



Delimitación del área probable de entierros del sitio RSCII (Santo Tomé, Santa Fe) mediante el análisis químico del suelo

Delimitation of the likely extension of the burial area at the RSCII archaeological site (Santo Tomé, Santa Fe, Argentina) on the basis of soil chemical analysis

Paula E. Galligani*, Rosario Feuillet Terzaghi** y Gustavo Barrientos***

*CONICET; Div. Antropología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP

**Museo Arqueológico de Santo Tomé (MAST), Municipalidad de Santo Tomé (Santa Fe)

***CONICET; Div. Antropología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP

Resumen

El fósforo (P) es uno de los principales constituyentes de los tejidos orgánicos, así como de los desechos fisiológicos de los vertebrados. Es, además, uno de los elementos más estables en el perfil de suelo, por lo que se lo considera un marcador químico de actividad humana confiable en la escala local o de sitio. En el caso particular de las áreas utilizadas en forma recurrente a través del tiempo para el entierro de cadáveres, los niveles de P del suelo suelen verse notoriamente incrementados como consecuencia del aporte de fosfatos por los procesos de descomposición de los cuerpos. Por ello, sus valores de concentración permiten identificar áreas de entierros aun cuando los huesos no están presentes, así como también estimar su extensión probable en caso de excavaciones parciales. Por ello, sus valores de concentración permiten identificar áreas de entierros aun en los casos en los que los huesos están parcial o totalmente ausentes, así como estimar su extensión probable. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es estimar, a partir de la medición de la concentración de fósforo extraíble (Pe) y del modelado espacial con técnicas de interpolación, la extensión probable del área de entierro detectada en el sitio Río Salado-Coronda II (RSCII), localizado en la ciudad de Santo Tomé, en el centro-este de la provincia de Santa Fe.

Palabras Claves: arqueometría; edafología; fósforo extraíble; restos óseos humanos; Nordeste Argentino.

Abstract

Phosphorus (P) is one of the main constituents of organic tissues, as well as of physiological waste of vertebrates. It is also one of the most stable elements in the soil profile, which is why it is considered a reliable marker of human activity at the local or site scale. In the particular case of the areas recurrently used for the burial of dead, soil P levels are often noticeably increased as a result of the contribution of phosphates by the decomposition of the bodies. For this reason, its concentration values allow identifying burial areas in cases where the bones are partially or totally absent, as well as estimating their probable extension. In this context, the aim of this paper is to estimate, from the measurement of the concentration of extractable phosphorus (Pe) from soil and the spatial modeling with interpolation techniques, the probable dimension of the burial area detected at the Río Salado-Coronda II site (RSCII), located in the city of Santo Tomé, in the center-east of the province of Santa Fe.

Keywords: archaeometry; edaphology; extractable phosphorus; human bones remains; Northeast Argentina.

En la escala local o de sitio, la actividad humana causa —generalmente como subproducto— modificaciones químicas y físicas en el suelo que pueden perdurar a lo largo del tiempo y que son mensurables a partir de análisis específicos (Roldán, 2009). En un sitio arqueológico, los restos orgánicos e inorgánicos se vinculan de manera directa, continua y dinámica con el suelo, el cual condiciona la preservación de tales materiales y, a su vez, resulta modificado por las características de éstos (Historic England, 2016). En este sentido, técnicas analíticas desarrolladas en diferentes disciplinas (v.g. agronomía,

bioquímica, biología), colaboran con la interpretación de los contextos de depositación de los materiales arqueológicos (Pollard y Heron, 2008).

Los marcadores químicos de actividad humana que pueden analizarse en los suelos arqueológicos son variados (v.g. potasio, calcio, fósforo, carbono), aunque la mayoría de ellos presenta una alta movilidad en el perfil y/o una rápida mineralización. El fósforo (P), sin embargo, es uno de los elementos más estables del suelo (Ortiz, 2003), ya que una vez que ingresa al

mismo se inmoviliza fácilmente y tiene una solubilidad muy baja, por lo que permanece en concentraciones constantes durante períodos relativamente largos de tiempo (Crowther, 1997; Terry *et al.*, 2000; Wells *et al.*, 2000; ver, sin embargo, Devos *et al.*, 2011: 11). Estas particularidades, sumadas al hecho de que el P es uno de los principales constituyentes de los alimentos de origen animal y vegetal ricos en proteína, de distintos tejidos orgánicos que componen el cuerpo de los vertebrados —en particular, tendón, cartilago, hueso y esmalte— y de desechos humanos y animales tales como las heces y la orina (Butusov y Jernelöv, 2013; Mihelcic *et al.*, 2011), hacen que este elemento constituya una variable útil para la investigación arqueológica orientada a la detección o delimitación de sitios y áreas de actividad (Farswan y Nautiyal, 1997; Ortiz, 2003; Provan, 1971; Roldán, 2009; Sampietro y Vatuone 2005; Terry *et al.*, 2000). En el caso de estas últimas, la aproximación se fundamenta en que la concentración de P en los suelos es diferencial en función de la distribución espacio-temporal de las tareas llevadas a cabo en un lugar (Devos *et al.*, 2011; Holliday y Gartner, 2007; Terry *et al.*, 2000).

Si bien son muchos los autores que, luego de los trabajos pioneros de Arrhenius (1931) y Eidt (1973, 1977) han utilizado análisis de P en las investigaciones arqueológicas (ver trabajos citados en Carter, 2016; Garrison, 2016; Holliday, 2004; Holliday y Gartner, 2007) muchas veces la información publicada no resulta comparable debido a que el P se halla presente en los suelos bajo diferentes formas o fracciones (*v.g.* disponible, total, orgánico, inorgánico) y a que cada fracción puede ser analizada con diversos métodos (Devos *et al.*, 2011; Díaz País y Kligmann, 2009; Holliday, 2004; Holliday y Gartner, 2007). A su vez, los datos que aporta cada método pueden variar de acuerdo con el tipo de suelo y el período en el que se realice el muestreo (Holliday y Gartner, 2007). No obstante, si la información obtenida va acompañada de una explicación

adecuada de la metodología empleada, este elemento puede ser considerado el mejor indicador químico de actividad humana utilizable arqueológicamente (Devos *et al.*, 2011).

En el caso particular de las áreas utilizadas en forma recurrente a través del tiempo para el entierro de cadáveres (*i.e.* áreas formales de entierro o cementerios), los niveles de P del suelo suelen verse notoriamente incrementados como consecuencia del aporte de fosfatos por los procesos de descomposición de los cuerpos (Connor, 2007). En la medida en que determinadas condiciones de pH (de ligeramente ácidas a neutras) promueven la solubilidad del P de los diferentes tejidos humanos, principalmente de los tejidos duros, la probabilidad de que un área de entierros presente valores enriquecidos de este elemento es alta (Crowther, 1997; Holliday y Gartner, 2007). De este modo, el análisis del contenido de P de los suelos arqueológicos debería permitir la identificación de áreas de entierros aun cuando los huesos estén parcial o totalmente ausentes —por cuestiones vinculadas con la preservación ósea—, así como también la estimación de la extensión probable de dicha área en el caso de que la excavación haya sido parcial (Beard *et al.*, 2000; Connor, 2007; Crowther, 1997; Farswan y Nautiyal, 1997; Solecki, 1951). Este último es, precisamente, el caso del sitio Río Salado-Coronda II (RSCII), localizado en la ciudad de Santo Tomé, en el centro-este de la provincia de Santa Fe, objeto de la presente comunicación (Figura 1).

