Texto Suplementario 2.

**Metodología**

*Estimación del Sexo y Edad de los Individuos*

Previamente al estudio morfométrico y a la extracción del material para análisis isotópicos, se realizaron análisis bioantropológicos con el fin de caracterizar la muestra en base a la edad y sexo de los individuos (Tabla Suplementaria 1). Dado que los individuos de JP-1 y CS-1 se encuentran desarticulados, y en este trabajo se analizó la variación de dientes, cráneo y la mandibula, la edad de los individuos fue estimada a partir del cráneo en base a la presencia del tercer molar en erupción y al grado de obliteración de las suturas craneanas, particularmente la esfenobasilar (Buikstra y Ubelaker 1994; Meindl y Lovejoy 1985). Los cráneos que presentaron el tercer molar en erupción y la sutura esfeno-basilar fusionada fueron considerados como adultos. El sexo de los individuos fue determinado macroscópicamente a partir de la inspección de los siguientes rasgos craneales: glabela, cresta nucal, proceso mastoideo, borde supraorbital y tubera frontal (Buikstra y Ubelaker 1994; Ferembach et al. 1979). En el caso de RA-1, donde se contó con individuos articulados en los que fue posible asociar coxales con cráneos, las estimaciones de sexo y edad incluyeron rasgos morfológicos de la pelvis de acuerdo con las consideraciones metodológicas presentes en Buikstra y Ubelaker (1994).

*Isótopos Estables (13C, 15N y 18O)*

El análisis de isótopos estables se basa en la propiedad que tienen algunos elementos de discriminación isotópica diferencial como respuestas a procesos físico-químicos. Para el caso del carbono, esta discriminación (13C/12C) permite diferenciar, por ejemplo, entre vegetales con distintos mecanismos fotosintéticos (C3, C4 y CAM). Isótopos de otros elementos, como el nitrógeno (15N/14N) y el oxígeno (18O/16O) permiten discutir temas vinculados a las cadenas tróficas y la movilidad de los individuos. Si bien para estos análisis se pueden procesar diferentes materiales (Ambrose 1993), en el presente trabajo se emplea material óseo humano.

En este trabajo el modelo de dieta fue desarrollado aplicando el software MixSIAR (Parnell et al. 2013; Stock y Semmens 2013). Para aplicar dicho modelo se usaron los valores de recursos detallados en el análisis isotópico bi-variado y considerando los valores de discriminación antes especificados. Para el análisis se utilizó MixSIAR con el interfaz GUI para R (Stock and Semmens 2013) definiendo a las poblaciones e individuos con efecto azar. El algoritmo MCMC se utilizó con las variables definidas en su opción *very long*. Luego de esto se corroboró que los análisis MCMC convergieron en la distribución posterior de las variables.

*Morfometría Craneofacial*

Los puntos del cráneo fueron definidos en base a Menéndez (2015), siguiendo a Martin y Saller (1957), Howells (1973) y González et al. (2011), mientras que algunos puntos de la mandíbula fueron planteados en base a Martin y Saller (1957), y otros fueron definidos para el presente trabajo, según se detalla en la Tabla 3. Con el fin de realizar análisis independientes de las distintas estructuras anatómicas, se dividió al cráneo en esqueleto facial, bóveda y base craneana, en base a diferencias en el desarrollo embriológico, velocidad de crecimiento, grado de influencia ambiental y genética (Atchley y Hall 1991). Mediante el método de Superposición Procrustes Generalizado (Bookstein 1991), las configuraciones de *landmarks* y *semilandmarks* fueron alineadas (Bookstein 1997; Gunz et al. 2005). Como resultado se obtuvieron dos variables morfométricas, tamaño y forma, que son analizadas en el presente trabajo. El tamaño fue definido a partir del tamaño centroide, la raíz cuadrada de la suma de las distancias cuadradas de todos los puntos desde el centro de gravedad de la configuración (Bookstein 1991), mientras que la forma fue definida como la proporción entre las variables medidas con respecto a una única variable de tamaño (Mosimann y James 1979).

