Libros de Cátedra

ANTROMÁTICA

Aporte para la formación en Matemática de estudiantes de Antropología y Profesorado de Biología

Viviana Cappello y Romina Herrera (coordinadoras)

n

naturales

FACULTAD DE
CIENCIAS NATURALES Y MUSEO

edulp
Editorial
de la Universidad
de La Plata

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

CAPÍTULO 9
La Matemática en las Investigaciones Antropológicas Contemporáneas

Guillermo Lamenza

Introducción

Cualquier investigación antropológica contemporánea incluirá alguna operación matemática en parte de su desarrollo metodológico. De manera paradójica es muy difícil encontrar en la producción científica, ya sean artículos en revistas, libros, tesis, presentaciones a congresos, entre otros, casos donde la matemática básica, se muestren de manera explícita. En el mejor de los casos nos encontraremos con la utilización de sofisticadas estadísticas y sistemas informáticos que poco nos muestran la matemática subyacente que permitió dar con los resultados buscados. En este capítulo buscaremos aplicaciones concretas con énfasis en el ámbito de las investigaciones antropológicas desarrolladas desde la Universidad Nacional de La Plata. Tenemos la convicción que este breve recorrido motivará la búsqueda y reconocimiento de la matemática que atraviesan todas las investigaciones, dado que su comprensión desarrolla nuestra capacidad crítica y autonomía como consumidores y generadores de conocimiento científico. Veremos que muchas veces este conocimiento nos permite pensar, abstraer y simbolizar problemas complejos; obtener representaciones, modelar comportamientos, plantear problemas; generar nueva información, y muchas otras cosas más que descubriremos cuando la matemática alimente nuestra creatividad y la búsqueda de respuestas, desde el ámbito que nos ocupa, a través del método científico.

Estimación edad a partir de colecciones osteológicas documentadas

Conocer el comportamiento de diversas funciones también nos son de utilidad para poder describir y explicar relaciones entre variables que representan fenómenos de la realidad que pueden ser objeto de investigaciones antropológicas. A su vez, este conocimiento nos permite, mediante las técnicas estadísticas necesarias, proyectar desde lo conocido a lo desconocido brindando herramientas muy potentes para las investigaciones.

La tesis doctoral de la Dra. Desántolo titulada ¨Validación metodológica para la estimación de edad en restos óseos humanos adultos: análisis histomorfométrico¨ tuvo por objetivo desarrollar una ecuación predictiva para estimar la edad de muerte de un individuo a partir de la medida de alguno de sus huesos largos. La muestra de referencia se conformó con los restos óseos perteneciente a la Colección Osteológica ¨Prof. Dr. Rómulo Lambre¨ alojada en la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de La Plata. Para realizar la investigación se identificaron y cuantificaron las variables: número total de osteonas completas (N.On), número de osteonas fragmentarias (N.On.Fg), diámetro promedio de los conductos de Havers (Can.Hav), porcentaje de osteonas fragmentarias (%On.Fg) y la densidad poblacional osteonal (OPD) (Desántolo 2013). Como resultado se encontró que la mayoría de las variables presentan asociación significativa con la edad. De manera específica, a partir de análisis estadísticos multivariados se comprueba que la variable predictiva de la edad para adultos entre 20 a 91 años es el número de osteonas fragmentarias. (Desántolo 2013).

De manera sintética profundizamos sobre los resultados del análisis de regresión lineal múltiple donde se obtuvo la ecuación que sirve para estimar la edad de muerte de un individuo a partir de características cuantitativas en nivel histológico.

$$Edad = (2{,}310) * Número\ de\ osteonas\ fragmentarias\ por\ campo + 30{,}975$$

Si llamamos $x = Número\ de\ osteonas\ fragmentarias\ por\ campo$ e $y = Edad$, la relación lineal antes mencionada se simboliza:

$$y = 2{,}310x + 30{,}975$$

Ecuación de predicción obtenida a partir del análisis de regresión. Modificado de Desántolo (2013)

El importante aporte de esta investigación reside en que, a diferencia de la mayoría de los métodos macroscópicos del esqueleto, este enfoque histomorfométrico ofrece estimaciones precisas y efectivas para adultos mayores, justamente donde los métodos tradicionales pierden precisión. A su vez, esta metodología tiene gran potencial donde los restos se encuentren fragmentados o incompletos, como suele pasar en un contexto bioarqueológico o forense.