Durante los trabajos de campo llevados a cabo en el sector de entierros de este sitio, efectuados entre 2007 y 2008, sólo pudo ser excavado un espacio relativamente restringido (24 m²) (Feuillet Terzaghi, 2009; Feuillet Terzaghi y Deluca, 2011). En la medida en que la realización de diferentes inferencias de interés arqueológico y bioarqueológico depende, entre otras cosas, de una estimación de la superficie total del área

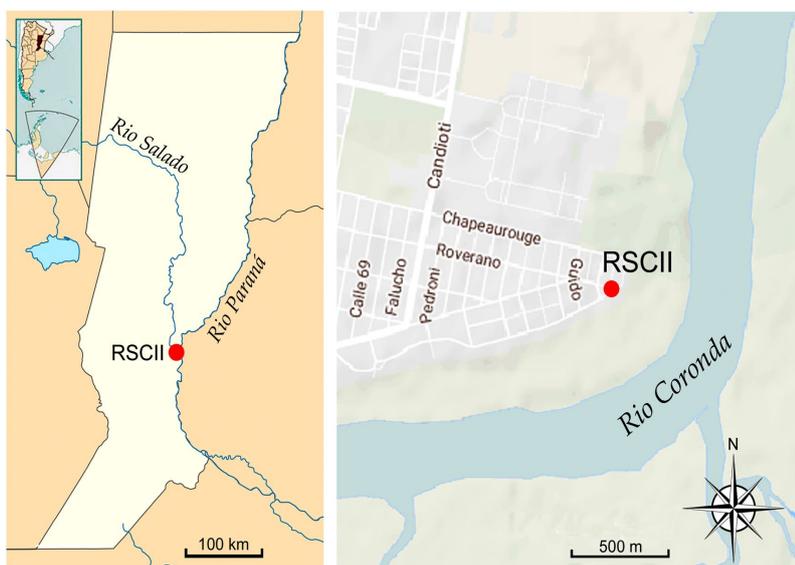


Figura 1. Localización del sitio Río Salado-Coronda II (RSCII) en el marco de la provincia de Santa Fe (izquierda) y de la ciudad de Santo Tomé (derecha).

Figure 1. Geographic location of the Río Salado-Coronda II archaeological site (RSCII), within Santa Fe province (left) and Santo Tomé city (right).

de entierro, el objetivo de este trabajo es presentar y discutir los resultados del análisis de la concentración de fósforo extraíble (Pe), del contenido porcentual de materia orgánica (%MO) y del pH de muestras de sedimentos del sitio RSCII, orientado a la delimitación de la extensión probable del área de entierro allí detectada. Estos resultados, además de permitir una mejor interpretación del sitio, pueden proveer información relevante para la generación de acciones de protección del patrimonio, ya que el área de entierro excavada —que actualmente constituye una parte integral del Museo Arqueológico de Santo Tomé (MAST)— es probablemente una fracción del área total utilizada con fines inhumatorios, enclavada en un entorno crecientemente urbanizado (Galligani, 2013; Galligani *et al.*, 2016).

Materiales y métodos

El sitio Río Salado-Coronda II (RSCII)

El sitio RSCII se encuentra localizado a aproximadamente 300 m de la margen derecha del río Coronda, dentro del área urbana de la ciudad de Santo Tomé (barrio Villa Adelina Este, 31°41'53,2'' de Lat. Sur y 60°44'59'' de Long. Oeste). Desde un punto de vista ecológico, la zona corresponde a un área de transición entre las ecorregiones Pampeana, del Espinal y del Delta e Islas del Paraná (*sensu* Burkart *et al.*, 1999). El sitio se ubica a aproximadamente 18 msnm, sobre un terreno alto (\approx 6 m de altura sobre el nivel del pelo de agua actual) situado a pocos metros del borde de la barranca que desciende, hacia el este y hacia el sur, a la planicie de inundación (Galligani 2013).

En sucesivas campañas realizadas en 2007, 2008, 2012, 2013 y 2014, se excavaron 64 m², distribuidos en 6 cuadrículas de 2 x 2 m en el área de entierro y diversos sondeos de 1 x 1 m en otros sectores del sitio. Las cuadrículas excavadas en el área de entierro se localizan dentro de un sector protegido mediante un alambrado perimetral, erigido en 2007, que delimita una superficie total de 260 m². En ella se identificaron 36 rasgos discretos (Feuillet Terzaghi y Deluca, 2011) correspondientes a entierros primarios, entierros secundarios y agrupaciones de restos óseos desarticulados que no presentaban un orden claramente discernible (Feuillet Terzaghi, 2009; Galligani, 2013). Éstos últimos son, probablemente, el resultado de procesos postdeposicionales que incluyen a las actividades humanas con fines inhumatorios ocurridas en el lugar, en diferentes momentos a lo largo de la historia de formación del sitio (Galligani, 2013; Galligani *et al.*, 2016). Todos los restos localizados provienen de un único nivel, cuyo espesor máximo es de 21 cm, situado inmediatamente por debajo de la superficie actual del terreno (entre 1,79 y 2,00 m respecto del nivel 0 del sitio; Feuillet Terzaghi, 2009). La cronología de los entierros fue establecida entre aproximadamente 1500 y 1000 años radiocarbónicos AP, a partir de tres dataciones radiocarbónicas (AMS) obtenidas sobre dientes humanos (colágeno de dentina) procedentes de diferentes rasgos

(Feuillet Terzaghi, 2009; Feuillet Terzaghi y Deluca, 2011; Galligani, 2013; Sartori, 2013).

En el área donde actualmente se emplaza el edificio del MAST, situada a aproximadamente 70 m al oeste del sector de entierros, se recuperaron fragmentos cerámicos, dos contenedores cerámicos completos de grandes dimensiones y restos arqueofaunísticos, entre los que se destacan falanges de *Lama* sp. con incisiones subparalelas (Buc *et al.*, 2013; Sartori, 2016), una de ellas datada en 2265 ± 50 años ¹⁴C AP (Feuillet Terzaghi y Colasurdo, 2013; Sartori, 2013, 2016). Hacia el norte, a aproximadamente 40 m del área excavada, se recuperó un entierro individual flexionado, en posición de decúbito ventrolateral derecho, situado a mayor profundidad que el resto (2,35 m respecto del nivel 0). Todas estas evidencias indicarían una larga y compleja historia ocupacional del sitio, en la que el sector de entierros representaría sólo una de las diferentes áreas de actividad generadas en el lugar a través del tiempo.

De acuerdo con un estudio edafológico realizado en el sitio (Postma, 2013), el suelo corresponde al orden Entisol, el cual carece de desarrollo de horizontes pedogenéticos, diferenciándose en él un horizonte superficial (A), que continúa directamente con un horizonte C, de textura franco-arenosa con escasas lamelas de arcilla (INTA-MAG, 1981). La ausencia de horizonte B se debe, en gran parte, al escaso tiempo transcurrido desde la acumulación de los materiales parentales, los cuales provendrían, en su mayoría, de aluviones antiguos del río Paraná que posteriormente sufrieron remodelación eólica (INTA-MAG, 1981; Postma, 2013). Dentro del orden Entisol, el suelo pertenece al gran grupo Udipsament (Soil Survey Staff, 2006), correspondiente a un antiguo albardón del río Paraná, que presenta un componente arenoso muy marcado, el cual le confiere un alto grado de permeabilidad (Postma, 2013). Con respecto a la ubicación de los entierros, es probable que los mismos hayan estado alojados en alguno de los subhorizontes C del suelo, ya que el horizonte superficial fue afectado por la apertura de la calzada en donde fueron localizados los primeros restos (calle Roverano al 300; Figura 1) y, posteriormente, por la erosión hídrica que los expuso (Galligani, 2013).

El tipo de suelo descripto, debido a su textura arenosa y a su buen drenaje, favoreció el movimiento de aguas meteóricas desde la superficie hasta la capa freática (*i.e.* régimen hidrológico de recarga; Hedges y Millard, 1995; Nielsen-Marsh y Hedges, 2000; Nielsen-Marsh *et al.*, 2000), acelerando la tasa de disolución y lixiviación mineral de los restos óseos (Galligani *et al.*, 2016). Asimismo, la ausencia de carbonatos no contribuyó a la incorporación de materiales exógenos al hueso para reemplazar los materiales biogénicos perdidos por lixiviación (Galligani, 2013; Galligani *et al.*, 2016). Estos procesos, sumados a factores que operaron en forma

transitoria, como la actividad inhumatoria recurrente, la acción de microorganismos y las acciones antrópicas vinculadas con la apertura de la calle sobre el sitio, han alterado tanto la integridad anatómica de los individuos como el estado de conservación a nivel superficial, estructural e histológico de los huesos (Galligani *et al.*, 2016).

