



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DEL NIÑO Y ORTOPEDIA  
DENTOMAXILAR ÁREA DE ORTODONCIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS  
ODONTOLÓGICAS  
CENTRO DE ANÁLISIS CUANTITATIVO EN ANTROPOLOGÍA  
DENTAL  
LABORATORIO DE FISIOLÓGÍA ORAL**

**“DESARROLLO DE UN ALGORITMO DE MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA  
PARA DIAGNÓSTICO DENTOEQUELETAL”**

**Natalia Bastidas Iribarra**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE**

**CIRUJANO-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL**

**Prof. Alejandro Díaz Muñoz**

**TUTORES ASOCIADOS**

**Prof. German Manríquez Soto**

**Prof. Aler Fuentes del Campo**

**Adscrito a Proyecto PRI-ODO 2019/06**

**Santiago – Chile**

**2021**

## **AGRADECIMIENTOS**

En los siguientes párrafos quisiera nombrar a aquellas personas que han sido parte de mi proceso estudiantil y profesional.

En primer lugar agradecer al Dr. Alejandro Diaz, tutor principal de este trabajo, por su gran apoyo y acompañamiento durante todo el proceso. Fue un excelente guía y destacar su disposición en todo momento.

Al Dr. Germán Manríquez, tutor asociado, por su apoyo en el desarrollo de este trabajo de investigación y agradecer su paciencia y disposición.

Al Dr. Aler Fuentes, tutor asociado, por su disposición y ayuda durante todo el proceso y las muchas correcciones.

A mis amigas que me acompañaron a lo largo de toda la carrera, su apoyo y amor fue fundamental durante todos esos años y espero que perdure por muchos años más.

A mis padres Paola y Patricio, por su amor infinito y por su apoyo en todos los momentos de dificultad.

A mis hermanas Paola y Antonia, las mejores amigas que la vida me dio y que siempre me acompañaran.

A Jorge, mi primer amor y padre de mi hijo, por estar día a día, por confiar en mí, por darme ánimos, por amarme y por todo su apoyo.

Finalmente agradecer a Gael, mi hijo, por ser mi motor y motivación día a día, te amo.

## ÍNDICE

I. RESUMEN	4
II. INTRODUCCIÓN	5
III. HIPÓTESIS	11
IV. OBJETIVOS	11
V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	11
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	12
VII. RESULTADOS	19
VIII. DISCUSIÓN	34
IX. CONCLUSIONES	49
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
XI. ANEXO 1	56
XII. ANEXO 2	57
XIII. ANEXO 3	58

## I. RESUMEN

**Introducción:** La cefalometría como análisis complementario, cumple un rol fundamental en la clasificación de las maloclusiones. Sin embargo, desde hace algún tiempo se ha cuestionado su capacidad diagnóstica, ya que presenta varias limitaciones al momento de evaluar la forma del complejo craneofacial. La Morfometría Geométrica es una herramienta que permite analizar las variaciones de forma en organismos y se presenta como posible respuesta a las limitaciones de la cefalometría convencional. En este estudio se creó un mapa morfométrico, mediante el uso de Morfometría Geométrica, para registrar la variación morfológica y evaluar su posible utilización como método complementario en el diagnóstico dentoalveolar. El objetivo de este estudio fue crear un marco de referencia morfométrico de la variación morfológica craneofacial que constituya la base del diagnóstico dentoalveolar.

**Materiales y método:** Se digitalizaron 439 telerradiografías de perfil en el programa TpsDig. La variación y distribución morfológica fue observada en el programa TpsRelw. El análisis morfométrico geométrico se realizó utilizando el software MorphoJ.

**Resultados:** El análisis de la función discriminante mostró que no hay diferencias de forma entre mujeres y hombres. La prueba de normalidad (Mann-Whitney) fue estadísticamente significativa. La variación morfológica sobre el eje X (PC1) la determinó el componente sagital de los maxilares y su distribución de derecha a izquierda fue Clase II, I, III. El eje Y (PC2) determina la variación vertical craneofacial y su distribución de superior a inferior fue dolicofacial, mesofacial y braquifacial.

**Conclusión:** La creación de un marco de referencia morfológico, utilizando la Morfometría Geométrica, permite proponer un nuevo método de clasificación de la morfología craneofacial.

## II. INTRODUCCIÓN

En 1899 Angle clasificó las maloclusiones dentarias desde un punto de vista anatómico según la relación mesiodistal de los primeros molares permanentes en oclusión, identificando tres categorías: Clase I, Clase II y Clase III. Se denomina Clase I cuando en oclusión, el surco mesiovestibular del primer molar inferior coincide con la cúspide mesiovestibular del primer molar superior. La Clase II se identifica cuando el surco mesiovestibular del primer molar inferior se encuentra distal a la cúspide mesiovestibular del primer molar superior. En la Clase III, el surco mesiovestibular del primer molar inferior se encuentra mesial a la cúspide mesiovestibular del primer molar superior (Angle, 1899). Respecto de esta clasificación, existe un amplio consenso entre los ortodoncistas sobre su capacidad diagnóstica.

La cefalometría surge en 1934 con Broadbent al utilizar la técnica telerradiográfica lateral, lo que significó la posibilidad de una nueva forma de estudio de las maloclusiones. La cefalometría consiste en el análisis morfológico de las estructuras craneofaciales mediante el trazado de puntos y planos y la medición de distancias y ángulos sobre una telerradiografía lateral de cráneo estandarizada (Aguila, 1996; Gregoret, 1997; Canut, 2000; Cauvi y Madsen, 2007). Este análisis, que permite además obtener una descripción del patrón de crecimiento craneofacial, ha sido utilizado por muchos años como un examen complementario por los ortodoncistas para el diagnóstico dento-esquelético y la definición de un plan de tratamiento.

Con el desarrollo de la cefalometría se comienza a estudiar la relación máxilo-mandibular desde una perspectiva esquelética y a utilizar una clasificación con las mismas categorías descritas por Angle: Clase I, II y III, denominada clasificación esquelética. A pesar de que no existe un consenso absoluto respecto de cómo se determina cada categoría, podemos establecer, en términos generales, que Clase I sería una posición central de la mandíbula respecto del maxilar, pudiéndose encontrar la mandíbula en esta posición o levemente distal. En la Clase II, la mandíbula se encuentra en una posición claramente más posterior que el maxilar y

en la Clase III, la mandíbula se encuentra en una posición claramente más anterior que el maxilar (Gregoret, 1997).

Con posterioridad, luego de los estudios de Ricketts, las características del componente vertical de la morfología craneofacial recibieron mayor atención y se comenzó a utilizar la descripción de lo que se denomina biotipo facial. Este concepto se construye de acuerdo con la dirección del crecimiento máxilo-mandibular, describiéndose también tres categorías: Dolicofacial, cuando el patrón de crecimiento es de predominio vertical; Mesofacial, cuando el patrón de crecimiento es equilibrado entre lo horizontal y vertical; y Braquifacial, cuando el patrón de crecimiento es predominantemente horizontal (Ricketts, 1983; Gregoret, 1997).

A diferencia de la clasificación dentaria, a nivel esquelético parece no existir un claro consenso de lo que se entiende, por una parte, por clase esquelética (I, II o III) y por otra, por biotipo (Dolicofacial, Mesofacial o Braquifacial). Esta falta de consenso queda de manifiesto al observar el gran número de análisis cefalométricos que se han propuesto a través del tiempo, pudiendo mencionarse los cefalogramas de Ricketts, Steiner, Jarabak, Mc Namara y Bjork, entre otros (Aguila, 1996).

#### **A. Planteamiento del problema**

Normalmente, cuando se analizan individuos que presentan patrones esqueléticos extremos, al utilizar la cefalometría los clínicos no encuentran dificultad para discriminar correctamente, tanto la clase esquelética como el biotipo facial. Sin embargo, en muchas oportunidades, esta capacidad disminuye frente a patrones leves o intermedios, generando interpretaciones contradictorias, lo que produce ambigüedad en el diagnóstico (Han y Kim, 1998; Arnett y Gunson, 2004; Benedicto y cols., 2016).

Uno de los factores que puede estar explicando esta situación es la alta variabilidad que presentan los planos de referencia intracraneales entre los individuos (Frankfurt, base de cráneo), producto también de la alta variabilidad de los puntos que definen dichos planos (Foster y cols., 1981; Cooke y Orth, 1990; Arnett y Gunson, 2004). A este respecto, diversos investigadores han reportado diferencias en la inclinación del plano Silla-Nasion, atribuibles a las diferencias de posición del

punto Nasion, las cuales podrían conducir a errores en la interpretación cefalométrica (Lestrel y cols., 1993; Singh y cols., 1997a; Goel y cols, 2004; Huh y cols, 2014).

Por otra parte, hay que recordar que el registro telerradiográfico lateral se realiza posicionando el plano de Frankfurt del paciente paralelo al piso. Esta situación significa una posición estandarizada de la toma telerradiográfica y que por lo tanto en muchas oportunidades, tal como se señaló respecto de este plano, la posición natural de la cabeza del paciente no estaría bien representada. La dificultad que plantea esto es que, el diagnóstico esquelético estará basado en una posición de cabeza no natural, lo que puede entrañar interpretaciones incorrectas. Para minimizar este inconveniente, se comenzó a utilizar una referencia extracraneal que se obtiene de la plomada que queda registrada en la película telerradiográfica. A esta referencia se le denominó línea vertical verdadera (Lopez, 1976; Viazis, 1995) y para obtenerla, es indispensable que la toma telerradiográfica sea realizada en posición postural y así rescatar correctamente la posición natural de la cabeza del paciente.

Si bien el objetivo de este método es reproducir de mejor manera la posición natural de la cabeza, también representa un cierto nivel de sesgo, ya que el protocolo considera la posibilidad de que el operador pueda corregir, según su criterio, esta posición (Moyers y Bookstein, 1979; Fostery cols, 1981).

Otro problema que presenta la cefalometría, con respecto a su aplicabilidad como herramienta para el análisis morfológico, es que la forma de medir distancias y ángulos no define adecuadamente la geometría de la estructura craneofacial, perdiéndose información importante sobre la dirección de crecimiento y la anatomía general de la cara y cráneo (Moyers & Bookstein, 1979; Halazonetis, 2004; Bookstein, 2016).

Por otra parte, algunos autores han señalado que la cefalometría no permite estudiar separadamente la forma y el tamaño, es decir, no separa correctamente lo que son las variaciones de tamaño (crecimiento) de lo que son las variaciones de forma (desarrollo) (McIntyre y Mossey, 2003). En este sentido, la cefalometría considera las mediciones lineales (distancia inter-hitos anatómicos) con un carácter

de absoluto, lo que genera problemas asociados con la ausencia de un método de escalamiento, lo cual es absolutamente necesario para comparar, por ejemplo, individuos con diferentes tamaños craneofaciales (Singh y cols., 1997 c; Rosas y Bastir, 2002; Díaz y Manríquez, 2014; Toro-Ibacachey cols., 2014; Parcha y cols, 2017).

Por último, es sabido que los diferentes análisis cefalométricos fueron elaborados a partir de poblaciones norteamericanas y europeas y de éstas se obtuvieron las normas cefalométricas que son las que usan los clínicos en diferentes partes del mundo para el diagnóstico dentoalveolar. Sin embargo, las normas definidas para una población determinada no significan que éstas puedan ser extrapolables y utilizadas en otras poblaciones (Cotton y cols., 1951; Argyropoulos y Sassouni, 1989; Munandar y Snow, 1995).

Estudios realizados en población chilena mostraron diferencias respecto de los análisis cefalométricos antes mencionados. Se observaron algunas diferencias significativas en mediciones mandibulares y dentarias, además de otras relacionadas con el biotipo facial, señalando la necesidad del uso de parámetros cefalométricos que se adecúen a la realidad étnica de Chile (Montt y cols., 2015; Cerda y cols., 2019).

Con el objetivo de superar los inconvenientes antes descritos, algunos investigadores en el campo de la ortodoncia comenzaron a proponer otras metodologías de trabajo, tales como la Morfometría Geométrica de hitos discretos, la Morfometría Geométrica de contorno, el Análisis de Elemento Finito y el análisis de las Elípticas de Fourier, entre otras (Singh y cols, 1997b; Katsadouris y Halazonetis, 2017). A continuación, se revisarán los conceptos básicos de la Morfometría Geométrica de hitos discretos que es la que se ocupará en la presente tesis.

## **B. Morfometría Geométrica de Hitos Discretos**

La Morfometría Geométrica surge en la década de 1980 como un nuevo enfoque metodológico para estudiar el patrón de variación y las diferencias de forma y tamaño entre los objetos biológicos (Bookstein, 1989; Rohlf y Marcus, 1993;



O'Higgins, 2000; Slice, 2007). Es así como esta herramienta se ha utilizado en estudios de paleoantropología, zoología y antropología física, entre otros (Lestrel y cols., 1993; O'Higgins, 2000; Rosas y Bastir, 2002; Krapivka y cols., 2007). Esto ha permitido evaluar las diferencias de forma, independientemente de la escala, posición o rotación (Kendall, 1977) y cuantificar numéricamente esta variación mediante análisis estadísticos multivariados. Se basa en la utilización de hitos de coordenadas (*landmarks*) que recuperan la geometría de una estructura. Estos puntos de referencia son registrados en dos o tres dimensiones. Además, la Morfometría Geométrica estudia la covariación de los componentes de la forma con factores como edad, sexo, ambiente geográfico, etnia, etc. (Rohlf y Marcus, 1993). Para comparar la forma de diferentes cuerpos, como, por ejemplo, la estructura craneofacial, se utilizan mapas de homologías que son un conjunto de hitos anatómicos con correspondencia biológica que definen su geometría (Bookstein, 1991). Esto nos permite, además, medir los cambios de forma y tamaño de un mismo individuo durante su crecimiento y evaluar las eventuales diferencias al interior de una población (McIntyre y Mossey, 2003). Se requiere también un escalamiento de sus tamaños. Para esto, la Morfometría Geométrica utiliza el **tamaño del centroide** como estimador de tamaño y que geoméricamente equivale a la raíz cuadrada de la suma de las distancias al cuadrado de cada hito desde el centroide (Kendall, 1977; Zelditch y cols., 2004).

### **C. Morfometría Geométrica aplicada al análisis morfológico craneofacial**

La Morfometría Geométrica ha sido introducida en el análisis morfológico craneofacial y comienza paulatinamente a ser utilizada por distintos autores como complemento del análisis cefalométrico convencional. Se postula que sería una herramienta coadyuvante en el análisis de la forma, ofreciendo a la odontología en general y a la ortodoncia en particular un nuevo método analítico y una herramienta para la práctica clínica (Singh y cols., 1997b; Franchi y cols., 2000; McIntyre y Mossey, 2003; Halazonetis, 2004; Chang y cols., 2005; Díaz y Manríquez, 2014; Toro-Ibacache y cols., 2014; Katsadouris y Halazonetis, 2017; Woon y cols., 2019).

En Chile, Díaz y Manríquez (2014), propusieron el uso de la Morfometría Geométrica de hitos discretos para el diagnóstico dentoesqueletal, aplicando métodos estándar de Morfometría Geométrica a una muestra de 150 telerradiografías laterales de Clases esqueléticas I, II división 1 y III. Sus resultados mostraron una continuidad en el patrón de variación morfológico craneofacial con una expresión, tanto en relación con la clase esquelética como con el biotipo. Estos autores postulan que la Morfometría Geométrica sería una herramienta para discriminar de los fenotipos leves o intermedios (Díaz y Manríquez, 2014).

El presente trabajo de investigación constituye la primera etapa del PRI-ODO 2019/06 “Análisis de Concordancia de la Actividad Electromiográfica Mandibular y Cervical entre distintos Métodos de Asignación del tipo de Morfología Facial” y su objetivo es crear un marco de referencia de la variación morfológica craneofacial. Esto permitirá contrastar la morfología craneofacial de cada individuo con este marco de referencia, teniendo así la capacidad de establecer correctamente su diagnóstico esquelético. De esta manera, el presente trabajo estará contribuyendo a crear una base de datos morfológicos que se adecúen a la realidad de las poblaciones híbridas de Chile.

