



**EVALUACIÓN CEFALOMÉTRICA  
DE LA ESTABILIDAD DEL PLANO DE FRANKFURT  
EN TRES GRUPOS ETARIOS DE UNA MUESTRA DE PACIENTES  
DE LA ESCUELA DE ODONTOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO  
V REGIÓN**

**Trabajo de Investigación  
Requisito para optar al  
Título de Cirujano Dentista**

Alumna: Nathalie Fernández Le-Fort

Docente Guía: Prof. Dr. Jorge Ramirez Caballero

Cátedra: Ortodoncia y Ortopedia Dento Máxilo Facial

**Valparaíso – Chile  
2009**

# **ÍNDICE**

---

<b>I. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>II. Marco Teórico.....</b>	<b>2</b>
Crecimiento y Desarrollo.....	2
Crecimiento Craneofacial.....	4
Historia de la Cefalometría.....	11
Identificación de Puntos Cefalométricos.....	13
La Base Craneal como Línea de Referencia.....	19
Plano de Frankfurt como Línea de Referencia Horizontal.....	21
Elección de una Línea de Referencia Vertical .....	24
<b>III. Objetivos e Hipótesis.....</b>	<b>27</b>
<b>IV. Materiales y Método .....</b>	<b>28</b>
<b>V. Resultados .....</b>	<b>37</b>
<b>VI. Discusión.....</b>	<b>49</b>
<b>VII. Conclusiones.....</b>	<b>52</b>
<b>VIII. Sugerencias.....</b>	<b>54</b>
<b>IX. Resumen.....</b>	<b>55</b>
<b>X. Bibliografía.....</b>	<b>56</b>
<b>XI. Anexos</b>	

# **I. INTRODUCCIÓN**

Sin duda, la Cefalometría es parte importante en el diagnóstico y adecuado diseño de un plan de tratamiento ortodóncico. La necesidad creciente de un análisis certero de las condiciones óseas del paciente y su relación con los tejidos blandos y dentarios, unido a la aparición de la tecnología necesaria para la obtención de los rayos X, se han convertido en un impulso sistemático que propició el vertiginoso desarrollo de este sistema como parte del diagnóstico integral.

Para la realización de cualquier análisis cefalométrico, es necesario establecer una línea de referencia. Esta búsqueda ya se planteaba en los estudios antropométricos y craneométricos efectuados en el siglo XIX, cuando aún se desconocía la técnica radiográfica. Con la idea de llegar a un acuerdo y elegir una referencia horizontal para la orientación de los cráneos, en 1882 se celebró en Frankfurt un Congreso Internacional de Anatomistas y Antropólogos. Debido a que ellos trabajaban con restos de cadáveres, no tenían otra opción que la de utilizar un indicador anatómico de la horizontal verdadera para posicionarlos.

Así surge el plano de Frankfurt intracraneal, que va desde Porion (borde superior del meato auditivo externo) hasta Orbital (borde inferior del reborde orbital), como la mejor representación de la orientación natural del cráneo (Proffit, 2001).

Pasados algunos años desde aquella conferencia, la Cefalometría se impone en el escenario ortodóncico. El equivalente exterior del plano de Frankfurt intracraneal: el plano de Frankfurt tegumentario, comienza a ser empleado para orientar a los pacientes en la toma radiográfica cefalométrica, utilizándose hoy en día con frecuencia para este tipo de análisis. Este plano va desde tragus al punto infraorbitario, dejando esta línea paralela al piso durante la toma de la radiografía.

La importancia del plano de Frankfurt hoy es ampliamente reconocida, conociéndose múltiples aplicaciones en el campo de la Cefalometría y siendo utilizada en diferentes ramas de la Odontología como Ortodoncia y Cirugía. Se trata de uno de los planos de referencia horizontal más utilizados. Ricketts basa gran parte de sus mediciones en este plano, aceptándolo como parámetro a partir del cual valorar otras mediciones y contrastarlas con el paso del tiempo, al igual que otros autores como Holdawe, Downs, Wylie, McNamara, Trujillo, Riedel y Coben.

Siendo el Plano de Frankfurt un plano de referencia ampliamente usado, resulta lógico y muy válido cuestionar su estabilidad durante el período de crecimiento. Se podría llegar a suponer que conjunto al proceso de crecimiento los puntos Orbital y Porion migran de su posición inicial, pero la interrogante surge en distinguir si se trata de un simple crecimiento proporcional en talla o involucra también un cambio en forma, alterando la inclinación del plano que se forma al unir ambos puntos. De alterarse su inclinación, también se alterarán todas las medidas que utilicen al Plano de Frankfurt como referencia durante la etapa de desarrollo, conduciendo a error.

Si bien no está en discusión que el plano de Frankfurt en el adulto es una línea de referencia estable, es interesante conocer cuál es su comportamiento y estabilidad durante el período de crecimiento y desarrollo. Para evaluar dicha estabilidad, se determinarán las características angulares de este plano respecto a la Vertical Maxilar en el período de tiempo estudiado.

## **II. MARCO TEÓRICO**

## CRECIMIENTO Y DESARROLLO

El crecimiento y desarrollo de un individuo es un fenómeno continuo que se inicia en el momento de la concepción y culmina al final de la pubertad, período durante el cual se alcanza la madurez física, psicosocial y reproductiva. Esta transformación involucra cambios en el tamaño, organización espacial y diferenciación funcional de tejidos y órganos. El aumento en el peso y la talla corporal es el resultado de la multiplicación celular que se da en el tiempo, en un proceso conocido como crecimiento. Los cambios en la organización y diferenciación funcional de tejidos, órganos y sistemas son el resultado del proceso de desarrollo.

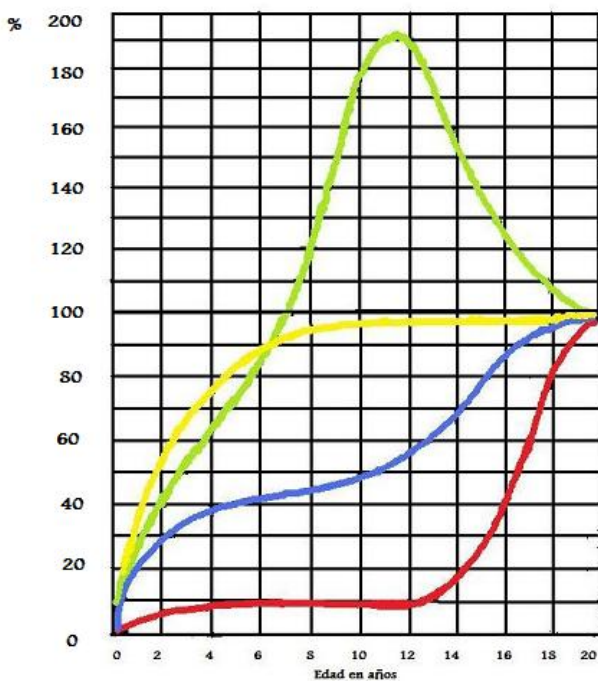
Los procesos de crecimiento y desarrollo son fenómenos simultáneos e interdependientes. Ambos procesos tienen características comunes a todos los individuos de la misma especie, lo que los hace predecibles. Sin embargo, se presentan amplias diferencias entre los sujetos, dadas por el carácter individual del patrón de crecimiento y desarrollo. Este patrón típico emerge de la interacción de factores genéticos y ambientales, que establecen, por una parte, el potencial de crecimiento y por otra, la magnitud en que este potencial se expresa.

El crecimiento prenatal sigue una curva exponencial, incrementándose lentamente durante las primeras 20 semanas, para luego aumentar en forma sostenida hasta el final de la gestación. Al término de la gestación el niño alcanza aproximadamente el 5,7% del peso, el 30% de la talla y el 63% del perímetro cefálico de un adulto.

La velocidad de crecimiento es definida como el incremento de talla en un determinado período de tiempo y tiene variaciones significativas según edad y sexo. Luego del nacimiento y durante los primeros cuatro años de vida, ocurre un período de crecimiento rápido caracterizado por una disminución progresiva de su velocidad; de 25 cm de aumento de talla el primer año a 8 cm al cuarto año. Luego de esto, ocurre un período de crecimiento más lento y sostenido que va desde los 4 años hasta justo antes de la pubertad, donde la velocidad de crecimiento varía de 4.5 a 7.0 cm/año. Posteriormente, se sucede un nuevo período rápido de crecimiento durante la pubertad, en que la velocidad de crecimiento máxima puede llegar hasta 12 cm/año en el varón y 9 cm/año en la mujer.

Las diferencias relacionadas con el sexo son evidentes en el momento de nacer: los varones tienen talla y peso mayores que las niñas. Sin embargo, esta diferencia disminuye después progresivamente y casi no se aprecia al año de edad. Las variaciones más notables en cuanto a sexo son las que ocurren durante la pubertad y tienen relación tanto con el incremento en talla como con su magnitud y duración.

En cuanto al crecimiento del tejido neural, ocurre con gran expresión desde el nacimiento hasta los 8 – 10 años, logrando luego de eso estabilizarse. El tejido linfático tiene su Peak de crecimiento a los 12 años de edad, luego de ese momento comienza a decrecer francamente. A esa edad, comienza el desarrollo genital que culmina luego del período puberal. En el Gráfico 1 se aprecia el crecimiento postnatal de diferentes tejidos.



**TIPO LINFOIDE**

Timo, ganglios linfáticos, masas intestinales de tejido linfoide.

**TIPO NEURAL**

El cerebro y sus partes, duramadre, médula espinal, aparato óptico, múltiples dimensiones cefálicas.

**TIPO GENERAL**

El cuerpo como unidad, dimensiones externas (con excepción de cabeza y cuello), órganos digestivos y respiratorios, riñones, troncos aórtico y pulmonar, bazo, la musculatura como unidad, el esqueleto en su conjunto, volumen sanguíneo.

**TIPO GENITAL**

Testículos, ovarios, epidídimo, conducto uterino, próstata, uretra prostática, vesículas seminales.

Gráfico 1: Crecimiento postnatal de diversos tejidos. Se expresa como porcentaje del crecimiento total desde el nacimiento hasta la madurez. (Scammon, 1930; citado por Enlow, 1990).

Los cambios de las proporciones corporales son la expresión de las distintas velocidades de crecimiento que presentan la cabeza, tronco y extremidades en las distintas etapas del crecimiento. El cerebro y la cavidad craneana alcanzan precozmente su tamaño definitivo, no así las extremidades, que logran su tamaño final durante la pubertad. En el Anexo 1 se encuentran las diferentes etapas del crecimiento asociadas a la edad tanto en hombres como en mujeres.

## CRECIMIENTO CRANEOFACIAL

El crecimiento craneo facial es parte de una serie de cambios que están ocurriendo a nivel global. Se trata de un fenómeno complejo, cuya comprensión requiere un estudio profundo de los cambios que ocurren desde la infancia hasta la adultez.

Son dos los modos básicos del movimiento esquelético que intervienen en el crecimiento de cara y cráneo y que ocurren de manera simultánea: *Remodelación* y *Desplazamiento* (Figura 1). La remodelación comprende la acumulación ósea en el lado dirigido en el sentido del crecimiento de una región determinada; la resorción se presenta con frecuencia en el lado contrario de dicha corteza ósea particular. El desplazamiento es un movimiento independiente de todo el hueso mediante cierta fuerza física que lo aparta en absoluto del contacto con otros huesos, que al mismo tiempo también crecen y aumentan de tamaño general (Proffit, 2001).

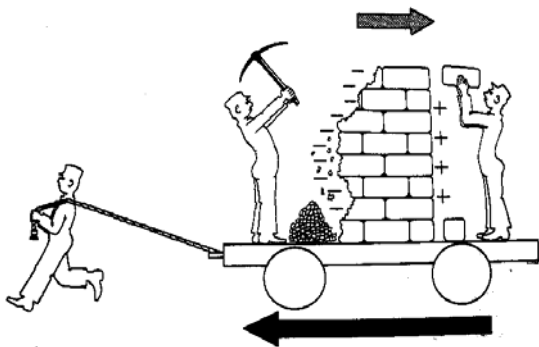


Figura 1: La remodelación superficial de un hueso en dirección opuesta a la del desplazamiento de dicho hueso por parte de las estructuras adyacentes, da lugar a una situación análoga a la de esta figura, en la que se está reconstruyendo la pared para moverla hacia atrás al mismo tiempo que la plataforma sobre la que se encuentra se desplaza hacia delante (Enlow 1990; citado de Proffit, 2001).

Existe un desplazamiento primario y otro secundario. En el desplazamiento primario, el fenómeno de traslado físico se combina con el propio agrandamiento del hueso. El desplazamiento primario genera el “espacio” dentro del cual el hueso sigue creciendo. La magnitud de tal desplazamiento es exactamente igual a la correspondiente acumulación de hueso nuevo (Enlow, 1990).

Por otro lado, en el desplazamiento secundario, el movimiento óseo no se relaciona directamente con su propio agrandamiento. A medida que cualquier hueso crece, se remodela y se desplaza por su propio proceso de crecimiento, pero también se desplaza por el crecimiento de otros huesos y tejidos blandos. Así, los cambios del crecimiento pueden pasar de una región a otra para producir un efecto secundario en regiones muy alejadas (Enlow, 1990).

Existen tres tipos de crecimiento óseo que están presentes en el desarrollo craneofacial:

- **Crecimiento cartilaginoso** basado en la proliferación inicial de cartílago y su posterior osificación.
- **Crecimiento sutural** consiste en la aposición ósea a nivel de las suturas que separan los huesos.
- **Crecimiento periostal y endostal** en que hay una proliferación ósea a partir de la membrana perióstica y de los espacios medulares internos.

Los mecanismos descritos anteriormente son los que, conjuntamente, permiten el armónico desarrollo de las diversas estructuras.

Para comprender la forma en que se lleva a cabo el crecimiento craneo facial, es conveniente dividir su estudio en tres regiones que crecen en forma bastante diferente:

- *Complejo Nasomaxilar*
- *Mandíbula*
- *Cráneo*

Se abarcará con mayor atención los conceptos de crecimiento craneal debido a la directa implicancia que tiene sobre el tema.

## CRECIMIENTO DEL MAXILAR SUPERIOR (COMPLEJO NASOMAXILAR)

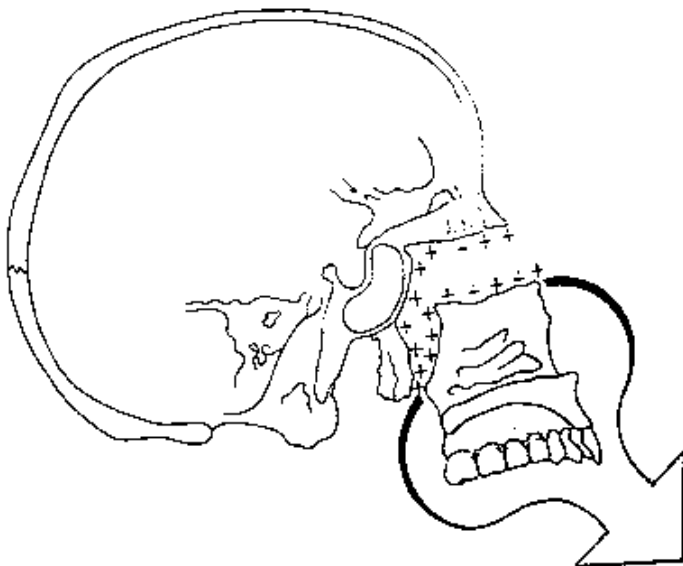
El maxilar superior se desarrolla por completo tras el nacimiento por osificación intramembranosa.

Dado que no se produce sustitución de cartílago, el crecimiento se produce de dos formas:

- Por aposición de hueso a nivel de la sutura que conecta el maxilar superior con el cráneo y su base.
- Por remodelación superficial.

El paladar crece en dirección inferior por depósito óseo subperióstico en toda su superficie bucal, con la correspondiente reabsorción de su superficie opuesta. Al mismo tiempo que el complejo nasomaxilar está aumentando su tamaño total, está siendo desplazado hacia abajo por crecimiento de otras partes continuadas por arriba y detrás (Moyers, 1992).

El patrón de crecimiento de la cara implica un crecimiento “hacia fuera desde debajo del cráneo”, lo que significa que el maxilar superior debe recorrer en su crecimiento una distancia considerable hacia abajo y hacia fuera en relación con el cráneo y su base (Proffit 2001) (Figura 2).



*Figura 2: A medida que el crecimiento de los tejidos blandos circundantes desplaza al maxilar superior hacia abajo y hacia delante, abre un espacio a nivel de sus fijaciones suturales superiores y posteriores, añadiéndose hueso neoformado a ambos lados de las suturas (Enlow, 1990; citado de Proffit 2001).*

## CRECIMIENTO DE LA MANDÍBULA

A diferencia de lo que sucede en el maxilar superior, en el crecimiento de la mandíbula son importantes la actividad endocondral y perióstica. El cartílago recubre la superficie del cóndilo mandibular; y aunque este cartílago no es como el de las placas epifisarias o las sincondrosis, también se producen en él procesos de hiperplasia, hipertrofia y sustitución endocondral. Las restantes zonas de la mandíbula se forman y crecen por aposición superficial directa y remodelación (Proffit 2001).

Los principales puntos de crecimiento de la mandíbula son la superficie posterior de la rama mandibular y las apófisis condilar y coronoides, produciéndose muy pocos cambios en la parte anterior de la mandíbula.

El mentón es una zona de crecimiento casi inactiva. Se desplaza en sentido anteroinferior, debido al crecimiento que se produce en el cóndilo y a lo largo de la superficie posterior de la rama mandibular. La mandíbula se alarga por aposición perióstica de hueso en la superficie posterior de la rama y reabsorción en su superficie anterior, creciendo en altura por reposición endocondral a nivel del cóndilo y por remodelación superficial. Conceptualmente, podemos considerar que la mandíbula se desplaza hacia abajo y hacia delante, al tiempo que aumenta de tamaño al crecer hacia atrás y hacia arriba (Figura 3).



Figura 3: Diagrama resumen del crecimiento mandibular. Las flechas que señalan la superficie ósea indican las direcciones del crecimiento que comprenden resorción perióstica; las que apuntan hacia fuera de dicha superficie representan los sentidos del crecimiento que abarcan depósito perióstico (Harris, 1964; citado de Enlow, 1990).

## **CRECIMIENTO CRANEAL**

El crecimiento de cráneo tiene una indudable influencia genética, aunque también está influenciado por el desarrollo de las partes blandas; el crecimiento del cerebro y de la cavidad ocular afecta la expansión y alargamiento de la calota y de la base craneal.

### ***Crecimiento de la bóveda craneal***

La bóveda del cráneo está constituida por una serie de huesos planos que se originan directamente por formación de hueso intramembranoso, sin intervención de precursores cartilaginosos. La remodelación y el crecimiento se producen fundamentalmente en las zonas de contacto recubiertas de periostio que existen entre los huesos craneales contiguos (suturas craneales), pero la actividad perióstica también modifica las superficies exteriores e interiores de los huesos aplanados (Proffit, 2001).

### ***Crecimiento de la base de cráneo***

La base craneal se divide en anterior y posterior. La base craneal anterior se extiende de la silla turca (S) hasta el hueso frontal (N) y cefalométricamente se mide por la distancia Silla-Nasion. La base craneal posterior está limitada por el punto Basion (Ba) y la Silla Turca (S) y se mide por la distancia Silla-Basion (Figura 4).

El ángulo basilar está formado por la convergencia de las líneas S-N y S-Ba (Canut, 1999) (Figura 4). Bjork establece que este ángulo cefalométrico de la base craneana (N-S-Ba: 131°) se mantiene inalterable durante el proceso de crecimiento y desarrollo (Bjork, 1955; citado por Ramírez JA, 2001).