Metodología de análisis: muestreo sedimentario, análisis químico, modelado espacial y marco comparativo

Las muestras de sedimento se tomaron del sector de entierros y de áreas circundantes, tanto contiguas como alejadas del mismo. En total, se analizaron 11 muestras del área de cuadrículas (extraídas y analizadas en 2013), las cuales provienen del mismo nivel que los entierros, y 7 muestras externas respecto de dicha área (extraídas

y analizadas en 2016) (Figura 2). Las muestras del área de entierro fueron extraídas de puntos separados entre sí por una distancia regular de 2 m en el sector de cuadrículas (muestras 2 a 10) y por un metro al N y S de las cuadrículas (muestras 1 y 11). Como el sitio está localizado en un área que se encuentra experimentando un rápido proceso de urbanización, las muestras externas al sector de cuadrículas se obtuvieron de pozos de sondeos (PS 1 a 7) realizados en lotes no habitados, evitando las zonas más perturbadas por la actividad antrópica actual. En todos los casos, las muestras se obtuvieron de la unidad estratigráfica en la que se encontraban los entierros, la cual se encuentra aflorando en los sectores de calzada y a profundidad variable en el terreno correspondiente a los lotes con y sin edificaciones. Cada localización fue debidamente georreferenciada. La distribución espacial de las muestras no es óptima, sino una solución de compromiso teniendo en cuenta los recursos disponibles y el uso actual de la tierra en los alrededores del sitio.

La extracción de cada muestra se realizó con la ayuda de un cucharín de metal, almacenándose el sedimento extraído en bolsas plásticas, las cuales permanecieron abiertas hasta que el sedimento se secó. Posteriormente, la muestra fue fraccionada para su envío al laboratorio (aprox. 100 gr por muestra), conservándose el resto para otros estudios posteriores. En todos los casos, los análisis químicos fueron realizados por el Servicio de Análisis de Suelos (Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario), relevándose el porcentaje de materia orgánica (%MO) (método de Walkley-Black según Norma IRAM-SAGyP 29571-2), el pH en agua (1:2,5, método electrométrico) y el contenido (en ppm) de fósforo extraíble (Pe) (método de Bray-Kurtz según Norma IRAM-SAGyP 29570-1). Para el pretratamiento de las muestras se siguió lo especificado por la Norma IRAM-SAGyP 29578.

En este estudio se utilizó el Pe debido a que resulta particularmente útil para el análisis horizontal de áreas de actividad en sitios unicomponentes, para la delimitación de tales áreas, y a que los métodos disponibles para su evaluación son económicos y confiables (Carter, 2016; Holliday, 2004; para críticas acerca de su uso en arqueología, ver Hamond, 1983; Provan, 1971). Además, su amplio uso en estudios edafológicos en nuestro país asegura la comparabilidad de los resultados obtenidos localmente con los datos publicados para diferentes suelos de la región (ver más abajo).

Una vez obtenidos los valores de cada variable, se realizó el modelado de su distribución espacial mediante el método de interpolación *kriging* ordinario (modelo cúbico, 10 puntos), con el uso del software libre Past 3.0 (Hammer *et al.*, 2001). Los cálculos orientados a establecer, a partir de la superficie interpolada, la superficie probable del área de entierros se realizaron con el software libre QGIS 2.8.2-Wien (QGIS Development Team, 2009).

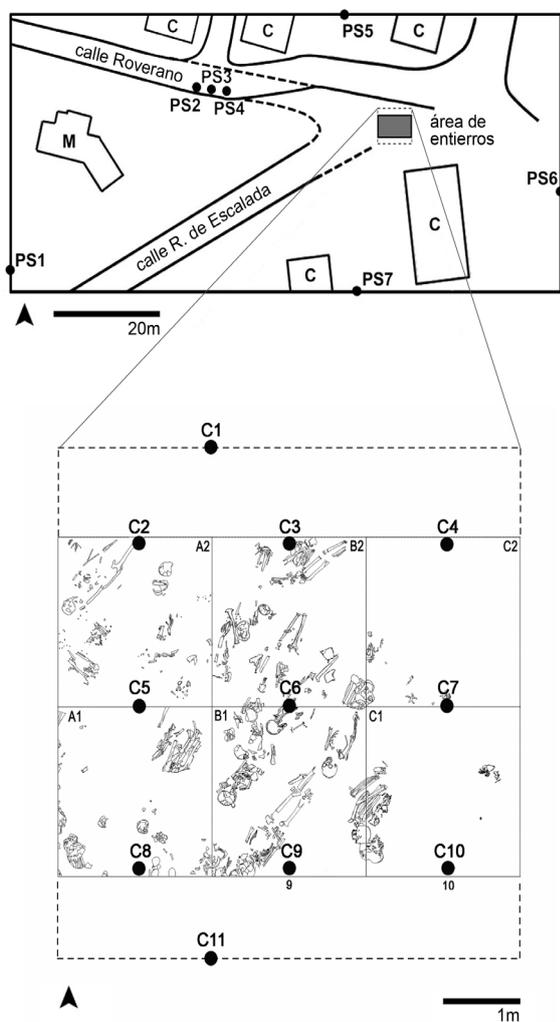


Figura 2. Localización del área de entierro del sitio RSCII y de las unidades de muestreo consideradas para el análisis químico del suelo (C1...C11= cuadrículas; PS1...PS7= pozos de sondeo).

Figure 2. Spatial location of the inhumation area of RSCII and the sampling units considered for chemical soil analysis (C1...C11= squares; PS1...PS7= test pits).

Adicionalmente, se cuenta con 7 mediciones de Pe, %MO y pH en agua procedentes de cuatro unidades de muestreo distintas a las anteriormente descritas, realizadas por un laboratorio diferente (Greenlab, Rosario) en el año 2007. Estas determinaciones, de las cuales cuatro corresponderían a la misma profundidad relativa que aquella de los entierros humanos del área en discusión, no fueron utilizadas para la generación del modelo espacial referido, sino para realizar su evaluación posterior.

Con el objetivo de establecer un nivel de base regional que permita evaluar las concentraciones de Pe en el sitio

RSCII, se recopiló información acerca de los valores que caracterizan a los diferentes horizontes de suelos de los órdenes Mollisol y Alfisol del centro-sur de la provincia de Santa Fe, provenientes tanto de parcelas con pastura natural como de parcelas de uso agrícola-ganadero con distinto tratamiento (Gambaudo *et al.*, 2001; Hein *et al.*, 1989; Novello y Quintero, 2009; Pilatti y Orellana, 2012). Estos suelos —sobre todo los molisoles— se encuentran entre los más representados en la región, particularmente en la denominada Área Núcleo (Castignani, 2011), por lo que han sido y son objeto de estudios agronómicos de los cuales deriva la información química disponible. En contraste, los entisoles, orden al cual corresponden

Tabla 1. Descripción de las muestras de suelo del sitio RSCII y de los suelos regionales considerados con fines comparativos.

Table 1. Description of soil samples of RSCII archaeological site and regional soils considered with comparative aims.