### III. HIPÓTESIS

Las clases esqueléticas y biotipo faciales se distribuyen en el espacio morfométrico de hitos de coordenadas de acuerdo con lo esperado según una distribución normal, donde los fenotipos intermedios ocupan la región central de la curva y los valores extremos las regiones extremas.

### IV. OBJETIVOS

Crear un marco de referencia morfométrico de la variación morfológica craneofacial a partir de telerradiografías laterales de cráneo, que constituya la base del diagnóstico esquelético.

### V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Seleccionar una muestra de telerradiografías laterales de cráneo, a partir de una base de datos depositada en el Centro de Análisis Estadístico en Antropología Dental de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile (CA2).
2. Crear un mapa de homologías (puntos cefalométricos comúnmente utilizados en los análisis cefalométricos) que represente geoméricamente la morfología craneofacial.
3. Digitalizar los puntos cefalométricos seleccionados sobre 439 telerradiografías laterales de cráneo, para crear la base de datos de coordenadas X / Y.
4. Determinar la expresión de dimorfismo sexual de la muestra.
5. Proponer, según los resultados obtenidos, una clasificación esquelética basada en Morfometría Geométrica.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Tipo de estudio

Se realizó un estudio de tipo descriptivo transversal cuantitativo.

### B. Universo

La muestra se obtuvo de un universo de 1200 telerradiografías laterales de cráneo, provenientes de la base de datos depositada en el Centro de Análisis Cuantitativo en Antropología Dental (CA2). Esta base de datos se encuentra completamente anonimizada y corresponde a telerradiografías laterales de cráneo de pacientes, sin antecedentes de tratamientos ortopédicos u ortodóncicos que recibieron tratamiento ortodóncico en la Clínica Odontológica de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

### C. Selección de la Muestra y Criterios de Inclusión

- Telerradiografías laterales de cráneo correspondientes a pacientes mayores de 18 años de ambos sexos.
- Telerradiografías laterales de cráneo con una calidad de imagen que permita la identificación de los puntos cefalométricos a utilizar en esta tesis.

Una vez aplicados estos criterios de inclusión, la muestra de este estudio quedó constituida por 439 telerradiografías laterales de cráneo.

### D. Confección de un mapa de homologías

Se confeccionó un mapa de homologías de 22 puntos de referencia anatómicos que representa geoméricamente la morfología craneofacial (Fig. 1). Las definiciones

operacionales de los puntos cefalométricos seleccionados fueron obtenidas del “An Atlas on Cephalometric Landmarks” (1) (Subhashchandra Phulari, 2013) y del “Manual de Cefalometría de la Universidad de Chile” (2) (Cauvi y Madsen, 2007), que se presentan en la Tabla 1.

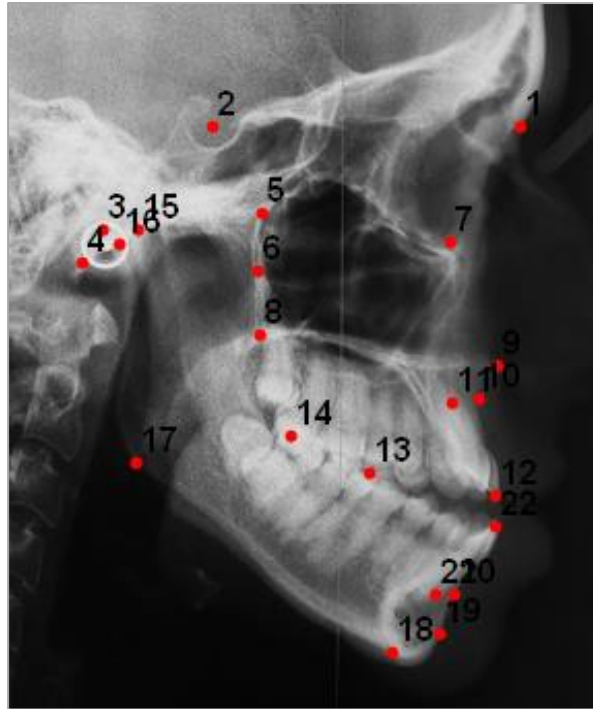


Figura 1. Mapa de homologías conformado por 22 hitos.

Tabla 1. Puntos cefalométricos y su definición operacional

N°	Puntos	Definición
1	Nasion (N)	Punto más anterior en el medio de la sutura frontonasal (1).
2	Silla (S)	Corresponde al centro de la cripta ósea ocupada por la hipófisis (2).
3	Porion (Pr)	Punto más superior del meato auditivo externo (1).
4	Basion (Ba)	Punto medio del margen anterior del agujero magno. Se puede ubicar siguiendo las imágenes de la pendiente del borde inferior de la parte basilar del hueso occipital hasta su límite posterior (1).
5	Pterigoideo (Pt)	Corresponde a la intersección de las paredes posterior

		y superior de la fisura pterigomaxilar (2).
<b>6</b>	Punto Pterigomaxilar inferior (PTM)	Corresponde a la fisura pterigomaxilar Inferior (2).
<b>7</b>	Orbitario (Or)	Punto más bajo en el margen inferior de la órbita (1).
<b>8</b>	Espina Nasal Posterior (ENP)	Intersección de la continuación de la pared anterior de la fosa pterigopalatina y el piso de las fosas nasales (1).
<b>9</b>	Espina Nasal Anterior (ENA)	Proyección más anterior del piso de la fosa nasal (1).
<b>10</b>	A de Downs (A)	Punto más profundo en el contorno óseo entre la espina nasal anterior y la cresta del hueso alveolar (1).
<b>11</b>	Ápice Incisivo Superior	Ápice de la raíz del incisivo central maxilar más anterior (1).
<b>12</b>	Punto Incisal Superior	Borde incisal del incisivo central maxilar más anterior (1).
<b>13</b>	Oclusal Premolar	Es el punto de contacto entre los primeros premolares superiores e inferiores (1).
<b>14</b>	Oclusal Molar	Es el punto de contacto más distal entre los segundos molares superiores e inferiores (1).
<b>15</b>	Condilion	Punto más superior de la curvatura del cóndilo (1).
<b>16</b>	Articular (Ar)	Punto cefalométrico que se ubica en la intersección del borde posterior del cuello del cóndilo y la zona anteroinferior de la superficie basilar del occipital (2).
<b>17</b>	Gonion (Go)	Punto cefalométrico que se ubica en la bisectriz del ángulo formado por la tangente al borde posterior de la rama y el borde inferior de la mandíbula (2).
<b>18</b>	Menton (Me)	Es el punto más inferior del contorno de la sínfisis. (2).
<b>19</b>	Pogonion (Pg)	Es el punto más prominente del mentón óseo, se ubica mediante el trazado de una línea tangente a la sínfisis mentoniana que pasa por Nasion (1).
<b>20</b>	B de Downs (B)	Es el punto más posterior de la curvatura ósea de la mandíbula entre la cresta alveolar y pogonion (1).

21	Ápice Incisivo Inferior	Ápice de la raíz del incisivo central mandibular más anterior (1).
22	Punto incisal Inferior	Borde incisal del incisivo central mandibular más prominente (1).

### **E. Calibración y digitalización de los hitos anatómicos del mapa de homologías**

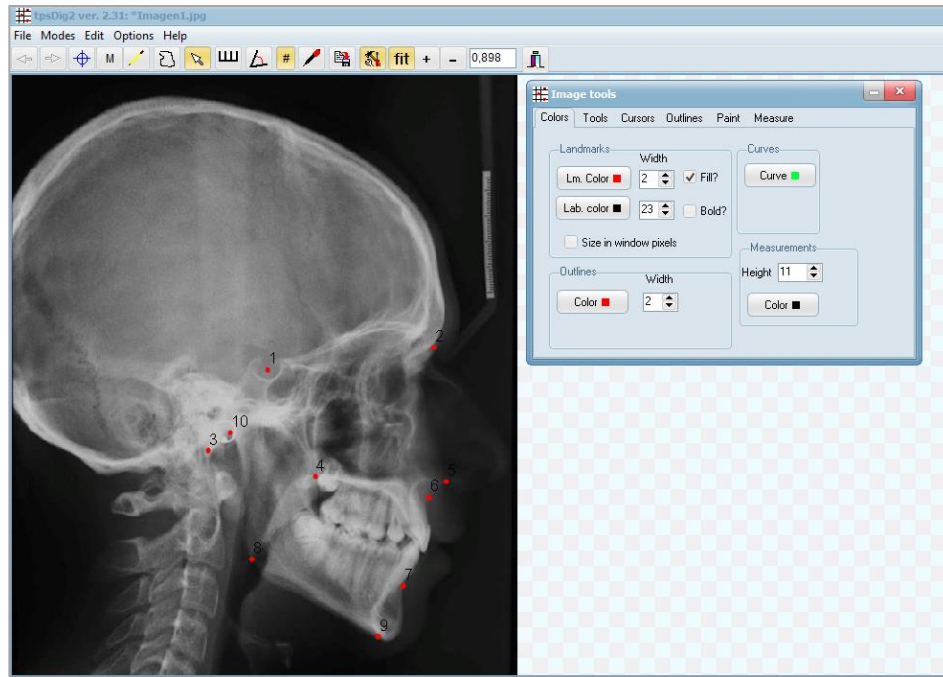
Antes de proceder a la digitalización del mapa de homologías sobre las 439 telerradiografías laterales de cráneo seleccionadas, se realizó el proceso de calibración intraexaminador y luego interexaminador para alcanzar el máximo de concordancia en la ubicación de los puntos cefalométricos (hitos anatómicos) entre el tutor principal (Alejandro Díaz) y la autora del presente trabajo de investigación. Dichos puntos corresponden a los mismos que se ocupan rutinariamente en el análisis cefalométrico convencional. En este proceso se repasó la anatomía radiológica y se uniformaron los criterios de ubicación de los puntos cefalométricos.

Los puntos que se identificaron en esta calibración son los siguientes: Silla (S), Nasion (N), Basion (Ba), Espina nasal posterior (ENP), Espina nasal anterior (ENA), A de Downs (A), B de Downs, (B) Gonion (Go), Menton (Me), Articular (Ar).

Luego, con 10 telerradiografías escogidas al azar, el tutor principal y la autora determinaron la ubicación de los puntos seleccionados de manera independiente. El grado de concordancia lo determinó el investigador responsable del PRI-ODO (Aler Fuentes) mediante el test de Kappa (Landis y Koch, 1977). Se alcanzó sobre el 80% de concordancia en ambos exámenes (inter e intraexaminador), lo que es considerado alta concordancia (Anexo 1, 2 y 3).

Una vez concluida la calibración se procedió a digitalizar los puntos cefalométricos del mapa de homologías creado. Estos fueron digitalizados mediante el Programa TpsDig2 versión 2.31<sup>©</sup> 2017, F. James Rohlf, New York (Fig. 2) y se guardaron como coordenadas cartesianas X / Y en un archivo Bloc de notas, Microsoft Windows

versión 6.3 2013, Estados Unidos (Fig. 3). En este mismo archivo, de ahora en adelante también denominado archivo TPS, quedó consignada la escala de la telerradiografía para determinar el tamaño del centroide.



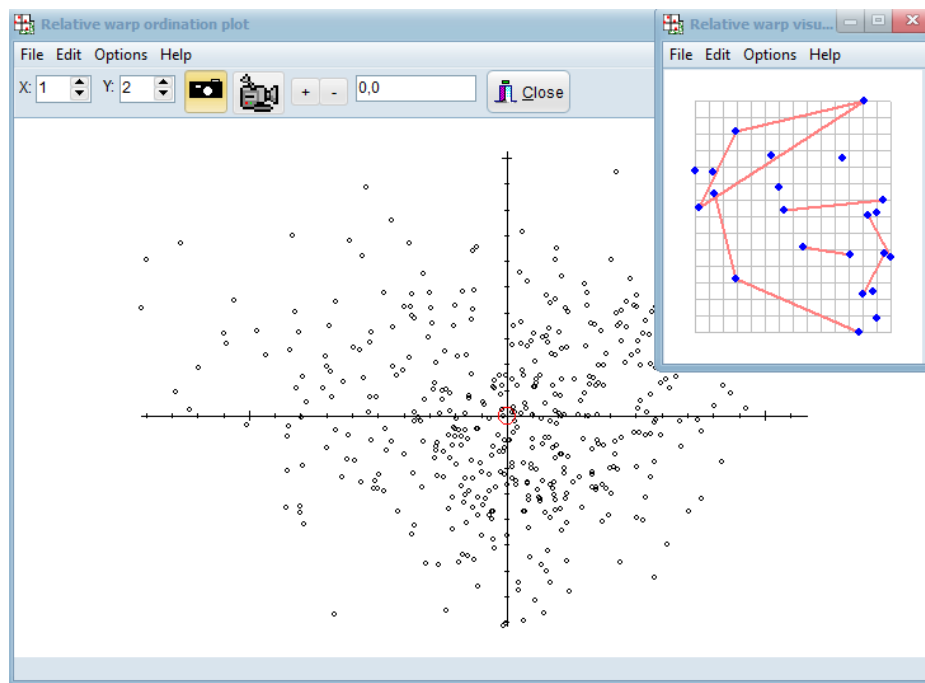
**Figura 2.** Programa TpsDig2 y la ubicación de puntos cefalométricos numerados (en rojo) sobre la telerradiografía lateral de cráneo.

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
LM=22				
1018,00000	646,00000			
710,00000	626,00000			
581,00000	462,00000			
579,00000	548,00000			
794,00000	551,00000			
810,00000	462,00000			
961,00000	557,00000			
1070,00000	428,00000			
1050,00000	397,00000			
1077,00000	308,00000			
986,00000	322,00000			
896,00000	336,00000			
608,00000	523,00000			
619,00000	481,00000			
658,00000	270,00000			
968,00000	141,00000			
1027,00000	234,00000			
1052,00000	322,00000			
971,00000	214,00000			
1004,00000	422,00000			
812,00000	426,00000			
1027,00000	184,00000			
IMAGE=imagentps.tif				

**Figura 3.** Archivo TPS con matriz de coordenadas X / Y de 22 puntos cefalométricos (LM) digitalizados en telerradiografía lateral de cráneo.



Para adjuntar todos los archivos TPS se utilizó el Programa TpsUtility versión 1.78 versión 1.70 © 2019, F. James Rohlf, New York, creando una base de datos de 439 telerradiografías laterales de cráneo. Las matrices de coordenadas obtenidas se ingresaron al Programa TpsRelwarp versión 1.70 © 2019, F. James Rohlf, New York, lo que permitió visualizar la variación morfológica dentoalveolar de todas las telerradiografías laterales de cráneo que conforman la muestra y realizar su posterior análisis. El Programa TpsRelwarp realiza un análisis de deformación relativa, por medio de la ubicación de la matriz representativa de las respectivas telerradiografías de cada individuo (en coordenadas X / Y) en un punto de un plano tangente al espacio múltiple multivariado donde se ubican dichas matrices (espacio de Kendall). En dicho plano es posible proyectar grillas de deformación relativa que expresa la variación de la forma (Fig. 4).



**Figura 4.** Programa TpsRelwarp. Se muestra la configuración de consenso, ubicada en el centro de la distribución ( $x=0$ ,  $y=0$ ) (recuadro).

Todos los programas TPS se encuentran disponibles para su uso libre en: <http://www.sbmorphometrics.org/index.html>

## F. Plan de análisis estadísticos

Para toda la muestra se realizó el análisis de Procrustes generalizado (GPA) el cual permitió: un registro de coordenadas (X, Y) para cada hito, disminuir las diferencias por escala, traslación y rotación de las configuraciones, la superposición de hitos homólogos y obtener un estimador de tamaño (tamaño de centroide) para cada individuo.

