calidad fijada en la radiografía con una cinta adhesiva transparente. Se utilizó un negatoscopio bien iluminado en un cuarto oscuro. A cada calco se le tomaron seis fotocopias de buena calidad, para disminuir el error en la ubicación de los puntos.

Para el trazo manual, se realizaron los trazos en 5 fotocopias y se tomaron las medidas sin orden específico para evitar el sesgo en la repetición inmediata; para esto se utilizó una regla de 30 cm, un transportador y un portaminas de 0.5 mm, todo realizado por un mismo operador. Los resultados de las mediciones de cada trazo fueron consignados en una tabla preestablecida.

El segundo método que se utilizó, consta de una tabla digitalizadora, la cual es un dispositivo computarizado periférico que tiene dos partes: la tabla y el cursor. Se realizó una digitalización directa, partiendo de los puntos previamente ubicados en una de las fotocopias del trazo principal, colocando éste sobre la tabla digitalizadora, que consiste de una placa de vidrio impregnado con una red electrónica sobre una caja iluminada y se usa el cursor para registrar los puntos anatómicos activando el botón del cursor. La señal electrónica del cursor es recibida por la tableta digitalizadora, la cual registra los datos de un sistema de coordenadas que es almacenada en la computadora. Este proceso se realizó en cada trazo cinco veces y se recolectaron los datos en una tabla.

Por último, se aplicaron las pruebas estadísticas para establecer la

reproducibilidad de cada una de las medidas, en cada una de las técnicas propuestas; se utilizó el error de reproducibilidad de D'Ahlberg y el coeficiente de correlación que mide el grado de correlación entre los puntajes obtenidos en dos variables y que indica el nivel de significación de la correlación observada, para que fuera significativa la relación  $p = 1$ .

#### RESULTADOS

Al analizar el error de reproducibilidad de D'Ahlberg, el mayor error lo presentó la técnica computarizada; este error estuvo por debajo de 0.6 en la mayoría de las medidas, excepto para las medidas angulares I-S: NA, interincisivo, Go-Gn:SN. Para la técnica manual, el error estuvo por debajo de 0.6, excepto para la medida lineal I-I: NB (tabla 1).

Para la medida angular SNA, se obtuvo un error de reproducibilidad de 0.317 en la técnica computarizada, mientras que en la técnica manual el error fue de 0,278; esto indica que hay mayor error de reproducibilidad en la técnica computarizada (tabla 1). Se encontró correlación entre la técnica manual y la computarizada ( $p < 0,00001$ ,  $r = 0.9736$ ) (tabla 2).

Para la medida angular SNB, se halló un error de reproducibilidad de 0.249 con la técnica computarizada, mientras que en la técnica manual el error fue de 0,212; esto indica que hay mayor error de reproducibilidad en la técnica computarizada (tabla 1). Se encontró correlación entre la técnica manual y la computarizada ( $p < 0,0001$ ,  $r = 0.9848$ ) (tabla 2).

Con respecto a la medida angular ANB, se encontró un error de reproducibilidad de 0.149 en la técnica computarizada, en tanto que en la técnica manual el error fue de 0,122; esto indica que hay mayor error de reproducibilidad en la técnica

computarizada (tabla 1). Se halló correlación entre la técnica manual y la computarizada ( $p < 0.00001$ ,  $r = 0.9868$ ) (tabla 2).

En cuanto a la medida angular incisivo superior – NA, se identificó un error de reproducibilidad de 0.776 en la técnica computarizada, mientras que en la técnica manual el error fue de 0,377; esto indica que hay mayor error de reproducibilidad en la técnica computarizada (tabla 1). Se obtuvo una correlación entre la técnica manual y la computarizada ( $p < 0,00001$ ,  $r = 0.9603$ ) (tabla 2).

En lo que respecta a la medida angular incisivo inferior – NB, se obtuvo un error de reproducibilidad de 0.479 en la técnica computarizada, en tanto que con la técnica manual el error fue de 0,552; esto indica que hay menor error de reproducibilidad en la técnica computarizada (tabla 1). Se encontró correlación entre la técnica manual y la computarizada ( $p < 0,00001$ ,  $r = 0.9461$ ) (tabla 2).

Para la medida angular interincisiva, se halló un error de reproducibilidad de 0.98 con la técnica computarizada, mientras que en la técnica manual el

error fue de 0,538; esto indica que hay mayor error de reproducibilidad en la técnica computarizada (tabla 1). Se obtuvo correlación entre la técnica manual y la computarizada ( $p < 0,00001$ ,  $r = 0.989$ ) (tabla 2).