Localidad	Localización	Tipo de Parcela	Tipo de Suelo	Hor.	%MO	pH en agua	Pe (ppm)	Referencias
C1	RSCII Sector de Cuadrículas	-	Udipsament	C	1,10	7,51	263,3	Galligani, 2013
C2	RSCII Sector de Cuadrículas	-	Udipsament	C	1,15	6,60	298,4	Galligani, 2013
C3	RSCII Sector de Cuadrículas	-	Udipsament	C	1,31	6,90	270,2	Galligani, 2013
C4	RSCII Sector de Cuadrículas	-	Udipsament	C	0,99	7,02	261,9	Galligani, 2013
C5	RSCII Sector de Cuadrículas	-	Udipsament	C	1,22	6,71	263,3	Galligani, 2013
C6	RSCII Sector de Cuadrículas	-	Udipsament	C	0,33	6,88	213,7	Galligani, 2013
C7	RSCII Sector de Cuadrículas	-	Udipsament	C	1,08	6,49	201,5	Galligani, 2013
C8	RSCII Sector de Cuadrículas	-	Udipsament	C	1,16	6,66	269,5	Galligani, 2013
C9	RSCII Sector de Cuadrículas	-	Udipsament	C	1,50	6,04	280,3	Galligani, 2013
C10	RSCII Sector de Cuadrículas	-	Udipsament	C	1,33	5,97	277,8	Galligani, 2013
C11	RSCII Sector de Cuadrículas	-	Udipsament	C	1,00	6,55	191,9	Galligani, 2013
PS1	RSCII Pozo de Sondeo	-	Udipsament	C	0,89	6,73	97,78	Este trabajo
PS2	RSCII Pozo de Sondeo	-	Udipsament	C	1,21	6,92	57,96	Este trabajo
PS3	RSCII Pozo de Sondeo	-	Udipsament	C	1,07	7,32	94,25	Este trabajo
PS4	RSCII Pozo de Sondeo	-	Udipsament	C	0,48	6,48	104,2	Este trabajo
PS5	RSCII Pozo de Sondeo	-	Udipsament	C	0,95	6,34	76,01	Este trabajo
PS6	RSCII Pozo de Sondeo	-	Udipsament	C	1,12	6,17	133,7	Este trabajo
PS7	RSCII Pozo de Sondeo	-	Udipsament	C	1,10	6,65	123,0	Este trabajo
ARM-L4-A	Villa Eloisa, depto, Iriondo	A.F.	Argiudol típico	A	2,72	6,00	37,50	Novello y Quintero, 2009
VE-L1-A	Villa Eloisa, depto, Iriondo	A.F.	Argiudol típico	A	2,69	5,80	10,80	Novello y Quintero, 2009
VE-L2-A	Villa Eloisa, depto, Iriondo	A.F.	Argiudol típico	A	3,36	5,80	9,70	Novello y Quintero, 2009
VE-L3-A	Villa Eloisa, depto, Iriondo	A.F.	Argiudol típico	A	2,55	5,90	21,70	Novello y Quintero, 2009
RDA-A	L, Campbell, depto, La Capital	A.F.	Argiudol típico	A	2,07	5,90	27,20	Gambaudo <i>et al.</i> , 2001
ESP	Hipatia, depto, Las Colonias	P.N.	Argiudol típico	A*	3,10	5,90	42,00	Pilatti y Orellana, 2012
RTA	Reconquista, depto, Gral, Obligado	P.N.	Argiudol acuertico	A*	3,91	5,55	14,00	Pilatti y Orellana, 2012
LCD	San Jorge, depto, S, Martín	P.N.	Argiudol típico	A*	3,33	6,10	91,67	Pilatti y Orellana, 2012
AUR-A	Ser, Aurelia, ctro de Sta, Fe	P.N.	Natracualf típico	A	2,40	6,20	18,00	Hein <i>et al.</i> , 1989
ESP-A	Ser, Esperanza, ctro, de Sta, Fe	P.N.	Argiudol típico	A	2,00	5,60	37,20	Hein <i>et al.</i> , 1989
HUM-A	Ser, Humboldt, ctro, de Sta, Fe	P.N.	Argiudol ácuico	A	2,21	5,60	28,00	Hein <i>et al.</i> , 1989
LCR-A	Ser, La Curva, ctro, de Sta, Fe	P.N.	Natracuol típico	A	2,19	6,10	18,80	Hein <i>et al.</i> , 1989
LPR-A	Ser, Las Prusianas, ctro, de Sta, Fe	P.N.	Natrabol típico	A	2,05	5,70	15,80	Hein <i>et al.</i> , 1989
VE-L5-A	Villa Eloisa, depto, Iriondo	P.S/F	Argiudol típico	A	4,14	5,90	133,0	Novello y Quintero, 2009
VE-L6-A	Villa Eloisa, depto, Iriondo	P.S/F	Argiudol típico	A	4,36	6,60	57,70	Novello y Quintero, 2009
ARM-L4-B	Villa Eloisa, depto, Iriondo	A.F.	Argiudol típico	B**	1,17	6,58	22,62	Novello y Quintero, 2009
VE-L1-B	Villa Eloisa, depto, Iriondo	A.F.	Argiudol típico	B**	1,24	6,23	5,63	Novello y Quintero, 2009
VE-L2-B	Villa Eloisa, depto, Iriondo	A.F.	Argiudol típico	B**	1,67	6,09	6,08	Novello y Quintero, 2009
VE-L3-B	Villa Eloisa, depto, Iriondo	A.F.	Argiudol típico	B**	1,19	6,44	8,98	Novello y Quintero, 2009
VE-L5-B	Villa Eloisa, depto, Iriondo	P.S/F	Argiudol típico	B**	1,26	6,98	40,05	Novello y Quintero, 2009
VE-L6-B	Villa Eloisa, depto, Iriondo	P.S/F	Argiudol típico	B**	1,22	7,08	23,75	Novello y Quintero, 2009
VE-L1-C	Villa Eloisa, depto, Iriondo	A.F.	Argiudol típico	C	0,24	6,40	18,30	Novello y Quintero, 2009
VE-L2-C	Villa Eloisa, depto, Iriondo	A.F.	Argiudol típico	C	0,67	6,40	9,40	Novello y Quintero, 2009
VE-L3-C	Villa Eloisa, depto, Iriondo	A.F.	Argiudol típico	C	0,16	6,70	23,40	Novello y Quintero, 2009
VE-L5-C	Villa Eloisa, depto, Iriondo	P.S/F	Argiudol típico	C	0,33	7,80	10,80	Novello y Quintero, 2009
VE-L6-C	Villa Eloisa, depto, Iriondo	P.S/F	Argiudol típico	C	0,19	7,20	16,50	Novello y Quintero, 2009

Referencias: * promedio de 0 a 30 cm. ** promedio de valores para Horizontes B. A.F. Agrícola Fertilizado P.N. Pastura Natural P.S/F. Pradera Sin Fertilizar

los udipsamientos y que se presentan en la provincia mayormente a lo largo de la llanura aluvial del Paraná (Castignani, 2011), no representan suelos de importancia agrícola, por lo que existe muy poca información acerca de sus propiedades químicas. Los udipsamientos son, en general, suelos con escasa acumulación de materia orgánica en la parte superior del perfil y pobres en todos los nutrientes esenciales, particularmente P (a modo de ejemplo, puede mencionarse que, en la Mesopotamia Argentina, estos suelos presentan valores de concentración de Pe inferiores a 10 ppm; Boschetti *et al.*, 2003; Tomei *et al.*, 2006). A los fines de este trabajo, los suelos más fértiles de la región proveen una línea de base de valores de Pe útiles, por cuanto la eventual identificación de áreas en el sitio RSCII con valores de concentración más altos que los registrados en los diferentes horizontes de suelos fértiles indicarían, en forma poco ambigua, el carácter antrópico de sus fuentes de fosfato. La comparación estadística entre los valores de concentración de Pe de los diferentes sectores del sitio RSCII y los de los suelos regionales considerados, se realizó mediante una prueba de Kruskal-Wallis (Kruskal y Wallis, 1952) y un análisis post-hoc basado en comparaciones múltiples a partir de la suma de rangos (Dunn, 1964). Ambas pruebas se realizaron con el uso del paquete estadístico FSA 0.8.20 (Ogle, 2018), que corre en R 3.4.1.

Resultados

Tanto los resultados de las variables medidas en las muestras de sedimentos del sitio como los correspondientes a los suelos regionales, se exponen en la Tabla 1.

