

Efectos del Dimorfismo Sexual en la Variación Morfológica de Cráneos de la Población Chilena. Análisis de Morfometría Lineal y Morfometría Geométrica.

Arturo Sáez Sepúlveda y Germán Manríquez Soto.

Cita:

Arturo Sáez Sepúlveda y Germán Manríquez Soto (2004). *Efectos del Dimorfismo Sexual en la Variación Morfológica de Cráneos de la Población Chilena. Análisis de Morfometría Lineal y Morfometría Geométrica. V Congreso Chileno de Antropología. Colegio de Antropólogos de Chile A. G, San Felipe.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/v.congreso.chileno.de.antropologia/127>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/evNx/1o0>

Efectos del Dimorfismo Sexual en la Variación Morfológica de Cráneos de la Población Chilena. Análisis de Morfometría Lineal y Morfometría Geométrica¹

Arturo Sáez Sepúlveda*, Germán Manríquez Soto**

Resumen

Se estudió la variación morfológica explicada por el dimorfismo sexual en una muestra de 80 cráneos pertenecientes a la Colección Cementerio General, Santiago de Chile. Se analizó mediante Morfometría Geométrica la variabilidad presente en cráneos femeninos y masculinos en norma lateral izquierda y en el triángulo constituido por los puntos craneométricos *asterion*, *porion* y *mastoidale*. Los resultados obtenidos muestran que en norma lateral, sexo y tamaño influyen de manera significativa sobre la forma del cráneo, provocando la modificación de estructuras que tradicionalmente han sido utilizadas en Antropología Física como determinantes de sexo. De las variables analizadas, para el triángulo mastoidal, es el tamaño la variable que ejerce mayor influencia sobre la forma. Se hacen manifiestas las ventajas de la morfometría geométrica para el estudio de la variabilidad de la forma de objetos biológicos, como también se sugiere el uso del área del triángulo mastoidal definido por Airton y Segre (2003) cuyo análisis reveló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos femenino y masculino, confirmando la importancia de la zona mastoidea como un importante indicador de sexo en cráneos completos y/o fragmentados para casos de antropología forense y bioantropología de poblaciones extintas.

Introducción

Frecuentes son en la literatura las referencias a nuevos métodos para la determinación o estimación de ciertas características biológicas del ser humano. En todas ellas es manifiesta la advertencia de utilizar los resultados de estos métodos con precaución, ya que son propios de la población que dio origen a los datos de aquellos estudios. En algunos casos, como respuesta a la aparición de nuevos métodos, surgen reportes de nuevos

estándares locales para diferentes poblaciones humanas. Se han realizado pruebas dirigidas a medir la variación interobservador de las evaluaciones visuales de rasgos craneales morfoscópicos para la determinación de sexo, cuyos resultados revelan que, aunque la determinación del sexo no varía significativamente entre los observadores, los rangos o niveles de "masculinidad" y "femeneidad" de cada rasgo difieren significativamente entre uno y otro observador (Walrath et al. 2004). Los investigadores responsabilizan a la poca claridad de las definiciones de cada rasgo de la baja exactitud del método visual y proponen el uso de rasgos mejor definidos y en menor número, como también recomiendan el uso complementario de rasgos métricos para mejorar la precisión interobservador. Una buena parte de los indicadores de dimorfismo sexual son sujetos a observación subjetiva por parte de cada investigador, sin embargo, y a pesar de obtenerse comúnmente resultados precisos en la determinación de sexo, es importante conocer la variabilidad morfométrica con que se presenta el dimorfismo sexual en una población determinada. Algunas estructuras del cráneo utilizadas en la determinación del sexo, y que por lo tanto presentan una variabilidad atribuida al dimorfismo sexual, incluyen a los arcos superciliares, estructura relacionada a la transmisión de vectores de fuerza producidos por la masticación; la apófisis mastoideas, cuyo mayor desarrollo está relacionado a los músculos esternocleidomastoideos; la protuberancia occipital externa, que presta inserción a la musculatura posterior del cuello; y el borde orbitario superior, más robusto en individuos de sexo masculino. Existen referencias también a la rugosidad del plano nupal, al proceso zigomático del temporal, más robusto

* arturosaez@mail.com

** Programa de Genética Humana, Instituto de Ciencias Biomedicas (ICBM), Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Casilla: 70061, Av. Independencia 1027, Santiago-Chile. gmanriqu@med.uchile.cl

y alto en el sexo masculino; las eminencias frontales y parietales, más marcadas en el sexo femenino; el hueso zigomático, de superficie más irregular y más alto en el sexo masculino; el grado de inclinación del frontal, orientado verticalmente en el sexo femenino; y las dimensiones del paladar, entre otros elementos (Bass, 1987; Walrath et al, 2004; Burris and Harris, 1998; Gulekon and Turgut, 2003; Wescott and Moore-Jansen, 2001).

