

2025

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS VALORES CEFALOMÉTRICOS
DETERMINADOS POR SOFTWARE DIGITALES Y TRAZADO MANUAL PARA
ANÁLISIS CEFALOMÉTRICO DE ORTODONCIA

C.D. LUISA AMALIA GONZÁLEZ LÓPEZ



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS VALORES CEFALOMÉTRICOS
DETERMINADOS POR SOFTWARES DIGITALES Y TRAZADO MANUAL”**

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Diploma de la

ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA

Presenta:

C.D. Luisa Amalia González López

Dirigido por:

M.E.E.O. Luis Alberto Anguiano Martínez

Querétaro, Qro. a 16 de Septiembre 2025

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QRO; SEPTIEMBRE 2025

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina
Especialidad en Ortodoncia

“Estudio comparativo de valores cefalométricos determinados por software digitales y trazado manual”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la
Especialidad en Ortodoncia

Presenta:

C.D. Luisa Amalia González López

Dirigido por:

M.E.E.O. Luis Alberto Anguiano Martínez

M.E.E.O. Luis Alberto Anguiano Martínez
Presidente

C.D.E.O. Claudia Vanessa Álvarez García
Secretario

C.D.E.O. Verónica Reyes Reséndiz
Vocal

C.D.E.O. Rosa María Vargas Zepeda
Suplente

C.D.E.O. María de Lourdes Arvizu Valencia
Suplente

Centro Universitario,
Querétaro, Qro. Septiembre 2025

RESUMEN

Introducción: El diagnóstico ortodóncico abarca diferentes elementos para poder crear un buen plan de tratamiento, dentro de estos elementos se encuentra la radiografía lateral de cráneo en la cual se realiza el trazado cefalométrico para establecer un diagnóstico. Dicho trazado se puede realizar de manera manual, este método ha sido usado desde años atrás, pero con el avance de la tecnología han surgido múltiples softwares para sustituir el método manual. **Objetivo:** El propósito de este estudio fue determinar cuál software digital para trazado cefalométrico de ortodoncia da resultados cercanos a los del trazado cefalométrico manual, el software digital Nemoceph o el software digital Webceph. **Material y métodos:** Tipo de estudio prospectivo, transversal, observacional, descriptivo. El tamaño de la muestra fue de 30 cefalogramas previos al tratamiento de ortodoncia, a cada uno de los cefalogramas se les realizó el análisis cefalométrico. Los valores cefalométricos medidos fueron, ángulo SNA, SNB, ANB, altura facial inferior, eje facial, ángulo goníaco y ángulo interincisal. Cada uno de estos valores se organizaron en 3 grupos de estudio: Nemoceph, Webceph y manual. Se realizó la prueba Fisher test para evaluar los datos obtenidos después de realizar los experimentos y determinar o no una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos ($p < 0.005$). **Resultados:** Solo el ángulo SNA tuvo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.005$) entre los métodos digitales y el trazado manual. Para los restantes valores cefalométricos evaluados, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). se observó que Nemoceph tuvo un diagnóstico más consistente y cercanos al trazado manual en la mayoría de los casos, mientras que Webceph presentó más variabilidad. **Conclusiones:** Se pudo concluir que el software digital para trazado cefalométrico de ortodoncia que dio resultados cercanos a los del trazado cefalométrico manual fue el Nemoceph.

(Palabras clave: ortodoncia, cefalometría, software digital, trazado cefalométrico)

SUMMARY

Introduction: Orthodontic diagnosis encompasses several elements to create a successful treatment plan. These elements include a lateral x-ray, which is used to create a cephalometric tracing to establish a diagnosis. This tracing can be performed manually; this method has been used for years, but with the advancement of technology, multiple software programs have emerged to replace the manual method. **Objective:** The purpose of this study was to determine which digital software for orthodontic cephalometric tracing gives results close to those of manual cephalometric tracing, the digital software Nemoceph or the digital software Webceph. **Materials and methods:** The study was prospective, cross-sectional, observational, descriptive. The sample size was 30 cephalograms prior to orthodontic treatment; each cephalogram was subjected to cephalometric analysis. The measured cephalometric values were: SNA, SNB, ANB angles, lower facial height, facial axis, goniac angle, and interincisal angle. Each of these values was organized into 3 study groups: Nemoceph, Webceph, and manual. The Fisher test was performed to evaluate the data obtained after performing the experiments and determine whether or not a statistically significant difference between groups was detected ($p < 0.005$). **Results:** Only the SNA angle showed statistically significant differences ($p < 0.005$) between digital methods and manual tracing. No statistically significant differences were found for the remaining cephalometric values evaluated ($p > 0.05$). Nemoceph was observed to be more consistent and closer to manual tracing in most cases, while Webceph showed greater variability. **Conclusions:** It was concluded that the digital software for orthodontic cephalometric tracing that gave results close to those of manual cephalometric tracing was Nemoceph.

(Key words: orthodontics, cephalometry, digital software, cephalometric tracing)

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo de investigación a mi familia, por ser parte fundamental e incondicional durante estos años de estudio. A mis padres quienes me impulsaron a seguir con mi formación, a mi hermana quien desde un inicio no dudó en apoyarme, y sin ella este logro no hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por darme la oportunidad de seguir con mi formación profesional. A mi familia quienes fueron un soporte seguro a lo largo de esta etapa. Infinitas gracias a mi hermana, no cabe duda de que sin tí esto no hubiera sido posible, gracias por todo tu apoyo incondicional.

Gracias a todas las personas de mi país Nicaragua que residen en México y que siempre me brindaron su ayuda cuando se las pedí.

Así mismo, agradezco a cada una mis amigas de la especialidad por compartir esta experiencia conmigo, por los momentos de crisis en la cual siempre estuvieron para mí, las quiero y las llevare siempre en mi corazón.

Gracias a cada uno de mis docentes por todas sus enseñanzas y transmitir sus conocimientos a lo largo de estos dos años e inculcar llevar un tratamiento de ortodoncia con responsabilidad y calidad.

ÍNDICE

Contenido	Página
Resumen	I
Summary	Ii
Dedicatorias	Iii
Agradecimientos	Iv
Índice	V
Índice de cuadros	Vi
Abreviaturas y siglas	Vii
I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
III. Fundamentación teórica	5
III.1 Definición de telerradiografía, cefalometría, análisis cefalométrico.	5
III. 2 Beneficios de la cefalometría	8
III. 3 Ventajas del análisis cefalométrico digital	10
III. 4 Análisis cefalométricos	11
IV. Hipótesis	13
V. Objetivos	14
V.1 General	14
V.2 Específicos	14
VI. Material y métodos	15
VI.1 Tipo de investigación	15
VI.2 Población	15
VI.3 Muestra	15
VI. 3.1 Criterios de selección	15
VI. 3.2 Variables estudiadas	16
VI. 4. Técnicas e instrumentos	17
VI. 5 Procedimientos	18

VI. 5.1 Análisis estadístico	26
VI. 5.2 Consideraciones éticas	26
VII. Resultados	28
VIII. Discusión	30
IX. Conclusiones	35
X. Propuestas	36
XI. Bibliografía	37
XII. Anexos	41

Índice de cuadros

Cuadro		Página
VII.1	Comparación del diagnóstico de los valores cefalométricos SNA, SNB, ANB; determinados por medio de softwares digitales y trazado manual.	28
VII.2	Comparación del diagnóstico de los valores cefalométricos altura facial inferior, eje facial, ángulo goniaco y ángulo interincisal; determinados por medio de softwares digitales y trazado manual.	29

ABREVIATURAS Y SIGLAS

SN: plano silla – nasion

SNA: ángulo formado por el punto silla, nasion y punto a.

SNB: ángulo formado por el punto silla, nasion y punto b.

ANB: ángulo formado por el punto N, A y B.

ENA: espina nasal anterior

XI: punto cefalométrico que representa el centro de la rama mandibular.

Pm: punto cefalométrico suprapogonion.

Ba: punto cefalométrico basion.

Na: punto cefalométrico nasion.

Ar: punto cefalométrico articular.

Go: punto cefalométrico gonion.

Me: punto cefalométrico mentón.

Gn: punto cefalométrico gnation.

IA: inteligencia artificial.

VTO: predicción visual del resultado final del tratamiento de ortodoncia.

S: punto cefalométrico silla.

Pt: punto cefalométrico pterigoideo.

I. INTRODUCCIÓN

El diagnóstico ortodóncico abarca diferentes elementos para poder crear un plan de tratamiento correcto, dentro de estos elementos encontramos: fotografías extraorales e intraorales, modelos de estudios los cuales pueden ser digitales o de yeso, estudios complementarios como la radiografía panorámica, lateral de cráneo, tomografía, resonancia magnética, etc.

La radiografía lateral de cráneo es una herramienta importante para el diagnóstico ortodóncico, se utiliza para realizar el trazado cefalométrico para poder examinar el desarrollo y las causas de las diferentes maloclusiones dentales o esqueléticas. Su uso también implica la planificación del tratamiento, examinar la relación entre las estructuras craneales y dentales, así como valorar la eficacia del tratamiento ortodóncico.

El método tradicional (manual) del trazado cefalométrico ha estado fácilmente disponible y ha sido de uso común en la práctica clínica. Sin embargo, su eficacia ha ido disminuyendo ya que suele ser un proceso largo de realizar, se usa una hoja de acetato sobre la cual se calca la radiografía lateral de cráneo y se identifican las diferentes estructuras craneales, el margen de error depende de la precisión de las mediciones realizadas, estas mediciones se obtienen con un transportador y una regla. Por lo tanto, hay que tomar en cuenta el error humano al registrar los resultados del trazado manual y la identificación de los diferentes puntos de referencia.

