

Precisión y replicabilidad de una aproximación no discreta al estudio de las modificaciones artificiales del cráneo

Alejandro Serna, Lucas A. D'Addona y S. Ivan Perez

Recibido 1° de mayo 2012. Aceptado 17 de octubre 2012

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es explorar la precisión y replicabilidad de las técnicas de morfometría geométrica para la descripción del patrón de variación en las modificaciones artificiales del cráneo. Nuestra aproximación exhibe su gran capacidad descriptiva y la posibilidad de transformar la variación morfológica cualitativa en información cuantitativa continua. La variación descrita es continua en el morfoespacio de las modificaciones craneanas, demostrando que los casos estudiados no conforman grupos naturalmente discretos.

Palabras clave: Bioarqueología; Técnicas cuantitativas; Error inter e intraobservador.

ABSTRACT

ACCURACY AND REPLICABILITY IN A NON-DISCRETE APPROACH TO THE STUDY OF ARTIFICIAL CRANIAL MODIFICATION. The main objective of this paper is to explore the accuracy and repeatability of geometric morphometric techniques to describe the pattern of variation in artificial modifications of the skull. Our approach demonstrates a great descriptive capacity and the possibility of transforming quantitative morphological variation into continuous qualitative information. The variation described is continuous in the morpho-space of the cranial modifications, showing that the studied cases do not conform to naturally discrete groups.

Keywords: Bioarchaeology; Quantitative techniques; Inter and intra-observer error.

INTRODUCCIÓN

Las modificaciones artificiales del cráneo son el producto de prácticas culturales intencionales y no intencionales desarrolladas durante la infancia de los individuos (Dembo e Imbelloni 1938; Torres-Rouff 2003). Las evidencias de esta práctica se encuentran ampliamente difundidas en todos los continentes y, en consecuencia, las investigaciones han sido abundantes (Dingwall 1931; Dembo e Imbelloni 1938; entre otros). Independientemente de la particularidad de la morfología artificial generada y del grado de intencionalidad de la práctica, un aspecto de suma importancia radica en que la forma final de la bóveda del cráneo es parte de un complejo proceso sociocultural que expresa

significados sociales. Estos pueden variar según la sociedad en la que se producen y el contexto histórico por el que atraviesan, y pueden aludir a nociones de adscripción identitaria e indicar diferencias de estatus social o incluso de género (Blom 1999; Torres-Rouff 2002; Perez 2007).

En general, el estudio del material arqueológico se ha visto históricamente influenciado por los enfoques tipológicos (Renfrew y Bahn 1993). En este sentido, se han desarrollado algunos trabajos de remarcada trascendencia, como el análisis de diferentes tipos de talla realizada por Bordes (1947), entre otros. Estos trabajos tuvieron como objetivo principal ordenar la variación presente en los materiales arqueológicos. Sin

Alejandro Serna. División de Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. Paseo del Bosque s/n (1900), La Plata. E-mail: alejandroserna@hotmail.com.ar

Lucas A. D'Addona. División de Antropología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. Paseo del Bosque s/n. 1900 La Plata. E-mail: daddona.la2.2@gmail.com

S. Ivan Perez. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). División de Antropología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Paseo del Bosque s/n. 1900 La Plata. E-mail: iperez@fcnym.unlp.edu.ar

embargo, el desarrollo y aplicación de los esquemas clasificatorios tipológicos implica necesariamente la reducción y discretización de la variación en clases arbitrarias, que en numerosos casos se aplican de manera generalizada sin contemplar las características de una población en un momento o espacio geográfico particular (Gnecco y Langebaek 2006).

El estudio del registro bioarqueológico también ha sido influenciado por este tipo de esquemas. Más precisamente, las modificaciones artificiales del cráneo han sido estudiadas y clasificadas desde una perspectiva tipológica (e.g., Dembo e Imbelloni 1938; Blom 1999; Torres-Rouff 2002). Particularmente, se las clasificó en grandes grupos basados en la morfología externa del cráneo y/o en el artefacto deformatorio asociado (e.g., tabulares vs. anulares; Dingwall 1931; Dembo e Imbelloni 1938). Con el fin de diagnosticar estas morfologías, tradicionalmente se emplearon métodos morfoscópicos, consistentes en una descripción cualitativa de la forma del cráneo (Dembo e Imbelloni 1938). El empleo de estas técnicas para la determinación de las modificaciones artificiales del cráneo presenta varios problemas, representados principalmente por un alto grado de subjetividad y un bajo grado de replicabilidad interobservador de los resultados (Gonzalez et al. 2004). Dichos problemas pueden presentarse, por ejemplo, en casos en los cuales un mismo cráneo con modificación es asignado por distintos observadores a tipos diferentes. Gran parte de los problemas presentados por esta metodología se deben a que ha buscado ajustar una variación que es naturalmente continua en clases o tipos discretos (Perez 2007).