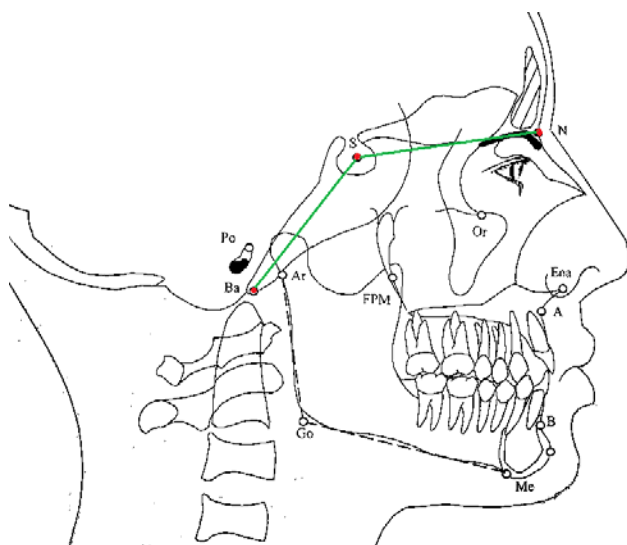


Figura 4: Trazado de la base craneal (Zamora, 2004).

Los huesos de la base de cráneo se forman inicialmente a partir de cartílago y se transforman después en hueso por osificación endocondral, lo que afecta de manera especial las estructuras de la línea media.

Hacia los 7 meses de vida intrauterina comienza la maduración de condrocraqueo, a nivel de lo que constituirá la base craneal; el resto del cráneo constituye en ese momento una gran cápsula de tejido conectivo cubierta por ectodermo que rodea el cerebro y en el que a futuro se formarán los huesos membranosos de la calota craneal (Canut, 1999).

Los centros de osificación del condrocraqueo, marcan la ubicación definitiva de los huesos occipital, esfenoides y etmoides, que constituyen la base del cráneo (Figura 5) (Proffit, 2001). Al ir avanzando la osificación, persisten entre los centros de crecimiento, franjas de cartílago, denominadas sincondrosis. Estas sincondrosis posteriormente serán sustituidas por hueso.

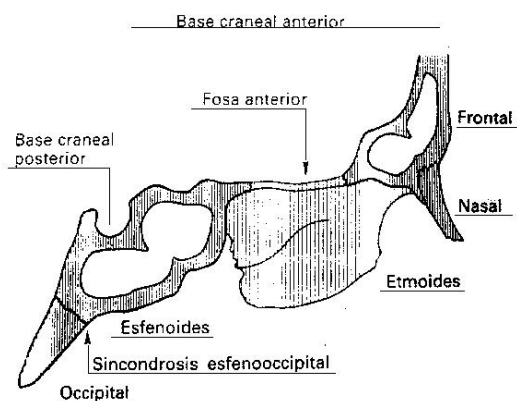


Figura 5: Visión lateral de la base de cráneo, se observa la localización de la sincondrosis esfenooccipital, un importante punto de crecimiento (Canut, 1999).

Los tres tipos de actividad proliferativa participan en el desarrollo basilar. El crecimiento cartilaginoso, sobretodo a nivel de la sincondrosis esfenooccipital, provoca el aumento anteroposterior; el crecimiento de las suturas que rodean el esfenoides y el occipital permite el crecimiento transversal de la base; el crecimiento endostal y periostal contribuye al aumento de tamaño y cambio morfológico de los huesos que componen la base del cráneo.

Post-natalmente, el aspecto más interesante del desarrollo basilar es el crecimiento sagital que sufre un incremento en los primeros meses de vida extrauterina para ir disminuyendo paulatinamente hasta los 6-7 años (Canut, 1999). A esa edad, el área comprendida entre la silla turca y el agujero ciego alcanza su tamaño adulto. De la misma manera, el zona que se extiende entre el agujero ciego y la sutura frontonasal (N) aumenta en longitud durante la infancia con un brote intenso de crecimiento en la edad puberal, este crecimiento tiene lugar por aposición externa y aumento de grosor relacionado con la ampliación de volumen del seno frontal (Canut, 1999).

En la misma línea, Stramund comprobó que el crecimiento de la base craneal anterior (mediada en S-N) se completa a los 8 años; aunque la distancia S-N sigue aumentando posteriormente debido a la aposición ósea superficial sobre el hueso frontal (Stramund, citado en Canut 1999).

Otro aspecto interesante, es que la sincondrosis esenooccipital recién se comienza a osificar hacia los 12-13 años en la mujer y a los 14-15 años en el varón. Su actividad aumenta la distancia S-Ba, a lo que también contribuye la aposición ósea en el borde anterior del agujero occipital (punto Basion). Otras dos suturas, la esfenoidal y la frontoetmoidal alargan el tamaño de la base craneal, aunque su precoz cierre en los primeros años de vida, hace que su importancia sea menor (Canut, 1999).

También la silla turca muestra variaciones en su crecimiento a lo largo del tiempo, en que se suceden períodos de aposición con otros de inactividad (Canut, 1999). Está bien documentado que la pared anterior de la silla turca y la lámina cribosa permanecen inmutables después del quinto año de vida (Viazis, 1995). Esto significa que ningún cambio por crecimiento o remodelado afecta estas áreas de la base de cráneo hacia esa época. Podría pensarse entonces que estas áreas estables podrían ser útiles para ser tomadas como referencia en estudios cefalométricos, pero esto no ha sido posible por la dificultad para localizar con exactitud la lámina cribosa y la pequeña dimensión de la pared anterior de la silla turca.

Si bien la parte anterior de la silla turca parece permanecer estable a partir de los 5 años, el resto de ella continúa remodelándose y la reabsorción de la parte posterior predomina hasta los 16-17 años. Sólo con las naturales precauciones podrá emplearse esta estructura basal como referencia para valoraciones cefalométricas (Canut, 1999).

## HISTORIA DE LA CEFALOMETRÍA

La apreciación de la belleza y la perfección del rostro humano, es tan antigua como la propia existencia del hombre. Los primeros que se encargaron del estudio y apreciación de la armonía facial fueron los artistas plásticos.

En la búsqueda de la belleza universal, varios artistas del Renacimiento, se preocuparon por la exaltación de las proporciones casi matemáticas de los rostros y cuerpos. Uno de los máximos exponentes en esta etapa fue Leonardo Da Vinci que gracias a sus conocimientos en anatomía humana, buscó los patrones de proporcionalidad y simetría.

Petrus Camper es reconocido como pionero en Craneometría. Al investigar el prognatismo descubre que las medidas varían de acuerdo con el grupo étnico, la edad y el sexo de los individuos. Hizo intentos por medir el área facial a través de un ángulo característico, el que posteriormente cae en desuso por su gran variabilidad.

En el año de 1872 *Von Ihering* propone el conocido plano de Frankfurt, que no fue oficialmente aceptado hasta 1884, en el Congreso Antropológico llevado a cabo en la ciudad homónima de Alemania. El plano de Frankfurt que se aprecia en la Figura 6, constituyó un aporte esencial que respondía a la necesidad de orientación natural de la cabeza en el plano horizontal. En la actualidad sigue siendo empleado como un importante plano de referencia que ha sido trasladado a la cefalometría.

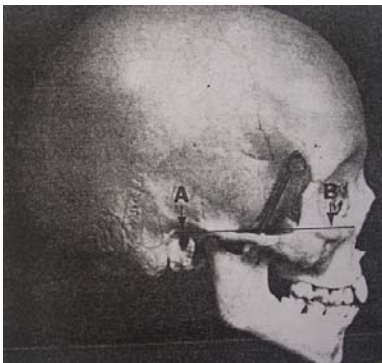


Figura 6: El plano de Frankfurt tal como fue descrito originalmente para la orientación de cráneos disecados. Este plano va desde el borde superior del conducto auditivo externo (A) anteriormente, hasta el borde inferior del reborde orbital (B) (Proffit, 2001).

A más de una década de la convención en Frankfurt, el 8 de noviembre de 1895 el profesor *Wilhelm Conrad Röntgen*, descubrió accidentalmente los Rayos X, denominados así por desconocerse entonces sus propiedades. Röntgen utilizó un condensador, transformador situado entre el carrete de inducción y un tubo de alto vacío, envuelto en un cartón negro al que estimuló con una corriente de alta tensión, en condiciones de oscuridad en su laboratorio. Aunque otros investigadores habían experimentado con similares protocolos y por lo tanto producían rayos X, no fueron capaces de reconocerlos. En realidad el descubrimiento era ya cuestión de tiempo (Companioni, 2007).

Este descubrimiento abrió las puertas al desarrollo de un importante método de medición ortodóncica que incorporó sustanciales ventajas: la Cefalometría. Por un lado, permitió realizar mediciones craneométricas en individuos vivos, otorgando la posibilidad de estudiar el crecimiento y desarrollo de un mismo sujeto a lo largo del tiempo. Por otro lado, permitió observar las estructuras óseas a través de los tejidos blandos que las recubren consiguiéndose estudiar las relaciones entre ellos.

A sólo un año del descubrimiento de los Rayos X, *Welker* señaló la importancia de las radiografías de la cabeza tomadas de perfil y poco después *Berglund* relaciona el perfil de los tejidos.

Ya en 1922 *Paccini* publicó sus trabajos sobre Cefalometría, donde habla por primera vez de la utilidad de este estudio para el conocimiento del crecimiento humano, su clasificación y sus anomalías. Fue el primero en estandarizar las imágenes radiográficas y en emplear el término de *Cefalometría* (*Companioni, 2007*).

Con *Paccini* queda resuelta la estandarización de proceder de la telerradiografía, pero aún quedaba un elemento por vencer: homogenizar la posición de la cabeza del paciente en los tres planos del espacio tratando que las estructuras laterales, derecha e izquierda, fuesen coincidentes.

El profesor *T. Wingate Todd*, fue el primero en construir para sus investigaciones un rudimentario cefalostato que daría origen a los que se diseñaron con posterioridad (*Companioni, 2007*). De todas formas, históricamente la creación del cefalostato se le atribuye a un discípulo de Todd, el Dr. *B. Holly Broadbent*, en el año 1931. Ese mismo año, pero en Düsseldorf el Dr. *Herbert Höfrath* publica simultáneamente a Broadbent sus trabajos acerca de un sistema para posicionar la cabeza en la toma radiográfica.

A partir de estos descubrimientos, la Cefalometría comienza una carrera vertiginosa con la aparición de numerosos análisis, cada uno más elaborado que el anterior, aportando saltos en el desarrollo y llevándonos a análisis cefalométricos cada vez más completos y perfeccionados.

En las tres últimas décadas, el desarrollo de la Cefalometría se caracteriza por la introducción de la computación y de la digitalización de las imágenes, proceso iniciado con *Ricketts* en el año de 1969. Esto permite un ahorro de tiempo extraordinario para el clínico pues con gran facilidad y precisión pueden ser introducidos los puntos cefalométricos y en fracciones de segundos tener los resultados de los análisis que se deseen.

La Cefalometría, en conjunto con un adecuado examen clínico, análisis de fotografías y modelos, permite al Ortodoncista llevar a cabo un completo diagnóstico y orientación al tratamiento. Además, la Cefalometría constituye una herramienta esencial en la valoración de los cambios que ocurren durante el crecimiento craneofacial en las diferentes etapas de la vida del individuo, motivo de la presente investigación.

## IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CEFALOMÉTRICOS

Las Cefalometrías se analizan a través de la identificación de determinados puntos en tejidos duros y blandos. El estudio científico se realiza por medio de las mediciones de ángulos, distancias y proporciones entre los puntos cefalométricos. Un punto cefalométrico es la estructura anatómica, o un punto estructurado, que se localiza sobre una radiografía de la cabeza orientada, a partir de la cual pueden construirse líneas, planos y ángulos para analizar la configuración y la relación de los elementos del esqueleto craneofacial (Águila, 1996).

Los puntos cefalométricos se consideran adecuados cuando tienen buena reproductibilidad, son fáciles de obtener y entregan información significativa. Para una adecuada localización de estos puntos se requiere de una radiografía con buen contraste, buena densidad, definición y nitidez. Asimismo, debe existir una adecuada delineación de las estructuras y se deben evitar sobreposiciones innecesarias. La obtención de radiografías satisfactorias es una de las principales necesidades para el clínico, ya que el valor final de una radiografía va a depender de la cantidad de información registrada en la película (Romero, 2004).

Se habla de validez de un punto cefalométrico cuando la marca obtenida representa el objeto de interés lo más exactamente posible, mientras que hablamos de precisión cuando la variación producida entre medidas diferentes es reducida y se aproxima al valor verdadero. Una marca es reproducible cuando medidas sucesivas de distintos investigadores utilizando los mismos instrumentos obtienen resultados iguales.

La definición de algunos puntos cefalométricos puede carecer de precisión y la opinión de diferentes observadores sobre la localización de tales puntos puede diferir sistemáticamente. No se debe olvidar que la radiografía es una expresión bidimensional de un objeto tridimensional, lo que puede llevar a errores en la identificación. Estos errores pueden ser intraobservador e interobservador, ambos debidos a la dificultad para obtener una consistente identificación de cada uno de los puntos cefalométricos.

Barturen en el estudio "Análisis crítico de las definiciones y la determinación práctica de los puntos craneométricos y cefalométricos", analizó la incidencia de las definiciones dadas por diferentes autores en la localización de los puntos cefalométricos. Comprobó que existe gran variación en la localización de un mismo punto aún por un mismo observador, dependiendo de la definición utilizada (Barturen, 1980). Cada uno de los métodos de ubicación empleados para un mismo punto, otorgan diferentes grados de estabilidad o variabilidad. Por ejemplo, la definición que ubica al punto orbital en el punto más profundo del margen infraorbital o en el punto medio de ambas imágenes cuando existe doble contorno, resultó más precisa que aquella que lo ubica en el punto más inferior del margen orbital del lado cercano al film. En cuanto a Sella, el mismo estudio establece que la mayor estabilidad se presenta cuando se ubica el centro de la silla turca por inspección, mientras que cuando se ubica a través del centro geométrico de la fosa, ocurren grandes variaciones en sentido horizontal.

Finalmente, Barturen (1980) determina que para que los valores de algún análisis cefalométrico tengan valor, será requisito ineludible efectuar la localización de los puntos exclusivamente de acuerdo a criterios que se determinen previamente y teniendo en cuenta consideraciones específicas a los puntos a determinar.

El nivel de experiencia y conocimiento del examinador en la localización de los puntos tiende a incrementar la precisión en la identificación de las zonas más difíciles (Quirós, 1980; Gliddon, 2006). Se recomienda la utilización de negatoscopios y una mínima iluminación ambiental durante el análisis radiográfico, con sesiones cortas, evitando crear fatiga ocular. A pesar de estas indicaciones, existen estudios que señalan que el stress y el cansancio no son factores que influyan significativamente en la variabilidad en la localización de puntos cefalométricos (Quirós, 1980).

Debido a que la precisión de cualquier análisis cefalométrico resulta de la determinación inicial de un pequeño punto, cualquier error milimétrico puede ser muy significativo tomando en cuenta que se trabaja con distancias tan cercanas. Sin un análisis cuidadoso de error, los cambios reales podrían ser más pequeños que el error de las medidas y por lo tanto no serán confiables.

Un límite anatómico o punto cefalométrico que se encuentra oculto por la superposición de imágenes de huesos adyacentes, o por las diferencias de las densidades, dificultará la interpretación. Para un adecuado trazado, conocer la anatomía radiográfica es esencial. La superposición anatómica es un problema real que se presenta en casi todas las áreas, especialmente cuando existen estructuras pares.

En un estudio sobre la validez de las medidas en las placas radiográficas, Boumrind y Frant (1971) encontraron que los puntos localizados sobre los contornos óseos, son identificados con mayor precisión que los puntos más profundamente localizados en el interior del hueso; ya que éstos últimos tienden a ocultarse por la superposición de superficies adyacentes. Mangoury (1984) concluye que los puntos esqueléticos son más confiables que los puntos dentales, y señala que el ortodoncista debe estar enterado de la cantidad y variación de error por cada punto en particular (Mangoury, 1984; citado de Romero, 2004).

Kathopoulos & cols. (1986) determinaron la validación y precisión de los puntos cefalométricos utilizados en el análisis de Bjork. Tomaron tres series de telerradiografías laterales de nueve cráneos con esferas de acero posicionadas como indicadores. Luego de realizados los análisis estadísticos establecieron que los puntos cefalométricos Sella, Nasion y Porion fueron más precisos que Basion y Orbital. Además, se estableció que los puntos Sella, Nasion y Porion tienen una mayor reproductibilidad que Basion y Orbital. Los hallazgos están de acuerdo con algunos estudios previos (Mitgard, 1974; Houston, 1982; citados por Águila, 1996).

Por otro lado, Segner (1993) trabajó con 80 escolares clase I de Angle de Nittedal (Noruega) los cuales recibieron un completo examen ortodóncico, incluyendo Cefalometrías, en períodos cada tres años, desde los 6 a los 18 años. En cada radiografía los puntos fueron medidos dos veces (A y B) (Figura 7a). Del promedio de ambas marcas, se obtuvo el punto C, el cual fue considerado como la ubicación real del punto. Estos sistemas de tres marcas por cada punto cefalométrico, fueron sobrepuestos en el punto medio "C". Al poner todos los puntos C unos sobre otros, representaron el centro de un sistema coordenado de marcas (Figura 7b), dando origen a *diagramas de dispersión*, simétricos respecto al origen. Diagramas con puntos muy separados entre sí, indican mediciones poco confiables.

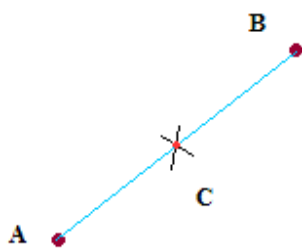


Figura 7a: El promedio de los punto A y B entrega la ubicación real del punto cefalométrico.

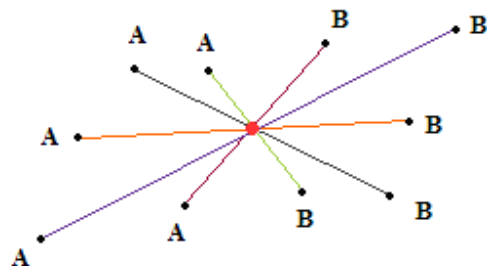


Figura 7b: Creación de un diagrama de dispersión.

Segner (1993) halló diagramas de dispersión para Nasion y Sella muy cercanos y compactos, lo que quiere decir que no hubo mayores discrepancias para su localización. Los puntos Orbital y Porion entregaron diagramas de dispersión muy espaciados, otorgando menores grados de confiabilidad. Además, hubo dificultad en la localización de alguno de estos dos puntos en por lo menos el 10% de los casos.

Baumrind obtuvo diagramas de dispersión similares a Senger, aunque sus variaciones de error fueron algo más amplias para todas las marcas, excepto para Porion, del cual se pudo comprobar una buena exactitud. (Baumrind y Frantz, 1971; citado en Senger, 1993).

Romero (2004) realizó un estudio sobre cráneos secos. Tomó dos radiografías a los cráneos, una sin y otra con esferas de metal en los puntos anatómicos que representan los puntos cefalométricos. Ortodoncistas con experiencia identificaron los puntos sobre la placa radiográfica sin esferas y fueron contrastados con la placa con esferas, la que representaba los puntos cefalométricos reales. En los resultados encontró que no todos los puntos cefalométricos tienen el mismo nivel de precisión. Porion y Orbital sufrieron dificultad en su identificación, asociando esta situación a su bilateralidad y a las imágenes que se superponen dificultando su localización, otorgándoles una precisión relativa (Romero, 2004).

Investigadores que han estudiado la exactitud de la identificación de los puntos cefalométricos, han concluido que cada intento por digitalizar en mismo punto, incluso en el mismo cefalograma, resultará en una posición diferente (Gliddon, 2006).

Tng et al. (1994) señala que cada punto tiene un característico patrón de error, que se basa más en su localización anatómica que en las diferencias intra o interoperador (Tng et al., 1994; citado de Gliddon, 2006).

Con el fin de minimizar los errores dados por la dispersión de las marcas para un mismo punto, varios autores recurren a la obtención de promedios de marcas de más de un ortodoncista calificado. Segner, para obtener el promedio de dos mediciones trabajó con un sistema coordenado, tanto en el eje x como en el eje y. Baumrind y Frantz utilizaron un sistema similar para la obtención de un promedio a partir de cuatro mediciones (Baumrind y Frantz, 1971; citado en Segner, 1993). Gliddon (2006) realiza un trabajo en el que incluye tres mediciones realizadas por el mismo ortodoncista de gran experiencia, el que las llevó a cabo sucesivamente cada un mes. Utilizando un software computacional, se graban las coordenadas x e y de cada punto para posteriormente generar el promedio de las tres mediciones.