Existe un consenso general en torno a que la región mastoidea es de mayor tamaño en hombres que en mujeres. Varios autores señalan al cráneo y al proceso mastoideo específicamente como uno de los indicadores más confiables para determinación de sexo en ausencia de los huesos de la pelvis. Airton y Segre (2003), a través de un simple e ingenioso método, comparó las áreas, entre hombres y mujeres, del triángulo formado por tres puntos craneométricos del hueso temporal derecho e izquierdo, encontrando diferencias significativas entre ambos grupos, estableciendo para la población estudiada (Brasileños) un valor mayor o igual a 1447,40 mm² para individuos masculinos y un valor menor o igual a 1260,36 mm² para cráneos de sexo femenino (ambos con un intervalo de confianza de 95%). Se entiende aquí como dimorfismo sexual a aquel conjunto de características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas y conductuales que diferencian a machos y hembras. Estos caracteres sexuales se dividen en primarios y secundarios. Los primeros están en estrecha relación con la función reproductiva del organismo, mientras que los segundos no están vinculados directamente a la reproducción. Darwin se refirió a esta clasificación afirmando que los caracteres sexuales primarios son sujetos a selección natural, mientras que los caracteres sexuales secundarios son producto de la selección sexual, es decir, son adaptaciones que surgen en torno a la escasez de miembros del sexo opuesto, de modo que los individuos compiten por traspasar su información genética a la siguiente generación. Las distintas especies y sus poblaciones tendrán diferentes grados en la expresión de su dimorfismo sexual, dependiendo la manifestación de éste, de factores genéticos y ambientales. Pucciarelli (1996) describe cómo el estado nutricional de ratas influye sobre las hormonas responsables de la expresión de los caracteres sexuales secundarios y cómo estos factores ambientales pueden observarse en seres humanos. En la literatura se encuentran referencias acerca de una reducción general del dimorfismo sexual debido a que las tendencias evolutivas en esta especie no favorecen necesariamente un mayor tamaño, peso o fuerza física, como en otros

primates, cobrando mayor importancia ciertos factores sociales y culturales como lo son la práctica de la monogamia y la diferenciación del trabajo entre hombres y mujeres. Una de las consecuencias de la magnitud en la cual se presenta el dimorfismo sexual es el solapamiento de las distribuciones de una determinada variable, con lo cual, la cuestión de la determinación de sexo se enfrenta al problema de la precisión del diagnóstico, debiendo recurrirse al uso de intervalos de confianza en aquellos casos en que se usan rasgos métricos. Ejemplos de estas aproximaciones son el largo y robustez de los huesos largos, la relación entre el pubis e isquion (Albanese, 2003), el diámetro de la cabeza del fémur, el ancho de extremo distal del húmero, mediciones en la segunda vértebra cervical (Wescott, 2000), y en el sacro (Beyer, 1978), entre otros (Bass, 1998; Rodríguez, 1994).

Se contrasta aquí la hipótesis de que la superficie del triángulo definido por las líneas que unen los puntos craneométricos denominados *asterion*, *porion* y *mastoidale* es independiente del sexo. En particular, se analizarán mediante el método ideado por Airton y Segre (2003) las fotografías laterales de cráneos de sexo masculino y femenino, a través de mediciones del área formada por 3 hitos craneométricos relacionados a la apófisis mastoidea (*asterion*, *porion* y *mastoidale*) y se evaluará la significancia estadística de la determinación de sexo en esta región. También es parte de este trabajo el análisis de la variación morfológica presente en el cráneo humano en norma lateral y triángulo mastoideo. En estos dos últimos análisis se utilizará morfometría geométrica, herramienta que permite separar los cambios registrados debidos al tamaño, rotación y traslación, de los componentes de la forma. Se contrasta la hipótesis nula según la cual la variación presente en la forma del cráneo en norma lateral y en el triángulo formado por los puntos *asterion*, *mastoidale* y *porion*, es independiente del tamaño y del sexo de los individuos.

Material y métodos

Se utilizó en este estudio, una muestra de 80 cráneos de edad y sexo conocidos, obtenida de la colección Cementerio General, ubicada en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile (Tabla 1). Cada cráneo fue fotografiado en sus seis vistas (frontal, occipital, basal, apical, lateral derecha y lateral izquierda), con una cámara digital marca Fujifilm, modelo Fine Pix 51 Pro Super CCD, en condiciones fijas de luminosidad y distancia del objetivo. Cada cráneo fue dispues-

to de acuerdo al plano de Frankfurt, sobre una estructura transparente.