Recientemente se ha empleado una aproximación alternativa que combina las técnicas de morfometría geométrica en 2D y la estadística multivariada para capturar la información geométrica en la variación de las modificaciones del cráneo (Perez 2007). Se ha señalado que esta aproximación tiene un gran potencial para el estudio de la forma del material arqueológico debido a que presenta gran precisión y replicabilidad, y capacidad para la descripción y visualización. Sin embargo, hasta el presente, la precisión y replicabilidad interobservador de estas técnicas para el estudio de la modificación artificial del cráneo no han sido evaluadas de manera sistemática. En este sentido, el objetivo principal de este trabajo es explorar la precisión y replicabilidad de esta aproximación para la descripción continua (*i.e.*, ordenamientos) y discreta (*i.e.*, agrupamientos) del patrón de variación en las modificaciones artificiales del cráneo y discutir las implicancias del empleo de técnicas cuantitativas continuas para el estudio de los procesos responsables de la variación en las

modificaciones artificiales del cráneo. Para ello se analiza la variación morfométrica de la bóveda del cráneo de muestras de Pampa y Patagonia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron dos muestras conformadas por cráneos deformados y no deformados de individuos adultos de ambos sexos: 1) muestra conformada por individuos que proceden de varios sitios de Pampa y Patagonia (SPP); y 2) muestra de Río Negro (RN). Ambas muestras pretenden explorar la capacidad de precisión y replicabilidad de las técnicas empleadas. En la primera se obtuvo el error intra e interobservador en la digitalización de coordenadas; mientras que la segunda, además, buscó explorar la naturaleza de la variación de las morfologías estudiadas. La muestra SPP (N= 40) está compuesta por individuos procedentes de las provincias de Río Negro, de Chubut y de Buenos Aires. La muestra RN (N= 122; número total de individuos de la colección del Museo de La Plata para esta región) está constituida por cráneos provenientes de varios sitios arqueológicos localizados en las márgenes de la laguna del Juncal (sur de la actual ciudad de Viedma, provincia de Río Negro). Estas mismas muestras han sido empleadas previamente en amplios estudios morfoscópicos (Dembo e Imbelloni 1938; Bórmida 1953-1954) y se encuentran depositadas en la División de Antropología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata.

Para estudiar la variación en las modificaciones artificiales del cráneo se analizaron coordenadas de 4 *landmarks* (■) y 31 *semilandmarks* (●) registradas sobre imágenes digitales (Figura 1). Éstas fueron obtenidas

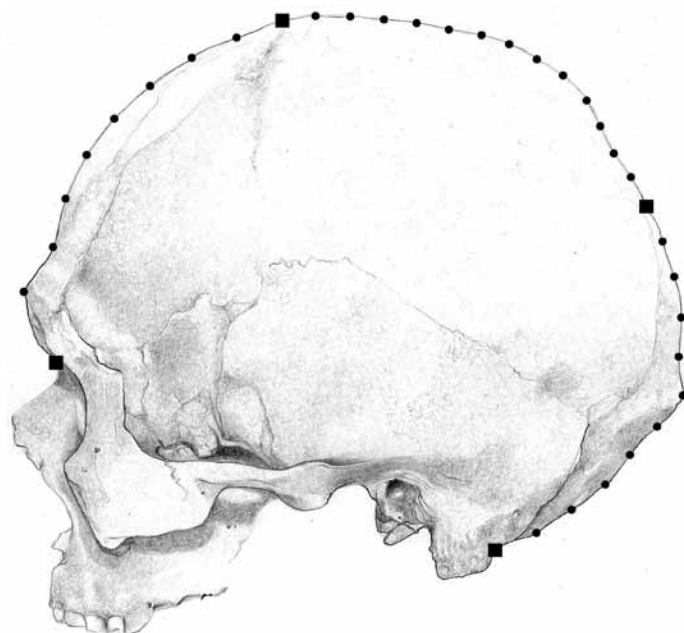


Figura 1. *Landmarks* (■) y *semilandmarks* (●) registrados sobre imágenes digitales del cráneo obtenidas en norma lateral.

a partir de cráneos posicionados según el plano de Frankfurt, en norma lateral y a una distancia de 30 cm desde la lente de la cámara (Olympus SP 350). Las coordenadas cartesianas se registraron empleando el programa tpsDig 2.16 a lo largo de todo el contorno de la bóveda craneana de cada uno de los individuos. Estas coordenadas fueron superpuestas utilizando el Análisis Procrustes Generalizado (Zelditch *et al.* 2004). Los *semilandmarks* fueron deslizados a lo largo del contorno por medio del criterio de *Bending energy*, utilizando el programa tpsRelw 1.49.