Se utilizó el análisis de componentes principales (PCA) para explorar las principales características de la variación de la forma craneofacial. La diferencia de forma registrada por el PCA se visualizó y exploró utilizando gráficos de componentes principales (PC). Se utilizó un análisis de función discriminante con validación cruzada para evaluar la relación estadísticamente significativa de la morfología craneofacial y el sexo.

Se aplicó la estadística descriptiva para conocer el promedio de la muestra (en la nomenclatura de la Morfometría Geométrica se le denomina consenso) y la desviación estándar para identificar la variación morfológica de las imágenes telerradiográficas alrededor del consenso. Esto se pudo determinar utilizando los puntajes o scores de cada eje (componentes principales de la variación). También se evaluaron los valores extremos para cada eje (X / Y) y los rangos de variación.

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa Morfo J (Versión 1.07a) y G-Power (Versión 3.1.9.6) (Universidad de Kiel, Alemania). Se utilizó el software Microsoft® Excel® para Microsoft 365 MSO (Versión 2102), para la tabulación de los datos y gráficos.

## VII. RESULTADOS

### Datos epidemiológicos

Se utilizaron un total de 439 telerradiografías laterales de cráneo con un rango entre 18 y 69 años. La muestra se conformó de 276 mujeres y 163 hombres.

### Análisis de dimorfismo sexual

Para saber si los valores de tamaño del centroide se ajustaban a una distribución normal se realizó una prueba de normalidad (Mann-Whitney). Los valores de  $p$  de la Tabla 2 nos muestran que la diferencia entre las medianas (mujeres y hombres) es estadísticamente significativa.

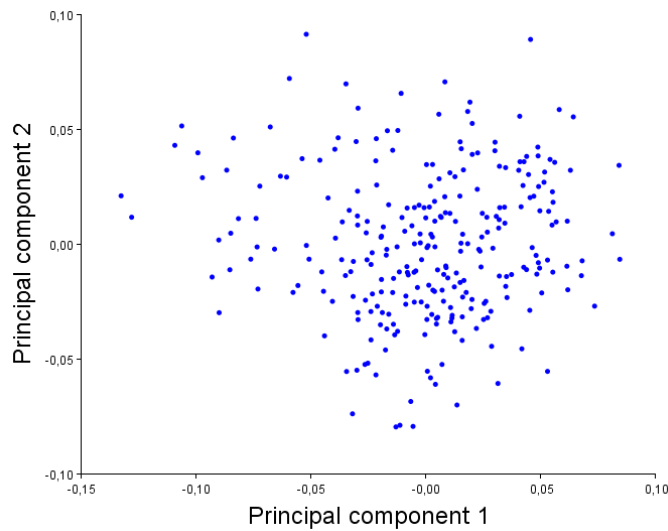
Esto se condice con la gran diferencia de los tamaños de centroide entre mujeres y hombres. El tamaño de los hombres (21,332) fue significativamente mayor que el tamaño de mujeres (19,825).

**Tabla 2.** Prueba de normalidad y tamaños del centroide en hombres y mujeres.

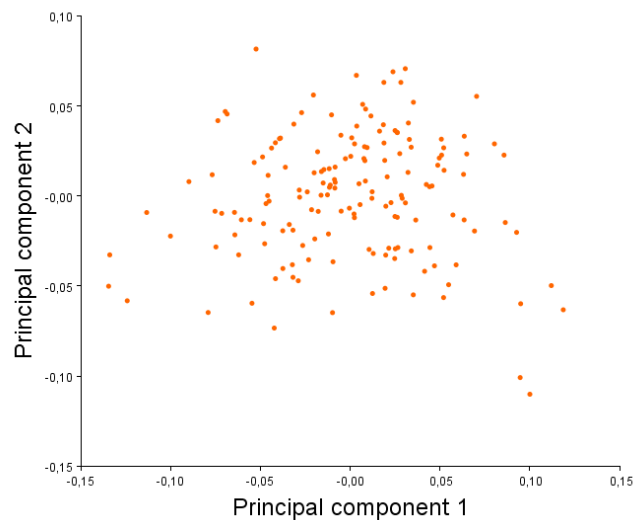
	Mujeres	Hombres	$p$
Mann-Whitney U			2,23E-23
Tamaño del centroide	1,98E+01	2,13E+01	7,37E-23

### Distribución Morfométrica por Sexo

En las figuras 5 y 6 vemos la distribución de la forma craneofacial en el espacio morfométrico en mujeres y hombres respectivamente. En ambos casos se observa una distribución sin un patrón discernible en el espacio morfométrico.



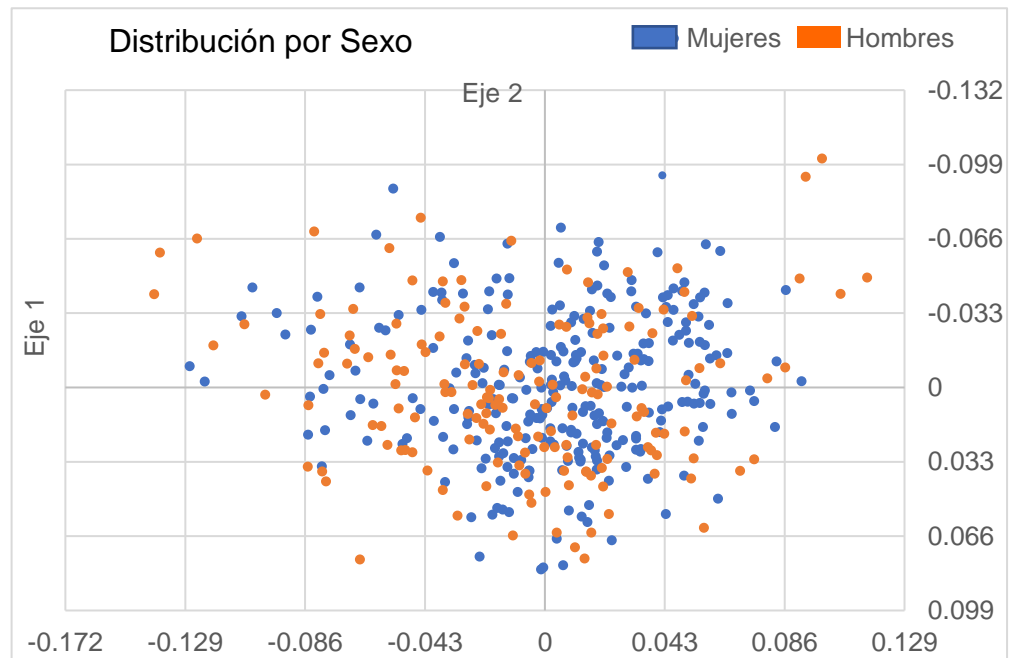
**Figura 5.** Distribución de la forma craneofacial en mujeres.



**Figura 6.** Distribución de la forma craneofacial en hombres.

En la figura 7 se observa la distribución en el espacio morfométrico de la forma craneofacial en el conjunto de mujeres y hombres. Al analizar esta imagen se aprecia una distribución homogénea y no se evidencia ninguna tendencia morfológica que se asocie a algún sexo específico. Como confirmación estadística se realizó el análisis discriminante para sexo con el programa MorphoJ (Versión

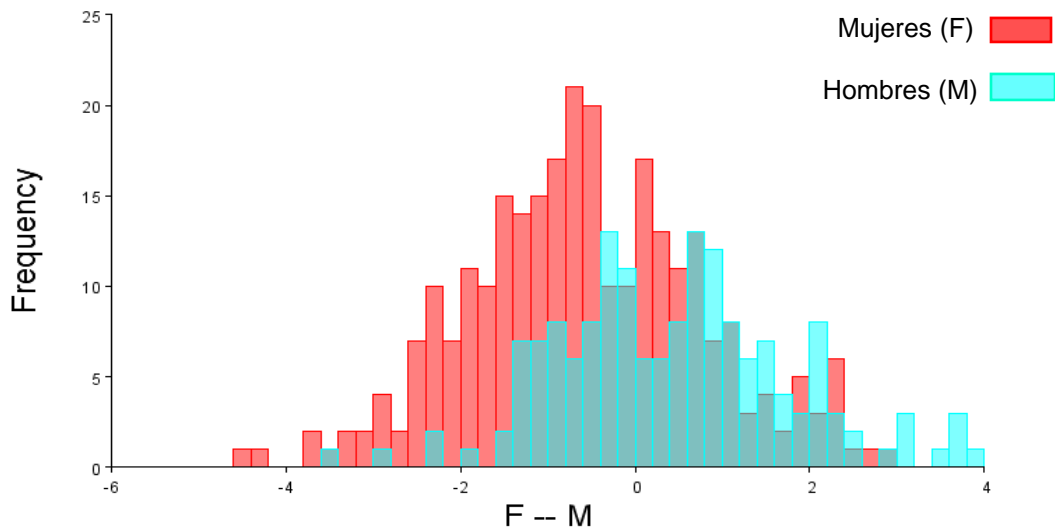
1.07a), el cual no mostró diferencias estadísticamente significativas, siendo sus resultados de 65% para mujeres y 58% hombres después de la validación cruzada (Tabla 3 y figura 8). Por lo anterior se asumió que no existe expresión de dimorfismo sexual craneofacial y los análisis posteriores pudieron ser realizados con datos del conjunto de mujeres y hombres.



**Figura 7.** Distribución de la forma craneofacial en el espacio morfométrico en mujeres y en hombres.

**Tabla 3.** Análisis discriminante para sexo realizado en MorphoJ.

	Mujeres	Hombres	Total	Capacidad de discriminación
Mujeres	182	95	277	65%
Hombres	67	95	162	58%

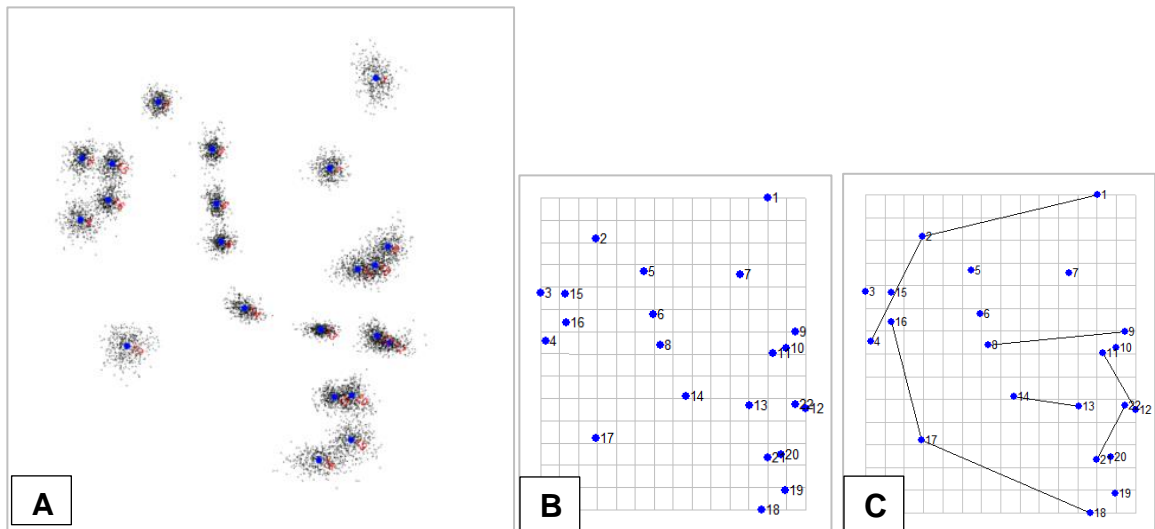


**Figura 8.** Gráfico de barras de validación cruzada para Sexo. La sobreposición de los grupos mujeres y hombres sobre el eje X, determina que no existen diferencias estadísticamente significativas.

### Superposición morfológica

Habiendo confirmado la no existencia de dimorfismo sexual se realizó el análisis de la variación de la forma craneofacial de la muestra agrupada, sin considerar el sexo como variable. En la figura 9A se observa la superposición de la configuración craneofacial de las 439 telerradiografías laterales utilizando un mapa de homologías de 22 hitos anatómicos (Tabla 1). En cada hito se puede observar la dispersión de datos alrededor de la tendencia central, generando mayor o menor dispersión dependiendo de la variación de cada hito. La superposición del conjunto de hitos permitió conocer el patrón de variación de la forma craneofacial.

La figura 9B representa visualmente la forma de consenso (forma promedio), la que está determinada por la tendencia central de la variación de cada hito superpuesto. Para un mejor análisis visual se crearon segmentos inter-hitos (Links), los cuales permiten identificar de mejor manera la anatomía craneofacial (Figura 9C).



**Figura 9. A.** Superposición de 439 telerradiografías laterales de cráneo en los 22 hitos seleccionados (mapa de homologías). Se aprecia la dispersión de datos alrededor de la tendencia central que sería la configuración de consenso.

**B.** Configuración de consenso sobre grillas.

**C.** Links uniendo la tendencia central de cada hito que corresponde a la configuración de consenso.

### **Análisis de componentes principales**

El análisis de componentes principales (CP) mostró que las principales características de la variación de forma en el total de la muestra fueron dadas por CP1 (Eje X) y CP2 (Eje Y), los cuales describen el 29,97% y el 17,22% de la varianza total de la forma respectivamente.

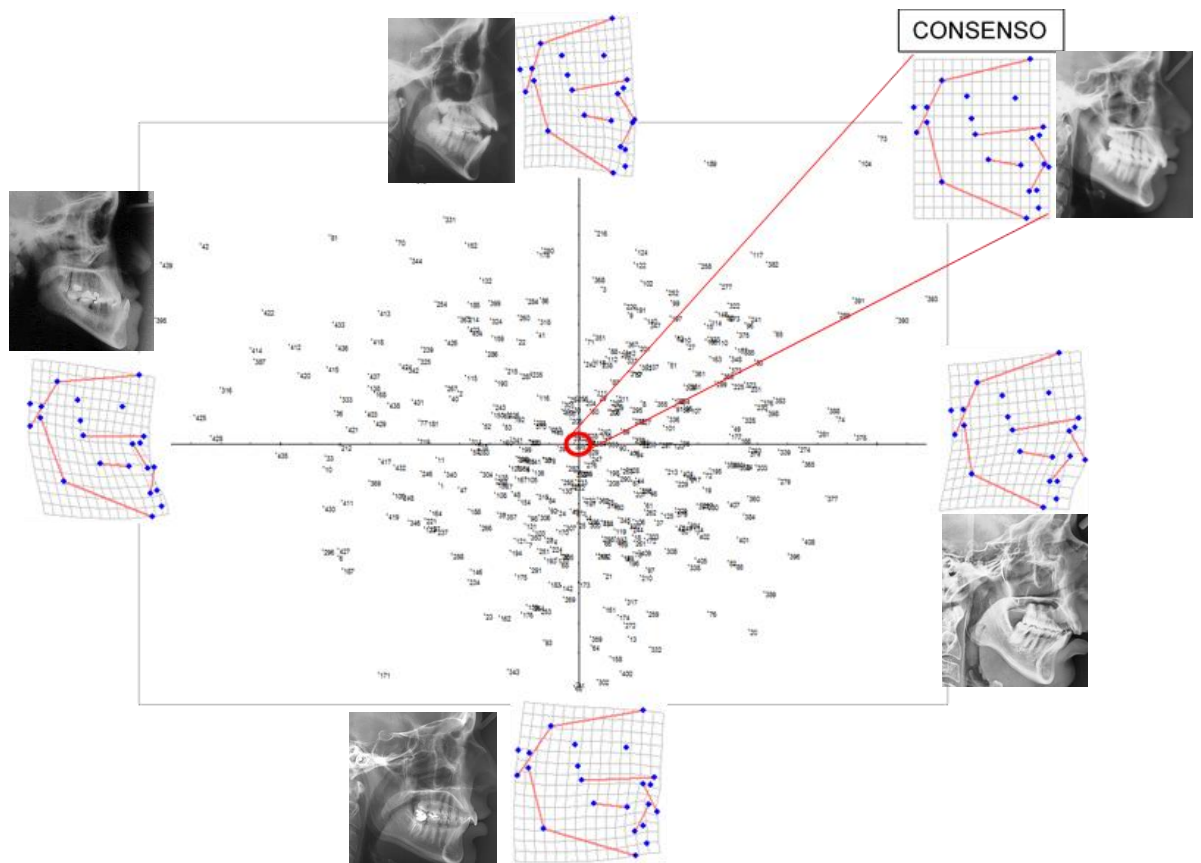
### **Variación de la morfología craneofacial**

La figura 10 muestra el gráfico de la variación morfológica craneofacial de los 439 individuos, los que se distribuyen según su grado de variación respecto del consenso (promedio). El registro de la variación es a través de un sistema de coordenadas de dos ejes X e Y, los cuales representan a CP1 y CP2 respectivamente.