Para el análisis lineal se definieron tres hitos para la medición del triángulo mastoidal (Tabla 3). Las mediciones fueron realizadas sobre las fotografías, utilizando las herramientas de escala y medida disponibles en el programa TPSdig (Rohlf, 2004c), usando como referencia una regla metálica milimetrada dispuesta a un costado, a una profundidad correspondiente al plano del cráneo que es fotografiado. Para el cálculo del área de cada espécimen se utilizó el teorema de Herón, que permite calcular el área de un triángulo conociendo la longitud de sus tres lados. En el análisis de las diferencias se utilizó el cálculo de la *t* de Student.

Se presenta aquí un breve resumen del modelo que sustenta los estudios de morfometría geométrica. Para una descripción más extensa de los fundamentos teóricos se recomienda revisar Bookstein y Rohlf (2004), Bookstein (1989, 1982), Rohlf and Marcus (1993), Adams et al (2003), Pavlinov (2001) y Reyment (1985). Las aplicaciones de este método son extensas (O'higgins, 2000) y en diversas áreas, como biología evolutiva (Adams and Funk, 1997; Daly, 1985; De la Riva et al, 2001), paleontología humana (Lynch et al, 1996, Rosas and Bastir, 2004; Bookstein et al, 1999) microevolución humana (Vioarsdottir et al, 2002) y anatomía maxilofacial (Singh and Thind, 2003) entre otras. El análisis de morfometría geométrica esta basado en la sobreposición de configuraciones de *landmarks* (hitos homólogos), que representan y conservan la geometría del objeto biológico estudiado. Esto permite la comparación de una forma, representada como matrices de coordenadas bidimensionales (*x*, *y*) o tridimensionales (*x*, *y*, *z*), con respecto al consenso, valor de referencia generado a partir de las distancias mínimas cuadradas entre hitos equivalentes, lo que se conoce como análisis de Procrusto Generalizado (GPA). Este análisis permite extraer las variables de escala, rotación y traslación presentes en el conjunto de especímenes que residen en el espacio multidimensional de Kendall, cuyo número de dimensiones es igual a $2p-4$ o $3p-7$, según se trate de formas en dos o en tres dimensiones, respectivamente. Los especímenes son proyectados sobre un plano tangente al espacio de Kendall, en el que pueden representarse gráficamente las distancias de Procrusto entre los especímenes y la configuración de consenso, localizada en el punto donde el plano se intersecta con el espacio de Kendall. El tratamiento estadístico de las variables de la forma es posible dado que los ejes ortogonales (*relative warps*) de este plano tangente son análogos a

los componentes principales, en donde el valor (0,0) es la configuración de consenso, y a cada uno de los especímenes corresponde un valor de energía de torsión con respecto a este consenso. Esto permite la visualización del patrón de deformación de cada espécimen según la función de placa delgada (TPS), ya que este análisis conserva la información espacial de los objetos, marcando una diferencia con los análisis de morfometría lineal.

En las tablas 2 y 3 se encuentra la descripción de los hitos homólogos utilizados en el análisis de morfometría geométrica. Fueron excluidos del análisis aquellos cráneos en los que, por destrucción o ausencia de ciertas estructuras óseas, no fue posible registrar los hitos definidos. Para el registro de los datos primarios (*landmarks*) se utilizó el programa TPSdig (Rohlf, 2004c). El análisis multivariado fue realizado con el programa TPSRegr (Rohlf, 2003) en el que se consideraron como variables independientes el tamaño del centroide y sexo. El tamaño del centroide (CSIZE) corresponde a una escala común de tamaño producto del ajuste de escala realizado para cada espécimen durante el análisis de Procrusto, lo que permite utilizar al tamaño como una variable independiente de la forma, e identificar eventuales patrones de variación de origen alométrico.

Resultados

A partir del análisis de Procrusto, se separaron de los componentes de la forma las diferencias debidas a escala, rotación y traslación, obteniéndose configuraciones de consenso para cada espécimen. La proyección de los datos contenidos en el espacio de Kendall sobre un plano tangente al punto de consenso, revela la distribución de los especímenes en vista lateral izquierda y triángulo mastoidal. La visualización de los ejes de *relative warps* (RW), análogos a los componentes principales, se muestran en la figura 1. En la tabla 4 se presentan los resultados de los análisis de regresión multivariada entre los componentes de la forma y las variables independientes sexo y tamaño del centroide. Con el programa TPSRegr (Rohlf, 2003), es posible la visualización de la influencia de las variables independientes en la forma del cráneo, magnificando las deformaciones a partir del consenso, las que se observan en la figura 2.

