



Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias  
Sociales  
Departamento de  
Antropología

**DIMORFISMO SEXUAL DE LA SILLA TURCA EN UNA  
MUESTRA DE POBLACIÓN CHILENA SUBACTUAL: UN  
ANÁLISIS MORFOMÉTRICO GEOMÉTRICO**

**Memoria para optar al grado de Antropóloga Física**

Primavera Cortés Benavides  
Profesor guía: Germán Manríquez S

Santiago, Chile  
2023

## **Agradecimientos**

En el cúlmine de este largo proceso, no puedo dejar de agradecer con completa sinceridad a todos quienes hicieron posible este trabajo:

En primer lugar, agradezco a mi familia por su amor, su paciencia, sus palabras de aliento y por su ayuda incondicional en detalles del día a día que me motivaron a seguir adelante.

Agradezco de gran manera a mi profesor guía, Germán Manríquez, por su invaluable orientación, paciencia y apoyo en este largo proceso, resolviendo mis inquietudes y ofreciéndome nuevas perspectivas en cuanto al trabajo y a la vida. Sus conocimientos expertos y su disposición para brindarme su tiempo han sido fundamentales para este escrito.

No puedo dejar de mencionar al Centro de Análisis Cuantitativo de Antropología Dental (CA2) de la Facultad de Odontología, cuyas puertas siempre estuvieron abiertas para la generación de conocimiento.

Asimismo, me gustaría reconocer el apoyo proporcionado por mis profesores y profesoras, y todos aquellos que, aunque no se mencionen de manera específica, su influencia no ha pasado desapercibida.

Y por supuesto, agradezco a Dios por las oportunidades que me ha dado y la entereza para seguir aun en los momentos más difíciles.

## TABLA DE CONTENIDOS

Contenido

|       |                                                             |    |
|-------|-------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | 8                                                           |    |
| 2.    | 9                                                           |    |
| 2.1   | Silla turca                                                 | 9  |
| 2.2   | Dimorfismo sexual en <i>Homo sapiens</i>                    | 12 |
| 2.3   | Dimorfismo sexual en la silla turca                         | 14 |
| 2.4   | Morfometría geométrica (MG)                                 | 15 |
| 3.    | 18                                                          |    |
| 4.    | 19                                                          |    |
| 4.1   | 19                                                          |    |
| 4.2   | Objetivos Específicos:                                      | 19 |
| 5.    | 20                                                          |    |
| 5.1   | Hipótesis estadísticas                                      | 20 |
| 5.2   | Hipótesis biológicas                                        | 20 |
| 6.    | 21                                                          |    |
| 6.1   | Tipo de estudio                                             | 21 |
| 6.2   | Unidad de análisis                                          | 21 |
| 6.3   | Diseño muestral                                             | 21 |
| 6.4   | Estrategia de recolección de datos                          | 23 |
| 6.5   | Plan de análisis                                            | 25 |
| 7.    | 26                                                          |    |
| 7.1   | Morfología de la Silla turca según sexo y origen geográfico | 26 |
| 7.1.1 | Población de Chile contemporáneo                            | 26 |
| 7.1.2 | Población de Brasil                                         | 27 |
| 7.1.3 | Población de Cementerio General                             | 28 |
| 7.2.  | Tamaño de centroide                                         | 29 |
| 7.2.1 | ANOVA                                                       | 30 |
| 7.3   | Análisis intrapoblacional                                   | 30 |
| 7.3.1 | ANOVA                                                       | 30 |
| 7.3.2 | Análisis de funciones discriminantes                        | 31 |
| 7.3.3 | Análisis de Componentes Principales                         | 34 |
| 7.4   | Análisis interpoblacional                                   | 36 |
| 7.4.1 | Análisis de Componentes Principales (PCA)                   | 36 |
| 7.4.2 | Análisis Canónico de la Varianza                            | 38 |

8. 42

9. 46

**BIBLIOGRAFÍA**

47

**ANEXO 1.** Número otorgado a cada individuo de la muestra, según sexo, origen y total. 55

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

|                                                                                                                       | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Figura 1.</b> Vista lateral de la silla turca (hueso esfenoideas) en radiografía                                   | 9      |
| <b>Figura 2.</b> Clasificación de la morfología de la silla turca según Axelsson, Storhaug y Kjaer (2004).            | 11     |
| <b>Tabla 1.</b> Resumen de individuos por sexo y origen                                                               | 22     |
| <b>Figura 3.</b> Distribución de la muestra según sexo.                                                               | 23     |
| <b>Figura 4.</b> Distribución de la muestra según origen                                                              | 23     |
| <b>Figura 5.</b> Mapa de homologías para el contorno de la silla turca, en la aproximación de una imagen radiográfica | 24     |
| <b>Tabla 2.</b> Nombre, definición anatómica y tipo de hito                                                           | 24     |
| <b>Figura 6.</b> Configuración de consenso o “promedio” de la Silla Turca para la población de Chile.                 | 26     |
| <b>Figura 7.</b> Consenso de la Silla turca para la población Chile contemporáneo por sexo                            | 27     |
| <b>Figura 8.</b> Configuración de consenso o “promedio” de la Silla Turca para la población de Brasil                 | 27     |
| <b>Figura 9.</b> Consenso de la Silla turca para la población Brasil por sexo                                         | 28     |
| <b>Figura 10.</b> Configuración de consenso o “promedio” de la Silla Turca para la población de COSS                  | 28     |
| <b>Figura 11.</b> Consenso de la Silla turca para la población COSS por sexo                                          | 29     |
| <b>Tabla 3.</b> Promedio de los tamaños del centroide según origen y sexo                                             | 30     |
| <b>Figura 12.</b> Análisis de funciones discriminantes por sexo para la población Chile Contemporáneo                 | 31     |

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 4.</b> Clasificación cross-validation por sexo para la población de Chile Contemporáneo                        | 31 |
| <b>Figura 13.</b> Análisis de funciones discriminantes por sexo para la población Brasil                                | 32 |
| <b>Tabla 5.</b> Clasificación cross-validation por sexo para la población de Brasil                                     | 32 |
| <b>Figura 14.</b> Análisis de funciones discriminantes por sexo para la población COSS                                  | 33 |
| <b>Tabla 6.</b> Clasificación cross-validation por sexo para la población de COSS                                       | 33 |
| <b>Figura 15.</b> Análisis de funciones discriminantes por sexo para las poblaciones Chile Contemporáneo, Brasil y COSS | 34 |
| <b>Tabla 7.</b> Clasificación cross-validation por sexo para las poblaciones Chile                                      | 34 |
| <b>Figura 16.</b> PCA para la población Chile Contemporáneo.                                                            | 35 |
| <b>Figura 17.</b> PCA para la población Brasil                                                                          | 35 |
| <b>Figura 18.</b> PCA para la población COSS                                                                            | 36 |
| <b>Figura 19.</b> PCA según sexo para las tres poblaciones de la muestra.                                               | 37 |
| <b>Figura 20.</b> PCA según origen                                                                                      | 37 |
| <b>Tabla 8.</b> Distancia de Procrustes entre poblaciones y p-valor con 10000 permutaciones                             | 38 |
| <b>Figura 21.</b> Árbol de distancias de Procrustes para las poblaciones de Brasil, COSS y Chile C                      | 39 |
| <b>Figura 22.</b> Distribución de la muestra en el plano cartesiano y sus variaciones morfológicas                      | 40 |

## RESUMEN

El dimorfismo sexual en el cráneo es un tópico ampliamente estudiado en disciplinas como la biología, paleontología y antropología. Las estructuras que han sido estudiadas corresponden a hitos del rostro y cráneo, los cuales se encuentran muy bien definidos en la literatura clásica.

Por otra parte, la silla turca es una región anatómica intracraneal de gran interés en diversos estudios en campos como la medicina y ortodoncia, pues alberga la glándula hipofisiaria y, a su vez, es utilizada como punto de referencia porque pertenece a la base de cráneo.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la relación entre el dimorfismo sexual y el patrón de variación de la forma y tamaño de la silla turca en población subactual de Santiago de Chile, aplicando Morfometría Geométrica (MG).

La MG es una herramienta que permite estudiar la morfología y las variaciones de la forma de estructuras de manera cuantitativa, por medio del establecimiento de morfocoordenadas en el espacio y su covarianza con otras variables, lo que se utilizó para analizar la morfología entre ambos sexos de manera independiente al tamaño.

Los resultados obtenidos no nos permiten afirmar que existen diferencias significativas en los patrones de variación de la forma y del tamaño con base en el sexo biológico en la muestra estudiada. Adicionalmente, se incluyeron muestras de dos poblaciones para comparar según la variable origen geográfico, las cuales no mostraron diferencias significativas.

Esta información es concordante con las investigaciones que indican una alta estabilidad en la base de cráneo, mostrando que aún estas variables no son suficientes para producir cambios significativos en esta región anatómica.

De esta forma, los resultados presentan una contribución al conocimiento del dimorfismo sexual, abriendo nuevas interrogantes en poblaciones contemporáneas, así como también en el campo de la morfometría geométrica para futuras investigaciones.

**Palabras clave:** dimorfismo sexual, silla turca, morfometría geométrica, antropología biológica.

## 1. INTRODUCCIÓN

La expresión del dimorfismo sexual en el género *Homo* es un tema de gran interés en diversas áreas de la biología, paleontología humana y antropología, refiriéndose a las diferencias morfológicas entre especímenes femeninos y masculinos de la misma especie.

Si bien el índice de dimorfismo es bajo en relación con otras especies (Galarraga, 2017), es aceptado que existen diferencias que nos permiten diferenciar individuos sobre la base de su sexo biológico (White, Black y Folkens, 2012). A nivel óseo, estas diferencias se expresan principalmente en las estructuras pélvicas, seguidas por algunos indicadores a nivel del cráneo (Krenzer, 2006).

En este estudio, nos enfocamos en investigar el dimorfismo sexual en la silla turca, una estructura ósea ubicada en el hueso esfenoideas, al interior del cráneo, que alberga la hipófisis, una glándula de gran relevancia en la medicina y odontología debido a su participación en la regulación hormonal. Por esto, se han realizado diversas investigaciones en torno a esta región anatómica con enfoques clínicos (Sathyanarayana, Kailasam y Chitharanjan, 2013), y en menor medida, estudiando su variación respecto del sexo, desde perspectivas mayoritariamente cualitativas.

El objetivo de esta investigación es evaluar la relación entre el dimorfismo sexual y el patrón de variación de la forma y el tamaño de la silla turca en población subactual de Santiago de Chile. Para esto, utilizamos radiografías digitalizadas de una muestra representativa de ambos sexos, incluyendo puntos de referencia (*landmarks*) que recrean la forma de la silla turca.

Utilizando morfometría geométrica, se realizó un análisis cuantitativo de la forma, sin depender de mediciones lineales, aplicando análisis de componentes principales, función discriminante y análisis canónico de la varianza, evaluando las diferencias morfológicas por sexo y comparando con una muestra de población de Brasil contemporánea y Cementerio General (COSS).

Los resultados de esta investigación proporcionarán referencias importantes para el estudio de las eventuales diferencias morfológicas por sexo en la silla turca con una herramienta de gran precisión, en una población escasamente investigada.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Silla turca

La silla turca es una estructura ósea cóncava ubicada en el cuerpo del hueso esfenoides, en lo que corresponde a la fosa craneal media (Figura 1).

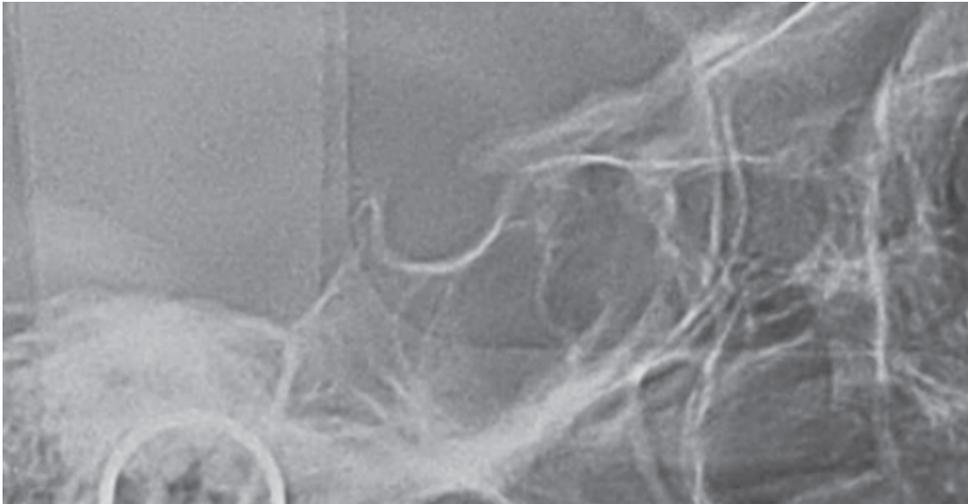


Figura 1. Vista lateral de la silla turca (hueso esfenoides) en radiografía (Phulari, 2013:35).

Anatómicamente se distinguen tres partes: a) la pared anterior o tubérculo de la silla (*tuberculum sellae*), una elevación que forma el límite posterior del surco prequiasmático y el límite anterior de la fosa hipofisiaria; b) la fosa hipofisiaria, una depresión que contiene la glándula pituitaria o hipófisis; y c) la pared posterior o dorso de la silla (*dorsum sellae*), una lámina ósea que se proyecta hacia superior desde el cuerpo del esfenoides (Moore y Dalley, 2009).

La fosa hipofisiaria está delimitada por dos procesos clinoides anteriores, formados por las alas menores del esfenoides y dos procesos clinoides posteriores, ubicados en las esquinas superolaterales del dorso de la silla (White *et al.*, 2012). Lateralmente, limita con los senos cavernosos, relacionándose con la porción cavernosa de la arteria carótida interna y canales nerviosos (Tápanes, González, Hernández, Rodríguez, Serena, Ignacio y Tarajano, 2019).

El origen y desarrollo embrionario de la silla turca está estrechamente relacionado con el de la hipófisis. Esta glándula tiene un desarrollo más temprano, a partir del contacto entre el neuroectodermo del diencefalo y el ectodermo bucal, que deriva en una estructura bilobulada (adenohipófisis y neurohipófisis). Al igual que la hipófisis, la silla turca tiene dos orígenes embrionarios, divididos por la sincondrosis esfenoidal media, que diferencia el condrocraqueo precordial -pared anterior- y el condrocraqueo cordal -pared posterior-, a partir del día 44 posterior a la formación del cigoto. Esta última deriva de las células del mesodermo paraxial, bajo la influencia directa de la notocorda (Kjaer, 2015; Di Ieva, Bruner, Haider, Rodella, Lee, Cusimano y Tschabitscher, 2014; Lieberman, Ross

y Ravosa, 2000). Posteriormente, se desarrolla la pared anterior (límite rostral a la notocorda), derivada de las células de la cresta neural (Müller y O'rahilly, 1980; Noden, 1988). La osificación de esta región se da a partir de centros de osificación que aparecen al comienzo de la vida embrionaria (Lugo, Laffitte y Fernández, 2009).

Durante el crecimiento, se ha observado que la remodelación ósea de la pared anterior permanece estable a partir de los 5 años, mientras que la pared posterior continúa modificándose por un período más largo. Antes de los 12 años no se observan cambios significativos (Suazo, Zavando y Luiz, 2008; Di Ieva *et al.*, 2014), sin embargo, entre los 16 y 18 años ocurre un proceso de aposición en el tubérculo de la silla y resorción en el dorso (Melsen 1974 cit. en Axelsson, Storhaug y Kjær, 2004; Björk, 1955; Becktor, Einersen y Kjær, 2000), lo que se traduce en una posición definitiva desplazada hacia posterior e inferior.

Una de las técnicas radiológicas más utilizadas en el estudio de la silla turca es la radiografía. En ella se puede identificar fácilmente esta estructura y observar sus variaciones (Becktor *et al.*, 2000). Su gran capacidad para reaccionar a los cambios derivados de los procesos de crecimiento y desarrollo la convierte en una buena opción para estudiar sus características morfométricas (Henríquez, Fuentes y Sandoval, 2010). En radiografías laterales se distinguen claramente sus componentes, el tubérculo de la silla, la fosa hipofisiaria, el dorso de la silla y los procesos clinoides anteriores y posteriores, aportando información cualitativa considerada importante para su estudio (Quintero, Escobar y Vélez, 2014).

Los primeros en registrar las variaciones morfológicas de la silla turca fueron Camp (1924), y Teal (1977), quienes la clasificaron en redonda, oval y plana (cit. Rai, Rai, Vani, Rai, Vadgaonkar y Tonse, 2016). Más tarde, Tetradis y Kantor (1999) definieron cuatro tipos: silla rasa, doble contorno del piso, en forma de J, presencia de procesos clinoides medios. Sin embargo, la clasificación de Camp y Teal sigue siendo una de las más utilizadas en la actualidad, junto con la propuesta por Axelsson y colaboradores (2004), quienes propusieron cinco tipos morfológicos irregulares. Estos corresponden a la pared anterior oblicua, silla turca en puente, doble contorno del piso, irregularidad en la pared posterior del dorso y dorso piramidal (Figura 2). Además, definieron una forma normal (no irregular), que se encontraría en el 71% y el 65% de los individuos masculinos y femeninos, respectivamente.

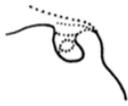
| Silla turca normal                                                                | Pared anterior oblicua                                                            | Doble contorno del piso                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| Silla turca en puente                                                             | Irregularidad en la pared posterior                                               | Forma piramidal del <i>dorsum sellae</i>                                            |
|  |  |  |

Figura 2. Clasificación de la morfología de la silla turca según Axelsson et al (2004).

Investigaciones posteriores concuerdan con los resultados obtenidos inicialmente por Camp y Teal, en los cuales se observa una mayor prevalencia de formas redondas, seguidas por ovales y en menor medida planas (Gordon y Bell, 1923; Bello y Usman, 2019; Usman, Zagga, Yunusa, Abubakar, Bello, Usman y Ammani, 2020). Usman y colaboradores (2020) observan una prevalencia del 70% de la forma definida como normal en la clasificación de Axelsson, y una muy baja frecuencia de la silla turca en puente.

Por su parte, Becktor y cols. (2000) distinguen dos tipos de silla turca en puente: tipo A, que se produce al fusionarse los procesos clinoides anteriores y posteriores, y tipo B, cuando uno de ellos se superpone. Se ha propuesto que este tipo puede estar relacionado con algunas patologías, como las infecciones de la glándula pituitaria (Berger, Edberg y David, 1986) o desviaciones craneofaciales (Becktor *et al.*, 2000). Sin embargo, en ausencia de síntomas, se considera dentro de la variación normal (Kantor y Norton, 1987).

Se ha observado que existen alteraciones en la forma y tamaño de la silla turca en presencia de patologías como el Síndrome de Williams (Axelsson *et al.*, 2004), trisomía del par 21 (Kjær, Keeling, Reintoft, Nolting y Fischer, 1998), labio y paladar hendido (Antonarakis, Huanca, La Scala y Fisher, 2020), así como diferencias morfológicas según distintas clases esqueléticas. Estas corresponden a las relaciones entre los dientes maxilares y mandibulares y las estructuras aledañas. En particular, se ha encontrado un mayor porcentaje de alteraciones en la pared anterior, especialmente en individuos con clase oclusal tipo III (Kjær, Becktor, Nolting y Fischer, 1997; Tepedino, Laurenziello, Guida, Montaruli, Troiano, Chimenti y Ciavarella, 2019).

Basándose en un estudio con gemelos, Dillon y Gourevitch en 1936 (cit. Snyder y Blank, 1945) propusieron la existencia de un componente hereditario involucrado en la forma de la silla turca, mientras que Kjær y colaboradores (2001) encontraron que la formación y el desarrollo prenatal de la pared anterior de la silla turca se vería afectada por la producción hormonal de la hipófisis.

## 2.2 Dimorfismo sexual en *Homo sapiens*

La expresión de características biológicas que difieren en promedio entre los individuos de sexo masculino y femenino en una misma especie se conoce como dimorfismo sexual (Arrighi, 2012; Menendez y Lotto, 2013). Este tipo de variación ha sido de gran interés desde el siglo XVIII, realizándose numerosas investigaciones que concluyen en que existen diferencias por sexo en el esqueleto humano (Guerrero y Medina, 2013; Jurmain, Kilgore y Trevathan, 2009; Buisktra y Ubelaker, 1994).

Muchos de los rasgos dimórficos de expresión fenotípica, como forma y tamaño, han sido atribuidos a la determinación genética, definida por los cromosomas X e Y, y a la acción hormonal diferencial en ambos sexos, producto de la actividad del sistema hipotalámico hipofisiario

Estos caracteres han sido estudiados desde áreas como la osteología, la cual corresponde al estudio, recuperación e interpretación de los huesos humanos (White *et al.*, 2012). Según White y colaboradores (2012), existen diversos factores que influyen en la variación de la anatomía esquelética humana, dentro de los cuales se encuentran las diferencias de forma y tamaño con base en el sexo biológico. En antropología biológica, este conocimiento es aplicado en gran medida en subdisciplinas como la antropología forense, bioarqueología y paleoantropología. Sin embargo, el estudio osteológico es transversal a esta disciplina, permitiendo obtener herramientas individualizantes y poblacionales, según sea el propósito (Buikstra y Ubelaker, 1994). El diagnóstico del sexo es fundamental en la reconstrucción del perfil biológico y es uno de los primeros en realizarse, porque se usa como referencia para otros estándares, como la reconstrucción de la estatura (Franklin, 2010).

La morfología de los huesos puede ser alterada durante la vida, debido a que las células que le conforman y residen en ellos están en constante regeneración, lo que lo convierte en un tejido dinámico. White y colaboradores (2012) identifican cuatro factores que influyen en la variación de la anatomía esquelética humana:

1. Ontogenia o crecimiento: refieren a cambios a lo largo de la vida del individuo. Es útil para el diagnóstico de la edad al morir.
2. Sexo: corresponden a diferencias de forma y tamaño con base en el sexo biológico.
3. Geográfico o de población: variación con bases genéticas. Se utiliza para estimar afinidades biológicas.
4. Idiosincrasia: diferencias individuales que se observan en personas de la misma edad, sexo y población.

Fruyer y Wolpoff (1985) presentan un modelo que explica algunos de los mecanismos que influirían en el dimorfismo sexual en la especie humana, incluyendo la selección sexual orientada a la cópula, la división sexual del trabajo, roles sociales por sexo y la sumatoria de las causas complejas y disímiles.

Comúnmente, desde la antropología evolutiva, la selección sexual suele relacionarse con los patrones de apareamiento y el sistema social y sexual de la especie, donde una menor competencia entre los individuos del mismo sexo supone menor diferenciación sexual. Esto se expresa, por ejemplo, en la disminución del dimorfismo del canino, llegando a un índice de 4% en algunas poblaciones de primates (Galarraga, 2017).

Moore (2012, cit. Isaza, 2015) distingue factores extrínsecos e intrínsecos, los que corresponden a los efectos biomecánicos de cargas y fuerzas musculares, y a la acción de las hormonas, respectivamente. La combinación de los factores genéticos y ambientales derivan en estas diferencias, las que generalmente se expresan alrededor de la pubertad (Garvin y Klales, 2020).

El dimorfismo sexual en humanos es complejo e incluye diversas dimensiones que varían poblacionalmente. Si bien la sedentarización y la reducción de la división del trabajo han contribuido en la disminución del dimorfismo sexual en la historia evolutiva, la especie aun exhibe caracteres diferenciales (Isaza, 2015).

En el esqueleto, el dimorfismo sexual se manifiesta en la robustez, en las inserciones musculares, la prominencia de las crestas y la rugosidad (White *et al.*, 2012; Rodríguez, 2004). Aspectos como la talla y masa muscular tienen una gran influencia hormonal que se expresa diferencialmente.

Es necesario considerar que, si bien el sexo es una variable dicotómica, se expresa como una gradiente (Garvin y Klales, 2020; Isaza, 2015). Es por esta razón que autores como Buikstra y Ubelaker (1994) han utilizado escalas ordinales para cuantificar las diferentes expresiones de determinados rasgos en el esqueleto humano, las cuales son altamente subjetivas (Casado, 2017). El uso de valoraciones métricas con tasas de error estimable distingue entre la estimación y la evaluación del sexo (Moore, 2012 cit. Isaza, 2015).

Existe consenso en que las regiones más informativas en el trabajo osteológico son las estructuras pélvicas, con un 96% de exactitud (Krenzer, 2006). Estas se relacionan estrechamente con las labores del parto, diferencias que pueden ser evidenciadas en esta región del esqueleto, para lo cual destaca el método de Phenice (1969). Sin embargo, cuando no se encuentran disponibles o en buen estado de conservación, se recurre a otras estructuras como el cráneo, que presenta una precisión entre 80 y 92% (Isaza, 2015; Guerrero y Medina, 2013; Ramamoorthy, Pai, Ullal y Prabhu, 2019), y, en menor medida, se utilizan los huesos largos (Krenzer, 2006).

Buikstra y Ubelaker (1994) proveen escalas para observaciones en la cara, mandíbula y bóveda, principalmente relacionadas con el grado de robustez (Garvin y Klales, 2020; Isaza, 2015). Los cinco rasgos que identifican son la cresta nugal, proceso mastoides, borde supraorbital, eminencia mentoniana y glabella. Este complejo muestra diferencias de tamaño entre 4 y 7% veces mayor en individuos masculinos (Ursi, Trotman, McNamara y Behrents, 1993).

Méndez y Ferrarini (2006) evaluaron el índice de dimorfismo en cráneo en poblaciones sudamericanas y la variación interpoblacional, desde una perspectiva de la antropología evolutiva, indicando que la existencia de dimorfismo se expresa en distintas magnitudes

según la población, especialmente en las dimensiones de la cara y de los rasgos faciales, asociado a la plasticidad fenotípica de esta región versus la bóveda craneal, por ejemplo, por la función de los músculos masticatorios. Aun así, el dimorfismo es considerado moderado.

En el caso de cráneos arqueológicos, se ha analizado el dimorfismo sexual junto a otras variables, como la variación etaria y deformación artificial. Por ejemplo, en investigaciones en San Pedro de Atacama, los individuos masculinos mostraron promedios mayores que los femeninos, junto a algunas alteraciones en menor medida producto de la deformación artificial del cráneo (Varela y Cocilovo, 1996).

A nivel intracraneal, se han observado variaciones, específicamente de la morfología y del tamaño de la silla turca, donde existen formas que presentan una mayor prevalencia en relación con el sexo, principalmente en poblaciones asiáticas y europeas, y en menor medida en Latinoamérica (Axelsson *et al.*, 2004; Muhammed, Abdullah, Rashid, Pusic, Shbair y Liu, 2019; Henríquez *et al.*, 2010)

### **2.3 Dimorfismo sexual en la silla turca**

En el campo de la cefalometría, el punto *sella* (s), definido como el centro de la cripta ósea -fosa hipofisiaria- que forma la silla turca (Björk, 1955), es de gran relevancia para evaluar cambios en el crecimiento y resultados en tratamientos de ortodoncia, así como también para determinar diferencias poblacionales con base al sexo (Axelsson *et al.*, 2004; Shrestha, Pokharel, Gyawali, Bhattarai y Giri, 2018).

Dentro de esta área, se han realizado tradicionalmente mediciones angulares y lineales, con ejes de referencia en el plano medio sagital. Según los criterios de Silverman, en 1957, y Kisling, en 1966 (cit. Axelsson *et al.*, 2004), en la radiografía el contorno se traza entre los puntos *tuberculum sellae* (TS) y clinoides posterior (PClin) (Chauhan, Kalra, Mongia, Ali y Anurag, 2014; Olubunmi, Yinka, Oladele, Adimchukwunaka y Afees, 2016). La longitud es definida como la distancia desde el tubérculo hasta la punta del dorso; la profundidad como la mayor distancia perpendicular a la longitud hasta el piso de la fosa; y el diámetro anteroposterior midiendo desde el tubérculo hasta el punto interno, en la pared posterior, más lejano al tubérculo.

En estudios radiográficos, Silverman (1957) reportó que los individuos masculinos tienen un mayor tamaño de la silla turca, excepto durante la pubertad. Resultados similares obtuvieron Usman y colaboradores (2020), especialmente en el diámetro anteroposterior y longitud. Sin embargo, la evaluación cualitativa de la forma no reveló mayores diferencias por sexo. Axelsson y cols. (2004), trabajando con radiografías laterales de niños y adolescentes noruegos, concuerdan con estos resultados en la longitud de la silla, no así en las medidas de la profundidad y diámetro. También observan que, entre las formas irregulares, en individuos masculinos predomina la pared anterior oblicua, mientras que en individuos femeninos son más frecuentes la silla turca en puente o irregularidades en la pared posterior del dorso.

Contrariamente, Rai y colaboradores (2016) observaron que los individuos femeninos presentaban medidas mayores que los masculinos. Asimismo, en población griega, la profundidad fue la única variable que mostró diferencias estadísticamente significativas,

siendo más grande en individuos femeninos por 0.5 mm (Andredaki *et al.*, 2007). Contrariamente, Yousif, Mohammed y Yassir (2010) señalaron que el sexo no mostraba diferencias estadísticamente significativas para las medidas de la silla turca, en radiografías de adultos iraquíes.

A pesar de estas diferencias, lo que se ha observado a nivel general es que los individuos femeninos tienden a presentar mayor variación morfológica de la silla turca que los masculinos (Axelsson *et al.*, 2004; Bello y Usman, 2019).

Los resultados disímiles en cuanto a las diferencias por sexo deben ser evaluados considerando las diferentes propuestas de los autores sobre las clasificaciones morfológicas, así como el uso de distintos hitos anatómicos, técnicas radiográficas y grado de amplificación, según las técnicas de digitalización (Axelsson *et al.*, 2004), además de las variaciones propias de las poblaciones estudiadas (Veyre-Goulet, Mercier, Robin y Guérin, 2008).

Por ejemplo, Andredaki y colaboradores (2007) estudiaron la morfología de la silla turca en población griega con mediciones lineales y con morfometría geométrica, trazando el contorno de la silla en radiografías laterales. Observaron diferencias por sexo, especialmente en la parte posterior de la silla.

En relación con los trabajos realizados en Chile, Henríquez y cols. (2010) investigaron una población de la IX Región utilizando cefalometría tradicional. Concluyeron que la forma de la silla turca es muy inconstante, y que presentaba mayor variación, tanto en forma, según las clasificaciones de Camp y Teal (cit. Rai *et al.*, 2016), como en tamaño, en los individuos mapuches en comparación con los individuos no mapuches. No reportaron diferencias por sexo.

En resumen, no existe consenso en la literatura respecto de la presencia de un patrón único e inambiguo de variación de la forma de la silla turca. Por este motivo, en el presente proyecto, interesa utilizar las técnicas de morfometría geométrica, las cuales, como se expone a continuación, permiten mejorar la descripción de los cambios de esta estructura en tamaño y forma.

#### **2.4 Morfometría geométrica (MG)**

La morfometría geométrica es una herramienta utilizada ampliamente en las distintas ciencias, incluyendo las ciencias biológicas, que permite estudiar la morfología y las variaciones de la forma de estructuras de manera cualitativa, por medio del establecimiento de morfocoordenadas en el espacio, con bases matemáticas y estadísticas (Toro-Ibacache, Manríquez y Suazo, 2010), y su covarianza con otras variables (Adams, Rohlf y Slice, 2013). El estudio de la forma al remover los efectos de escala, rotación y traslación permite, además, observar las diferencias locales entre los especímenes, por lo que se considera una herramienta útil para la visualización y cuantificación de la variación morfológica (Benítez y Püschel, 2014).

La morfometría geométrica surgió a partir de la morfometría tradicional, desarrollada mayoritariamente durante el siglo XX, la cual utilizaba como datos las distancias

unidimensionales en los objetos, sin considerar la disposición espacial completa de los puntos (Toro-Ibacache *et al.*, 2010). Tampoco consideraba la superposición de las mediciones y sobreestimación de la información, sin lograr visualizar la forma pura, independiente de la variable tamaño (Zelditch, Swiderski y Sheets, 2012).

Por el contrario, el desarrollo de la MG ha permitido estudiar la forma y sus variaciones visualizándola en posiciones relativas en el plano cartesiano. Esta se obtiene al establecer puntos de referencia denominados *landmarks* o hitos anatómicos que expresan una posición en el espacio (x, y en 2D; x, y, z en 3D) (Toro-Ibacache *et al.*, 2010).

Para definir los *landmarks*, es necesario considerar los siguientes criterios:

- Homología: deben reconocerse en todos los especímenes en estudio, pues corresponden a estructuras ancestrales comunes.
- Consistencia en la posición relativa: deben seleccionarse hitos que permanezcan estables y su posición no varíe.
- Cobertura de la forma: permiten recrear la forma con una cantidad suficiente de hitos, pero no saturada.
- Repetibilidad: se deben distinguir fácilmente.
- Coplanaridad: deben corresponder al mismo plano.

Bookstein (1991) diferencia tres tipos de hitos:

- Tipo I: Hitos localizados en yuxtaposiciones de tejidos o de diferenciación tisular. Son los óptimos, pues corresponden a puntos discretos.
- Tipo II: corresponden a hitos que se infieren a partir de los hitos tipo I y ayudan a recrear la forma del objeto de estudio.
- Tipo III: se definen en función de relaciones con otros hitos o características morfológicas.

Por tanto, los hitos de tipo II y III son puntos virtuales que se aportan gran información cuando no es posible medir directamente puntos anatómicos.

También se utilizan los pseudo-hitos, que capturan la información de la forma entre dos hitos, y los semi-hitos, que corresponden a puntos ubicados en una curva en relación con la posición de otros hitos, definiendo un contorno.

Tras seleccionar los hitos a utilizar, se establece un mapa de homologías, el cual se aplicará en los distintos especímenes o estructuras para realizar la comparación de las formas. Este mapa debe contener mayoritariamente hitos de tipo I, y muy bajo porcentaje de hitos de tipo III.

El estudio de la forma (*form*) se entiende como el estudio de dos componentes: *shape* o forma geométrica, corresponde a la información que permanece cuando se retiran los efectos de posición, escala y rotación, y tamaño de centroide (*centroid size*), concepto geométrico independiente de la forma. Es igual a la raíz cuadrada de la suma de las distancias euclídeas al cuadrado entre cada hito y el centro geométrico (Toro-Ibacache *et al.*, 2010).

Una vez obtenido el mapa de homologías, se minimizan las diferencias resultantes de rotación, traslación y escala, generando una configuración de consenso o “promedio” y realineando las coordenadas de los hitos homólogos de cada espécimen. El proceso de alineamiento se realiza aplicando un Análisis Generalizado de Procusto (GPA), un método que incorpora la teoría estadística de la forma para obtener variables de la forma al reducir las distancias de entre los hitos homólogos (Rohlf, 2000). El consenso se calcula por iteraciones a partir de los valores residuales de la superposición de los especímenes hasta una convergencia (Toro-Ibacache *et al.*, 2010). Paralelamente, se obtiene un estimador del tamaño geométrico definido como tamaño del centroide (raíz cuadrada de la suma de las distancias al cuadrado desde cada vértice del polígono de hitos al punto centroide de dicho polígono).

El consenso se calcula por iteraciones a partir de los valores residuales de la superposición de los especímenes hasta una convergencia (Toro-Ibacache *et al.*, 2010).

Las variaciones de la forma pueden ser visualizadas aplicando funciones como la función de placa delgada (*thin-plate spline*) que las presenta por medio de la deformación como una grilla que varía dependiendo de la energía necesaria para deformarla o energía de torsión (Bookstein, 1991). En esta, mayores deformaciones respecto al consenso representan mayores diferencias.

El cálculo de esta matriz permite realizar diferentes análisis estadísticos, siendo de los más comunes para estos datos el Análisis de Componentes Principales (PCA). Este análisis permite reducir las dimensiones para visualizar los datos, eliminando las variables redundantes y reemplazando las variables por componentes principales (PC), que corresponden a combinaciones lineales de las variables (Toro-Ibacache *et al.*, 2010).

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La expresión del dimorfismo sexual en el esqueleto humano ha sido el centro de numerosas investigaciones, tras las cuales, se ha concluido que existen diferencias por sexo que pueden ser evidenciadas en los restos óseos (White *et al.*, 2012). Si bien la estructura más informativa en el género *Homo* es el conjunto de estructuras pélvicas, debido a su relación con el parto, las diferencias a nivel del cráneo no dejan de ser relevantes, especialmente cuando estructuras como la pelvis no son encontradas o presentan un mal estado de conservación (Isaza, 2015).

La existencia de dimorfismo sexual en rasgos externos en el cráneo permite preguntarse si ocurre lo mismo a nivel intracraneal, particularmente en la silla turca; estructura ósea que contiene la hipófisis, parte del eje gonádico-hipofisiario, cuya función es la regulación del funcionamiento endocrino. Estas glándulas son las responsables, entre otras cosas, del desarrollo de caracteres secundarios, relacionados con la expresión de diferencias sexuales con base hormonal (Hernández, Sánchez, Ramírez y Morales, 2010).

Los estudios enfocados en esta región anatómica en radiografías han mostrado que existe una alta variabilidad morfológica fuera de lo considerado patológico, predominando ciertas formas según el sexo. Por ejemplo, según la clasificación de Axelsson, Storhaug y Kjaer (2004), más del 60% presenta una forma definida por ellos como "normal", sin embargo, del porcentaje restante existiría una diferenciación por sexo, siendo más frecuente la pared anterior oblicua en individuos masculinos y la silla turca en puente en individuos femeninos.

No obstante, gran parte de las investigaciones se basan principalmente en métodos cualitativos, los cuales se ven sesgados por la subjetividad de los evaluadores. Por otra parte, los métodos cuantitativos son mayoritariamente cefalométricos, mediciones lineales y angulares que no permiten valorar las modificaciones del tamaño independientemente de las modificaciones de la forma.

Por los motivos señalados anteriormente, resulta relevante realizar estudios que refieran a la existencia de diferencias morfológicas por sexo en la silla turca con un método que permita observar las variaciones en cuanto a forma y tamaño de manera independiente, como es la morfometría geométrica. Los escasos estudios que utilizan este método presentan pequeños tamaños muestrales acotados a una población específica, motivo por el cual la presente investigación ampliará las bases del conocimiento con relación al patrón de variación humana en la base del cráneo, especialmente para estudios poblacionales, así como también aportará como una posible herramienta para la estimación del sexo en estructuras óseas, en el campo de la identificación humana.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General:**

Evaluar la relación entre el dimorfismo sexual y el patrón de variación de la forma y tamaño de la silla turca en población subactual de Santiago de Chile (Colección “Craneoteca de Chile”), aplicando Morfometría Geométrica (MG).

### **4.2 Objetivos Específicos:**

1. Establecer el patrón de variación del tamaño y forma de la silla turca, y la eventual relación existente entre ellos, mediante análisis de Procusto (PCA).
2. Analizar las eventuales diferencias de forma que presenta la silla turca con relación al sexo.
3. Describir anatómicamente las posibles variaciones que presentan los sexos con respecto a esta estructura.

## 5. HIPÓTESIS

### 5.1 Hipótesis estadísticas

Las hipótesis estadísticas que se contrastarán en este estudio son:

$H\Sigma 0$ : No hay diferencias significativas entre los componentes de la forma de la silla turca entre individuos masculinos y femeninos en población subactual de Chile.

$H\Sigma 1$ : Existen diferencias significativas entre los componentes de la forma de la silla turca entre individuos masculinos y femeninos en población subactual de Chile.

### 5.2 Hipótesis biológicas

La hipótesis biológica (HB1) plantea que las variaciones en la forma y tamaño de la silla turca se pueden explicar por el sexo de los individuos. En este caso, el análisis de la estructura serviría para estimar el sexo.

Por el contrario, la hipótesis biológica nula (BH0) es que la forma y el tamaño de la silla turca son independientes del sexo de los individuos.

## **6. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **6.1 Tipo de estudio**

La presente investigación tiene como objetivo general evaluar la relación entre el dimorfismo sexual y el patrón de variación de la forma y tamaño de la silla turca en población subactual de Santiago de Chile, aplicando morfometría geométrica (MG).

Es una investigación aplicada que utiliza una metodología ya conocida y validada para nuevos datos, correspondientes a población de Santiago de Chile. Estos son datos secundarios, provenientes de una base de radiografías craneofaciales digitalizadas tomadas en un momento específico, por lo que corresponde a una investigación sincrónica.

El enfoque metodológico es cuantitativo, donde se pretende captar el objeto controlando la subjetividad del investigador.

Al tratarse de un estudio no realizado en Chile con esta metodología y, en concordancia con los objetivos del proyecto, pretende tener un alcance correlacional, realizando análisis de estadística multivariada al trabajo cuantitativo, definidas las variables dependientes (forma, tamaño) e independiente (sexo biológico de los individuos), y como se relacionan entre sí, sugiriendo ideas de causalidad.

### **6.2 Unidad de análisis**

La unidad de análisis en este trabajo es la silla turca en radiografías (telerradiografías) craneofaciales laterales.

En general, en radiografías en proyección lateral se puede observar superposición de estructuras óseas, sin embargo, al tratarse de una estructura media, la silla turca no se ve afectada mayormente por este problema. Por el contrario, es fácilmente distinguible en el centro del cráneo.

De anterior a posterior, se identifican los procesos clinoides anteriores y tubérculo de la silla, la fosa hipofisiaria, y el dorso de la silla, junto a los procesos clinoides posteriores.

### **6.3 Diseño muestral**

La investigación se realizó en población mixta de Santiago de Chile, atendida en la Clínica de Odontología de la Universidad de Chile.

La muestra corresponde principalmente a radiografías (telerradiografías) craneofaciales laterales digitalizadas de una base de datos anonimizada disponible en "Craneoteca de Chile", alojada en el Centro de Análisis Cuantitativo en Antropología Dental (CA2), proveniente de individuos registrados radiológicamente en la Clínica Odontológica de la

Facultad de Odontología de la Universidad de Chile. La base de datos mencionada incluye las variables de sexo biológico de todos los individuos y edad en algunos casos, por lo que solo se consideró la primera en este estudio.

El tamaño muestral fue calculado con un *n a priori* de 20 individuos femeninos y 20 masculinos, el cual fue ajustado según los datos disponibles.

Criterios de inclusión:

- Radiografías craneofaciales laterales de individuos femeninos y masculinos.
- Radiografías de individuos con clase esquelética I y II no extrema.

Criterios de exclusión:

- Radiografías craneofaciales laterales de individuos menores de 20 años.

Adicionalmente, se incluyeron radiografías de dos poblaciones no consideradas originalmente con el propósito de incluir la variable origen geográfico. Estas fueron facilitadas por el Centro de Análisis Cuantitativo en Antropología Dental (CA2), correspondientes a una base de datos de 39 radiografías de la Colección Osteológica Subactual de Santiago (COSS) (Barreaux, Espinoza, Flores, Galimany, González, Jara y Quiñones, 2015) y una base de datos individuos provenientes de población contemporánea de Brasil, alojada en el CA2 (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de individuos por sexo y origen

|            | Chile contemporánea | Chile Subactual (COSS) | Brasil contemporánea | Total |
|------------|---------------------|------------------------|----------------------|-------|
| Femeninos  | 26                  | 19                     | 21                   | 66    |
| Masculinos | 22                  | 20                     | 16                   | 58    |
| Total      | 48                  | 39                     | 37                   | 124   |



Figura 3. Distribución de la muestra según sexo. En azul, especímenes femeninos. En gris, especímenes masculinos.

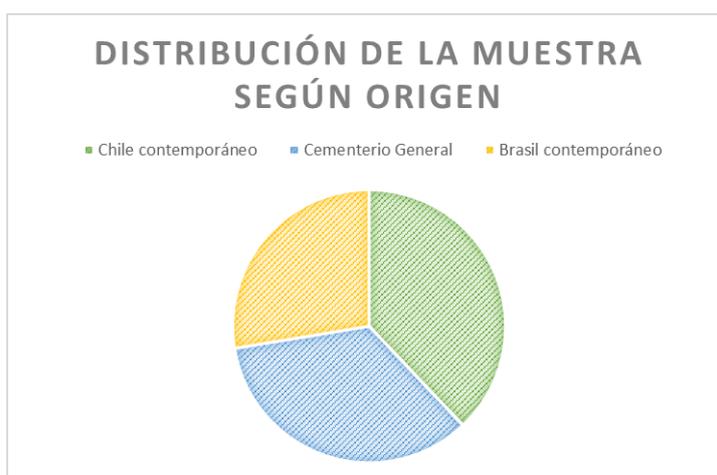


Figura 4. Distribución de la muestra según origen. En azul, población de COSS; en verde población de Chile contemporáneo; en amarillo población de Brasil contemporáneo.

#### 6.4 Estrategia de recolección de datos

Para la obtención de los datos se construyó un mapa de homologías (hitos) para el contorno de la silla turca (Figura 5).

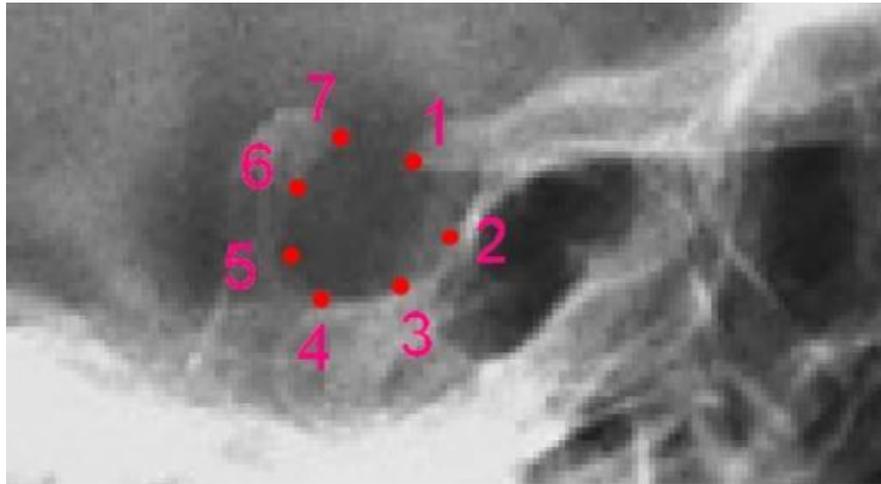


Figura 5. Mapa de homologías para el contorno de la silla turca, en la aproximación de una imagen radiográfica (16. 24 Y 11F).