Existen diferentes análisis cefalométricos para el diagnóstico ortodóncico, como son: análisis de Steiner, análisis de Jarabak, análisis de Ricketts, etc. Cada especialista decide cual análisis realizar al paciente, o bien puede tomar en consideración ciertas medidas de los diferentes análisis.

Gracias a los avances en la tecnología se han desarrollado diferentes softwares digitales que utilizan inteligencia artificial para ubicar los diferentes puntos anatómicos y

poder hacer las mediciones, dichos puntos anatómicos pueden ser modificados por el especialista.

La evolución tecnológica ha impulsado el desarrollo del trazado cefalométrico digital. Con el uso de este método se eliminan las desventajas del trazado manual. Es un método rápido y con un margen de error mínimo, ya que las mediciones se toman con total precisión automáticamente a través de la computadora. La desventaja principal de este método es el costo, ya que se requiere una computadora y adquirir licencias o permisos para poder usar los distintos softwares.

En el mercado existen múltiples alternativas de softwares digitales para realizar el trazado cefalométrico y poder sustituir el trazado manual, sin embargo, hasta el momento no hay mucha información acerca de si los softwares digitales para trazado cefalométrico dan resultados cercanos a los del trazado manual, el cual ha sido usado desde varios años atrás.

II. ANTECEDENTES

En 1934 Hofrath en Alemania y Broadbent en EE.U.U. introdujeron el uso de la cefalometría radiológica, la cual significó la posibilidad de usar una nueva técnica clínica y experimental para el estudio de las maloclusiones dentales y las desproporciones esqueléticas (Proffit, 2008).

Tradicionalmente, el análisis cefalométrico se ha efectuado ubicando o trazando los puntos anatómicos de referencia superponiéndolos en una hoja de acetato sobre la imagen radiográfica en la cual se hacen mediciones lineales y angulares (Sandler, 1988).

El avance en la tecnología ha hecho posible realizar los trazados cefalométricos mediante computadoras. Los primeros avances en radiografía computarizada fueron cámaras digitales, almohadillas digitalizadores y escáneres para poder transferir datos analógicos a versión digital. (Brennan, 2002).

Debido al creciente uso de programas de trazado cefalométrico asistidos por computadora en ortodoncia clínica, se han hecho diferentes estudios para evaluar la precisión del software de trazado cefalométrico para poder seleccionar el más adecuado.

Se han realizado diferentes estudios para comparar la precisión de las mediciones de radiografías digitalizadas con la de las radiografías tradicionales. Se llevó a cabo un estudio en donde se comparó la fiabilidad y la dispersión de 10 parámetros cefalométricos angulares y 5 lineales de imágenes convencionales, imágenes convencionales escaneadas e imágenes de fósforo almacenadas, se realizaron mediciones mediante trazados manuales y tres programas de software digitales. La fiabilidad de cada método se consideró clínicamente aceptable. Si bien hubo diferencias estadísticamente significativas en las medias de numerosos parámetros entre el trazado manual y otros modos de imágenes y análisis, estas diferencias no fueron clínicamente significativas (Gregston et. al., 2004).

Otro estudio que tuvo como propósito determinar la precisión y confiabilidad del trazado directo de radiografías digitales utilizando el software digital WebCeph, comparándolo con el trazado manual de impresiones digitales, obtuvieron una concordancia entre el trazado digital y manual en todas las mediciones realizadas a excepción de la medición del incisivo superior con el plano punto nasion – punto A. Para este estudio un solo operador midió 12 parámetros cefalométricos lineales y angulares, tanto digital como manualmente, en total fueron 25 cefalogramas laterales. La importancia clínica de este estudio fue que el trazado digital con WebCeph es adecuado para usos clínicos y equivalente a los trazados cefalométricos manuales (Saya et. al., 2023).

Un factor importante al momento de realizar un estudio es el tamaño de la muestra, así concluye un estudio realizado para evaluar la diferencia del trazado cefalométrico manual con el digital en radiografías laterales de cráneo, en el cual se analizaron 78 radiografías de 39 pacientes en las que se realizaron el análisis de Steiner, estas radiografías se analizaron a una escala 1:1, como resultados no hubo diferencia significativa en la mayoría de las mediciones hechas de manera manual y digital, siendo el ángulo interincisal la única medición angular en la cual hubo diferencia significativa, concluyendo que es importante tener en cuenta que la muestra o población evaluada es reducida para definir conclusiones (Velezmoro et. al, 2021).

Un estudio realizado en el 2013 concluye que las mediciones digitales obtenidas a partir de imágenes mostradas en el monitor (copia digital) eran reproducibles y comparables al método manual realizado en su copia impresa, para todas las mediciones excepto el ángulo del plano oclusal (SN-plano oclusal). En este estudio se obtuvieron 40 cefalogramas de pacientes previo al tratamiento de ortodoncia, independientemente del tipo de maloclusión y se obtuvieron 26 mediciones; 13 lineales y 13 angulares. Utilizaron el software digital Nemoceph (Tikku et. al., 2013).

III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El análisis de casos ortodónticos es un procedimiento que incluye el estudio de las relaciones de las partes que componen la cara, para evaluar su estado de equilibrio y armonía (Downs, 1951).

La aparición de la cefalometría radiológica en 1934 de la mano de Hofrath en Alemania y Broadbent en EE.U.U. significó la posibilidad de utilizar una nueva técnica clínica y experimental para estudiar la maloclusión y las desproporciones esqueléticas (Proffit, 2008).

Definiciones

Telerradiografía: es la radiografía de cabeza obtenida a distancia, con el haz central de rayos X incidiendo perpendicularmente al plano sagital medio o perpendicular al plano frontal.

Cefalometría: es un método que, empleando radiografías orientadas, obtiene medidas lineales y angulares de los diversos elementos anatómicos del cráneo y de la cara, ofreciendo importante información para la elaboración de los análisis cefalométricos.

Análisis cefalométrico: es una metodología de interpretación de los valores obtenidos en los cefalogramas (Ferreira, 2002; Agarwal et al., 2011).

La cefalometría ha sido la herramienta utilizada para evaluar la morfología y para estudiar el crecimiento y el cambio durante el tratamiento de ortodoncia. Se deduce que esta herramienta también debe emplearse para estimar el comportamiento futuro del crecimiento de la mandíbula y el desarrollo de la oclusión (Ricketts, 1960).

Durante la planificación del tratamiento de ortodoncia/ortognático, el análisis cefalométrico se considera un método de diagnóstico esencial, particularmente cuando existe una discrepancia esquelética (Baumrind et al., 1980).

El objetivo del análisis cefalométrico es el estudio de las relaciones horizontales y verticales de los cinco componentes funciones más importantes de la cara: el cráneo, la base craneal, el maxilar óseo (definido como las partes del maxilar que quedarían si se eliminasen los dientes y los procesos alveolares), la mandíbula (definida de forma similar), la dentición y los procesos alveolares superiores, y la dentición y los procesos alveolares inferiores (Proffit, 2008).

El análisis cefalométrico abarca múltiples valores cefalométricos, dentro de estos se puede encontrar:

Ángulo Silla – nasion – punto A (SNA)

El punto A se reconoce como el límite anterior de la base apical maxilar y junto con el punto nasion determinan la línea N-A. Esta, unida a su vez con la línea silla – nasion, forma el ángulo S-N/A, que describirá la protrusión maxilar con respecto a la base craneal.

Ángulo silla – nasion – punto B (SNB)

El punto B se reconoce como el límite anterior de la base apical inferior mandibular y, juntamente con el punto nasion, determina la línea N-B. Unida a la línea silla – nasión forma el ángulo S-N/B. Éste refleja la posición mandibular con respecto a la base craneal.

Ángulo punto A – nasion /punto B (ANB)

Este ángulo expresa la relación maxilomandibular en el sentido sagital. Steiner estableció un valor de 2° como promedio en individuos normales. Así mismo, se considera

que un ángulo aumentado corresponde a un paciente de clase II con la mandíbula en una retro posición y que los valores inferiores a 2° y los negativos corresponden a una clase III con el maxilar ubicado posteriormente con respecto a la mandíbula (Águila, 1996).

Altura facial inferior

Ángulo formado por los planos Xi – ANS y Xi – Pm. Su valor normal es de $47^\circ \pm 4^\circ$ y permanece constante con la edad. Valores altos corresponden a patrones dolicofaciales, además pueden indicar mordida abierta. Valores menores corresponde a un patron Braquifacial y a una sobremordida profunda.

Eje facial

Se traza desde el punto Pt al Gn cefalométrico. Describe la dirección de crecimiento del mentón. en la cara promedios, forma un ángulo recto con el plano Ba – Na. Su valor normal es de $90^\circ \pm 3^\circ$. Es de importancia en la determinación del biotipo facial.

Ángulo goniaco:

Formado por las tangentes al borde posterior de la rama ascendente de la mandíbula (Ar – Go) y al borde inferior del cuerpo de la misma (Go – Me). La norma para este ángulo es de 130° . Describe la morfología mandibular. Esta estructura puede ser considerada como el centro alrededor del cual el resto de la cara realiza un crecimiento adaptativo; además, es la determinante de la dirección de crecimiento de la parte inferior de esta.