Al analizar la figura 10, se aprecia una distribución homogénea, con un gran número

de individuos alrededor del centro del gráfico. En cambio, al alejarse hacia los extremos, el número de individuos disminuye.

En el centro del gráfico se encuentra la configuración o forma de consenso. La imagen telerradiográfica que se encuentra a su lado corresponde al individuo con la ubicación más próxima a este centro. Es interesante mencionar que ningún individuo se localizó exactamente sobre el centro o consenso. Hacia los extremos se aprecia la variación sobre cada eje. En el eje horizontal, hacia la derecha se aprecian en general las características de una Clase esquelética II, mientras que hacia la izquierda se señalan las características de una Clase esquelética III. Por su parte, en el eje vertical hacia arriba se observa una configuración hiperdivergente (dolicofacial) y hacia la abajo una configuración hipodivergente (braquifacial).



**Figura 10.** Mapa de deformación relativa del total de la muestra. Las imágenes de los extremos de ambos ejes muestran la variación de forma craneofacial y la imagen proyectada desde el centro señala a el consenso. Se acompaña cada imagen con una telerradiográfica de los individuos más extremos y el más cercano al consenso.



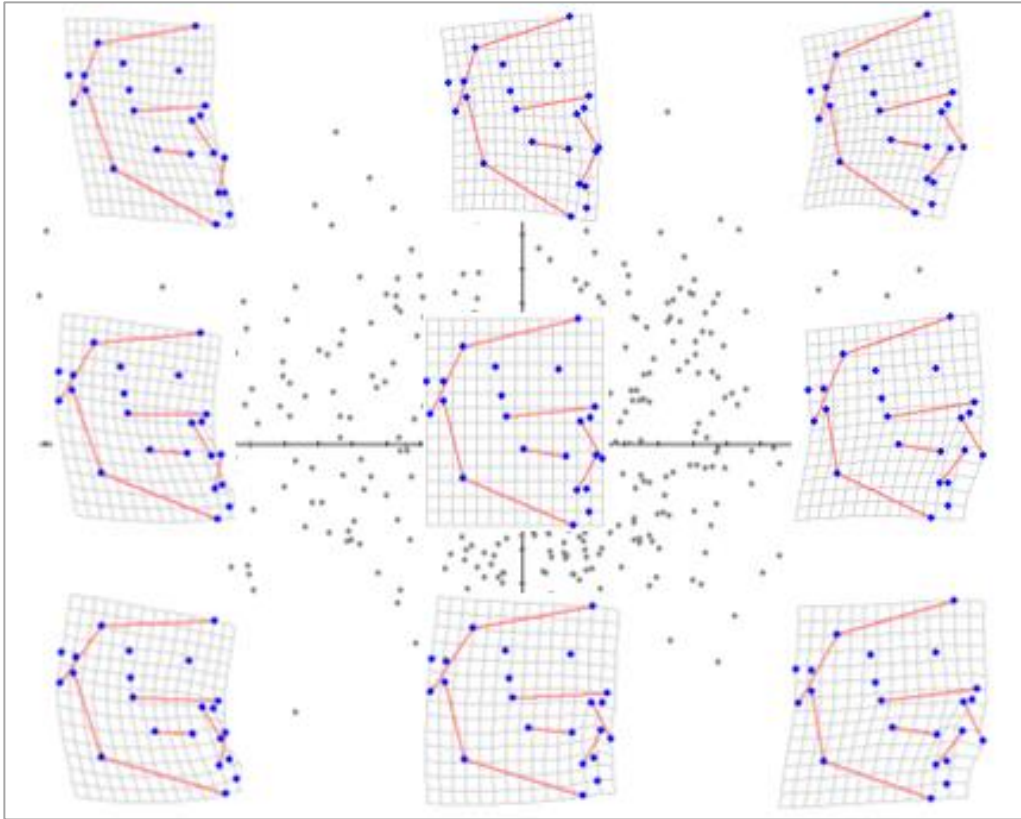
El gráfico también señala configuraciones extremas de Clase II, Clase III y configuraciones extremas hiperdivergente e hipodivergente. En cada una de estas configuraciones se aprecia una deformación de la grilla, la que está en función de la magnitud de la diferencia morfológica entre un individuo cualquiera y la configuración de consenso. Mientras mayor diferencia morfológica exista, mayor será la deformación de la grilla (nótese que el consenso no presenta deformación de la grilla). El análisis de esta observación sumado al conocimiento de la anatomía craneofacial permite la interpretación de esta deformación.

En el eje horizontal se observa la relación sagital de los maxilares. Sin embargo, este eje no solo señala esta relación, sino que da cuenta que las variaciones comprometen toda la estructura craneofacial. Estos cambios morfológicos craneofaciales asociados al eje horizontal desde el consenso hacia el extremo derecho serían los siguientes: maxilar proyectado por delante de la mandíbula, aumento en la inclinación del plano palatino, bascula anterior de la base de cráneo, plano oclusal inclinado, aumento del resalte de los incisivos, aumento en la inclinación de los incisivos inferiores, disminución de la longitud de la rama y la base mandibular.

Por su parte, los cambios morfológicos craneofaciales asociados al eje horizontal desde el consenso hacia el extremo izquierdo serían: mandíbula en una posición anterior al maxilar, aumento en la longitud de la rama y base mandibular, aumento del ángulo mandibular, disminución de la inclinación del plano palatino, bascula posterior de la base de cráneo y disminución de la inclinación del incisivo inferior.

En el eje Y se identifica la variación predominantemente vertical. Hacia el extremo superior de este eje se puede observar un aumento en la divergencia de los planos óseos y una disminución de escalón. Mientras que en el extremo inferior de este mismo eje se aprecia una menor divergencia de los planos óseos y un aumento del escalón.

En resumen, en el eje horizontal estarían representadas las clases esqueléticas I, II y III, mientras que en el eje vertical estarían los tipos faciales dolicofacial, mesofacial y braquifacial. El cruce de estos dos ejes define 9 posibles configuraciones craneofaciales (Figura 11).

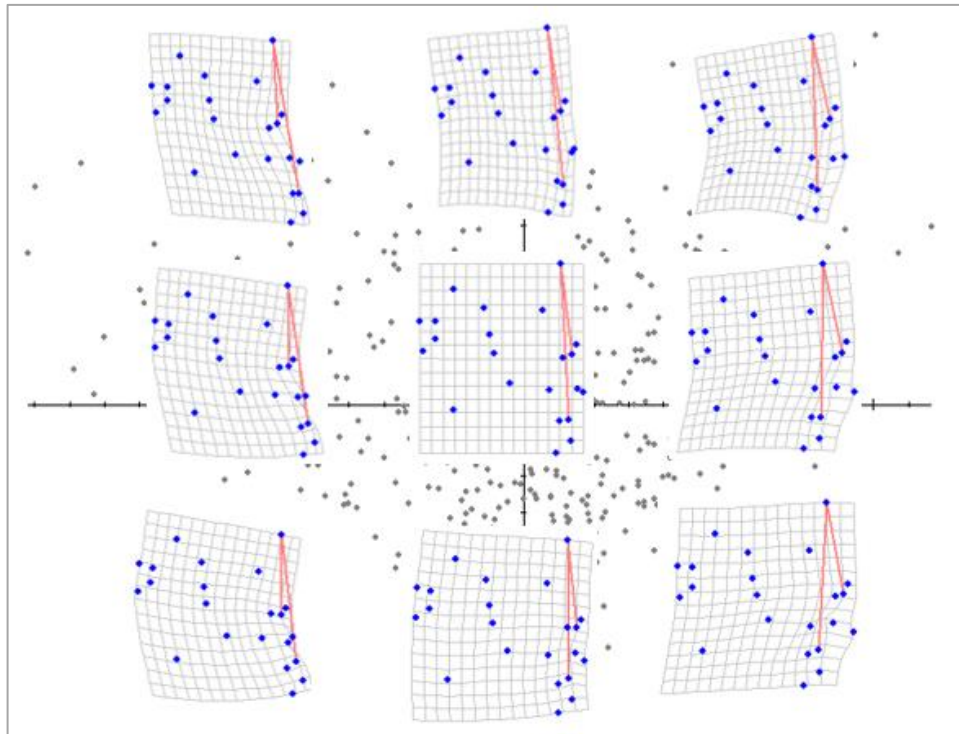


**Figura 11.** Variación de la configuración craneofacial sobre los ejes X e Y.

## Variación del ángulo ANB en el espacio morfométrico

El ángulo formado por los puntos A-N-B es utilizado por la cefalometría convencional para clasificación esquelética, una angulación entre  $0^{\circ}$  a  $4^{\circ}$  se clasifica como Clase I, si su angulación es menor (negativa) Clase III y si es mayor a  $4^{\circ}$  sería una Clase II. En la figura 12 se muestra la variación de la configuración craneofacial total donde se identificó por medio de links (color rojo) la unión de los puntos A, Na y B. En el eje X, en el extremo izquierdo, el punto A se encuentra por detrás del punto B, por lo tanto este ángulo adquiere un valor negativo. Hacia el centro, el punto A se encuentra por delante del punto B generando un ángulo bajo. Finalmente, el extremo derecho muestra un ángulo ANB aumentado.

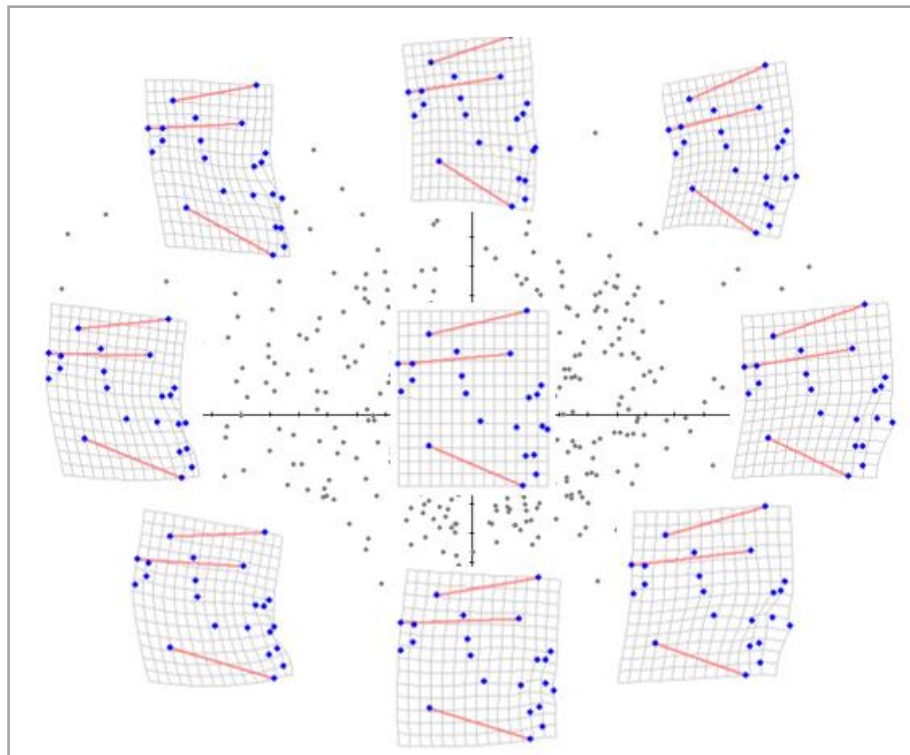
En el eje Y, en el extremo superior, este ángulo tiende a disminuir, mientras que en el extremo inferior tiende a aumentar ligeramente.



**Figura 12.** Variación del ángulo ANB en el espacio morfométrico al desplazarse sobre los ejes X e Y.

### Variación de los planos Silla-Nasion, Frankfurt y Mandibular

La variación de los planos óseos está expresada en el eje vertical. En la figura 13 se muestra la configuración craneofacial con los links (color rojo) de la unión de los puntos S-Na; Or-Po (Plano de Frankfurt) y Go-Me (Plano mandibular). Estos representan los planos óseos utilizados en la cefalometría convencional para la clasificación del biotipo. Al observar la variación sobre este eje, hacia el extremo superior, los tres planos aumentan su divergencia, en cambio, hacia el extremo inferior, su divergencia tiende a disminuir. Se observa que de estos tres planos, el plano Go-Me muestra la mayor variación.

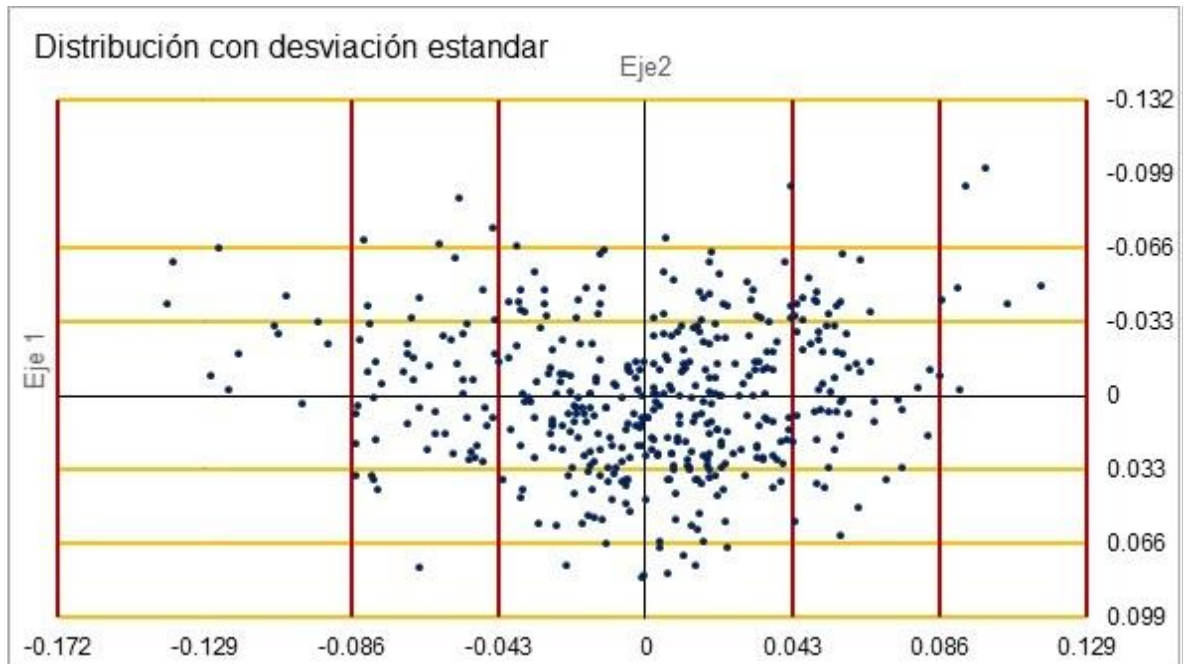


**Figura 13.** Variación de los planos Silla Nasion, Frankfurt y Mandibular en el espacio morfométrico.

## **Desviación Estándar del total de la muestra**

La desviación estándar es un estimador del grado de dispersión de los datos. En nuestro estudio determinamos las desviaciones estándar para cada eje. Para esto utilizamos las proyecciones de cada configuración de hitos en los respectivos ejes (los scores de los PC) que representan la magnitud de la deformación respecto de la configuración del consenso. Cada individuo presenta un score (números decimales, positivos y negativos) y de estos se obtuvieron los promedios y desviaciones estándar para cada eje. Estas desviaciones estándar se señalan en la figura 14 como líneas horizontales y verticales paralelas a dichos ejes. En el eje X se describieron 3 desviaciones estándar representadas por líneas verticales rojas. Para el eje Y se describieron 3 desviaciones estándar representadas por líneas amarillas horizontales.