A continuación se definen algunos planos de referencia de uso común:

**Plano Sella Nasion:** Plano que representa la base craneal anterior y que va desde el punto Nasion (N) al punto Silla Turca (S), determinando la base craneal anterior (Figura 8). Nasion (N) es el punto más anterior de la sutura frontonasal, ubicado sobre el plano sagital medio y Sella (S) es el punto ubicado en el centro de la silla turca del esfenoides.

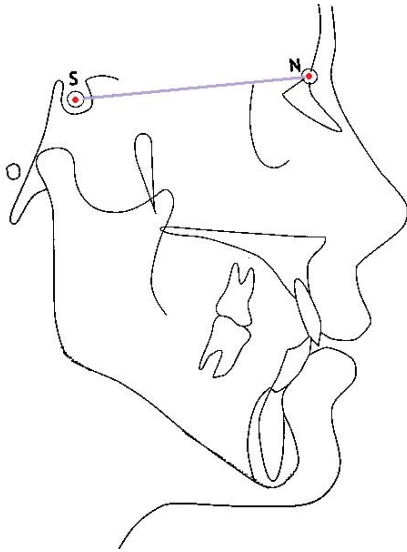


Figura 8: Plano Sella Nasion (Quevedo, 2004).

**Plano de Frankfurt:** Plano horizontal que va desde el Punto Orbital (Or) al punto Porion (Po) (Figura 9). Orbital es el punto más inferior ubicado sobre el borde inferior de la órbita y Porion es el punto más alto ubicado sobre el meato auditivo externo.

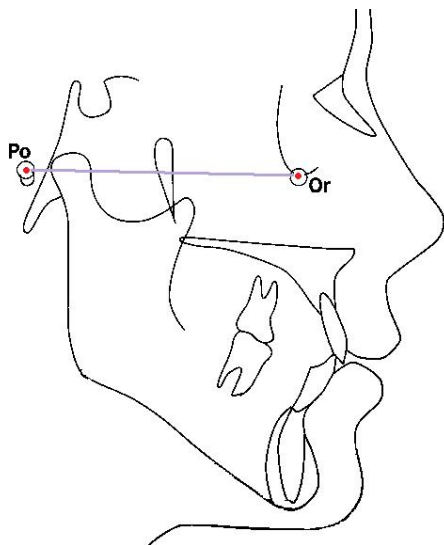
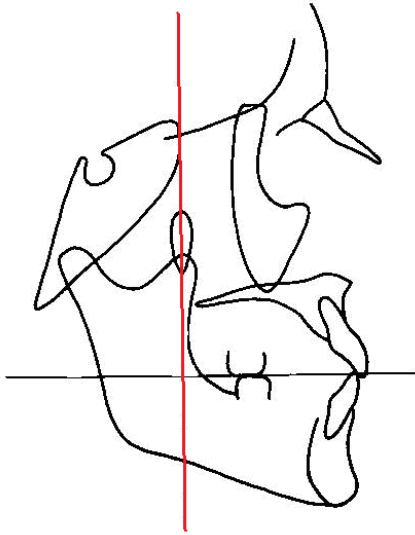


Figura 9: Plano de Frankfurt (Quevedo, 2004)

**Recta Vertical Maxilar (PM):** La Recta Vertical Maxilar o Plano Maxilar Posterior, se extiende desde la sincondrosis esenoetmoidal (ubicada en la intersección de las alas mayores del esfenoides y el piso craneal anterior) hasta el punto más bajo de la fosa pterigomaxilar.



*Figura 10: Plano maxilar posterior (PM) (Enlow, 1990).*

## LA BASE CRANEAL ANTERIOR COMO LÍNEA DE REFERENCIA

Para la realización de estudios de los diferentes cambios de crecimiento del esqueleto facial durante el desarrollo, surgen métodos que permiten contrastar y medir radiografías cefalométricas tomando como base estructuras estables.

La silueta radiográfica de la base craneal anterior ha sido usada como línea de referencia en diferentes análisis cefalométricos. Desde esta zona de relativa estabilidad, a partir de los 7 años, es posible analizar el desarrollo de otras áreas de crecimiento más lento y tardío, como es la cara.

Algunos autores señalan que todas las áreas usadas en la actualidad como referencia están sometidas a algún tipo de cambio durante el crecimiento (Viazis, 1995). Se plantea que incluso la técnica de superposición más común, la superposición sobre la Base Craneal Anterior, expresa el crecimiento más anteriormente de lo que realmente ocurre. Estudios de Freeman realizados en 1950, demuestran que esta variación puede producirse debido al cambio en la posición de Nasion, el que se desplazaría hacia adelante con el crecimiento del seno frontal ocasionando cambios aparentes en las mediciones de los patrones esqueléticos en el tiempo (Freeman, 1950; citado por Quirós, 2006).

Madsen (2008) concuerda en que los planos de referencia craneofaciales de uso general tales como la base craneal anterior tienen defectos. Castro (2008) señala que las mediciones que se realizan tomando como referencia este plano no son del todo confiables, asociando esta situación a la ubicación del punto Nasion en el límite externo de la sutura frontonasal, apartado de su base. Por esta ubicación, este punto sufriría cambios de remodelación con el crecimiento, lo cual puede producir variaciones a lo largo del desarrollo (Ramírez JA, 2001).

La migración de este punto dentro del plano Silla-Nasion es en la mayoría de las ocasiones hacia adelante siguiendo la dirección del mismo, pero en algunos casos puede ir en dirección vertical, originando mediciones alteradas (Quirós, 2006). Esta misma situación la esbozó previamente Segner (1993), quién plantea que Nasion cambia de posición durante el crecimiento, no solamente en sentido sagital sino además en sentido vertical. Es de suma importancia reconocer las variaciones que sufren los ángulos involucrados al medir las relaciones maxilares con relación al plano Silla - Nasion, por la ubicación del punto Nasion en particular, y por la impresión incorrecta que enmascara las relaciones verdaderas (Quirós, 2006).

De todas formas, la literatura en general, mantiene el consenso de que a partir de los 7 años los incrementos en el tramo S-N son fundamentalmente debidos al fenómeno de aposición en el Nasion (Ramírez JA, 2001), pero se desconoce con certeza si existen variaciones en cuanto a su inclinación. En la figura 11 se observa un adelantamiento sagital del punto Nasion a través del crecimiento según estudios realizados por Segner.

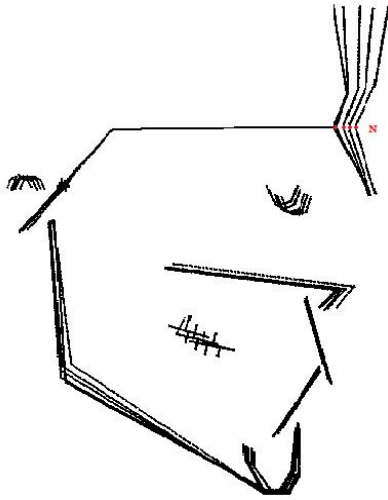


Figura 11: Superposición de los promedios obtenidos de trazados en sujetos de 6, 9, 12, 15 y 18 años obtenidos por Segner. Se observa un adelantamiento del punto Nasion tomando como línea de referencia el plano S-N (Senger, 1993).

Por otro lado, está muy documentada la variabilidad de la longitud e inclinación de la Base Craneal Anterior entre individuos, dependiendo de la configuración craneal propia. Madsen (2008) recoge en sus estudios sobre 57 sujetos grandes variaciones. Estas diversas inclinaciones de la base de cráneo pueden darnos una falsa idea de alteración en los valores que con ella se relacionan. Por un lado, los ángulos formados entre los planos verticales y el plano S-N, se verán disminuidos cuando la base esté muy inclinada, mientras que si la base tiende a ser más paralela a Frankfurt los valores de estos ángulos se verán aumentados. Por otro lado, los ángulos formados entre la base anterior y los planos horizontales, sufrirán un aumento en sus valores cuando la base está más inclinada y disminuidos al estar más aplanada u horizontal (Quirós, 2006; Castro 2008).

Dada esta situación, Quirós recomienda medir la inclinación de la base anterior del cráneo respecto al Plano de Frankfurt cada vez que tengamos alguna duda sobre los valores obtenidos en las mediciones de los diversos análisis, y como medida compensatoria sumar o restar las diferencias obtenidas, dependiendo se trate de un aumento en la inclinación o de un aplanamiento (Quirós, 2005).

Aún así, son muchos los autores y los análisis propuestos que utilizan al plano S-N como plano de referencia para sus mediciones, así encontramos entre otros los análisis de "Steiner", "Schwartz", "Downs", "Björk", "Bimler", "Bergen", "Lavergne", y "Moshiri". Otros como "Ricketts", "McNamara", "Delaire", "Leagan & Burstone" utilizan al punto Nasion como base para algunas de sus mediciones.

## PLANO DE FRANKFURT COMO LÍNEA DE REFERENCIA HORIZONTAL

El plano de Frankfurt, es ampliamente usado como base estable para diferentes análisis durante el crecimiento. Esto ocurre sin que existan estudios que avalen su estabilidad.

Se sabe que durante el crecimiento existe una migración del Porion y Orbital, pero no existen estudios que establezcan si los cambios ocurridos provocan o no una variación en la inclinación del plano. Es incierto si ocurre un crecimiento en talla proporcional o un crecimiento en cuanto a forma.

Un estudio de Bjork y Skiller (Bjork, 1976; citado por Greiner, 2004) demostró a través de implantes que efectivamente Orbital migra del cráneo durante el crecimiento como resultado de la aposición en el margen orbital inferior.

Greiner (2004) trabajó con telerradiografías de cráneos secos divididos en un primer grupo de 32 cráneos de 2.5 a 5 años y un segundo grupo de 10 cráneos pertenecientes a individuos entre 18 y 20 años, registrando como resultado una pequeña variación en el ángulo formado por S-N y el plano de Frankfurt entre ambos grupos. Además, obtuvo variaciones en la posición del Porion y Orbital tanto en el sentido vertical como sagital. En sentido vertical, la distancia entre Porion y el plano S-N disminuyó en un promedio de 0.7 mm, mientras que la distancia desde Orbital a S-N aumentó con el crecimiento en promedio 3.9 mm. En dirección sagital, la distancia desde Porion a Sella aumentó en 6.2 mm y la distancia entre Orbital y Porion se incrementó en 11.8 mm. La distancia entre Sella y Nasion aumentó en 7.4 mm (Greiner, 2004). Los cambios acontecidos se aprecian en la figura 12.

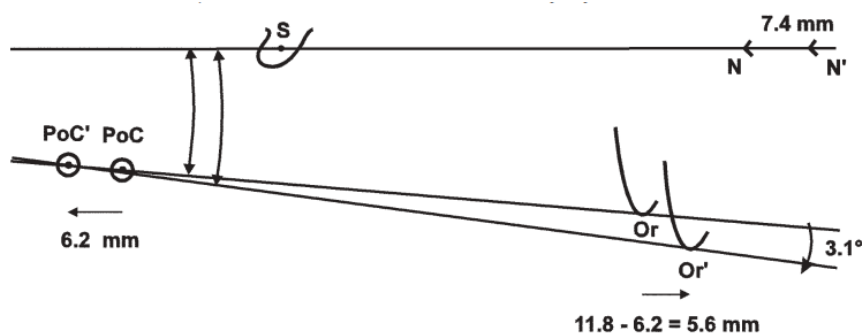


Figura 12: Cambios en el ángulo ente el plano de Frankfurt y la línea Sella-Nasion. Línea S-N superpuesta sobre S (Greiner, 2004).

Los resultados del estudio de Greiner (2004) concluyen que las variaciones verticales fueron compensadas casi en su totalidad por los incrementos sagitales, lo que mantuvo el ángulo formado entre FH y S-N sólo con pequeñas variaciones (Greiner, 2004). A pesar de esto, estas mínimas variaciones demuestran que no existe una relación constante entre los cuatro puntos de referencia (Po, Or, S, N) y que, por lo tanto, sufren variaciones en su disposición durante el crecimiento.

A pesar de no estar comprobada su estabilidad, el plano de Frankfurt tiene en la actualidad gran variedad de aplicaciones dentro del ámbito cefalométrico. Muchos son los estudios que lo incluyen dentro de sus mediciones. Dentro de estos estudios encontramos el “Análisis Cefalométrico de Ricketts”, “Holdawe”, “Downs”, “Wylie”, “McNamara”, “Trujillo”, “Riedel” y “Coben” (Zamora, 2004).

### **Relación entre el plano de Frankfurt y línea Sella Nasion**

La relación entre estos dos planos de referencia fue demostrada por primera vez en 1957 por Daugaard-Jensen, quién registró un ángulo casi constante de  $7^\circ$  durante el crecimiento (Greiner, 2004) (Figura 13).

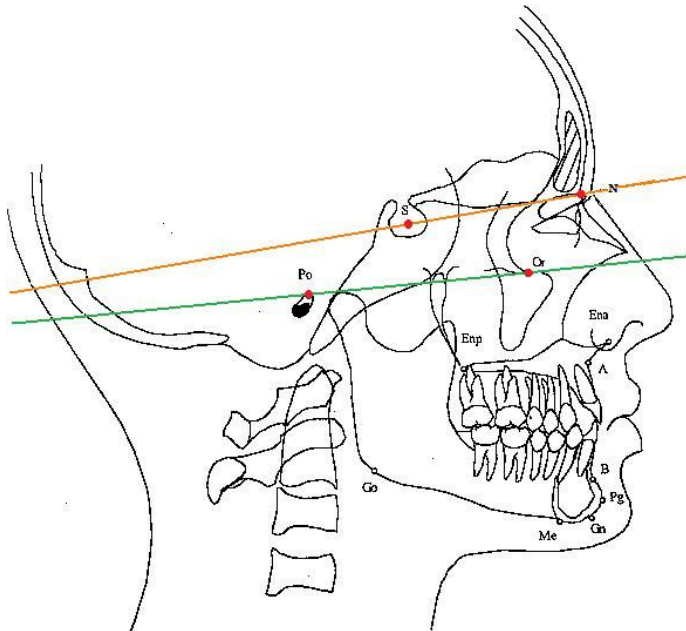


Figura 13: Trazado cefalométrico del Plano de Frankfurt y la Línea SN (Zamora, 2004).

Los valores promedio obtenidos por Águila para este ángulo, se vieron determinados por algún tipo de influencia étnica y de género, estableciendo ángulos de  $7.38^\circ$  en varones Euripoides,  $6.86^\circ$  en varones negroides,  $6.79^\circ$  en hembras Euripoides y  $6.21^\circ$  en hembras negroides. Los valores documentados por Quirós reafirman las diferencias de género y fueron un promedio de  $7.23^\circ$  para varones y  $6.96^\circ$  para mujeres (Quirós, 2004). Así mismo, Alves & cols. (2008) hallaron una inclinación promedio de la base craneal respecto al plano de Frankfurt de  $7.91^\circ$ .

En general, se establece que en un individuo promedio, el plano S-N forma un ángulo de 6 a 7° con el plano de Frankfurt (Proffit, 2001), sin embargo se encuentra una amplia variación entre individuos, lo que indica que este ángulo es característico de cada persona (Greiner, 2004; Alves, 2008). Estudios de Castro (2008) señalan que los casos que presentan un aumento notorio de esta medida angular respecto al promedio llegan al 14%.

De existir una diferencia significativa con la angulación establecida como promedio (7°), se producirá una alteración en las medidas que tomen como referencia al plano Silla - Nasion, lo que ameritará una atención especial a esos valores, para evitar un diagnóstico erróneo (Quirós, 2005). La variación individual de los datos lleva a proponer el uso de una plantilla individual de referencia de la base craneal para mayor exactitud en las medidas de los estudios cefalométricos (Castro, 2008).

En cuanto a su variación durante el período de crecimiento, Segner (1993) estableció que el ángulo entre el plano de Frankfurt y Sella-Nasion no demostraba ningún tipo de cambio sistemático y permanecía entre 7.8 y 9.3° durante el crecimiento. En contraposición a Segner, Greiner (2004) registró un pequeño incremento de 3.1° en este ángulo entre los 2 y 20 años.

## ELECCIÓN DE UNA LÍNEA DE REFERENCIA VERTICAL

La Vertical Maxilar Posterior (PM) es uno de los planos más básicos e importantes en toda la cabeza. Es un límite anatómico natural que representa la interfaz de contacto entre ciertos sitios craneales y faciales claves para el crecimiento, la remodelación y el desplazamiento. La Vertical Maxilar Posterior es un límite anatómico y morfogénico natural relacionado de manera directa con los elementos que establecen el diseño facial fundamental. Es uno de los planos estructurales y del desarrollo más importantes en el cráneo y la cara (Enlow, 1990).

La Vertical Maxilar es una línea vertical que se extiende superiormente desde la sincondrosis esenoetmoidal (justo en la intersección entre las alas mayores del esfenoides y el piso craneal anterior) hacia abajo hasta el punto más bajo de la fosa pterigomaxilar (Figura 14). La fosa pterigomaxilar es un punto radiográfico usual de referencia que se utiliza para identificar la tuberosidad maxilar; en una telerradiografía, está formada por la divergencia del maxilar en relación con las apófisis pterigoides del esfenoides, en un área que forma una “lágrima” invertida y alargada.

Enlow (1990) establece en sus estudios que la Vertical Maxilar Posterior debería presentarse perpendicular a la línea neutra orbitaria (Enlow, 1990). MacCarthy y Lieberman (2001) confirmaron la precisión del plano PM como una línea vertical perpendicular al este eje orbital (MacCarthy y Lieberman, 2001; citado en Kuroe 2004).

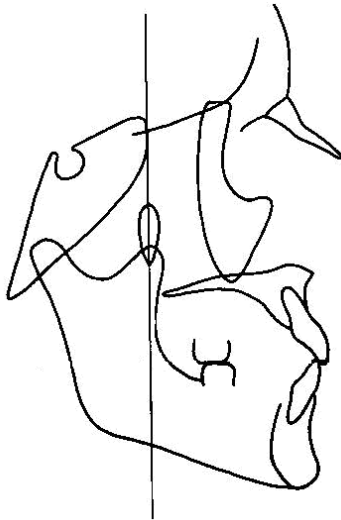


Figura 14: Plano Vertical Maxilar (PM) (Enlow, 1990).

El Plano Maxilar Posterior demarca de modo natural las diversas contrapartes o equivalencias del complejo craneofacial. Así, el crecimiento de una determinada zona facial o craneal se relaciona de manera específica con otras contrapartes estructurales y geométricas en la cara y el cráneo. A los distintos procesos de depósito y resorción se le suman simultáneamente procesos de desplazamiento, lo que mantiene un equilibrio entre las diversas contrapartes.

El lóbulo frontal, la fosa craneal anterior, la parte superior del complejo etmomaxilar, el paladar y el arco superior son contrapartes mutuas ubicadas delante de la línea PM. Todas estas regiones cuentan con límites posteriores a lo largo de dicho plano vertical. De igual manera, el lóbulo temporal, la fosa craneal media y el espacio bucofaríngeo posterior son contrapartes recíprocas localizadas detrás del plano PM. El plano PM es una interfaz de desarrollo entre la serie de equivalencias al frente y detrás del mismo. Esta línea clave conserva estos vínculos fundamentales a través del proceso de crecimiento (Enlow, 1990).

De acuerdo a esto, mientras el arco maxilar se alarga por crecimiento posterior en la tuberosidad, todo el maxilar es desplazado anteriormente en la misma magnitud que el aumento posterior de la tuberosidad (Figura 15a). Al mismo tiempo, la fosa craneal media aumenta de tamaño por reabsorción endocraneal y aposición ectocraneal, así como también por crecimiento de la sincondrosis esfenoccipital y las suturas de la base de cráneo (Figura 15b). Toda la región maxilar y la fosa craneal anterior son desplazadas anteriormente a causa de la expansión de la fosa craneal media (Figura 15c). Al mismo tiempo, está ocurriendo un incremento en la dimensión horizontal de la fosa craneal anterior por depósito sobre el lado ectocraneal y resorción del lado endocraneal.