Ángulo interincisal:

Formado por los ejes de los incisivos centrales superiores e inferiores. Su valor normal es de $130^\circ \pm 10^\circ$. En los casos de protrusión dentaria este ángulo es menor. Ángulos de valores grandes corresponden generalmente a sobremordidas profundas (Gregoret, 1997).

Beneficios de la cefalometría

1. Permite la evaluación del crecimiento y desarrollo de los huesos maxilares y faciales.

2. Los datos proporcionados por el cefalograma brindan al ortodoncista clínico medios eficientes para diagnosticar las anomalías y alteraciones encontradas en las diferentes regiones del cráneo.

3. Las telerradiografías tomadas del mismo paciente en las diferentes fases del tratamiento permiten observar los cambios que se procesan tanto por el crecimiento, como por la mecánica del tratamiento de ortodoncia. Da la oportunidad, de esta manera, que se promuevan cambios en el plan de tratamiento cuando la telerradiografía nos enseña algún posible error de planificación.

4. Al final del tratamiento ortodóntico, la telerradiografía es analizada con el objetivo de evaluar los resultados obtenidos y verificar si las metas propuestas fueron alcanzadas.

5. Como documentación legal de salvaguardia del ortodoncista en el aspecto profesional (Ferreira, 2002; Agarwal et al., 2011).

El análisis cefalométrico se puede realizar mediante métodos manuales y/o computarizados (Agarwal et al., 2011). El método manual que se realiza utilizando un papel de calco en la radiografía se considera el método convencional y más utilizado (Paixão et al., 2010; Agarwal et al., 2011). Sin embargo, se ha identificado que el análisis cefalométrico convencional tiene varias desventajas, incluyendo el consumo de tiempo, el rastreo erróneo de la mano, dificultad para identificar puntos de referencia y obtener medidas precisas (Celik et al., 2009).

La identificación de puntos de referencia inconsistentes es una fuente particularmente importante de error en la cefalometría convencional y este error es específico

de cada punto de referencia anatómico y se ve afectado por la experiencia y el entrenamiento de los observadores (Chen et al., 2000).

Además, se ha observado una pérdida de información en la biología craneofacial, que ocurre particularmente debido al deterioro de la película, como otro inconveniente significativo en la cefalometría convencional (Sayinsu et al., 2007; Agarwal et al., 2011).

Por lo tanto, muchos médicos han recurrido al uso de computadoras para el diagnóstico, planificación del tratamiento y la predicción del crecimiento, así como para archivar cefalogramas digitalmente (İzgi & Pekiner, 2019; Sayinsu et al., 2007).

La rápida evolución de la informática y la tecnología en el pasado reciente ha sido la causa de un considerable impacto en la ortodoncia en general y especialmente en la cefalometría. Este rápido progreso ha llevado a la sustitución del método de rastreo manual por el rastreo digital (Chen et al., 2004; Kalra et al., 2010).

La cefalometría computarizada, utilizada con inteligencia artificial es un servicio profundo para la profesión. Puede ayudar a aportar perfección y sofisticación, así como eficiencia al régimen clínico (Ricketts, 1971).

Hoy en día, el concepto de ortodoncia digital se está usando cada vez más. Recientemente, se ha introducido la idea de utilizar inteligencia artificial (IA) en ortodoncia. Múltiples avances que utilizan la tecnología de IA se han implementado rápidamente en el diagnóstico y el tratamiento, con el objetivo de perfeccionar la profesionalidad de la ortodoncia (El-Dawlatly et al., 2024).

La IA se define como la capacidad de una máquina de imitar la inteligencia y el comportamiento humano para realizar tareas específicas (Hosny et al., 2018).

Las radiografías digitales han mejorado enormemente el desarrollo de la IA en el campo médico y dental, porque las imágenes radiográficas producidas por la irradiación de

rayos X están codificadas digitalmente y pueden traducirse fácilmente al lenguaje computacional (Ferreira, 2002).

Ventajas del análisis cefalométrico digital:

1. Minimiza muchas fallas relacionadas con el rastreo manual.
2. Posibilidad de realizar varios análisis en un periodo muy corto.
3. Minimiza el error humano debido a la fatiga.
4. Mejor reconocimiento de los puntos de referencia.
5. Se puede ampliar la imagen y almacenar los datos eficientemente (Tsoroyas et al., 2010; Tan et al., 2011; Baig et al., 2024).

Las recientes mejoras en la tecnología informática y de software han llevado a la introducción del análisis cefalométrico asistido por computadora además del método convencional que incluye la medición directa de ángulos cefalométricos con un transportador utilizando una hoja de papel vegetal de acetato colocada sobre la radiografía después de identificar los puntos de referencia y dibujar las líneas con lápiz y regla, con o sin el uso de una caja de visualización (Shettigar et al., 2019).

Los programas informáticos y las aplicaciones para teléfonos inteligentes pueden identificar automáticamente los puntos de referencia y completar las mediciones una vez que se importa la radiografía digital mediante tecnología de inteligencia artificial. Alternativamente, el operador puede identificar manualmente los puntos de referencia y luego hacer que se calculen las mediciones automáticamente o dar órdenes para calcular mediciones específicas determinadas por el operador. Estas últimas operaciones se consideran análisis cefalométricos semiautomatizados. (Yassir et al., 2022).

A pesar de la variedad de técnicas aplicables para la identificación automatizada de puntos de referencia cefalométricos, sigue sin estar claro si estos métodos son capaces de detectar puntos de referencia cefalométricos dentro de un rango clínicamente aceptable (Arik et al., 2017).

Análisis cefalométricos

Análisis de Steiner

Fue desarrollado en 1950, por el del Dr. Cecil Steiner, y es considerado como el primero en cefalometría de la época moderna, por dos razones, a saber: primera, en el se establecen medidas que se pueden relacionar con un patron facial; segunda, ofrece guías específicas para el plan de tratamiento. Él basa su análisis en medidas propuestas originalmente por los doctores Downs, Wylie, Riedel, Thompson y Margolis, entre otros (Zamora, 2004).

En el análisis de Steiner, los ángulos SNA y SNB se utilizan para establecer la relación de ambos maxilares con la base del cráneo, mientras que el ángulo SN-PM (plano mandibular) se emplea para determinar la posición vertical de la mandíbula. La diferencia entre SNA y SNB, o ángulo ANB, indica la magnitud de la discrepancia maxilar esquelética, y ésta era para Steiner la medida más interesante. (Proffit, 2008).

Análisis de Ricketts:

La cefalometría estática propuesta por Ricketts nos permite un minucioso estudio de la morfología craneofacial del paciente y con ello la determinación del biotipo facial, y las posiciones e interrelaciones de los distintos componentes de las estructuras dentomaxilofaciales en vario campos. Este estudio estático es el punto de partida para la cefalometría dinámica; que nos permite prever los cambios que se producirán con el crecimiento, los cambios que se producirán con el tratamiento y la conjunción de ambos

(VTO). Para los estudios de rutina Ricketts propone un análisis resumido donde el número de factores no excede la docena. A pesar de que su análisis lateral completo incluye 32 factores, solo recurre a él en ciertos casos que requieran alguna observación adicional (Ricketts, 1960).

Las medidas del análisis completo de Ricketts se agrupan en 6 campos, estos incluyen: problema dentario, relación maxilomandibular, dento esquelético, problema estético, relación craneofacial y estructural interno. Las medidas que se usan en el análisis resumido son: extrusión incisivo inferior, ángulo interincisivo, convexidad facial, altura facial inferior, posición del molar superior, protrusión del incisivo superior, protrusión del incisivo inferior, inclinación del incisivo inferior, protrusión labial, profundidad facial, eje facial, ángulo del plano mandibular profundidad maxilar, arco mandibular (Gregoret, 1997).

Análisis de Bjork:

El análisis de Bjork comprende cuatro partes y se basa en el examen clínico, el análisis de modelos de estudio y el análisis de la telerradiografía de perfil tomada con los dientes en oclusión céntrica. Este análisis se fundamenta en: a) descripción morfológica de la cara, expresada en mediciones cefalométricas lineales y angulares y b) un análisis de los cambios estructurales de la cara (Aguila, 1996).

El uso de este análisis resulta de suma utilidad para determinar las características del crecimiento en sus aspectos cualitativos y cuantitativos. Es decir, dirección y potencial. Además, contribuye a una mejor definición de la biotipología facial. Dentro de las medidas para el análisis cefalométrico se encuentra: ángulo de la silla, ángulo goniaco, ángulo articular, altura de la rama, base craneal anterior y posterior, altura facial posterior y anterior, entre otras (Gregoret, 1997).

IV. HIPÓTESIS

Hipótesis de trabajo

El software digital para trazado cefalométrico de ortodoncia que da resultados cercanos a los del trazado cefalométrico manual es el Nemoceph comparado con el software digital Webceph.

Hipótesis nula

El software digital para trazado cefalométrico de ortodoncia que da resultados cercanos a los del trazado cefalométrico manual es el software digital Webceph comparado con el software digital Nemoceph.

V. OBJETIVOS

V.1 Objetivo general

Determinar cuál software digital para trazado cefalométrico de ortodoncia da resultados cercanos a los del trazado cefalométrico manual, el software digital Nemoceph o el software digital Webceph.

V.2 Objetivos específicos

Obtener los resultados del trazado cefalométrico de ortodoncia con el software digital Nemoceph.