En la tabla 4 se describe el número de individuos contenidos en cada desviación estándar y al eje que corresponde. Al interior de esta primera desviación estándar se encuentra el mayor número de individuos (69% en el eje X y 67% en el eje Y).



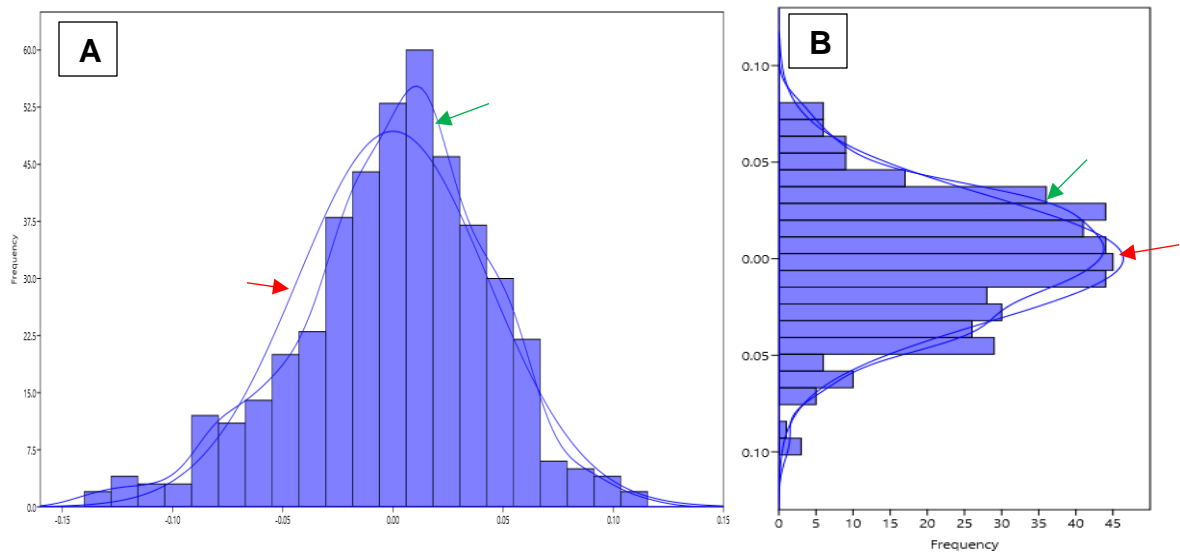
**Figura 14.** Dispersión de la muestra separada por primera, segunda y tercera desviación estándar.

**Tabla 4.** Número de individuos según desviación estándar para cada eje.

Eje	N° de individuos		
	1ra DE	2da DE	3ra DE
X	303 (69%)	118(26,8%)	18(3,8%)
Y	297 (67,6%)	123(28%)	19(4,3%)

DE: desviación estándar.

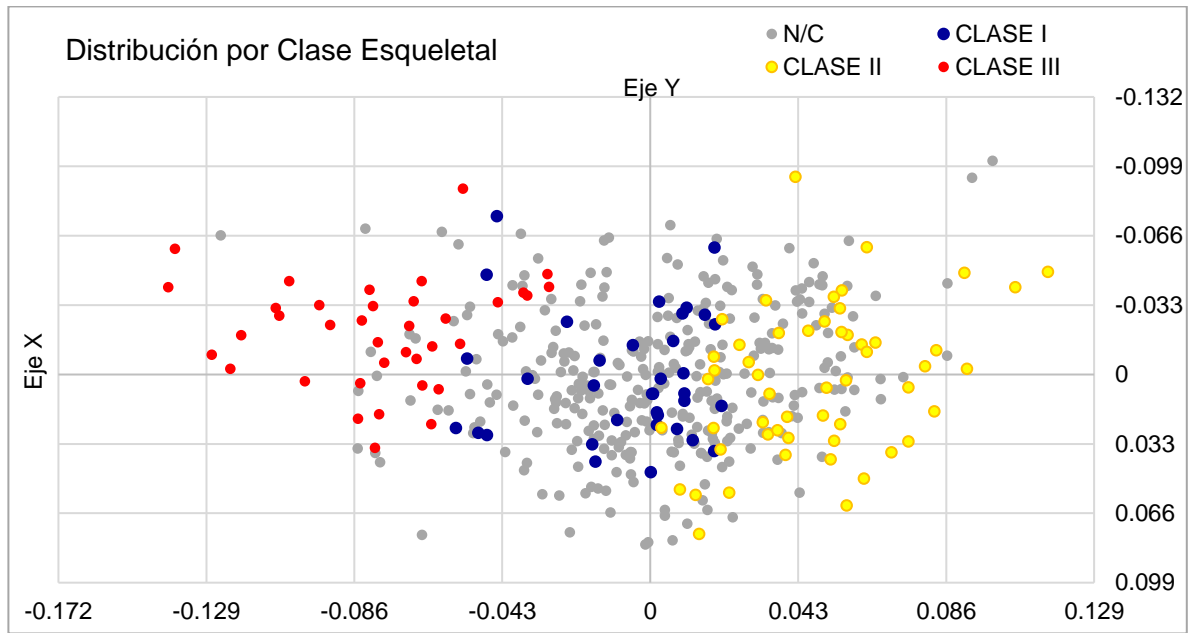
En la figura 15 (A y B) se indica la distribución normal de la muestra para el eje X e Y respectivamente. La curva indicada por la flecha roja representa la distribución esperada, el histograma representa lo observado (resultados) y la curva de Kernel (indicada con una flecha verde) se utiliza para observar anomalías en la distribución esperada. El resultado de estos análisis indica que lo esperado (distribución normal) y lo observado (distribución de la muestra) coincide en ambos ejes.



**Figura 15. A.** Histograma de distribución normal para el eje X. **B.** Histograma de distribución normal para el eje Y.

Para explorar preliminarmente la capacidad de la Morfometría Geométrica de discriminar esquelétalmente a los individuos, se decidió realizar un estudio piloto. Se escogieron al azar 70 individuos de la muestra y se los clasificó según su clase esquelética y biotipo. La selección se realizó en programa RStudio por medio de un comando que genera números aleatorios. Para la clase esquelética se utilizó el ángulo ANB (entre  $0^\circ$  y  $4^\circ$ ) y para el biotipo se utilizó el ángulo Silla Nasion/ Gonion Gnation ( $32 \pm 6$ ) (Cerde y cols., 2019).

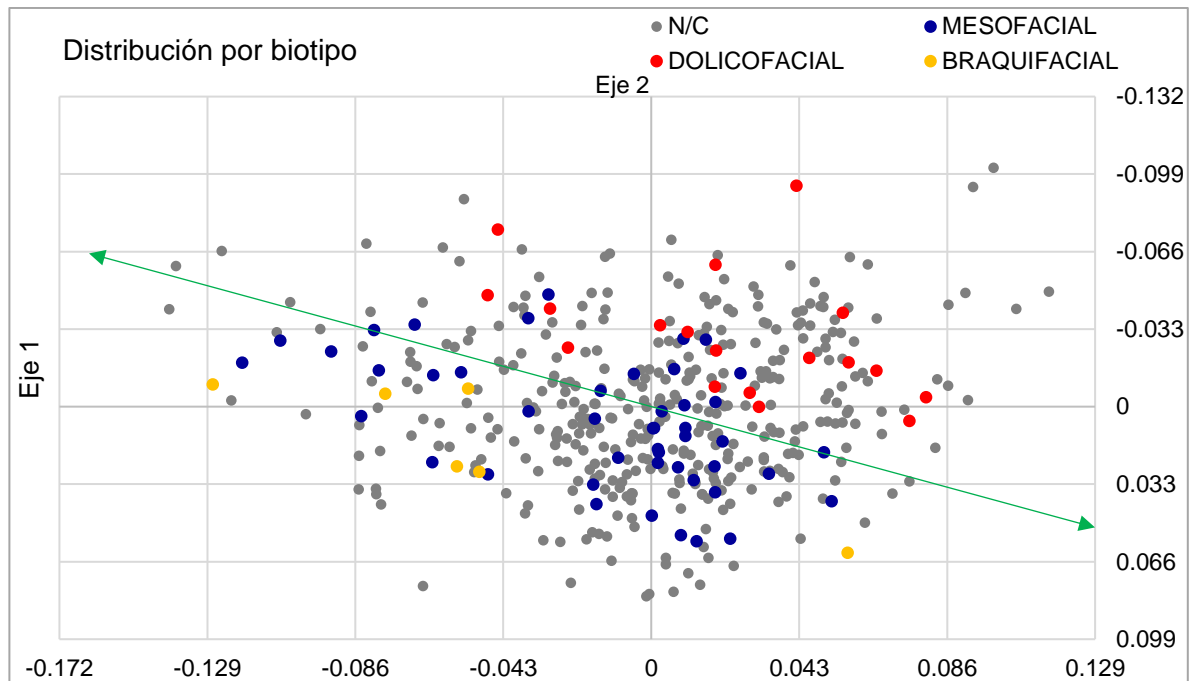
La figura 16 muestra la ubicación de estos 70 individuos en el espacio morfométrico. Los individuos Clase III (color rojo) se encuentran en el sector izquierdo del mapa, sector que la morfometría también señala como individuos con características morfológicas de Clase III. Por su parte, los individuos Clase II (color amarillo) se ubican mayoritariamente en el sector derecho, mientras que los sujetos Clase I (color azul) ocupan una posición intermedia.



**Figura 16.** Distribución de 70 individuos escogidos al azar preclasificados por clase esquelética según ángulo ANB. N/C= No clasificado.



La figura 17 muestra la ubicación de los 70 individuos preclasificados según su biotipo en el espacio morfométrico. Los individuos braquifaciales se encuentran ubicados en el sector inferior izquierdo. Por su parte los individuos dolicofaciales se encuentran en el sector superior derecho, mientras que los individuos mesofaciales ocupan una posición central. En este caso no se aprecia una distribución tan clara como en el caso de la clase esquelética.



**Figura 17.** Distribución de 70 individuos elegidos al azar, preclasificados por biotipo facial según ángulo SNa/ GoGn. N/C= No clasificado.

## VIII. DISCUSIÓN

En el presente estudio se utilizó la Morfometría Geométrica para identificar la variación de la forma craneofacial, con el objetivo de crear un mapa morfológico que permita la clasificación esquelética de los individuos. Gracias a este procedimiento se pudo obtener información relevante sobre la configuración craneofacial y su rango de variación.

El primer paso dentro de este trabajo de investigación fue evaluar si las diferencias de forma craneofacial eran dependientes del sexo. Nuestros resultados muestran claramente las diferencias del tamaño del centroide entre hombres y mujeres, las cuales fueron significativamente mayores en los hombres. El dimorfismo sexual se explica por los caracteres sexuales secundarios, en donde los hombres, en general, tienden a presentar mayores tamaños corporales que las mujeres. En medicina forense, la estructura ósea craneofacial, en conjunto con la pelvis, es utilizada para la estimación del sexo de un individuo (Bucchi y cols., 2016). Nuestros resultados del tamaño del centroide concuerdan con los de aquellos autores que han estudiado esta expresión en el territorio craneofacial mediante cefalometría, quienes determinaron que la altura facial, el largo del cuerpo mandibular y la altura y ancho de la rama presentaban mayores tamaños en los hombres (Suazo y cols., 2009; Binnal y Yashoda Devi, 2012; Mizoguchi y cols., 2016). Sin embargo, estas variables, más que diferencias de forma serían diferencias de tamaño.

Para estudiar las diferencias de forma propiamente tales (no las de tamaño), se realizó un escalamiento de todas las telerradiografías, de tal manera de igualar sus tamaños de centroide. Esto permitió identificar las variaciones debidas solo a los componentes de la forma. Los resultados del análisis discriminante para sexo mostraron que no existían diferencias estadísticamente significativas en este respecto, lo que permitió la realización de los análisis posteriores en el conjunto de hombres y mujeres.

Los fenotipos craneofaciales son la expresión de los cambios o variaciones de la forma y tamaño de esta estructura. Gracias a la Morfometría Geométrica es posible representar la forma real de este complejo, permitiendo un análisis más completo

de los componentes de variación de su forma. Estos se denominan componentes principales y se ordenan de forma decreciente desde el que representa el mayor peso hasta el de menor peso en la varianza (Woon y cols., 2019). Para efectos de esta tesis se utilizaron los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2), los cuales representaron casi el 50% de variabilidad de la forma total. Para la visualización de un patrón de variación, el uso de los dos primeros componentes se consideró adecuado.

La variación morfológica determinada para CP1 en este estudio se asoció a la relación sagital del maxilar y la mandíbula (clase esquelética), mientras que el CP2 representó el grado de divergencia de los planos esqueléticos (biotipo facial). Estos resultados son concordantes con los estudios de Díaz y Manríquez, Freudenthaler y cols., Woon y cols. Si bien en estos estudios se muestran algunas pequeñas diferencias en cuanto al porcentaje de expresión de cada uno de los componentes, existe consenso que los cambios sagitales serían los más relevantes en la variación de la estructura craneofacial (Díaz y Manríquez, 2014; Freudenthaler y cols, 2017a; Woon y cols, 2019).

Sin embargo, otros estudios señalan algo distinto. Halazonetis y Parcha indicaron que CP1 representa la variación vertical y CP2 la variación anteroposterior del maxilar con la mandíbula (Halazonetis, 2004; Parcha y cols., 2017). Estas discrepancias podrían encontrar explicación en la metodología utilizada por la Morfometría Geométrica, la cual utiliza las características morfológicas de la población estudiada. En ambos casos se trató de población griega elegida aleatoriamente. Se podría especular que en sus muestras existiría, o una gran prevalencia de patrones esqueléticos de Clase I o una falta de patrones extremos, generando así una predominancia de la variación vertical por sobre la sagital.

En otro aspecto, los cambios que ocurren a través del CP1 no solo se centran en la relación máxilo mandibular, sino que se expresan en toda la estructura. La descripción de los cambios que ocurren en el CP1 desde una Clase II hasta una Clase III se pueden resumir como: disminución del ángulo formado por Ba-S-Na, bascula posterior de la base de cráneo, paralelización de planos óseos, contracción

del plano palatino, aumento en la longitud de la rama y cuerpo mandibular, disminución de la inclinación de incisivos inferiores y apertura del ángulo mandibular.

Los cambios morfológicos que ocurren en CP2 guardan relación con el patrón de divergencia de los planos craneofaciales, mostrando en un extremo una tendencia dolicofacial o hiperdivergente y en el otro extremo un patrón braquifacial o hipodivergente. Este eje representaría un complemento de la variación morfológica del primer componente, adjudicándole características en el sentido vertical de la cara.

Estas variaciones coinciden con la descripción realizada por Freudenthaler y cols., quienes mostraron en el CP1 que en el extremo de Clase II presentaba un ángulo gonial más agudo, mientras que el extremo de Clase III mostraba el patrón opuesto. En cuanto al CP2, ellos describen en el extremo hiperdivergente una tendencia a la mordida abierta (Freudenthaler y cols., 2017b). Por su parte, Chang y cols. concluyeron que en los individuos Clase II esquelética se observa una elongación palatina y expansión anteroposterior del maxilar y en individuos Clase III una contracción del maxilar (Chang y cols., 1992). Singh y cols. en su estudio comparativo de clases esqueléticas y forma mandibular, concluyen que la elongación del cuerpo mandibular es lo más importante en las diferencias de clase esquelética (Singh y cols, 1997b). Otro estudio realizado por Alarcón y cols. analizaron las interacciones morfológicas entre la base del cráneo, la cara y la mandíbula en Clases I, II y III, determinando que en sujetos dolicofaciales la mandíbula mostraba un ángulo mandibular abierto, mientras que en individuos braquifaciales se producía una configuración opuesta (Alarcón y cols, 2014). En todos estos estudios, la descripción morfológica concuerda en general con nuestros resultados.