Así como el caso anterior encierra un alto potencial de aplicación para el estudio de la población adulta en el ámbito local también hay investigaciones abocadas a otros rangos etarios. Por ejemplo, la tesis doctoral de la Dra. García Mancuso titulada "Análisis bioantropológico de restos esqueletales de individuos subadultos. Diagnóstico de edad y sexo, validación técnico metodológica" tuvo por objetivo principal evaluar diferentes metodologías para estimar la edad y sexo en restos óseos de individuos subadultos. Para su realización se utilizaron materiales esqueléticos pertenecientes a la Colección Osteológica Prof. Dr. Rómulo Lambre, con edades comprendidas en el período fetal – infantil (García Mancuso 2013).

Aunque el estudio incluyó muchos otros análisis, profundizaremos en comentar aquellos donde se utilizaron diversas operaciones matemáticas para poder aproximar a la edad de muerte de los individuos. De manera específica se consideraron los huesos largos del esqueleto apendicular donde se estimó la edad a partir de sus longitudes diafisarias mediante la implementación de diferentes ecuaciones de regresión generadas especialmente en esta investigación. Estas ecuaciones predictivas se utilizaron como herramienta para la estimación de la edad a partir de húmero, radio, ulna, fémur, tibia y fíbula. (García Mancuso 2013).

Para comprender el funcionamiento del análisis de regresión que permitió predecir la edad a partir de la longitud de los distintos huesos es necesario tener conocimiento sobre las características de dichas funciones. Estas funciones generadas relacionan una información conocida (variable independiente) y una información que se quiere conocer (variable dependiente), en este caso la longitud de determinado hueso largo y la edad de muerte respectivamente. Una exploración gráfica de los datos permitió evaluar la relación entre las variables y se ajustaron a ecuaciones lineales, cuadráticas y exponenciales para ver cuál se ajustaba mejor. Después de un procedimiento estadístico se seleccionaron las funciones que mejor ajustaban la relación entre las variables y se obtuvieron los parámetros que permitieron predecir la edad a partir de la longitud de los diferentes huesos largos. Así, por ejemplo, el modelo cuadrático es el más adecuado para estimar la edad a partir de la longitud de la fíbula; el modelo exponencial para estimar la edad a partir del húmero, radio, ulna, fémur y tibia siempre que se trate del periodo desde las 20 hasta las 170 semanas. Llamando a $x = longitud\ del\ hueso\ largo$ e $y = edad\ de\ muerte\ del\ individuo$, las funciones generadas en estos casos tienen la siguiente forma:

- Cuadrática

$$Edad = a * longitud^2 + b * longitud + c$$
$$y = ax^2 + bx + c$$

- Exponencial

$$Edad = c * e^{b*longitud}$$
$$y = c * e^{-bx}$$

Los coeficientes de regresión *a, b y c* fueron estimados a partir de distintas fuentes de referencia y se muestran en la siguiente tabla:

Variable independiente (longitud)	Ecuación	Constante (c)	b	a
Húmero	Exponencial	11,782	0,19	
Radio	Exponencial	8,314	0,029	
Ulna	Exponencial	9,324	0,025	
Fémur	Exponencial	15,570	0,013	
Tibia	Exponencial	13,369	0,017	
Fíbula	Cuadrática	9,417	0,167	0,006

Modelos de regresión para estimación de edad (modificado de García Mancuso 2013)

Estudios de crecimiento y desarrollo

Poder construir normas o valores de referencia sobre el crecimiento de las poblaciones es uno de los campos de investigación principal de la antropología. Su potencial excede el ámbito académico y aporta información de alta significación en salud para evaluar el estado nutricional, condicionamientos ambientales, entre otros.