Al analizar la medida angular Go-Gn: SN, se obtuvo un error de reproducibilidad de 1.8 en la técnica computarizada, en tanto que con la técnica manual el error fue de 0,278; esto indica que hay mayor error de reproducibilidad en la técnica computarizada (tabla 1). Se identificó la existencia de correlación entre la técnica manual y la computarizada ( $p < 0,0001$ ,  $r = 0.8663$ ) (tabla 2).

Cuando se evaluó la medida lineal incisivo superior: NA, se halló un error de reproducibilidad de 0.238 en la técnica computarizada, mientras que con la técnica manual el error fue de 0,122; esto indica que hay mayor error de reproducibilidad en la técnica computarizada (tabla 1). Hubo una correlación entre las dos técnicas ( $p < 0,0001$ ,  $r = 0.989$ ) (tabla 2).

Para la medida lineal incisivo inferior: NB, se obtuvo un error de reproducibilidad de 0.261 en la técnica computarizada, mientras que en la técnica manual el error fue de 1.732; esto indica que hay menor error de reproducibilidad en la técnica computarizada (tabla 1). Y se encontró una correlación de entre la técnica manual con la computarizada ( $p < 0.00001$ ,  $r = 0.9914$ ) (tabla 2).

En cuanto a la medida lineal Pg: NB, se obtuvo un error de reproducibilidad de 0.303 en la técnica computarizada, en tanto que en la técnica manual el error fue de 0.122; esto indica que hay mayor error de reproducibilidad en la técnica computarizada (tabla 1). Hubo una correlación entre la técnica manual y la computarizada ( $p < 0,00001$ ,  $r = 0.9333$ ) (tabla 2).

**Tabla 1**  
**Error de reproducibilidad de D'Ahlberg entre la técnica computarizada y la técnica manual**

Medidas angulares	comp. grados	manual grados
SNA	0,317	0,278
SNB	0,249	0,212
ANB	0,149	0,122
I-S:NA	0,776	0,377
I - I : NB	0,479	0,552
Interincis.	0,98	0,538
Go-Gn:SN	1,8	0,278
Medidas lineales	Comp. mm	Manual. mm
IS-NA	0,238	0,122
I-I-NB	0,261	<b>1,732</b>
Pg:NB	0,303	0,122

**Tabla 2**  
**Coefficiente de correlación entre computarizado y manual**

Medidas angulares	r	Significado con 4.8 g.l.
SNA	0,9736	Significativo $p < 0.00001$
SNB	0,9848	Significativo $p < 0.00001$
ANB	0,9868	Significativo $p < 0.00001$
I-S:NA	0,9603	Significativo $p < 0.00001$
I-I:NB	0,9461	Significativo $p < 0.00001$
Interincisivo	0,989	Significativo $p < 0.00001$
Go-Gn:SN	0,8663	Significativo $p < 0.00001$
Medidas lineales		
I-S:NA	0,989	Significativo $p < 0.00001$
I-I:NB	0,9914	Significativo $p < 0.00001$
Pg:NB	0,9333	Significativo $p < 0.00001$

Para la medida angular SNA, con un promedio de  $82^{\circ}$ , la técnica computarizada presentó el mayor error (0.317 $^{\circ}$ ). La representación de la medida fue del 0.4%. Para la medida angular SNB, con un promedio de  $80^{\circ}$ , la técnica computarizada presentó el mayor error 0.249 $^{\circ}$ . La representación de la medida fue del 0.3%. Para la medida angular ANB, con un promedio de  $20^{\circ}$ , la técnica computarizada presentó el mayor error (0.149 $^{\circ}$ ). La representación de la medida fue del 7.5%. Para la medida angular I-S: NA, con un promedio de  $22^{\circ}$ , la técnica computarizada presentó el mayor error 0.776 $^{\circ}$ . La representación de la medida fue del 3.5%. Para la medida angular I-I: NB, con un promedio de  $25^{\circ}$ , la técnica manual presentó el mayor error (0.552 $^{\circ}$ ). La representación de la medida fue del 2.2%. Para la medida angular I-I, con un promedio de  $131^{\circ}$ , la técnica computarizada presentó el mayor error de 0.98 $^{\circ}$ . La representación de la medida fue del 0.74%. Para la medida angular Go-Gn: SN, con un promedio de  $32^{\circ}$ , la técnica computarizada presentó el mayor error 1.8 $^{\circ}$ . La representación de la medida fue del 5.6% (tabla 3).