Para realizar un paralelismo entre la Morfometría Geométrica y la cefalometría, se evaluó la variación del ángulo ANB. Este criterio del ángulo ANB es un factor importante del parámetro cefalométrico para el diagnóstico de la clase esquelética

(Iwasaki y cols, 2002). El análisis cefalométrico nos indica que un valor negativo representa una Clase III esquelética, un valor de  $0^\circ$  a  $4^\circ$  corresponde a Clase I esquelética y mayor a  $4^\circ$  corresponde a Clase II esquelética. Los resultados obtenidos, que se muestran en la figura 12, son concordantes con lo esperado según la cefalometría convencional. Otro estudio que también utilizó la Morfometría Geométrica, encontró diferencias significativas de este ángulo entre las clases esqueléticas (Woon y cols., 2019).

También se identificó en este mapa morfométrico los planos Silla-Nasion; Plano de Frankfurt y Plano mandibular. En la cefalometría convencional se utilizan estos ángulos para la clasificación del biotipo (Aguila, 1996), por eso se destaca su descripción, ya que refuerza la propuesta morfológica indicada para el eje Y, donde mayor ángulo indicaría un biotipo dolicofacial y a menor ángulo un biotipo braquifacial.

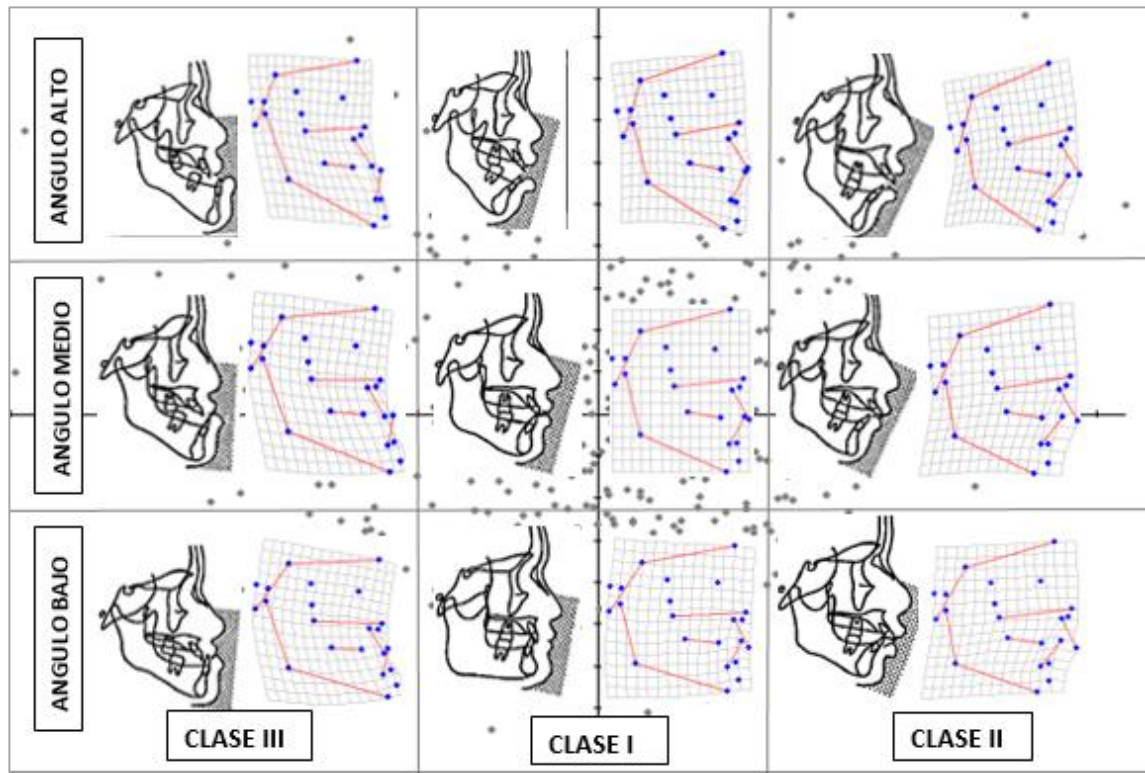
La incorporación de 70 individuos preclasificados según clase esquelética (Criterio ANB entre  $0^\circ$  y  $4^\circ$ ) y Biotipo (Criterio S-Na/Go-Gn de  $32^\circ \pm 6^\circ$ ) se realizó como un piloto para ver la correspondencia de una clasificación basada en cefalometría y el diagnóstico esquelético basado en Morfometría Geométrica. La figura 16 muestra claramente la ubicación que toman los individuos preclasificados como Clase I (en el centro), Clase II (hacia el extremo derecho) y Clase III (hacia el extremo izquierdo) a través del eje X en el mapa morfométrico. Se muestra una continuidad morfológica de clases, ya que el límite de una clase da comienzo a otra o incluso una superposición de estas. Esta proximidad se destaca en la transición de Clase I a Clase II, identificado por la ubicación de puntos azules y amarillos sobre el mismo espacio morfométrico. En cambio, se observa una clara separación morfológica entre las Clases II y III, ya que ningún individuo invade el espacio morfométrico del otro grupo, quedando la Clase I entre ambas.

La proximidad morfológica entre las clases I y II ofrece una gran dificultad diagnóstica, ya que es difícil establecer los límites entre una y otra. Al parecer, ninguna de las clasificaciones utilizadas es capaz de definir estos límites. Variados estudios han reportado estos mismos resultados (Kasai y cols., 1995; Wilhelm y

cols, 2001; Díaz y Manríquez, 2014; Freudenthaler y cols, 2017), corroborando nuestros resultados generales.

La variación morfológica observada en el CP2 está determinada por el componente vertical. Se esperaría encontrar que los individuos preclasificados como dolicofaciales se encontrarían en una ubicación superior en el eje, en el centro los mesofaciales y hacia inferior los braquifaciales. Sin embargo, los resultados (fig. 17) mostraron una distribución en diagonal de los sujetos preclasificados según biotipo, encontrando a los individuos dolicofaciales por sobre la diagonal, los mesofaciales en la diagonal y braquifaciales bajo la diagonal. Al igual que la clasificación esquelética, esta presenta una distribución continua donde los biotipos se superponen, no existiendo un límite claro. Un estudio de Alarcón y cols., determinó que la relación craneofacial-mandíbula con los biotipos faciales tuvieron unas correlaciones muy significativas, presentando una distribución diagonal muy similar al presentado en esta tesis (Alarcón y cols., 2014). Cabe destacar que en nuestro estudio piloto solo se consideraron 70 individuos y además, solo se consideró un parámetro para la preclasificación de biotipo, lo que podría no ser suficiente para una correcta clasificación.

Como ya se ha mencionado, las características morfológicas craneofaciales de un individuo quedan definidas por los componentes sagitales y verticales. Clasificar solamente de acuerdo con el patrón sagital o con el patrón vertical genera una pérdida de información de la variación morfológica. El mapa morfométrico creado ofrece claramente la posibilidad de expresar estas características morfológicas en ambos ejes (Figura 11). Esto ha sido planteado Mizoguchi y cols., quienes describen los 9 subtipos morfológicos craneofaciales donde el patrón vertical modificaría las características morfológicas de la clase esquelética (Mizoguchi y cols., 2016). En la figura 18 se presenta en paralelo el esquema propuesto por Sugawara y Kawamura (Sugawara & Kawamura, 1997) y el mapa morfométrico craneofacial desarrollado en esta tesis (Figura 11). Como se puede apreciar, estos 9 subtipos morfológicos se corresponden perfectamente con las variaciones que muestra el complejo craneofacial dentro del espacio morfométrico.



**Figura 18.** Imágenes de los 9 tipos de morfología craneofacial comparada con las configuraciones obtenidas en el mapa morfométrico.

### **Proposición de una clasificación dentoesqueletal basada en Morfometría Geométrica**

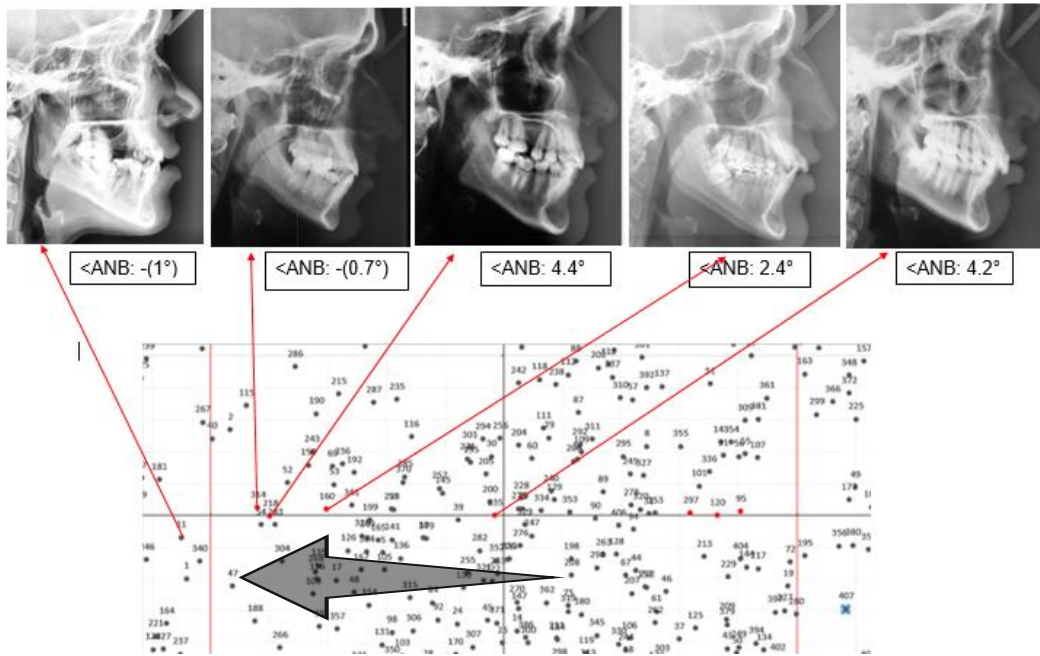
La utilización de la Morfometría Geométrica en ortodoncia es relativamente reciente. Algunos estudios sobre la forma de la mandíbula, base de cráneo, vértebras cervicales, así como investigaciones sobre clases esqueléticas (Singh y cols, 1997b), han sido realizados mediante esta herramienta. Sin embargo, muy pocos autores han sugerido la capacidad diagnóstica dentoesqueletal de la Morfometría Geométrica. Esta tesis ha querido contribuir profundizando esta capacidad diagnóstica y establecer una clasificación morfológica que represente un avance respecto de la clasificación cefalométrica tradicional. Una de las ventajas del método empleado en esta tesis, se fundamenta en que permite apreciar la variación morfológica sagital y vertical del complejo cráneo facial en un espacio morfométrico caracterizado por una continuidad morfológica. De tal manera, la tendencia morfológica, tanto de clase esquelética como de biotipo que tendría un individuo, se

relacionaría con su ubicación en el mapa o espacio morfométrico de referencia creado (Figura 10).

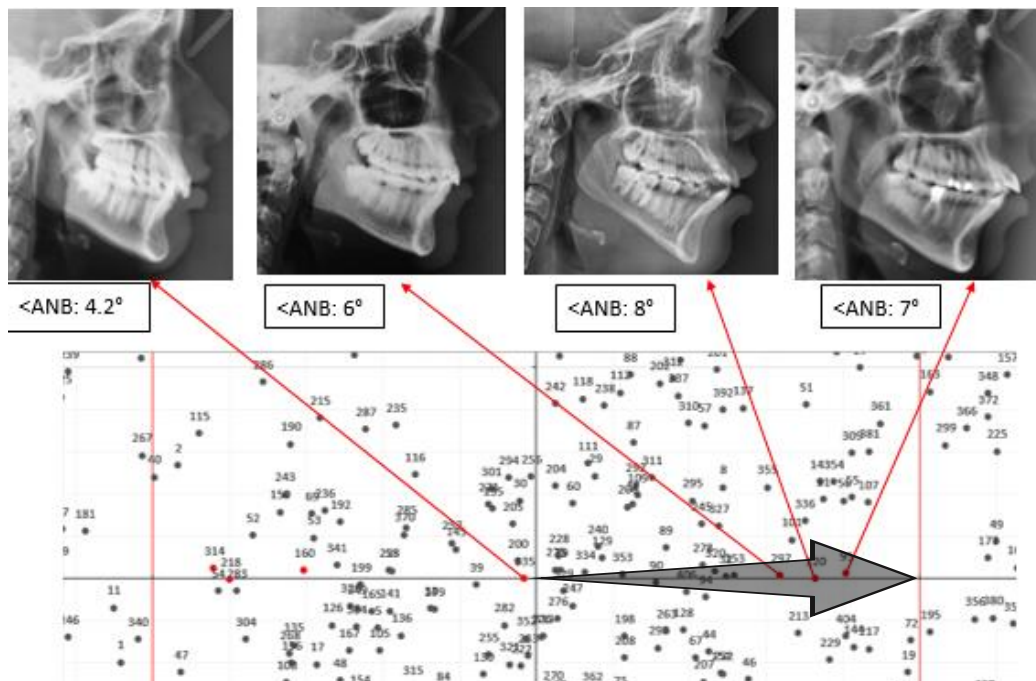
Los estudios cefalométricos donde se comparan poblaciones, desde un punto de vista étnico, esquelético, grupo etario, etc., suponen una distribución normal de las variables estudiadas. Es así como, por cada variable (ángulos o distancias) se determina un promedio y una desviación estándar. Una distribución normal nos señala que aproximadamente, el 68% de la población estudiada se encontrará entre una desviación estándar abajo del promedio y una desviación estándar por sobre el promedio. En las segundas desviaciones estándar se encontrará el 27,2% y finalmente en las terceras desviaciones estándar, el 4,2%. La tabla 5 muestra que nuestros resultados se ajustan muy bien con las características de una distribución normal, siendo corroborada por los histogramas de la figura 15. Con estos resultados, la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación es aceptada y se contrasta con los resultados preliminares de los 70 individuos preclasificados según clase esquelética y biotipo, los cuales coinciden con la distribución morfológica en el mapa Morfométrico (Figura 10).

Al observar las telerradiografías correspondientes a los individuos que se encuentran en esta primera desviación estándar en los dos ejes, se aprecia una forma craneofacial que se ajusta a un patrón de Clase I Mesofacial. Sin embargo, estos individuos manifiestan tendencias crecientes hacia la Clase II o hacia la Clase III. Por ejemplo, la figura 19 muestra la transición morfológica desde individuos con una Clase I "perfecta" hacia individuos Clase I con tendencia a la Clase III. Lo mismo se muestra en la figura 20, donde la variación morfológica es de una Clase I "perfecta" a una Clase I con tendencia a Clase II.