Obtener los resultados del trazado cefalométrico de ortodoncia con el software digital Webceph.

Comparar los resultados del trazado cefalométrico de ortodoncia con el software digital Nemoceph, Webceph y trazado cefalométrico manual.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

VI. 1 Tipo de investigación

Prospectivo transversal observacional comparativo

VI. 2 Población

Cefalogramas previos al tratamiento de ortodoncia del posgrado de ortodoncia de la clínica odontológica de la Universidad Autónoma de Querétaro "Benjamín Moreno Pérez" a los cuales se les realizó el trazado cefalométrico.

VI. 3 Muestra

El tamaño de la muestra fue de 30 cefalogramas previos al tratamiento de ortodoncia. Determinado por conveniencia después de realizar una búsqueda bibliográfica y observar de manera repetida que trabajos similares se realizaron con tamaños de muestra como el propuesto aquí, tal es el caso de Erkan et al. (2012) quienes hicieron un estudio de 30 cefalogramas. Por otra parte, está el trabajo realizado por Power et al. (2005) quienes evaluaron 60 cefalogramas laterales mediante dos métodos: trazado manual y digitalización indirecta utilizando el software Dolphin Imaging (versión 8.0).

VI. 3.1 Criterios de selección

VI. 3.1.1 Criterios de inclusión

Cefalogramas con buena nitidez

Cefalogramas con dentición permanente

Cefalogramas que tenga regla milimétrica

Cefalogramas previos al tratamiento de ortodoncia

Cefalogramas de pacientes que hayan terminado su crecimiento

VI. 3.1.2 Criterios de exclusión

- Cefalogramas con distorsión de imagen
- Cefalogramas que no estén en posición natural de cabeza
- Cefalogramas que no se pueda calibrar
- Cefalogramas posterior al tratamiento de ortodoncia
- Cefalogramas con dentición decidua o mixta

VI. 3.1.3 Criterios de eliminación

Se eliminaron todos aquellos cefalogramas que sufrieron algún deterioro durante el desarrollo de las pruebas que imposibilitaron evaluar las variables de interés.

VI. 3.2 Variables estudiadas

Dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Trazado cefalométrico	Análisis cefalométrico o esquelético, dental y de tejidos blandos.	Los ángulos que se midieron fueron: SNA, SNB, ANB, Altura facial inferior, Eje facial, Angulo goniaco y Angulo interincisal.	Cualitativa	Ordinal	Categoría clínica

Independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Software digital Nemoceph	Herramienta que aplica la inteligencia artificial para hacer un diagnóstico completo de ortodoncia y planificar el tratamiento.	Los ángulos que se midieron fueron: SNA, SNB, ANB, Altura facial inferior, Eje facial, Ángulo goniaco y Ángulo interincisal	Cualitativa	Ordinal	Categoría clínica
Software digital Webceph	Herramienta que aplica la inteligencia artificial para hacer un diagnóstico completo de ortodoncia y planificar el tratamiento	Los ángulos que se midieron fueron: SNA, SNB, ANB, Altura facial, Eje facial, Ángulo goniaco, Ángulo interincisal	Cualitativa	Ordinal	Categoría clínica

VI. 4 Técnicas e instrumentos

Cada cefalograma fue trazado de manera manual y también se trazaron mediante los softwares digitales Nemoceph y Webceph, para un total de 90 trazados cefalométricos. Los resultados de la interpretación clínica de los trazados cefalométricos para cada cefalograma se registraron en una hoja de captación, posteriormente fueron capturados en una base de datos de Excel. Cada una de las medidas fue realizada por la misma persona, realizando 10 trazados por día para evitar la fatiga visual.

VI. 5 Procedimiento

1. Se solicitó acceso a los expedientes de la clínica de odontología de la facultad de Medicina de la UAQ (Figura 1).



Figura 1. Área de archivo, donde se almacena los expedientes clínicos de la facultad de Medicina de la UAQ

2. Se revisaron minuciosamente cada expediente para seleccionar los cefalogramas.
3. Se seleccionaron los cefalogramas iniciales de cada paciente, previo al tratamiento de ortodoncia (Figura 2).



Figura 2. Cefalogramas seleccionados previo al tratamiento de ortodoncia.

4. Se digitalizaron todos los cefalogramas (Figura 3.)
5. Cada cefalograma se guardó en el software digital Nemoceph y Webceph (Figura 4 y 5).



Figura 3. Registro digital de los cefalogramas

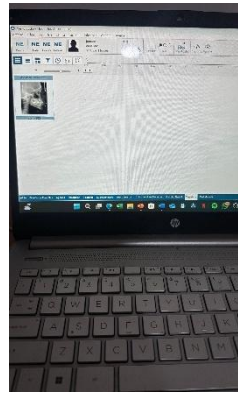


Figura 4. Software Nemoceph

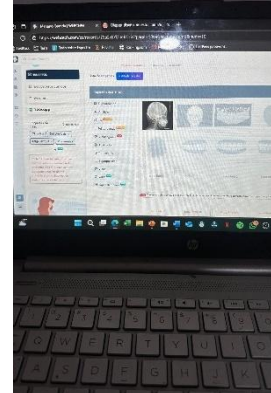


Figura 5. Software Webceph

6. Cada cefalograma se calibró a 10 mm utilizando la regla milimétrica impresa en el cefalograma (Figura 6 y 7).

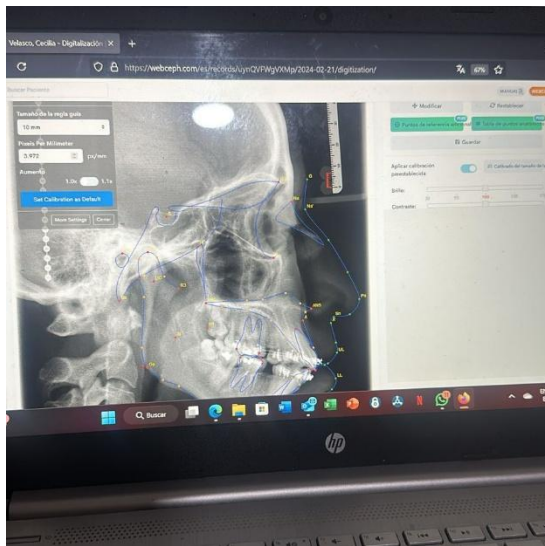


Figura 6. Calibración a 10mm en Webceph

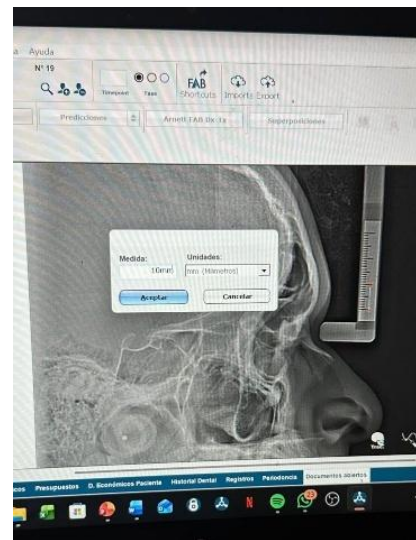


Figura 7. Calibración a 10mm en Nemoceph

7. Se seleccionó en cada software digital realizar el trazado cefalométrico.
8. Se ubicó el punto A, situado en la parte más profunda de la curva del maxilar entre la espina nasal anterior y el borde del alveolo dental (Figura 8).
9. Se ubicó el punto B, situado en la parte más profunda de la concavidad de la sínfisis del mentón.
10. Se ubicó el punto S; ubicado en el centro de la silla turca.
11. Se ubicó el punto N, ubicado en la parte más anterior de la sutura frontonasal.
12. Se ubicó el punto Go, ubicado en la unión del borde posterior de la rama con el borde inferior del cuerpo mandibular (Figura 8).
13. Se ubicó el punto A1 que corresponde al borde incisal del incisivo superior.
14. Se ubicó el punto Ar que corresponde al ápice radicular del incisivo superior.
15. Se ubicó el punto B1 que corresponde al borde incisal del incisivo inferior (Figura 9).
16. Se ubicó el punto Br que corresponde al ápice radicular del incisivo inferior
17. Se ubicó el punto Me, situado en la parte más inferior del contorno de la sínfisis.
18. Se ubicó el punto Ba, que corresponde al punto posteroinferior del hueso occipital en el margen anterior del foramen magnum.
19. Se ubicó el punto Gn, situado en la intersección de la tangente al punto mentoniano y al punto más inferior de la rama con el plano Na-plano facial (Figura 9).