En el trabajo *¨Aplicación de modelos matemáticos a las curvas de crecimiento de escolares vizcaínos: un estudio comparativo¨* de E. Rebato y J. Rosique analizan el grado de ajuste para peso y estatura de cinco funciones matemáticas.

La evolución de distintas variables antropométricas y fisiológicas a diferentes edades se plasma en una curva media de crecimiento de una población. Si el muestreo es representativo de la población en estudio, se puede también construir normas o valores de referencia para la misma (Rebato y Rosique 1994).

En este caso los autores eligen un método de muestreo transversal, donde cada individuo es examinado una sola vez. Por lo tanto la distribución de las edades se obtiene a partir de individuos distintos. Las curvas de distancia de la variable talla y peso, entre otras, en función de la edad se pueden ajustar a distintos modelos matemáticos. La estimación de los parámetros del modelo y su interpretación biológica será de utilidad para caracterizar a la población y para predecir algunos parámetros valiosos, como la estatura adulta que alcanzará la población en crecimiento o la edad promedio del estirón puberal (Rebato y Rosique 1994).

Como antecedentes de esta investigación los autores plantean que los primeros modelos para ajustar las curvas de crecimiento se aplicaron para estudiar la talla en función de la edad. Estas curvas no describían el crecimiento de manera global, sino que lo hacían para cada periodo de crecimiento (Count 1942; Jayasekara *et al*. 1988). Por lo tanto, para describir el crecimiento de forma global, se intentó en primer lugar, combinar diversas funciones y, posteriormente, se obtuvieron funciones logísticas para el proceso completo de crecimiento. Así Preece y Baines (1978) describen una nueva familia de funciones para ajustar dicho crecimiento. Las mismas derivan de la ecuación diferencial $\frac{dh}{dt} = S(t) * (h1 - h(t))$[10] donde:

- ***h1*** es la talla adulta
- ***h*** es el tamaño alcanzado a la edad t
- $\boldsymbol{S(t)}$ es la velocidad de crecimiento en función del tiempo. La curva $S(t)$ se aproxima a una curva logística a la cual se le estiman cinco parámetros.

$$S(t) = h1 - \frac{2(h1 - Yc)}{e^{So(t-c)} + e^{S1(t-c)}}$$

[10] En el año 2013, Sayers y colaboradores publican un artículo en la revista Annals of Human Biology donde presentan correcciones del manuscrito original de 1978 para mejorar el cálculo directo de la detención del crecimiento y el pico de velocidad de crecimiento en estatura (Sayers *et al*. 2013). Recomendamos su lectura para profundizar sobre el tema.

- S_0 es la asíntota inferior y se relaciona con la velocidad de crecimiento prepuberal;
- S_1 es la asíntota superior y se relaciona con el pico de velocidad máxima del crecimiento puberal;
- ***c*** es la edad al punto de inflexión, es decir, aproximadamente la edad al momento en que la velocidad es máxima;
- ***Yc*** es la estatura a la edad c;
- ***h1*** es la talla adulta

Función logística de Preece y Baines (1978) adaptado de Rebato y Rosique (1994:230)

Para poder elaborar las curvas de crecimiento y evaluar el mejor modelo que se ajuste a la población vasca en periodo de crecimiento analizaron una muestra de 1690 individuos y sometieron la información al análisis estadístico. Los modelos matemáticos que probaron fueron:

a) Modelo I de Preece – Baines (1978)

$$Y = h1 - \frac{2(h1 - Yc)}{e^{So(t-c)} + e^{S1(t-c)}}$$

b) Regresión logística (Marshall y Tanner 1986)

$$Y = K + \frac{c}{1 + e^{a-bX}}$$

c) Función de Gompertz (Marubini et al. 1971)

$$Y = P + Ke^{-e^{a-bt}}$$

d) Regresión de Reed (Berkey y Reed 1987)

$$Y = a + bX + c\ln(X) + d/X$$

e) Regresión cuadrática (Jayasekera, 1988)

$$Y = a + bX + cX^2$$

Aplicando diversas técnicas estadísticas los autores evaluaron que modelo de Preece y Baines (1978) es el que mejor se ajusta para la estatura tanto en varones como en mujeres, quedando determinadas las siguientes funciones:

- Para varones

$$Y = 174{,}521 - \frac{2(174{,}521 - 161{,}39)}{e^{0{,}088(t-13{,}959)} + e^{0{,}905(t-13{,}959)}}$$

- Para mujeres

$$Y = 160{,}909 - \frac{2(160{,}909 - 151{,}92)}{e^{0{,}133(t-12{,}238)} + e^{1{,}365(t-12{,}238)}}$$

En cambio la función logística de Marshall y Tanner (1986) explica mejor el peso en función de la edad, tanto para varones como para mujeres.

- Para varones

$$Y = 26{,}4 + \frac{48{,}528}{1 + e^{5{,}967-0{,}447X}}$$

- Para mujeres

$$Y = 32{,}91 + \frac{23{,}307}{1 + e^{13{,}642-1{,}149X}}$$

A su vez, los autores utilizaron estas funciones para comparar esta población con otras y para describir el dimorfismo sexual. Este tipo de estudios son muy importantes dado que estos resultados permiten la detección de problemas de crecimiento y de salud en general ajustados a poblaciones específicas (Rebato y Rosique 1994).

Velocidad de crecimiento del seno frontal

Un caso muy ilustrativo es el trabajo de Prossinger (2001) “Sexually dimorphic ontogenetic trajectories of frontal sinus cross sections”. En este trabajo se cuenta con una gran cantidad de información a partir de datos publicados sobre la sección transversal del seno frontal en individuos de 3 a 11 años (105 hombres y 87 mujeres) procedentes de Europa central para investigar sobre su ontogenia. Hoy en día hay dos visiones principales sobre el origen funcional de este rasgo: los modelos espaciales de la formación del torus supraorbital y los modelos de stress masticatorio. Estos dos modelos no son necesariamente incompatibles. Tal vez la falta de explicaciones para la fisiología o el rol de los senos frontales son debido a que es un remanente evolutivo (Prossinger 2001). Para conocer un poco más sobre la importancia de este rasgo para los estudios de evolución humana recomendamos la lectura de Gould *et al*. (2015) y Pandiani *et al*. (2015)

Aun así, sigue siendo un rasgo muy interesante de analizar dado que estos pueden contribuir a la comprensión de la evolución morfológica del cráneo humano. En este trabajo se propone otro enfoque a los diversos estudios de este rasgo. De manera específica se focaliza en la curva de desarrollo (trayectoria ontogenética) del área y asimetría de los senos frontales.

Sin entrar en detalles sobre las naturalezas de las muestras y las técnicas utilizadas, cabe aclarar que los datos relevados incluyen rayos x y morfometría geométrica. Primero grafica el área total de la sección transversal para hombres y mujeres por año, con su promedio. Después las áreas del lóbulo izquierdo versus derecho, por sexo, a fin de detectar asimetrías. Para ello utiliza un algoritmo de interpolación lineal que asume que la ordenada es la variable dependiente y la abscisa la variable independiente. La variable independiente se define como la variable con menor varianza (en sentido estadístico). Así el área izquierda es función de la derecha. Sin embargo, asume que ni la sección izquierda ni derecha son variables dependientes dado que los desvíos estándar son comparables. La interpolación lineal en este caso se encuentra minimizando la función de mérito.