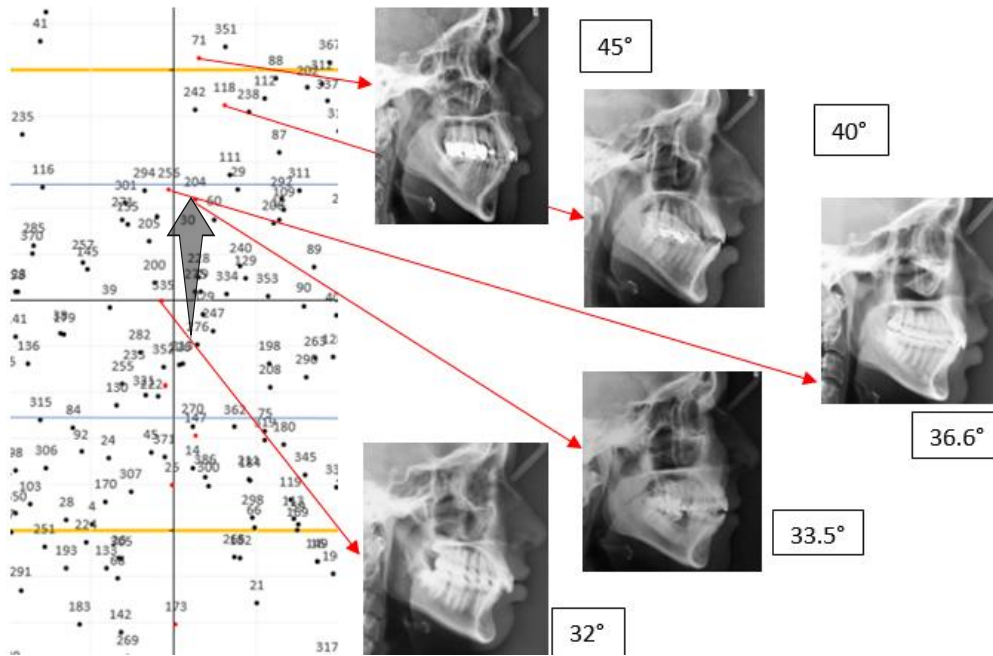


**Figura 19.** Imágenes de las telerradiografías de los individuos que se encuentran en la primera desviación estándar en ambos ejes. La flecha señala la tendencia creciente hacia la Clase III.

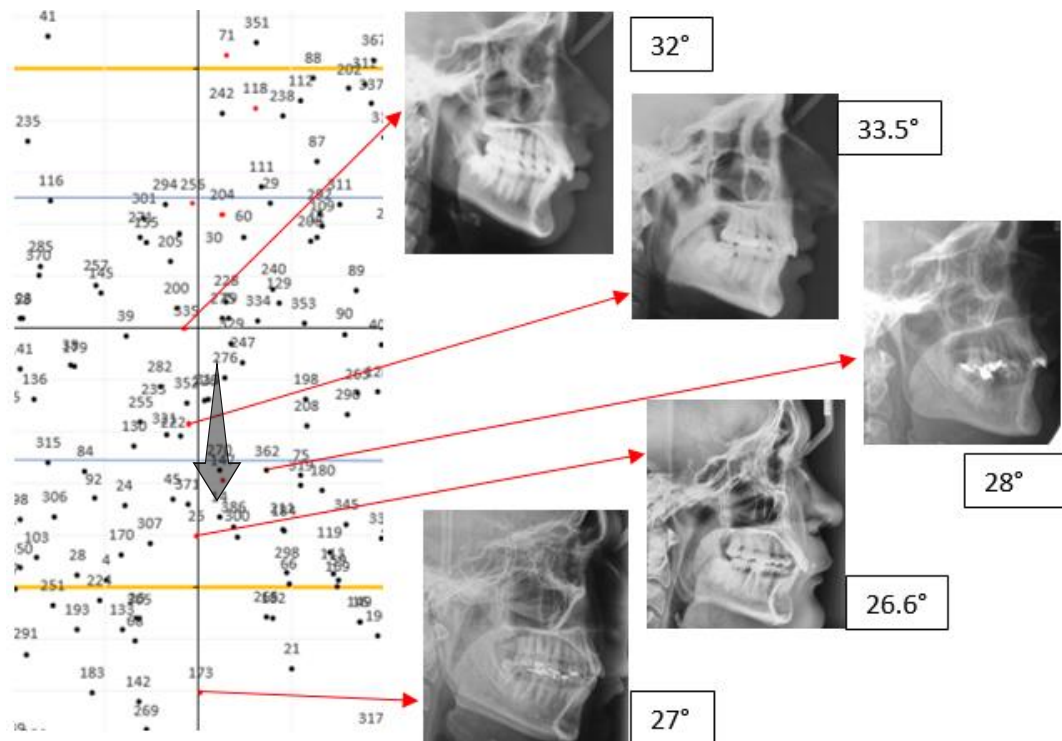


**Figura 20.** Imágenes de las telerradiografías de los individuos que se encuentran en la primera desviación estándar en ambos ejes. La flecha señala la tendencia creciente hacia la Clase II.





**Figura 22.** Imágenes de las telerradiografías de los individuos que se encuentran en la primera desviación estandar en ambos ejes. La flecha señala la tendencia creciente hacia un patrón dolicofacial.

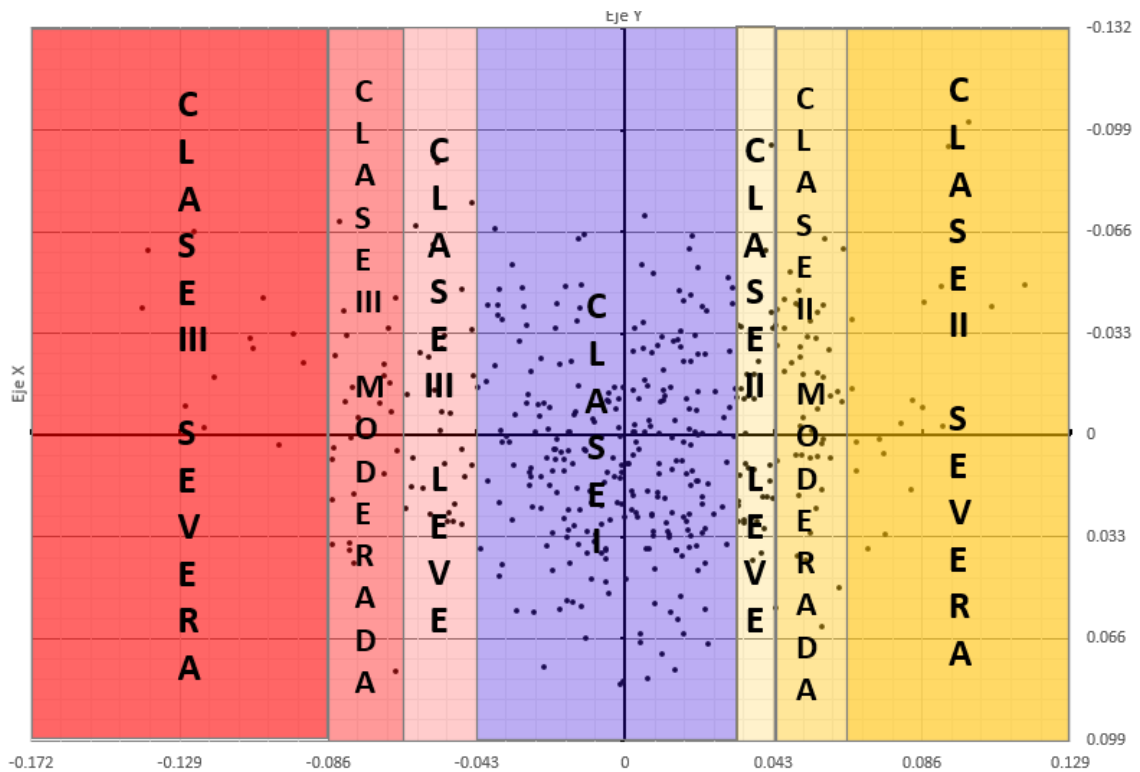


**Figura 23.** Imágenes de las telerradiografías de los individuos que se encuentran en la primera desviación estandar en ambos ejes. La flecha señala la tendencia creciente hacia un patrón braquifacial.

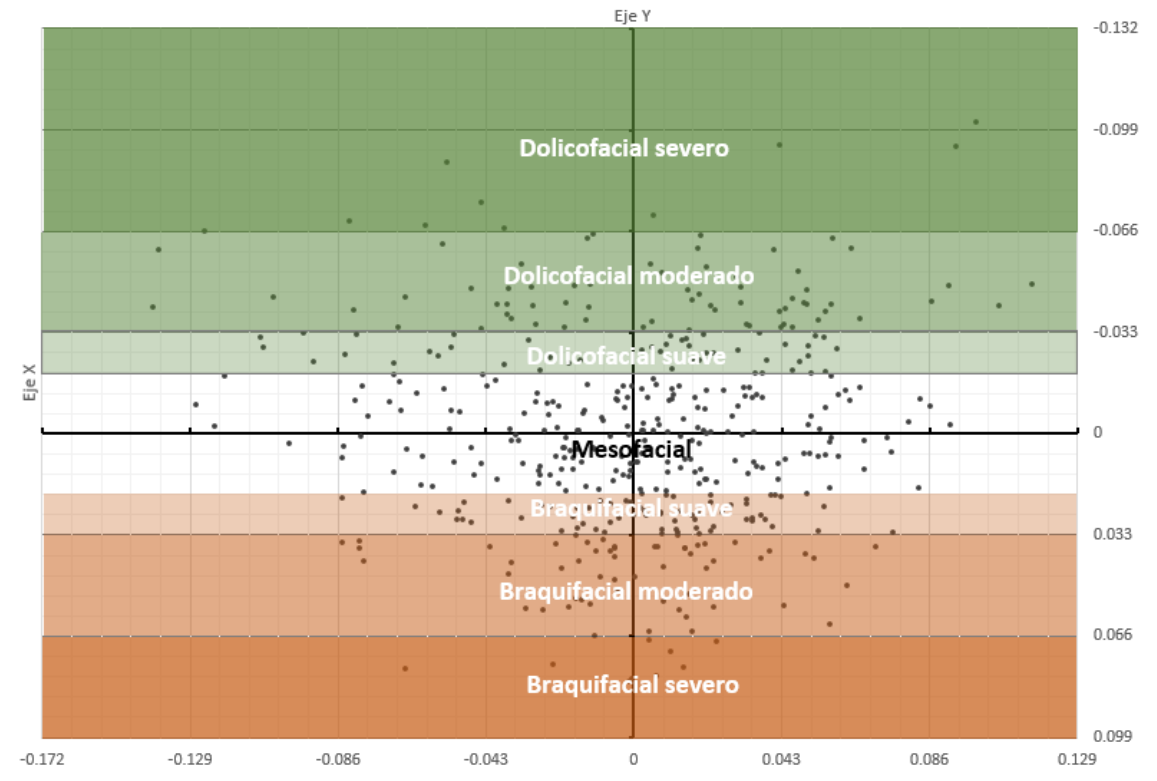


en Morfometría Geométrica, se consideró principalmente la observación de la distribución de la forma craneofacial en el espacio morfométrico. Sin embargo, una pequeña cuota de arbitrariedad no se puede abandonar por completo. Es así como, basado en el análisis morfométrico ya expuesto y la experiencia clínica y opinión de experto (Dr. Diaz) se realiza esta propuesta.

A continuación, se presenta la clasificación esquelética propuesta en esta tesis. Para su mejor comprensión se presentarán las clasificaciones y su ubicación sobre el mapa Morfométrico por cada eje (Figura 25 y 26) para luego visualizar la proposición clasificatoria completa (Figura 27).



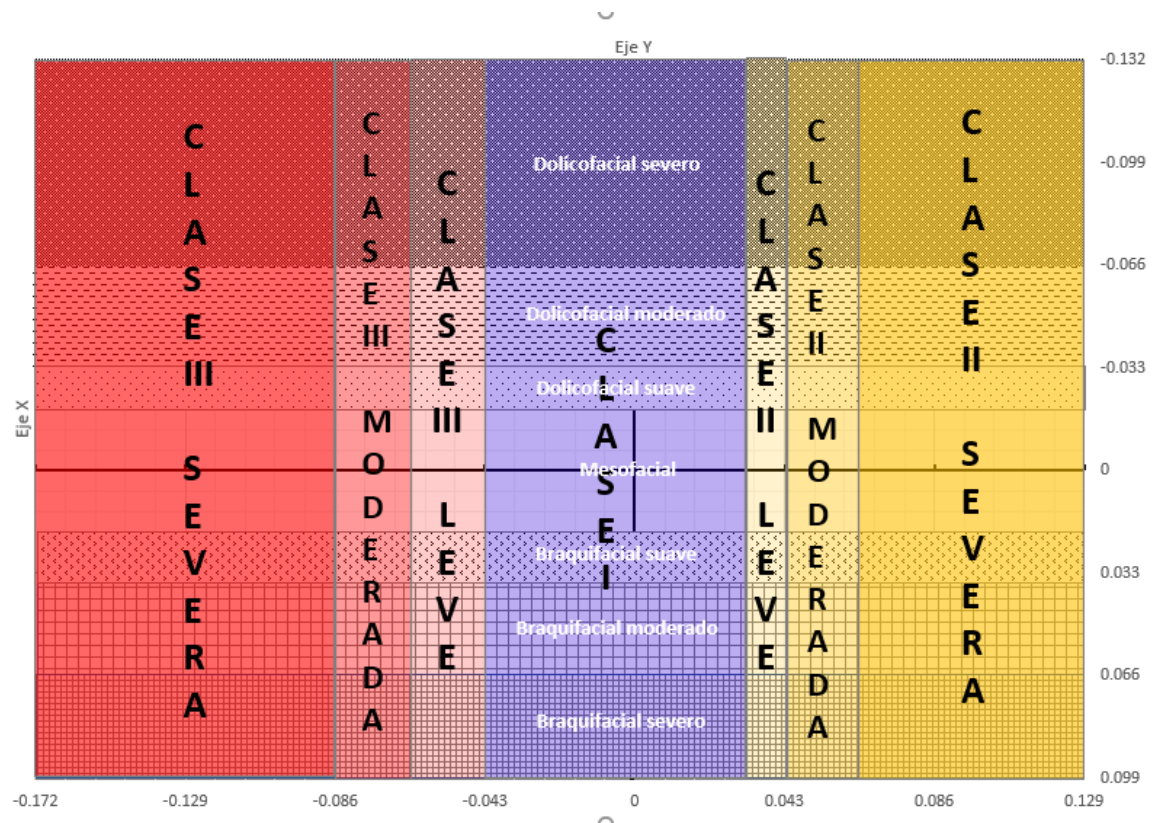
**Figura 25.** Clasificación del mapa morfométrico por clase esquelética y su severidad



**Figura 26.** Clasificación del mapa morfométrico por biotipo facial y su severidad.

La figura 27 ha sido construida a partir de la figura 14, a la cual, para una mejor visualización de los textos se le han retirado los puntos y números de las 439 telerradiografías. En la parte central del gráfico se encontrarán los individuos de Clase I mesofaciales. Como ya fue expresado, la tendencia morfológica hacia Clase II/ Clase III, o hacia lo dolicofacial /braquifacial, dependerá de la ubicación relativa en este espacio central. Por una parte, mientras más alejada sea la ubicación de un individuo respecto del centro en el eje horizontal, mayor será su expresión de Clase II o Clase III. Del mismo modo, mientras más alejada sea la ubicación de un individuo respecto del centro en el eje vertical, mayor será su expresión dolicofacial o braquifacial. Es así entonces que un individuo podrá presentar una expresión leve, moderada o severa de su clase esquelética o biotipo.





**Figura 27.** Proposición de clasificación esquelética y biotipo facial mediante Morfometría Geométrica.

El beneficio de presentar este mapa de referencia morfológico, es que permite clasificar la morfología craneofacial de un individuo cualquiera (un nuevo individuo a diagnosticar) de una manera eficiente y en relación con la población a la cual este individuo pertenece. De este modo, bastará con digitalizar en una nueva telerradiografía, los 22 puntos cefalométricos utilizados en esta tesis e integrar esta nueva matriz de datos en el espacio de referencia creado. En principio, este mapa debe ser aplicado solamente en la población de origen. Otras poblaciones deberán definir sus propios mapas de referencia.

En resumen, el presente trabajo de investigación propone un nuevo método de clasificación de la morfología craneofacial basado en la creación de un marco de referencia morfológico mediante Morfometría Geométrica. Este es un primer acercamiento con este propósito y se espera que constituya un punto de partida en este sentido. Podrá ser necesario aumentar la representación morfológica

craneofacial de la población para mejorar esta capacidad clasificatoria esquelética. Esperamos haber contribuido con este punto de partida para así conseguir mejores diagnósticos y por consiguiente adecuados tratamientos en beneficio de la salud de las personas.