En vista lateral izquierda, tomando en cuenta RW3 y RW4, se observa una zona central de sobreposición entre los individuos, mientras que en los extremos superior e inferior del eje 4 se distribuyen especímenes con

valores más extremos correspondientes a uno u otro sexo (Fig. 1a). En conjunto, estos dos ejes explican el 26,46 % de la variación. Al considerar el patrón de transformaciones de la forma debidas específicamente al sexo, se observan deformaciones de estructuras que clásicamente han sido utilizadas como indicadores para la determinación de sexo (Fig. 3a). En los individuos de sexo masculino, se visualizan principalmente la proyección anterior de *glabella*, un mayor tamaño del proceso mastoides así como su proyección anteroinferior. También se observa una posición posterior de *asterion*, cercano al plano occipital. Por otra parte, los individuos de sexo femenino se caracterizan por un proceso mastoides menor en tamaño, menos proyectado anteriormente; *asterion*, ubicado anteriormente, más alejado del plano occipital. La proyección de *glabella* es menor que en individuos de sexo masculino, y se observa también un mayor prognatismo. En la tabla 4, se presentan los resultados del análisis multivariado, utilizando TPSRgr (Rohlf, 2003). En norma lateral izquierda, considerando tanto el componente uniforme como el no uniforme, se observa que tanto el sexo como el tamaño influyen significativamente en la forma. Los valores de P tanto para lambda de Wilks como para F de Goodall, confirman que las diferencias observadas son estadísticamente significativas.

En el caso del triángulo mastoidal, la visualización de los RW1 y RW2 muestra la sobreposición de los individuos analizados, explicando el 100 % de la variación (Fig. 1b). Al estar conformado sólo por tres hitos, las transformaciones de la forma de esta estructura corresponden sólo al componente uniforme. En ellas pueden observarse deformaciones similares a las presentes en vista lateral (Fig. 3b), es decir, un mayor tamaño y proyección anterior de la apófisis mastoides en individuos masculinos, mientras que en individuos de sexo femenino, la apófisis mastoides es de menor tamaño y proyectada menos anteriormente que en el sexo masculino. Los resultados de la regresión multivariada, presentadas en la tabla 4, muestran que el tamaño del centroide, y la interacción entre sexo y tamaño del centroide en conjunto, explican significativamente la variación de la forma presente entre cráneos de sexo femenino y masculino.

Los valores en milímetros para la media, los valores máximos y mínimos, desviación estándar y error estándar para el área del triángulo mastoidal, son presentados en la tabla 6. La visualización de la media y su error estándar, con un 95% de intervalo de confianza, son presentados en la figura 5. El valor de P para la t de

Student obtenida, resulta estadísticamente significativa (0,0000049). El rango para individuos de sexo femenino, considerando un intervalo de confianza de 95%, es de 627-707 mm², mientras que para individuos de sexo masculino el rango es 773-881 mm².

Discusión

Uno de los aspectos de mayor importancia dentro de los estudios de dimorfismo sexual en mamíferos es el problema de discriminar de manera precisa las diferencias de tamaño de las diferencias de forma de determinadas estructuras entre individuos de sexo masculino y femenino. Sabido es que una de las manifestaciones del dimorfismo sexual se encuentra en el mayor tamaño de los individuos de sexo masculino. Cuando se ha querido analizar específicamente las diferencias en la forma de los objetos biológicos dependientes del sexo al que pertenecen, las tradicionales técnicas de morfometría lineal deben recurrir a algoritmos de corrección del tamaño, debido a que las medidas lineales están altamente correlacionadas a esta variable. Otro problema de la morfometría lineal reside en la falta de conservación de la geometría de los objetos, reduciendo su descripción a la elaboración de índices y ángulos entre medidas lineales y perdiendo la posibilidad de visualizar los cambios observados. En este sentido, en morfometría geométrica se han realizado importantes avances, al incorporar dentro de los pasos de la aplicación de la técnica la extracción de las diferencias de tamaño para posteriormente utilizarlas como una variable más, la recuperación de la forma del objeto a partir de las matrices de datos y su visualización a partir de la función de deformación de placa delgada (TPS).

En el análisis métrico de este estudio, en donde se comparo el área del triángulo mastoidal, se llegó a resultados similares a los obtenidos por Airton y Segre (2003) en cráneos de origen brasileño. Se observa una separación entre individuos de sexo femenino y masculino, dando cuenta de las diferencias en tamaño presentes en esta zona, las que pueden ser de gran utilidad durante labores de identificación de restos óseos de origen arqueológico o forense.