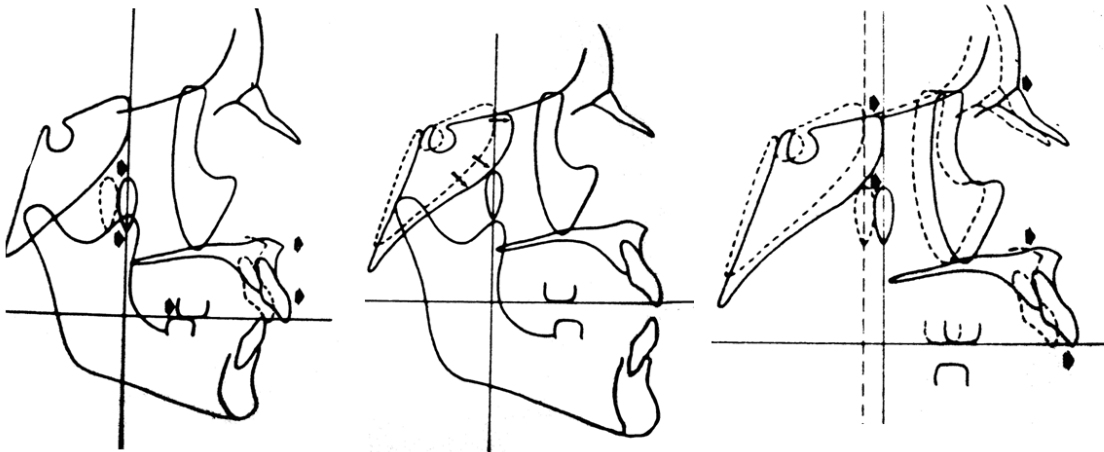


Figura 15a: El maxilar es desplazado anteriormente en la misma magnitud en que crece posteriormente (Enlow, 1990).

Figura 15b: La fosa craneal media se agranda por reabsorción endocraneal, aposición ectocraneal, crecimiento en sincondrosis esfenoccipital y suturas del piso craneal (Enlow, 1990).

Figura 15c: Desplazamiento anterior de la región maxilar y la fosa craneana anterior por expansión de la fosa media (Enlow, 1990).

Esta secuencia de remodelación y desplazamiento simultáneo, mantienen al Plano Vertical Maxilar invariable durante el crecimiento (Enlow, 1990). Se debe considerar que no se han mencionado las etapas paralelas que ocurren a nivel mandibular, las que indirectamente también contribuyen a la mantención del equilibrio.

A lo largo de los años, se han llevado a cabo varios estudios que consideran PM un plano referencial válido y estable. Oka utiliza 300 radiografías laterales de cráneo para establecer patrones craneofaciales de adultos japoneses con distintos tipos de maloclusión (Clase I, Clase II y Clase III), utilizando como referencia para ello a la Vertical Maxilar. Los resultados encontrados establecieron que el valor promedio del ángulo entre PM y la fosa craneal media era de  $39.5^\circ$  para los individuos con oclusión Clase I. Este ángulo fue utilizado como referencial para comparar la alineación del resto de las regiones. (Oka et al., 1994). Chang (1998) realiza un estudio muy similar con resultados equivalentes.

Incisivo (2000) realiza un estudio sobre 50 telerradiografías donde busca establecer la confiabilidad y la variabilidad de Plano Sella-Nasion y Plano de Frankfurt para el diagnóstico y plan de tratamiento de anomalías dentomaxilofaciales, tomando como plano de referencia la Vertical Maxilar. Dada la gran variabilidad obtenida en cuanto a la inclinación de la línea Sella Nasion y el Plano de Frankfurt, el autor recomienda la utilización de la Vertical Maxilar durante los análisis cefalométricos con el fin de obviar esa variabilidad.

Kuroe utiliza como líneas de referencia al Plano de Frankfurt y el Plano Maxilar Posterior en un estudio acerca de la variación en la orientación de la base craneal en una muestra de cráneos secos en tres grupos de diferentes poblaciones, obteniendo amplias variaciones en la orientación del cráneo entre europeos, asiáticos y africanos (Kuroe, 2004).

Ramirez JA (2004), utiliza la Vertical Maxilar llevando a cabo un estudio a partir de una muestra de telerradiografías, donde se formula un modelo geométrico (Figura 16) conformado por la base craneal anterior (Plano Sella Nasion), la base craneal posterior (Plano Sella Basion), la Vertical Maxilar (Plano PM1), una paralela a la Vertical Maxilar (PM2) y un plano sugerido que va desde Oliva a Orbital. En esta investigación, los resultados conducen a establecer que el ángulo formado entre la base craneal anterior y el Plano Maxilar Posterior permanece estable durante el período de crecimiento, mientras que el ángulo formado entre Oliva-Orbital y el Plano Maxilar Posterior (PM) sufre variaciones en el mismo período de tiempo (Ramirez JA, 2004).

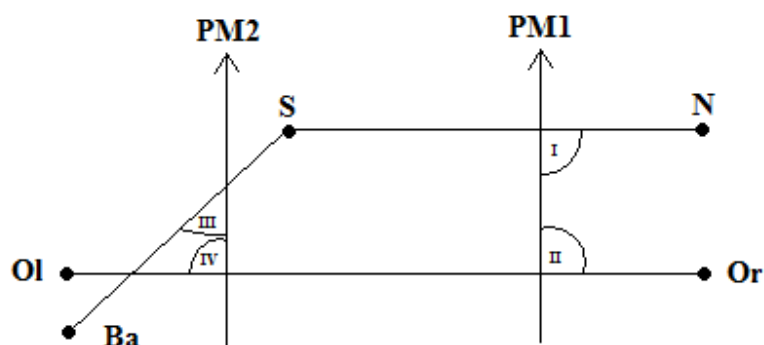


Figura 16: Monografía de ángulos cefalométricos (Ramirez JA, 2004).

### **III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

## **HIPÓTESIS**

El plano de Frankfurt permanece estable en cuanto a su inclinación durante el proceso de crecimiento craneofacial.

## **OBJETIVO GENERAL**

Comparar la estabilidad del Plano de Frankfurt intracraneal en tres grupos etarios que representan el proceso crecimiento craneofacial, tomando como referencia la Base Craneal Anterior y la Vertical Maxilar.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Establecer un promedio angular de la inclinación del Plano de Frankfurt respecto de la Vertical Maxilar para los tres grupos etarios: 6 a 8 años, 10 a 12 años y 18 a 21 años.
2. Comparar la variación de la medida angular que se obtiene de la relación entre el Plano de Frankfurt y la Vertical Maxilar en los tres grupos etarios.
3. Comparar la variación de la medida angular que se obtiene de la relación entre el Plano de Frankfurt y la Vertical Maxilar en los tres grupos etarios al considerar género.
4. Establecer un promedio angular entre la Base Anterior de Cráneo y la Vertical Maxilar para los tres grupos etarios.
5. Comparar la variación de la medida angular que se obtiene de la relación entre la Base Craneal Anterior y la Vertical Maxilar en los tres grupos etarios.
6. Comparar la variación de la medida angular que se obtiene de la relación entre la Base Craneal Anterior y la Vertical Maxilar en los tres grupos etarios al considerar género.
7. Establecer un promedio angular entre la Base Craneal Anterior y el Plano de Frankfurt para los tres grupos etarios.
8. Comparar la variación de la medida angular que se obtiene de la relación entre Base Anterior de Cráneo y el Plano de Frankfurt en los tres grupos etarios.
9. Comparar la variación de la medida angular que se obtiene de la Base Craneal Anterior y el Plano de Frankfurt entre ambos sexos.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODO**

El objetivo principal de esta investigación es valorar y medir la estabilidad del Plano de Frankfurt durante el proceso de crecimiento craneofacial a través de un estudio descriptivo, para lo que se utilizaron la Base Craneal Anterior y la Vertical Maxilar como planos referenciales. Se llevó a cabo un análisis cefalométrico que consideró tres grupos etarios importantes: niños de 6 a 8 años los que se encuentran en una etapa infantil, niños de 10 a 12 años representativos de una etapa prepuberal y jóvenes de 18 a 21 años los que ya están finalizando su crecimiento.

### **Universo y Muestra:**

El universo a estudiar son los habitantes de la Región de Valparaíso, Ortognatas, Clase I de Angle que no han recibido ningún tipo de tratamiento ortodóncico y que pertenecen a uno de los tres grupos en estudio (6 a 8 años, 10 a 12 años o 18 a 21 años).

Según la disponibilidad con la que se contaba, la muestra fue obtenida a partir de niños y jóvenes atendidos en la Clínica de Pregrado (Clínica de Odontología Integral Infantil) y en la Clínica de Postgrado (Clínica de Ortodoncia y Ortopedia Facial Maxilar) de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso durante el año 1991. Estos pacientes cuentan con telerradiografías laterales de cráneo, son ortognatas Clase I de Angle, no han recibido tratamiento ortodóncico y pertenecen a uno de los tres grupos etarios antes definidos.

### **Tamaño de la Muestra:**

Para determinar el tamaño muestral necesario se utilizó la herramienta *sample power 2.0* del paquete estadístico SPSS ver. 15.0 y la opción *power and sample size* del software estadístico Minitab 14.0. Se estimó como diferencia significativa  $2^\circ$  y se consideró una desviación estándar máxima de  $3^\circ$ , esperando lograr una potencia de 80%. Dicho cálculo arrojó un tamaño muestral ideal de 45 sujetos por grupo.

### **Unidad de estudio:**

La unidad de estudio son 150 telerradiografías laterales de cráneo, obtenidas de pacientes de la Escuela de Odontología de la Universidad de Valparaíso durante el año 1991.

La obtención de las telerradiografías provino de la Tesis “Cefelometría Radiológica del Tamaño Nasal según el método de J.J.E Ramírez para la evaluación del perfil blando” (1992) y también fueron utilizadas para la Tesis “Mediciones Cefalométricas en Ortognatas, según el método de J.J.E Ramírez en diversos grupos etarios” (1994). Ambas Tesis fueron llevadas a cabo en la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso.

Estas 150 telerradiografías laterales de cráneo se encuentran estandarizadas, siendo 50 pertenecientes a niños de 6 a 8 años atendidos en la Clínica de Pregrado de la Escuela de Odontología de la Universidad de Valparaíso, 50 pertenecientes al grupo de niños de 10 a 12 años atendidos en la Clínica de Pregrado de la Escuela de Odontología de la Universidad de Valparaíso y 50 pertenecientes a jóvenes de 18 a 21 años, alumnos de Pregrado de la Escuela de Odontología de la Universidad de Valparaíso, atendidos en el servicio de Post – Grado de la Especialidad de Ortodoncia y Ortopedia Facial Maxilar durante el año 1991. Todos son pacientes ortognatas Clase I de Angle que no han recibido tratamiento ortodóncico.

Se consideró como criterio de exclusión las telerradiografías con deficiencias en cuanto a contraste, densidad, definición o nitidez. Fueron descartadas para ser sometidas al análisis cefalométrico 7 telerradiografías pertenecientes al grupo de niños de 6 a 8 años, 5 telerradiografías pertenecientes al grupo de niños de 10 a 12 años y 6 telerradiografías pertenecientes al grupo de jóvenes de 18 a 21 años.

De acuerdo a esto y dada la disponibilidad, la muestra está compuesta por 134 telerradiografías, encontrando en el grupo de niños de 6 a 8 años 18 telerradiografías pertenecientes a hombres y 19 a mujeres, en el grupo de niños de 10 a 12 años encontramos 15 pertenecientes a hombres y 22 a mujeres y en el grupo de jóvenes de 18 a 21 años, 16 telerradiografías pertenecientes a hombres y 22 a mujeres. 20 radiografías quedaron fuera de los análisis que involucraban la variable sexo debido a errores de identificación.

### **Diseño del estudio**

Se llevó a cabo un estudio descriptivo transversal, cuyo análisis de los datos se inició con el registro de éstos en una planilla Excel. Posteriormente, los datos se estudiaron con ayuda del programa estadístico MiniTab por medio de estadística descriptiva (distribución de puntajes, medidas de tendencia central y desviaciones estándar) y estadística inferencial (test de ANOVA y prueba T).

### **Definiciones de variables:**

#### ***Estrato etario:***

*Conceptualmente:* Agrupación arbitraria basada en la edad de acuerdo a las necesidades de la muestra. Esta variable será trascendental ya que representa el proceso de crecimiento por el que atraviesan los sujetos a estudiar.

*Operacionalmente:* Variable cualitativa ordinal, ya que se organiza al universo en tres grupos etarios. Cada telerradiografía se incluye dentro de alguno de estos grupos:

- Grupo A (infantil): 6 a 8 años
- Grupo B (prepuberal): 10 a 12 años
- Grupo C (juvenil): 18 a 21 años

## **Género:**

*Conceptualmente:* Género se define como las diferencias biológicas propias asociadas al ser hombre o al ser mujer. Se agruparon las telerradiografías según sexo con el fin de evaluar posibles diferencias ligadas al género durante el crecimiento.

*Operacionalmente:* Variable Cualitativa Nominal (Sexo femenino o masculino). Las telerradiografías con imprecisiones de identificación respecto al sexo fueron dejadas fuera de los análisis asociados al género y se tabularon con una D (desconocido).

## **Ángulo I:**

*Conceptualmente:* Ángulo superior derecho formado entre la recta PM (Plano Vertical Maxilar, determinado por la línea que atraviesa la sincondrosis esferoetmoidal y la zona más inferior de la Fosa Pterigomaxilar) y la recta Sella-Nasion (Base Craneal Anterior, que va desde el punto más anterior de la sutura frontonasal a la zona media de la silla turca del esfenoides). El ángulo I está representado en la figura 17.

*Operacionalmente:* Variable cuantitativa continua, su medición se realiza con un transportador de ángulos midiendo en grados con una discriminación de 0.5 °.

## **Ángulo II**

*Conceptualmente:* Ángulo superior derecho formado entre la recta PM (Plano Vertical Maxilar, determinado por la línea que atraviesa la sincondrosis esferoetmoidal y la zona más inferior de la Fosa Pterigomaxilar) y la recta Orbital-Porion (Plano de Frankfurt, formado desde el punto más inferior del borde inferior de la órbita al punto más alto del meato auditivo externo). El ángulo II está representado en la figura 17.

*Operacionalmente:* Variable cuantitativa continua, su medición se realiza con un transportador de ángulos midiendo en grados con una discriminación de 0.5 °.

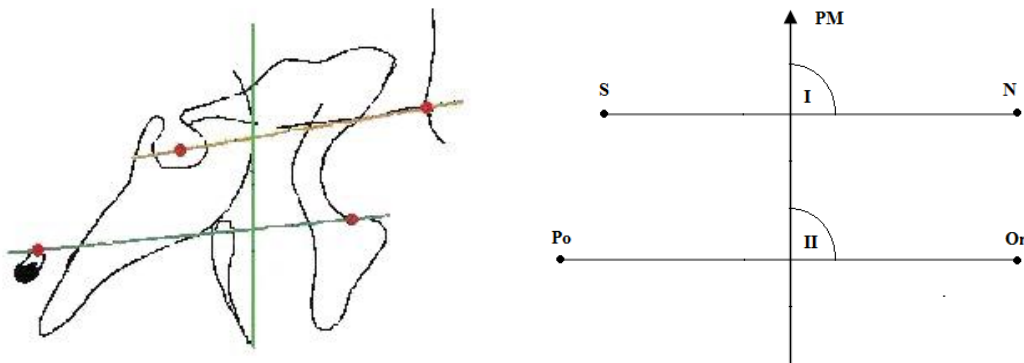


Figura 17: Esquema de ángulos cefalométricos I y II en su ubicación topográfica y la monografía correspondiente. Considerar que la recta Sella Nasion no es necesariamente perpendicular a la recta Porion Orbital.

### Ángulo III

*Conceptualmente:* Ángulo formado entre la recta Orbital-Porion (Plano de Frankfurt, formado desde el punto más inferior del borde inferior de la órbita al punto más alto del meato auditivo externo) y la recta Sella-Nasion (Base Craneal Anterior, plano que va desde el punto más anterior de la sutura frontonasal a la zona media de la silla turca del esfenoides). El ángulo III está representado en la figura 18.

*Operacionalmente:* Variable cuantitativa continua. El valor en grados del ángulo III se obtendrá a partir de su relación con los ángulos I y II. En el Anexo 2 se plantea una fórmula matemática basada en el teorema: “La suma de los ángulos internos de cualquier triángulo siempre sumará 180°”, la que establece que el ángulo III se forma a partir de la resta entre el ángulo II y el ángulo I. Por lo tanto, el valor del ángulo III se determinó a través de esta sencilla fórmula matemática.

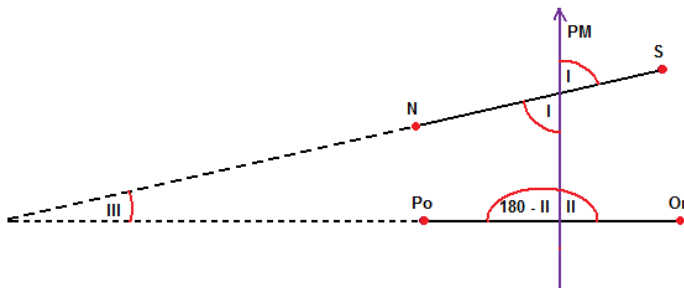


Figura 18: Monografía de la determinación del ángulo III.

Los ángulos a medir permitirán valorar los cambios en la relación de las rectas. La medición del ángulo III permitirá apreciar las variaciones que se producen en el ángulo formado entre las rectas Sella-Nasion y Porion-Orbital durante el crecimiento.

Como el ángulo III es una función de los otros dos, de existir variaciones en él, los ángulos I y II nos permitirán verificar si los cambios han sido a partir de variaciones en uno o en el otro.

Las variaciones propias de un cambio de inclinación de cualquiera de las rectas se verán manifestadas en las variaciones de medidas angulares que las relacionan.

### **Limitaciones del Estudio**

La principal limitación del estudio se centra en la imposibilidad de contar con un universo de radiografías de los mismos sujetos durante su período de crecimiento. Un estudio de características longitudinales hubiese sido óptimo para la realización de la investigación, ya que entregaría resultados certeros acerca de lo ocurrido con la muestra luego del paso de los años. La limitante del tiempo impide llevar a cabo una investigación de estas características, pero se sugiere la realización de estudios longitudinales en investigaciones posteriores.

Otra limitación inherente a la utilización de radiografías como unidad de estudio, es el hecho de trabajar sobre dos dimensiones, conjunto a la dificultad de localización de algunos puntos cefalométricos, sobre todo los bilaterales.

## Plan de Trabajo

Se otorgó a las 134 telerradiografías una numeración al azar sin distinción del grupo al que pertenecían, para luego someterlas a un análisis cefalométrico. Dicho análisis, fue realizado sobre transparencias Ink-Jet marca Diazol Tech con un lápiz Drawing Pen Pigment Ink de 0.1 mm marca Pilot. Cada telerradiografía tendrá adosada tres transparencias sobre su superficie, fijadas una sobre otra con cinta adhesiva.

Se inició el análisis cefalométrico con la identificación de los puntos Porion y Orbital, que debido a su dificultad de ubicación, fueron sometidos a una exhaustiva estandarización. Tres ortodoncistas con experiencia definieron la ubicación de los puntos Porion y Orbital bajo la iluminación de un negatoscopio, sin tener conocimiento de las marcas realizadas por los otros especialistas. Para lograrlo se utilizaron las tres transparencias adosadas: el primer profesional realizó las marcas en la transparencia más superficial y el último en la más profunda. En la Figura 19 se aprecia un diagrama de las tres marcas de Porion y las tres marcas de Orbital que fueron realizadas por los profesionales, las que a continuación fueron perforadas sobre la telerradiografía respectiva con una aguja número 11. Una vez realizadas las perforaciones, las tres transparencias fueron retiradas de la telerradiografía.

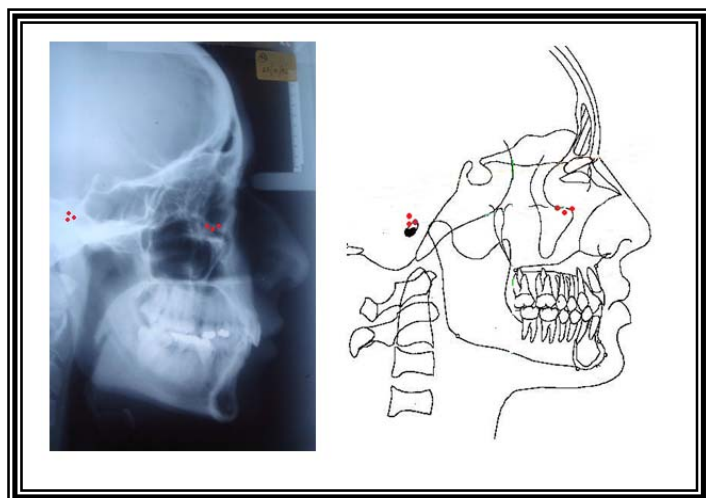


Figura 19: Puntos que serán perforados en las telerradiografías.