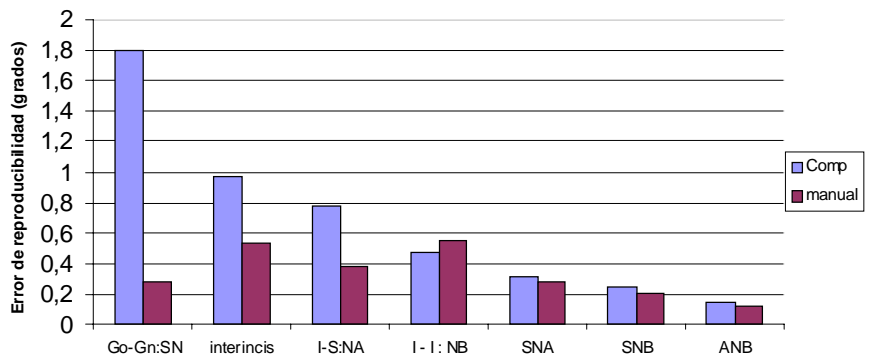
Para la medida lineal I-S: NA, con un promedio de 4.0 mm, la técnica computarizada presentó el mayor error (0,238 mm). La representación de la medida fue del 6%. Para la medida lineal I-I: NB, con un promedio de 4.0 mm, la técnica manual presentó el mayor error (1,732 mm). La representación de la medida fue del 43.3%. Para la medida lineal Pg: NB, con un promedio de 3 mm, la técnica computarizada presentó el mayor error (0,303 mm). La representación de la medida fue del 10% (tabla 3).

La mayoría de las medidas angulares presentó mayor error en la técnica computarizada, excepto la medida I-I: NB, en la que el mayor error de reproducibilidad lo obtuvo la técnica manual (gráfico 1).

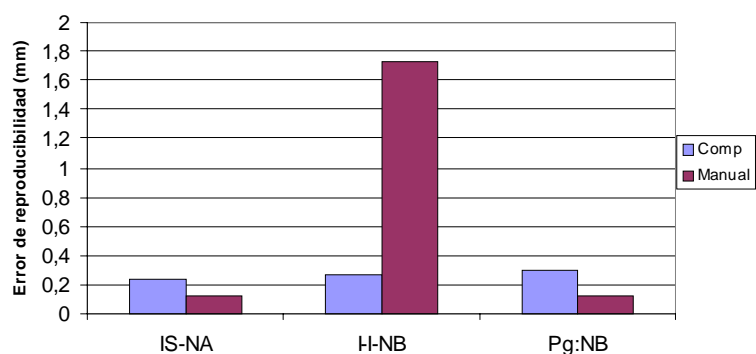
**Tabla 3**  
**Representación en porcentajes de la medida principal**

Medidas angulares	Medida promedio	Mayor error	Representación de la medida
SNA	82	0,317	0.4%
SNB	80	0,249	0.3%
ANB	20	0,149	7.5%
I-S:NA	22	0,776	3.5%
I - I : NB	25	0,552	2.2%
Interincis	131	0,98	0.74%
Go-Gn:SN	32	1,8	5.6%
Medidas lineales			
IS-NA	40	0,238	6%
I-I-NB	40	1,732	43.3%
Pg:NB	30	0,303	10%

**Gráfico 1**  
**Medidas angulares. Comparación de los errores de reproducibilidad en computador y manual, ordenados según el error en computador**



**Gráfico 2**  
**Medidas lineales. Comparación de los errores de reproducibilidad en computador y manual**



La mayoría de las medidas lineales presentó mayor error en la técnica computarizada, con excepción de la medida I-I: NB, en la cual el mayor error de reproducibilidad lo obtuvo la técnica manual (gráfico 2).