Los resultados provenientes del análisis de Morfometría Geométrica muestran que, para norma lateral, la representación grafica de RW3 y RW4 separa a individuos de sexo femenino y masculino, con una zona central de sobreposición. Como ocurre con otros rasgos métricos y su comparación entre sexos, existe para la especie humana una zona de solapamiento entre las curvas de

distribución normal. La expresión del dimorfismo sexual, relativamente disminuida en la especie humana, puede dar cuenta de este fenómeno. A su vez, la poca variabilidad explicada por los ejes ($RW3+RW4=26,46\%$) puede deberse a que los componentes de la forma implicados en el dimorfismo sexual están enmascarados por el efecto de otros componentes de la forma no relacionados al sexo. Las deformaciones de placa delgada representadas según sexo, muestran que las estructuras con cambios más importantes son aquellas que tradicionalmente han sido utilizadas en antropología para la determinación de sexo en cráneos. Estos resultados son similares a los obtenidos por Rosas y Bastir (2002), quienes describen, entre otros cambios importantes no analizados aquí, para el sexo masculino, una mayor pronunciación de *glabella*, la proyección inferior de *inion* y apófisis mastoides; y para el sexo femenino, describen un mayor prognatismo alveolar y diferencias proporcionales entre la porción escamosa y la porción nugal del occipital, siendo la última más larga para el sexo femenino. Este rasgo puede estar asociado a la mayor distancia entre *asterion* e *inion* en la figura 3a correspondiente a la deformación de sexo femenino. Estos cambios están relacionados principalmente a aquellas áreas de inserción muscular, es decir, sujetas a variación explicada por vectores biomecánicos.

Por otra parte, el análisis específico realizado sobre el triángulo mastoidal, deja en evidencia que la variabilidad presente entre cráneos de diferente sexo es explicada fundamentalmente por el tamaño más que por la forma de esta estructura. La visualización de las deformaciones de los componentes de la forma muestran, al igual que en norma lateral, que en individuos de sexo masculino la apófisis mastoides se proyecta inferior y anteriormente, mientras que en individuos de sexo femenino esta estructura es más pequeña y presenta una menor proyección en la dirección descrita. Nuevamente, es la acción del músculo esternocleidomastoideo lo que explica la variabilidad presente en los cráneos estudiados.

Rosas y Bastir (2002) sugieren que los cambios registrados por ellos en la región nasofaríngea se explican por los mayores requerimientos energéticos de los indi-

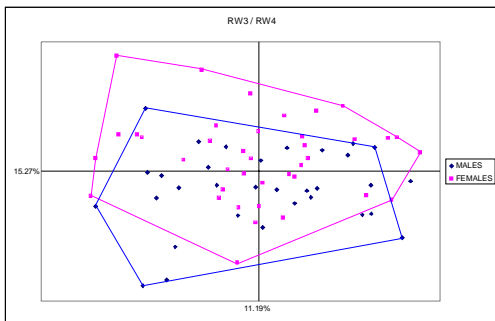
viduos de sexo masculino, los que se reflejan también en las transformaciones sexualmente dimórficas en las zonas de inserción muscular (apófisis mastoides entre otras). De estos estudios se puede concluir que en el caso de la especie humana, las diferencias entre hombres y mujeres están dadas en un mayor desarrollo del aparato locomotor en los primeros, cuyo correlato morfofisiológico se manifiesta en un mayor requerimiento de oxígeno y mayor tamaño del canal aéreo de la nasofaringe.

Conclusiones

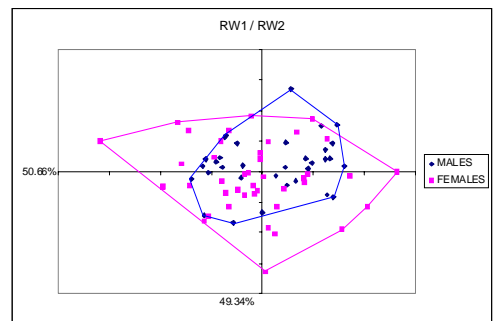
Los resultados de este estudio muestran la importancia de la aplicación de nuevos métodos y técnicas al estudio de la variabilidad biológica humana. En este caso, la medición del área del triángulo mastoidal, y el análisis morfogeométrico han aportado de manera significativa al conocimiento y aplicación de los rasgos anatómicos del cráneo a las tareas de investigación acerca del dimorfismo sexual en la especie humana, como también a las labores de descripción e identificación de restos óseos. Durante el ejercicio de la práctica antropológica es frecuente encontrarse frente a especímenes fragmentados o incompletos, lo que dificulta en distintos grados el diagnóstico de las principales características biológicas del ser humano. En este sentido, el aporte de la técnica de medición del área del triángulo mastoidal es de suma importancia dada la conservación diferencial positiva que posee el hueso temporal. Los valores aquí presentados son de aplicabilidad a la población chilena actual, siendo quizás el aporte más importante de este trabajo. Las ventajas del enfoque morfogeométrico pueden ser aplicadas a otras estructuras del organismo, buscando respuestas a diferentes problemáticas de importancia biológica y cultural, y por qué no, también a objetos materiales como los presentes en el registro arqueológico.