Para el modelado matemático de la ontogenia de la sección transversal del seno frontal el autor plantea la necesidad de conocer cómo el área total crece con la edad, o, dicho de otra manera, cómo es su trayectoria ontogenética. Como primer paso observa los promedios por edad de hombres y mujeres por separado. Debido a que los senos frontales dejan de expandirse después de una cierta edad, sugiere interpolar los promedios y aproximar la curva de desarrollo a una función logística de la forma,

$$A(t) = \frac{1}{\propto e^{-rt}}$$

Después del análisis de regresión logística se obtuvieron dos funciones, una para hombres y otra para mujeres, de la forma:

- Para hombres

$$A(t) = \frac{1}{52{,}8609\ e^{0{,}36214t}}$$

- Para mujeres

$$A(t) = \frac{1}{121{,}404\ e^{0{,}5124t}}$$

Para dilucidar, analítica y biológicamente, el sentido del parámetro $t0$ se hallaron la primera y segunda derivada de la función logística.

La primera derivada es:

$$\frac{dA}{dt} = \frac{re^{rtt0}}{e^{rtt0^2}}$$

La segunda derivada es:

$$\frac{d^2A}{dt2} = \frac{2r^2e^{2rtt0}}{1e^{rtt0^3}}\ \frac{r^2e^{rtt0}}{1e^{rtt0^2}}$$

El autor hace explicito su interés cuando la segunda derivada es 0 dado que la solución de $A''(T) = 0$ indica el momento donde T es un punto de inflexión en la curva de desarrollo. En ese punto la tasa de crecimiento es máxima (primera derivada). Como resultado encuentra que la tasa máxima de desarrollo es mucho mayor y se da más tempranamente en mujeres que en varones. Este modelo permite predecir el final del crecimiento del seno frontal. A partir de esta investigación el autor afirma que las mujeres desarrollan su seno frontal mucho más rápido que los hombres y, a su vez, completan su desarrollo mucho antes (Prossinger 2001).

Áreas y volúmenes de piezas arqueológicas

A modo de ejemplo referimos al artículo ¨*Modelado en tres dimensiones de recipientes arqueológicos a partir de sus perfiles*¨ de Jorge Blancas, Luis Barba, Agustín Ortiz y Felipe Barba donde se proponen una metodología para el registro y modelado de vasijas arqueológicas a partir de sistemas informáticos y su comparación con técnicas más sofisticadas. Los autores explican de manera detallada toda la metodología de trabajo para registrar las piezas arqueológicas. Una vez fotografiada y digitalizada la pieza, se reconstruye el perfil y se aplican diversos algoritmos con un procesador de imágenes y se obtiene un modelo en tres dimensiones de la pieza. Con la utilización de estos sistemas el cálculo de volumen es automático, aun así, los autores tienen la consideración de hacer explícito el procedimiento matemático de base de la metodología. Siguiendo a estos autores, el volumen del sólido de revolución se calcula al girar alrededor del eje y la región que está comprendida entre la curva $x = F(y)$ con $F(y) > 0$, el eje y y las rectas horizontales $y = a$ y $y = b$, donde $0 < a < b$, está dado por la integral:

$$V = 2\pi \int_a^b y\, f(y) dy$$

El área de la superficie generada al hacer girar una curva $X = F(y)$ alrededor del eje y es:

$$A = 2\pi \int_a^b y \sqrt{\left(\frac{dx}{dy}\right)^2 + 1}\ dy \quad \text{(Blancas et al. 2011)}$$

Sistemas de Geoposicionamiento

Tomemos como ejemplo el trabajo de Richard Thompson Global Positioning System: The Mathematics of GPS Receivers publicado en la revista Mathematics Magazine. Volumen 71. N°4 de 1998. Todos los días usamos de alguna u otra manera un dispositivo que utiliza un sistema de posicionamiento global. Acaso alguna vez nos preguntamos de qué manera dicho dispositivo utiliza la información de los satélites para determinar nuestra ubicación en el espacio.

La mayoría de los dispositivos que utilizamos actualmente para recibir información satelital que nos permiten ubicar un punto en el espacio operan con dos sistemas, el sistema de posicionamiento global (GPS) y el GLONASS. El primero fue desarrollado por el departamento de defensa de los Estados Unidos y actualmente opera con 24 satélites y el segundo fue desarrollado por la Unión Soviética y cuenta con 31 satélites. Cualquiera de los dos sistemas funciona bajo los mismos principios matemáticos.