En el caso de la muestra SPP, dos observadores sin experiencia previa (A.S. y L.D.), realizaron dos series de mediciones, cada uno sobre las mismas imágenes. Esto se efectuó en forma independiente y con un lapso de una semana entre una y otra, con el fin calcular el error intra e interobservador en la digitalización de las coordenadas. Los análisis realizados para dicha evaluación sobre las coordenadas brutas fueron: Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI), con el cual se evaluó la existencia de error aleatorio, generado de la comparación de cada coordenada de puntos homólogos; ANOVA de Medidas Repetidas, con el que se testeó el error sistemático (Gonzalez *et al.* 2004), comparando medias de las coordenadas de cada punto; y una prueba multivariada PROTEST, test Procrustes, que examinó el error sistemático y aleatorio de todos los puntos en forma conjunta.

En el caso de la muestra RN, los dos observadores (A.S. y L.D.) realizaron una serie de mediciones cada uno sobre las mismas imágenes y se utilizaron técnicas de ordenamiento y agrupamiento. Respecto de las primeras, se efectuó un análisis de *Relative Warps* (RW) o Componentes Principales, a partir de las coordenadas superpuestas de *landmarks* y *semilandmarks*, con el fin de ordenar la variación observada empleando los ejes de mayor variación en forma entre individuos (Zelditch *et al.* 2004). Sobre los resultados de los dos primeros RWs, se realizó un análisis de Agrupamiento Jerárquico con el método *Ward*, el cual permite detectar grupos de individuos con morfologías similares, de manera análoga a los procedimientos morfoscópicos por medio de los cuales se ha intentado describir la variación de las modificaciones en grupos discretos. El método *Ward* busca agrupar los casos maximizando las semejanzas dentro de cada grupo y las diferencias entre cada uno de los grupos. Los ordenamientos generados por los dos observadores fueron comparados empleando PROTEST, y los agrupamientos obtenidos por el método de *Ward*, mediante porcentajes de coincidencias. Estos análisis fueron efectuados empleando los programas tpsRelw 1.49 y R 2.13.0, paquetes estadísticos *cluster* y *vegan*.

RESULTADOS

Los resultados del CCI obtenidos para la muestra SPP arrojan un excelente grado de acuerdo intra e interobservador, con valores entre 0,999 y 0,989 en lo que respecta al error aleatorio en el posicionamiento de las coordenadas de puntos empleados para describir la morfología de la bóveda craneana. Los valores de *F* obtenidos en el ANOVA de Medidas Repetidas, entre $F=0,151$, $p>0.05$ y $F=5,481$ $p>0.05$, demuestran bajos niveles de error intra e interobservador, con excepción de dos coordenadas en las que hay un leve grado de error interobservador en su posicionamiento respecto de uno de los ejes cartesianos. Finalmente, el PROTEST muestra que si bien, como observamos anteriormente, algunos puntos pueden presentar un leve error; éste resultan tener poca influencia en la descripción global de la morfología tanto para el estudio de error intra como interobservador (valores del m_{12} del PROTEST entre 0,995, $p<0.001$; y 0,963, $p<0.001$, todos significativos).

La aplicación en forma conjunta de técnicas multivariadas de ordenamiento (RWs), así como de agrupamiento (*Ward*), permitió la visualización e identificación de tres grandes grupos (Figura 2). Cada uno de estos grupos presenta una morfología cefálica particular asociada: **A)** sin evidencias de modificación; **B)** aplanamiento frontooccipital con proyección de la zona lámbdica; y **C)** aplanamiento en la zona lámbdica. El PROTEST aplicado a los resultados de la superposición realizada sobre la muestra RN exhibe un elevado nivel de concordancia global, lo que sugiere que la ubicación de los individuos en el morfoespacio de las modificaciones es altamente precisa y replicable entre observadores sin experiencia previa. Sin embargo, el porcentaje de individuos que no son identificados en un mismo grupo de modificaciones establecido por el análisis de agrupamiento fue elevado (17%), como se muestra en la Figura 2, representado por los signos de interrogación (?).

DISCUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos en los análisis y considerando nuestros objetivos, es posible señalar que existe un alto grado de precisión y excelente grado de replicabilidad en la descripción de la variación en las modificaciones del cráneo efectuada con las técnicas de morfometría geométrica. La combinación de métodos de coordenadas de *landmarks* y *semilandmarks* con análisis multivariados de ordenamiento permite a distintos observadores sin experiencia previa ordenar consistentemente grandes conjuntos de cráneos. Este aspecto marca una diferencia importante respecto de las técnicas morfoscópicas (*i.e.*, clasificación visual de grandes muestras de cráneos), en las cuales existe

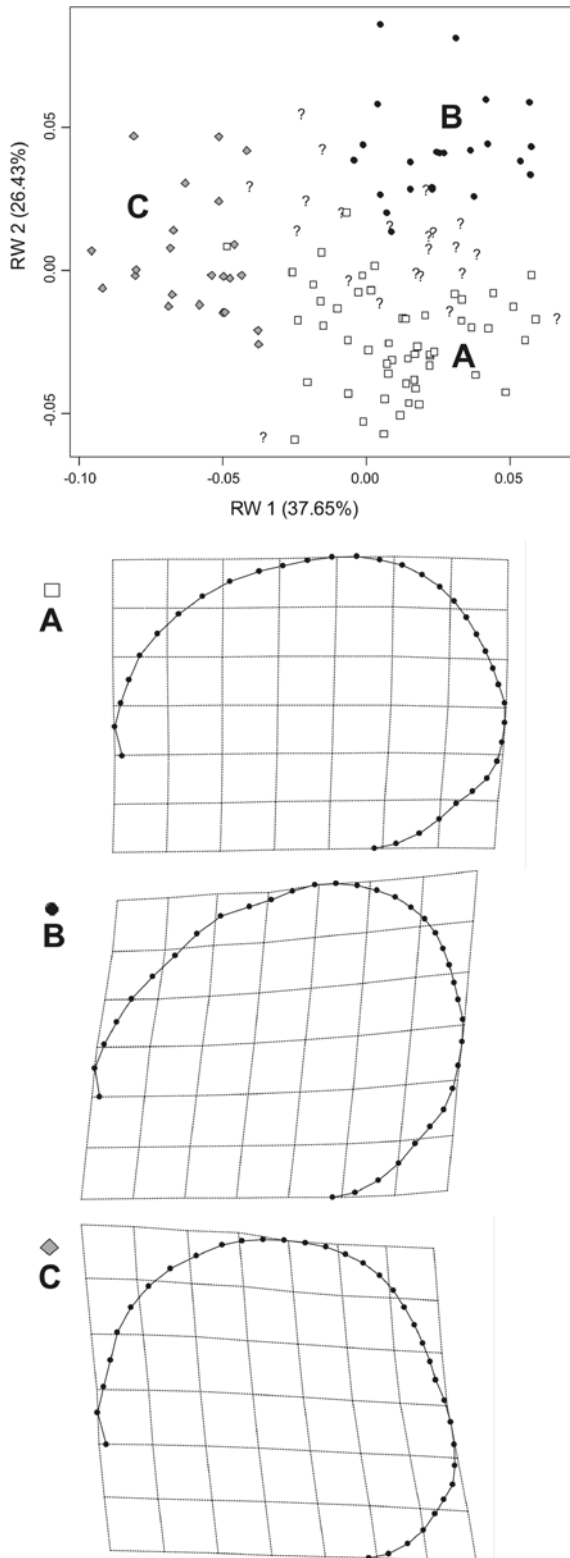


Figura 2. Análisis de *Relative Warps* (RW), grillas de deformación asociadas y agrupamientos de individuos obtenidos con el método de *Ward*: A) individuos sin evidencias de modificación; B) individuos con aplanamiento frontooccipital y proyección de la zona lámbdica; y C) individuos con aplanamiento en la zona lámbdica. Los signos de interrogación (?) representan a aquellos individuos que fueron asignados a diferentes grupos (principalmente A y B) por análisis de agrupamiento de *Ward* efectuado sobre los RW obtenidos por los dos observadores (L.D. y A.S.).

un alto grado de subjetividad al momento de ordenar morfologías intermedias (Gonzalez *et al.* 2004).