## IX. CONCLUSIONES

1. La Morfometría Geométrica es una nueva herramienta para el diagnóstico morfológico craneofacial.
2. El componente sagital sería el más relevante en la variación de la forma craneofacial.
3. El componente vertical modula la expresión del componente sagital.
4. La muestra utilizada se ajusta a una distribución normal.
5. La expresión de dimorfismo sexual craneofacial se centra en las diferencias de tamaño y no de forma.
6. Se requiere la realización de otros estudios para validar la capacidad diagnóstica craneofacial con el uso de la Morfometría Geométrica.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguila, J. (1996). *Manual de cefalometría*. Sevilla: Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica C.A.
- Alarcón, J. A., Bastir, M., & García-Espona, I. (2014). Morphological integration of mandible and cranium: Orthodontic implications. *Archives of Oral Biology*, 59(1), 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2013.10.005>
- Angle, E. H. (1899). Classification of Malocclusion. *Dental Cosmos*, 41(3), 248-264.
- Argyropoulos, E., & Sassouni, V. (1989). Comparison of the dentofacial patterns for native Greek and American-Caucasian adolescents. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 95(3), 238-249. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(89\)90054-1](https://doi.org/10.1016/0889-5406(89)90054-1)
- Arnett, W., & Gunson, M. (2004). Facial planning for orthodontists and oral surgeons. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 126(3), 290-295. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2004.06.006>
- Benedicto, E. D. N., Kairalla, S. A., Oliveira, G. M. S., Junior, L. R. M., Rosário, H. D., & Paranhos, L. R. (2016). Determination of vertical characteristics with different cephalometric measurements. *European Journal of Dentistry*, 10(1), 116-120. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.175694>
- Binnal, A., & Yashoda Devi, B. (2012). Identification of Sex using Lateral Cephalogram: Role of Cephalofacial Parameters. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 24(4), 280-283. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10011-1313>
- Bookstein, F. L. (1989). «Size and Shape»: A Comment on Semantics. *Systematic Biology*, 38(2), 173-180. <https://doi.org/10.1093/sysbio/38.2.173>
- Bookstein, F. L. (1991). *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511573064>
- Bookstein, F. L. (2016). Reconsidering “The inappropriateness of conventional cephalometrics”. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 149(6), 784-797. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.12.011>.

- Bucchi, A., Bucchi, C., Fuentes, R., & El, R. (2016). *El Dimorfismo Sexual en Distintas Relaciones Cráneo-Mandibulares Sexual Dimorphism in Different Craneomandibular Relationships*. *Int. J. Morphol* (Vol. 34). Loth & Henneberg.
- Canut, J. A. (2000). *Ortodoncia clínica y terapéutica*. Barcelona: Masson.
- Cauvi, D., & Madsen, R. (2007). *Manual de Cefalometría*. Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.
- Cerda, B., Schulz, R., López, J., & Romo, F. (2019). Parámetros cefalométricos para determinar biotipo facial en adultos chilenos. *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*, 12(1), 8-11.  
<https://doi.org/10.4067/s0719-01072019000100008>
- Chang, H.-P., Kinoshita, Z., & Kawamoto, T. (1992). Craniofacial pattern of Class III deciduous dentition. *The Angle orthodontist*, 62(2), 139-144.
- Chang, H. P., Lin, H. C., Liu, P. H., & Chang, C. H. (2005). Geometric morphometric assessment of treatment effects of maxillary protraction combined with chin cup appliance on the maxillofacial complex. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32(10), 720-728. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2005.01504.x>
- Cooke, M., & Orth, D. (1990). Five-year reproducibility of natural head posture: A longitudinal study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 97(6), 489-494. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(05\)80029-0](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(05)80029-0)
- Cotton, W., Takano, W., & Wong, W. (1951). The Downs analysis applied to three other ethnic groups. *The Angle orthodontist*, 21(4).  
[https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1951\)021<0213:TDAATT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1951)021<0213:TDAATT>2.0.CO;2)
- Díaz, A., & Manríquez, G. (2014). Skeletodental Diagnosis Using a Geometric Morphometric Approach. *International Journal of Odontostomatology*, 8(1), 05-11. <https://doi.org/10.4067/s0718-381x2014000100001>
- Dibbets, J. M. H. (1996). Morphological associations between the Angle classes. *European Journal of Orthodontics*, 18(2), 111-118.  
<https://doi.org/10.1093/ejo/18.2.111>
- Foster, T. D., Howat, A. P., & Naish, P. J. (1981). Variation in cephalometric reference lines. *British journal of orthodontics*, 8(4), 183-187.  
<https://doi.org/10.1179/bjo.8.4.183>

- Franchi, L., Baccetti, T., & McNamara, J. A. (2000). Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 118(3), 335-340.  
<https://doi.org/10.1067/mod.2000.107009>
- Freudenthaler, J., Čelar, A., Ritt, C., & Mitteröcker, P. (2017). Geometric morphometrics of different malocclusions in lateral skull radiographs. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 78(1), 11-20. <https://doi.org/10.1007/s00056-016-0057-x>
- Goel, S., Bansal, M., & Kalra, A. (2004). A preliminary assessment of cephalometric orthodontic superimposition. *European Journal of Orthodontics*, 26(2), 217-222. <https://doi.org/10.1093/ejo/26.2.217>
- Gregoret, J. (1997). *Ortodoncia y Cirugía Ortognática*. Madrid: Espaxs.
- Halazonetis, D. J. (2004). Morphometrics for cephalometric diagnosis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 125(5), 571-581.  
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2003.05.013>
- Han, U. K., & Kim, Y. H. (1998). Determination of Class II and Class III skeletal patterns: receiver operating characteristic (ROC) analysis on various cephalometric measurements. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 113(5), 538-545. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(98\)70265-3](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(98)70265-3)
- Huh, Y. J., Huh, K. H., Kim, H. K., Nam, S. E., Song, H. Y., Lee, J. H., & Park, Y. S. (2014). Constancy of the angle between the Frankfort horizontal plane and the sella-nasion line: A nine-year longitudinal study. *Angle Orthodontist*, 84(2), 286-291. <https://doi.org/10.2319/062013-464.1>
- Iwasaki, H., Ishikawa, H., Chowdhury, L., Nakamura, S., & Iida, J. (2002). Properties of the ANB angle and the Wits appraisal in the skeletal estimation of Angle's Class III patients. *European Journal of Orthodontics*, 24(5), 477-483. <https://doi.org/10.1093/ejo/24.5.477>
- Kasai, K., Moro, T., Kanazawa, E., & Iwasawa, T. (1995). Relationship between cranial base and maxillofacial morphology. *European Journal of Orthodontics*,

- 17(5), 403-410. <https://doi.org/10.1093/ejo/17.5.403>
- Katsadouris, A., & Halazonetis, D. J. (2017). Geometric morphometric analysis of craniofacial growth between the ages of 12 and 14 in normal humans. *European Journal of Orthodontics*, 39(4), 386–394. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjw070>
- Kendall, D. G. (1977). The diffusion of shape. *Advances in Applied Probability*, 9(3), 428-430. <https://doi.org/10.2307/1426091>
- Krapivka, S., Toro, J. E., Alcapán, A. C., Astorga, M., Presa, P., Pérez, M., & Guiñez, R. (2007). Shell-shape variation along the latitudinal range of the Chilean blue mussel *Mytilus chilensis* (Hupe 1854). *Aquaculture Research*, 38(16), 1770-1777. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01839.x>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 74-159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lestrel, P. E., Bodt, A., & Swindler, D. R. (1993). Longitudinal study of cranial base shape changes in *Macaca nemestrina*. *American Journal of Physical Anthropology*, 91(1), 117-129. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330910108>
- Lopez, J. (1976). Xeroradiography in dentistry. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 92(1), 106-110. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1976.0300>
- McIntyre, G., & Mossey, P. (2003). Size and shape measurement in contemporary cephalometrics. *European Journal of Orthodontics*, 25(3), 231-242. <https://doi.org/10.1093/ejo/25.3.231>
- Mizoguchi, I., Toriya, N., & Nakao, Y. (2016). Growth of the mandible and biological characteristics of the mandibular condylar cartilage. *Japanese Dental Science Review*, 49(4), 139-150. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2013.07.004>
- Montt, J., Miquel, M. P., & Oyonarte, R. (2015). Características cefalométricas en jóvenes con oclusión normal y perfil armónico en población Chilena. *International Journal of Morphology*, 33(1), 237-244. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022015000100037>
- Moyers, R., & Bookstein, F. (1979). The inappropriateness of conventional cephalometrics. *American Journal of Orthodontics*, 75(6), 599-617.

- [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(79\)90093-9](https://doi.org/10.1016/0002-9416(79)90093-9)
- Munandar, S., & Snow, M. (1995). Cephalometric analysis of Deutero-Malay Indonesians. *Australian Dental Journal*, 40(6), 381-388.  
<https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.1995.tb04837.x>
- O'Higgins, P. (2000). The study of morphological variation in the hominid fossil record: biology, landmarks and geometry. *Journal of Anatomy*, 197(1), 103-120. <https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.2000.19710103.x>
- Parcha, E., Bitsanis, E., & Halazonetis, D. J. (2017). Morphometric covariation between palatal shape and skeletal pattern in children and adolescents: A cross-sectional study. *European Journal of Orthodontics*, 39(4), 377-385.  
<https://doi.org/10.1093/ejo/cjw063>
- Ricketts, R. (1983). *Técnica Bioprogressiva*. Buena Aires: Panamericana.
- Rohlf, J. F., & Marcus, L. F. (1993). A revolution morphometrics. *Trends in Ecology and Evolution*, 8(4), 129-132. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(93\)90024-J](https://doi.org/10.1016/0169-5347(93)90024-J)
- Rosas, A., & Bastir, M. (2002). Thin-plate spline analysis of allometry and sexual dimorphism in the human craniofacial complex. *American Journal of Physical Anthropology*, 117(3), 236-245. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10023>
- Singh, G. D., Mcnamara, J. A., & Lozanoff, S. (1997). Spline analysis of the mandible in human subjects with Class III malocclusion. *Archives of Oral Biology*, 42(5), 345-353. [https://doi.org/10.1016/S0003-9969\(97\)00032-0](https://doi.org/10.1016/S0003-9969(97)00032-0)
- Singh, G. D., McNamara, J. A., & Lozanoff, S. (1997a). Morphometry of the cranial base in subjects with class III malocclusion. *Journal of Dental Research*, 76(2), 694-703. <https://doi.org/10.1177/00220345970760021101>
- Singh, G. D., McNamara, J. A., & Lozanoff, S. (1997b). Thin-plate spline analysis of the cranial base in subjects with Class III malocclusion. *European Journal of Orthodontics*, 19(4), 341-353. <https://doi.org/10.1093/ejo/19.4.341>
- Slice, D. (2007). Geometric Morphometrics. *Annual Review of Anthropology*, 36, 261-281. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.34.081804.120613>
- Suazo, I. C., Zavando, D. A., & Smith, R. L. (2009). Determinación del sexo en mandíbulas en el primer año de vida mediante una aproximación cuantitativa. *International Journal of Morphology*, 27(1), 113-116.  
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022009000100020>

- Subhashchandra Phulari, B. (2013). *An Atlas on Cephalometric Landmarks*. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.
- Sugawara, J., & Kawamura, J. (1997). CDS analysis—two dimensional morphologic analysis of dentofacial deformities using cephalometric drawing. *Clin Orthod*, 2, 43—58.
- Toro-Ibacache, V., Cortés, J., Díaz, A., & Manríquez, G. (2014). Morphologic variability of nonsyndromic operated patients affected by cleft lip and palate: A geometric morphometric study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 146(3), 346-354.  
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.06.002>
- Viazis, A. (1995). *Atlas de Ortodoncia*. Buenos Aires: Medica panamericana.
- Wilhelm, B. M., Beck, F. M., Lidral, A. C., & Vig, K. W. L. (2001). A comparison of cranial base growth in Class I and Class II skeletal patterns. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 119(4), 401-405.  
<https://doi.org/10.1067/mod.2001.112872>
- Woon, C. K., Jamal, N. A. A., Mohd Noor, M. N. I., Abdullah, S. M., Ibrahim, N. M., Norman, N. H., & Alias, A. (2019). Geometric morphometric analysis of malocclusion on lateral cephalograms in Malaysian population. *Anatomy and Cell Biology*, 52(4), 397-405. <https://doi.org/10.5115/acb.19.118>
- Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., Sheets, H. D., & Fink, W. L. (2004). *Geometric morphometrics for biologists: A primer*. Elsevier/Academic Press. Amsterdam: Elsevier Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-012778460-1/50003-x>

## XI. ANEXO 1

Intraexaminador Dr. Diaz

*Unweighted Kappa*

Observed Kappa	Standard Error	.95 Confidence Interval	
		Lower Limit	Upper Limit
0.9			
<a href="#">Method 1</a>	0.0308	0.8396	0.9604
<a href="#">Method 2</a>	0.0308	0.8396	0.9604

<input type="text" value="1"/>	maximum possible unweighted kappa, given the observed marginal frequencies
<input type="text" value="0.9"/>	observed as proportion of maximum possible

*Kappa with Linear Weighting*

Observed Kappa	Standard Error	.95 Confidence Interval	
		Lower Limit	Upper Limit
0.9	0.0308	0.8396	0.9604

<input type="text" value="1"/>	maximum possible linear-weighted kappa, given the observed marginal frequencies
<input type="text" value="0.9"/>	observed as proportion of maximum possible

*Kappa with Quadratic Weighting*

Observed Kappa	Standard Error	.95 Confidence Interval	
		Lower Limit	Upper Limit
0.9	0.0256	0.8499	0.9501

<input type="text" value="1"/>	maximum possible quadratic-weighted kappa, given the observed marginal frequencies
<input type="text" value="0.9"/>	observed as proportion of maximum possible



## XII. ANEXO 2

Intraexaminador Tesista Natalia Bastidas

*Unweighted Kappa*

Observed Kappa	Standard Error	.95 Confidence Interval	
		Lower Limit	Upper Limit
1			
<a href="#">Method 1</a>	0	1	1
<a href="#">Method 2</a>	0	1	1

1	maximum possible unweighted kappa, given the observed marginal frequencies
1	observed as proportion of maximum possible

---

*Kappa with Linear Weighting*

Observed Kappa	Standard Error	.95 Confidence Interval	
		Lower Limit	Upper Limit
1	0	1	1

1	maximum possible linear-weighted kappa, given the observed marginal frequencies
1	observed as proportion of maximum possible

---

*Kappa with Quadratic Weighting*

Observed Kappa	Standard Error	.95 Confidence Interval	
		Lower Limit	Upper Limit
1	0	1	1

1	maximum possible quadratic-weighted kappa, given the observed marginal frequencies
1	observed as proportion of maximum possible

---

XIII. ANEXO 3  
Interexaminador.

*Unweighted Kappa*

Observed Kappa	Standard Error	.95 Confidence Interval	
		Lower Limit	Upper Limit
0.84			
<a href="#">Method 1</a>	0.0384	0.7648	0.9152
<a href="#">Method 2</a>	0.0384	0.7648	0.9152

<input type="text" value="1"/>	maximum possible unweighted kappa, given the observed marginal frequencies
<input type="text" value="0.84"/>	observed as proportion of maximum possible

*Kappa with Linear Weighting*

Observed Kappa	Standard Error	.95 Confidence Interval	
		Lower Limit	Upper Limit
0.84	0.0384	0.7648	0.9152

<input type="text" value="1"/>	maximum possible linear-weighted kappa, given the observed marginal frequencies
<input type="text" value="0.84"/>	observed as proportion of maximum possible

*Kappa with Quadratic Weighting*

Observed Kappa	Standard Error	.95 Confidence Interval	
		Lower Limit	Upper Limit
0.84	0.0318	0.7776	0.9024

<input type="text" value="1"/>	maximum possible quadratic-weighted kappa, given the observed marginal frequencies
<input type="text" value="0.84"/>	observed as proportion of maximum possible