La variación en tamaño del cráneo y la mandíbula, fue evaluada a partir de gráficos de caja que muestran comparativamente el promedio y rango de variación de los valores de tamaño del cráneo completo por muestra analizada. Se realizaron análisis de componentes principales para resumir en pocas dimensiones la gran cantidad de variables que conjuntamente describen la variación en forma. Los mismos fueron realizados a partir de la matriz de varianza-covarianza de las muestras, obteniendo una serie de componentes principales, de los cuales los dos primeros fueron graficados. Estos análisis y gráficos fueron realizados con el programa R (Core Team, 2012). Para analizar la variación en forma del cráneo completo se incluyeron *wireframes* que fueron graficados mediante el programa MorphoJ. Estos gráficos muestran la variación entre una forma consenso generada a partir de la variación de todas las muestras, la cual se exhibe en color claro, y la variación a lo largo del primer componente principal que se encuentra superpuesta a la anterior y se exhibe en un color oscuro. Se seleccionaron los *wireframes* que representan la variación del extremo positivo y negativo del primer componente principal.

*Morfología Dental*

La imputación de datos faltantes se llevó a cabo empleando el programa NORM 2.03. Se aplicó el algoritmo de *expectation-maximization* para establecer estimaciones de máxima verosimilitud de los parámetros a partir del conjunto inicial de datos y seguidamente se emplearon dichas estimaciones para llevar a cabo el proceso de imputación utilizando el procedimiento de *data augmentation* (Schafer 1999a, 1999b; Schafer y Olsen, 1998).

En función del tamaño reducido de algunas de las series craneanas analizadas, y la presencia de individuos de sexo indeterminado al interior de algunas de las mismas, se decidió agrupar los valores registrados para ambos sexos de cada serie a fin de volver más robusto el análisis subsiguiente. Sin embargo, los diámetros odontométricos son variables que presentan un comportamiento sexualmente dimórfico (Potter, 1972; Kieser et al, 1985; Suazo Galdames et al, 2008; Moreno Gómez, 2013), y la variación intrapoblacional atribuible al dimorfismo puede llegar a ser mayor que la variación entre poblaciones, modificando así los patrones de variación interpoblacional (Corruccini y Henderson, 1976; Harris y Bailit, 1988). También se ha observado que las dimensiones dentales varían en el tiempo entre las poblaciones humanas en función de la transformación de sus estrategias de subsistencia y sus condiciones tecno-culturales (Brace, 1967; Matsumura y Hudson, 2005). Con el fin de controlar estos factores, se estandarizaron los datos dividiendo las mediciones de cada individuo por una medida general de tamaño dental calculada en función de las mediciones de dicho individuo (media geométrica); se comprende por media geométrica a la raíz enésima del producto de las n variables consideradas (Bernal et al., 2009, 2010). De esta manera se corrigió el efecto del factor tamaño en los datos y se obtuvieron cuatro variables de forma, haciendo posible agrupar los valores correspondientes a individuos masculinos y femeninos. Las variables obtenidas se denominaron en función de los diámetros en base a los cuales se calcularon: PM1sMD (diámetro mesio-distal del PM1), M1sMD (diámetro mesio-distal del M1), PM1sVL (diámetro vestíbulo-lingual del PM1), M1sVL (diámetro vestíbulo-lingual del M1).

La variación de forma fue analizada mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP) en base a la matriz de covarianza, y un Análisis de Conglomerados (AC) para datos no estandarizados a partir de los valores obtenidos para los dos primeros componentes del ACP. El Análisis de Componentes Principales no solo permitió evaluar gráficamente el ordenamiento de las series, y su relación con las variables originales mediante biplot (Balzarini et al., 2008), sino que también posibilitó resumir en un número reducido de nuevas variables no correlacionadas la variabilidad observada en el conjunto inicial de las mismas (Hair et al., 1999). En la tabla suplementaria 3 se observan los coeficientes con que cada variable fue ponderada para conformar el primer y segundo componente principal (CP1 y CP2, respectivamente). Dichos coeficientes comprenden la correlación existente entre cada variable y el componente en cuestión, y por ende permiten establecer (elevando los mismos al cuadrado) qué proporción de su varianza aporta cada variable al componente (Hair *et al.*, 1999). En el AC se consideró como criterio de clasificación a cada uno de los conjuntos bioarqueológicos (JP-1, RA-1, CS-1), como método de agrupamiento el Encadenamiento Promedio Ponderado (WPGMA, weighted average linkage), y se emplearon distancias Euclídeas en el cálculo de medidas de similitud (Balzarini et al. 2008; Hair et al. 1999).