Respecto de los valores registrados en las muestras de RSCII, el %MO se presenta relativamente constante en el espacio si se comparan los resultados obtenidos para el sector de cuadrículas (media= $1,11 \pm 0,30$) con los pozos de sondeo (media= $0,97 \pm 0,24$). Lo mismo sucede con el pH en agua, el cual presenta un rango de valores relativamente estrecho ($5,97-7,51$), con una ligera tendencia a la acidez, tanto en la zona de cuadrículas (media= $6,86 \pm 0,43$; para el cálculo de la media aritmética de valores de pH, ver Sørensen, 1909) como en las muestras más alejadas (media $6,81 \pm 0,38$). Sin embargo, el Pe muestra diferencias altamente significativas (U de Mann-Whitney= 3,44; $p < 0,001$) entre los datos de las muestras de cuadrículas (media= $253,80 \pm 34,93$) y los de las muestras procedentes de los pozos de sondeo (media= $98,13 \pm 25,94$).

En el modelo obtenido por interpolación, se puede observar claramente que el sector de entierros presenta los valores más altos de concentración de Pe, los cuales tienden a disminuir en todos los sentidos (Figura 3), aunque con una caída más abrupta en sentido oeste. Esta tendencia se verifica aun teniendo en cuenta el efecto de borde, que afecta particularmente al sector derecho de la figura (en general, en toda superficie interpolada, el 10% más externo debe considerarse con escepticismo debido a que los puntos más cercanos al borde de una distribución presentan predicciones menos confiables derivadas del hecho de poseer menor cantidad de puntos a su alrededor; Connolly y Lake, 2006: 91).

En cuanto a la comparación de la información del sitio

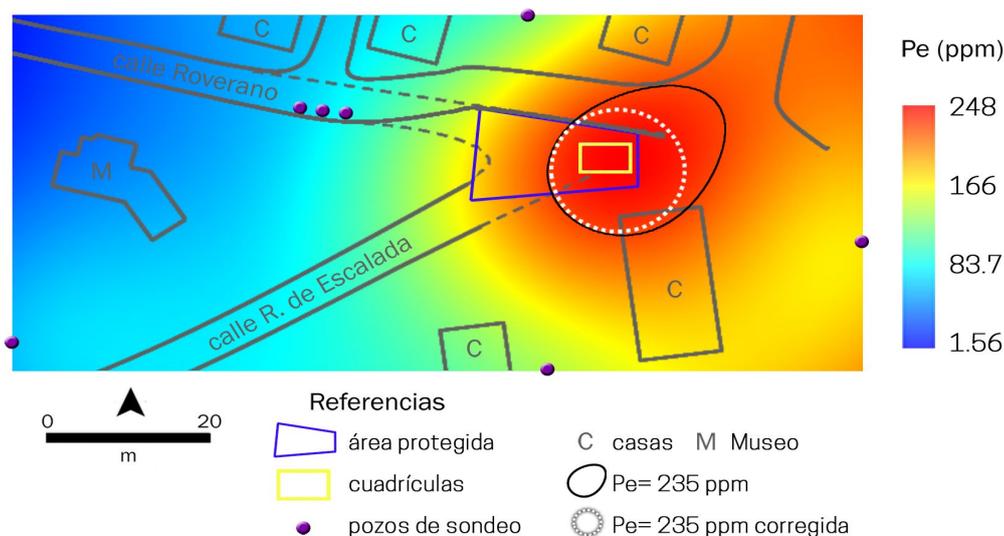


Figura 3. Modelo de distribución espacial de los valores de fósforo extraíble (Pe) en partes por millón (ppm), con indicación del perímetro calculado como límite del área de entierro sobre la base de 235 ppm de Pe y 235 ppm_{corrected}.

Figure 3. Spatial model of soil extractable phosphorus values (Pe) in parts per million (ppm), with an indication of the probable perimeter of the burial area estimated on the base of 235 Pe ppm and 235 ppm_{corrected}.

pH; Kruskal-Wallis $X^2= 23,301$, $gl = 4$, $p= 0,0001103$					
Unidades	A	B	C	RSCII C	RSCII PS
A	-	-	-	-	-
B	2,7734973***	-	-	-	-
C	3,3736855***	-0,6646032	-	-	-
RSCIIc	3,8268821***	-0,3534556	0,4135489	-	-
RSCIIps	-3,3198439***	-0,3233427	0,3800695	-0,0010461	-
%MO; Kruskal-Wallis $X^2= 36,173$, $gl = 4$, $p= 0,0002665$					
Unidades	A	B	C	RSCII C	RSCII PS
A	-	-	-	-	-
B	2,2162474*	-	-	-	-
C	5,0508490***	2,5394246*	-	-	-
RSCIIc	3,8424996***	0,8960493	-2,0078166*	-	-
RSCIIps	4,1915853***	1,5243992	-1,1777171	0,8135269	-
Pe (ppm); Kruskal-Wallis $X^2= 33,574$, $gl= 4$, $p= 0,0009111$					
Unidades	A	B	C	RSCII C	RSCII PS
A	-	-	-	-	-
B	1,0798789	-	-	-	-
C	1,0553640	0,03857218	-	-	-
RSCIIc	4,247960***	4,333644***	4,114626***	-	-
RSCIIps	-2,0677759*	-2,6388669***	-2,5471984*	1,63327026	-

(*) $p < 0,05$; (**) $p < 0,01$; (***) $p < 0,00$

Tabla 2. Comparación estadística entre los valores de concentración de Pe (ppm) de los diferentes sectores del sitio RSCII y los de los suelos regionales considerados (prueba de Kruskal-Wallis y análisis post-hoc basado en comparaciones múltiples a partir de la suma de rangos).

Table 2. Statistical comparisons between Pe values (ppm) of different areas of RSCII archaeological site and regional soils (Kruskal-Wallis test and post-hoc analysis based on multiple comparisons of range sum).

con otros suelos de la provincia de Santa Fe, el test de Kruskal-Wallis arrojó diferencias significativas entre los grupos de datos, para las 3 variables medidas: pH, %MO y Pe (Tabla 2). Los valores obtenidos de las muestras del sitio RSCII (cuadrículas y pozos de sondeo) se diferencian de todos los demás grupos respecto de los valores de Pe. En cambio, en relación al %MO, las diferencias se presentan sólo entre cuadrículas y Horizontes C de los suelos de la provincia y entre sondeos y Horizontes A de los suelos regionales. Por último, los valores de pH sólo muestran diferencias significativas entre datos de cuadrículas del

sitio y Horizontes A de suelos regionales.

En la Figura 4 se pueden visualizar gráficamente los datos obtenidos y la relación de los mismos respecto de las variables medidas. En el caso de los suelos regionales, la relación entre %MO y Pe es positiva y curvilínea ($n= 26$; rho de Spearman= 0,4; $p < 0,05$), mostrando que los mayores valores de ambas variables se hallan en los Horizontes A. En cambio, las muestras obtenidas en el sitio RSCII, tanto en cuadrículas como en pozos de sondeo, exhiben valores de %MO similares a los

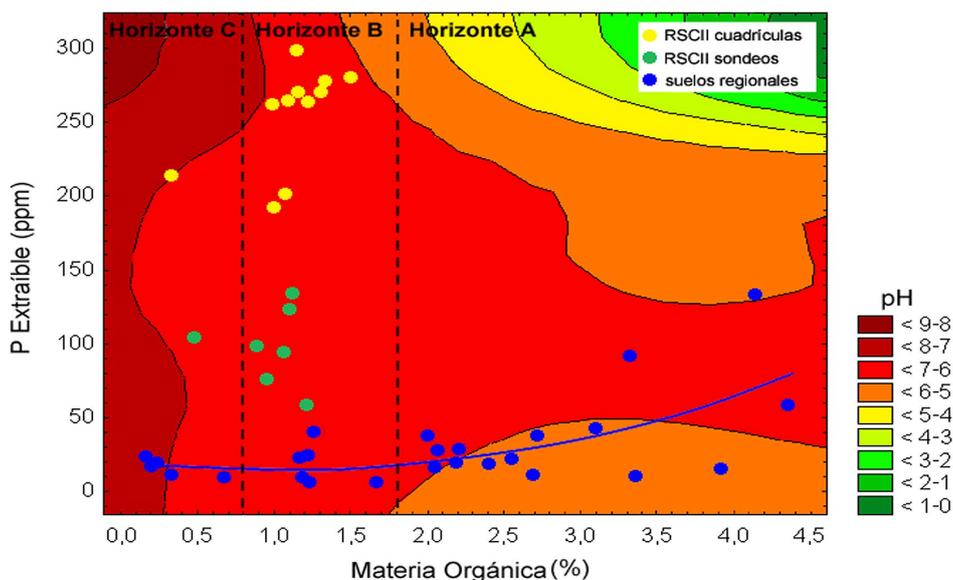


Figura 4. Diagrama de dispersión de los valores de Pe (ppm) en relación con los porcentajes de materia orgánica (%MO) y pH para muestras de suelo del sector de cuadrículas, de los pozos de sondeo y de los suelos regionales.