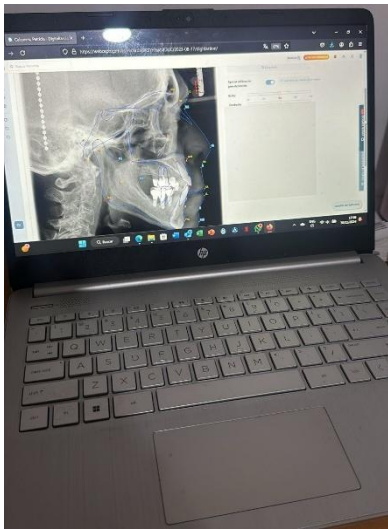


Figura 8. Ubicación de puntos cefalométricos en Webceph

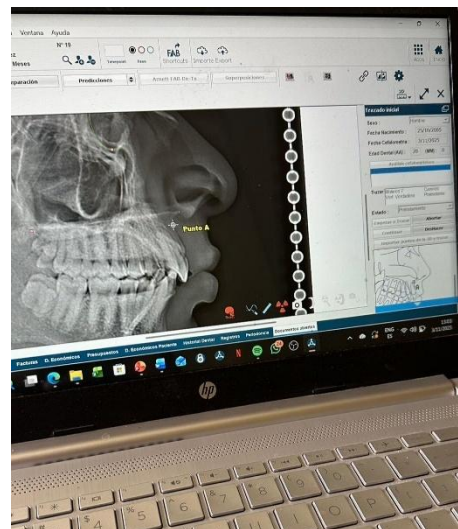


Figura 9. Ubicación de puntos cefalométricos en Nemoceph

20. Se ubicó el punto Pt, que se encuentra en la intersección de las paredes posterior y superior de la fisura pterigomaxilar.
21. Se ubicó el punto ENA, que corresponde a la espina nasal anterior.
22. Se ubicó el punto Xi, situado en el centro de la rama ascendente mandibular.
23. Se ubicó el punto Pm, que corresponde al punto donde la curvatura del borde anterior de la sínfisis pasa de cóncava a convexa.
24. Se ajustó manualmente los puntos cefalométricos para los valores cefalométricos. Cada uno de los puntos se ubicaron en el software digital Nemoceph como en el software digital Webceph (Figura 10 y 11).

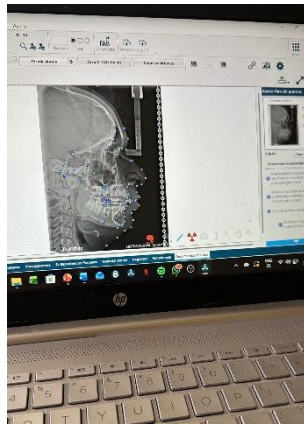


Figura 10. Ajuste de puntos cefalométricos Webceph

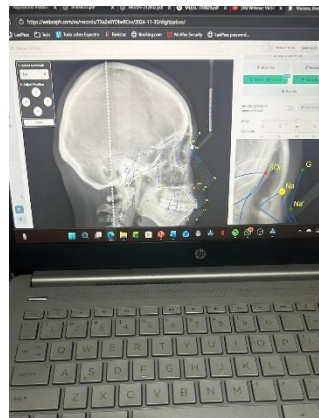


Figura 11. Ajuste de puntos cefalométricos Nemoceph

25. Se obtuvo primero los valores cefalométricos por el software digital Nemoceph (Figura 12).
26. Se obtuvo el valor del ángulo SNA, formado por el punto S, punto N y punto A.
27. Se obtuvo el valor del ángulo SNB, formado por el punto S, punto N y punto B.
28. Se obtuvo el valor del ángulo ANB, formado por el punto A, punto N y punto B.
29. Se obtuvo el valor del ángulo altura facial inferior, formado por el punto ENA, punto Xi y punto Pm.
30. Se obtuvo el valor del ángulo eje facial, formado por la intersección del plano formado por el punto Ba y punto N con el plano formado por el punto Pt y Gn.
31. Se obtuvo el valor del ángulo goniaco formado por el punto Na, punto Go y punto Me.

32. Se obtuvo el valor del ángulo interincisal, formado por la intersección del plano formado por el punto A1 y Ar con el plano formado por el punto B1 y Br.
33. Se obtuvo los valores cefalométricos de los mismos ángulos por el software digital Webceph (Figura 13).

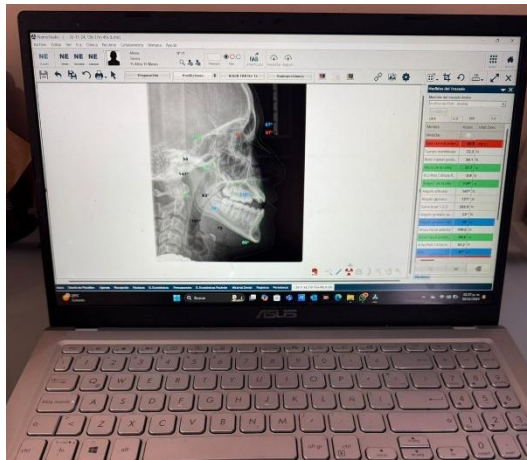


Figura 12. a) Valores cefalométricos por el software Nemoceph

SMILE CENTER

Nombre: _____ Teléfono: _____
 Paciente: Anonimo Anonimado Sexo: Hombre Edad Consult: 35A 00
 Cefalometría Labial Fecha: 30/11/2024

Análisis de Jarabak

Medidas	Valor	Medio	DF	Usado	Clase
Ángulo de la línea	130°	127° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Ángulo anterior	130°	127° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo posterior	131°	128° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial superior	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial inferior	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial promedio	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo de la línea	130°	127° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial anterior	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial posterior	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial promedio	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial anterior	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial posterior	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial promedio	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial anterior	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial posterior	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar
Ángulo gonial promedio	100°	100° ± 2°	0°	✓	Maxilar

Análisis de Richards

Medidas	Valor	Medio	DF	Usado	Clase
Problema dentario	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema maxilar	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema mandibular	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema gonial	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema gonial superior	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema gonial inferior	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema gonial promedio	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema gonial anterior	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema gonial posterior	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema gonial promedio	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema gonial anterior	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema gonial posterior	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base
Problema gonial promedio	110°	110° ± 2°	0°	✓	Clase II Base

Figura 12. b) Resultado completo de la cefalometría con interpretación clínica

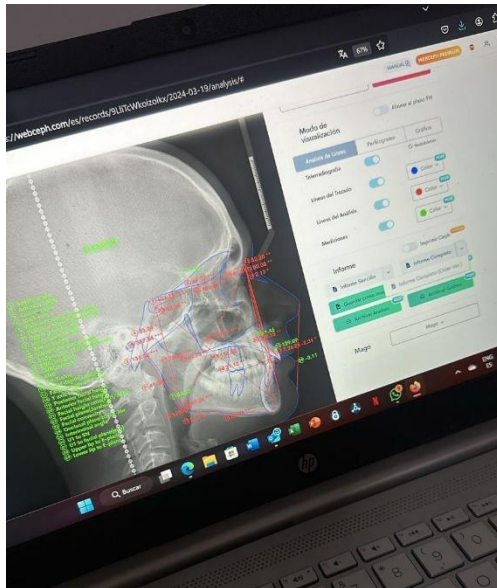


Figura 13. a) Valores cefalométricos por el software Webceph

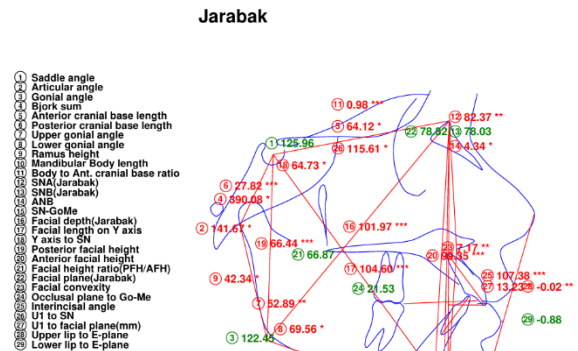


Figura 13. b) Resultados completo de la cefalometría con interpretación clínica

34. Cada cefalograma seleccionado fue calcado en una hoja cefalométrica con un lapicero de 0.5mm, para realizar el trazado cefalométrico de forma manual; ubicando las estructuras anatómicas requeridas, las cuales fueron: hueso frontal, hueso maxilar, esfenoide, mandíbula, incisivo superior, incisivo inferior, mentón (Figura 14, 15 y 16).



Figura 14. Hoja cefalométrica



Figura 15. Cefalograma calcado

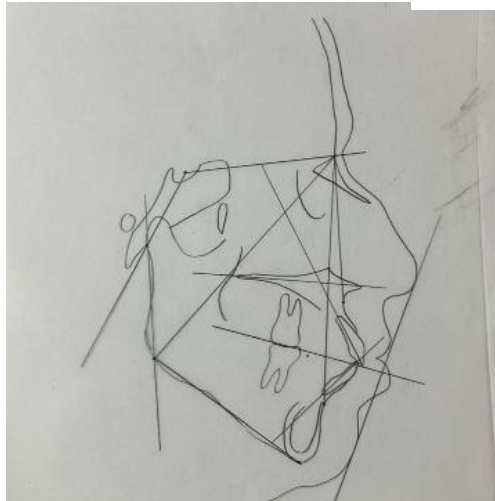


Figura 16. Estructuras anatómicas requeridas: hueso frontal, hueso maxilar, esfenoide, mandíbula, incisivo superior e inferior y mentón.

35. Se ubicó el punto A, situado en la parte más profunda de la curva del maxilar entre la espina nasal anterior y el borde del alveolo dental.
36. Se ubicó el punto B, situado en la parte más profunda de la concavidad de la sínfisis del mentón.
37. Se ubicó el punto S; ubicado en el centro de la silla turca.