La variación en tamaño dental fue evaluada mediante un ANOVA de una vía, empleando como test post hoc la prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) para un alfa de 0,05. Dado que se ha establecido en muestras bioarqueológicas argentinas una relación significativa entre las medias geométricas dentales y los sistemas de subsistencia empleados por los grupos (Bernal et al. 2010), se optó por incluir en el análisis los valores de 14 series craneanas (n=160), agrupadas en función de sus estrategias adaptativas (caza-recolección y agricultura).

Las 14 series craneanas incluidas en el ANOVA forman parte de los reservorios de restos humanos del Museo de La Plata y el Museo Etnográfico de Buenos Aires. Se consideró con estrategias de caza-recolección a las series: Chaco, Formosa, Paranasito, Paraná Guazú, Brazo Gutiérrez, Brazo Largo, Curso Inferior del Valle de Río Negro y San Antonio Oeste. Por su parte, se estableció que presentaban estrategias agrícolas las series: San Juan, Campo Morado, Isla, Juella, Molinos y Cachi. El patrón de subsistencia de cada una de las series fue establecido en base a información arqueológica y etnohistórica publicada sobre las mismas (Bernal 2008; Cocilovo et al. 1999; Del Papa 2013; Fabra 2014; Fabra y Demarchi 2012; Lehmann-Nitsche 1910; Prates 2008; Torres 1911; Varela et al. 2004 a,b).

Como test post hoc del ANOVA se empleó la prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) para un alfa de 0,05. Dicha prueba es un procedimiento de comparación de medias que utiliza la técnica multivariada del análisis de conglomerados (encadenamiento promedio o UPGMA) sobre una matriz de distancia D = {dij}= ||*i j* || /$ \sqrt{S^{2}}/n$ (Balzarini et al. 2008), y destaca por superar el problema de construir grupos que se solapan substancialmente los unos a otros, típico de los métodos de comparaciones múltiples clásicos (Di Rienzo et al. 2002).

Por su parte, el cumplimiento de los supuestos de base del ANOVA, que presuponen errores independientes, normalmente distribuidos y con varianzas homogéneas para todas las observaciones, fue contrastado siguiendo las metodologías recomendadas por Rius-Diaz y Baron-López (2005) y Balzarini y colaboradores (2008). La verificación se llevó a cabo analizando los residuos asociados a cada observación. Cabe destacar que comprendemos por residuo a la diferencia entre el valor observado y el valor predicho por el modelo matemático lineal para el análisis de la varianza de un factor (Spiegel, 1976; Balzarini *et al*., 2008). Para todos los análisis de supuestos se consideró un alfa de 0,05. La normalidad de los residuos se evaluó mediante el cálculo del estadístico *W\** de Shapiro-Wilks, en su versión modificada por Mahibbur y Govindarajulu. La homogeneidad de varianzas se testeó mediante la prueba de Levene, empleando a la subsistencia como variable de clasificación. Por último, a fin de evitar cualquier posibilidad de incumplimiento del supuesto de independencia de los errores, lo cual pudiera afectar la validez de los resultados, previo a la realización de los test de ANOVA se procedió a la aleatorización del orden de tabulación de los individuos (evitando así sesgos vinculados al orden de registro, el sexo, el modelo de subsistencia, etc.). Dicho proceso de aleatorización se llevó a cabo mediante la generación de una secuencia de números al azar en [www.random.org](http://www.random.org).