## DISCUSIÓN

Es evidente que el uso de la computadora ha cambiado los análisis cefalométricos en ortodoncia; con la reducción de precios, la tecnología cefalométrica computarizada está ahora más al alcance de la mayoría de los ortodontistas.<sup>9</sup>

Hasta la fecha, se han realizado investigaciones acerca de la precisión y la reproducibilidad, los hallazgos muestran que varía considerablemente la localización de puntos, los cuales afectan la reproducibilidad de los ángulos y las medidas cefalométricas.<sup>18-19</sup>

En un estudio publicado por Rudolph y colaboradores en 1998, se evaluó un método computarizado para la identificación y ubicación de puntos llamado Spatial Spectroscopy, que posteriormente fue comparado con la identificación manual. 15 medidas fueron estudiadas en un juego de 14 radiografías, realizadas por un solo operador en 5 días diferentes: silla, nasion, porion, orbitale, punto A, ANS, pogonion, menton, punto B, plano mandibular, incisivo superior coronal, incisivo superior apical, incisivo inferior coronal, incisivo inferior apical. Los resultados mostraron que la identificación computarizada fue más confiable para orbitale con un error de  $2.46 \pm 3.77$ , punto A  $2.33 \pm 2.63$ , mentón  $3.09 \pm 3.46$ , incisivo inferior coronal  $2.46 \pm 2.49$ , pogonion  $1.85 \pm 2.86$ , y punto B  $1.85 \pm 2.09$ ; por otro lado, la técnica manual tuvo mayor confiabilidad para porion (1.84), e incisivo superior coronal (1.98); sin embargo, entre la identificación manual y la computarizada el error no fue estadísticamente significativo.<sup>7</sup>

Los errores de reproducibilidad son causados por variaciones en la adquisición de la imagen, en la medición y en la identificación de puntos, siendo éste el que genera mayor error.<sup>18</sup> Por lo tanto, en este estudio se controló el error de la adquisición de la imagen, usando radiografías de buena calidad y controlando la variación en la ubicación del punto que, según la literatura, muestra que la precisión en la localización de los puntos cefalométricos varía considerablemente, lo cual también afecta la reproducibilidad de toma de medidas.<sup>18</sup> Esto da la oportunidad de medir el error ocasionado solamente por la medición.

Al calcular el error de reproducibilidad de las técnicas utilizadas para el análisis cefalométrico, computarizada y manual, dio como resultado un mayor error la técnica computarizada en todas las medidas excepto para I-I: NB, tanto lineal como angular. El grupo investigador piensa que este resultado se obtuvo por el error que se genera en la medición manual en el uso del transportador y la regla.

En la técnica manual con respecto a las medidas angulares, el error no excedió de  $0.552^\circ$ , mientras que en las medidas lineales el error no excedió de 0,122 mm, excepto para I-I: NB que fue de 1,732 mm. En la técnica computarizada, los valores del error de reproducibilidad no excedieron de  $1.8^\circ$ , siendo Go-Gn: SN la medida angular que obtuvo mayor error; en las medidas lineales, los valores no excedieron 0.303 mm. Sin embargo, estos errores no fueron estadísticamente significativos.

En un estudio publicado por Chen y colaboradores en el año 2000, se comparó el trazado manual con el computarizado usando el programa Vision C; en 10 radiografías de perfil donde ubicaron 19 puntos cefalométricos: nasion, silla, porion,

orbitale, articulare, gonion, menton, gnation, pogonion, A y B, espina nasal anterior, espinal nasal posterior, incisivo superior coronal y apical, incisivo inferior coronal y apical, cúspide mesobucal del primer molar superior e inferior. Los investigadores hallaron mayor error en el trazado digital que en el convencional, y la medida que arrojó mayor error en la técnica computarizada fue: Go-Gn: SN, con un error de  $0.97 \pm 2.28$  y SNA  $1.17 \pm 1.74$ . No obstante, la reproducibilidad en la ubicación de los puntos en la técnica computarizada fue generalmente comparable con la obtenida de manera manual, asemejándose a los resultados de este estudio. Vale la pena resaltar que estos autores le atribuyen el error a la ubicación del punto y al error interoperador.<sup>14</sup>