Posteriormente a esto, una cuarta transparencia se posicionó sobre las telerradiografías, con el fin de definir sobre ésta la ubicación definitiva de Porion y Orbital a partir del promedio matemático de las tres mediciones, tanto en el eje "x" (tomando como referencia el borde superior de la telerradiografía) como en el eje "y" (tomando como referencia el borde lateral derecho de la telerradiografía). En el Anexo 3 se presenta el análisis matemático que lleva a simplificar la obtención del punto medio.

En el Gráfico 2 vemos un esquema representativo de la extrapolación de los puntos a los ejes "x" e "y".

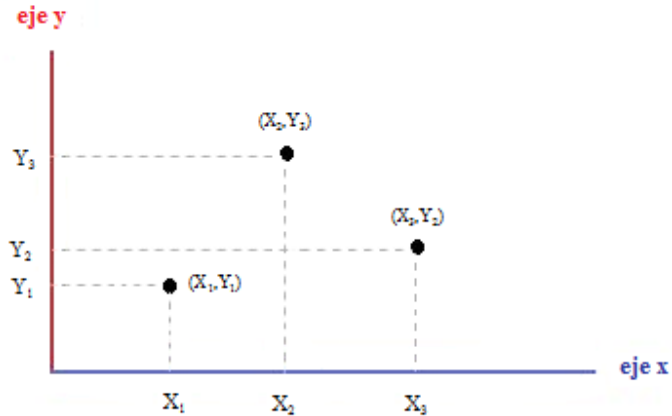


Gráfico 2: Extrapolación de los puntos al eje "x" e "y".

Luego se calculó el promedio de las mediciones de cada eje y se trazó una línea paralela al eje de referencia respectivo, como se muestra en el Gráfico 3. Se consideró como Porion verdadero y Orbital verdadero a la intersección de las líneas que representan ambos promedios. Dichos puntos serán identificados a través de marcas puntuales en la transparencia adosada a la telerradiografía.

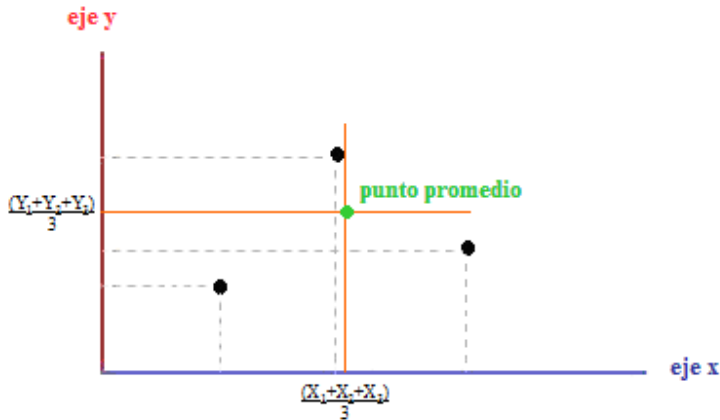


Gráfico 3: Ubicación final del punto cefalométrico.

Se continuó el análisis cefalométrico con la identificación de los puntos Sella, Nasion, Sincondrosis Esfenoetmoidal y Fosa Pterigomaxilar. Estos puntos se encontraban indicados previamente en las telerradiografías a través de una perforación, la que fue realizada por un ortodoncista con experiencia en un trabajo previo. En la Figura 20 se observan los seis puntos identificados antes de realizar los trazados.

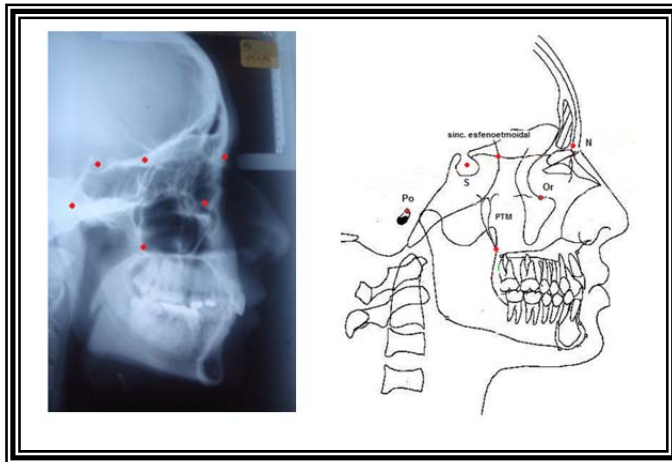


Figura 20: Puntos cefalométricos localizados en la telerradiografía.

Una vez ubicados todos los puntos en la cuarta transparencia, el examinador trazó las rectas Sella- Nasion, Plano de Frankfurt y Vertical Maxilar, como se aprecia en la Figura 21. Los trazados fueron llevados a cabo con una regla de 30 cm Krearte y con lápices Drawing Pen Pigment Ink de 0.1 mm marca Pilot color verde tanto para el plano de Frankfurt y como para la línea Sella-Nasion y de color rojo para la Vertical Maxilar.

El examinador encargado de realizar los trazados fue previamente calibrado por un ortodontista con experiencia. Se realizaron sucesivamente líneas uniendo los puntos cefalométricos sobre telerradiografías escogidas al azar, buscando valorar las diferencias entre el examinador y el calibrador, con el fin de disminuir los errores al mínimo. Sólo una vez superado este paso se llevaron a cabo los trazados.

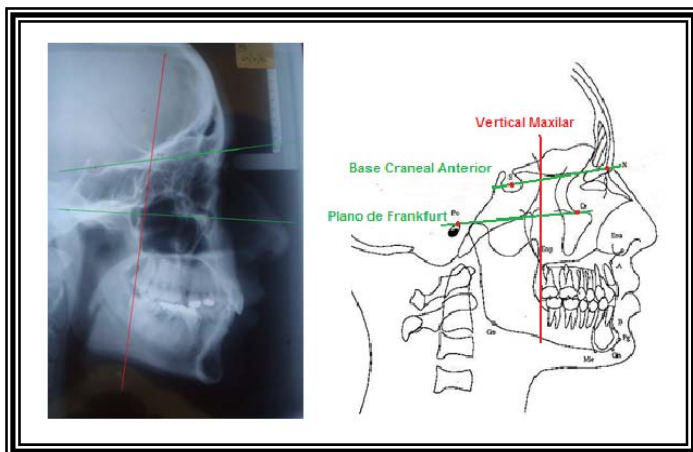


Figura 21: Trazados cefalométricos propuestos.

Las mediciones angulares del ángulo I y del ángulo II fueron valoradas en grados con un transportador de ángulos profesional marca Maped, con una discriminación de 0.5°.

Por lo tanto, sobre la última transparencia se encuentran trazadas la recta Sella-Nasion (Base Craneal Anterior), la recta Orbital-Porion (Plano de Frankfurt) y la recta PM (Plano Vertical Maxilar), estandarizadas a partir de los criterios que se señalan en el Anexo 4. Los datos obtenidos fueron registrados en la Ficha de Registro de Mediciones que incluye los datos de identificación de las telerradiografías y las medidas angulares en grados (Anexo 5).

En el Anexo 6 se establece un diagrama resumen con los trazados que se efectuaron en cada telerradiografía.

## **V. RESULTADOS**

---

## NORMALIDAD DE LOS DATOS

Para verificar si los datos obtenidos siguen un patrón de normalidad, se llevó a cabo el test de Ryan-Joiner (RJ) para el ángulo II, que representa la relación entre Plano de Frankfurt y la Vertical Maxilar Posterior, objetivo central del presente estudio. El Anexo 7 contiene la base de datos de los resultados obtenidos en las mediciones.

La hipótesis a descartar es:

$H_0 =$  "los datos obtenidos siguen una distribución normal"

Los gráficos 4, 5 y 6 representan la distribución acumulativa de probabilidad para los distintos grupos etarios.

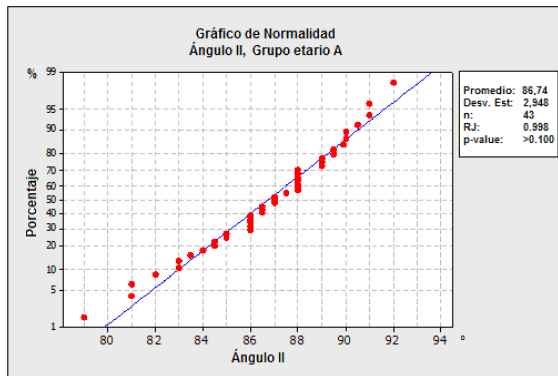


Gráfico 4: Distribución Normal de los datos para el ángulo II, grupo etario A.

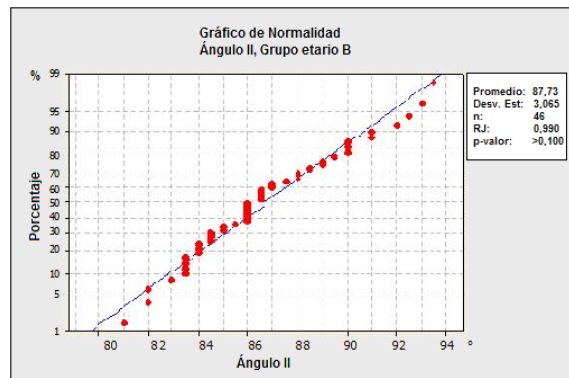


Gráfico 5: Distribución Normal de los datos para el ángulo II, grupo etario B.

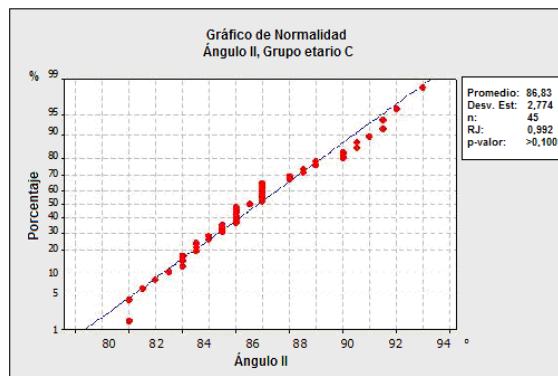


Gráfico 6: Distribución Normal de los datos para el ángulo II, grupo etario C.

La prueba Ryan-Joiner (RJ) arroja en todos los grupos valores  $p > 0,1$ , lo que no permite rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, se acepta que los datos siguen una distribución normal.

A continuación, se presentan los histogramas de frecuencias para las mediciones del ángulo II en cada uno de los tres grupos etarios, realizándose los respectivos ajustes a curvas normales (Gráfico 7).

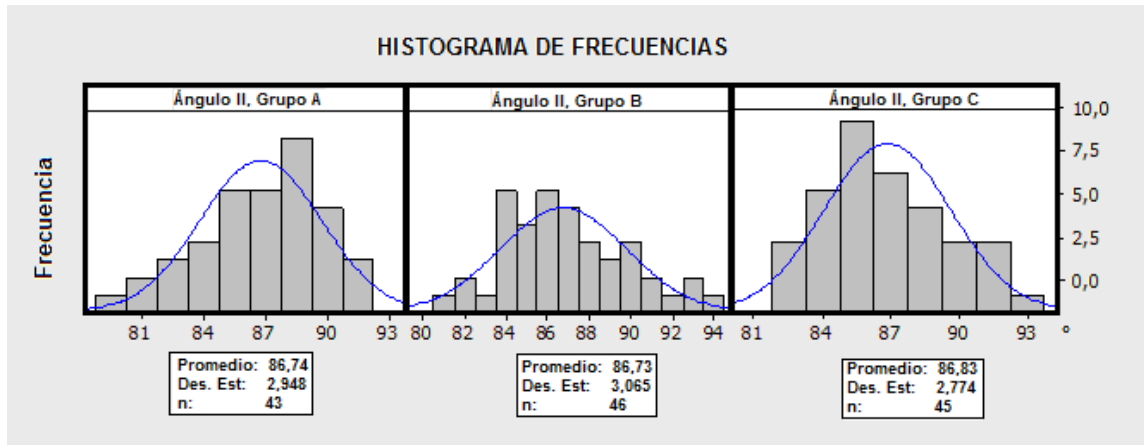


Gráfico 7: Histograma de frecuencias para el ángulo II.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO ÁNGULO I

En la tabla I se presenta el análisis descriptivo de las mediciones angulares obtenidas por cada grupo etario para el ángulo I.

Ángulo I									
Variable	n	Media	Desviación Estándar	± I.C. (95%)	Varianza	Coefficiente Variación %	Mínimo	Mediana	Máxima
Grupo A	43	77,814	3,546	1,060	12,574	4,56	68	78	86
Grupo B	46	78,033	4,053	1,171	16,427	5,19	70,5	77,75	88
Grupo C	45	78,222	4,752	1,388	22,582	6,08	70	78	93,5
<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>78,026</b>	<b>4,126</b>	<b>0,699</b>	<b>17,028</b>	<b>5,29</b>	<b>68</b>	<b>78</b>	<b>93,5</b>

Tabla I: Medidas descriptivas para el ángulo I.

El gráfico 8 representa la distribución de los valores obtenidos. La caja concentra el 50% de los datos, el bigote los restantes y la línea interna la mediana (\* representan datos escapados).

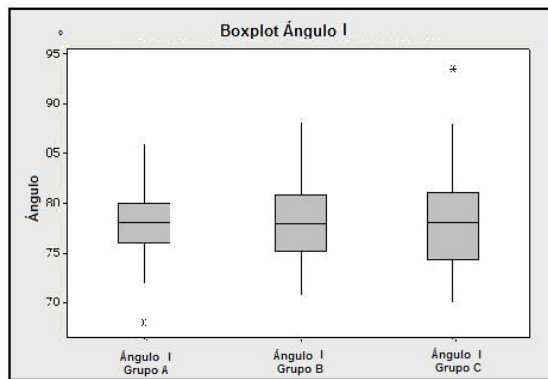


Gráfico 8: Boxplot ángulo I en los distintos grupos etarios.

### Análisis de significancia entre grupos etarios

Para el análisis inferencial de las mediciones obtenidas para el ángulo I, se llevó a cabo un test ANOVA de un factor aplicado a los tres grupos etarios con el fin de determinar posibles variaciones significativas.

El test se realizó bajo la hipótesis de igualdad de medias:

$H_0 =$  Existe igualdad entre las medias de grupo I en los tres grupos etarios.

Fuente    GL    SC    MS    F    P  
 grupo etario    2    0,3    0,2    0,01    **0,989**

S = 3,958    R-Sq = 0,02%    R-Sq(adj) = 0,00%

El elevado valor p (0,989) confirma que la evidencia muestral no permite rechazar la hipótesis nula acerca de la igualdad de medias entre los grupos, es decir no existen diferencias significativas entre las medias angulares de los 3 grupos etarios.

## Análisis de significancia según sexo

La tabla II presenta un resumen de la dispersión de los datos según sexo, sin considerar grupo etario.

Ángulo I			
Sexo	Media	Desviación Estandar	Coefficiente Variación %
Femenino	77,032	3,605	4,680
Masculino	77,787	3,751	4,823

Tabla II: Dispersión de los datos para el ángulo I según género.

Para determinar si existen diferencias significativas en el análisis del ángulo I al involucrar la variable género, se realizó una prueba T sin distinción de grupo etario, bajo la hipótesis de igualdad de medias.

*H<sub>0</sub>: Existe igualdad entre las medias para el ángulo I en ambos sexos.*

sexo	N	Media	DS	ES	Media
F	64	76,98	3,60	0,45	
M	50	78,31	4,23	0,60	

Estimate for difference: -1,32563

95% CI for difference: (-2,81006. 0,15881)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1,77 p = 0,079 GL = 96

A un nivel de significancia de 0.05 el valor p no permite rechazar la hipótesis nula de diferencias de las medias, por lo tanto se acepta que no existen variaciones significativas para el ángulo I en ambos sexos. Sin embargo, se debe considerar que el valor p es cercano al umbral de 0.05.

### Análisis de significancia según sexo considerando grupos etarios

Se realizó una nueva prueba T para dos muestras independientes con el objetivo de analizar las diferencias del ángulo I según género, considerando ahora los grupos etarios. Las tablas III, IV y V entregan este análisis, considerando una confianza para las diferencias entre las medias al 95%.

#### GRUPO ETARIO A

	]-2,214 ; 2,420[
Diferencia	0,103
t (Valor observado)	0,090
t (Valor crítico)	2,026
GDL	37
p-valor (bilateral)	<b>0,929</b>
alfa	0,05

Tabla III: Prueba T para dos muestras independientes para el grupo etario A.

#### GRUPO ETARIO B

	]-4,375 ; 1,238[
Diferencia	-1,568
t (Valor observado)	-1,134
t (Valor crítico)	2,030
GDL	35
p-valor (bilateral)	<b>0,264</b>
alfa	0,05

Tabla IV: Prueba T para dos muestras independientes para el grupo etario B.

#### GRUPO ETARIO C

	]-5,319 ; 0,052 [
Diferencia	-2,634
t (Valor observado)	-1,989
t (Valor crítico)	2,028
GDL	36
p-valor (bilateral)	<b>0,054</b>
alfa	0,05

Tabla V: Prueba T para dos muestras independientes para el grupo etario C.

A partir de los valores obtenidos de  $p > 0.05$ , se determina que no existen diferencias significativas para el ángulo I entre géneros, en ninguno de los grupos etarios. De todas formas, en el análisis del grupo etario C se debe ser cauto, ya que el valor de p apenas supera los 0.05 y la muestra es muy pequeña como para sacar conclusiones.

En el anexo 8 se encuentra la gráfica más detallada acerca del ángulo I.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO ÁNGULO II

En la tabla VI se presenta el análisis descriptivo de las mediciones angulares obtenidas por cada grupo etario para el ángulo II.

Ángulo II									
Variable	n	Media	Desviación Estándar	± I.C. (95%)	Varianza	Coefficiente Variación%	Mínimo	Mediana	Máxima
Grupo A	43	86,742	2,948	0,881	8,691	3,40	79	87	92
Grupo B	46	86,728	3,065	0,886	9,394	3,53	81	86,25	93,5
Grupo C	45	86,833	2,774	0,810	7,695	3,19	82	86,5	93,5
<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>86,768</b>	<b>2,911</b>	<b>0,493</b>	<b>8,471</b>	<b>3,35</b>	<b>79</b>	<b>86,5</b>	<b>93,5</b>

Tabla VI: Medidas descriptivas para el ángulo II.

El gráfico 9 representa la distribución de los valores obtenidos. La caja concentra el 50% de los datos, el bigote los restantes y la línea interna la mediana de los datos (\* representan datos escapados).

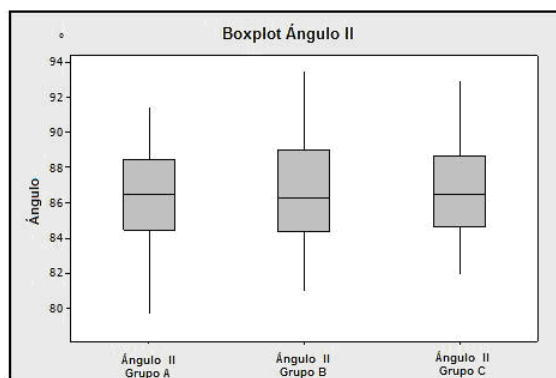


Gráfico 9: Boxplot ángulo II en los distintos grupos etarios.

### Análisis de significancia entre grupos etarios

Para el análisis inferencial de las mediciones obtenidas para el ángulo II, se llevó a cabo un test ANOVA de un factor aplicado a los tres grupos etarios con el fin de determinar posibles variaciones significativas.

El test se realizó bajo la hipótesis de igualdad de medias:

$H_0 =$  Existe igualdad entre las medias de grupo II en los tres grupos etarios.

Fuente	GL	SC	MS	F	P
Factor	2	0,29	0,15	0,02	<b>0,983</b>

SD total = 2,932                      R-Sq = 0,03%      R-Sq(adj) = 0,00%

El elevado valor p (0,983) indica que la evidencia muestral no permite rechazar la hipótesis nula acerca de la igualdad de medias entre los grupos, es decir no existen diferencias significativas entre los promedios del ángulo II en los 3 grupos etarios.

## Análisis de significancia según sexo

La tabla VII presenta un resumen de la dispersión de los datos según sexo, sin considerar grupo etario.

Ángulo II			
Sexo	Media	Desviación Estandar	Coefficiente Variación %
Femenino	86,508	2,912	3,366
Masculino	86,434	2,989	3,459

Tabla VII: Dispersión de los datos para el ángulo II según género.

Para determinar si existen diferencias significativas en el análisis del ángulo II al involucrar la variable género, se realizó una prueba T sin distinción de grupo etario, bajo la hipótesis de igualdad de medias.

*H0: Existe igualdad entre las medias para el ángulo II en ambos sexos.*

sexo	N	Media	DS	ES	Media
F	64	86,57	2,93	0,37	
M	50	86,43	2,97	0,42	

Estimado para la diferencia: 0,142313

95% CI para la diferencia: (-0,962738. 1,247363)

T-Test de diferencia = 0 (vs not =): T-valor = 0,26 **p = 0,799** GL = 104

A un nivel de significancia de 0.05, el valor p no permite rechazar la hipótesis nula de diferencias de las medias, por lo tanto no existe diferencias significativas para el ángulo II entre los diferentes grupos etarios.

### Análisis de significancia según sexo considerando grupos etarios

Se realizó una nueva prueba T para dos muestras independientes con el objetivo de analizar las diferencias del ángulo II según género, considerando ahora los grupos etarios. Las tablas VIII, IX y X entregan este análisis, considerando una confianza para las diferencias entre las medias al 95%.

#### GRUPO ETARIO A

	]-1,793 ; 2,238 [
Diferencia	0,222
t (Valor observado)	0,224
t (Valor crítico)	2,026
GDL	37
p-valor (bilateral)	<b>0,824</b>
alfa	0,05

Tabla VIII: Prueba T para dos muestras independientes para el grupo etario A.

#### GRUPO ETARIO B

	]-1,904 ; 2,295 [
Diferencia	0,195
t (Valor observado)	0,189
t (Valor crítico)	2,030
GDL	35
p-valor (bilateral)	<b>0,851</b>
alfa	0,05

Tabla IX: Prueba T para dos muestras independientes para el grupo etario B.

#### GRUPO ETARIO C

	]-1,747 ; 1,946 [
Diferencia	0,099
t (Valor observado)	0,109
t (Valor crítico)	2,028
GDL	36
p-valor (bilateral)	<b>0,914</b>
alfa	0,05

Tabla X: Prueba T para dos muestras independientes para el grupo etario C.

A partir de la información obtenida, se determina que no existen diferencias significativas para el ángulo II entre géneros, para ninguno de los grupos etarios.

En el anexo 9 se encuentra la gráfica más detallada acerca del ángulo II.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO ÁNGULO III

En la tabla XI se presenta el análisis descriptivo de las mediciones angulares obtenidas por cada grupo etario para el ángulo III.

Ángulo III									
Variable	n	Media	Desviación Estándar	± I.C. (95%)	Varianza	Coefficiente Variación%	Mínimo	Mediana	Máxima
Grupo A	43	8,928	2,620	0,783	6,864	29,35	2	9,5	13,9
Grupo B	46	8,696	2,643	0,764	6,985	30,39	1,5	8,75	13,5
Grupo C	45	8,611	3,852	1,125	14,838	44,73	-4	10	16,5
<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>8,742</b>	<b>3,075</b>	<b>0,521</b>	<b>9,457</b>	<b>35,18</b>	<b>-4</b>	<b>9,5</b>	<b>16,5</b>

Tabla XI: Medidas descriptivas para el grupo ángulo III.

El gráfico 10 representa la distribución de los valores obtenidos. La caja concentra el 50% de los datos, el bigote los restantes y la línea interna la mediana de los datos (\* representan datos escapados).

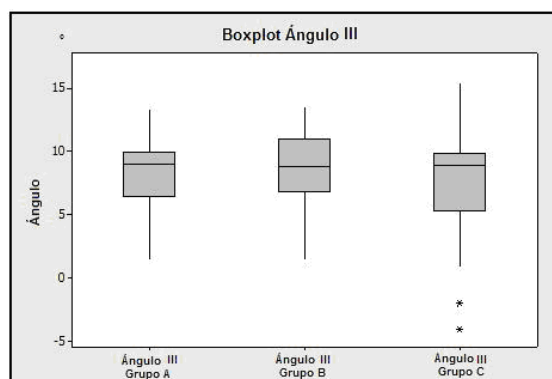


Gráfico 10: Boxplot ángulo III en los distintos grupos etarios.

### Análisis de significancia entre grupos etarios

Para el análisis del ángulo III, se llevó a cabo un test ANOVA de un factor aplicado a los tres grupos etarios con el fin de determinar posibles variaciones significativas.

El test se realizó bajo la hipótesis de igualdad de medias:

$H_0 =$  Existe igualdad entre las medias de grupo III en los tres grupos etarios.

```
Source   DF   SS   MS   F   P
grupo etario  2   7,38  3,69  0,42  0,658
Error     111  974,50  8,78
Total     113  981,88
S = 2,963  R-Sq = 0,75%  R-Sq(adj) = 0,00%
```

El valor p (0,658) indica que la evidencia muestral no permite rechazar la hipótesis nula acerca de la igualdad de medias entre los grupos, es decir no existen diferencias significativas entre los promedios del ángulo III en los 3 grupos etarios.

## Análisis de significancia según sexo

La tabla XII presenta un resumen de la estadística descriptiva según sexo, sin considerar grupo etario.

Ángulo III			
Sexo	Media	Desviación Estandar	Coficiente Variación %
Femenino	9,476	2,217	23,395
Masculino	8,647	2,666	30,830

Tabla XII: Estadística descriptiva para el ángulo III según género.

Para determinar si existen diferencias significativas en el análisis del ángulo III al involucrar la variable género, se realizó una prueba T de diferencia de medias para dos muestras (no pareadas) sin distinción de grupo etario, bajo la hipótesis de igualdad de medias.

*H0: Existe igualdad entre las medias para el ángulo III en ambos sexos.*

Sexo	N	Media	DS	ES Media
F	64	9,59	2,37	0,30
M	50	8,12	3,41	0,48

Diferencia =  $\mu(F) - \mu(M)$

Estimado de la diferencia: 1,46794

95% IC para la diferencia: (0,34369, 2,59219)

T-Test de diferencias = 0 (vs not =): T-Value = 2,60 **P-Value = 0,011** GL = 83

La prueba T arroja un p valor  $<0.05$  lo que sugiere rechazar H0 de igualdad de medias y considerar que sí existen diferencias significativas en cuanto a los promedios del ángulo III obtenidos por género. Sin embargo el valor p podría ser confuso ya que según lo observado en el gráfico 11, existen datos escapados que influyen en el test.

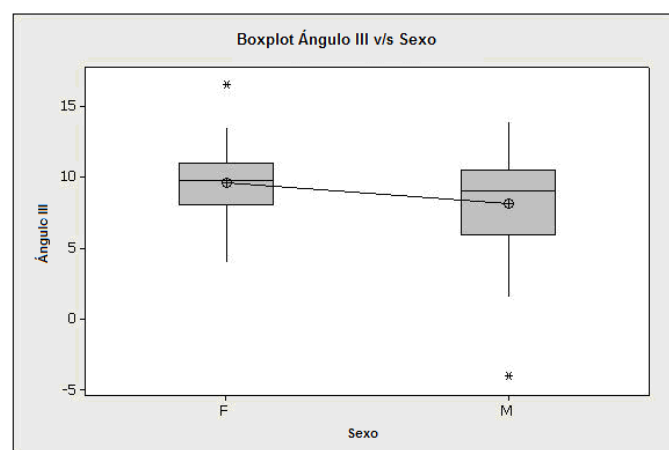


Gráfico 11: Boxplot para diferencia de medias por género en ángulo III según sexo.

Se observa que los datos -a pesar de ser normales-, se encuentran inversamente desbalanceados por dos valores individuales escapados en el extremo superior para mujeres (indicado con \*) y un valor escapado inferior masculino. Probablemente si ambos valores escapados fueran codireccionales (ambos superiores o ambos inferiores) o bien la muestra se hubiese sesgado intencionalmente en estos valores, las diferencias no hubiesen sido significativas.

## RELACIONES ENTRE ÁNGULOS

Con el fin de determinar como se relacionan entre sí los tres ángulos del estudio, se utilizaron los valores de las distintas pendientes para la gráfica de dispersión que relaciona cada par de variables. Los valores obtenidos se observan en la tabla XIII.

<b>Pendientes de Gráfica de Dispersión</b>			
	I-II	I-III	II-III
A	0,6723	-0,7074	0,0477
B	0,6660	-0,7120	0,0496
C	0,6720	-0,7103	0,0439
<b>TOTAL</b>	<b>0,6678</b>	<b>-0,7098</b>	<b>0,0503</b>

Tabla XIII: Pendientes para cada par de ángulos según grupo etario.

- La relación entre el ángulo I y el ángulo II según la pendiente obtenida (0,66) indica una asociación entre ambas medidas, que determina que a medida aumenta uno de ellos el otro también aumenta.
- La relación entre el ángulo I y el ángulo III según la pendiente obtenida (-0,70) indica una asociación entre ambas medidas, que determina que mientras uno de ellos aumenta el otro disminuye.
- La relación entre el ángulo II y el ángulo III según la pendiente obtenida (0,05) indica una muy leve asociación entre ambas medidas, que determina que la relación entre ellas sea casi despreciable.

Todas las correlaciones siguieron el mismo patrón en los tres grupos etarios.

En el anexo 10 se encuentra más detalladamente la gráfica de relación entre las distintas medidas angulares.

## **VI. DISCUSIÓN**

---

El modelo geométrico propuesto resultó válido para obtener valiosa información acerca del comportamiento que presenta el Plano de Frankfurt y la Base Craneal Anterior. La estabilidad del ángulo I sumada a la invariabilidad que mantuvo el ángulo II, son indicativos de que los planos que constituyen los ángulos no sufren inclinaciones durante el periodo de crecimiento.

Esta información se condice con la estabilidad que señala la literatura para la Base Craneal Anterior y el Plano Maxilar Posterior durante el crecimiento (Ramirez JA, 2001). Sin embargo, hasta ahora ningún autor ha cuestionado la estabilidad del Plano de Frankfurt en esta etapa, aunque si es utilizado con frecuencia como plano referencial.

Los resultados de este estudio señalan variaciones despreciables en el ángulo formado entre el Plano de Frankfurt y la Vertical Maxilar Posterior en los distintos grupos etarios. Dada la inalterabilidad antes descrita para la Vertical Maxilar, se puede deducir que el Plano de Frankfurt permanece constante en cuanto a su inclinación durante la etapa de crecimiento. Esta información es muy valiosa ya que confirma la estabilidad del Plano que hasta ahora era sólo empírica.

A pesar de esto, se podría cuestionar que la invariabilidad en las mediciones de los ángulos I y II podría deberse a una rotación del modelo geométrico en torno a un punto arbitrario (Sella, en el caso de la figura 22), pero esta situación implicaría un movimiento proporcional y sincrónico de los seis puntos que lo conforman, lo que es prácticamente imposible según los vectores de crecimiento craneofacial establecidos.

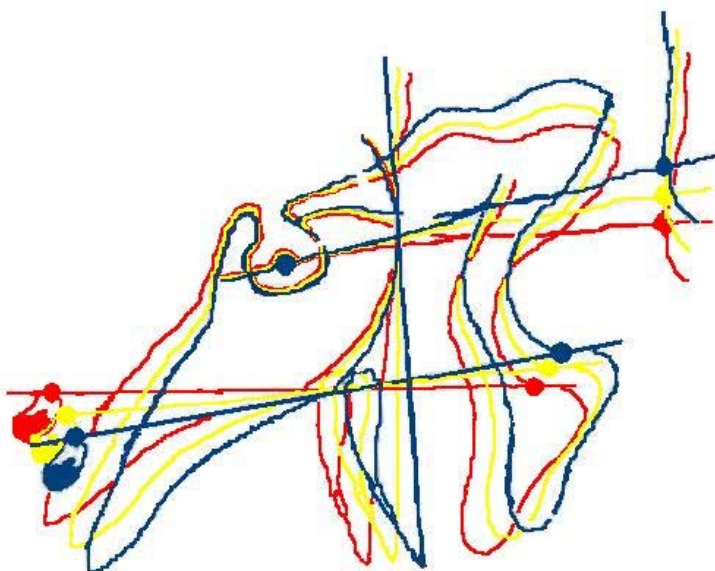


Figura 22: Diagrama de una posible rotación del modelo geométrico sobre Sella, en donde se mantienen inalterables las angulaciones.

Las desviaciones estándar encontradas en este estudio para el ángulo II, determinaron bajos coeficientes de variación para el Plano de Frankfurt, lo que permite inferir que no existen grandes variaciones entre individuos. Asimismo, este coeficiente se mantiene con valores similares para los tres grupos etarios, lo que sugiere que los individuos que presentan variaciones marcadas respecto al promedio mantienen esta condición a lo largo de toda la etapa de crecimiento.

Por otro lado, la relación entre la Base Craneal Anterior y la Vertical Maxilar Posterior ha sido recientemente documentada, obteniendo resultados compatibles con los del presente estudio. Ramirez JA (2001) trabajó con el complemento del ángulo I y obtuvo un valor de  $102.1^\circ$  (por lo tanto,  $77.9^\circ$  para el ángulo I), lo que es muy similar con la media de  $78,02^\circ$  que se obtuvo en esta investigación. En ninguno de los dos estudios se halló diferencias significativas entre grupos etarios, lo que sugiere que el ángulo I se presenta invariable durante el crecimiento.

A diferencia de lo que ocurre con el ángulo II, la desviación estándar obtenida para el ángulo I es amplia en todos los grupos, existiendo un gran grado de dispersión en los datos. La situación anterior viene a confirmar la amplia variabilidad en la inclinación de la Base Craneal Anterior de la que hablan muchos autores (Quirós, 2006; Castro, 2008; Madsen, 2008; Graber, 2003). Además, se halló un aumento progresivo en las desviaciones estándar en los grupos etarios, lo que podría deberse más que a una dispersión real aumentada, a la presencia de algunos datos que se alejan notoriamente del promedio.

Diversos autores han estudiado la relación entre el Plano de Frankfurt y la Base Craneal Anterior llegando a valores similares entre sí. En este estudio, al considerar el intervalo de confianza para las mediciones obtenidas, el resultado promedio para el ángulo III que relaciona estos dos planos, está entre  $8.2^\circ$  y  $9.2^\circ$  (con un promedio de  $8.7^\circ$ ), valores muy cercanos a los obtenidos por Segner (1993), el que estableció un valor entre  $7.8^\circ$  y  $9.3^\circ$ .

Otros autores plantean que el promedio es casi invariablemente de  $7^\circ$  (Proffit, 2001), mientras que Alves (2008) habla de una inclinación de  $7.91^\circ$ , pero con amplias variaciones entre individuos. Los resultados obtenidos en este estudio son compatibles con la última afirmación, ya que se hallaron desviaciones estándar amplias y aún mayores coeficientes de variabilidad, lo que se condice con una mayor dispersión para el ángulo III entre individuos. Se debe considerar que al ser ángulos pequeños, la dispersión afecta más el promedio.

Greiner (2004) señala un aumento de  $3.1^\circ$  en la relación entre el Plano de Frankfurt y la Base Craneal Anterior durante el crecimiento, lo que se contrapone a los resultados del presente estudio, el que no halló diferencias significativas en el valor del ángulo III en los distintos grupos etarios. De todas formas, los resultados de Greiner se pueden prestar para controversias debido a que su muestra de cráneos secos era muy reducida y a que los grupos a estudiar eran muy extremos, sin asignar un valor al comportamiento de los planos en etapa puberal.

Águila (1996) y Quirós (2006) establecen diferencias para el ángulo III ligadas al sexo, donde los hombres presentan mayores angulaciones que las mujeres. Los resultados del presente estudio, señalan una diferencia significativa entre sexos, pero con valores mayores para las mujeres. Esta situación pudo deberse al alejamiento de algunos de los datos respecto al promedio, debido a que en ciertos sujetos la Base Craneal y el Plano de Frankfurt no convergen hacia atrás, si no hacia delante, lo que ocasiona valores negativos. Estos valores indican que la intersección de los puntos se produjo hacia delante y aumentan el grado de dispersión.

Dado el patrón geométrico propuesto para este estudio, el valor del ángulo III está determinado por los ángulos I y II. A su vez, la gráfica que relacionan cada par de ángulos, indican una asociación positiva entre el ángulo I y II y una asociación inversa entre los ángulos I y III, lo que es consistente de acuerdo al modelo establecido. La asociación entre el ángulo II y el ángulo III indican una muy leve asociación, situación que hace sugerir que el ángulo II tiene poca influencia en la variación del ángulo III, en comparación con la gran influencia del ángulo I. Por lo tanto, ante una variación del promedio entre la Base de Cráneo y el Plano de Frankfurt, es más probable de que ésta sea producto de variaciones en la Base Craneal Anterior. Esto puede deberse a la gran variabilidad en la inclinación del la Base Craneal Anterior, en contraste con las menores variaciones que sufre el Plano de Frankfurt.

No se puede dejar de mencionar que este estudio está sujeto a limitaciones propias del uso de radiografías. A pesar ser muy valiosas para el adecuado diagnóstico y tratamiento, se deben considerar las dificultades de trabajar en dos dimensiones. En general, no existen problemas para la ubicación de puntos como Sella y Nasion, pero la validez y precisión de Porion y Orbital es controversial. La literatura documenta dificultades para su localización originados de su bilateralidad y por la superposición de otras estructuras. Kathopolius (1986) establece que la validez de Porion es superior a la de Orbital, mientras que Segner (1993) otorga bajos grados de confiabilidad a ambos puntos, al igual que Romero (2004). Para obviar estos problemas de identificación, la investigación incluyó tres marcas de especialistas experimentados las que fueron promediadas para el análisis.

En estudios como éste en los que se trabaja con distancias tan reducidas, es de suma importancia valorar el error e intentar limitarlo lo máximo posible, debido a que cualquier error milimétrico puede afectar las mediciones en mayor grado de lo que se desea medir. Los errores entre operadores se descartan para el presente estudio debido a que todos lo trazados y mediciones fueron realizados por el mismo operador.

## **VII. CONCLUSIONES**

El plano de Frankfurt presenta una clara estabilidad durante el crecimiento y desarrollo craneofacial y bajas variaciones interindividuales, lo que lo transforma en un plano cefalométrico referencial confiable para determinar otras mediciones craneofaciales. El único inconveniente para su utilización, es la dificultad de localización propia de los puntos bilaterales que lo conforman. Por lo tanto, no existe evidencia suficiente para descartar la hipótesis de estabilidad planteada al inicio.

De los resultados conseguidos, se puede establecer que:

1. Los promedios obtenidos para el valor del ángulo II que relaciona el Plano de Frankfurt y la Vertical Maxilar son los siguientes:

<b>GRUPO ETARIO</b>	<b>Valores promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>
<b>Grupo etario A (infantil):</b>	<b>86.742° ± 0.881°</b>	<b>2.948°</b>
<b>Grupo etario B (prepuberal):</b>	<b>86.728° ± 0.886°</b>	<b>3.065°</b>
<b>Grupo etario C (juvenil):</b>	<b>86.833° ± 0.810°</b>	<b>2.774°</b>
<b>TOTAL</b>	<b>86.768° ± 0.493°</b>	<b>2.911°</b>

*Tabla XIV: Tabla resumen ángulo II según grupo etario.*

2. Los valores anteriormente señalados determinan una notable estabilidad de las medias para el ángulo II, no existiendo una diferencia significativa entre los diferentes grupos etarios.
3. No existe una diferencia significativa entre las medias del ángulo II al considerar género, en ninguno de los grupos etarios.
4. Los promedios obtenidos para el valor del ángulo I que relaciona la Base Craneal Anterior y la Vertical Maxilar son los siguientes:

<b>GRUPO ETARIO</b>	<b>Valores promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>
<b>Grupo etario A (infantil):</b>	<b>77.814° ± 1.060°</b>	<b>3.546°</b>
<b>Grupo etario B (prepuberal):</b>	<b>78.033° ± 1.171°</b>	<b>4.053°</b>
<b>Grupo etario C (juvenil):</b>	<b>78.222° ± 1.388°</b>	<b>4.752°</b>
<b>TOTAL:</b>	<b>78.026° ± 0.699°</b>	<b>4.126°</b>

*Tabla XV: Tabla resumen ángulo I según grupo etario.*

5. Los valores anteriormente señalados determinan estabilidad de las medias para el ángulo I, no existiendo una diferencia significativa entre los diferentes grupos etarios. Las altas variaciones estándar son indicativas de grandes variaciones interindividuales.
6. No existe una diferencia significativa entre las medias del ángulo I al considerar género, en ninguno de los tres grupos etarios.