Como se puede observar en el cuerpo del trabajo se llevaron a cabo dos ANOVAs, una incluyendo la totalidad de los individuos y otra en la cual no se consideraron los individuos de CS-1 (a dichos ANOVA se hará referencia a partir de aquí como A-1 y A-2 respectivamente). El test de Shapiro-Wilks permitió confirmar que los errores del presentan una distribución normal para A-1 y A-2. Para A-1 se obtuvo un *W\** de 0,98 con un p-valor de 0,1205 y para A-2 el valor de *W\** fue también de 0,98 pero con un p-valor de 0,1325. La prueba de Levene también confirmo el supuesto de homocedasticidad, tanto para A-1 como para A-2. Para A-1 se calculó un *W* de 0,37 y un p-valor de 0,83 mientras que para A-2 el valor de *W* fue de 0,37 y el p-valor de 0,78.

*Asociación entre Variación Craneofacial-Dental y Diversidad Isotópica*

Dado que los componentes isotópicos analizados permiten evaluar la contribución de los distintos recursos en la dieta, el objetivo de estas regresiones fue evaluar la relación entre la diversidad isotópica y la variación morfométrica de las muestras por sitio arqueológico. De esta manera se busca evaluar si existen diferencias morfológicas entre los individuos provenientes de los distintos sitios arqueológicos que puedan ser explicadas por la variación de los recursos en la dieta. Se realizaron regresiones espaciales en base al modelo SAR (*Simultaneous AutoRegressive*) con un valor de alfa de 1. Estos análisis fueron realizados con el programa Spatial Analysis in Macroecology (Rangel et al. 2010).

**Referencias Citadas**

Ambrose, Stanley H.

1993 Isotopic analysis of paleodiets: methodological and interpretative considerations. En: *Investigations of Anciet Human Tissue,* editado por M. Sandford, pp. 59-129. Gordon and Breach Science Publishers.

Atchley, William R., y Brian K. Hall

1991 A model for development and evolution of complex morphological structures. *Biological Reviews* 66:101-157.

Balzarini Mónica G., Laura A. González, Elena M. Tablada, Fernando Casanoves, Alejandro J. Di Rienzo, y Carlos W. Robledo

2008. *Manual del Usuario*. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.

Bernal, Valeria, S. Iván Pérez, Paula N. González, Marina L. Sardi, y Héctor M. Pucciarelli

2010 Spatial Patterns and Evolutionary Processes in Southern South America: A Study of Dental Morphometric Variation. *American Journal of Physical Anthropology* 142:95-104.

Bookstein, Fred L.

1991 *Morphometric tools for landmark data: Geometry and biology*. Cambridge University Press, Cambridge.

1997 Shape and the information in medical images: A decade of the morphometric synthesis. *Computer Vision and Image Understanding* 66(2):97-118.

Buikstra, Jane E., y Douglas H. Ubelaker

1994. *Standards for data collection from human skeletal remains.* Arkansas Archaeological Survey Research Series Nº 44, Arkansas.

Cocilovo, José A., Héctor H. Varela, Elvira I. Baffi, Silvia G. Valdano, y María F. Torres

1999 Estructura y composición de la población antigua de la Quebrada de Humahuaca. Análisis exploratorio. *Relaciones* 24:59-80.

Del Papa, Mariano C.

2013 La estructura y dinámica del poblamiento humano de Pampa y Patagonia Continental durante el Holoceno Tardío: un análisis de rasgos epigenéticos craneofaciales. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Di Rienzo, Julio A., A. W. Guzmán, y Fernando Casanoves

2002 A Multiple Comparisons Method based on the Distribution of the Root Node Distance of a Binary Tree. *Journal of Agricultural, Biological, and Environment Statistics* 7(2):1-14.

Fabra, Mariana

2014 *Historia de las poblaciones prehispánicas del sector austral de las Sierras Pampeanas: variabilidad morfológica y modelos arqueológicos*. E-Book. ISBN 978-950-33-1098-4, Córdoba.

Fabra, Mariana, y Darío A. Demarchi

2012 Morfología craneofacial y estructura genética en poblaciones del centro de Argentina. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 14(1):45-56.