En un estudio publicado por Baskin y Cisneros en 1997, compararon dos programas de cefalometría Quick Ceph y Dentofacial Planner con la técnica manual. Seleccionaron 22 radiografías laterales e introdujeron 35 puntos necesarios para el análisis de Steiner; de los cuales solo analizaron 11 puntos, todo esto, realizado por un solo operador y sin controlar el error que genera la ubicación del punto. Las medidas analizadas fueron: ANB, Pg-NB, SNA, SNB, Go-Gn: SN, SN-OP, I-S:NA angular y lineal, I-I: NB angular y lineal y ángulo interincisivo. Encontraron, al igual que en este estudio, un mayor error en la técnica computarizada para las siguientes medidas ANB, SNA, SNB, I-S:NA, IS: NA mm, interincisivo, con un error de 1.00 para todas las medidas; sin embargo, encontraron mayor error en I-I: NB, tanto angular como lineal en la técnica computarizada, lo que difiere con los hallazgos de este estudio en donde el error de estas medidas fue mayor en la técnica manual (0.552 y 1.732, respectivamente). Para las medidas Go-GN: SN y Pg: NB encontraron un error igual en la técnica manual y la computarizada.<sup>12</sup> En este estudio, es-

tas medidas tuvieron mayor error en la técnica computarizada. A pesar de las diferencias encontradas, el estudio en mención no mostró diferencias significativas en las dos técnicas, al igual que en el presente estudio.

El propósito de un programa de asistencia para la realización de la cefalometría es facilitar la obtención de resultados de una manera rápida y confiable; sin embargo, existen deficiencias en términos de exactitud y la reproducibilidad, por lo tanto su uso debe hacerse con precaución. También es necesario recalcar que la técnica convencional manual tiene implícito un error que, aunque se presenta, es menor al computarizado. Ello evidencia la necesidad de reducir los errores que son generados por la ubicación de los puntos, siendo esto lo más crítico independientemente de la técnica utilizada.

Al determinar la representación del error obtenido en las medidas promedio, se encontró que la mayoría de las medidas lineales y angulares representaban menos del 10% indicando su poca relevancia en la clínica, excepto para la medida lineal I-I: NB, para la que la representación fue del 43.3%, afectando casi la mitad de la medida, lo que puede tener una relevancia clínica y por tanto afectar el diagnóstico.

Además, si se le suma el error producido en la ubicación de los puntos al error generado en la realización de trazo y la medición de éstos, puede presentarse un efecto en el diagnóstico de manera desfavorable para el plan de tratamiento, independientemente de la técnica cefalométrica que se utilice. El grupo investigador piensa que la explicación del mayor error de reproducibilidad obtenido en la técnica computarizada puede ser atribuido por el proceso mecánico de la digitalización del punto, ya que no existe error mate-

mático en la medición automatizada del computador; y a los factores ópticos como la luz, la visualización y factores externos como la hora del día y el cansancio.

### CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que el sistema de cefalometría computarizada Span-6 presentó mayor error de reproducibilidad en la mayoría de las medidas, tanto lineales como angulares tenidas en cuenta para este estudio, en comparación con la cefalometría manual convencional; sin embargo, el grado de error no es de importancia para la clínica, excepto para la medida lineal I-I: NB.

Al compararse la técnica manual con la técnica computarizada, no se encontró diferencia significativa entre los errores de reproducibilidad

En la medida angular I-I: NB, se presentó mayor error de reproducibilidad la técnica manual frente a la técnica computarizada.

En las medidas angulares SNA, SNB, ANB, I-S:NA, Go-Gn:SN e interincisivo, se presentó menor error de reproducibilidad la técnica manual al compararla con la técnica computarizada.

En la medida lineales I-S: NA y Pg: NB, se presentó menor error de reproducibilidad la técnica manual al compararla con la técnica computarizada.

En la medida lineal I-I: NB, se presentó mayor error de reproducibilidad la técnica manual frente a la técnica computarizada con una significación clínica.

La medida angular que presentó mayor error de reproducibilidad fue Go-

Gn: SN, con un error de 1.8° en la técnica computarizada.

La medida lineal que presento mayor error de reproducibilidad fue incisivo inferior: NB, con un error de 1,732 mm en la técnica manual con una significación clínica.

### RECOMENDACIONES

El trabajo realizado es de utilidad para la práctica clínica porque evidencia que el principal error en la cefalometría es la ubicación de los puntos. Existe error en la medición de ángulos y trazos en las dos técnicas utilizadas en este estudio, el cual no es significativo, lo que recalca la importancia de una correcta ubicación de los puntos cefalométricos

Desarrollar futuros estudios en donde el operador que ubique los puntos sea el mismo que realice los trazos y las mediciones para eliminar error intraoperador.

En futuros estudios se recomienda desarrollar una técnica que disminuya el error en la ubicación de los puntos para que sea más exacto.