Figure 4. Scatterplot of Pe values (ppm) relative to the percentage of organic matter (% MO) and pH values of soil samples from squares, test pits, and regional soils.

Horizontes B, mientras que el Pe es, en los pozos de sondeo, similar a los de algunos horizontes A y superior a los B. En las cuadrículas, los valores de esta variable son muy superiores a los registrados en cualquiera de los horizontes de los suelos regionales, incluidos los A. Todas las muestras poseen valores de pH en agua situados dentro del rango 5-7 (Figura 4).

Discusión

En general, el Pe cuantificado en las muestras del sitio presenta valores altos, significativamente diferentes de otros suelos de la región, incluso considerando que estos últimos corresponden a suelos aptos para la agricultura, en muchos casos con agregado de fertilizantes artificiales que aumentan los contenidos de Pe. Esto puede explicarse por la presencia de una fuente importante de fosfatos en el sitio, como son los entierros humanos, cuya descomposición incorpora al suelo diferentes nutrientes presentes en el organismo, entre ellos el P (Barton *et al.*, 2016; Charzynski *et al.*, 2010; Mihelcic *et al.*, 2011; Majgier y Rahmonov, 2013; Żychowski, 2011). Este elemento constituye aproximadamente el 1% del peso del cuerpo humano y se concentra —entre un 80 y un 85 %— en los huesos y dientes (Butusov y Jernelöv, 2013; Johnston, 2000). Si se considera que en el cuerpo de un individuo masculino promedio de 70 kg existen aproximadamente 630 gr de P (McCawley y McKerrell, 1971), en un área de entierros donde se estima fueron depositadas varias decenas o incluso centenas de individuos, el aporte potencial de fosfatos al suelo derivado de los procesos de descomposición y diagénesis de los tejidos humanos es alto, esperándose una concentración de Pe muy por arriba del nivel de base local.

Cabe señalar que, si bien las diferencias entre el contenido de Pe de las muestras obtenidas de las cuadrículas excavadas ($n= 11$; $253,8 \pm 34,9$ ppm) y los pozos de sondeo alejados de las mismas ($n= 7$; $98,1 \pm 25,9$ ppm) son significativas, los niveles de Pe en estos últimos siguen siendo altos respecto de los que se encuentran en los diferentes horizontes de la mayoría de los suelos regionales (es revelador el hecho de que, de 15 horizontes A muestreados en la literatura, sólo tres presentan valores de Pe comparables). Si bien pueden no estar indicando la presencia de restos humanos pueden estar revelando, en cambio, la existencia de áreas de actividad persistentes a través del tiempo en los alrededores del área de entierro. En este sentido, la diversidad de materiales registrada en los sondeos excavados en las áreas más alejadas de la zona de entierros (*v.g.* contenedores cerámicos, restos arqueofaunísticos, escasos artefactos líticos), evidencian que las actividades realizadas en los alrededores de dicha zona fueron múltiples (Feuillet Terzaghi, 2009), aunque no es posible aun precisar la naturaleza de las mismas.

Una pregunta que surge es si la distribución de las

máximas concentraciones de Pe registradas en el sitio está directamente relacionada con la localización subsuperficial de restos humanos u otra fuente de fosfatos, o puede ser el producto de la dispersión horizontal de dicho elemento a través del suelo desde una fuente localizada en otro lugar. Como ya se mencionó, el P es básicamente un elemento inmóvil una vez que se incorpora al sustrato. Sin embargo, bajo determinadas circunstancias y dado el tiempo suficiente, el P tiende a migrar verticalmente a través del perfil del suelo (Ludwick, 1998; Markunas, *et al.*, 2016). La migración horizontal puede ocurrir, en forma natural, por erosión y escorrentía superficial y por flujo subsuperficial (Smil, 2000). Sin embargo, estos procesos tienden a producir la pérdida local del P por transferencia a sistemas acuáticos (Markunas *et al.*, 2016) y no su dispersión horizontal continua y gradual a través del suelo. Por consiguiente, se asume que la concentración diferencial de Pe medida en los sedimentos de RSCII está en estrecha relación espacial con la distribución subsuperficial de las fuentes de fosfatos que hicieron su aporte al sitio en diferentes momentos a lo largo de su formación.

En relación con el uso de la distribución espacial de los valores de Pe para la delimitación del área probable de entierros, es posible realizar una estimación considerando un valor límite de Pe: 235 ppm, el cual coincide con, aproximadamente, la mitad de la separación entre las ocho mediciones más altas (rango= 298,4-261,9 ppm) y las tres mediciones más bajas (rango= 213,7-191,9 ppm) realizadas en el sector de cuadrículas. Mediante este procedimiento, el área estimada es de 441 m² (Figura 3). Debido a que la morfología del área está fuertemente influenciada por la mayor separación de los muestreos en el sector derecho del gráfico, lo que produce una suerte de estiramiento de las isolíneas hacia el NE, E y SE que puede ser considerado un artefacto del muestreo y del modelado espacial, se realizó una corrección de la misma, trazándose un círculo que representaría, con mayor fidelidad, el límite de los 235 ppm, con una superficie de aproximadamente 282 m² (Figura 3). El área corregida se encuentra comprendida dentro de la variación registrada en aquellos sitios del delta superior e inferior del río Paraná en los cuales las áreas de entierro parecen haber sido totalmente excavadas ($n= 5$; área promedio= 183 ± 111 m²; Tabla 3).

La distribución espacial de los valores de Pe inferiores a 235 ppm pero superiores a 50 ppm pueden, tentativamente, ser utilizados para realizar una estimación de la extensión probable de las áreas de actividad alrededor del sector de entierros. Una proyección a partir de los datos de Pe y de la topografía del lugar, sugiere que las mismas pudieron haber ocupado un área cercana a una hectárea, con una mayor concentración o intensidad ocupacional hacia el este, entre el área de entierro y el borde de la barranca que desciende hacia la planicie de inundación del río Coronda. Esto resulta, al menos en principio, concordante con los

Tabla 3. Superficie estimada de las áreas de entierro registradas en diferentes sitios del Delta del Paraná.

Table 3. Estimated surface of inhumation areas registered in several archaeological sites of Paraná Delta.

Sitio	Cant. de entierros	Sup. Excavada (m ²)	Sup. Área de Entierro (m ²)	Densidad (cada 100 m ²)	Antigüedad (Años ¹⁴ C AP)	Referencias
Túmulo 1 del Brazo Largo	6	339	85	7,06	656 ± 42	Torres, 1911; Bonomo <i>et al.</i> , 2011
Túmulo 1 Paraná Guazú	40	294	120	33,33	576 ± 42	Torres, 1911; Bonomo <i>et al.</i> , 2011
Túmulo 2 Paraná Guazú	60	380	130	46,15	846 ± 41	Torres, 1911; Bernal, 2008
Cerro Grande de Paraná Pavón	15	882	220	6,82	< 3500	González, 1947; Mazza y Loponte 2012
Túmulo 1 del Brazo Gutiérrez	50	538	360	13,89	752 ± 41	Torres, 1911; Bernal, 2008

hallazgos realizados en los sondeos excavados hacia el oeste, en dirección al edificio del Museo y hacia el norte (Galligani *et al.*, 2016).

Las cuatro mediciones de Pe realizadas por Greenlab que corresponderían al mismo nivel de los entierros, concuerdan con los valores esperados para su posición de acuerdo con el modelo espacial generado (diferencia promedio 14 ± 22 ppm; prueba de pares emparejados de Wilcoxon $Z = 0,73$, $p > 0,05$).

Desde el punto de vista de la protección y conservación del sitio, resulta significativo el hecho de que alrededor del 50% de la superficie calculada para el área de entierro estaría comprendida dentro del sector protegido por el alambrado perimetral levantado en 2007. La posibilidad de extender esta protección a una mayor superficie está seriamente limitada por la existencia de la calle Roverano hacia el norte —que ya fue desviada con motivo del hallazgo del sitio— y de construcciones hacia el este y el sur. De todas maneras, se considera que el tamaño del área protegida resulta suficiente tanto para mitigar los efectos de la urbanización como para obtener información relevante mediante la extensión de la superficie a excavar dentro de ella durante el transcurso de futuros trabajos de campo a llevarse a cabo en el lugar.

Consideraciones Finales

Desde el punto de vista de la investigación arqueológica, el análisis químico del suelo en el sitio RSCII ha permitido lograr, dentro de los límites impuestos por las condiciones del entorno en el cual éste se encuentra, una aproximación a dos problemas de particular importancia y de difícil tratamiento, *i.e.* la delimitación probable del

área de entierro registrada y la extensión de las áreas de actividad que pudieron haber funcionado a su alrededor durante la ocupación prehispánica del lugar. Futuros trabajos deberán poner a prueba las hipótesis surgidas de este estudio.

Desde el punto de vista de la conservación y protección del sitio, en tanto bien de singular valor patrimonial, los resultados de esta investigación permiten contar con nueva información para la generación de políticas institucionales por parte del MAST y de la Municipalidad de Santo Tomé, de la cual éste depende, que tiendan a mitigar el impacto de la urbanización creciente en el lugar.

La Plata, 10 de julio de 2018

Agradecimientos

Al Ing. Agr. Alfredo Ausilio (Servicio de Análisis de Suelos, Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario), por los análisis químicos de las muestras de sedimento; a la Municipalidad de Santo Tomé (pcia. de Santa Fe), por su constante apoyo a las investigaciones llevadas a cabo en el sitio RSCII; a la Fundación Arqueológica del Litoral (FUNDARQ), por su contribución económica y logística.

Bibliografía

- Arrhenius, O. (1931). Die Bodenanalyse im Dienst der Archäologie. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde*, 10, 185-190.
- Barton, P. S., McIntyre, S., Evans, M. J., Bump, J. K., Cunningham, S. A. y Manning, A. D. (2016). Substantial

long-term effects of carcass addition on soil and plants in a grassy eucalypt woodland, *Ecosphere*, 7(10), e01537.

Beard, L., Hilliard, J. y Akridge, G. (2000). Historical and chemical traces of an Ozark cemetery for enslaved African-Americans: A study of silhouette burials in Benton County, Arkansas. *North American Archaeologist*, 21(4), 323-349.

Bernal, V. (2008). *Procesos de diferenciación biológica entre poblaciones humanas del Holoceno tardío de Patagonia. Una aproximación desde la variación métrica dental*. (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. La Plata. Argentina.

Carter, K. J. (2016). *Phosphate as an indicator of occupational intensity at shell midden sites on the central coast of British Columbia*. (Tesis de posgrado). Departamento de Antropología, McMaster University. Hamilton, Canadá.

Bonomo, M., Politis, G., y Gianotti, C. (2011). Montículos, jerarquía social y horticultura en las sociedades indígenas del Delta del río Paraná (Argentina), *Latin American Antiquity*, 22 (3), 297-333.

Boschetti, N. G., Quintero, C. E., Benavidez, R. A. y Giuffrè, L. (2003). Cuantificación de las fracciones orgánicas e inorgánicas de fósforo en suelos de la Mesopotamia argentina, *Ciencia del Suelo*, 21 (1), 1-8.

Buc, N., Sartori, J. S y Feuillet Terzaghi, M. R. (2013). Falanges decoradas en contextos funerarios de cazadores-recolectores. El caso de RSCII, Paraná medio, Holoceno tardío. Trabajo presentado en el V Encuentro de Discusión de Arqueología del Nordeste Argentino. Goya, Corrientes.

Burkart, R., Bárbaro, N. O., Sánchez, R. O. y Gómez, D. A. (1999). *Ecorregiones de la Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Administración de Parques Nacionales.

Butusov, M. y Jernelöv, A. (2013). *Phosphorus. An element that could have been called Lucifer*. Nueva York, E.E.U.U.: Springer.

Carter, K. J. (2016). *Phosphate as an indicator of occupational intensity at shell midden sites on the central coast of British Columbia*. (Tesis de posgrado). Departamento de Antropología, McMaster University. Hamilton, Canadá.

Castignani, H. (2011). Zonas agroeconómicas homogéneas Santa Fe. *Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales*. INTA, EEA, Rafaela, Santa Fe.

Charzynski, P., Bednarek, R. y Sołnowska, B. (2010). Characteristics of the soils of Toruń cemeteries. Trabajo

presentado en el *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, Brisbane, Australia.

Connolly, J. y Lake, M. (2006.) *Geographical information systems in archaeology*. Nueva York, E.E.U.U.: Cambridge University Press.

Connor, M. (2007). *Forensic methods: Excavation for the archaeologist and investigator*. Lanham, Reino Unido: Altamira Press.

Crowther, J. (1997). Soil phosphate surveys: critical approaches to sampling, analysis and interpretation. *Archaeological Prospection*, 4, 93-102.

Devos, Y, Fechner, K. y Mikkelsen, J. H. (2011). The application of phosphorus cartography to archaeological sites and structures: a state of the art and proposal of a protocol applicable for Belgium, Luxemburg and Northern France. En K. Fechner, Y. Devos, M. L. y Völkel, J. (Eds.), *Archaeology, soil- and life-sciences applied to enclosures and fields. Proceedings of the session 'from microprobe to spatial analysis 2*, (pp. 9-28). Oxford, Reino Unido: BAR International Series 2222.

Díaz País, E. y Kligmann, D. M. (2009). Comparación de cuatro métodos para medir fósforo en sedimentos arqueológicos. En *Arqueometría Latinoamericana: 2do. Congreso Argentino y 1ro. Latinoamericano* (pp.190-198), Buenos Aires.

Dunn, O. J. (1964). Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*, 6, 241-252.

Eidt, R. C. (1973). A rapid chemical field test for archaeological site surveying. *American Antiquity*, 38(2), 206-210.

Eidt, R. C. (1977). Detection and examination of anthrosols by phosphate analysis. *Science*, 197, 1327-1333.

Farswan, Y. S. y Nautiyal, V. (1997). Investigation of phosphorus enrichment in the burial soil of Kumaun, Mid-Central Himalaya, India. *Journal of Archaeological Science*, 24, 251-258.

Feuillet Terzaghi, M. R. (2009). *El registro arqueológico del uso del espacio en la cuenca inferior del río Salado y superior del río Coronda, pcia. de Santa Fe. Argentina*. (Tesis de Doctorado). Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario.

Feuillet Terzaghi, M. R. y Colasurdo, M. B. (2013). Arqueología de rescate en el sitio Río Salado Coronda II, (Santo Tomé. pcia. de Santa Fe). Nuevos datos para su interpretación. Trabajo presentado en el XVIII Congreso Nacional de Arqueología Argentina, La Rioja, Argentina.

- Feuillet Terzaghi, M. R y Deluca, S. (2011). Arqueología en la cuenca inferior del río Salado (provincia de Santa Fe). Primeras aproximaciones al estudio de un sitio arqueológico con enterratorios múltiples. *Folia Histórica del Nordeste*, 19, 23-50.
- 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. Rosario, Argentina.
- Galligani, P. E., Feuillet Terzaghi, M. R. y Barrientos, G. (2016). Los entierros humanos del sitio Río Salado-Coronda II: una aproximación tafonómica a los procesos de modificación ósea posdeposicional en el centro-este de la provincia de Santa Fe, República Argentina. *Intersecciones en Antropología*, 17, 187-200.
- Gambaudo, S., Zampar, A., Tomatis, L. y Quaino, O. R. (2001). Respuesta de la alfalfa a la aplicación de dos enmiendas calcáreas. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 12, 4-6.
- Garrison, E. (2016). *Techniques in archaeological geology*. Nueva York, EE.UU: Springer.
- González, A. (1947). *Investigaciones arqueológicas en las nacientes del Paraná Pavón*. Córdoba, Argentina: Instituto de Arqueología, Lingüística y Folklore "Dr. Pablo Cabrera", Universidad Nacional de Córdoba.
- Hammer, Ø., Harper, D. y Ryan, P. D. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1) art. 4. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Hamond, F. W. (1983) Phosphate analysis of archaeological sediments. En T. Reeves-Smyth y F. Hamond (eds.), *Landscape Archaeology in Ireland* (pp. 47-80). Oxford, UK: BAR British Series 116.
- Hedges, R. E. M. y Millard, A. R. (1995) Bones and groundwater: towards the modelling of diagenetic processes, *Journal of Archaeological Science*, 22, 155-164.
- Hein, N. E., de Hein, W. I. H. y Quaino, O. R. (1989). Características de los complejos de suelos de la parte central de Santa Fe. *Ciencia del Suelo*, 7 (1-2), 97-102.
- Historic England. (2016). *Preserving archaeological remains: Decision-taking for sites under development*. Swindon, Inglaterra: Historic England.
- Holliday, V. T. (2004). *Soils in archaeological research*. Nueva York, EE.UU: Oxford University Press.
- Holliday, V. T. y Gartner, W. G. (2007). *Methods of soils P analysis in archaeology*. *Journal of Archaeological Science*, 34, 301-333.
- INTA-MAG. (1981). *Mapas de suelos de la provincia de Santa Fe*. Rafaela, Argentina: INTA-EEA.
- Johnston, A. E. (2000). *Soil and plant phosphate*. París, Francia: International Fertilizer Industry Association.
- Kruskal, W. H. y Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47, 583-621.
- Ludwick, A. E. (1998). Phosphorus mobility in perspective, *News and Views*, Diciembre de 1998, 1-2.
- Majgier, L. y Rahmonov. O. (2013). Necrosols of cemeteries in Masurian Lakeland. En P. Charzyński, P. Hulisz y R. Bednarek (Eds.), *Technogenic soils of Poland* (pp. 95-110). Toruń, Polonia: Polish Society of Soil Science.
- Markunas, Y., Bostan, V., Laursen, A., Payne, M. y McCarthy, L. (2016). Vertical phosphorus migration in a biosolids-amended sandy loam soil in laboratory settings: concentrations in soils and leachates. *Applied and Environmental Soil Science*, Volume 2016, Article ID 3460939, 1-8.
- Mazza, B. y Loponte, D. (2012). Las prácticas mortuorias en el Humedal del Paraná Inferior. *Arqueología Iberoamericana*, 13, 3-21.
- McCawley, J. C. y McKerrell, H. (1971). Soil phosphorus levels at archaeological sites. *Proceedings of the Society*, 1-2, 301-306.
- Mihelcic J. R., Fry, L. M. y Shaw, R. (2011). Global potential of phosphorus recovery from human urine and feces. *Chemosphere*, 84(6), 832-9.
- Nielsen-Marsh, C. M. y Hedges, R. E. M. (2000). Patterns of diagenesis in bone I: the effects of site environments, *Journal of Archaeological Science*, 27, 1139-1150.
- Nielsen-Marsh, C. M., Gernaey, M. A., Turner-Walker, G., Hedges, R. E. M., Pike, A. y Matthew, C. (2000). The chemical degradation of bone. En Cox, M. y Mays, S. (Eds.), *Human osteology in archaeology and forensic science* (pp. 439-454). Nueva York, EE.UU: Cambridge University Press.
- Novello, O. A. y Quintero, C. E. (2009). Contenidos de fosforo total en suelos del distrito Villa Eloisa (Santa Fe). *Informaciones agronómicas de Hispanoamérica, (LACS)*, 41, 11-15.
- Ogle, D.H. (2018). FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.8.20.

- Ortiz, G. (2003). La aplicación de análisis químicos para la interpretación de áreas de actividad en la región subandina de Jujuy. *Cuadernos FHyCS-UNJu*, 20, 291-321.
- Pilatti, M. A. y de Orellana, J. (2012). Suelos ideales para agricultura sostenible. *Revista FAVE-Ciencias Agrarias*, 11(1), 65-88.
- Pollard, A. M. y Heron, C. (2008). *Archaeological chemistry*. Cambridge, Reino Unido: The Royal Society of Chemistry, RCS Publishing.
- Postma, J. (2013). *Estudio edafológico de los sitios arqueológicos Río Salado-Coronda II (RSCII) y Familia Primón (FP), provincia de Santa Fe*. Informe presentado a la Fundación Arqueológica del Litoral (Fundarq), Santa Fe, Argentina. Ms.
- Provan, D. N. J. (1971). Soil phosphate analysis as a tool in archaeology. *Norwegian Archaeological Review*, 4(1), 37-50.
- QGIS Development Team (2009). *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation. URL <http://qgis.osgeo.org>.
- Roldán, J. (2004). Efectos antrópicos del uso del suelo durante el Formativo en el Valle de Tafí (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- Roldán, J. (2009). La detección de actividad humana pasada a través de técnicas químicas. *Revista Arakuku*, 1, 16-29.
- Sampietro, M. M. y Vattuone, M. A. (2005). Reconstruction of activity areas at a formative household in northwest Argentina. *Geoarchaeology: An International Journal*, 20 (4), 337-354.
- Sartori, J. (2013). Variabilidad Arqueofaunística en la Cuenca Media e Inferior del Río Coronda. (Tesis de Doctorado). Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- Sartori, J. (2016). Falanges decoradas de *Lama* sp. en un sitio del borde de la Llanura Aluvial del río Paraná (Santa Fe, Argentina). *Arqueología Iberoamericana*, 32, 25-29.
- Smil, V. (2000). Phosphorus in the environment: Natural flows and human interferences, *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 53-88.
- Soil Survey Staff. (2006). *Keys to soil taxonomy*. Washington DC, EE.UU: USDA, Natural Resources Conservation Services.
- Solecki, R. S. (1951). Notes on soil analysis and archaeology. *American Antiquity*, 16, 254-256.
- Sørensen, S. P. L. (1909). Enzymstudien. II: Mitteilung. Über die Messung und die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration bei enzymatischen Prozessen. *Biochemische Zeitschrift*, 21, 131-304.
- Terry, R. E., Hardin, P. J., Houston, S. D., Nelson, S. D., Perry, J., Jackson, M. W., Carry, J. y Parnell, J. (2000). Quantitative phosphorus measurement: A field test procedure for archaeological site analysis at Piedras Negras, Guatemala. *Geoarchaeology: An International Journal*, 15(2), 151-166.
- Tomei, C. E., Hack, C. M. y Porta, M. (2006). Deficiencias de nutrientes minerales en suelos del Nordeste Argentino. Ensayos de invernadero. *Agrotecnia*, 16, 17-21.
- Torres, L. M. (1911). *Los primitivos habitantes del Delta del Paraná 4*. Buenos Aires: Universidad Nacional de La Plata, Biblioteca Centenaria.
- Wells, E. C., Terry, R. E., Parnell, J., Hardin, P., Jackson, M. y Houston, S. (2000). Chemical analyses of ancient anthrosols in residential areas at Piedras Negras, Guatemala. *Journal of Archaeological Science*, 27, 449-462.
- Żychowski J. (2011). The impact of cemeteries in Kraków on the natural environment – selected aspects. *Geographia Polonica*, 84, 5-23.