Ferembach D, Schwidetzky I, Stlukal M

1979 Raccomandazioni per la determinazione dell'eta e del sesso sullo scheletro. *Rivista di Antropologia* 60:5-51.

Gil, Adolfo F., Gustavo A. Neme, y Robert H. Tykot

2010 Isótopos estables y consumo de maíz en el Centro Occidente Argentino: tendencias temporales y espaciales. *Chungara* 42(2):497-513.

2011 Stable Isotopes and Human Diet in Central Western Argentina. *Journal of Archaeological Science* 38:1395-1404.

Gonzalez, Paula N., S. Iván Pérez,y Valeria Bernal

2011 Ontogenetic allometry and cranial shape diversification among human populations from south America. *The Anatomical Record* 294:1864-1874.

Gunz, Philipp, Philipp Mitteroecker, y Fred L. Bookstein

2005 Semilandmarks in three dimensions. En: *Modern morphometrics in physical anthropology*, editado por D. E. Slice, pp. 73-98. Plenum Publishers, Nueva York.

Hair, Joseph F., Rolph E. Anderson, Ronald L. Tatham, y William C. Black

1999 *Análisis multivariante*. Prentice-Hall, Madrid.

Howells, William, W.

1973 Cranial variation in man. A study by multivariate analysis of patterns of difference among recent human populations. *Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology* (67):1-259.

Lehmann-Nitsche, Robert

1910 *Catálogo de la Sección Antropología del Museo de La Plata*. Imprenta Coni Hnos, Buenos Aires.

Martin, Rudolf, y Karl Saller

1957 *Lehrbuch der Anthropologie*. Stuttgard: Fisher.

Meindl, Richard S., y C. Owen Lovejoy

1985 Ectocranial Suture Closure: A revised method for the determination of skeletal age at death based on the lateral-anterior sutures. *American Journal of Physical Anthropology* 68:57-66.

Mosimann, James E., y Frances C. James

1979 New statistical methods for allometry with application to florida red-winged blackbirds*. Evolution* 33(1):444-459.

Parnell, Andrew C., Donald L. Phillips, Stuart Bearhop, Brice X. Semmens, Eric J.Ward, Jonathan W. Moore, Andrew L. Jackson, Jonathan Grey, David J. Kelly, y Richard Inger

2013 Bayesian stable isotope mixing models. *Environmetrics*, 24:387–399.

Prates, Luciano

2008 *Los indígenas del río Negro: un enfoque arqueológico*. Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires.

Rangel, Thiago F., Jose Alexandre F. Diniz‐Filho, y Luis Mauricio Bini

2010 SAM: A comprehensive application for spatial analysis in macroecology*. Ecography* 33(1):46-50.

Rius Diaz, Francisca y Francisco Barón López

2005 Bioestadística. Ediciones Paraninfo, 1ra edic.

Schafer, Joseph L.

1999a Multiple imputation: a primer. *Statistical Methods in Medical Research* 8:3-15.

1999b NORM 2.03. Documento electrónico, <http://www.stat.psu.edu/~jls/> misoftwa.html.

Schafer, Joseph L., y Maren K. Olsen

1998 Multiple imputation for multivariate missing-data problems: a data analyst’s perspective. *Multivariate Behavioral Research* 33:545–571.

Spiegel, Murray R.

1976 Teoría y práctica de probabilidad y estadística. Libros McGraw-Hill de México. S. A. de C. V. Naucalpan de Juárez, Edo. de México.

Stock, Brian C., y Brice X. Semmens

2013 MixSIAR GUI user manual, version 1.0. Documento electrónico, <http://conserver.iugocafe.org/user/brice.semmens/MixSIAR>.

Torres, L. M.

1911 *Los primitivos habitantes del Delta del Paraná*. Universidad Nacional de La Plata, Biblioteca Centenaria 4, Buenos Aires.

Varela, Héctor H., Carolina A. Pascheta, y José A. Cocilovo

2004a Análisis de las relaciones biológicas entre poblaciones del N. O. Argentino por medio de caracteres métricos. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 39:317-330.

Varela, Héctor H., Marina F. González, María F. Torres, y José A. Cocilovo

2004b Estructura de la población prehistórica del noroeste argentino (sector septentrional). Distribución de características epigenéticas. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 6(1):77-102.