Sin embargo, a pesar de la consistencia obtenida en los ordenamientos morfométricos, nuestros resultados muestran claramente que el método multivariado de agrupamiento empleado no permitió discretizar de manera replicable la variación descrita por ambos observadores. Esto puede ser explicado porque los individuos que difieren levemente en su posición específica en el morfoespacio de los RWs y están ubicados en los márgenes de los grupos A y B tienden a ser clasificados de manera diferente por el método *Ward*. Por lo tanto, este resultado indica que la replicabilidad de los grupos de modificaciones del cráneo es baja en muestras con poca variación entre grupos (*i.e.*, los grupos no son naturalmente discretos; Figura 2), incluso cuando se cuenta con descripciones altamente replicables de los ordenamientos de forma.

Como es observable en las representaciones gráficas de los RWs (Figura 2), la aproximación empleada en este trabajo presenta gran capacidad descriptiva y posibilitó transformar la variación morfológica de los cráneos en información cuantitativa continua (Zelditch *et al.* 2004). Operar con este tipo de datos permite aplicar técnicas estadísticas multivariadas, las cuales nos dan un panorama más amplio y de mejor visualización de las relaciones de similitud entre los individuos observados. Para nuestro caso de estudio, los resultados obtenidos con las técnicas de ordenamiento muestran que la variación fue continua en el morfoespacio de las distintas modificaciones craneanas, demostrando que los casos estudiados no conforman grupos naturalmente discretos (Perez 2007).

Esta capacidad de las técnicas morfométricas tiene implicancias importantes para el estudio de los procesos responsables de la variación en las modificaciones artificiales del cráneo. Estas modificaciones son el producto de un complejo proceso interactivo biológico-cultural que puede resultar en un patrón de variación morfológica continuo o conformar grupos naturalmente discretos (Perez 2007). La posibilidad de distinguir entre un patrón de variación continuo o grupos discretos permite abordar las causas culturales y biológicas de la variación, tales como el grado de estandarización en la práctica deformatoria, las características de los aparatos deformadores propios de cada grupo y la importancia de los procesos de remodelado óseo posteriores a la aplicación de dichos artefactos (Blom 1999; Torres-Rouff 2002; Perez 2007). Indagar en esta dirección es central para comprender la evolución de estas prácticas en las sociedades del pasado, vinculadas con procesos identitarios y diferenciación social.

REFERENCIAS CITADAS

- Blom, D. E.
1999. Tiwanaku Regional Interaction and Social Identity: A Bioarchaeological Approach. Tesis Doctoral inédita. University of Chicago, Chicago.
- Bordes, F.
1947. Etude Comparative des Differentes Techniques de Taille du Silex et des Roches Dures. *L'Anthropologie* 51 (1-2): 1-29.
- Bórmida, M.
1953-1954. Los antiguos Patagones. Estudio de craneología. *Runa VI* (1-2): 55-96.
- Dembo, A. y J. Imbelloni
1938. Deformaciones Intencionales del Cuerpo Humano de Carácter Étnico. *Humanior* (Buenos Aires) Sección A 3: 1-348.
- Dingwall, E.
1931 *Artificial Cranial Deformation. A Contribution to the Study of Ethnic Mutilations*. J. Bale Sons & Danielson, Londres.
- Gnecco C. y C. Langebaek (editores)
2006. Contra la tiranía del pensamiento tipológico. En *Contra la tiranía tipológica en arqueología. Una visión desde Sudamérica*, pp. 121-150. Uniandes, Bogotá.
- Gonzalez, P., V. Bernal, S. I. Perez, M. Del Papa, F. Gordon y G. Ghidini
2004. El error de observación y su influencia en los análisis morfológicos de restos óseos humanos. Datos de variación discreta. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 6: 35-46.
- Perez, S. I.
2007. Artificial cranial deformation in South America: A geometric morphometrics approximation. *Journal of Archaeological Science* 34: 1649-1658.
- Renfrew, C. y P. Bahn
1993. *Arqueología. Teorías, métodos y prácticas*. Akal, Madrid.
- Torres-Rouff, C.
2002. Cranial Vault Modification and Ethnicity in Middle Horizon San Pedro de Atacama, Chile. *Current Anthropology* 43: 163-171.
2003. Shaping identity: cranial vault modification in the pre-columbian Andes. Tesis Doctoral inédita. University of California, Santa Bárbara.
- Zelditch, M. L., D. L. Swiderski, H. D. Sheets y W. L. Fink
2004. *Geometric Morphometrics for Biologists: A primer*. Elsevier, San Diego.