La selección de los hitos se realizó según los criterios de Bookstein (1991), que corresponden a homología anatómica, consistencia en la posición relativa, cobertura adecuada de la forma, repetibilidad y coplanaridad. Se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Nombre, definición anatómica y tipo de hito.

| Hito | Nombre                         | Definición Anatómica                                                                              | Tipo       |
|------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1    | Clinoides Anterior (PClinA)    | Punto más posterior del proceso clinoides anterior.                                               | 1          |
| 2    | Contorno anterosuperior (CAS)  | Punto ubicado en el tercio superior de la distancia entre PClinA y h, en el contorno de la silla. | Seudo-hito |
| 3    | Contorno anteroinferior (CAI)  | Punto ubicado en el tercio inferior de la distancia entre PClinA y h, en el contorno de la silla. | Seudo-hito |
| 4    | Altura de la silla (h)         | Punto más profundo de la silla turca, ubicado perpendicular al punto medio entre PClinA y PClinP. | Seudo-hito |
| 5    | Contorno posteroinferior (CPI) | Punto ubicado en el tercio inferior de la distancia entre h y PClinP, en el contorno de la silla. | Seudo-hito |

|   |                                |                                                                                                   |            |
|---|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6 | Contorno posterosuperior (CPS) | Punto ubicado en el tercio superior de la distancia entre h y PClinP, en el contorno de la silla. | Seudo-hito |
| 7 | Clinoides Posterior (PClinP)   | Punto más anterior del proceso clinoides posterior.                                               | 1          |

Para el registro digital, se trabajó con la imagen de las radiografías laterales ingresando los *landmarks* a una matriz de coordenadas mediante el programa tpsDIG 2.31 (Rohlf, 2017) y tpsUtil32 (Rohlf, 2019).

### 6.5 Plan de análisis

Para la obtención de la información de la forma (*shape*) se realizó un Análisis Generalizado de Procrustes, calculando los tamaños de los centroides, los cuales son independientes de la forma, y se llevaron a un punto común para eliminar las diferencias de traslación, escala y rotación de los conjuntos de hitos. La minimización de estas diferencias se realizó mediante el programa tpsRelw32 (Rohlf, 2017).

Se redujeron las configuraciones de hitos al espacio de la forma. La representación de los hitos correspondió a puntos en un espacio curvo (espacios matemáticos multidimensionales- hiperesferas), conocido como espacio de la forma o espacio de Kendall (Toro-Ibacache *et al.*, 2010). La distancia entre los puntos en este espacio corresponde a la distancia de Procrustes.

El patrón de variación de la forma se visualizó por medio de la función de placa delgada (TPS), interpolación que representa los cambios como una deformación continua, utilizando una grilla en la superficie.

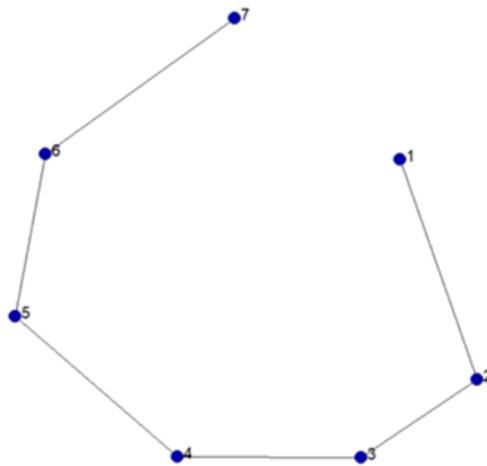
Se realizó un Análisis de Componentes Principales con las variables de la forma (*relative warps*), para examinar la posible relación existente entre estas, análisis de función discriminante como un modelo de clasificación *a priori*, y análisis canónico de la varianza, para evaluar la distancia entre poblaciones.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Morfología de la Silla turca según sexo y origen geográfico

Se determinaron las formas de consenso de la Silla turca según el origen y el sexo de la muestra fueron en el software TPSReW versión 1.45 (Rohlf, 2007), para lo cual se realizó una breve descripción cualitativa que se detalla a continuación.

#### 7.1.1 Población de Chile contemporáneo



*Figura 6.* Configuración de consenso o “promedio” de la Silla Turca para la población de Chile.

El consenso de ambos sexos para la población de Chile muestra un clinoides anterior (punto 1) de menor altura que el clinoides posterior (punto 7). La apertura de la silla tiene una orientación hacia anterior, con los puntos 3 y 4 (piso de la silla) a una altura similar.

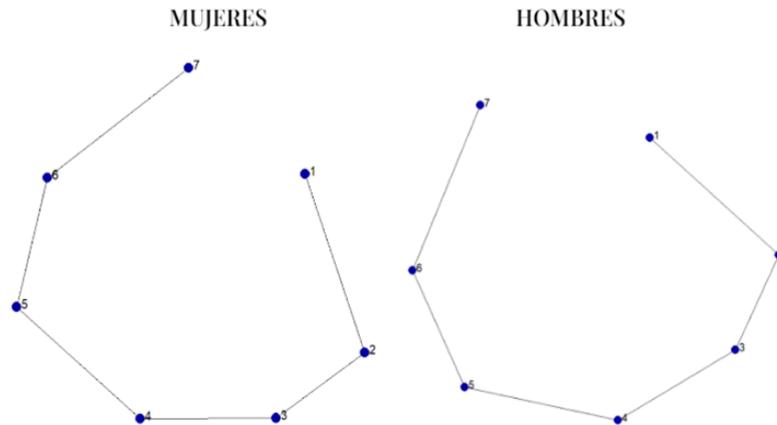


Figura 7. Consenso de la Silla turca para la población Chile contemporáneo por sexo.

Ambos promedios muestran un clinoides posterior más alto que el clinoides anterior. Sin embargo, el punto 7 de la población femenina es aún más alto y anterior, mientras que el punto 1 masculino es más posterior. Los individuos masculinos presentan una menor diferencia de altura entre los procesos clinoides anterior y posterior, en relación con la muestra femenina.

#### 7.1.2 Población de Brasil

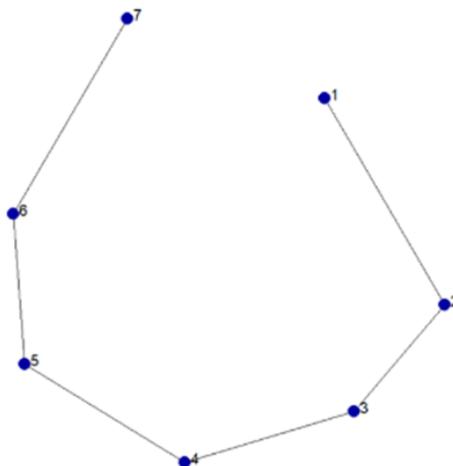


Figura 8. Configuración de consenso o "promedio" de la Silla Turca para la población de Brasil.

La morfología de la silla turca para la población de Brasil muestra un proceso clinoides posterior más alto que el proceso clinoides anterior. El punto 4, correspondiente al piso de la silla, es el que se presenta más inferior, con los puntos 3 y 5 a una altura similar, lo que aumenta la simetría, sin contemplar los puntos 1 y 7.

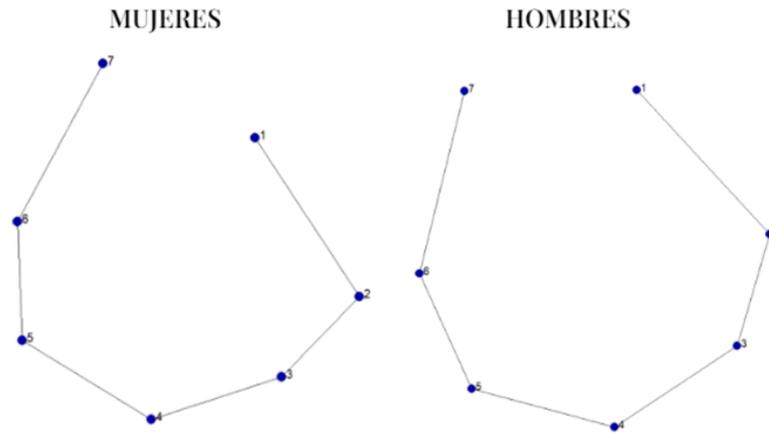


Figura 9. Consenso de la Silla turca para la población Brasil por sexo.

El promedio femenino muestra un punto 7 más superior que el punto 1, diferencias entre las alturas de los procesos clinoides que se reducen en el promedio masculino, encontrándose casi a la misma altura. Asimismo, el punto 2 se encuentra más inferior en relación con el punto 6 en la población femenina, mientras que en la masculina se encuentra más superior.

### 7.1.3 Población de COSS

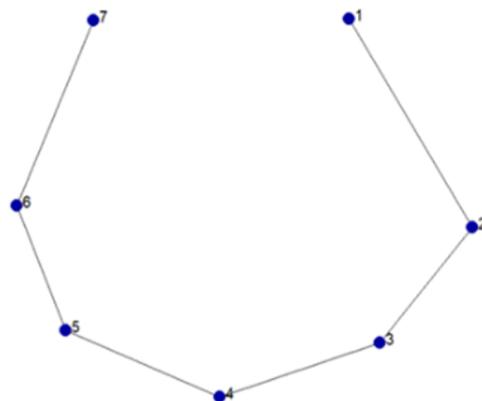


Figura 10. Configuración de consenso o “promedio” de la Silla Turca para la población de COSS.

El consenso de esta población muestra procesos clinoides a una altura similar, donde la distancia entre ambos es menor a la que existe entre los puntos 2 y 6, ubicados en la pared anterior y dorso de la silla turca, respectivamente. El punto 4 se posiciona como el más inferior, y presenta leve simetría a ambos lados de este hito.

La morfología del consenso de la Silla turca para la población de COSS se asemeja a las formas catalogadas en la literatura como “normal” (Axelsson *et al.*, 2004).

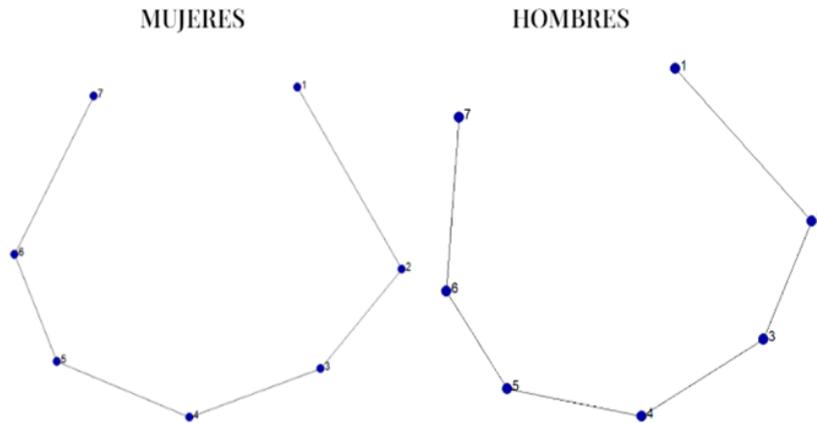


Figura 11. Consenso de la Silla turca para la población COSS por sexo.

Se observan ligeras diferencias entre los consensos de la St para cada sexo. En el caso de las mujeres, se presenta una estructura más simétrica, con los procesos clinoides posicionados a alturas similares, mientras que el consenso de los hombres muestra un proceso clinoides anterior levemente superior que el posterior, lo que resulta en una orientación hacia posterior de la silla.

## 7.2. Tamaño de centroide

El tamaño del centroide (*centroid size*) fue estimado mediante la digitalización del mapa de homologías en el programa tpsDig versión 2.31 (Rohlf, 2017) y luego analizados en el programa MorphoJ versión 1.07a (Klingenberg, 2011).

Se obtuvieron los promedios de los tamaños de centroide según población y sexo (Tabla 3), excluyendo la población de COSS al no contar con los datos de la escala al momento de la digitalización del mapa.

Los promedios no muestran grandes diferencias en cuanto a tamaño considerando ambas variables. Si bien se observa un promedio mayor para los hombres dentro de la población de Brasil, la mayor diferencia de promedios se presenta en hombres entre las poblaciones de Chile Contemporáneo y Brasil. No ocurre lo mismo en el caso de las mujeres, donde las diferencias son mínimas. Es decir, previo a los análisis estadísticos, esta muestra podría presentar mayor variación interpoblacional para un sexo, pero menor variación intrapoblacional.

Tabla 3. Promedio de los tamaños del centroide según origen y sexo.

|  | Chile Contemporáneo | Brasil |
|--|---------------------|--------|
|  |                     |        |

|                  |            |             |
|------------------|------------|-------------|
| <b>Femenino</b>  | 0.98165397 | 0.975030051 |
| <b>Masculino</b> | 0.94251171 | 1.047378335 |

### 7.2.1 ANOVA

Se realizaron test de análisis de la varianza para tamaño y forma por separado, según población, para Chile Contemporáneo y Brasil:

ANOVA CHILE C TAMAÑO (F (1,46) =1.01, MS=0.018258, 0.018043, p=0.3197).

ANOVA BRASIL TAMAÑO (F (1,35) =1.36, MS=0.047533, 0.034904, p=0.2511).

Si bien el 70.63% y 76.55% de la varianza es explicado por los dos primeros ejes, en el caso de Chile Contemporáneo y Brasil respectivamente, los resultados indican que el p-valor en ANOVA para el tamaño de centroide no muestra diferencias significativas estadísticamente para hombres y mujeres según origen (Chile C=p<0.3197; Brasil= p<0.2511).

Se consideró un análisis para el tamaño del centroide incluyendo a las poblaciones de Chile Contemporáneo y Brasil según la variable sexo:

ANOVA CHILE C- BRASIL TAMAÑO (F (2,81) =2.02, MS=0.051188, 0.025328, p=0.08865).

Al realizar el ANOVA para tamaño de centroide entre hombres y mujeres de dos poblaciones (Chile C y Brasil), no se observan diferencias estadísticamente significativas para ambos sexos (p<0.08865).

Se realizó una prueba T de student para el tamaño del centroide con los promedios de hombres y mujeres para las poblaciones de Chile C y Brasil, poniendo a prueba la hipótesis nula según la cual no existirían diferencias.

Por tanto, los análisis estadísticos realizados muestran que no hay diferencias entre hombres y mujeres en la muestra de las poblaciones de Chile Contemporáneo y Brasil en cuanto a tamaño de la silla turca.

### 7.3 Análisis intrapoblacional

#### 7.3.1 ANOVA

Se realizaron test de análisis de la varianza para la forma de la silla turca para la variable sexo, según las poblaciones de Chile C, Brasil y COSS.

ANOVA CHILE C FORMA (F (10,460) =0.75, MS=0.0029736382, 0.0039892317, p=0.6816).

ANOVA BRASIL FORMA (F (10,350) =0.63, MS=0.0032824185, 0.0052262652, p=0.7898).

ANOVA COSS FORMA (F (10,370) =0.69, MS=0.0032821180, 0.0047786387, p=0.7369).

Al igual que con el tamaño, los análisis ANOVA confirman la hipótesis nula para la forma de la silla turca, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres en las poblaciones de Chile Contemporáneo ( $p < 0.6816$ ), Brasil ( $p < 0.7898$ ) y COSS ( $p < 0.7369$ ).

### 7.3.2 Análisis de funciones discriminantes

Se realizó un análisis discriminante, técnica estadística de clasificación de pertenencia a un grupo, para estimar el porcentaje de precisión de la discriminación de los individuos para la variable sexo.