Notas

¹ Proyecto Fondecyt 1020375.



1a. Norma Lateral Izquierda



1b. Triángulo Mastoidal

Figura 1. Representación gráfica de los Relative Warps los de morfometría geométrica.

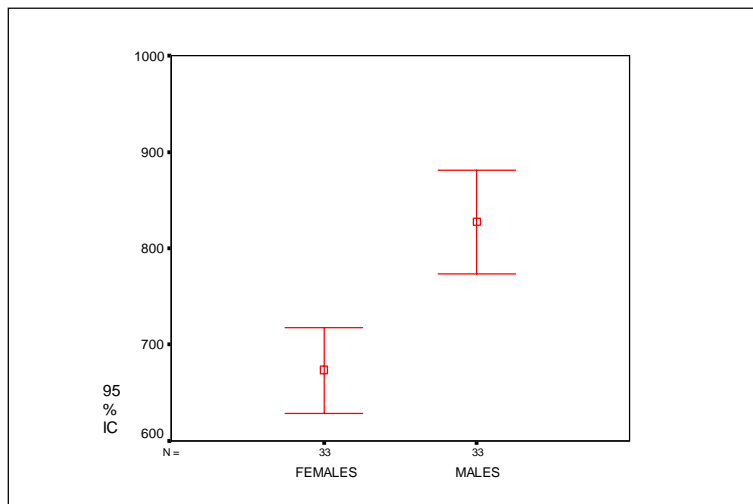


Figura 2. Separación entre los grupos femenino y masculino, según el área del triángulo mastoidal, con un intervalo de confianza de 95%.

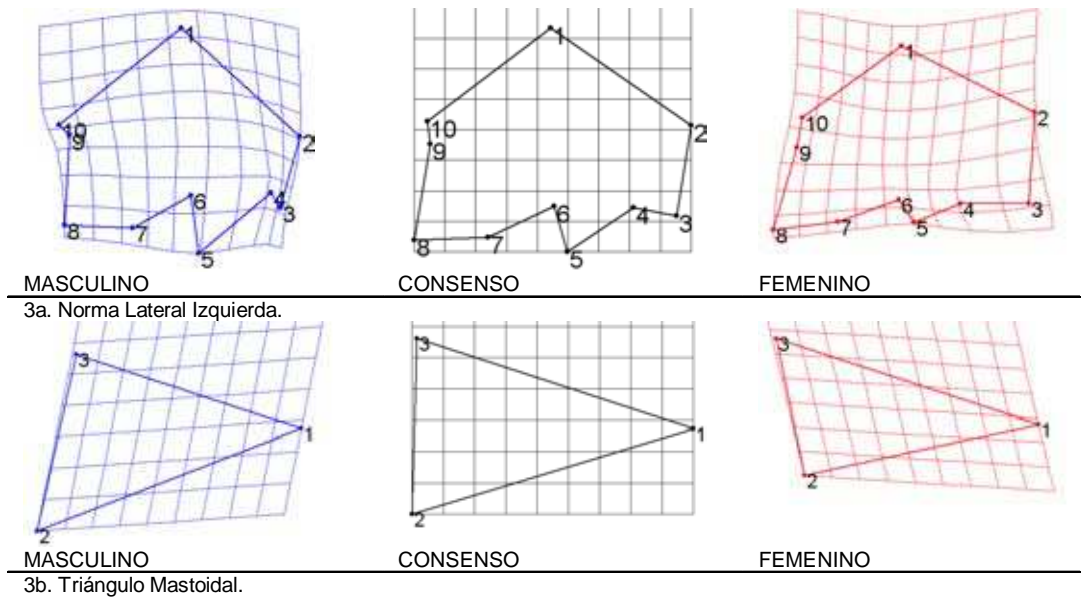


Figura 3. Deformaciones de Thin-Plate Spline, utilizando SEXO como variable independiente. Las transformaciones han sido amplificadas 10 veces para facilitar su visualización.

	LATI	TRI	áTriMast
Femenino	39	41	41
Masculino	32	33	33
Total	71	74	74

Tabla 1. Muestras utilizadas en este estudio.