Veamos cómo funciona siguiendo la explicación de Thompson (1998). Tomemos al centro de la Tierra como el origen de nuestro sistema de coordenadas. Como estamos trabajando en tres dimensiones vamos a necesitar información de cuatro satélites. Los vamos a llamar S_1, S_2, $S_3 y\, S_4$ y suponemos que cada satélite S_i está ubicado en (X_i, Y_i, Z_i) cuando transmite una señal en el tiempo T_i. Si las señales son recibidas en el tiempo T'_i de acuerdo al reloj del dispositivo receptor de la señal, entonces $\Delta Ti = T'i - Ti$ y consideramos a ε para representar cualquier error en nuestra medición del tiempo. Entonces el receptor computa la distancia $d(\Delta t_i, \varepsilon)$ que indica cuán lejos estamos de cada satélite. Nuestra posición (X_0, Y_0, Z_0) está localizada en cada una de las esferas. En la mayoría de las situaciones va a haber un sólo valor de ε que permita a las esferas tener un punto en común. Por lo tanto, nuestra localización se determina resolviendo un sistema de ecuaciones.

$$\begin{cases} (X_0 - X_1)^2 + (Y_0 - Y_1)^2 + (Z_0 - Z_1)^2 = d(\Delta t_1, \varepsilon)^2 \\ (X_0 - X_2)^2 + (Y_0 - Y_2)^2 + (Z_0 - Z_2)^2 = d(\Delta t_2, \varepsilon)^2 \\ (X_0 - X_3)^2 + (Y_0 - Y_3)^2 + (Z_0 - Z_3)^2 = d(\Delta t_3, \varepsilon)^2 \\ (X_0 - X_4)^2 + (Y_0 - Y_4)^2 + (Z_0 - Z_4)^2 = d(\Delta t_4, \varepsilon)^2 \end{cases}$$

Cuando encontramos la solución numérica, las coordenadas planas (X_0, Y_0, Z_0) son convertidas a coordenadas esféricas de latitud, longitud y altitud. Para resumir, del receptor se espera que reciba información sobre el tiempo y posición de los satélites; que mantenga una precisión estable; que seleccione satélites con un buen rango de posición; que encuentre una aproximada solución numérica para un sistema de ecuaciones y que haga una transformación de coordenadas (Thompson 1998).

Bibliografía

Berkey C. S. y R. B. Reed. 1987. A model for describing normal and abnormal growth in early childhood. *Human Biology* 59:973-987

Blancas J., Barba L., Ortiz A. y F. Barba. 2011. Modelado en tres dimensiones de recipientes arqueológicos a partir de sus perfiles. *Ciencias* 104, Octubre-Diciembre, 56-63. [En línea]

Count E. W. 1942. A quantitative analysis of growth in certain human skull dimensions. *Human Biology* 14:143

Desántolo B. 2013. *Validación metodológica para la estimación de edad en restos óseos humanos adultos: análisis histomorfométrico.* Tesis doctoral inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. http://hdl.handle.net/10915/27879

García Mancuso R. 2013. *Análisis bioantropológico de restos esqueletales de individuos subadultos Diagnóstico de edad y sexo, validación técnico metodológica.* Tesis doctoral inédita. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. http://hdl.handle.net/10915/28947

Gould M., Joosten G., Pandiani C., Pennini V., Anzelmo M., Ventrice F. y M. Sardi. 2015. Asociación entre el seno frontal y el torus supraorbitario en individuos adultos. *XII Jornadas Nacionales de Antropología Biológica.*

Jayasekara R., Lasswell-Hoff J., Garner C., Kristl G. y C. Hoff. 1988. Adolescent Growth in Stature among Sinhalese Males: Preliminary Results of a Cross-Sectional Study. *Human Biology*. Vol. 60, No. 6, pp. 825-831

Marshall W. A. y J. M. Tanner J. M. 1986. Puberty. *Human Growth* Vol. 2. F. Falkner, J.M. Tanner (eds). Plenum Press, New York: 171-209.