7. Los promedios obtenidos para el valor del ángulo III que relaciona el Plano de Frankfurt y la Base Craneal Anterior son los siguientes:

<b>GRUPO ETARIO</b>	<b>Valores promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>
<b>Grupo etario A (infantil):</b>	<b>8.928° ± 0.783°</b>	<b>2.620°</b>
<b>Grupo etario B (prepuberal):</b>	<b>8.696° ± 0.764°</b>	<b>2.643°</b>
<b>Grupo etario C (juvenil):</b>	<b>8.611° ± 1.125°</b>	<b>3.852°</b>
<b>TOTAL:</b>	<b>8.742° ± 0.521°</b>	<b>3.075°</b>

*Tabla XVI: Tabla resumen ángulo III según grupo etario.*

8. Los valores anteriormente señalados determinan la estabilidad de las medias para el ángulo III, no existiendo una diferencia significativa entre los diferentes grupos etarios.
9. Se halló una diferencia significativa para el ángulo III entre ambos géneros, donde las mujeres alcanzaron valores mayores. Probablemente, esta situación se presentó debido a ciertos datos muy alejados del promedio.

## **VIII. SUGERENCIAS**

---

1. Ante estudios similares, se sugiere obtener una muestra más actual y de características longitudinales, donde se realice un seguimiento de las telerradiografías de los mismos pacientes a medida que avanzan en el proceso de crecimiento.
2. Se sugiere utilizar el mismo modelo geométrico para estudiar la relación del Plano de Frankfurt y la Base Craneal Anterior en individuos dolicofaciales y braquifaciales, para contrastar posibles diferencias.
3. Con el fin de facilitar la ejecución de los trazados y realizar mediciones con un grado mayor de exactitud, se sugiere digitalizar los procesos e incorporar la tecnología computacional en futuros estudios.

## **IX. RESUMEN**

El plano de Frankfurt es actualmente muy utilizado como línea de referencia horizontal en diversos análisis cefalométricos, sin que se cuestione su estabilidad durante el período de crecimiento. El crecimiento es un proceso que involucra diferentes cambios, lo que podría hacer suponer que los puntos Porion y Orbital varían su posición durante el desarrollo de las estructuras óseas. Sin embargo, no se tiene la certeza de si se trata de un simple crecimiento proporcional o involucra también un cambio en la inclinación del plano que se forma al unir ambos puntos.

El objetivo de esta investigación es comparar la estabilidad del Plano de Frankfurt intracraneal contrastando la edad infantil (6 a 8 años) con la prepuberal (10 a 12 años) y la juvenil (18 a 21 años). Se tomará como referencia la base craneal y la vertical maxilar durante el crecimiento craneofacial.

Se realizó un estudio descriptivo en el que se analizaron 150 Telerradiografías Laterales de Cráneo de sujetos ortognatas Clase I de Angle sin tratamiento ortodóncico, pacientes de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso.

Los datos se analizaron a través de estadística descriptiva e inferencial con el programa estadístico MiniTab.

Los resultados sugieren que no existen diferencias significativas en la inclinación del plano de Frankfurt en los tres grupos etarios. Además, los bajos coeficientes de variación encontrados, sugieren sólo leves diferencias entre individuos, lo que lo transforma en un plano confiable para ser utilizado como referencia durante el período de crecimiento.

## **X. BIBLIOGRAFÍA**

---

- Águila J., (1996) *Manual de Cefalometría*. Editorial Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, Sevilla. 4: 87-117.
- Ajayi E., (2005) "Cephalometric norms of Nigerian children" en *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, Noviembre 2005. 128:653-656.
- Alves P., J. Mazucheli y C. Vogel (2008) "A protocol for cranial base reference in cephalometric studies en *J Craniofac Surg*, Enero 2008. 19:211-215.
- Barturen A., (1980) "Análisis Crítico de las Definiciones y la Determinación Práctica de puntos Craneométricos y Cefalométricos" . Tesis para optar al título de Cirujano Dentista. Valparaíso, Facultad de Medicina, Escuela de Odontología, Universidad de Chile.
- Canut, J. y G. Brusola, (1999) *Ortodoncia Clínica*. Editorial Salvat, 6° edición, Barcelona. 2:71-78.
- Castro J., (2008) "Análisis Wits, inclinación del plano Silla Nasion en las relaciones intermaxilares" en *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*.
- Companioni A., (2007) "Historical sketch of radiographic cephalometry".
- Chang H., (1998) "Craniofacial pattern of young adults with various types of malocclusion" en *Kaohsiung J Med*, Marzo 1998. 14:168-176.
- Enlow D., (1990) *Crecimiento Maxilofacial*. Editorial Interamericana McGraw Hill, México. 2:26-57.
- Incisivo V., A. Silvestri, (2000) "The reliability and variability of SN and PFH reference planes in cephalometric diagnosis and therapeutic planning of dentomaxillofacial malformations" en *J Craniofac Surg*, Enero 2000. 1:31-38.
- Kathopoulis E., K. Konstantinos, U. Hagg y K. Hansen, (1986) "Validación y Precisión en la Identificación de los Puntos Cefalométricos" en Águila J., *Manual de Cefalometría*, Editorial Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, Sevilla.
- Kuroe K., (2004) "Variation in the cranial base orientation and facial skeleton in dry skulls sampled from three major populations" en *Eur J Orthod*, Abril 2004. 26:201-207.
- Gliddon MJ., (2006) "The accuracy of cephalometric tracing superimposition" en *J Oral Maxillofac Surg*, Febrero 2006. 64:194-202.
- Graber T. y R. Vanarsall, (2003) *Ortodoncia: Principios generales y técnicas*. Editorial Médica Panamericana, 3° edición, Buenos Aires. 4:222-253.
- Greiner P., (2004) "The angle between the Frankfort horizontal and the sella-nasion line, changes in Porion and Orbitale position during growth" en *J Orofac Orthop*, Mayo 2004. 65:217-222.
- Madsen D. y W. Sampson (2008) "Craniofacial referente plane variation and natural head position en *Eur J Orthod*, Julio 2008. 19:211-215.
- Moyers R., (1992) *Manual de Ortodoncia*. Editorial Médica Panamericana, 4° edición, Buenos Aires. 2:12-17.

- Oka T. y T. Kawamoto, (1994) "Craniofacial patterns of Japanese adults with various types of malocclusion: a counterpart analysis" en *Osaka Dent Univ*, Diciembre 1994. 28:201-216.
- Pineda E., L. de Alvarado y F. de Canales, (1994). *Metodología de la Investigación*. Ediciones Organización Panamericana de la Salud, 2° edición, Washington. 4:77-161.
- Proffit W., (2001) *Ortodoncia Contemporánea: Teoría y Práctica*. Ediciones Harcourt, 3° edición, Madrid. 3:77-106.
- Proffit W., (1995) *Ortodoncia Teoría y Práctica*. Ediciones Mosby, 2° edición, Madrid. 2: 8-55.
- Quevedo L. y G. Jeldes, (2004) Análisis Cefalométricos y Estéticos más utilizados en la planificación del tratamiento para Cirugía Ortognática. Editorial Universidad de Chile, Santiago. 2:51-93.
- Quirós O., (2006) "La base anterior del cráneo: Consideraciones de tamaño e inclinación"
- Quirós O., (2005) "The apparent skeletal malocclusion" en *Acta Odontol. Venez*, número 43:71-78.
- Ramírez JA., (2001) "Estudio Craneométrico del Comportamiento de la base craneal en su disposición espacial en tres grupos etarios de una muestra de individuos chilenos (V región). Tesis para optar al título de Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilofacial. Valparaíso, Facultad de Odontología, Escuela de Graduados, Universidad de Valparaíso.
- Ramírez JA., (2004) "Estudio Cefalométrico de la estabilidad del Plano Oliva Orbital a través de un modelo geométrico en distintos grupos etarios". Valparaíso, Facultad de Odontología, Escuela de Graduados, Universidad de Valparaíso (En proceso de publicación).
- Romero N, (2004) "Precisión en la Localización de los Puntos Cefalométricos en un análisis de Radiografía Lateral". Tesis para optar al título de Cirujano Dentista. Lima, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Segner D., (1993) Stability of the craneofacial pattern during growth. Ediciones House, Hamburgo. 3:67-95.
- Salkind N., (1999) *Métodos de Investigación*. Ediciones Prentice Hall, 3° Edición, México. 6:64-86.
- Taucher E., (1997) *Biostatística*. Editorial Universitaria, 2° edición, Santiago de Chile. 11:111-122.
- Viazis A., (1995) *Atlas de Ortodoncia: Principios y aplicaciones clínicas*. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires. 3:79-99.
- Vukusic N., M. Lapter y Z. Murretic (2000) "Change in the inclination of the occlusal plane during craniofacial growth and development" en *Coll Antropol.*, Junio 2000. 24:145-150.
- Zamora C., (2004) Compendio de Cefalometría: Análisis Clínico y Práctico. Ediciones Amolca, Colombia. 3:17-24.

## **XI. ANEXOS**

---

## **ANEXO 1: Etapas del Crecimiento y Desarrollo**

**PRIMERA INFANCIA (0 a 3 años):** Ocurre un gran crecimiento en talla, se logra doblar la estatura en este período. El peso aumenta de 3 a 12 kg. En este período se establece la dentición y oclusión temporal.

**SEGUNDA INFANCIA (3 a 6 años):** Incremento en peso y talla menor que en la primera infancia. El crecimiento es mayor en ancho que en alto. El peso se aumenta 1,5 kg por año. A los 6 años ya podría erupcionar el primer molar definitivo.

**TECERA INFANCIA (6 a 10 años en niñas, 6 a 11 años en niños):** Disminuye el crecimiento cefálico que anterior a esto se advirtió notablemente aumentado debido al desarrollo neural. Se establece la dentición mixta.

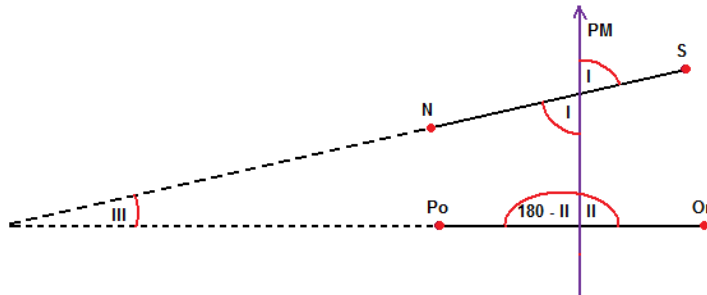
**PREPUBERTAD (10 a 13 años en la mujer, 11 a 14 años en el hombre):** Esta etapa es donde ocurre el Peak de crecimiento puberal. Hay un notable crecimiento de las extremidades, mientras que la talla aumenta en el orden de 7 cm por año. La menarquía en la mujer es signo de su avance en cuanto al desarrollo.

**PUBERTAD (13 a 15 años en la mujer, 14 a 16 años en el hombre):** Presencia de características sexuales secundarias. Aumenta el peso y la talla, pero ya la curva de crecimiento comienza a decrecer y estabilizarse.

**POSTPUBERAL (15 a 16 años):** Concluye el crecimiento de la mujer, estabilidad de todos los factores.

**JUEVENTUD (18 a 20 años):** Concluye el crecimiento en el hombre, estabilizándose la curva de crecimiento.

## ANEXO 2: Determinación de fórmula para calcular ángulo III



Si consideramos que “La suma de los ángulos internos de cualquier triángulo siempre sumará 180”, entonces:

$$I + (180 - II) + III = 180$$

$$I + 180 - II + III = 180$$

$$I - II + III = 180 - 180$$

$$I - II + III = 0$$

$$II - I = III$$

Por lo tanto:

$$\text{ÁNGULO III} = \text{ÁNGULO II} - \text{ÁNGULO I}$$



## **ANEXO 4: Criterios de estandarización localización de puntos**

**para**

### **Plano Sella-Nasion**

Plano que va desde el punto Nasion (N) al punto Sella (S), determinando la Base Craneal Anterior.

NASION (N): Punto más anterior de la sutura frontonasal, ubicado sobre el plano sagital medio. Si el extremo anterior de la sutura forma una “V” entre el frontal y nasal, se utiliza el punto más posterior de esta “V”.

SELLA (S): Punto ubicado en el centro de la silla turca del esfenoides, justo en medio de la zona de mayor diámetro.

### **Plano de Frankfurt**

Plano horizontal que va desde el Punto Orbital (Or) al punto Porion (Po). Se considerará como Porion verdadero y Orbital Verdadero al promedio de las tres mediciones realizadas por distintos operadores, los que identificaron los puntos de acuerdo a los siguientes criterios:

ORBITAL (Or): Punto más inferior ubicado sobre el borde inferior de la órbita. Si se presentan dos contornos, es utilizado el punto medio de la línea que conecta los dos puntos más inferiores.

PORION (Po): Punto más alto ubicado sobre el meato auditivo externo. Si se presentan dos contornos, es utilizado el punto medio de la línea que conecta los dos puntos más superiores.

### **Recta Maxilar Posterior**

La Recta Maxilar Posterior se define como el plano vertical que se extiende desde la sincondrosis esfenoides a la zona más inferior de la fosa Pterigomaxilar.

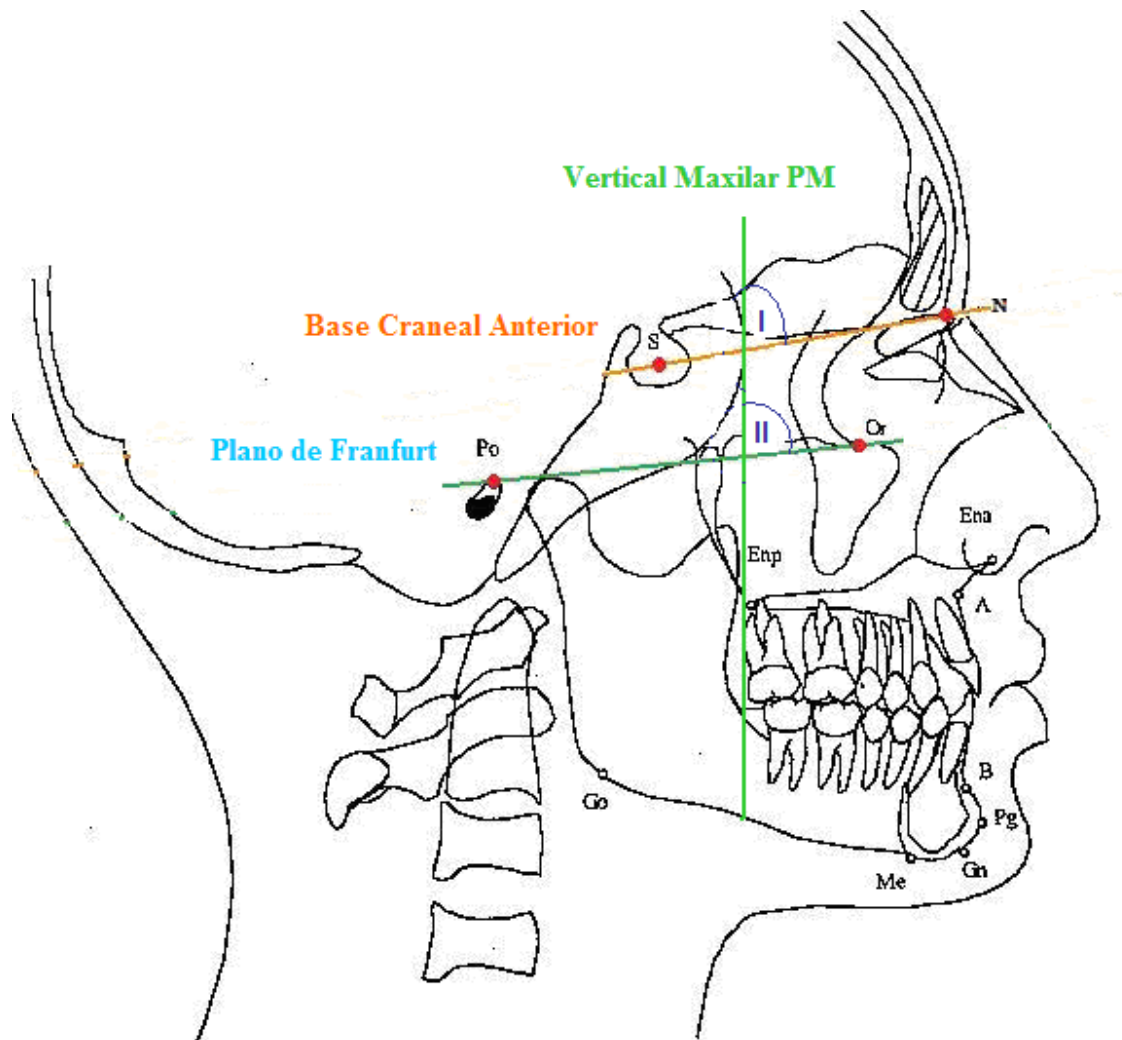
SINCONDROSIS ESFENOETMOIDAL: Ubicada en la intersección de las alas mayores del esfenoides con el piso craneal anterior.

FOSA PTERIGOMAXILAR: Punto radiográfico que se utiliza para identificar la tuberosidad maxilar; formado por la divergencia del maxilar en relación con las apófisis pterigoides del esfenoides, en un área que forma una “lágrima” invertida y alargada.

## ANEXO 5: Ficha de Registro de Datos

FICHA DE REGISTRO DE DATOS	
_____ Datos personales paciente _____	
Nombre:	_____
Edad:	_____ años
Sexo:	_____ Femenino _____ Masculino
_____ Identificación de la Cefalometría _____	
Telerradiografía número:	_____
Grupo etáreo:	_____ Infantil ( 6 a 8 años) _____ Pre puberal (10 a 12 años) _____ Juvenil (18 a 21 años)
_____ Medidas angulares (en grados) _____	
Ángulo I:	_____
Ángulo II:	_____
Ángulo III:	_____

## ANEXO 6: Trazados y Mediciones del estudio



## ANEXO 7: Base de Datos y Tablas

BASE DE DATOS DE LAS MEDICIONES						
Identificación de la Radiografía	Grupo Etario	Sexo	Ángulo I (°)	Ángulo II (°)	Ángulo III (°)	
1	A	F	76	88	12	
2	B	F	77,5	88,5	11	
3	C	F	78,5	88	9,5	
4	A	M	76	85	9	
5	B	F	73,5	82	8,5	
6	C	M	70	82	12	
7	A	M	77,5	87	9,5	
8	B	M	80	86,5	6,5	
9	C	F	78	91	13	
10	A	M	82,5	92	9,5	
11	B	F	75	82	7	
12	C	F	78	88,5	10,5	
13	A	M	77	87	10	
14	B	F	83	93	10	
15	C	F	81,5	92	10,5	
16	A	M	78	88	10	
17	B	D	80	90	10	
18	C	F	73	84	11	
19	A	M	73,5	83	9,5	
20	B	F	80,5	86	5,5	
21	C	M	74,5	84	9,5	
22	A	M	79	86	7	
23	B	M	75,5	86	10,5	
24	C	D	80,5	87	6,5	
25	A	D	81	88	7	
26	B	M	75,5	81	5,5	
27	C	F	81	85	4	
28	A	F	68	79	11	
29	B	M	75	84	9	
30	C	F	80,5	86	5,5	
31	A	F	79	86,5	7,5	
32	B	F	76,5	86	9,5	
33	C	F	76,5	87	10,5	
34	C	M	74	86	12	
35	A	F	78	88	10	
36	A	M	72,5	86	13,5	
37	B	M	76	83	7	
38	C	M	78	85	7	
39	C	M	83	88,5	5,5	
40	B	F	78	87,5	9,5	
41	A	M	78,5	84	5,5	
42	B	F	79	84,5	5,5	

Identificación de la Radiografía	Grupo Etario	Sexo	Ángulo I (°)	Ángulo II (°)	Ángulo III (°)
43	C	F	76	84,5	8,5
44	C	M	85	93	8
45	B	M	83,5	85	1,5
46	B	F	73,5	87	13,5
47	A	F	80	89	9
48	C	F	74	86,5	12,5
49	B	M	80,5	85,5	5
50	C	F	74,5	86	11,5
51	A	F	76	86	10
52	B	F	84	92	8
53	B	M	84	89	5
54	A	F	83	90	7
55	C	F	82	89	7
56	C	D	74,5	87	12,5
57	C	F	79	90	11
58	B	M	79	86	7
59	A	D	79,5	87,5	8
60	A	F	78,5	88	9,5
61	B	F	74	84	10
62	B	F	75	84,5	9,5
63	C	F	70,5	83	12,5
64	C	F	74	90,5	16,5
65	C	F	77	87	10
66	B	M	73,5	84,5	11
67	A	M	78	84,5	6,5
68	A	M	77	81	4
69	B	F	73,5	83,5	10
70	A	D	84	86	2
71	C	F	73	82	9
72	C	D	93,5	91,5	-2
73	B	M	82	91	9
74	A	D	79	84,5	5,5
75	A	F	78	86,5	8,5
76	C	F	78	84,5	6,5
77	B	F	79,5	89,5	10
78	B	F	79,5	86,5	7
79	C	D	81	91,5	10,5
80	A	M	77	86,5	9,5
81	B	F	75	86,5	11,5
82	B	F	77	90	13
83	C	M	79	89	10
84	B	D	84,5	92,5	8
85	C	F	75	85,5	10,5
86	A	F	86	91	5
87	A	M	73,5	83	9,5
88	B	D	82	88	6
89	B	M	71,5	84	12,5
90	C	M	88	90	2

Identificación de la Radiografía	Grupo Etario	Sexo	Ángulo I (°)	Ángulo II (°)	Ángulo III (°)
91	C	D	74	86	12
92	B	M	71	83,5	12,5
93	B	D	77,5	86	8,5
94	A	F	78	89,5	11,5
95	A	M	77	89	12
96	A	F	80	89	9
97	C	M	81,5	87	5,5
98	B	D	74,5	86	11,5
99	C	M	78	88	10
100	A	M	77	90,5	13,5
101	B	F	73	85	12
102	C	F	75,5	85,5	10
103	C	M	74	84,5	10,5
104	B	M	88	93,5	5,5
105	B	F	80,5	86,5	6
106	A	F	78,5	88	9,5
107	A	M	80,5	91	10,5
108	C	M	76,5	87	10,5
109	B	D	83	90	7
110	A	F	74	82	8
111	A	F	79	90	11
112	C	F	74	85,5	11,5
113	B	F	70,5	83,5	13
114	B	D	81	88	7
115	C	M	77,5	82,5	5
116	C	M	88	84	-4
117	A	M	80	86	6
118	B	F	75,5	83,5	8
119	B	M	82,5	89	6,5
120	C	F	74	83,5	9,5
121	C	M	80	87	7
122	C	M	79,5	86	6,5
123	C	D	84,5	90,5	6
124	B	F	79	87	8
125	A	M	81	87	6
126	A	F	81	88	7
127	B	D	77	88	11
128	A	F	72	85	13
129	A	F	72	83,5	11,5
130	A	M	76	89,9	13,9
131	B	D	80	91	11
132	A	F	82	89,5	7,5
133	A	F	72	81	9
134	C	D	82	86	4

## Tablas de los Resultados Obtenidos para cada Grupo Etario

GRUPO A					
FEMENINO			MASCULINO		
I	II	III	I	II	III
76	88	12	76	85	9
68	79	11	77,5	87	9,5
79	86,5	7,5	82,5	92	9,5
78	88	10	77	87	10
80	89	9	78	88	10
76	86	10	73,5	83	9,5
83	90	7	79	86	7
78,5	88	9,5	72,5	86	13,5
78	86,5	8,5	78,5	84	5,5
86	91	5	78	84,5	6,5
78	89,5	11,5	77	81	4
80	89	9	77	86,5	9,5
78,5	88	9,5	73,5	83	9,5
74	82	8	77	89	12
79	90	11	77	90,5	13,5
81	88	7	80,5	91	10,5
72	85	13	80	86	6
72	83,5	11,5	81	87	6
82	89,5	7,5	76	89,9	13,9
72	81	9			
<b>77,55</b>	<b>86,88</b>	<b>9,33</b>	<b>77,45</b>	<b>86,65</b>	<b>9,21</b>
<b>PROMEDIOS</b>					

Tablas de los Resultados para el Grupo A

GRUPO B					
FEMENINO			MASCULINO		
I	II	III	I	II	III
77,5	88,5	11	80	86,5	6,5
73,5	82	8,5	75,5	86	10,5
75	82	7	75,5	81	5,5
83	93	10	75	84	9
80,5	86	5,5	76	83	7
76,5	86	9,5	83,5	85	1,5
78	87,5	9,5	80,5	85,5	5
79	84,5	5,5	84	89	5
73,5	87	13,5	79	86	7
84	92	8	73,5	84,5	11
74	84	10	82	91	9
75	84,5	9,5	71,5	84	12,5
73,5	83,5	10	71	83,5	12,5
79,5	89,5	10	88	93,5	5,5
79,5	86,5	7	82,5	89	6,5
75	86,5	11,5			
77	90	13			
73	85	12			
80,5	86,5	6			
70,5	83,5	13			
75,5	83,5	8			
79	87	8			
<b>76,93</b>	<b>86,30</b>	<b>9,36</b>	<b>78,50</b>	<b>86,10</b>	<b>7,60</b>
<b>PROMEDIOS</b>					

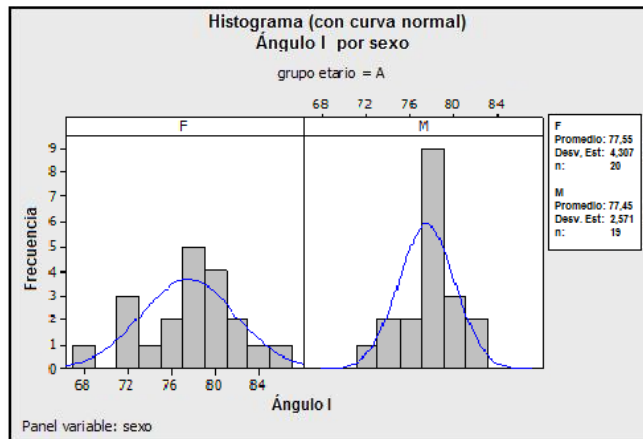
Tablas de los Resultados para el Grupo B

GRUPO C					
FEMENINO			MASCULINO		
I	II	III	I	II	III
78,5	88	9,5	70	82	12
78	91	13	74,5	84	9,5
78	88,5	10,5	74	86	12
81,5	92	10,5	78	85	7
73	84	11	83	88,5	5,5
81	85	4	85	93	8
80,5	86	5,5	79	89	10
76,5	87	10,5	88	90	2
76	84,5	8,5	81,5	87	5,5
74	86,5	12,5	78	88	10
74,5	86	11,5	74	84,5	10,5
82	89	7	76,5	87	10,5
79	90	11	77,5	82,5	5
70,5	83	12,5	88	84	-4
74	90,5	16,5	80	87	7
77	87	10	79,5	86	6,5
73	82	9			
78	84,5	6,5			
75	85,5	10,5			
75,5	85,5	10			
74	85,5	11,5			
74	83,5	9,5			
76,52	86,57	10,05	79,16	86,47	7,31
PROMEDIOS					

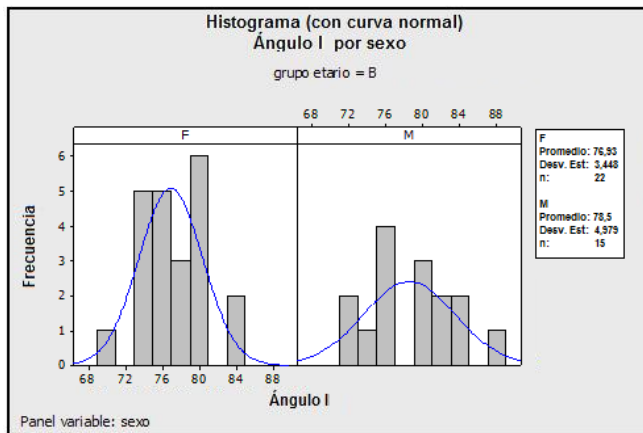
Tablas de los Resultados para el Grupo C

## ANEXO 8: Representación Gráfica del Ángulo I

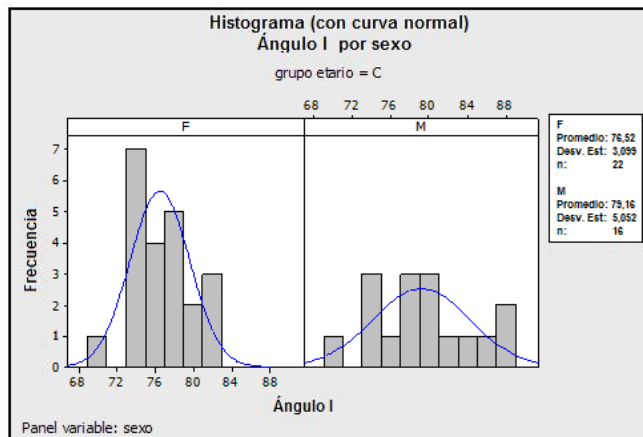
Histogramas por sexo según grupo etario:



Histograma Ángulo I por sexo, grupo etario A

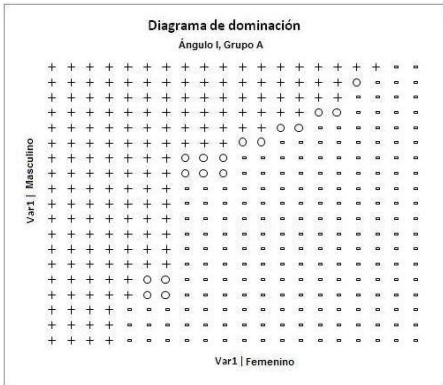


Histograma Ángulo I por sexo, grupo etario B

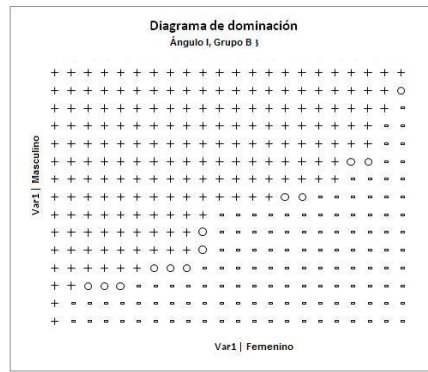


Histograma Ángulo I por sexo, grupo etario C

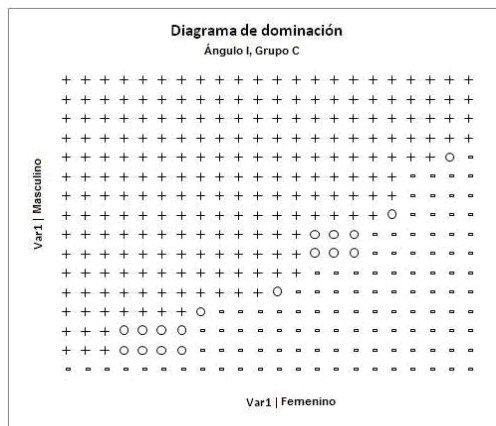
Diagramas de dominación según sexo para el ángulo I por grupos etarios:



Diagramas de dominación para el ángulo I por sexo, grupo etario A.



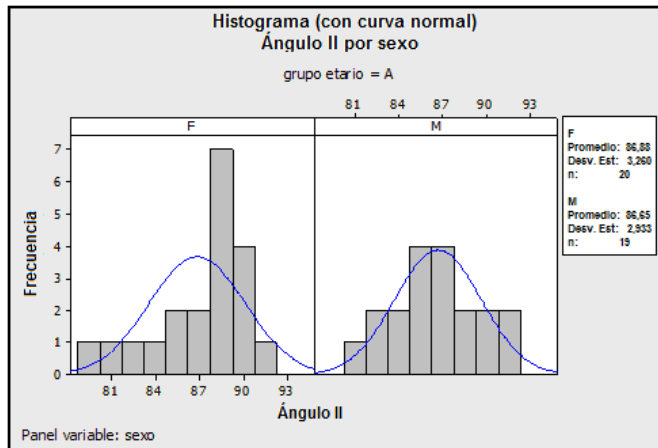
Diagramas de dominación para el ángulo I por sexo, grupo etario B.



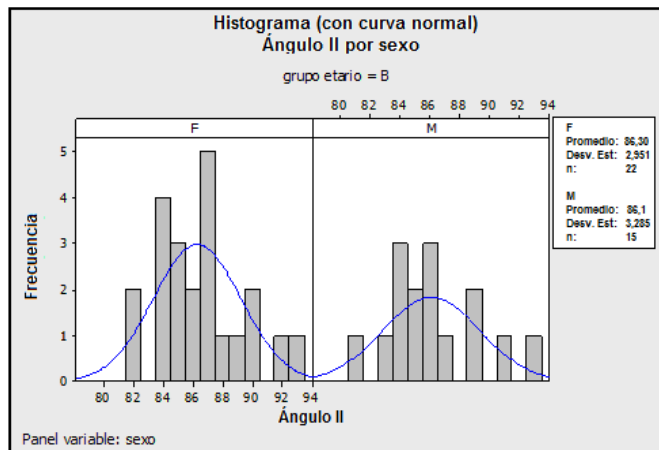
Diagramas de dominación para el ángulo I por sexo, grupo etario C.

## ANEXO 9: Representación Gráfica del Ángulo II

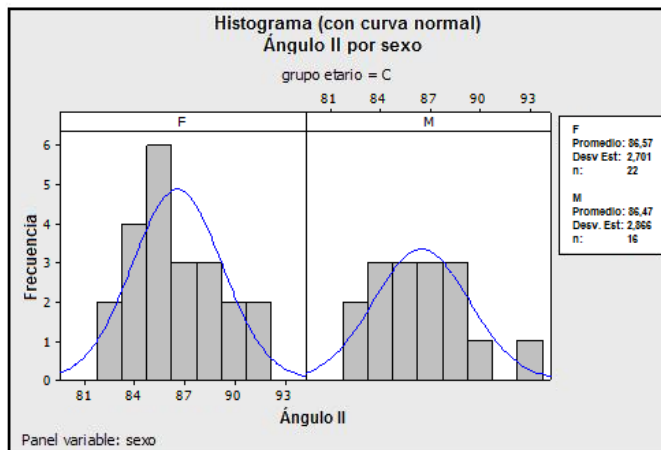
Histogramas por sexo según grupo etario:



Histograma Ángulo II por sexo, grupo etario A



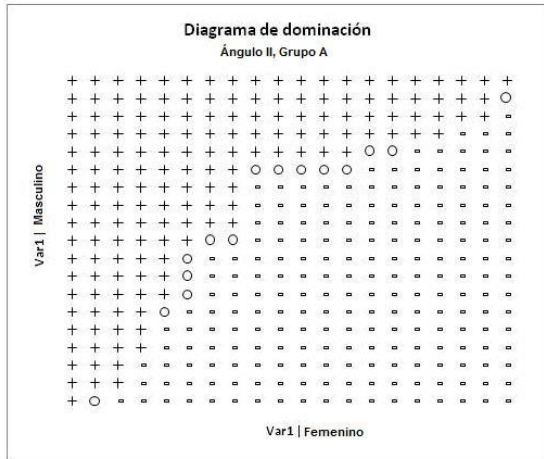
Histograma Ángulo II por sexo, grupo etario B



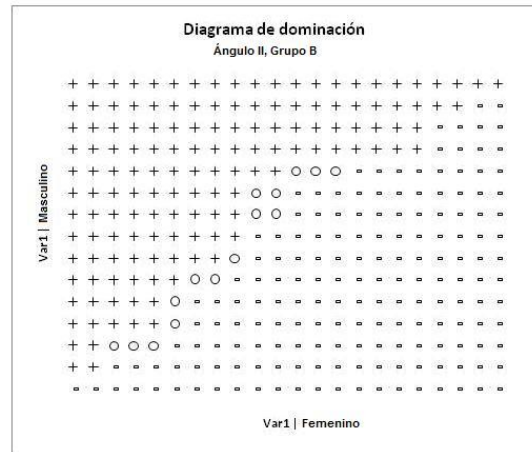
# Diagramas de dominaci

Histograma Ángulo II por sexo, grupo etario C

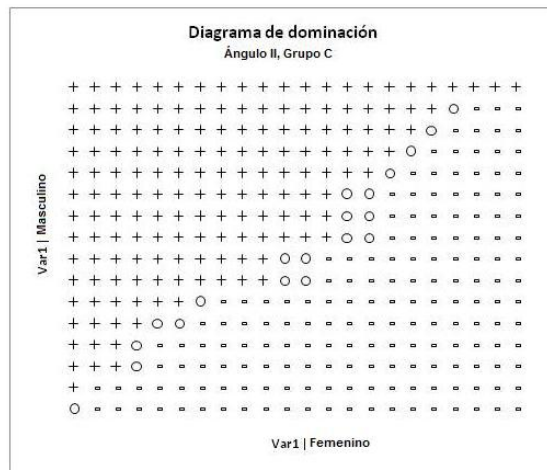
ipos etarios:



Diagramas de dominación para el ángulo II por sexo, Grupo etario A.



Diagramas de dominación para el ángulo II por sexo, Grupo etario B.



Diagramas de dominación para el ángulo II por sexo, Grupo etario C.

## ANEXO 10: Representación Gráfica entre variables angulares

Representación gráfica de comparación de la dispersión interna entre variables por grupo etario:

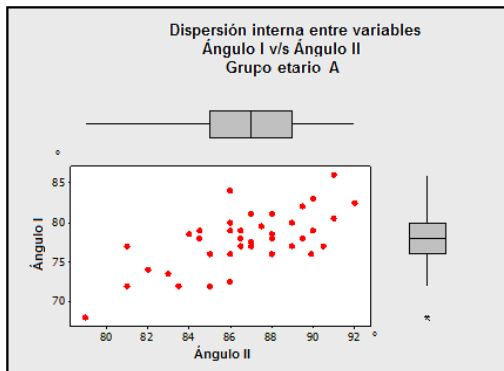


Gráfico de dispersión grupo etario A.

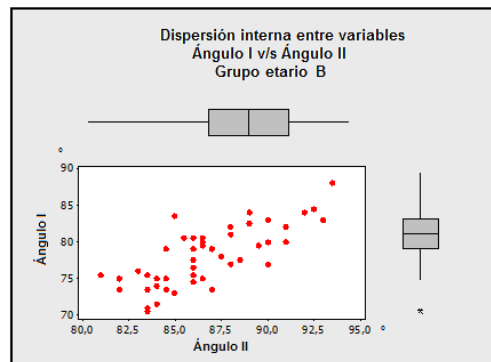


Gráfico de dispersión grupo etario B.

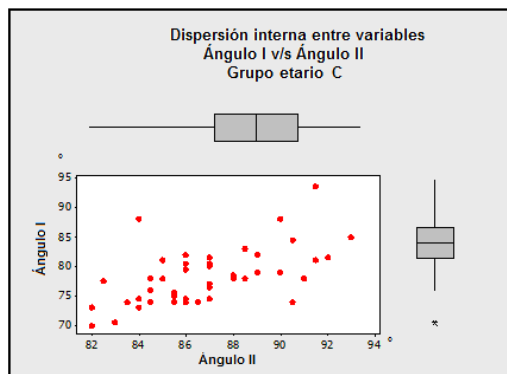


Gráfico de dispersión grupo etario C.