#### *Chile contemporáneo*

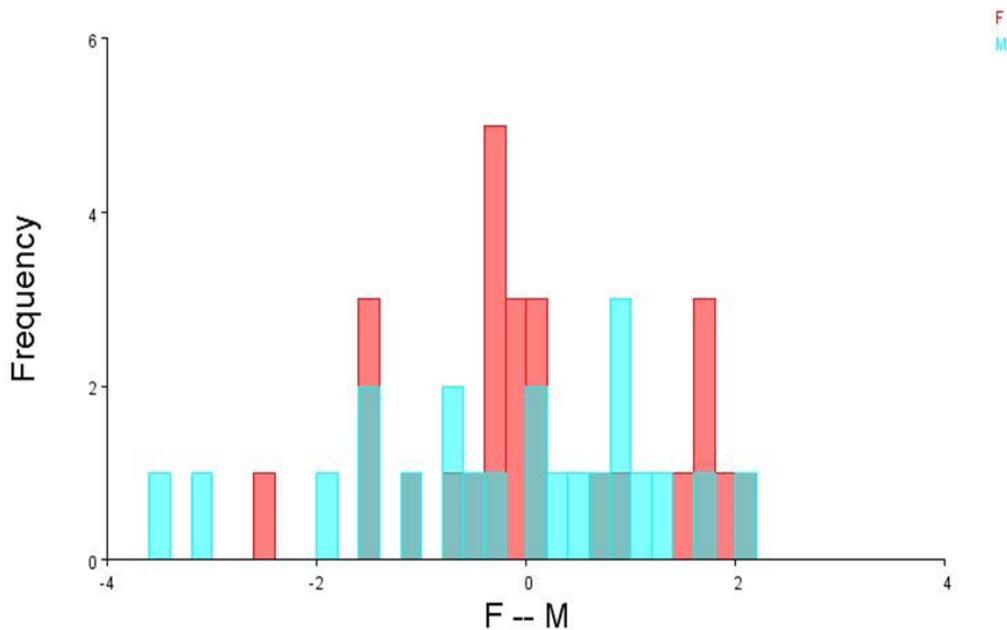


Figura 12. Análisis de funciones discriminantes por sexo para la población Chile Contemporáneo. Individuos femeninos en rojo y masculinos en celeste.

Tabla 4. Clasificación cross-validation por sexo para la población de Chile Contemporáneo.

| Grupos | Femenino | Masculino | % | Total |
|--------|----------|-----------|---|-------|
|        |          |           |   |       |

|                  |    |    |      |    |
|------------------|----|----|------|----|
| <b>Femenino</b>  | 15 | 11 | 0.58 | 26 |
| <b>Masculino</b> | 10 | 12 | 0.55 | 22 |

La Figura 12 muestra una alta superposición de los datos, donde no se distinguen dos grupos separados entre sí (hombres-mujeres). Esto se complementa con la información de la tabla 4, que indica una clasificación *a posteriori* muy baja, entre el 50% y el 60% de individuos clasificados correctamente en ambos grupos.

### Brasil

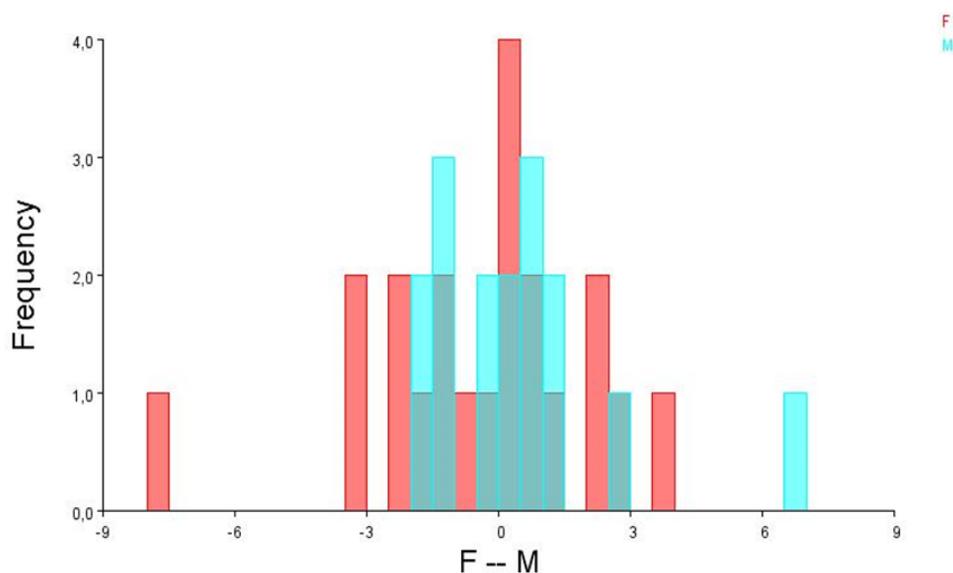


Figura 13. Análisis de funciones discriminantes por sexo para la población Brasil. Individuos femeninos en rojo y masculinos en celeste.

Tabla 5. Clasificación cross-validation por sexo para la población de Brasil.

| <b>Grupos</b>    | <b>Femenino</b> | <b>Masculino</b> | <b>%</b> | <b>Total</b> |
|------------------|-----------------|------------------|----------|--------------|
| <b>Femenino</b>  | 10              | 11               | 0.48     | 21           |
| <b>Masculino</b> | 7               | 9                | 0.56     | 16           |

En la Figura 13 se observa alta superposición de datos, al igual que en la población de Chile Contemporáneo, pero con mayor concentración en el centro, y algunos extremos que corresponden a sexos diferenciados. Sin embargo, la clasificación cross-validation

(Tabla 5) revela un bajo porcentaje de acierto, menor al 50% en el caso de los individuos femeninos, y ligeramente superior para el caso de los individuos masculinos.

COSS

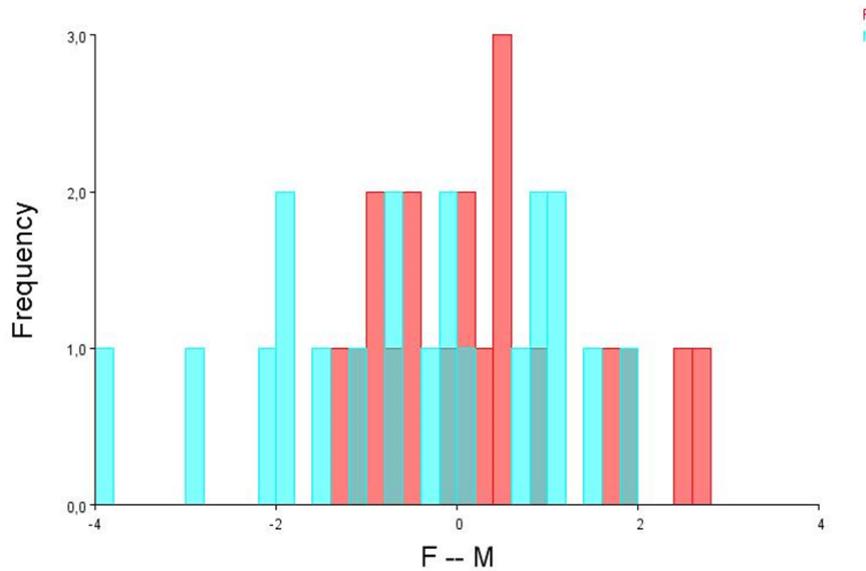


Figura 14. Análisis de funciones discriminantes por sexo para la población COSS. Individuos femeninos en rojo y masculinos en celeste.

Tabla 6. Clasificación cross-validation por sexo para la población de COSS.

| Grupos    | Femenino | Masculino | %    | Total |
|-----------|----------|-----------|------|-------|
| Femenino  | 8        | 11        | 0.42 | 19    |
| Masculino | 12       | 8         | 0.4  | 20    |

De manera similar a las poblaciones de Chile Contemporáneo y Brasil, en la población de COSS no es posible distinguir dos grupos debido a la alta superposición (Figura 14). El porcentaje de acierto es menor que en las otras poblaciones, cercano al 40% (Tabla 6). Es decir, más de la mitad de los cráneos de COSS son clasificados incorrectamente según sexo.

Se realizó un análisis discriminante que incluyó las tres poblaciones de estudio para la variable sexo (Figura 15), mostrando resultados similares a los que distinguían cada población. La distribución de ambos sexos es similar y los datos se superponen. La clasificación *a posteriori* continúa siendo cercana al 50% (Tabla 7).

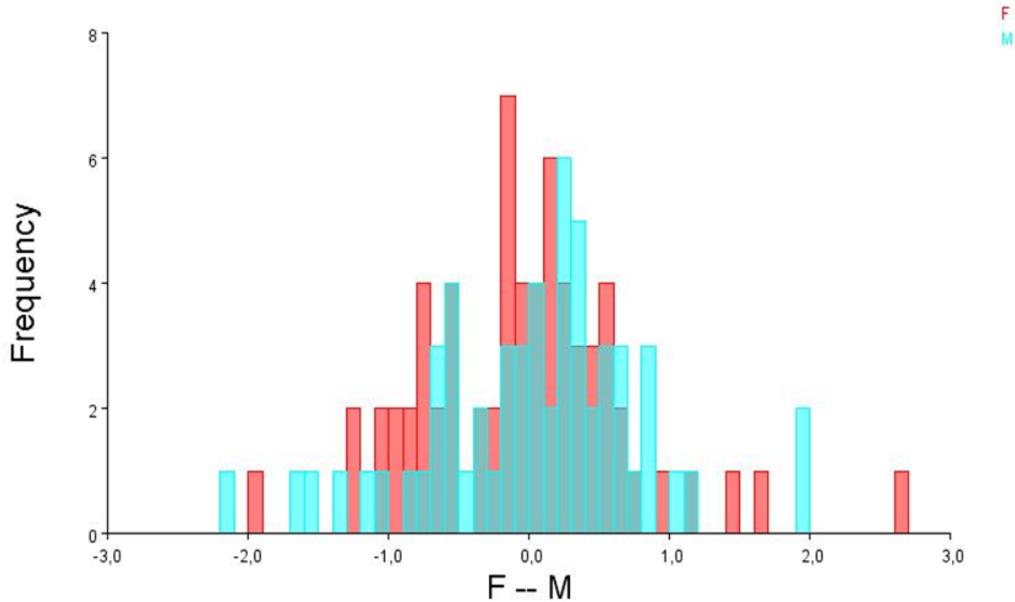


Figura 15. Análisis de funciones discriminantes por sexo para las poblaciones Chile Contemporáneo, Brasil y COSS. Individuos femeninos en rojo y masculinos en celeste.

Tabla 7. Clasificación cross-validation por sexo para las poblaciones Chile Contemporáneo, Brasil y COSS.

| Grupos    | Femenino | Masculino | %    | Total |
|-----------|----------|-----------|------|-------|
| Femenino  | 34       | 32        | 0.51 | 66    |
| Masculino | 25       | 33        | 0.56 | 58    |

A partir de estos resultados, podemos afirmar que no es posible diferenciar por sexo a los individuos de las tres poblaciones de la muestra.

### 7.3.3 Análisis de Componentes Principales

Se realizó un análisis de Componentes Principales (PCA) para cada población con la variable sexo.

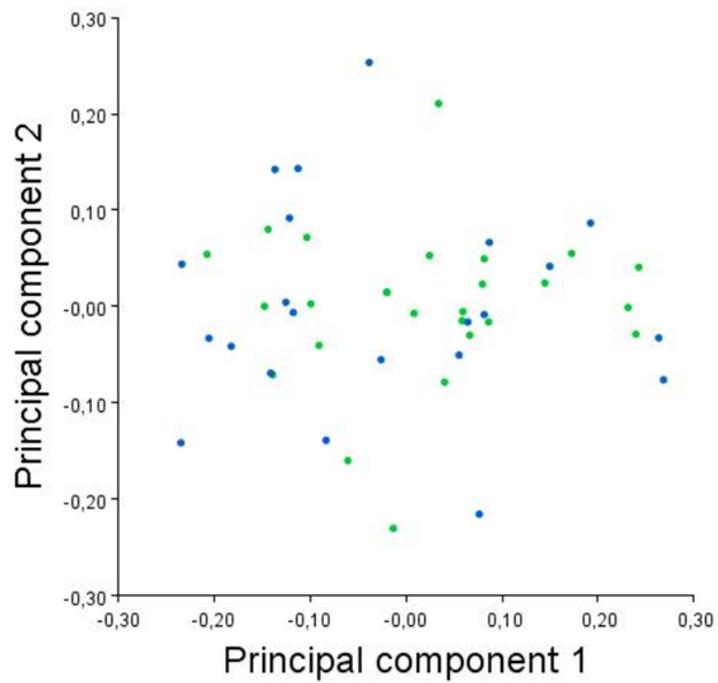


Figura 16. PCA para la población Chile Contemporáneo. Individuos femeninos en verde y masculinos en azul.

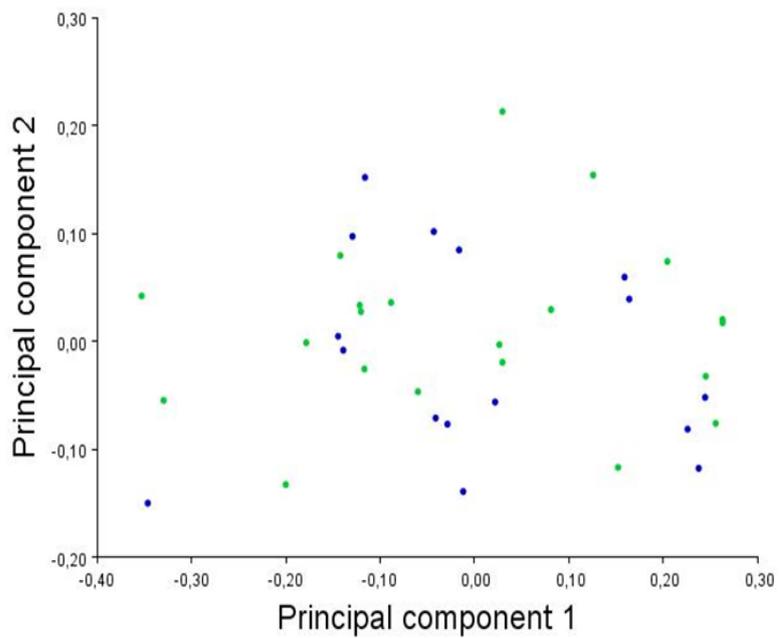


Figura 17. PCA para la población Brasil. Individuos femeninos en verde y masculinos en azul.

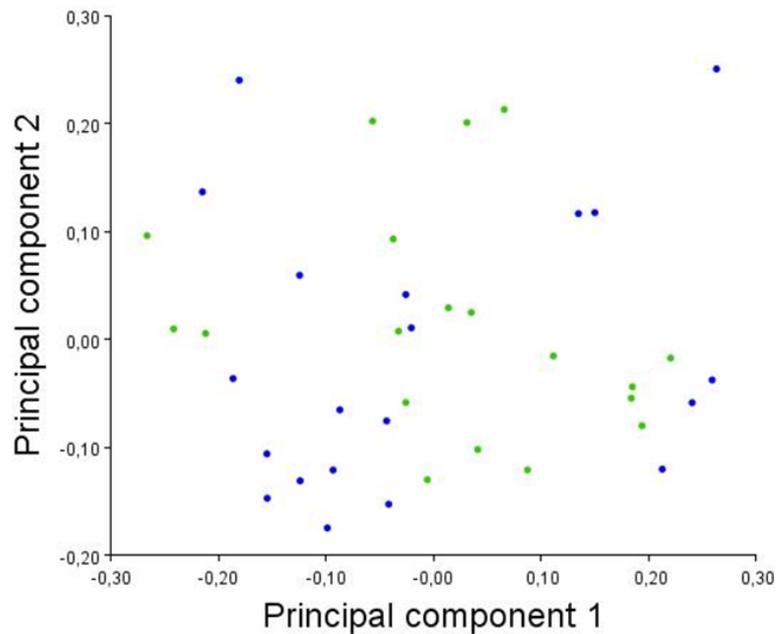


Figura 18. PCA para la población COSS. Individuos femeninos en verde y masculinos en azul.

En la Figura 16, correspondiente a población de Chile Contemporáneo, se observa una gran dispersión de los puntos en el plano, sin distinguirse una tendencia entre individuos femeninos y masculinos.

La población de Brasil (Figura 17) muestra también una nube de puntos dispersa no separada por sexo.

Por último, con un comportamiento similar a las otras dos poblaciones, los individuos de COSS (Figura 18) no presentan distinción entre los femeninos y masculinos.

## 7.4 Análisis interpoblacional

### 7.4.1 Análisis de Componentes Principales (PCA)

Se obtuvo un PCA interpoblacional, comparando los datos según las variables origen (Chile Contemporáneo, Brasil y COSS) y sexo (mujeres y hombres).

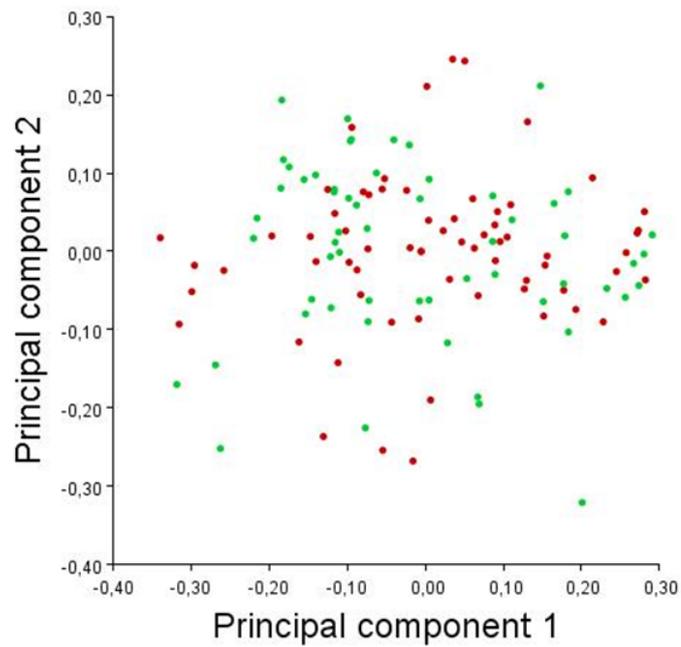


Figura 19. PCA según sexo para las tres poblaciones de la muestra. Individuos femeninos en rojo y masculinos en verde.

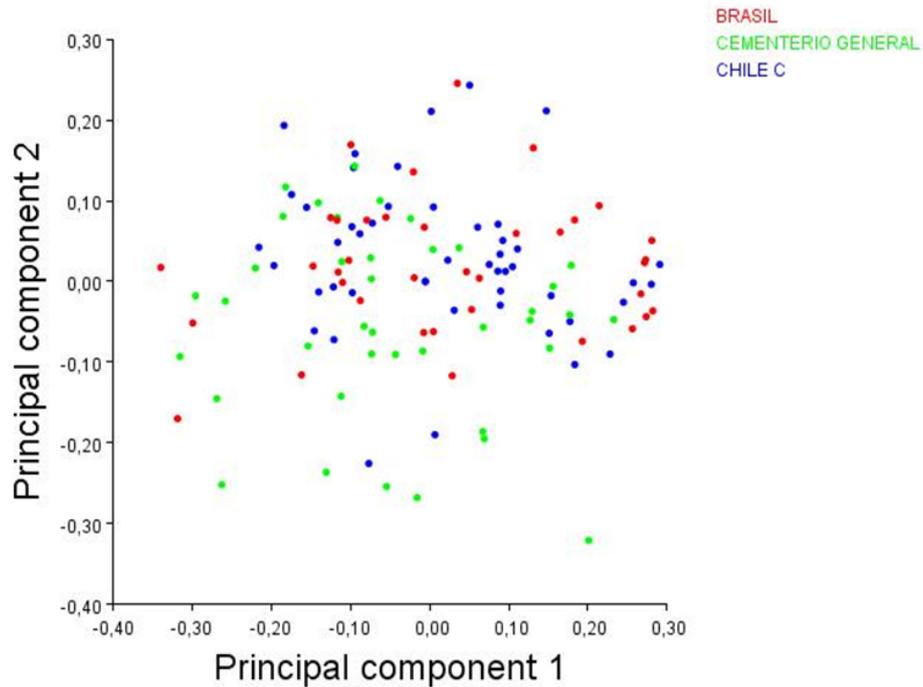


Figura 20. PCA según origen. Chile Contemporáneo en azul, Brasil en rojo y COSS en verde.

Concordante con los Análisis de Componentes Principales realizados para cada población (Figuras 16, 17 y 18), el PCA que se obtuvo incluyendo las tres poblaciones

de la muestra, utilizando la variable sexo (Figura 19), no muestra diferencias entre ambos grupos. La nube de puntos es dispersa y no se distingue una tendencia entre los datos.

El PCA realizado para evaluar diferencias utilizando la variable origen (Figura 20) muestra un comportamiento similar en cuanto a la dispersión de los datos y superposición de los puntos de las tres poblaciones, lo que indica que no existen diferencias interpoblacionales significativas.

#### 7.4.2 Análisis Canónico de la Varianza

El Análisis Canónico de la varianza consideró las poblaciones de Chile contemporáneo (Chile C), Brasil y COSS, realizado para evaluar las diferencias respecto a la variable Origen.

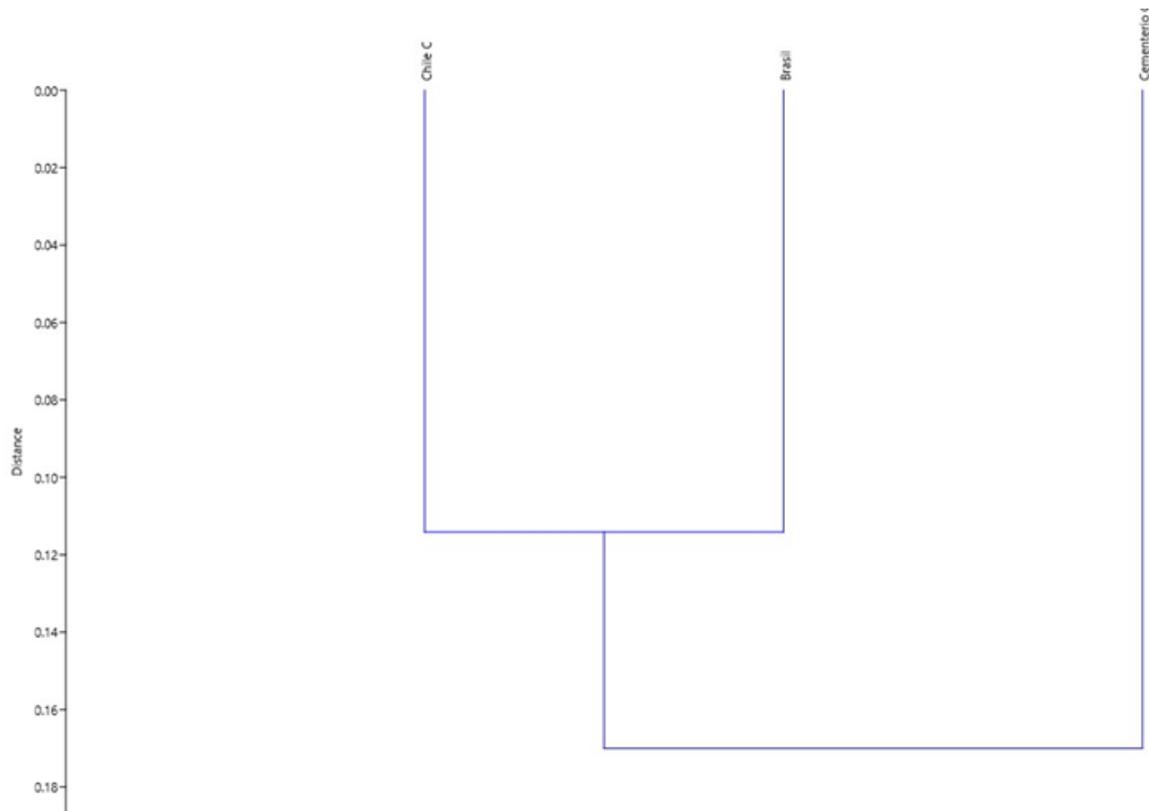
Las distancias de Procusto muestran valores pequeños que se resumen en la tabla, junto a los valores de p-valor.

*Tabla 8.* Distancia de Procusto entre poblaciones y p-valor con 10000 permutaciones. En negrita, valores estadísticamente significativos.

| Grupos/ p-valor     | Brasil | COSS          | Chile Contemporáneo |
|---------------------|--------|---------------|---------------------|
| Brasil              | -      | <b>0.0079</b> | 0.1017              |
| COSS                | 0.1067 | -             | <b>0.0004</b>       |
| Chile Contemporáneo | 0.0659 | 0.1200        | -                   |

La tabla 8 indica que las poblaciones de Brasil y Chile Contemporáneo presentan menores diferencias entre sí, pero no es significativo estadísticamente ( $p < 0.1017$ ). La mayor distancia se presenta con COSS y tiene un estadístico significativo (Brasil- COSS =  $p > 0.0079$ ; Chile Contemporáneo- COSS =  $p > 0.0004$ )

Se generó un árbol de distancias (Figura 21) introduciendo estos datos en el software estadístico PAST3.exe (Hammer, Harper y Ryan, 2001).



*Figura 21.* Árbol de distancias de Procusto para las poblaciones de Brasil, COSS y Chile C.

El árbol muestra un clado que incluye las poblaciones de Chile Contemporáneo y Brasil, presentando mayores similitudes, y fuera de éste, con una mayor distancia de Procusto, y por tanto mayores diferencias morfométricas, se posiciona la población proveniente de COSS.

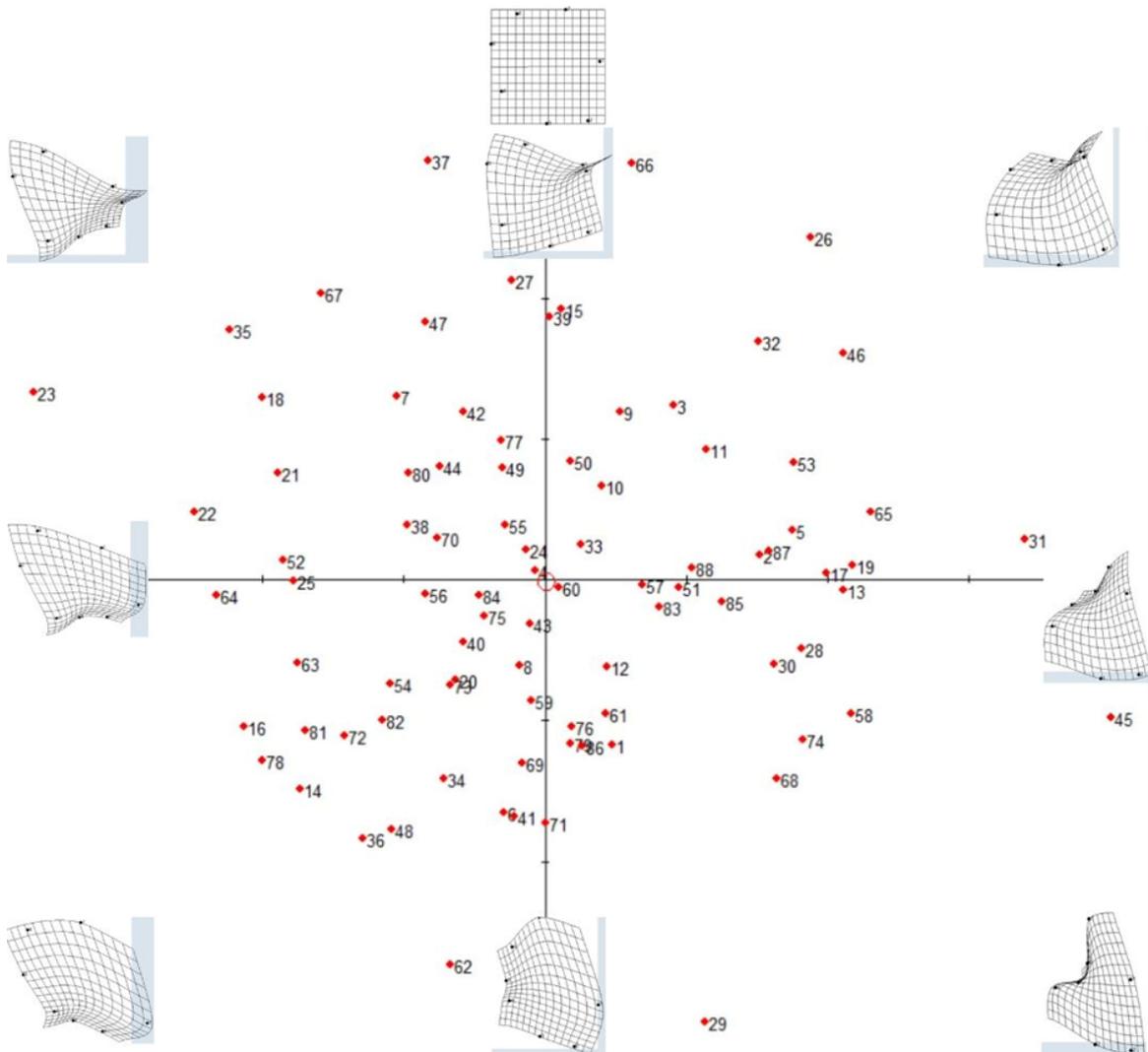


Figura 22. Distribución de la muestra en el plano cartesiano y sus variaciones morfológicas.

El eje Y muestra la variación de los puntos 1 y 7, que corresponden a los procesos clinoides anterior y posterior. Hacia abajo, se concentran los individuos que presentan mayor apertura o distancia entre ambos clinoides, mientras que hacia arriba se identifican las formas cerradas o en puente.

Por otra parte, el eje X muestra la variación de la profundidad de la silla y posición del piso, representada en la altura principalmente por la distancia entre los puntos 3 y 4. También se presenta una ligera variación de los puntos 5, 6 y 7, aumentando o disminuyendo la distancia entre estos a lo largo del eje Y.

En la figura 22 no se distinguen grupos, por el contrario, se observa gran dispersión de todos los datos, independiente del sexo y origen.

Sin embargo, considerando el número de muestra (Anexo 1) se puede distinguir una ligera concentración de las mujeres de Chile Contemporáneo (n°1 a 26) hacia la forma de mayor distancia entre los puntos 5, 6 y 7, a lo largo del eje Y (con X negativo).

Las mujeres de Brasil (n° 49 a 67) se concentran principalmente en la forma de mayor apertura de los procesos clinoides (Y negativo), a lo largo del eje X. Por otra parte, se observa una ligera concentración de los individuos femeninos de COSS hacia las formas de Y positivo, correspondientes a una menor distancia entre los procesos clinoides anterior y posterior.

En cuanto a los hombres, se presenta mayor dispersión de los datos, distribuidos por todos los cuadrantes de manera similar sin diferencias por población. Particularmente, la población de Brasil presenta una menor cantidad de individuos masculinos en el cuadrante correspondiente a los valores de Y negativo y X negativo.

A partir de los análisis realizados, se observa que los puntos 1 y 7, correspondientes a clinoides anterior y posterior, son los puntos que presentan mayor variación, lo que modifica la orientación de la silla hacia anterior o posterior. Además, los puntos 5 y 6 también tienen alta variabilidad, considerando que conforman el dorso de la silla turca.

## 8. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio, realizado en una muestra de poblaciones subactuales y contemporáneas, revelan que, si bien la silla turca es una estructura altamente variable en cuanto a morfología y tamaño, no es posible atribuir estas diferencias al sexo cromosómico. Adicionalmente, no se observaron diferencias estadísticamente significativas para la variable origen geográfico.

En cuanto al dimorfismo sexual en el tamaño del centroide, Andredaki *et al.* (2007) obtuvieron resultados similares referidos a la baja variación según el sexo en población griega, con un tamaño del centroide promedio de 138.7mm en mujeres y 135.0 mm en hombres. Por otra parte, Venieratos, Anagnostopoulou y Garidou (2005) muestran resultados en cráneos de la misma población con un tamaño de centroide mayor (157mm), sin distinción por sexo, utilizando un diferente método para la estimación de estas medidas, por medio de la creación de moldes de silicona y medidas lineales. Estos resultados en población europea muestran un tamaño promedio mayor que para la muestra de Chile y Brasil contemporáneos aquí descritos. Por otra parte, Muhammad *et al.* (2019) utilizando mediciones lineales en individuos chinos y nepalíes, encontraron que el tamaño de la silla turca no se relaciona con el sexo, pero sí que existiría una correlación significativa entre la longitud de la silla turca y el sexo en población bosnia.

Contrariamente a lo observado en nuestro trabajo, pero en concordancia con lo comúnmente afirmado sobre la robustez y gracilidad de las estructuras del cráneo (Buikstra y Ubelaker, 1994), estudios realizados en población del este asiático muestran que las sillas turcas de individuos masculinos son de mayor tamaño en ancho anterior y posterior que las de individuos femeninos (Chou, Chen, Chen, Chen, Chen y Tseng, 2021; Usman *et al.*, 2020; Axelsson *et al.*, 2004). En población india, las medidas también resultaron mayores en hombres que en mujeres para la altura del seno maxilar, no así con la longitud, diámetro y profundidad (Subasree y Dharman, 2019). Otros autores, por el contrario, han descrito diferencias por sexo para algunas mediciones, como el diámetro y altura de la silla, donde resultan mayores para las mujeres que para los hombres (Magat y Sener, 2018; Rai *et al.*, 2016). Sin embargo, a diferencia de nuestra investigación, estos trabajos han sido realizados con cefalometría e incluso incorporando subadultos a la muestra, lo que puede influir en los resultados obtenidos. Andredaki *et al.* (2007) obtienen un análisis de componentes principales con datos altamente superpuestos entre hombres y mujeres, concluyendo que no existen diferencias por sexo y que los estudios que incluyen clasificaciones en preformas que reportaban dimorfismo sexual podía atribuirse a la subjetividad del método, además de la dificultad para asignar a los individuos a una categoría específica sobre la base de la gran cantidad de variaciones entre las mismas, pudiendo ocasionar errores de clasificación (Tepedino *et al.*, 2020).

Con relación al patrón de variación de los componentes de la silla turca, se observaron algunas diferencias cualitativas por sexo, similar a lo reportado en investigaciones previas, como la de Henríquez *et al.* (2010), quienes observan prevalencia de determinadas formas de la silla turca en población chilena, describiendo características biométricas. Si bien se incluyeron radiografías exclusivamente de individuos adultos, es

relevante mencionar que Castillo (2015) observó diferencias en la prevalencia de ciertas formas en población femenina y masculina de individuos subadultos mexicanos, predominando la forma en U y en L, respectivamente, resultados similares a los obtenidos por Bello y Usman (2019) en niños nigerianos, donde su estudio reveló dimorfismo respecto a la forma de la silla turca según las frecuencias de las formas.

No obstante, hay que considerar que esta observación descriptiva de las diferencias de la silla turca en nuestra investigación no responde a los resultados de los análisis estadísticos, los cuales muestran que el sexo no es una variable determinante en la variación morfológica observada y que las diferencias entre estos grupos no son estadísticamente significativas (Chile  $p < 0.6816$ , Brasil  $p < 0.7898$ , y COSS  $p < 0.7369$ ). En concordancia con estos resultados, hay autores que coinciden en que no existiría dimorfismo sexual en cuanto a la forma (Ruíz y Wafae, 2006), o bien, que el observar diferencias cualitativas por sexo no necesariamente se corresponde con los análisis estadísticos, los cuales pueden evidenciar que las diferencias no son significativas (Yousif *et al.*, 2010).

Por otra parte, Benítez y Püschel (2014), utilizando morfometría geométrica indican que sí existen diferencias significativas en el cráneo, podríamos explicar estas diferencias por el uso de puntos de referencia que son aceptados como dimórficos. Para reforzar esta idea, Escobar y Manríquez (2023) estiman las diferencias morfométricas entre hombres y mujeres en distintas estructuras del cráneo, concluyendo que las estructuras al ser evaluadas de manera independiente sí muestran dimorfismo, siendo el proceso mastoides el de mayor distancia. Mientras, al atender específicamente la base de cráneo, conformada en gran parte por el hueso esfenoideas, lugar donde se ubica la silla turca, los resultados de Mana *et al* (2016) con la misma metodología revelan que no existirían diferencias significativas por sexo, lo que es concordante con nuestros análisis.

En nuestro trabajo el bajo dimorfismo sexual se expresa, por ejemplo, en los análisis de función discriminante, los cuales mostraron un muy bajo porcentaje de precisión en la identificación de ambos sexos (49.3% para mujeres y 50.3% para los hombres), por lo que un individuo puede ser clasificado de sexo masculino con la misma probabilidad que ser clasificado como de sexo femenino respecto de la forma de su silla turca. Lo anterior significa que el modelo generado a partir del análisis no logra establecer patrones o características que distingan un grupo de otro. Estos porcentajes pueden explicarse, entre otras cosas, por la alta superposición de los individuos analizados. Si bien en los estudios realizados por Kiran, Ramaswamy y Smitha (2017) se logra diferenciar con un 58.5% de precisión la silla turca de mujeres, y con un 57.7% la de hombres, en población del sur de India; y Subasree y Dharma (2019) presentan una tasa de precisión con un valor ligeramente superior (65.7%) en la predicción del sexo utilizando la silla turca, para el caso de las mediciones lineales, estos valores continúan siendo bajos para lo aceptado en cuanto a la predicción de este análisis.

Considerando la gran diversidad de los resultados en las investigaciones revisadas, las cuales no coinciden de manera determinante en cuanto al dimorfismo sexual, proponemos que, en caso de existir realmente diferencias por sexo en esta estructura, las discrepancias de los autores pueden atribuirse, entre otras cosas, a los diferentes mapas de homologías utilizados en cada estudio, o directamente a las diferentes

técnicas de medición, como es el uso de radiografías laterales (Chou *et al.*, 2021). De la misma forma, la asimetría en los cráneos es un tema relevante al momento de seleccionar radiografías laterales, pues la base de cráneo presenta un índice de asimetría media de 4% (Russo y Smith, 2011), lo que puede influir al momento de realizar la digitalización de los *landmarks* en una estructura como la silla turca, que podría presentar en algunos casos superposición de procesos clinoides derechos e izquierdos.

Al mismo tiempo, en el campo de la antropología, el cráneo continúa siendo un importante referente al momento de realizar un perfil biológico estimando sexo. En particular, se utilizan algunos marcadores considerados como indicativos de dimorfismo sexual (Buikstra y Ubelaker, 1994). Entre las investigaciones más recientes, Rojas (2015) estudia el patrón e índice de dimorfismo en una muestra de población adulta contemporánea colombiana por medio de morfometría geométrica, obteniendo resultados que indican que las diferencias en cráneo por sexo son significativas, con un grado de dimorfismo sexual moderado para la especie, correspondiente a 5.17%, pero que aún exhibe caracteres diferenciales (Isaza, 2015). Esto es concordante también con lo planteado por Jung y Woo (2016) en el sentido de que el tamaño y la forma del proceso mastoideo muestran diferencias estadísticamente significativas según el sexo, así como lo indicado por Benítez y Püschel (2014) respecto a la misma zona, junto al área rostral. Manríquez y Escobar-Ramírez también refieren a la existencia de dimorfismo sexual en el cráneo, especialmente en los huesos frontal y cigomático.

El hecho de que en el presente estudio se haya aceptado la hipótesis de nulidad sobre la ausencia de diferencias morfológicas estadísticamente significativas en la silla turca respecto del sexo corrobora las afirmaciones provenientes desde el campo de la ortodoncia sobre la gran estabilidad de la base de cráneo y su alta resiliencia ante el cambio, especialmente en el hueso esfenoides, el cual es utilizado como estructura de referencia al realizar evaluaciones cefalométricas. De la misma manera, la silla turca también ha sido de gran relevancia en las investigaciones debido a su clara aparición y fácil distinción en cefalogramas laterales, utilizándose como referencia para realizar diagnósticos ortodóncicos (Tepedino *et al.*, 2020).

Lo anterior se explicaría porque la base de cráneo, conformada por los huesos occipital, esfenoides y temporales, alcanza su tamaño y forma de adulto a temprana edad, por lo que se considera que tiene menor exposición a la influencia del ambiente y la convierte en un área de especial interés en las investigaciones relativas a los patrones evolutivos (Cobos, Favier y Pérez, 2014). Otro aspecto que favorece la utilización de la base de cráneo como punto de referencia es que no presenta inserciones musculares relacionadas con la masticación, por tanto, las fuerzas biomecánicas que se ejercen en esta región son de menor magnitud e intensidad que las que se ejercen sobre otras estructuras craneales como, por ejemplo, las que conforman el esqueleto facial (Cobos *et al.*, 2014).

En particular, los puntos Silla turca (S), Nasion (N), Basion (Ba), Articular (Ar) y Bolton son los que se utilizan comúnmente como puntos de referencia en la base de cráneo, mientras que esfenoides (SE) se utiliza en la fosa craneal anterior y media. El plano anterior de la base craneal también es considerado relativamente estable (Wu *et al.*, 2017).

Ahora bien, nos parece relevante mencionar que, dentro de las limitantes del presente estudio se encuentra el número total de radiografías utilizadas es concordante con el tiempo destinado al proyecto, pero podría considerarse obtener un número mayor por sexo e incluir poblaciones actuales y arqueológicas. Se propone incluir también en futuros estudios otras variables, como posibles factores nutricionales y/ hormonales, evaluando si existe alguna relación entre estas variables y el sexo biológico. Especialmente, la variable nutricional puede resultar de interés, en particular, observando el árbol de distancias obtenido, que muestra una mayor diferenciación de la población proveniente de Cementerio General. Esta colección corresponde a individuos fallecidos durante la segunda mitad del siglo XX, específicamente entre las décadas de los 50 y 60, recuperados de distintos patios al tratarse de restos óseos no reclamados destinados a trasladarse a fosas comunes o incinerarse, bajo fines investigativos (Barreaux, Galimany y González, 2021). Se infiere que, por la naturaleza de estos entierros, los individuos provienen de estratos socioeconómicos bajos (Barreaux *et al.*, 2015), por lo que puede tratarse de una población más vulnerable a los efectos de la malnutrición, y esto a su vez influir en la forma y tamaño de la silla turca durante el crecimiento y desarrollo.

Méndez y Ferrarini (2006), realizando estudios con perspectiva evolutiva, mencionan que la cantidad de nutrientes ingeridos influyen en el desarrollo de órganos y tejidos y en la regulación de la expresión del ADN y secreción hormonal, así como también las estrategias reproductivas y economía doméstica derivan en consecuencias ligadas al dimorfismo sexual.

Tanto estas últimas propuestas como las abordadas por el estudio, se presentan sujetas a mayor investigación y distinta complejidad, debido a las pocas referencias utilizando esta metodología en la silla turca, y especialmente en población sudamericana y chilena.

## 9. CONCLUSIONES

En el presente estudio, se llevó a cabo una investigación sobre el dimorfismo sexual en la silla turca utilizando la morfometría geométrica como herramienta de análisis. Nuestro objetivo fue evaluar posibles diferencias morfológicas entre especímenes femeninos y masculinos según sexo biológico en la población de estudio. Adicionalmente, se examinó si existían variaciones poblacionales en la forma de esta estructura ósea.

Los resultados obtenidos tras los análisis estadísticos de las formas de la silla turca permiten validar la hipótesis de nulidad, la cual plantea que no existirían diferencias significativas en los patrones de variación de la forma y del tamaño con base en el sexo biológico en la muestra estudiada. De la misma forma, las diferencias poblacionales encontradas no son suficientes para afirmar que la variación de la silla turca se debe a la variable origen geográfico.

Estas conclusiones nos permiten ampliar las interrogantes respecto a la variación de esta estructura, especialmente en poblaciones contemporáneas, que podría deberse a otras causas no abordadas en el presente estudio. Por ejemplo, si influyen factores genéticos o ambientales en el desarrollo y crecimiento de esta zona al interior del cráneo.

Por otra parte, los resultados son concordantes con las investigaciones sobre la estabilidad de la base de cráneo y su utilización como punto de referencia con fines clínicos, por ejemplo, en el campo de la ortodoncia.

De la misma forma, la superposición y falta de separabilidad de los datos pueden ser relevante para estudios futuros como referencia poblacional.

Sin embargo, hay que resaltar que nuestra investigación está limitada a la muestra previamente definida y las técnicas descritas, por lo que es posible que se detecten diferencias de resultados al estudiar diferentes poblaciones.

Finalmente, si bien los resultados no revelaron la información esperada en cuanto a las diferencias sexuales, contribuyen al conocimiento científico en el área de la antropología biológica e identificación de los individuos, así como también en el campo de la morfometría geométrica para futuras investigaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adams, D., Rohlf, F. & Slice, D. (2013). A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix*, 24(1), 7.
- Andredaki, M., Koumantanou, A., Dorotheou, D. & Halazonetis, D. (2007). A cephalometric morphometric study of the sella turcica. *The European Journal of Orthodontics*, 29(5), 449-456.
- Antonarakis, G., Huanca Ghislanzoni, L., La Scala, G. & Fisher, D. (2020). Sella turcica morphometrics in children with unilateral cleft lip and palate. *Orthodontics & Craniofacial Research*.
- Arrighi, A. (2012). Dimorfismo sexual humano. *Revista de la Asociación Médica Argentina*, 125(1).
- Axelsson, S., Storhaug, K. & Kjær, I. (2004). Post-natal size and morphology of the sella turcica. Longitudinal cephalometric standards for Norwegians between 6 and 21 years of age. *The European Journal of Orthodontics*, 26(6), 597-604.
- Axelsson, S., Storhaug, K. & Kjær, I. (2004). Post-natal size and morphology of the sella turcica in Williams syndrome. *The European Journal of Orthodontics*, 26(6), 613-621.
- Barreaux, N., Espinoza, M. C., Flores, S., Galimany, J., González, R., Jara, K., ... & Quiñones, E. (2015). *Puesta en valor de la colección osteológica subactual de Santiago* (Sesión de Congreso) V Congreso Chileno de Conservación y Restauración. DIBAM-AGCR (pp. 183-189).
- Barreaux, N., Galimany, J. & González, R. (2021). *Desafíos, propuestas y logros del manejo de la Colección Osteológica Subactual de Santiago: un modelo para la puesta en valor de colecciones bioantropológicas*
- Becktor, J., Einersen, S. & Kjær, I. (2000). A sella turcica bridge in subjects with severe craniofacial deviations. *The European Journal of Orthodontics*, 22(1), 69-74.
- Bello, A. & Usman, J. (2019). Investigating the Various Shapes of Sella Turcica in Nigerian Children Using Lateral Skull Radiographs. *International Journal of Health Sciences and Benítez, H. A., & Püschel, T. A. (2014). Modelando la varianza de la forma: morfometría geométrica aplicaciones en biología evolutiva. International Journal of Morphology*, 32(3), 998-1008. *Research*, 9(1), 53-58.
- Benítez, H. & Püschel, T. (2014). Modelando la varianza de la forma: morfometría geométrica aplicaciones en biología evolutiva. *International Journal of Morphology*, 32(3), 998-1008.
- Berger, S., Edberg, S. & David, G. (1986). Infectious disease in the sella turcica. *Reviews of infectious diseases*, 8(5), 747-755.