N	Nombre	Definición anatómica
1	<i>Bregma</i>	The ectocranial midline point where the coronal and sagittal sutures intersect. (Buikstra and Ubelaker, 1994)
2	<i>Lambda</i>	The ectocranial midline point where the sagittal and lambdoidal sutures intersect. (Buikstra and Ubelaker, 1994)
3	<i>Inion</i>	A point at the base of the external occipital protuberance. It is the intersection of the MSP (Medial Sagittal Plane) with a line drawn tangent to the uppermost convexity of the right and left superior nuchal line. (Bass, 1987)
4	<i>Asterion</i>	Punto en la intersección de los huesos temporal, parietal y occipital mediante las suturas lambdoidea, parietomastoidea y occipitomastoidea. (Rodríguez, 1994)
5	<i>Mastoidale</i>	The lowest point of the mastoid process. (Airton and Segre, 2003)
6	<i>Porion</i>	The uppermost lateral point in the margin of the external auditory meatus. (Bass, 1987)
7	<i>Pterigoalveolar</i>	El punto donde se intersectan el borde posterior del hueso alveolar y la lamina pterigoidea lateral.
8	<i>Prostion</i>	The most anterior point in the midline on the alveolar processes of the maxillae. (Buikstra and Ubelaker, 1994)
9	<i>Nasion</i>	The point of intersection between the frontonasal suture and the midsagittal plane. (Buikstra and Ubelaker, 1994)
10	<i>Glabela</i>	The most anterior midline point on the frontal bone, usually above the frontonasal suture. (Buikstra and Ubelaker, 1994)

Tabla 2. Landmarks utilizados en el análisis de morfometría geométrica para norma lateral izquierda.

N	Nombre	Definición anatómica
1	<i>Asterion</i>	(Rodríguez, 1994)
2	<i>Mastoidale</i>	(Airton and Segre, 2003)
3	<i>Porion</i>	(Bass, 1987)

Tabla 3. Landmarks utilizados en el análisis del triángulo mastoidal.

Norma Lateral Izquierda	df1	Wilks's Lambda	F	df2	P	Goodall's F	P
Uniforme + No Uniforme							
SEX	16	0,59546918	2,293	54	0,0120*	2,3875	0,0016*
SIZE	16	0,52702713	3,029	54	0,0012*	2,3704	0,0018*
SEX x SIZE	32	0,31918314	2,551	106	0,0002*	2,5843	0,0001*
No Uniforme							
SEX	14	0,61045463	2,552	56	0,0067*	1,9587	0,0181*
SIZE	14	0,56360387	3,097	56	0,0013*	2,1787	0,0071*
SEX x SIZE	28	0,34663136	2,744	110	0,0001*	2,2831	0,0002*
Triángulo mastoidal							
Uniforme + No Uniforme							
SEX	2	0,93859232	2,323	71	0,1054	2,2898	0,1050
SIZE	2	0,79287146	9,274	71	0,0003*	8,3387	0,0004*
SEX x SIZE	4	0,74804567	5,467	140	0,0004*	5,4092	0,0004*

Tabla 4. Resultados del análisis multivariado (* señala valores significativos).

	Femenino	Masculino
Media +/- Des. Std .Dev	667,8 +/- 26,9	827,7 +/- 151,6
Minimo	408,7	445,3
Maximo	945,1	1077,5
Error Std.	38,9	51,7

Tabla 5. Valores obtenidos para el análisis del área del triángulo mastoidal.

Bibliografía

ADAMS, D. y C. FUNK, 1997. *Morphometrics inferences on sibling species and sexual dimorphism in neochlamisus bebbianae leaf beetles: Multivariate applications of the thin-plate spline*. Systematic Biology 46:180-194.

ADAMS, D., F. ROHLF y D. SLICE, 2003. *Geometric morphometrics: Ten years of progress following the "revolution"*. In Press.

ALBANESE, J., 2003. *A metric method for sex determination using the hipbone and the femur*. Journal of Forensic Sciences 48:1-11.

BASS, W., 1987. *Human osteology: A laboratory and field manual*. Missouri Archaeological Society.

BEYER, L., 1978. *Univariate and multivariate methods for sexing the sacrum*. American Journal of Physical Anthropology 49:103-110.

BOOKSTEIN, F., 1982. *Foundations on morphometrics*. Annual Review of Ecology and Systematics 13:451-470.

BOOKSTEIN, F., 1989. *"size and shape": A comment on semantics*. Systematic Zoology 38:173-180.

BOOKSTEIN, F., K. SCHAFFER, H. PROSSINGER, H. SEIDLER, M. FIEDER, C. STRINGER, G. WEBER, J. ARSUAGA, D. SLICE, F. ROHLF, W. RECHEIS, A.

MARIAM y L. MARCUS, 1999. *Comparing frontal cranial profiles in archaic and modern homo by morphometrics analysis*. The Anatomical Record 257:217-224.

BUIKSTRA, J. y D. UBELAKER, 1994. *Standards for data collection from human skeletal remains*. Arkansas Archeological Survey Research Series Nº 44.

BURRIS, B. y E. HARRIS, 1998. *Identification of race and sex from palate dimensions*. Journal of Forensic Sciences 959-963.

CALYAMPUDI, R. y S. SURYAWANSHI, 1998. *Statistical analysis of shape through triangulation of landmarks: A study of sexual dimorphism in hominids*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 95:4121-4125.

DALY, H., 1985. *Insect morphometrics*. Annual Review of Entomology 30:415-438.

DE LA RIVA, J., F. L. PONT, V. ALI, A. MATIAS, S. MOLLINEDO y J. DUJARDIN, 2001. *Wing geometry as a tool for studying the lutzomyia longipalpis (diptera: Psychodidae) complex*. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz 96:1089-1094.

GÜLEKON, I. y H. TURGUT, 2003. *The external occipital protuberance: Can it be used as a criterion in the determination of sex?* Journal of Forensic Sciences 48:1-4.

- LIEBERMAN, D., R. CALLUM y M. RAVOSA, 2000. *The primate cranial base: Ontogeny, function, and integration*. Yearbook of Physical Anthropology 43:117-169.
- LIEBERMAN, D., B. MCBRATNEY y G. KROVITZ, 2002. *The evolution and developmental of cranial form in homo sapiens*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 99:1134-1139.
- LYNCH, J., C. WOOD y S. LUBOGA, 1995. *Geometric morphometrics in primatology: Craniofacial variation in homo sapiens and pan troglodytes*. Folia Primatologica 67:15-39.
- MORRIS, R., J. KENT, K. MARDIA, R. AYKROYD, M. FIDRICH y A. LINNEY, 1999. *Exploratory analysis of facial growth*. En *Proceedings in spatial temporal modelling and its applications*, K. V. Mardia, R. G. Aykroyd and I. L. Dryden (Ed), Leeds University Press.
- O'HIGGINS, P., 2000. *The study of morphological variation in the hominid fossil record: Biology, landmarks and geometry*. Journal of Anatomy 197:103-120.
- PAIVA, L. A. S. D. y M. SEGRE, 2003. *Sexing the human skull through the mastoid process*. Revista do Hospital das Clínicas 58:15-20.
- PAVLINOV, I., 2001. *Geometric morphometrics, a new analytical approach to comparison of digitized images*. En *Information technology in biodiversity research. Abstracts of the 2nd international symposium*, (Ed), pp:41-90. St. Petersburg.
- PUCCIARELLI, H., F. R. CARNESSE y L. M. GUIMAREY, 1996. *Desnutricion y dimorfismo sexual*. Ciencia Hoy 6.
- REYMENT, R., 1985. *Multivariate morphometrics and analysis of shape*. Mathematical Geology 591-609.
- RODRIGUEZ, J., 1994. *Introduccion a la antropología forense*. Departamento de Antropología Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.
- ROHLF, F., 2003a. Tpsregr, 1.28. Dept. of Ecology & Evolution, SUNY at Stony Brook. <http://suny/bio/morphometrics>.
- ROHLF, F., 2004b. Relative warps, 1.39. Dept. of Ecology & Evolution, SUNY at Stony Brook. <http://suny/bio/morphometrics>.
- ROHLF, F., 2004c. Tpsdig, 1.40. Dept. of Ecology & Evolution, SUNY at Stony Brook.
- ROHLF, F. y L. MARCUS, 1993. *A revolution in morphometrics*. Trends in Ecology and Evolution 8:129-132.
- ROSAS, A. y M. BASTIR, 2004. *Geometric morphometric analysis of allometric variation in the mandibular morphology of the hominids of atapuerca, sima de los huesos site*. The Anatomical Record Part A 278A:551-560.
- ROSAS A, M. B., 2002. *Thin-plate spline analysis of allometric and sexual dimorphism in the human craniofacial complex*. American Journal of Physical Anthropology 117:236-245.
- SINGH GD, B. T., 2003. *Effects of the headgear-activator teuscher appliance in the treatment of class ii division i malocclusion: A geometric morphometric study*. Orthodontics & craniofacial research 6:88-95.
- BRIDGES, J. SHRAGER, N. MINUGH-PURVIS y M. MITCHELL, 2004. *Myosin gene mutation correlates with anatomical changes in the human lineage*. Nature 428:415-418.
- VIOARSDOTTIR, U., P. O'HIGGINS y C. STRINGER, 2002. *A geometric morphometric study of regional differences in the ontogeny of the modern human facial skeleton*. Journal of Anatomy 201:211-229.
- WALRATH, D. E., P. TURNER y J. BRUZEK, 2004. *Reliability test of the visual assessment of cranial traits for sex determination*. American Journal of Physical Anthropology 125:132-137.
- WESCOTT, D., 2000. *Sex variation in the second cervical vertebra*. Journal of Forensic Sciences 45:462-466.
- WESCOTT, D. y P. MOORE-JANSEN, 2001. *Metric variation in the human occipital bone: Forensic anthropological applications*. Journal of Forensic Sciences 46:1159-1163.