38. Se ubicó el punto N, ubicado en la parte más anterior de la sutura frontonasal.
39. Se ubicó el punto Go, ubicado en la unión del borde posterior de la rama con el borde inferior del cuerpo mandibular.
40. Se ubicó el punto A1 que corresponde al borde incisal del incisivo superior.
41. Se ubicó el punto Ar que corresponde al ápice radicular del incisivo superior.
42. Se ubicó el punto B1 que corresponde al borde incisal del incisivo inferior.
43. Se ubicó el punto Br que corresponde al ápice radicular del incisivo inferior.
44. Se ubicó el punto Me que corresponde al punto más inferior del contorno de la sínfisis.
45. Se ubicó el punto Ba, que corresponde al punto posteroinferior del hueso occipital en el margen anterior del foramen magnum.
46. Se ubicó el punto Gn, situado en la intersección de la tangente al punto mentoniano y al punto más inferior de la rama con el plano Na-Plano facial.
47. Se ubicó el punto Pt, que se encuentra en la intersección de las paredes posterior y superior de la fisura pterigomaxilar.
48. Se ubicó el punto ENA, que corresponde a la espina nasal anterior.
49. Se ubicó el punto Xi, situado en el centro de la rama ascendente mandibular. Se ubica geoméricamente con respecto al plano de Frankfort y la PTV. Para trazar este punto manualmente se tuvo que ubicar el punto R1 (punto más profundo del borde anterior de la rama), punto R2 (proyección horizontal del punto R1 sobre el borde posterior de la rama), punto R3 (localizado en la porción mas inferior de la escotadura sigmoidea), y punto R4 (proyección vertical del punto R3 sobre el borde inferior de la rama). Se trazaron diagonales del paralelogramo formado y en la intersección de estas diagonales se ubicó el punto Xi.
50. Se ubicó el punto Pm, que corresponde al punto donde la curvatura del borde anterior de la sínfisis pasa de cóncava a convexa.
51. Se midió de forma manual con el protector de rickets el valor del ángulo SNA, formado por el punto S, punto N y punto A.
52. Se midió de forma manual con el protector de Rickets el valor del ángulo SNB, formado por el punto S, punto N y punto B.

53. Se midió de forma manual el valor del ángulo ANB, formado por el punto A, punto N y punto B.
54. Se midió de forma manual con el protector de Ricketts el valor del ángulo altura facial inferior, formado por el punto ENA, punto Xi y punto Pm.
55. Se midió de forma manual con el protector de Ricketts el valor del ángulo eje facial, formado por la intersección del plano formado por el punto Ba y punto N con el plano formado por el punto Pt y Gn.
56. Se midió de forma manual con el protector de Ricketts el valor del ángulo goniaco formado por el punto Na, punto Go y punto Me.
57. Se midió de forma manual con el protector de Ricketts el valor del ángulo interincisal, formado por la intersección del plano formado por el punto A1 y Ar con el plano formado por el punto B1 y Br.
58. Cada una de las medidas con su interpretación clínica se registro en una tabla digital.

MEDIDAS ANGULARES	Norma	Valor Actual	Diagnóstico
Ángulo de la Silla	123 +-6°	130°	Posición post del condilo.
Ángulo Articular	143° +-5	138°	Norma
Ángulo Goniaco Superior	52°-55°	51°	Crecimiento mandibular vertical
Ángulo Goniaco Inferior	70°-75°	75°	Norma
Ángulo Goniaco Total	130° +-7	126°	Crecimiento horizontal
Suma de los ángulos	396°	394	Patrón de crecimiento horizontal
SNA	80° +- 2°	84°	Protrusión del maxilar
SNB	78° +-2°	79,5°	Norma
ANB	2° +-2	4,5°	CII esquelético
Go-Me-1inf	90° +-5	102°	Proinclinación dentoalveolar inferior
SN-1sup	102° +-3	100°	Norma
Ángulo interincisal	131 +- 5°	124°	Proinclinación dentoalveolar
MEDIDAS LINEALES	Norma	Valor actual	Diagnostico
AFA	105-120 mm	117	Norma
AFP	70-85mm	78	Norma
LRM	44mm +-5	50	Rama Larga
LCM	71mm +-5	69	Norma
LBCA	71mm +-3	66	Base craneal anterior corta
LBCP	32mm +- 3	34	Norma
Relacion LBCA/LCM	1:1	1:1.04	CIII esquelético - perfil concavo
Relacion LBCP/LRM	3:4		
1sup - N-Pg	5mm +-2	9 mm	Protrusión del incisivo superior
1inf - N -Pg	2mm +-2	7.5 mm	Protrusión del incisivo inferior
JNEA ESTETICA DE RICKETTS	Norma	Valor actual	Diagnostico
Labio superior	0 a -4 mm	-4.5 mm	Retroquelia
Labio inferior	-2 mm +- 2	3 mm	Proquelia

Figura 20. Registro de los resultados manuales

59. Se compararon los valores cefalométricos obtenidos por el software digital Webceph y software digital Nemoceph.
60. Teniendo los registros de los cefalogramas, se capturaron los resultados en la base de datos de Excel, se compararon los valores cefalométricos y la interpretación clínica de cada resultado y se realizaron los análisis pertinentes. (Figura 19).

No existió conflicto de interés relacionado con esta investigación, se aseguró la confidencialidad de los datos personales capturados en este estudio.

VII. RESULTADOS

En el cuadro 1 se presenta el diagnóstico de los ángulos cefalométricos SNA, SNB Y ANB determinados por medio de softwares digitales (Nemoceph y Webceph) y el trazado manual. Se observa una diferencia estadísticamente significativa en el ángulo SNA, con una mayor frecuencia en el diagnóstico de protrusión maxilar con el software digital Webceph. Para los ángulos SNB Y ANB no hay diferencia estadísticamente significativa entre los métodos.

Cuadro 1. Comparación del diagnóstico de los valores cefalométricos SNA, SNB, ANB; determinados por medio de softwares digitales y trazado manual.

Grupo	Nemoceph (n=30)	Webceph (n=30)	Trazado manual (n=30)	Valor de P
Frecuencia (%)				
Ángulo SNA				0.00001*
Norma	3 (10.0)	0 (0.0)	12 (40.0)	
Protrusión MX	17 (56.6)	22 (73.3)	3 (10.0)	
Retrusión MX	10 (33.4)	8 (26.7)	15 (50.0)	
Ángulo SNB				0.2089
Norma	6 (20.0)	1 (3.3)	7 (23.3)	
Protrusión MD	9 (30.0)	13 (43.3)	8 (26.7)	
Retrusión MD	15 (50.0)	16 (53.4)	15 (50.0)	
Ángulo ANB				0.5037
Clase I	12 (40.0)	14 (46.6)	10 (33.3)	
Clase II	15 (50.0)	15 (50.0)	15 (50.0)	
Clase III	3 (10.0)	1 (3.4)	5 (16.7)	

SNA: ángulo formado por el plano silla – nasion y nasion punto A; MX: maxilar; SNB: ángulo formado por el plano silla – nasion y el plano nasion punto B; MD: mandíbula; ANB: ángulo formado por el punto Nasion, punto A y punto B.

*Prueba de Fisher test

En el cuadro 2 se presenta el diagnóstico de los ángulos cefalométricos altura facial inferior, eje facial, ángulo goniaco y ángulo interincisal determinados por medio de softwares digitales (Nemoceph y Webceph) y el trazado manual. No se observa una diferencia estadísticamente significativa entre los métodos en ninguno de los valores cefalométricos.

Cuadro 2. Comparación del diagnóstico de los valores cefalométricos altura facial inferior, eje facial, ángulo goniaco y ángulo interincisal; determinados por medio de softwares digitales y trazado manual.

Grupo	Nemoceph (n=30)	Webceph (n=30)	Trazado manual (n=30)	Valor de P
Frecuencia (%)				
Ángulo altura facial inferior				
Mesofacial				
Mordida	19 (63.3)	20 (66.6)	17 (56.6)	0.7866
Abierta	11 (36.7)	10 (33.4)	13 (43.4)	
Mordida	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
Cerrada				
Eje facial				
Mesofacial	19 (63.3)	16 (53.3)	18 (60.0)	0.7205
Dolicofacial	10 (33.4)	10 (33.3)	9 (30.0)	
Braquifacial	1 (33.3)	4 (13.4)	3 (10.0)	
Ángulo goniaco				
Crecimiento N.	15 (50.0)	16 (53.3)	23 (76.6)	0.7961
Crecimiento H.	15 (50.0)	14 (46.7)	7 (23.4)	
Crecimiento V.	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
Ángulo interincisal				
Norma	8 (26.6)	8 (26.6)	7 (23.4)	0.9848
Proinclinación	19 (63.4)	20 (66.66)	20 (66.6)	
Retroinclinación	3 (10.0)	2 (6.8)	3 (10.0)	

N: neutro; H: horizontal; V: vertical.

*Prueba de Fisher test

VIII. DISCUSIÓN

Este trabajo de investigación se llevó a cabo por medio de un estudio comparativo con el fin de valorar la precisión diagnóstica de dos softwares digitales para el trazado cefalométrico utilizado en el diagnóstico ortodóncico, los softwares digitales utilizados fueron el Webceph y Nemoceph, estos se compararon en relación con el trazado manual, el cual ha sido considerado el estándar de referencia en ortodoncia a lo largo de los años. Se seleccionaron 30 cefalogramas de pacientes, a los cuales se les midieron seis valores cefalométricos: ángulo SNA, ángulo SNB, ángulo ANB, ángulo interincisal, altura facial inferior y ángulo goniaco.