- Björk, A. (1955). Follow-up X-ray study of the individual variation in growth occurring between of 12 and 20 years and its relation to brain case and face development. *Am J Orthod*, 41, 199-255.
- Bookstein, F. (1991). *Morphometric tools for landmark data: Geometry and biology*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Buikstra, J. & Ubelaker, D. (1994). Standards for data collection from human skeletal remains. *Arkansas Archeological Survey Research Series*.
- Casado, A. (2017). Quantifying sexual dimorphism in the human cranium: a preliminary analysis of a novel method. *Journal of forensic sciences*, 62(5), 1259-1265.
- Castillo Domínguez, L. (2015). *Patrón de deriva de la silla turca en pacientes pediátricos* (Master's thesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla).
- Chauhan, P., Kalra, S., Mongia, S., Ali, S. & Anurag, A. (2014). Morphometric analysis of sella turcica in North Indian population: a radiological study. *Int J Res Med Sci*, 2(2), 521-526.
- Chou, S. T., Chen, C. M., Chen, P. H., Chen, Y. K., Chen, S. C., & Tseng, Y. C. (2021). Morphology of sella turcica and bridging prevalence correlated with sex and craniofacial skeletal pattern in Eastern Asia population: CBCT study. *BioMed Research International*, 2021.
- Cobos, V. A., Favier Dubois, C. M., & Pérez, S. I. (2014). Dieta y variación morfológica craneofacial en poblaciones humanas del golfo San Matías (Patagonia, Argentina). *Magallania (Punta Arenas)*, 42(2), 125-139.
- Díaz, P., Araya-Díaz, P. & Palomino, H. (2015). Displacement of Cranial Reference Landmarks Used in Jarabak and Ricketts Cephalometric Analysis During Active Growth/Desplazamiento de los Puntos de Referencia Craneales Utilizados en los Análisis Cefalométrico de Jarabak y Ricketts, Durante el Crecimiento Activo. *International Journal of Morphology*, 33(1), 229-237
- Di Ieva, A., Bruner, E., Haider, T., Rodella, L., Lee, J., Cusimano, M. & Tschabitscher, M. (2014). Skull base embryology: a multidisciplinary review. *Child's Nervous System*, 30(6), 991-1000.
- Du Boulay, G. & Trickey, S. (1967). The choice of radiological investigations in the management of tumours around the sella. *Clinical radiology*, 18(4), 349-365.
- Escobar-Ramírez, B. & Manríquez, G. (2023). Applying a geometric morphometric surface semilandmark-based approach for assessing sexual dimorphism in cranial bones. *Revista argentina de antropología biológica*, 25(2), 68-68.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. & Buchner, A. (2007). G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191.

- Franklin, D. (2010) Forensic age estimation in human skeletal remains: current concepts and future directions. *Legal Medicine*, vol. 12, pp. 1-7.
- Freyer, D. & Wolpoff, M. (1985). Sexual dimorphism. *Annual Review of Anthropology*, 14(1), 429-473.
- Galarraga, I. B. (2017). Pasado y presente de la evolución sexual humana (doctoral dissertation, universidad nacional autónoma de méxico).
- Garvin, H. & Klales, A. (2020). Adult skeletal sex estimation and global standardization. *Forensic Science and Humanitarian Action*, 199–209.
- Gordon, M. & Bell, A. (1923). A roentgenographic study of the sella turcica in normal children. *Endocrinology*, 7(1), 52-56.
- Guerrero, J. & Sanabria, M. (2013). Dimorfismo sexual en clavículas de una muestra de población moderna colombiana. *Revista colombiana de Medicina Legal y Ciencias forenses*, 1(1), 38-41.
- Hammer, Ø., Harper, D. & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología electrónica*, 4(1), 9.
- Henríquez, J., Fuentes, R., & Sandoval, P. (2010). Características biométricas de la silla turca en telerradiografías laterales de individuos mapuches y no mapuches de la IX región, Chile. *International Journal of Morphology*, 28(2), 529-532.
- Hernández, R., Sánchez, A., Ramírez, R., & Morales, J. (2010). Regulación neuroendocrinológica de la función inmunitaria: el papel de la hipófisis y los esteroides sexuales. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 13(2), 103-112.
- Isaza, J. (2015). La Antropología Física y el diagnóstico del sexo en el esqueleto a partir del cráneo: métodos actuales y futuras perspectivas. *Boletín de Antropología Universidad de Antioquía*, 30(50), 94-126.
- Jung, H., & Woo, E. J. (2016). Evaluation of mastoid process as sex indicator in modern White Americans using geometric morphometrics. *Journal of forensic sciences*, 61(4), 1029-1033.
- Jurmain, R., Kilgore, L. & Trevathan, W. (2009). *Essentials of Physical Anthropology*. *Essentials of Physical Anthropology* (7th ed., pp. 1–16).
- Kantor, M. & Norton, L. (1987). Normal radiographic anatomy and common anomalies seen in cephalometric films. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 91(5), 414-426.
- Kiran, C., Ramaswamy, P., & Smitha, B. (2017). Radio-morphometric Analysis of Sella Turcica in the South Indian Population-A Digital Cephalometric Study.

- Kjaer, I., Becktor, K., Nolting, D. & Fischer, B. (1997). The association between prenatal sella turcica morphology and notochordal remnants in the dorsum sellae. *Journal of craniofacial genetics and developmental biology*, 17(3), 105-111.
- Kjær, I., Keeling, J., Reintoft, I., Nolting, D. & Fischer Hansen, B. (1998). Pituitary gland and sella turcica in human trisomy 21 fetuses related to axial skeletal development. *American journal of medical genetics*, 80(5), 494-500.
- Kjær, I., Hansen, N., Becktor, K., Birkebaek, N. & Balslev, T. (2001). Craniofacial morphology, dentition, and skeletal maturity in four siblings with Seckel syndrome. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 38(6), 645-651.
- Kjær, I. (2015). Sella turcica morphology and the pituitary gland—a new contribution to craniofacial diagnostics based on histology and neuroradiology. *European journal of orthodontics*, 37(1), 28-36.
- Klingenberg, C. (2011). MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular ecology resources*, 11(2), 353-357.
- Krenzer, U. (2006). Métodos para la determinación del sexo. Tomo II. Compendio de métodos antropológico-forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico. Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas (CAFCA). Serie de Antropología Forense, Guatemala.
- Lieberman, D., Ross, C., & Ravosa, M. (2000). The primate cranial base: ontogeny, function, and integration. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 113(S31), 117-169.
- Lugo R., Laffitte, G. & Fernández, R. (2009). Crecimiento y desarrollo craneofacial. *Revista med*, 2-3.
- Madadin, M., Menezes, R. G., Al Dhafeeri, O., Kharoshah, M. A., Al Ibrahim, R., Nagesh, K. R., & Ramadan, S. U. (2015). Evaluation of the mastoid triangle for determining sexual dimorphism: A Saudi population based study. *Forensic science international*, 254, 244-e1.
- Magat, G., & Sener, S. O. (2018). Morphometric analysis of the sella turcica in Turkish individuals with different dentofacial skeletal patterns. *Folia Morphologica*, 77(3), 543-550.
- Mana, M., Adalian, P., & Lynnerup, N. (2016). Lateral angle and cranial base sexual dimorphism: a morphometric evaluation using computerised tomography scans of a modern documented autopsy population from Denmark. *Anthropologischer Anzeiger*, 73(2).
- Manríquez, G., & Escobar-Ramírez, B. (2023). Applying a geometric morphometric surface semilandmark-based approach for assessing sexual dimorphism in cranial bones. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 25(2), 068-068.

- Méndez, MG. & Ferrarini, SO. (2006). Dimorfismo sexual y cefalometría en etnias chaqueñas: una lectura desde la antropología evolutiva. *Rev. Esp. Antrop. Fís.*, 26, 75-92.
- Menendez, L. & Lotto, F. (2013). Comparación de técnicas para determinar el sexo en poblaciones humanas: estimaciones diferenciales a partir de la pelvis y el cráneo en una muestra de San Juan, Argentina. *Revista Ciencias Morfológicas*, 15(1).
- Moore, K. & Dalley, A. (2009). *Anatomía con orientación clínica*. Ed. Médica Panamericana.
- Muhammed, F., Abdullah, A., Rashid, Z., Pusic, T., Shbair, M. & Liu, Y. (2019). Morphology, incidence of bridging, and dimensions of sella turcica in different racial groups. *Oral radiology*, 35(2), 127-134.
- Müller, F. & O'rahilly, R. (1980). The human chondrocranium at the end of the embryonic period, proper, with particular reference to the nervous system. *American Journal of Anatomy*, 159(1), 33-58.
- Noden, D. (1988). Interactions and fates of avian craniofacial mesenchyme. *Development*, 103(Supplement), 121-140.
- Olubunmi, O., Yinka, O, Oladele, O., Adimchukwunaka, G. & Afees, O. (2016). An assessment of the size of sella turcica among adult Nigerians resident in Lagos. *International Journal of Medical Imaging*, 4(3), 12.
- Phenice, T. (1969). A newly developed visual method of sexing the os pubis. *American Journal of Physical Anthropology*, 30(2), 297–301.
- Phulari, B. (2013). *An atlas on cephalometric landmarks*. JP Medical Ltd.
- Pumarino H, Oviedo S, Michelsen H, Campino C. [Active acromegaly and gigantism: some clinical characteristics of 50 patients] *Revista Médica de Chile*. 1991 Aug;119(8):897-907. PMID: 1844771
- Quintero, A., Escobar, B. & Vélez, N. (2014). La radiografía cefálica: más allá de una medida cefalométrica. *Revista Nacional De Odontología*.
- Rai, A., Rai, R., Vani, P., Rai, R., Vadgaonkar, R. & Tonse, M. (2016). A Cephalometric Analysis on Magnitudes and Shape of Sella Turcica. *Journal of Craniofacial Surgery*, 27(5), 1317–1320.
- Ramamoorthy, B., Pai, M., Ullal, S., & Prabhu, L. (2019). Discriminant function analysis of craniometric traits for sexual dimorphism and its implication in forensic anthropology. *Journal of the Anatomical Society of India*, 68(4), 260.
- Rodríguez, J. (2004). *La antropología forense en la identificación humana*. Universidad Nacional de Colombia.

- Rohlf, F. (2007). tpsRelw version 1.45. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook.
- Rohlf, F. (2017). TpsDig 2.31. Stony Brook: Department of Ecology and Evolution, State University of New York.
- Rohlf, F. (2017). TpsRelw32. Stony Brook: Department of Ecology and Evolution, State University of New York.
- Rohlf, F. (2019). TpsUtil32. Stony Brook: Department of Ecology and Evolution, State University of New York.
- Rojas Sánchez, M. P. (2015). Dimorfismo sexual craneofacial en población contemporánea colombiana. Análisis morfométrico geométrico 3D. *Odontología*
- Ruiz, C., & Wafae, N. (2006). Estudio de las diferentes formas de la silla turca por medio de la tomografía computada. *Revista chilena de radiología*, 12(4), 161-163.
- Russo, P. P., & Smith, R. L. (2011). Asimetría de la Base de Cráneo Durante el Crecimiento. *International Journal of Morphology*, 29(3), 1028-1032.
- Santa-Cruz, L. V., Ruiz-Sosa, Y., & Lavado-Torres, A. (2016). Evaluación de la forma y tamaño de la silla turca en radiografías cefalométricas de pacientes atendidos en la clínica odontológica de la universidad de San Martín de Porres 2010-2014. *Revista KIRU*, 13(2).
- Sathyanarayana, H., Kailasam, V. & Chitharanjan, A. (2013). Sella turcica-Its importance in orthodontics and craniofacial morphology. *Dental research journal*, 10(5), 571.
- Shrestha, G., Pokharel, P., Gyawali, R., Bhattarai, B. & Giri, J. (2018). The morphology and bridging of the sella turcica in adult orthodontic patients. *BMC oral health*, 18(1), 45.
- Silverman, F. (1957). Roentgen standards fo-size of the pituitary fossa from infancy through adolescence. *The American journal of roentgenology, radium therapy, and nuclear medicine*, 78(3), 451-460.
- Snyder, L. & Blank, F. (1945). *Studies in Human Inheritance*. XXVII, The Inheritance of the Shape of the Sella Turcica.
- Stojanowski, C. & Buikstra, J. (2005). Research trends in human osteology: A content analysis of papers published in the *American Journal of Physical Anthropology*. *American journal of physical anthropology*, 128(1), 98-109.
- Suazo, I., Zavando, D. & Luiz, R. (2008). Ossification of the sella turcica and clinoid ligments, case report, morphological study and literature review. *Int. J. Morphol*, 26(4), 799-801.

- Subasree, S., & Dharman, S. (2019). Age and Gender Determination Using Maxillary Sinus and Sella Turcica in Forensics-A Lateral Cephalometric Study. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 13(4).
- Tápanes, M., González, O., Hernández, D., Rodríguez, G., Serena, O., Ignacio, M., & Tarajano, J. (2019). Variaciones anatómicas de la silla turca en radiografías laterales de cráneo. Hospital "Faustino Pérez", 2017-2018. *Revista Médica Electrónica*, 41(4), 879-888.
- Tepedino, M., Laurenziello, M., Guida, L., Montaruli, G., Troiano, G., Chimenti, C. & Ciavarella, D. (2019). Morphometric analysis of sella turcica in growing patients: an observational study on shape and dimensions in different sagittal craniofacial patterns. *Scientific Reports*, 9(1), 1-11.
- Tetradis, S. & Kantor, M. (1999). Prevalence of skeletal and dental anomalies and normal variants seen in cephalometric and other radiographs of orthodontic patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 116(5), 572-577.
- Toro-Ibacache, M., Manríquez, G., & Suazo, I. (2010). Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: de la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal of Morphology*, 28(4), 977-990.
- Ursi, W., Trotman, C., McNamara Jr, J. & Behrents, R. (1993). Sexual dimorphism in normal craniofacial growth. *The Angle Orthodontist*, 63(1), 47-56.
- Usman, Z., Zagga, A., Yunusa, G., Abubakar, U., Bello, A., Usman, J. & Ammani, T. (2020). Shapes and Sizes of Sella Turcica Using Computerized Tomography (CT) from Tertiary Hospital in Sokoto, Nigeria. *Asian Journal of Medicine and Health*, 8-15.
- Varela, H. H., & Cocilovo, J. A. (1996). Los componentes de la variación intramuestral en la población prehistórica de San Pedro de Atacama, Chile. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 1.
- Venieratos, D., Anagnostopoulou, S., & Garidou, A. (2005). A new morphometric method for the sella turcica and the hypophyseal fossa and its clinical relevance. *Folia Morphologica*, 64(4), 240-247.
- Veyre-Goulet, S., Mercier, C., Robin, O. & Guérin, C. (2008). Recent human sexual dimorphism study using cephalometric plots on lateral teleradiography and discriminant function analysis. *Journal of forensic sciences*, 53(4), 786-789.
- Weston, D. (2019). *Human Osteology. Archaeological Science: An Introduction*, 147.
- White, T., Black, M., & Folkens, P. (2012). *Human Osteology: Elsevier Academic Press*.
- Wu, X. P., Xuan, J., Liu, H. Y., Xue, M. R., & Bing, L. (2017). Morphological Characteristics of the Cranial Base of Early Angle's Class II Division 1 Malocclusion in Permanent Teeth. *International Journal of Morphology*, 35(2).

Yousif, H., Mohammed Nahidh, B. & Yassir, Y. (2010). Size and morphology of sella turcica in Iraqi adults. *Mustansiria Dental Journal*, 7(1), 23-30.

Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., & Sheets, H. D. (2012). *Geometric morphometrics for biologists: a primer*. academic press.

**ANEXO 1.** Número otorgado a cada individuo de la muestra, según sexo, origen y total.

| <b>n°</b> | <b>Origen</b> | <b>Sexo</b> | <b>n</b> |
|-----------|---------------|-------------|----------|
| 1-26      | Chile c       | F           | 26       |
| 27-48     | Chile C       | M           | 22       |
| 49-67     | CG            | F           | 19       |
| 68-87     | CG            | M           | 20       |
| 88-108    | Brasil        | F           | 21       |
| 109-124   | Brasil        | M           | 16       |