Para estudios posteriores, se recomienda que para la digitalización del punto con la técnica computarizada y la ubicación del punto en técnica manual se establezcan unas condiciones externas óptimas, tales como determinación de una hora fija preferiblemente en horas de la mañana para disminuir el cansancio, y para tener una mejor luz y una mejor visualización.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Águila FJ, Águila G. Manual de cefalometría. 3a. ed. Caracas, Venezuela: Caraota, 1996; 1-2.
2. Arristeguieta R. Diagnóstico cefalométrico simplificado. 2a. ed. Caracas, Venezuela: Actualidades Médico-Odontológicas Latinoamericana, 1994; 11-17.
3. Jacobson A. Radiographic cephalometry: from basic to video imaging. 4th. ed. Chicago, IL, USA: Panamericana, 1995; 77-85.

4. McNamara Y. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod* 1984 Dec; 86 (6): 728.
5. Smith NJD. Orthodontic radiology, a review. *Int Dent J* 1987; 37(1): 16-24.
6. Michiels LYF, Tourne LPM. Nasion true vertical: a proposed method for testing the clinical validity of cephalometric measurements applied to a new cephalometric reference line. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1990; 5(1): 43-52.
7. Rudolph DJ, Sinclair PM, Coggins JM. Automatic computerized radiographic identification of cephalometric landmarks. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998; 13(2):173-79.
8. Sang KH Comparison of analysis cephalometric using computer radiograph with completion radiographic. *Eur J Orthod* 1999; 21(1): 234-36.
9. Naini FB, Otasevic M, Vasir NS. Comparison of manual tracing digitizing and computer cephalometric analysis. *Virtual J Orthod* [serial online ]2001 Mar; 3(4):[4 screens] <http://www.vjo.it/034/compaen.htm>
10. Ferrario FV, Sforza C, Dalloca LL. Assessment of facial form modifications in orthodontics: proposal of a modified computerized mesh diagram analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996 Mar; 109(3): 263-70.
11. Mascías. Cefalometría clínica asistida por computador – Manual del usuario – versión 2.7.
12. Baskin HN, Cisneros GJ. Comparison of two computer cephalometric programs. *J Clin Orthod* 1997; 31(4): 231-33.
13. Tsang K. comparison of cephalometric analysis using a non-radiographic sonic digitizer (digigraph workstation) with conventional radiography. *Eur J Orthod* 1999; 2(1): 1-13.
14. Chen YJ, Chen SK, Chang HF, Chen KC. Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. *Angle Orthod* 2000; 70(5): 387-92.
15. Liu J-K, Chen Y-T, Sheng K-S. Accuracy of computerized automatic identification of cephalometric landmarks. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2000 Nov; 118(5):535-40.
16. Barahona A. Metodología de trabajos científicos. 4a. ed. Bogotá, Colombia: Ipler, 1984; 184.
17. Ruiz A, Gómez C, Londoño D. Investigación clínica: epidemiología clínica aplicada. 2a. ed. Bogotá, Colombia: CEJA, 2000; 205.
18. Kathopoulos E, Koustas K, Hägg U, Hansen K. Validación y precisión de la identificación de los puntos cefalométricos. En: Manual de cefalometría. 3a. ed. Caracas, Venezuela: Caraota, 1996; 13-14.
19. Held CL, Ferguson DJ, Gallo MW. Cephalometric digitalization: A determination of the minimum scanner settings necessary for precise landmark identification. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2001 May; 119(5): 472-81.

### CORRESPONDENCIA

Manuel Vallejo  
Pontificia Universidad Javeriana  
Facultad de Odontología  
Departamento del Sistema  
Craneofacial  
Carrera 7 # 40-62, edificio 26  
Bogotá, D. C., Colombia  
Teléfono: +57-1-3208320  
extensión 2883  
Correo electrónico:  
mavallejok@hotmail.com

Nelly Coronel Corzo  
Calle 6 # 5-51  
Apartamento N° 501, interior 6  
Barrio Nueva Santa Fe  
Bogotá, D.C., Colombia  
Teléfono: +57-1-2896190  
Correo electrónico:  
nelunita0707@hotmail.com.

Ana María Fino Vega  
Avenida Calle 68 # 53-01  
Barrio San Fernando  
Bogotá, D. C., Colombia  
Teléfono: +57-1- 2312312  
Correo electrónico:  
nanitax27@hotmail.com.

Recibido para publicación:  
12 de mayo del 2003.

Aceptado para publicación:  
octubre 10 de 2003.