Marubini E., Resele L. y G. Barghini. 1971. A comparative fitting of the Gompertz and logistic functions to longitudinal height data during adolescence in girls. *Human Biology* 43. 2:237-252.

Pandiani C., Joosten G., Gould M., Pennini V., Anzelmo M., Ventrice F. y M. Sardi. 2015. Ontogenia del seno frontal en una muestra de tomografías computadas. *XII Jornadas Nacionales de Antropología Biológica.*

Preece M. A. y M. K. Baines. 1978. A new family of mathematical models describing the human growth curve. *Annals of Human Biology* 5:1-24.

Prossinger H. 2001. Sexually dimorphic ontogenetic trajectories of frontal sinus cross sections. *Collegium Antropologium* 25, 1:1-11.

Rebato E. y J. Rosique. 1994. Aplicación de modelos matemáticos a las curvas de crecimiento de escolares vizcaínos: un estudio comparativo. *Cuadernos de Sección*. Antropología – Etnografía 11, 225-240.

Sayers A., Baines K. y K. Tilling. 2013. A new family of mathematical models describing the human growth curve. Erratum: Direct calculation of peak height velocity, age at take-off and associated quantities. *Annals of Human Biology*, 40:3, 298-299. DOI: 10.3109/03014460.2013.772655

Thompson R. 1998. Global positioning system: the mathematics of GPS receivers. *Mathematics Magazine* 71, 4:260-269.

Lecturas sugeridas

Barceló J. A. e I. Bogdanovic. 2015. *Mathematics and Archaeology.* CRC Press. Florida.

Clarke D. L. 1983. *Arqueología analítica.* Ediciones Bellaterra, Barcelona.

Doran J. E. y F. R. Hodson. 1975. *Mathematics and computers in archaeology*. Edinburgh University Press. Edinburgh.

Drennan R. D. 1996. *Statistics for Archaeologists. A common sense approach.* Kluwer Academic / Plenum Publishers, Nueva York.

Fletcher M. y G. R. Lock. 1991. *Digging numbers. Elementary statistics for archaeologists*. Oxbow, Oxford.

Grayson D. K. 1984. *Quantitative Zooarchaeology: topics in the analysis of archaeological faunas.* Academics Press, Orlando, Florida.

Haining R. 2003. *Spatial Data Analysis. Theory and Practice.* Cambridge University Press, Cambridge.

Hodson F. R., Kendall D. G. y P. Tautu (eds.). 1971. *Mathematics in the Archaeological and Historical Sciences.* Edinburgh University Press, Edinburgh.

Mueller J. W. (ed.). 1975. *Sampling in Archaeology.* University of Arizona Press, Tucson.

Orton C. 1988. *Matemáticas para arqueólogos.* Alianza, Madrid.

Shennan S. 1992. *Arqueología cuantitativa.* Crítica, Barcelona.

Antromática : aporte para la formación en matemática de estudiantes de Antropología y Profesorado de Biología / Viviana Cappello ... [et al.] ; coordinación general de Viviana Cappello ; Romina Herrera ; prólogo de Ricardo Alberto Massucco. - 1a ed . - La Plata : Universidad Nacional de La Plata, 2017.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-950-34-1484-2

1. Matemática. 2. Antropología. 3. Biología. I. Cappello, Viviana II. Cappello, Viviana , coord. III. Herrera, Romina, coord. IV. Massucco, Ricardo Alberto , prolog.
CDD 510.7

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata
47 N.º 380 / La Plata B1900AJP / Buenos Aires, Argentina
+54 221 427 3992 / 427 4898
edulp.editorial@gmail.com
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2017
ISBN 978-950-34-1484-2

n
naturales

Editorial
de la Universidad
de La Plata

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA