



El manejo de la información espacial en estudios de tafonomía humana en la escala de sitio: ejemplos de aplicación

Paula Elisabet Galligani* y Gustavo Barrientos**

* División Antropología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata; CONICET; GIAN, FUNDARQ; paulagalligani@hotmail.com

** División Antropología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata; CONICET; CEAR; gustavbarrie@yahoo.com.ar

Recibido 15 de diciembre de 2015, aceptado para su publicación 19 de febrero de 2016.

Palabras Clave:

bioarqueología;
nivel intrasitio;
tafonomía;
análisis y modelado
espacial;
SIG

Keywords:

bioarchaeology;
intra-site level;
taphonomy;
spatial analysis and
modeling;
GIS

RESUMEN

Actualmente existe una creciente conciencia acerca de la importancia de los estudios tafonómicos para la resolución de diferentes problemas arqueológicos en general y bioarqueológicos en particular. Tales estudios generan información con contenido espacial que, sin embargo, no siempre se analiza con la suficiente profundidad. En este trabajo, se presentan y discuten diversas herramientas de análisis y modelado espacial (*i.e.* análisis de patrones de puntos, generación de superficies continuas por interpolación), disponibles en diferentes sistemas de información geográfica (SIG). El uso de tales herramientas permitiría complementar las actuales aproximaciones al estudio tafonómico de restos humanos en la escala local o de sitio. En los diferentes ejemplos, se utilizaron datos simulados y reales, en el último caso procedentes del sitio Río Salado-Coronda II (Santo Tomé, provincia de Santa Fe, República Argentina).

ABSTRACT

There is an increasing awareness about the importance of taphonomic studies for solving various archaeological and bioarchaeological problems. Such studies produce abundant information with spatial content which is seldom analyzed deeply enough. In this paper we present and discuss a variety of tools for spatial analysis and modeling (*i.e.* point pattern analysis, generation of continuous surfaces by interpolation), available in different geographic information systems (GIS). The incorporation of such tools can complement current approaches to the taphonomic study of human remains at the local or site level. For the different examples both simulated and real data were used, in the latter case coming from the Río Salado-Coronda II site (Santo Tomé, Santa Fe, Argentina).



Los trabajos publicados en esta revista están bajo la licencia Creative Commons Atribución - No Comercial 2.5 Argentina.

INTRODUCCIÓN

Diversos factores postdepositacionales pueden incidir sobre la preservación de los conjuntos óseos humanos y faunísticos, manifestando sus efectos tanto en la microescala espacial (*i.e.* nivel local o de sitio) como en la meso o macroescala (*i.e.* nivel regional). Sin embargo, aunque existen diferentes propuestas de abordaje de problemas tafonómicos en el nivel regional (*v.g.* Borella 2004; Borrero 1988, 2001; Cruz 2009; Gutiérrez 2004; Mondini y Muñoz 2008; Morales *et al.* 2014; Otaola 2012), la mayor parte de los estudios tafonómicos de interés arqueológico continúan centrándose —por diferentes motivos— en el nivel local o de sitio. Esto es particularmente cierto en el caso del análisis de entierros humanos, en el cual el interés se focaliza, principalmente, en la obtención de conocimiento acerca de las condiciones que promueven diferencias en el grado de integridad anatómica de los individuos depositados y en el estado de conservación de sus tejidos (*v.g.* Barrientos 1997; Barrien-

tos *et al.* 2007; Di Donato 2010; Galligani 2013; Galligani *et al.* 2015; González 2007, 2013, 2014; Guichón *et al.* 2000; Mansegosa 2015).

Los estudios de tafonomía humana generan una cierta cantidad de información espacial que, sin embargo, no siempre se explora con suficiente profundidad o grado de detalle. Una tecnología apropiada para administrar, analizar y visualizar datos espaciales son los sistemas de información geográfica (SIG), que sólo recientemente han comenzado a ser incorporados activamente en este tipo de estudios (*v.g.* Wilhelmson y Dell'Unto 2015). En este contexto, el objetivo del trabajo es presentar y discutir un conjunto de aplicaciones en entornos SIG, que pueden implementarse para extraer mayor cantidad de información que la habitual a los datos tafonómicos en la escala de sitio. Para ejemplificar su uso, se emplean datos simulados y reales, en el último caso procedentes del sitio Río Salado-Coronda II (Santo Tomé, provincia de Santa Fe), actualmente en estudio (Galligani 2013;

Galligani *et al.* 2016).

LA INFORMACIÓN ESPACIAL EN TAFONOMÍA HUMANA

La tafonomía -entendida no sólo como el estudio de los procesos de enterramiento de restos orgánicos (Efremov 1940) y de otros restos materiales (Borrero 2011), sino también de los procesos que conducen a su preservación o a su destrucción (Behrensmeyer y Kidwell 1985)- constituye, desde hace ya muchos años, una herramienta esencial en los trabajos arqueológicos en general (ver revisiones en Lyman, 1994, 2010) y bioarqueológicos/forenses en particular (para una revisión reciente, ver Pokines y Symes 2014).

Los estudios de tafonomía humana, típicamente, se centran en la descripción, cuantificación y análisis de variables vinculadas con procesos diagenéticos o postdepositacionales, incluyendo cambios en las relaciones anatómicas de los restos (v.g. desarticulación, fragmentación, desplazamiento, reorientación) y cambios físicos y/o químicos en los tejidos, tanto a nivel superficial como profundo (v.g. descomposición, cementación, disolución, deformación, meteorización). Tales estudios generan información con contenido espacial -i.e. los entierros, huesos o valores de las variables relevadas poseen una localización en el espacio que, normalmente, se registra mediante diferentes procedimientos, ya sea durante la excavación o durante diferentes etapas del análisis- aunque, en muy pocas ocasiones, la misma es objeto de un verdadero análisis o modelado espacial.

Los trabajos que más explícitamente hacen referencia a la posición y/o distribución en el espacio de ítems materiales (v.g. huesos) o de valores de variables (v.g. peso de los huesos) son aquellos que evalúan, a partir de la localización de rasgos funerarios concretos (v.g. entierros primarios o secundarios), el desplazamiento de elementos dentro de los depósitos sedimentarios (v.g. Aspöck y Fera 2015; Barrientos *et al.* 2002; González 2008). Por el contrario, los trabajos que se refieren a los efectos tafonómicos de diferentes procesos postdepositacionales sobre tejidos humanos (i.e. marcas, tinciones, fracturas, alteraciones histológicas, etc.), sólo tienden a presentar los datos en tablas,

diagramas u otros recursos gráficos (tafogramas, siluetas, etc.) (v.g. Barrientos *et al.* 2002, 2007; Galligani *et al.* 2016; González 2013, 2014; Guichón *et al.* 2000; Santiago 2007). Esta forma de presentación, si bien permite obtener una comprensión acerca del peso relativo de las distintas variables sobre la composición y características de los conjuntos analizados, inhibe -cuando es utilizada como único o principal recurso- la posibilidad de comprender la dimensión espacial de la información generada, así como de analizar su relación con otras variables de interés.

Un modo de poner en contexto espacial la información tafonómica procedente del estudio de restos humanos, es analizar y visualizar los datos mediante el uso de recursos proporcionados por los sistemas de información geográfica (SIG). Estas herramientas permiten una administración eficiente de la información espacial, ampliando enormemente las posibilidades de análisis y modelado espacial (Connolly y Lake 2006; MacCoy y Ladefoged 2009). Si bien los SIG se han aplicado, durante los últimos 25 años, al tratamiento de diversos problemas arqueológicos, su impacto en los estudios tafonómicos —particularmente en aquellos vinculados con restos humanos— es aun escaso (Wilhelmson y Dell'Unto 2015).

Los análisis espaciales posibles de ser utilizados, con diferentes propósitos, en el contexto de los estudios tafonómicos, son múltiples. Entre los mismos, pueden mencionarse: a) aquellos orientados a la detección de patrones en distribuciones de puntos (i.e. elementos con diferente geometría pero representables como puntos sobre una superficie, tales como huesos pequeños o fragmentos de huesos sobre la planta de un sitio con entierros o marcas de corte sobre la superficie de un hueso), por ejemplo los centrados en la evaluación del agrupamiento o dispersión de objetos mediante el análisis del vecino más próximo, el cálculo de la función K de Ripley o la construcción de mapas de densidad *kernel*; y b) aquellos orientados a la identificación de tendencias espaciales en la distribución de los datos (i.e. valores de variables dependientes, tales como % de superficie cubierta por marcas de raíces, tinción con MnO₂ o depositación de CaCO₃, puntaje compuesto de alteración diagenética, etc.),

mediante el modelado de superficies continuas por medio de técnicas de interpolación. En la siguiente sección se presentarán y discutirán ejemplos de aplicación de estas dos clases principales de análisis espacial, potencialmente útiles en el contexto de estudios tafonómicos en el nivel de sitio.

ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS TAFONÓMICOS: EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Con el fin de ilustrar los procedimientos de análisis espacial que pueden emplearse en estudios de tafonomía humana en la escala de sitio, se simularon datos de distinto tipo a partir de una distribución en planta, también simulada, de entierros primarios y secundarios (Figura 1). Ésta fue digitalizada, georreferenciada y cargada como capa en formato *raster* (.tiff), en los SIG. Para los diferentes análisis, se utilizó software libre (paquetes QGIS 2.2.0, SAGA 2.0.8. y Past 3.10).

Análisis de Patrones de Puntos

Este tipo de exploración está orientada a determinar si un conjunto de datos, de los cuales se conocen las correspondientes coordenadas espaciales (ejes *x* e *y*), se desvía del presupuesto de aleatoriedad espacial completa -entendida ésta como la ausencia de todo patrón-, manifestando ya sea una tendencia al agrupamiento o a la separación regular. Existen diferentes tipos de análisis de patrones de puntos, entre los cuales se encuentran las medias *k*, el vecino más próximo y la función *K* de Ripley (Castillejo 2013; Ducke 2015; Orton 2005). Cada opción resulta apropiada en contextos particulares, en los cuales puede haber diferencias tanto en los conjuntos de datos analizados como en el área considerada, en cuanto a forma, tamaño, existencia o no de límites, etc. A los fines ilustrativos, en el siguiente ejemplo utilizaremos el análisis del vecino más próximo, que resulta más intuitivo y fácil de interpretar que el basado en el cálculo de la *K* de Ripley (Sayer y Wienhold 2013).

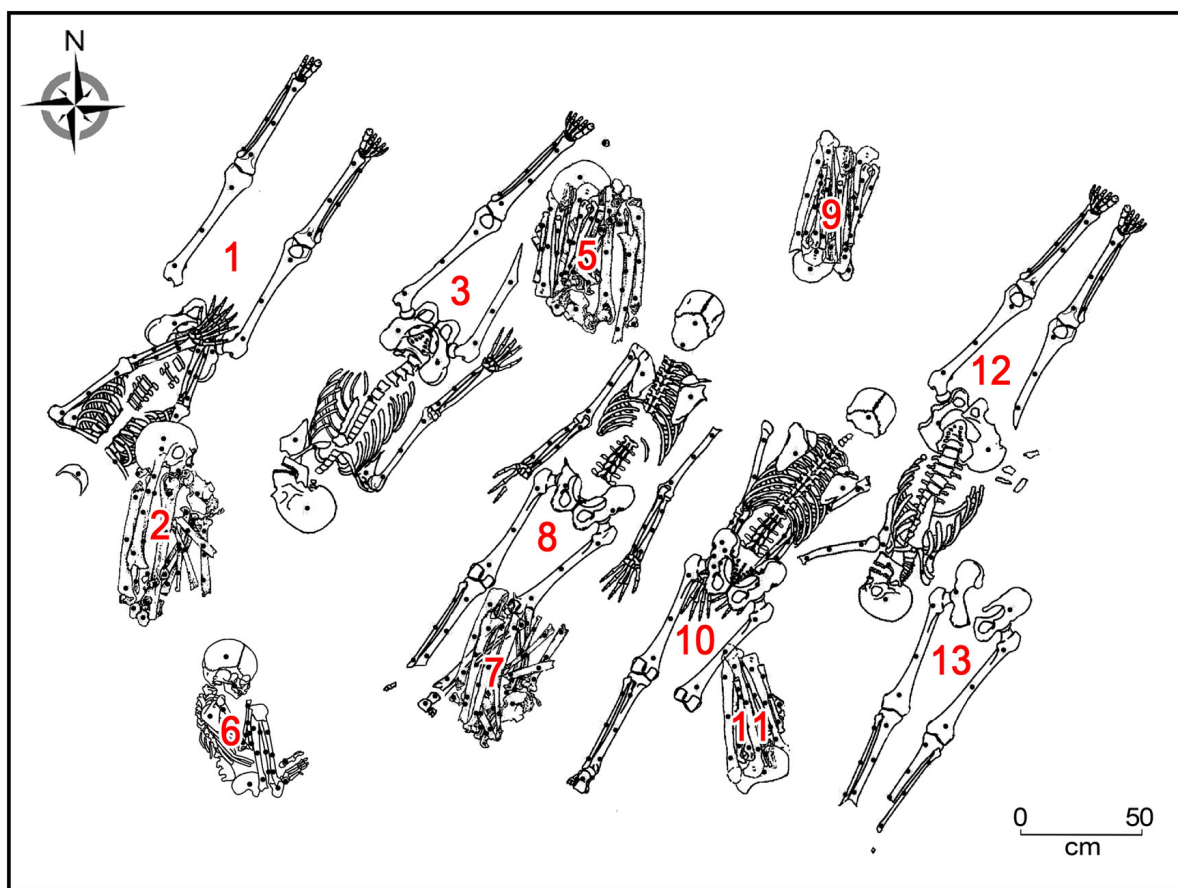


Figura 1. Planta de entierros simulada.

Supongamos que, durante la excavación de los entierros representados en la Figura 1, se registró detalladamente la localización de todo diente, hueso o fragmento de hueso de tamaño inferior a tres cm, disperso en la matriz sedimentaria (Figura 2a). La dispersión o acumulación de tales elementos pudo deberse a la acción de diferentes factores, tales como raíces o mamíferos de hábitos fosoriales (v.g. roedores). En el caso de los roedores, puede producirse una concentración de elementos en cámaras y galerías (Lyman 1994), las cuales no siempre resultan detectables visualmente durante la excavación. Si queremos verificar la existencia de posibles agrupamientos, la construcción de mapas de densidad *kernel* es una buena alternativa (Conolly y Lake 2006). La Figura 2b muestra la existencia de al menos dos áreas, a la derecha de los esqueletos 12 y 13, que revelan un patrón localmente agrupado [función kernel gaussiana, radio de 4; *Point pattern analysis (2D)*, menú *Geometry* del paquete Past 3.10]. Sin embargo, el análisis del vecino más próximo indica que, globalmente, no puede rechazarse la hipótesis nula de distribución espacial aleatoria (representada por una distribución de Poisson) [determinación de área: *convex hull*; corrección por efecto de borde: *wrap-around*; $R= 0,0001$; $Z= 0,0026351$; p (aleatoria)= $0,9979$; *Point pattern analysis (2D)*, menú *Geometry* del paquete Past 3.10]. La evaluación y ponderación de los resultados de los diferentes análisis puede, en casos como este, conducir a la toma de decisiones -de una manera más informada- respecto de la necesidad o no de realizar otras observaciones o análisis suplementarios en relación con el problema en estudio.

Modelado de Superficies Continuas por Interpolación

El propósito de esta aproximación es modelar la variación espacial en los valores de una variable dependiente (eje z), medida en objetos con una localización conocida (coordenadas x e y). Idealmente, la variable a representar debe referirse a una determinada propiedad que varíe en relación con el espacio. Dicha variación espacial debe ser continua (v.g. aquella referida a las concentraciones de los compuestos químicos presentes en el

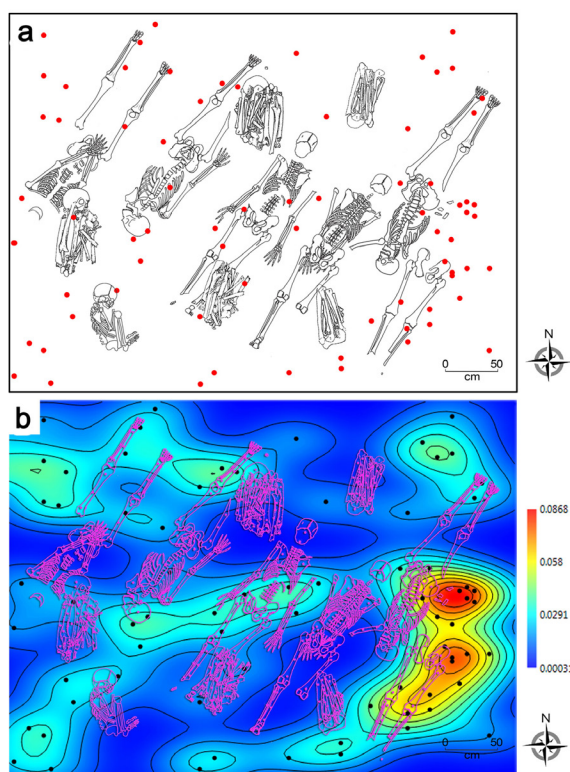


Figura 2. Localización de elementos inferiores a tres cm (a) y mapa de densidad kernel (función gaussiana) (b). Datos simulados.

suelo) o, al menos, responder a condiciones que varían en forma continua en una determinada escala de análisis (v.g. grado de alteración histológica de los huesos -elementos discretos- en relación con la carga bacteriana del microambiente de depositación en las etapas tempranas de la diagenesis; grado de alteración de la superficie ósea en relación con variaciones en el pH del sedimento). Aunque en ocasiones se puedan violar determinados principios o supuestos del método (v.g. normalidad en la distribución de los valores de una variable), restando así precisión al modelo, debe tenerse en cuenta que, en estudios exploratorios que no implican la toma de decisiones costosas basadas en los resultados del análisis, éste es un riesgo aceptable. En problemas como los que vamos a tratar en esta sección, el verdadero valor de los modelos espaciales no es predictivo -aunque puede tenerlo-, sino fundamentalmente descriptivo y heurístico. En particular, la generación de superficies continuas permite identificar patrones que resultarían difíciles de discernir si los datos se presentaran únicamente como puntos en un mapa

o como valores en una tabla.