Cada una de los cefalogramas fue estudiado por los tres métodos (Webceph, Nemoceph y trazado manual), los resultados obtenidos se compararon para determinar si existían diferencias significativas entre cada uno de los métodos. Para ello, se hizo una prueba estadística considerando un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Los resultados obtenidos mostraron que solo el ángulo SNA tuvo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.005$) entre los métodos digitales y el trazado manual. Para el resto de los valores cefalométricos medidos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), esto indica que ambos softwares digitales muestran resultados similares al método del trazado manual en la mayoría de las mediciones.

Así mismo, se realizó un análisis cualitativo considerando el diagnóstico para cada valor cefalométrico, con el propósito de determinar si las diferencias en los valores obtenidos podían modificar la interpretación clínica. De manera general, se observó que tanto Webceph como Nemoceph pueden ser útiles en la práctica ortodóncica, aunque es importante confirmar sus resultados en casos específicos y mantener el criterio clínico de cada profesional.

Los resultados de este estudio dieron respuesta clara a la pregunta de investigación, respondiendo que el software digital con resultados más cercanos al trazado manual es el

Nemoceph; ya que, de las siete variables cefalométricas que se midieron, solamente el ángulo SNA tuvo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.005$) entre los tres métodos. En esta variable, el software Nemoceph obtuvo valores más cercanos al trazado manual, mientras que Webceph presentó cierta desviación, con una exageración para el diagnóstico de protrusión maxilar. Particularmente Nemoceph coincidió más con el diagnóstico de retrusión maxilar con un 33.4%, muy cercano al 50% del manual, mientras que Webceph diagnosticó bastante los casos de protrusión maxilar con un 73% y no diagnosticó ningún caso para el diagnóstico norma (0%).

En las demás variables, aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, se pudo observar que Nemoceph tuvo un diagnóstico más estable y cercano al del trazado manual en la mayoría de los casos, mientras que Webceph presentó más variabilidad.

De esta forma, los resultados confirmaron la hipótesis de trabajo, al demostrar que Nemoceph es el software que da resultados más cercanos al trazado manual, lo que responde afirmativamente a la pregunta de investigación.

Hubo ciertos factores que pudieron afectar los resultados de este estudio, dentro de ellos se encuentra el algoritmo utilizado en cada software, la experiencia del operador, las variaciones anatómicas de cada paciente, ya que ciertos pacientes tienen estructuras poco definidas, por ejemplo, el punto A, el cual se localiza en contornos no muy definidos o zonas de bajo contraste. Estos hallazgos se corroboran con los resultados de Houston et al. (1986); y Gregston et al. (2004); quienes también tuvieron dificultades para localizar los puntos de referencia dentro de ellos la localización del punto A. Este punto se utilizó en este estudio para medir el ángulo SNA y en el cual se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa en los resultados, esto nos lleva a interpretar que mientras no se localice bien el punto anatómico se puede obtener un resultado erróneo. También Según Sekiguchi et al. (1972) menciona que cuando la sutura frontonasal no es lo suficientemente visible, el punto nasion (N) puede ser difícil de localizar.

Las fortalezas de este estudio abarcan la comparación de los softwares digitales con el estándar clínico (trazado manual), esto brinda validez a los softwares. También se incluyó el diagnóstico clínico de seis valores cefalométricos, a pesar de que estos valores dan un resultado numérico, se decidió por evaluar el diagnóstico final lo que aumenta la significancia clínica del estudio. Los resultados coinciden con el estudio de Sanjay P. et al. (2021) en el cual compararon la precisión del trazado manual y los softwares digitales, así como el efecto en el diagnóstico clínico, concluyendo que ambos métodos son reproducibles. Por otro lado también se encuentra como fortaleza la misma muestra para todos los métodos, esto asegura que la comparación se mas uniforme.

Este estudio presentó ciertas limitaciones; como, el tamaño de la muestra, la cual fue de 30 cefalogramas para cada método, lo que limitó la generalización de los resultados a grupos más grandes, otra limitación fue que las mediciones se realizaron por un solo operador, por lo que el punto de vista fue subjetivo, también el uso exclusivo de estadística descriptiva no permitió obtener diferencias numéricas mínimas pero que pudieron ser clínicamente significativas. A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos facilitaron establecer comparaciones útiles entre métodos y obtener un punto de partida para futuras investigaciones.

Varios estudios concuerdan con los resultados obtenidos en este estudio, como el de Kastury et al. (2024) en el que evaluaron cuatro softwares digitales con el trazado manual, entre ellos el Nemoceph, concluyendo que no existían diferencias estadísticamente significativas en las variables estudiadas como el ángulo SNA, ángulo SNB, ángulo ANB, entre otras. Este resultado respalda los resultados obtenidos en esta investigación de que Nemoceph determinó mediciones cercanas al trazado manual, validando su uso en la práctica clínica. Así mismo otro estudio que apoya los resultados obtenidos fue el realizado por Steva, F. (2014) en el cual los resultados mostraron que los ángulos SNA, SNB y ANB obtenidos con NemoCeph fueron muy idénticas a las que se obtuvieron con el trazado manual, sin diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$).

En el estudio de Paul et al. (2023) compararon la precisión y confiabilidad de WebCeph con el trazado manual y NemoCeph en 39 radiografías cefalométricas. Los resultados mostraron que WebCeph tuvo más errores en la identificación de puntos anatómicos en comparación con NemoCeph, esto corrobora los resultados obtenidos en este estudio para el software Webceph con respecto a la diferencia estadísticamente significativa para el ángulo SNA.

Los resultados obtenidos en este estudio para el ángulo ANB fueron rechazados por el estudio de Chinchilla et al. (2024) en el cual obtuvieron diferencia estadísticamente significativa para el ángulo ANB al comparar los resultados del trazado manual con softwares digitales.

Es posible que existan ciertos factores que justifiquen las diferencias entre los resultados en el presente estudio y los hallazgos de investigaciones pasadas, tales como el uso de clasificaciones cualitativas a diferencia del estudio de Katyal D.; Balakrishnan N. (2022) en el cual usaron valores numéricos y los resultados mostraron que WebCeph tuvo valores un poco más altos para los ángulos SNA, SNB y ANB en comparación con el trazado manual. Sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P > 0.05$), lo que sugiere que WebCeph determina resultados similares al trazado manual en estos ángulos.

Otro factor, fueron las variables medidas, en el presente estudios solo se evaluaron medidas angulares, esto limita la comparación con estudios que evaluaron medidas lineales, tal es el estudio de Coban, et al. (2022) en el cual compararon los valores cefalométricos del trazado manual con el Webceph, midieron tanto ángulos como distancias lineales; altura facial, distancia nasion – pogonion y la longitud. Los resultados establecieron una correcta correlación entre ambos métodos, aunque las mediciones lineales tuvieron una ligera diferencia al compararlos con las medidas angulares.

Esta investigación tiene un significado clínico y académico, desde el punto clínico los resultados proponen que los softwares digitales Webceph y Nemoceph pueden ser usados

como buena herramienta para la realización de trazados cefalométricos, ya que en cinco de las seis mediciones cefalométricas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en comparación con el trazado manual. Esto quiero decir que, en la mayoría de los casos, los valores que determinan estos programas son muy precisos como para respaldar un diagnóstico ortodóncico confiable. Esto representa un avance en términos de eficiencia y accesibilidad, ya que los softwares digitales reducen el tiempo del análisis, elimina los errores humanos de medición y permiten el almacenamiento y manipulación de los registros clínicos.

Desde el punto de vista académico, este estudio ayuda a la literatura actual revelando que, si bien los métodos digitales han tenido una evolución, el trazado manual sigue siendo una herramienta de referencia importante. Esta conclusión respalda la importancia de enseñar y mantener el conocimiento del trazado manual en la formación como profesional de ortodoncista, aunque estemos en la era digital.

Finalmente, este estudio ayuda a entender la precisión y confiabilidad de los softwares digitales en el diagnóstico ortodóncico, y abre puertas para futuras investigaciones para sacar el máximo provecho de su uso y mejorar la integración entre tecnología con práctica clínica.

IX. CONCLUSIÓN

El software digital para trazado cefalométrico de ortodoncia que da resultados cercanos a los del trazado cefalométrico manual es el Nemoceph.

X. PROPUESTAS

Se recomienda profundizar en el tema con múltiples métodos, uno de ellos es con una muestra más representativa para generalizar más los resultados, realizar las mediciones por lo menos con un operador más, para así evitar el error humano, e incluir en próximos estudios tanto los valores numéricos, así como el diagnóstico clínico de dicho valor.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Agarwal, N., Dinesh, B., & Payal, S. (2011). Estudio comparativo de mediciones cefalométricas con digital versus metodos manuales. *The Journal of Indian Orthodontic Society*.
- Aguila, J. (1996). *Manual de cefalometría* (Actualidades Médico).
- Arik, S. Ö., Ibragimov, B., & Xing, L. (2017). Fully automated quantitative cephalometry using convolutional neural networks. *Journal of Medical Imaging*, 4(1), 014501. <https://doi.org/10.1117/1.jmi.4.1.014501>
- Baig, N., Gyasudeen, K. S., Bhattacharjee, T., Chaudhry, J., & Prasad, S. (2024). Comparative evaluation of commercially available AI-based cephalometric tracing programs. *BMC Oral Health*, 24(1), 1241. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-05032-9>
- Baumrind, S., Miller, D. M., Francisco, S., & Baumrind, C. (1980). Computer-aided head film analysis: The University of California San Francisco method. *American Journal of Orthodontic*.
- Celik, E., Polat-Ozsoy, O., & Toygar Memikoglu, T. U. (2009). Comparison of cephalometric measurements with digital versus conventional cephalometric analysis. *European Journal of Orthodontics*, 31(3), 241–246. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjn105>
- Chen, Y. J., Kuang, S., Dds, C., Fu, H., Dds, C., & Chee, K. (2000). Comparison of Landmark Identification in Traditional Versus Computer-Aided Digital Cephalometry. In *Angle Orthodontist* (Vol. 70, Issue 5).
- Chen, Y.-J., Chen, S.-K., Jane, ;, Yao, C.-C., & Chang, H.-F. (2004). The Effects of Differences in Landmark Identification on the Cephalometric Measurements in Traditional Versus Digitized Cephalometry. In *Angle Orthodontist* (Vol. 74, Issue 2).

- Downs, W. (1951). The role of cephalometrics in orthodontic case analysis and diagnosis. *American Journal of Orthodontics*.
- El-Dawlatly, M., Attia, K. H., Abdelghaffar, A. Y., Mostafa, Y. A., & Abd El-Ghafour, M. (2024). Preciseness of artificial intelligence for lateral cephalometric measurements. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 85(Suppl 1), 27–33. <https://doi.org/10.1007/s00056-023-00459-1>
- Erkan, M., Gurel, H. G., Nur, M., & Demirel, B. (2012). Reliability of four different computerized cephalometric analysis programs. *European Journal of Orthodontics*, 34(3), 318–321. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjr008>
- Ferreira, F. (2002). *Ortodoncia diagnóstico y planificación clínica* (Artes Médicas Ltda).
- Gregoret, J. (1997). *Ortodoncia y cirugía ortognatica* . ESPAXS.
- Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Aerts, H. J. W. L. (2018). Artificial intelligence in radiology. In *Nature Reviews Cancer* (Vol. 18, Issue 8, pp. 500–510). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>
- İzgi, E., & Pekiner, F. N. (2019). Comparative evaluation of conventional and OnyxCeph™ dental software measurements on cephalometric radiography. *Turkish Journal of Orthodontics*, 32(2), 87–95. <https://doi.org/10.5152/TurkJOrthod.2019.18038>
- Kalra, A., Goel, S., Thadani, M., Shetty, R., Kalra, D., & `Lodam, S. (2010). Comparison of Cephalometric Measurements Obtained with Conventional and Digital Methods and their Reproducibility. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 22, S9–S12. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10011-1060>
- Kunz, F., Stellzig-Eisenhauer, A., Zeman, F., & Boldt, J. (2020). Artificial intelligence in orthodontics: Evaluation of a fully automated cephalometric analysis using a customized

- convolutional neural network. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 81(1), 52–68. <https://doi.org/10.1007/s00056-019-00203-8>
- Mercier, J. P., Rossi, C., Sanchez, I. N., Renovales, I. D., Sahagún, P. M. P., & Templier, L. (2024). Reliability and accuracy of Artificial intelligence-based software for cephalometric diagnosis. A diagnostic study. *BMC Oral Health*, 24(1), 1309. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-05097-6>
- Paixão, M. B., Sobral, M. C., Vogel, C. J., & de Araujo, T. M. (2010). Comparative study between manual and digital cephalometric tracing using Dolphin Imaging software with lateral radiographs. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 15(6), 123–130. <https://doi.org/10.1590/S2176-94512010000600016>
- Power, G., Breckon, J., Sherriff, M., & McDonald, F. (2005). Dolphin Imaging Software: An analysis of the accuracy of cephalometric digitization and orthognathic prediction. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 34(6), 619–626. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2005.04.003>
- Proffit, W. R. (2008). *Ortodoncia contemporánea* (Elsevier España).
- Ricketts, R. M. (1960). Cephalometric synthesis. *American Journal of Orthodontics*. [https://doi.org/doi:10.1016/0002-9416\(60\)90172-X](https://doi.org/doi:10.1016/0002-9416(60)90172-X)
- Ricketts, Robert. (1971). The value of cephalometrics and computerized technology. *Angle Society*. [https://doi.org/doi:10.1043/0003-3219\(1972\)042<0179:TVOCAC>2.0.CO;2](https://doi.org/doi:10.1043/0003-3219(1972)042<0179:TVOCAC>2.0.CO;2).
- Sayinsu, K., Isik, F., Trakyali, G., & Arun, T. (2007). An evaluation of the errors in cephalometric measurements on scanned cephalometric images and conventional tracings. *European Journal of Orthodontics*, 29(1), 105–108. <https://doi.org/10.1093/ejo/cj1065>

- Shettigar, P., Shetty, S., Naik, R. D., Basavaraddi, S. M., & Patil, A. K. (2019). A Comparative Evaluation of Reliability of an Android-based App and Computerized Cephalometric Tracing Program for Orthodontic Cephalometric Analysis. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 12(1), 341–346. <https://doi.org/10.13005/bpj/1645>
- Tan, S. S. W., Ahmad, S., Moles, D. R., & Cunningham, S. J. (2011). Picture archiving and communications systems: A study of reliability of orthodontic cephalometric analysis. *European Journal of Orthodontics*, 33(5), 537–543. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjq116>
- Tsorovas, G., & Linder-Aronson Karsten, A. (2010). A comparison of hand-tracing and cephalometric analysis computer programs with and without advanced features - Accuracy and time demands. *European Journal of Orthodontics*, 32(6), 721–728. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjq009>
- Yassir, Y. A., Salman, A. R., & Nabbat, S. A. (2022). The accuracy and reliability of WebCeph for cephalometric analysis. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 17(1), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2021.08.010>
- Zamora, C. E. (2004). *Compendio de Cefalometría*. AMOLCA.

XII. ANEXOS

XII. 1 Hoja de captación

	Valores Nemoceph							Valores Webceph						
Muestra	SNA	SNB	ANB	Altura facial inferior	Ángulo goniaco	Eje facial	Ángulo interincisal	SNA	SNB	ANB	Altura facial inferior	Ángulo goniaco	Eje facial	Ángulo interincisal
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														

23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														

XII. 2 FORMATO DE DECLARACIÓN DE NO CONFLICTO DE INTERESES

En este formato deberá indicar si usted considera que existe un interés secundario que pudiera influir indebidamente en su responsabilidad de proteger a los sujetos de investigación. Se le pide que responda a las preguntas concernientes a usted y a sus "familiares directos".

- | | |
|---|----|
| 1. Tengo algún conflicto de interés que reporta | NO |
| 2. Si tiene algún conflicto, especifique cual: | NO |
| 3. Relación comercial o económica directa con el patrocinador | NO |
| 4. Relación profesional directa con el patrocinador | NO |
| 5. Cualquier otra cosa que pudiera afectar su objetividad o independencia en el desempeño de sus funciones. | |

Ninguna

Si usted contestó afirmativamente a cualquiera de los aspectos formulados arriba, por favor proporcione los detalles:

Declaro bajo protesta de decir la verdad que la información señalada es correcta.

Luisa Amalia González López

XII. 3 CARTA DE USO DE DATOS

Manifiesto que conforme al nombramiento y funciones que desempeño como investigador no tengo interés personal, laboral, profesional, familiar o de negocios que puedan afectar el desempeño independiente e imparcial del cargo que desempeño. Conste por el presente documento que yo: Luisa Amalia González López en mi carácter de investigador, que como consecuencia de la labor que desempeño y teniendo acceso a información personal de estudios radiográficos de lateral de cráneo de la clínica odontológica de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Me comprometo indefinidamente a:

1. Mantener la reserva y confidencialidad de dicha información.
2. No divulgar a terceros personas físicas o morales el contenido de la información.
3. No usar la información directa o indirectamente en beneficio propio o de terceros excepto para cumplir a cabalidad mis funciones relacionadas al cargo que desempeño.
4. No revelar tota ni parcialmente a ningún tercero la información obtenida como consecuencia directa o indirecta de las conversaciones que haya habido lugar.
5. No enviar a terceros, archivos que contengan la información precisada del CEI o establecimiento a través de correo electrónico u otros medios a los que tenga acceso sin la autorización respectiva.
6. En general guardar reserva y confidencialidad de los asuntos que lleguen a mi conocimiento con motivo del trabajo que desempeño y en específico a la información precisada.

Luisa Amalia González López

XII. 4 CARTA DE EXCEPCION DE USO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Por este conducto en representación de los investigadores del proyecto arriba mencionado, le manifiesto que el proyecto no contempla la necesidad de realizar CONSENTIMIENTO INFORMADO dado que se trata de una investigación prospectiva que no recolecta información sensible o potencialmente identificable.

El investigador manifiesta que el estudio se llevará a cabo de conformidad con requisitos de las directrices de normativa ética que incluye Cogido Núremberg, delaracion de Helsinsky, pautas CIOMS, Declaración de Nuffield, Ley general de Salud (LGS), Art. 100. Reglamento de la LGS en materia de investigación para la salud, artículos 13, 14 y 17 (Clasificación del riesgo de la investigación) y Normas oficiales mexicanas en materia de investigación.

Considerando lo antes mencionado y a que este estudio de investigación de cohorte prospectivo de los investigadores Luis Alberto Anguiano Martínez y Luisa Amalia González López no representa ningún riesgo para la salud de quienes se obtenga su información y a que no se busca ninguna comunicación con los pacientes, no se contempla la obtención de un consentimiento informado por lo que solicito al Comité de Ética en Investigación una excepción a la obtención del consentimiento informado.

Sin otro particular por el momento, les envió un cordial saludo.

Luisa Amalia González López