Los métodos de interpolación permiten calcular, a partir de los datos recogidos en diferentes localizaciones puntuales, los valores de una variable para aquellos puntos no muestreados, generando así superficies continuas o *raster*. Los métodos de interpolación se basan en el principio de que, dos observaciones próximas en el espacio, tenderán a parecerse más entre sí que dos más alejadas (*i.e.* autocorrelación espacial). Los SIG disponen de cierta cantidad de herramientas, basadas en diferentes algoritmos, para producir modelos continuos por interpolación. Existen interpoladores abruptos (*v.g.* vecino más próximo, TIN) y graduales o suavizados (*v.g.* ponderación por distancia inversa a la potencia o IDW, por sus siglas en inglés, y diferentes variantes de *kriging*) (EPA 2004). En los ejemplos siguientes, nos ocuparemos sólo de los interpoladores graduales, ya que son los que producen las superficies más fácilmente interpretables.

Ambos métodos difieren en una serie de aspectos, que resulta necesario tener en cuenta al momento de optar por uno u otro en cada situación particular. El IDW es exacto (*i.e.* genera una superficie que, en las localizaciones de las muestras consideradas, los valores del modelo coinciden con los valores observados), local (*i.e.* aplica un mismo algoritmo a subconjuntos de datos muestrales, de modo que el cambio en un dato muestral sólo afecta a una pequeña zona de la superficie generada) y determinista (*i.e.* realiza una suposición general acerca del carácter de la superficie a interpolar, sin emplear elementos probabilísticos) (Márquez Pérez 2012; Olaya 2012). El *kriging*, por el contrario, no es exacto, incorpora elementos probabilísticos, y puede ser tanto aproximado (*i.e.* permite ajustar el valor de las celdas, haciendo que no necesariamente coincida con el valor muestreado) como global (*i.e.* tiene en cuenta todos los puntos de los que se dispone) (EPA 2004). Cuando las bases de datos son relativamente pequeñas, el IDW presenta ventajas sobre el *kriging* (Kravchenko 2003) aunque, sin embargo, este último dispone -a diferencia del primero- de medios que permiten calcular y visualizar en el mapa el error en la estimación (Johnston *et al.* 2001).

En la Figura 3 (a y b) se muestran dos superficies continuas, generadas con IDW y *kriging* ordinario, respectivamente. Partiendo de la planta simulada de la Figura 1, se creó una capa vectorial de puntos, digitalizándose cada uno de los elementos. Para asignarle una posición en el espacio a cada objeto, se marcó un punto en su centro y se le adjudicó un código numérico (ID) en la tabla de datos en formato .csv. La variable representada (variable dependiente o *z*) es un puntaje, en una escala ordinal, que expresa de 0 a 4 el grado creciente de deterioro óseo. Con el uso de la herramienta *Uniones* (en el menú Propiedades de la Capa), se combinó esa información con la capa de puntos generada anteriormente. Una vez unidas las capas y convertidos los datos en valores numéricos (con el complemento *Field Calculator*), se cargó la capa vectorial de puntos en el programa SAGA GIS 2.0.8, donde se realizaron las diferentes interpolaciones. Para IDW se empleó la herramienta *Inverse Distance Weighted* y, para *kriging*, la herramienta *Ordinary Kriging (VF)* dentro del menú *Grid*. Ambos métodos se aplicaron con el máximo número de puntos.

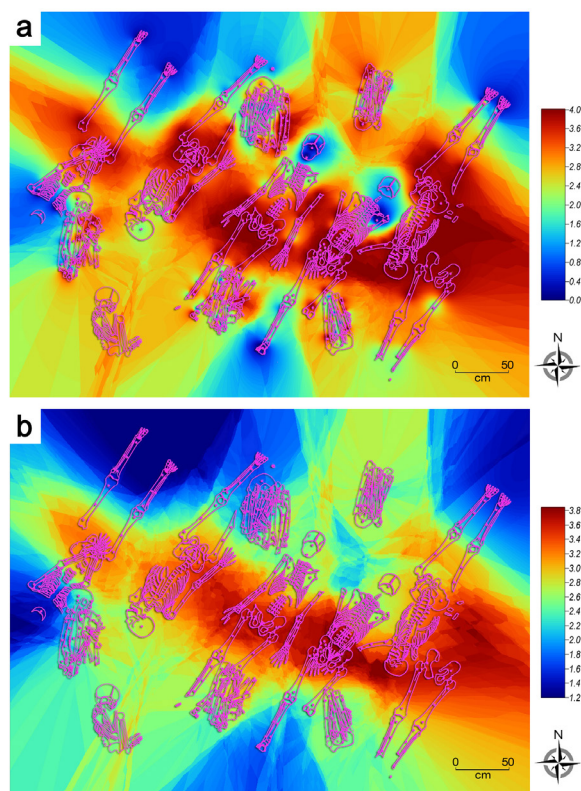


Figura 3. Imagen en formato raster de datos simulados a partir de la planta de la Fig. 1, obtenida a partir de interpolación IDW (a) y *kriging* (b).

Como puede observarse, ambas imágenes son similares en términos de las tendencias generales que expresan. El interpolador IDW, por su carácter de exacto, destaca las variaciones más locales, mientras que el *kriging* permite visualizar la tendencia principal en los datos, en este caso correspondiente a un eje de mayor deterioro óseo en sentido aproximado E/SE-O/NO. El uso combinado de ambos métodos de interpolación permite obtener una mejor apreciación y jerarquización de las áreas del sitio, en relación con las condiciones extrínsecas de los huesos (Baxter 2004), que pueden explicar su grado de preservación o deterioro. En la escala del individuo, la aplicación de interpolación de datos permite, también, una mejor visualización del impacto diferencial -en términos espaciales- de los factores postdeposicionales o diagenéticos sobre los huesos (Figura 4). Esta información puede ser utilizada para evaluar la relación entre la posición del cuerpo en la tumba y el patrón espacial de alteración de los huesos, medido por diferentes parámetros. Por ejemplo, se ha propuesto que, en entierros primarios depositados en posición flexionada, aquellos huesos o porciones de huesos más cercanos a la zona toracoabdominal son los que poseen mayores probabilidades de alteración durante las etapas tempranas de la diagénesis, debido a la mayor carga bacteriana en

esa zona (bacterias endógenas, la mayoría de ellas procedentes de los tractos respiratorio y gastrointestinal; Barrientos *et al.* 2007: 5).

EL CASO DEL SITIO RÍO SALADO-CORONDA II (RSCII)

El sitio Río Salado-Coronda II (RSCII), emplazado sobre la margen derecha del río Coronda (Santo Tomé, provincia de Santa Fe), comprende en uno de sus sectores, un área de entierros. En la misma se excavaron 24 m², distribuidos en 6 cuadrículas de 2x2 m con orientación Norte. Durante la excavación, se identificaron 34 conjuntos óseos o rasgos, algunos de los cuales correspondían a entierros primarios y secundarios y otros a agrupaciones parcialmente discretas de restos óseos y dentales, que no presentaban un orden claramente discernible (Figura 5) (Feuillet Terzaghi 2009). El conjunto óseo presentaba graves problemas de preservación, impidiendo realizar una adecuada determinación anatómica de los elementos sobre el terreno. Por este motivo, no se realizó un mapeo individual de cada hueso o fragmento, sino que sólo se registró la posición de cada uno de los rasgos, la mayoría de los cuales fue extraída en bloque y terminada de excavar, acondicionar y analizar en el laboratorio (Galligani 2013; Galligani *et al.* 2016). Consecuentemente, el grado de

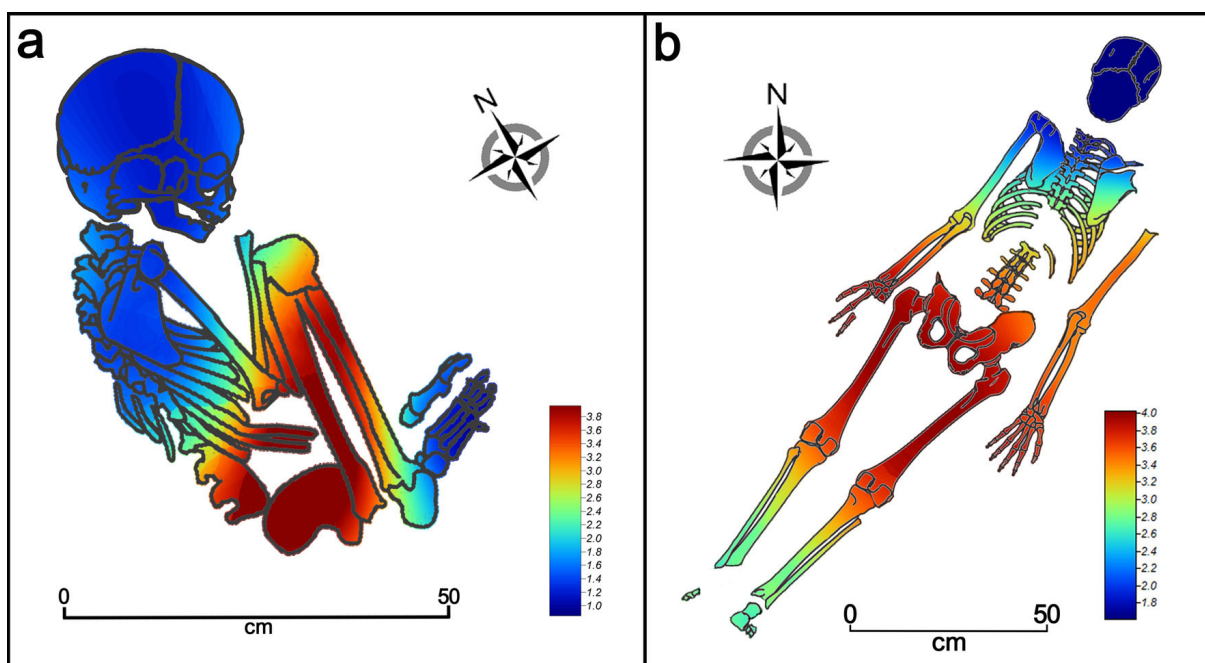


Figura 4. Interpolación mediante *kriging* de información diagenética a escala individual. Individuos 6 y 8 de la planta simulada.

resolución espacial de la información disponible es relativamente bajo.

A los fines de estudiar la relación entre el estado de conservación de los restos y la distribución espacial de valores de dos variables químicas medidas en el sedimento, el pH en agua y el contenido de nitratos (ppm), de acción potencialmente agresiva sobre los huesos (Baxter 2004; Gordon y Buikstra 1981), se realizaron sendos modelos espaciales con el uso de *kriging* ordinario. El estado de conservación de los huesos fue evaluado mediante el relevamiento de diferentes variables tafonómicas (Galligani 2013) y sintetizado en un puntaje de 1 a 4 asignado a cada rasgo analizado (n= 6; Figura 5) mediante técnicas multivariadas (para detalles acerca del procedimiento, ver Galligani *et al.* 2016).

En el caso del sitio RSCII, los modelos espaciales se construyeron siguiendo un procedimiento diferente al empleado en la simulación representada en la Figura 3. En primer lugar, se superpuso digitalmente a la planta una grilla con celdas de 50 cm de lado (n= 96), cuyos bordes externos coinciden con los bordes de las cuadrículas excavadas. Al punto central de cada celda se le asignó el valor correspondiente al puntaje, dentro de una escala ordinal de 1 a 4 que representa grados crecientes de alteración ósea (ver Galligani *et al.* 2015), atribuido al rasgo incluido total o parcialmente dentro de la misma (a las celdas sin rasgos, se le adjudicó un valor de 0). En segundo lugar, se generó una imagen *raster* mediante el uso de *kriging* ordinario (Figura 6).

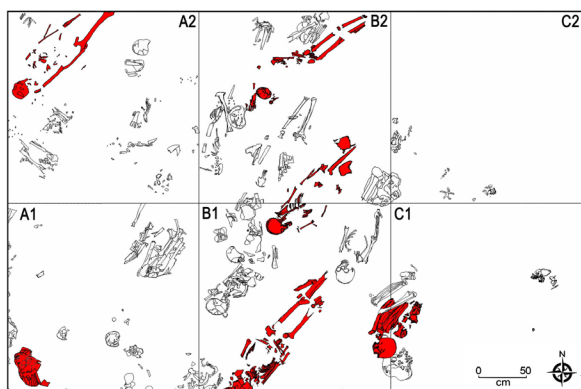


Figura 5. Planta del sitio Río Salado-Coronda II (RSCII). En rojo se indican los rasgos con información tafonómica.

Para visualizar las diferencias que pueden surgir de los distintos niveles de resolución espacial de la información disponible para construir los mapas, se duplicó el procedimiento usado en el caso de RSCII con los datos simulados. La Figura 7 (a y c) muestra que en la simulación, al variar el nivel de resolución espacial de los datos, las superficies interpoladas con *kriging* son muy diferentes entre sí, indicando la de menor resolución un área con grados altos de deterioro mucho más expandida que en la de mayor resolución. Sin embargo, si se hace abstracción de parte de la información y se destacan las tendencias principales, se observa que los mapas generados con los datos con menor resolución espacial retienen una parte importante de la variación original. En particular, resultan interpretables en términos de aspectos claves tales como la localización del centro del área de mayor alteración diagenética, así como de su dirección y sentido (Figura 7 b y d). A la luz de estos resultados, puede sostenerse que la superficie interpolada con los datos de RSCII resulta una aproximación razonable a la distribución espacial de las zonas de mayor y menor alteración diagenética, permitiendo la comparación con los mapas de distribución de los valores de los parámetros químicos que caracterizan al microambiente de depositación.

En la Figura 8 se observa que, el área de distribución de los mayores grados de alteración post-depositacional del conjunto óseo de RSCII -cuyo contorno fue trazado con el uso de la herramienta *Cuardeado* del menú *Filtros* de Adobe Photoshop 7.0 (4 niveles, de los cuales sólo se representan los dos superiores)-, se superpone sólo parcialmente

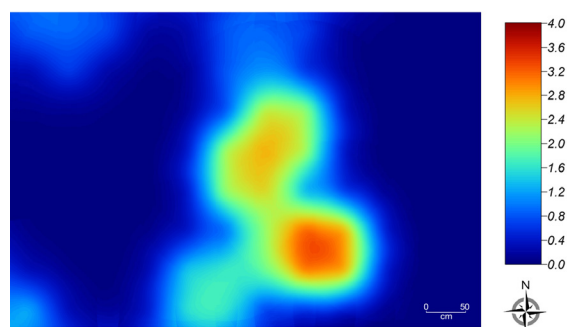


Figura 6. Modelo de la variación espacial del grado de preservación ósea humana en RSCII (*kriging* ordinario).

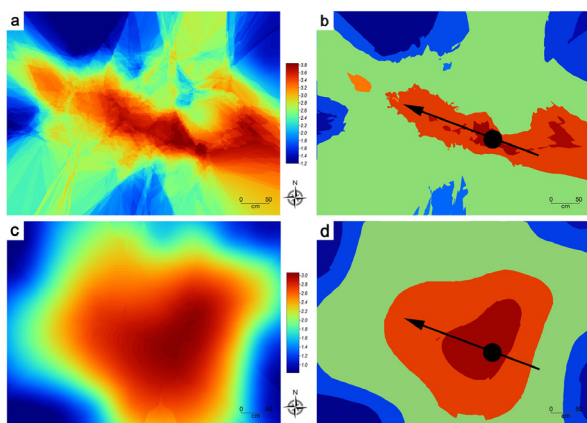


Figura 7. Modelos espaciales (kriging ordinario) generados a partir de datos simulados, con diferente grado de resolución espacial de la información tafonómica: a nivel de cada hueso individual (a y b), a nivel de rasgo (c y d). Las imágenes b y d corresponden a contornos trazados, a partir de las imágenes a y c, con el uso de la herramienta Cuarteado del menú Filtros de Adobe Photoshop 7.0. El círculo negro y la flecha en b y d indican, respectivamente, la posición del centro del área de mayor alteración diagenética, así como la dirección y sentido de dicha área.

con el área caracterizada por los valores más ácidos de pH y de mayor contenido de nitratos (delimitados por las curvas negras, obtenidas con la misma herramienta utilizada para trazar la curva del contorno del área de mayor grado de alteración postdeposicional a nivel óseo). Esto sugiere que, si bien una parte de la variación observada en los estados de preservación de los huesos puede estar relacionada directa o indirectamente con los factores químicos medidos en el sedimento en contacto con los entierros, existen otros factores más que ejercieron control sobre la historia tafonómica de éstos (ver discusión en Galligani 2013; Galligani *et al.* 2016).

CONSIDERACIONES FINALES

El propósito de este trabajo ha sido exponer y discutir un conjunto de procedimientos de análisis y modelado espacial relativamente sencillos, que pueden utilizarse con los datos tafonómicos que normalmente se generan en estudios de entierros humanos en la escala local o de sitio. Desde luego, los mismos no agotan el espectro de las vías analíticas que pueden emplearse ni de los problemas que pueden abordarse desde esta perspectiva. Se espera, sin embargo, que los aspectos tratados en

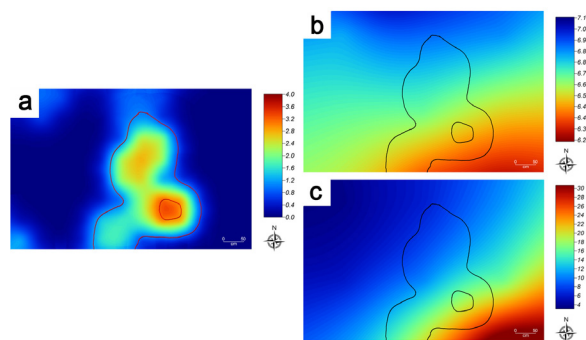


Figura 8. Comparación entre el modelo de la variación espacial del grado de preservación ósea humana en RSCII (kriging ordinario) (a) y la distribución espacial de los valores de pH en agua (b) y contenido de nitratos (en ppm) (c) medidos en muestras de sedimento.

este trabajo hayan resultado ilustrativos del gran potencial que poseen para la tafonomía las herramientas de análisis y modelado espacial hoy disponibles en los SIG.

El éxito de una aproximación como la descrita, medido en términos de la obtención de respuestas a interrogantes preexistentes, de la generación de nuevas preguntas o de la definición de nuevos problemas, depende de una apropiada articulación entre diferentes aspectos de la investigación. Entre los mismos pueden citarse una adecuada formulación de las hipótesis de trabajo, el desarrollo de las capacidades teóricas y técnicas necesarias y la disponibilidad de equipamiento, principalmente del *software* y del *hardware* requerido. Todos estos son, sin dudas, componentes claves de un buen análisis, aunque un aspecto crítico que nos interesa destacar aquí por sobre todo, es la cantidad y calidad de la información de base. Si bien es posible, como vimos en el caso del sitio RSCII, desarrollar procedimientos *ad hoc* que permitan el tratamiento de datos con baja resolución espacial, lo ideal es contar desde el inicio con la información necesaria para dotar a los modelos de un grado de precisión tal que permita extraer conclusiones confiables acerca del problema tafonómico de interés. Por ello resulta imprescindible que, durante los trabajos de campo, se extremen las precauciones orientadas a recabar la mayor cantidad de información espacial posible y con el mayor grado de precisión y detalle que permitan los medios que

se encuentren disponibles en cada situación. Sin embargo, no hay que perder de vista el hecho de que, en el contexto de una investigación orientada a la resolución de problemas, es la práctica misma -teórica y metodológicamente informada- la que dicta el grado de precisión necesaria en el registro de los datos.

BIBLIOGRAFÍA

ASPÖCK, E. y M. FERA

2015. 3D-GIS für die taphonomische Auswertung eines wiedergeöffneten Körpergrabes. *AGIT, Journal für Angewandte Geoinformatik*, 1:2-8.

BARRIENTOS, G.

1997. *Nutrición y Dieta de las Poblaciones Aborígenes Prehispánicas del Sudeste de la Región Pampeana*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata. Ms.

BARRIENTOS, G., F. OLIVA y M. DEL PAPA

2002. Historia pre y postdeposicional del entierro secundario del sitio Laguna Los Chilenos 1 (provincia de Buenos Aires). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* (N.S.), 27: 303-325.

BARRIENTOS, G., R. GOÑI, A. ZANGRANDO, M. DEL PAPA, S. GARCÍA GURAIEB, M. J. ARREGUI y C. NEGRO

2007. Human taphonomy in southern Patagonia: a view from the Salitroso lake basin (Santa Cruz, Argentina). En: *Taphonomy and Zooarchaeology in Argentina*, editado por M. Gutiérrez, L. Mioti, G. Barrientos, M. Salemme y G. L. Mengoni Goñalons, pp. 187-201. British Archaeological Reports International Series 1601. Archaeopress, Oxford.

BEHRENSMEYER, A. y S. KIDWELL

1985. Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology*, 11 (1): 105-119.

BAXTER, K.

2004. Extrinsic factors that affect the preservation of bone. *The Nebraska Anthropologist*, 19: 38-45.

BORELLA, F.

2004. *Tafonomía Regional y Estudios Arqueofaunísticos de Cetáceos en Tierra del Fuego y Patagonia Meridional*. British Archaeological Reports, International Series 1257. Archaeopress, Oxford.

BORRERO, L. A.

1988. Tafonomía regional. En: *De Procesos, Contextos y Otros Huesos*. N. Ratto y A. Haber (Eds.), pp. 9-15. Instituto de Ciencias Antropológicas, Sección Prehistoria, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.

2001. Regional taphonomy: the scales of application to the archaeological record. En: *Animals and Man in the Past. Essays in Honour of Dr. A. T. Clason*. H. Buitenhuis y A. T. Clason (Eds.), pp. 17-20. ARC-Publicatie 41, Archaeological Research and Consultancy, Groningen.

2011. La función transdisciplinaria de la arqueozoología en el siglo XXI: Restos animales y más allá. *Antípoda, Revista de Antropología y Arqueología*, 13: 267-274.

CASTILLEJO, M.

2013. Datos óptimos para la caracterización espacial y temporal de la variabilidad arqueológica a escala intra-site. *GeoFocus*, 13 (1): 131-153.

CONNOLY, J. y M. LAKE

2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.

CRUZ, I.

2009. Tafonomía en escalas espaciales amplias: el registro óseo de las aves en el sur de Patagonia. En *Temas de Arqueología 2: Estudios Tafonómicos y Zooarqueológicos*. A. Acosta, D. Loponte y L. Mucciolo (Comps.), pp. 15-34. INAPL, Buenos Aires.

DI DONATO, R. M.

2010. Taphosnomos: El potencial de la tafonomía en la interpretación de contextos funerarios. En: *Mamül Mapu: Pasado y Presente desde la Arqueología Pampeana*. M. Berón, L. Luna, M. Bonomo, C. Montalvo, C. Aranda y M. Carrera Aizpitarte (Eds.), pp. 137-152. Editorial Libros del Espinillo, Buenos Aires.

DUCKE, B.

2015. Spatial cluster detection in archaeology:

- Current theory and practice. En: *Mathematics and Archaeology*, J. A. Barcelo y I. Bogdanovic (Eds.), pp. 352-368. CRC Press.
- EFREMOV, I.
1940. Taphonomy: New branch of paleontology. *Pan-American Geologist*, 74: 81-93.
- EPA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY)
2004. *Developing Spatially Interpolated Surfaces and Estimating Uncertainty*. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park.
- FEUILLET TERZAGHI, M. R.
2009. *El Registro Bioarqueológico de la Cuenca Inferior del Río Salado y Cuenca del Río Coronda (Margen Derecha, Provincia de Santa Fe)*. Tesis Doctoral. Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina. MS.
- GALLIGANI, P. E.
2013. *Tafonomía de los Entierros Humanos del Sitio Río Salado-Coronda II*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario, Argentina. Ms.
- GALLIGANI, P. E., M. R. FEUILLET TERZAGHI y G. BARRIENTOS
2016. Tafonomía de los entierros humanos del sitio Río Salado-Coronda II: Una aproximación a los procesos de modificación ósea postdeposicional en el centro-este de la provincia de Santa Fe, Argentina. *Intersecciones en Antropología*, 17. En prensa.
- GONZÁLEZ, M. E.
2007. Estudios de interés tafonómico en los restos óseos humanos de Laguna Tres Reyes 1 (Partido de Adolfo Gonzales Chaves, provincia de Buenos Aires). *Intersecciones en Antropología* 8: 215-233.
2008. Cuantificación anatómica y dispersión espacial de restos humanos del sitio Laguna Tres Reyes 1 (Área Interserrana Bonaerense). *Comechingonia*, 11: 47-77.
2013. Procesos de formación y efectos tafonómicos en entierros humanos: el caso del sitio Paso Alsina 1 en Patagonia Nororiental Argentina. *Maggallania*, 41 (1): 133-154.
2014. Procesos de formación y efectos tafonómicos en entierros humanos: El caso del sitio Arroyo Seco 2 en la Región Pampeana, Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, (N.S.) 39 (1): 175-202.
- GORDON, C. J. y J. E. BUIKSTRA
1981. Soil pH, bone preservation and sampling bias at mortuary sites. *American Antiquity*, 46: 566-571.
- GUICHÓN, R. A., A. S. MUÑOZ y L. A. BORRERO.
2000. Datos para una tafonomía de restos óseos humanos en Bahía San Sebastián, Tierra del Fuego, Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, (N.S.) 25: 297-313.
- GUTIÉRREZ, M. A.
2004. *Análisis Tafonómicos en el Área Interserrana (Provincia De Buenos Aires)*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata. Ms.
- JOHNSTON, K., J. M. VER HOEF, K. KRIVORUCHKO y N. LUCAS
2001. *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. ESRI, Redlands.
- KRAVCHENKO, A.
2003. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. *Soil Science Society of American Journal*, 67: 1564-1571.
- LYMAN, R. L.
1994. *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge University Press, Cambridge.
2010. What taphonomy is, what it isn't, and why taphonomists should care about the difference. *Journal of Taphonomy*, 8 (1):1-16.
- MANSEGOSA, D.
2015. *Poblaciones Históricas del Norte Mendocono: Aportes para el Estudio del Proceso de Conquista y Consolidación Colonial*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata. Ms.
- MÁRQUEZ PÉREZ, J.
2012. Aplicaciones del análisis geoestadístico: Técnicas de interpolación espacial. *Información Estadística y Cartográfica de Andalucía*, 2: 154-156.

- McCOY, M. D. y T. N. LADEFOGED
2009. New Developments in the use of spatial technology in archaeology. *Journal of Archaeological Research*, 17: 263-295.
- MONDINI, M. y A. S. MUÑOZ
2008. Pumas as taphonomic agents: A comparative analysis of actualistic studies in the Neotropics. *Neotropical Zooarchaeology and Taphonomy*, editado por A. S. Muñoz y M. Mondini, *Quaternary International*, 180: 52-62.
- MORALES, N., L. CATELLA, G. BARRIENTOS y F. OLIVA
2014. Evaluación de un modelo predictivo acerca de las probabilidades diferenciales de preservación ósea en diferentes sectores de la cuenca del arroyo Chasicó, Región Pampeana Argentina. En *Libro de resúmenes del 12° International Conference of Archaeozoology*, pp.115-116. San Rafael, Mendoza.
- OLAYA, V.
2012. *Sistemas de Información Geográfica*. Editorial Bubok, Madrid.
- ORTON, C.
2005. Point pattern analysis revisited. *Archaeologia e Calcolatori*, 15: 299-315.
- OTAOLA, C.
2012. *Tafonomía y Zooarqueología en el Sur de Mendoza*. Tesis Doctoral. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. Ms.
- POKINES, J. y S. A. SYMES (Eds.)
2014. *Manual of Forensic Taphonomy*. CRC Press, Boca Raton.
- SANTIAGO, F.
2007. Análisis tafonómico en La Arcillosa 2, Tierra del Fuego, Argentina. *Intersecciones en Antropología*, 8: 15-26.
- SAYER, D. y M. WIENHOLD
2013. A GIS-Investigation of four early Anglo-Saxon cemeteries: Ripley's K-function analysis of spatial groupings amongst graves. *Social Science Computer Review*, 31 (1): 71-89.
- WILHELMSON, H. y N. DELL'UNTO
2015. Virtual taphonomy: A new method integrating excavation and postprocessing in an archaeological context. *American Journal of Physical Anthropology*, 157: 305-321.