

Procesos de formación en sitios arqueológicos de la Depresión del Río Salado (provincia de Buenos Aires, Argentina): análisis desde la micromorfología de suelos



Alejandro Fernandez

<https://orcid.org/0000-0001-9161-0717>

Instituto de Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires (UBA) / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). 25 de mayo 217, 3° piso (CP C1002ABE), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. E-mail: alejandro.fernandez@uba.ar

Héctor Morrás

<https://orcid.org/0000-0001-9058-1889>

Instituto de Suelos, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Av. de los Reseros y Nicolás Repetto s/n (CP B1686), Hurlingham, Buenos Aires, Argentina. E-mail: hmorras@gmail.com

Emiliano Bressan

<https://orcid.org/0000-0003-3831-3777>

Instituto de Suelos, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Av. de los Reseros y Nicolás Repetto s/n (CP B1686), Hurlingham, Buenos Aires, Argentina. E-mail: bressan.emiliano@inta.gob.ar

Recibido: 24 de marzo de 2021

Aceptado: 8 de octubre de 2021

Resumen

La micromorfología de suelos es una técnica de aplicación en Arqueología que estudia muestras no disturbadas y permite visualizar los elementos constitutivos de un suelo y comprender la evolución pedológica del material originario mediante la observación de su composición, organización y pedorrasgos –características que se imprimen en los horizontes como consecuencia de procesos pedogénicos específicos–. Presentamos los resultados del análisis micromorfológico realizado sobre muestras de suelo tomadas en tres sitios arqueológicos de la Depresión del río Salado: San Ramón 7 (SR7), en un ambiente de humedal, Laguna Esquivel Fagoada (LEF) y Laguna del Medio (LDM), en las proximidades de dichos cuerpos de agua. Nuestro objetivo es identificar procesos de formación que puedan haber afectado la preservación del material arqueológico enterrado. Los resultados indican que los suelos en cada sitio son diferentes y han sido perturbados de diferentes maneras. Por una parte, en SR7 se describieron y cuantificaron microrrestos óseos, lo que refuerza el carácter fragmentario del registro arqueofaunístico de este sitio. Además, la identificación de nódulos de Fe-Mn indica condiciones temporarias de hidromorfismo que habrían repercutido sobre la integridad de los restos óseos. Por otro lado, en LEF se recuperaron restos de moluscos foráneos que indican un ambiente perturbado por actividades antrópicas. Finalmente, en LDM se observa una alta actividad biológica reflejada por frecuentes canales con relleno y estructuras de pasaje. La identificación de componentes minerales y pedorrasgos mediante la micromorfología contribuye a la comprensión de los procesos de formación que actúan en sitios someros como los analizados.

PALABRAS CLAVE: Sitios someros; Humedal; Lagunas; Hidromorfismo; Bioturbación

Site formation processes in archaeological sites from the Salado River Depression (Buenos Aires province, Argentina): a soil micromorphology analysis

Abstract

Soil micromorphology is a technique used in archaeology to study undisturbed samples and allows to visualize the elements of a soil and to understand the pedological evolution of the parent material by observing its composition, organization, and pedofeatures –soil horizon's characteristics derived from specific pedogenic processes–. We present the results of the micromorphological analysis carried out on soil samples coming from three archaeological sites of the Salado River Depression (Buenos Aires province): San Ramón 7 (SR7), in a wetland environment, Laguna Esquivel Fagoada (LEF), and Laguna Del Medio, close to shallow lakes. This study aims to identify site formation processes that could have affected the preservation of buried archaeological materials. Results indicate that the soils in each of the sites considered are different and have been disturbed in different ways. On the one hand, bone microremains have been described and quantified in SR7, reinforcing the highly fragmentary character of this site's archaeological record. Furthermore, the identification of Fe-Mn nodules indicates temporary hydromorphic conditions that would have affected the integrity of bone remains. On the other hand, foreign mollusk remains were recovered from LEF, indicating an environment disturbed by anthropic activities. Finally, in LDM, high biological activity is reflected by frequent infilled channels and passage features. The identification of mineral components and pedofeatures through micromorphology contributes to the understanding of formation processes acting in shallow sites such as those analyzed.

KEYWORDS: Shallow sites; Wetland; Shallow lakes; Hydromorphism; Bioturbation

Introducción

El objetivo de esta contribución es ilustrar cómo el análisis micromorfológico de muestras de suelo puede aportar a nuestro entendimiento del contexto ambiental y de los procesos de formación tanto naturales como culturales que han afectado la preservación del material arqueológico enterrado en sitios de la Depresión del río Salado (Figura 1A). Para eso presentamos los resultados del análisis micromorfológico de muestras provenientes de tres sitios, correspondientes a dos ambientes diferentes:

- » San Ramón 7 (SR7), ubicado en un humedal (Figura 1B).
- » Laguna Esquivel Fagoada (LEF) y Laguna del Medio (LDM), situados en las proximidades de estos cuerpos de agua (Figura 1C).

Área de estudio

La Depresión del río Salado se ubica en el sector noreste de la provincia de Buenos Aires, se enmarca en la Pampa Húmeda –en el límite transicional entre la Pampa Ondulada y la Pampa Deprimida– y está atravesada por el curso inferior del río Salado.

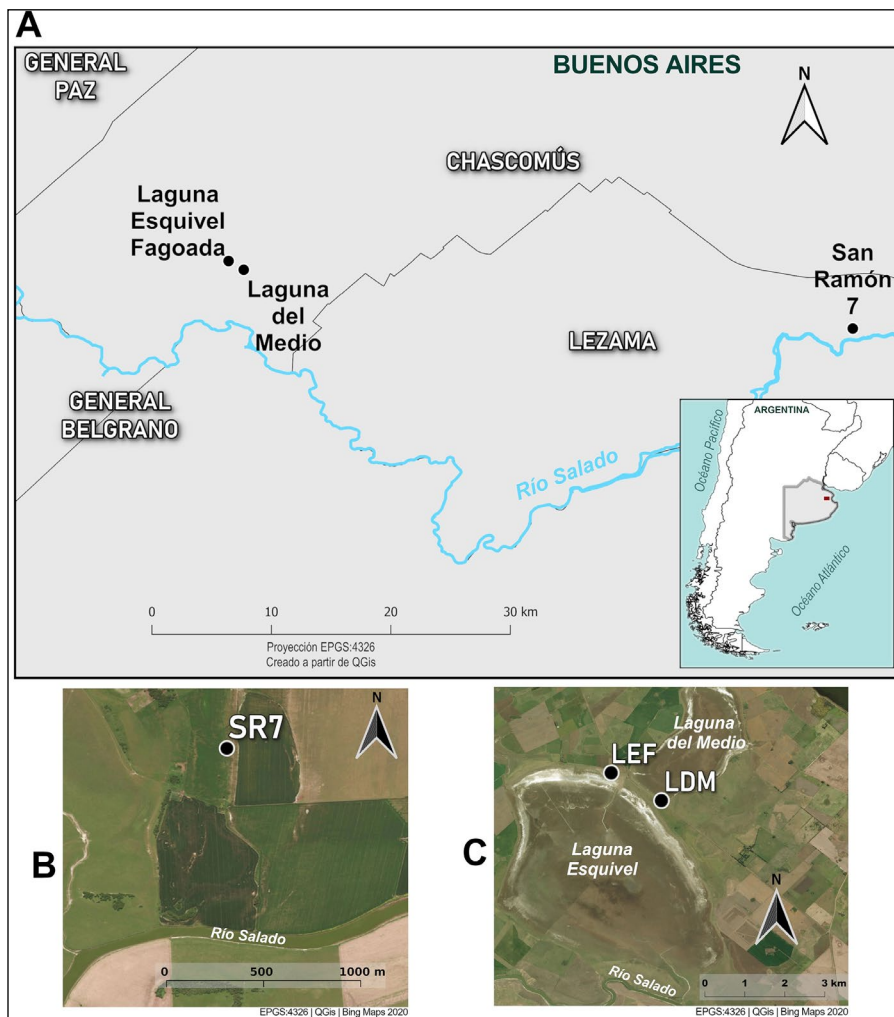


Figura 1. A) Ubicación del área de estudio y de los sitios arqueológicos analizados; B) Imagen satelital del entorno del sitio San Ramón 7 (35° 49' Latitud Sur y 57° 38' Longitud Oeste); C) Imagen satelital del entorno de los sitios Laguna Esquivel Fagoada (35° 45' Latitud Sur y 58° 13' Longitud Oeste) y Laguna del Medio (35° 46' Latitud Sur y 58° 12' Longitud Oeste).

Además, incluye varias lagunas permanentes y temporales de diferente extensión. Algunas de ellas están asociadas al río, mientras que otras están aisladas de la red de drenaje. El régimen hidrológico se caracteriza por la alternancia de inundaciones y sequías, por lo que una gran parte del espacio puede encontrarse temporalmente anegada o inundada durante el año (Canevari, Blanco, Bucher, Castro y Davidson, 1999). El tipo de suelo que predomina es el Molisol (Fucks, Pisano, Carbonari y Huarte, 2012), caracterizado por horizontes superficiales bien estructurados y ricos en materia orgánica humificada. Sin embargo, los suelos son diversos en función principalmente de su material parental, su posición topográfica y los procesos hidrológicos que los afectan, predominando Argiudoles desarrollados en la Formación Buenos Aires –en las posiciones más altas y planas de la llanura–, Hapludoles desarrollados en sedimentos holocénicos de la Formación La Postrera –en las lomas que enmarcan las cubetas– y Alfisoles sódicos y salinos (Natrudalfes y Natracualfes) en las áreas deprimidas (Dangavs, Merlo y Mormeneo, 2006; Durán, Morrás, Studdert y Liu, 2011; INTA, 2002a, 2002b).

Esta microrregión fue habitada durante el Holoceno tardío por grupos humanos que han sido caracterizados como cazadores-recolectores-pescadores con alfarería

sobre la base del uso de los recursos, el patrón de asentamiento y la tecnología (González, 2005). Las dataciones radiocarbónicas permitieron ubicar estas ocupaciones entre 2400 y 400 años AP y los contextos arqueológicos muestran un variado repertorio de restos tecnológicos y de subsistencia (Frère, González y Greco, 2016).

Los más de 30 sitios arqueológicos que incluye el área de estudio son considerados "someros", ya que los restos arqueológicos se encuentran en mayor concentración en los primeros 30 cm desde la superficie del suelo (horizontes A) (Zárate, González, Flegenheimer y Bayón, 2000-2002) y están sometidos a una intensa y prolongada perturbación por procesos pedogenéticos que producen desplazamientos y deterioro de estos materiales. Entre dichos procesos se incluyen tanto los de origen biológico (la acción de raíces y fauna edáfica) como los de origen físico y químico (agrietamiento y acción del agua). Así, en general, los perfiles de estos suelos se caracterizan por presentar un horizonte A con una gran cantidad de materia orgánica y actividad biológica considerable y un horizonte B con alta proporción de arcilla, de la cual se servían los antiguos pobladores para confeccionar sus artefactos de alfarería (González, 2005; Zárate et al., 2000-2002).

El sitio San Ramón 7

SR7 (Figura 2A) es un sitio arqueológico ubicado en un ambiente de humedal, en la planicie de inundación del curso inferior del río Salado, en una lomada loésica que en el pasado estuvo cubierta por un monte de tala. El pH del suelo es ligeramente ácido (6), típico de un horizonte A mólico y predominan los tamaños granulométricos limo grueso (30-50 μm) a limo mediano (15-25 μm). Además, posee un drenaje interno imperfecto caracterizado por condiciones alternantes de saturación hídrica y sequía. Este espacio ha sido utilizado repetidamente por los grupos humanos y una de las dataciones obtenidas sobre el material orgánico presente en la arcilla de un fragmento de cerámica (2433 ± 36 años ^{14}C AP, 752-404 cal. a.C. a 2 sigmas; AA71660) lo ubica como una de las ocupaciones más tempranas de la microrregión (Escosteguy, González y Frère, 2015; González, Frère y Escosteguy, 2006).

Dado que el material arqueológico se encontraba en el nivel correspondiente al horizonte A, ha estado sujeto a la dinámica pedológica de la parte superior del perfil. Así, la bioturbación y el agrietamiento promovieron el entierro progresivo de los restos ubicados en la superficie sin necesidad de un incremento en la tasa de depositación

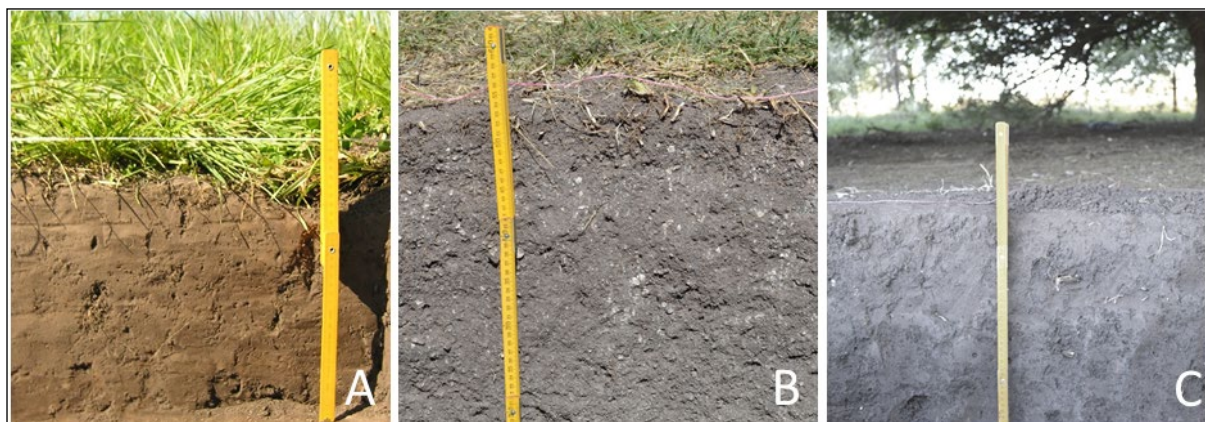


Figura 2. Horizontes superficiales de los suelos en los tres sitios estudiados. A) Sitio San Ramón 7 (SR7); B) Sitio Laguna Esquivel Fagoada (LEF); C) Sitio Laguna del Medio (LDM).

(González de Bonaveri y Zárata, 1993-1994). Luego, el desmonte, las tareas agrícolas, la acción de animales cavadores (principalmente armadillos) y la dinámica pedológica expusieron nuevamente los materiales que estaban enterrados. Esto hizo posible la recolección superficial y el planteo de una serie de excavaciones. Entre 2005 y 2014, el equipo dirigido por la Dra. María Isabel González llevó a cabo cinco campañas en las que se excavaron 41 m² y se alcanzó una profundidad de 50 cm. Los hallazgos consistieron principalmente en alfarería, restos faunísticos y artefactos líticos (Escosteguy et al., 2015; González et al., 2006).

El conjunto arqueofaunístico recuperado (NISP = 1.527) se caracteriza por su alta fragmentación y su pobre preservación, las cuales fueron evidentes tanto durante la excavación –cuando los restos óseos se desintegraban al intentar recuperarlos de la matriz de suelo– como en los análisis posteriores que indicaron predominio de procesos de formación naturales (Escosteguy et al., 2015; González et al., 2006, 2021). Escosteguy y coautores (2015) propusieron que la alternancia de períodos de humedecimiento y sequía de la matriz sedimentaria habría afectado a los huesos, ya que la repetición de estos ciclos repercute sobre la cantidad de colágeno (Nielsen-Marsh y Hedges, 2000).

Los sitios Laguna Esquivel Fagoada y Laguna del Medio

Las lagunas Esquivel y del Medio se encuentran en una llanura formada por depósitos de loess del Holoceno con un relieve bajo de pendientes suaves hacia el sureste y algunas lomadas de no más de dos metros de altura. Dichos cuerpos de agua se hallan rodeados por una zona baja que atraviesa inundaciones temporarias, en el marco de una fisiografía regional propensa al encharcamiento y permite el desarrollo de vegetación hidrófita (Dangavs, Merlo y Mormeneo, 2006). La laguna Esquivel, en particular, es una amplia depresión con una altitud de 7 m s.n.m. desarrollada en la planicie de inundación del río Salado que se une al mismo a través de una serie de juncas anegadizas. En el ángulo noroeste se comunica con la laguna del Medio a través del arroyo Tajamar. Ésta es muy similar a la anterior, pero de menor dimensión, barrancas más bajas y una altitud de 9 m s.n.m. (Pastore, 1974).

En general, el drenaje de la zona es deficiente. Esto determinó la formación de un ambiente léntico en el cual el agua se estanca en bajos endorreicos sin corriente. Las lagunas están contenidas en cubetas de deflación mucho mayores y de fondo casi horizontal. La continua nivelación por el lavado en manto hacia los lechos degradó el antiguo paisaje eólico, por lo que la zona adoptó un aspecto cóncavo-convexo. El relieve convexo rodea a las cubetas y está compuesto por sedimentos limo-arenosos, mientras que el relieve cóncavo se compone de un sustrato fangoso (Dangavs et al., 2006).

Las primeras investigaciones en estas lagunas se remontan a la década del '70, cuando la arqueóloga Marta Pastore realizó prospecciones y excavaciones que le permitieron recuperar artefactos líticos y tiosos cerámicos de superficie y al pie de la barranca de la laguna Esquivel (Pastore, 1974). Entre 2016 y 2019, el equipo Arqueología Pampeana del Río Salado realizó cuatro campañas que consistieron en recolecciones de superficie, prospecciones sistemáticas y sondeos estratigráficos en los sitios LEF (Figura 2B) y LDM (Figura 2C) –en las inmediaciones de las lagunas– y en el arroyo Tajamar. LDM se encuentra sobre una lomada cubierta por un monte de tala, mientras que LEF se ubica en una posición altimétrica más baja. Como resultado se recuperaron numerosos tiosos cerámicos, fragmentos líticos y restos óseos relativamente bien conservados¹.

¹ Aún queda pendiente la realización de estudios arqueofaunísticos y tafonómicos.

El material orgánico de un fragmento de borde de cerámica, recuperado de un sondeo en la barranca de la laguna Esquivel, otorgó una edad radiocarbónica de 1103 ± 19 años ^{14}C AP (988-1016 cal. d.C. a 1 sigma; AA109210) (Escosteguy et al., 2018).

Materiales y métodos

La micromorfología de suelos

La micromorfología estudia muestras no disturbadas de suelos con el fin de visualizar y determinar sus elementos constituyentes –ya sean minerales, orgánicos o artefactos– mediante sus propiedades ópticas, a la vez que su distribución relativa dentro del conjunto y establecer sus relaciones mutuas en el espacio-tiempo (Stoops, 2003). Asimismo, posibilita observar y comprender la evolución pedológica del material originario, por medio de la observación de los pedorrasgos –características específicas impresas en los horizontes por la acción de uno o más procesos pedológicos– (Imbellone, Beilinson y Aguilera, 2016; Loaiza, Stoops, Poch y Casamitjana, 2015). Esta técnica se utiliza en varias áreas como la Agronomía, la Pedología, la Sedimentología y la Arqueología. No obstante, la información micromorfológica útil para la geoarqueología es de una índole más amplia: desde componentes básicos del registro antrópico, hasta rasgos microestructurales asociados a procesos naturales característicos de un tipo de clima o vegetación, lo cual aporta información paleoambiental valiosa (Mallol, 2015). Tchilinguirián, Ozán y Morales (2016) resumen las aplicaciones geoarqueológicas de la micromorfología de este modo:

- » Determinar el tipo de horizonte de suelo.
- » Reconocer paleosuelos y suelos enterrados (y sus implicancias paleoambientales).
- » Distinguir el material *in situ* del que fue incorporado con posterioridad por distintos procesos de formación.
- » Observar procesos de cambio en el registro arqueológico, considerando tanto sus transformaciones fisicoquímicas como sus modificaciones posicionales.

Todas las propiedades y características que conforman la matriz de un suelo (e.g. mineralogía, materia orgánica, textura, estructura, pedorrasgos) constituyen evidencias y otorgan información sobre la historia tafonómica de los artefactos que están –o estuvieron– incluidos allí (White y Hannus, 1983). La micromorfología de suelos es una herramienta útil para profundizar en la descripción e interpretación de dicha matriz. Además, los elementos descritos son resultado de diferentes procesos que actúan bajo la influencia de determinados factores. Así, el objetivo final es establecer una cadena causal entre factores, procesos y elementos que permita comprender la dinámica de un suelo en un paisaje particular (Tchilinguirián et al., 2016).

La aplicación de la micromorfología en la Arqueología mundial se ha extendido a lo largo de la última década (Goldberg y Pérez-Juez, 2018; Wouters et al., 2017; entre otros) y ha tenido diferentes aplicaciones; por ejemplo, realizar descripciones paleoambientales, identificar actividades domésticas y especializadas, profundizar en los cambios climáticos, geomorfológicos y postdeposicionales (Tchilinguirián et al., 2016). Por contraste, su uso en la Arqueología Argentina es relativamente reciente y aún no muy extendido. Se cuenta con antecedentes relacionados con el estudio de sitios en aleros patagónicos (e.g. Morrás y Bellelli, 1996), estructuras complejas (e.g. Castiñeira et al., 2013) y sitios a cielo abierto (e.g. Ozán y Orgeira, 2015).

Metodología implementada

El análisis micromorfológico se realiza mediante microscopía óptica de polarización y requiere que las muestras de suelo sean tomadas y procesadas de manera de conservar su organización natural (Loaiza et al., 2015; Stoops, 2003). Durante los trabajos de campo realizados en 2014 en SR7, se excavaron cuatro cuadrículas (40, 41, 42 y 43) y cada una se dividió en cuatro sectores (A, B, C y D). En cada cuadrícula, se tomaron muestras no disturbadas de suelo del nivel superficial (0-10 cm) y a intervalos de 5 cm, hasta llegar a 30 cm de profundidad, usando cajas tipo Kubiena. Luego, con el objeto de llevar a cabo estos análisis, se seleccionaron diez muestras: por un lado, variando las cuadrículas y sectores al azar dentro de cada nivel; por otro lado, atendiendo a características especiales que fueron observadas en cuadrículas y sectores determinados (presencia de raíces, cuevas de animales y huesos con baja preservación).

Además, los trabajos de campo llevados a cabo en 2019 en las inmediaciones del arroyo Tajamar incluyeron la excavación de los sitios LEF y LDM, ubicados a una distancia de aproximadamente 3 km entre sí. Se aplicó la misma metodología en cada caso –dos cuadrículas de 2 m por 2 m divididas cada una en cuatro sectores (A, B, C y D)– y se tomaron cuatro muestras no disturbadas de suelo: dos de la cuadrícula 2D del sitio LEF y dos de la cuadrícula 4A del sitio LDM. En ambos casos se tomó una muestra en el nivel superficial (0-10 cm) y otra a 30 cm de profundidad, con el objeto de observar diferencias y/o similitudes entre ambos niveles del perfil.

A continuación, se confeccionaron los cortes delgados. Este proceso consistió en una serie de etapas: primero, las muestras fueron secadas en estufa a 40 °C aproximadamente; luego, se impregnaron con resina epoxy usando una cámara de vacío; después de que la resina se endureció, se cortaron bloques con sierra de borde de diamante y se pulieron a 30 µm aproximadamente con polvos abrasivos; finalmente, las superficies pulidas se pegaron sobre portaobjetos de vidrio y se recubrieron con cubreobjetos. Los cortes delgados obtenidos fueron observados bajo un microscopio petrográfico de luz polarizada (Leica Wild MZ8). La descripción micromorfológica y la interpretación correspondiente se realizaron siguiendo los métodos y criterios explicitados por Stoops (2003) y Loaiza et al. (2015).

Resultados

Micromorfología de SR7

Las características composicionales, la organización de la masa basal –material fino y grueso que forma la matriz del suelo– y los pedorrasgos de las muestras de suelo de SR7 permitieron agruparlas en tres grupos (A, B y C) que guardan una relación no estricta con la profundidad de muestreo (Tabla 1). Se destacan distintos tipos de agregados, fragmentos y microfragmentos de hueso, canales (indicadores de actividad biológica) y nódulos de Fe-Mn (Figura 3).

Micromorfología de LEF y LDM

Tanto en LEF como LDM los componentes son, en términos generales, similares en superficie y en profundidad. Con respecto a la microestructura, ésta es similar en ambos niveles de LEF pero difiere entre las dos muestras de LDM (Tabla 2). Se destacan, entre

Sector	Prof. (cm)	Grupo	Descripción			
			Microestructura	Masa basal	Rasgos edáficos / biológicos	
40A	0-10	A	Agregados esferoidales y subangulares (gránulos y grumos) de 1-6 mm de diámetro (con predominancia de agregados de 2 mm), de color negro. Elevada proporción de material suelto (granos de limo-arena y microgránulos de humus) entre agregados. Poros de empaquetamiento complejo.	Distribución relacionada porfirica cerrada. Relación grueso/fino: 1/1.	Microfragmentos de hueso (tamaño frecuente: 100-200 µm) alargados o equidimensionales y subangulares. Algunos fragmentos de mayor tamaño (1-3 mm). Generalmente se encuentran sueltos entre agregados. Promedio: 23 fragmentos por muestra. Canales pequeños ocasionales con excrementos sueltos.	
40C	0-10			Componentes gruesos: predominancia de cuarzo y feldspatos. Presencia de mica, hornblenda y fitolitos. El tamaño promedio es limo grueso y arena fina.		
41D	10-15			Elevada proporción de material suelto (granos de limo-arena y microgránulos de humus) entre agregados.		Micromasa compuesta por limo fino, arcilla y alto contenido de materia orgánica humificada. Fábrica-b (de birrefringencia) indiferenciada.
	15-20					
42A	10-15			Poros de empaquetamiento complejo.		Ídem grupo A, excepto: menor contenido de materia orgánica humificada.
	20-25					
43B	20-25	B	Ídem grupo A, excepto: menor contenido de materia orgánica humificada.			
43A	25-30					
42B	15-20	C	Agregados esferoidales y subangulares de 1-10 mm de diámetro, con predominancia (60%) de agregados de 3-6 mm. Algunos agregados de color negro similares a los superficiales. Predominancia de gránulos densos de color pardo. Son característicos algunos grumos heterogéneos formados por coalescencia de microagregados pardos y negros. Poros de empaquetamiento complejo.	Distribución relacionada porfirica cerrada y de espaciado simple. Relación grueso/fino: 1/1. Fracción gruesa similar a los otros grupos. La micromasa de los agregados pardos contiene menor proporción de humus, por lo que la arcilla no enmascarada presenta fábrica-b granoestriada.	Microfragmentos de hueso alargados y redondeados, en el interior de los agregados (promedio: ocho fragmentos por muestra). Escasos nódulos oscuros de Fe-Mn (≈ 1 mm) y algunos revestimientos de Fe-Mn incluidos en la matriz.	
43B	25-30					

Tabla 1. Descripción sintética de los componentes y rasgos micromorfológicos de las muestras de suelo de SR7.

otros rasgos, nódulos de carbonato de calcio –algunos con impregnación de óxidos de Fe-Mn–, fragmentos de conchillas de moluscos, restos vegetales no humificados, ligeramente humificados, en proceso de humificación y carbonizados, cavidades y canales (Figuras 4, 5 y 6).

Discusión

La aplicación de la micromorfología de suelos en tres sitios arqueológicos de diferentes entornos de la Depresión del río Salado ha esclarecido aspectos que no siempre son reconocibles a nivel macroscópico, permitiendo la identificación de componentes minerales y de rasgos correspondientes a procesos edáficos. Esto constituye un aporte a la comprensión de los procesos de formación que actúan en sitios someros y cómo repercuten sobre la preservación del material arqueológico. La dinámica pedológica favorece que pequeños artefactos y ecofactos se incorporen al horizonte A y puedan enterrarse hasta a varios centímetros de la superficie, para luego ser transportados por la fauna cavadora y quedar nuevamente expuestos. Con el correr de los años, en la medida que se repite este ciclo, aumenta la probabilidad de que materiales

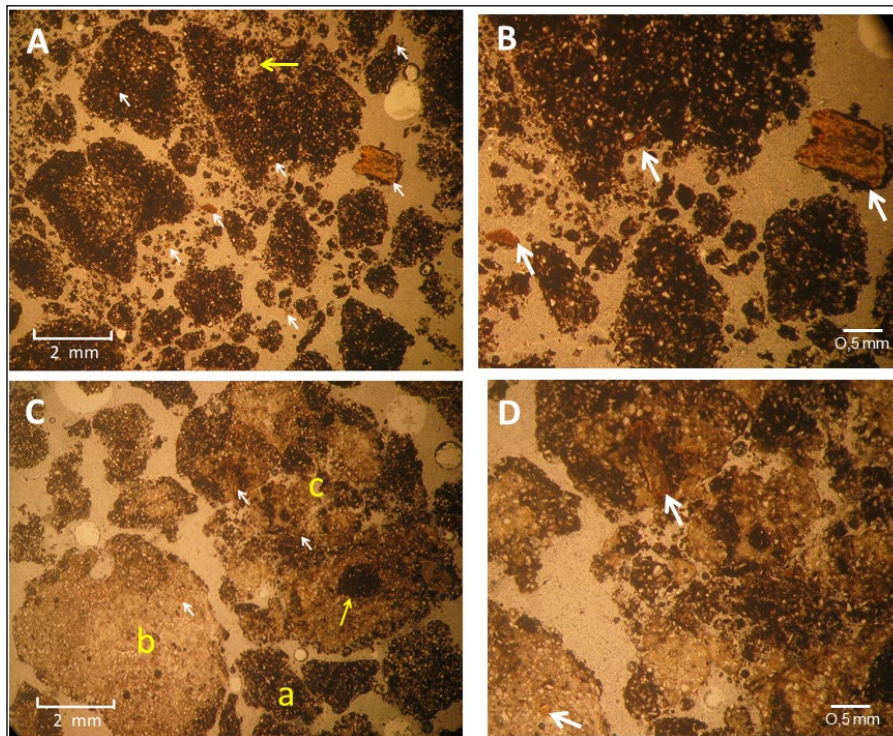


Figura 3. Cortes delgados de SR7 en luz transmitida. A) Muestra 40A. Agregados oscuros y humíferos. Se indican un fragmento y microfragmentos de hueso (flechas blancas) y un canal pequeño con excrementos sueltos (flecha amarilla); B) Detalle de la imagen 3A; C) Muestra 43B. Distintos tipos de agregados: a) humíferos, b) densos, con mayor proporción de arcilla y color pardo y c) heterogéneos. Se señalan microfragmentos óseos (flechas blancas) y un nódulo de Fe-Mn (flecha amarilla); D) Detalle de la imagen 3C.

correspondientes a diferentes ocupaciones queden mezclados, formando palimpsestos (Zárate et al., 2000-2002).

En SR7 se pudo evidenciar la presencia de microrrestos óseos que a menudo atraviesan las mallas de los tamices y no son recuperados. Esto refuerza el carácter altamente fragmentario del registro arqueofaunístico del sitio referido, que ya había sido observado durante las excavaciones. De hecho, la cantidad de fragmentos –en general, pequeños– que no pudieron ser determinados en ningún nivel taxonómico, ni anatómicamente, llega a alrededor de 500 (P. Escosteguy, comunicación personal, 2021).

Estos fragmentos se concentran mayormente cerca de la superficie y decrecen progresivamente en profundidad. A esto se suma que en la mayoría de las muestras los microrrestos se encuentran entre los gránulos que conforman la microestructura de los niveles analizados; sin embargo, en los casos de las muestras que conforman el grupo C, están contenidos adentro de los gránulos. Estas observaciones se podrían relacionar con la acción de las lombrices de tierra, que tienden a transportar objetos pequeños (como ecofactos y microartefactos) a la superficie a la vez que entierran progresivamente objetos más voluminosos (Canti, 2003; Favier Dubois y Politis, 2017). Los grumos heterogéneos observados en este nivel (Figura 3C) están constituidos por la coalescencia de pequeños agregados esféricos, los que por su morfología y composición probablemente correspondan a excrementos de lombrices. La inclusión de microfragmentos óseos en estos agregados podría, en consecuencia, atribuirse a la actividad de especies geófagas (Edwards y Loft, 1977). En este sentido, lo observado es consistente con el comportamiento de las especies de lombrices identificadas en el área de estudio (especialmente, *Amyntas gracilis*), el cual ha sido replicado en experimentos actualísticos (Fernandez y Escosteguy, 2019).

Sitio y sector	Prof. (cm)	Descripción		
		Microestructura	Masa basal	Rasgos edáficos / biológicos
LEF 2D	0-10	Fábrica del suelo constituida por nódulos calcáreos y microagregados de material de suelo, irregulares a esferoidales, migajosos y pardo oscuros. Poros de empaquetamiento complejo.	Distribución relacionada enéulica entre nódulos calcáreos y microagregados. Masa basal de microagregados compuesta por arcilla y materia orgánica humificada. Distribución relacionada en microagregados oscila entre enéulica y porfírica. Fábrica-b indiferenciada. Granos de esqueleto de tamaño limo grueso a arena muy fina (40-80 µm) de cuarzo, plagioclasas y fitolitos. Cristales de calcita (20 µm) dispersos y frecuentes. En la fracción gruesa de los agregados también se presentan fragmentos de conchillas de moluscos (comunes), escasos granos de cuarzo de arena media (≈ 500 µm) y nódulos de calcita esferoidales (≈ 600 µm).	Nódulos esferoidales de carbonato de calcio micrítico (de entre 2 y 5 mm de diámetro): anórticos, típicos y concéntricos. Algunos presentan ligera impregnación con óxidos de hierro. Restos vegetales ocasionales, con tejidos relativamente frescos (no humificados) y otros en proceso de humificación.
	30-40	Fábrica del suelo constituida por nódulos, microagregados y conchillas. El material de suelo es más abundante que en el nivel superficial. Los microagregados se unen entre sí con tendencia a formar bloques subangulares. Poros de empaquetamiento complejo, apareciendo además fisuras y cavidades.	Masa basal de microagregados más continua y densa y con mayor proporción de fracción fina y algo más oscura respecto del nivel superior. Fracción gruesa con mayor proporción de fragmentos de conchillas que el nivel superior. La distribución relativa en microagregados es porfírica.	Tamaño de nódulos de carbonato de calcio algo menor que en el nivel superior (≈ 3 mm en promedio). Mayor proporción de conchillas conservadas y fragmentadas de moluscos respecto del nivel superior.
LDM 4A	0-10	Bloques subangulares. Porosidad constituida por fisuras entre bloques separados, algunas cavidades y canales.	Micromasa color pardo oscuro, compuesta por materia orgánica humificada y arcilla. Fracción gruesa abundante constituida por cuarzo, feldespatos y fitolitos. Granos angulosos de tamaño promedio limo grueso a arena muy fina. Distribución relacionada porfírica cerrada. La fábrica-b es indiferenciada.	Frecuentes canales con relleno suelto y denso de excrementos. Rasgos de paso en media luna, ocasionales. Restos de tejidos vegetales, comunes: frescos o en proceso de humificación; algunos restos presentan fitolitos de oxalato de calcio. Restos vegetales carbonizados, ocasionales (1-2 mm).
	30-40	Bloques poco separados, irregulares. Gran parte de la masa basal constituida por microagregados biológicos coalescentes. Porosidad abundante de cavidades y canales. Algunas fisuras finas curvas.	Ídem nivel superficial, excepto: el color de la masa basal es menos oscuro (pardo más claro), indicando una menor proporción de materia orgánica humificada.	Canales con relleno suelto, frecuentes. Canales de lombrices, rellenos con excrementos esferoidales coalescentes, frecuentes. Rasgos de paso en media luna, ocasionales. Restos vegetales ocasionales, algunos con fitolitos de oxalato de calcio. Restos carbonizados, poco frecuentes.

Tabla 2. Descripción sintética de los componentes y rasgos micromorfológicos de las muestras de suelo de LEF y LDM.

Por otro lado, la identificación de nódulos de Fe-Mn en los niveles subsuperficiales indica condiciones temporarias –en este caso, limitadas– de hidromorfismo (Loaiza et al., 2015). Esto reforzaría la hipótesis de que el conjunto arqueofaunístico de SR7 se vio afectado por las fluctuaciones de humedad, producto de las variaciones en la capa freática (Escosteguy et al., 2015). El agua en el suelo incide en la preservación del material óseo, ya que es una variable que puede afectar la porosidad de los huesos. Esto repercute sobre su integridad, por lo que hay una relación estrecha entre una baja preservación y una alta fluctuación en la humedad del suelo (Nielsen-Marsh y Hedges, 2000). Este proceso diagenético a menudo va de la mano de oscilaciones geoquímicas

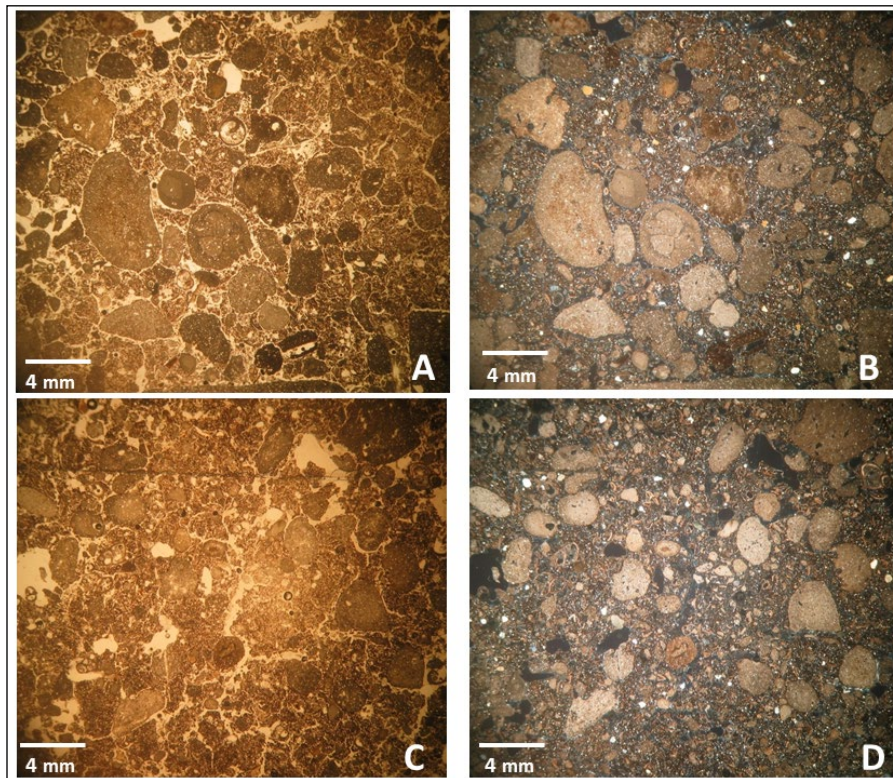


Figura 4. Cortes delgados de suelo de LEF. A) Profundidad: 0-10 cm. Nódulos esferoidales de carbonato de calcio micrítico y microagregados grumosos. Poros de empaquetamiento complejo (imagen en luz directa); B) Imagen 4A con polarizadores cruzados; C) Profundidad: 30-40 cm. Composición similar al nivel superior, pero con nódulos calcáreos de menor tamaño. Microestructura en bloques subangulares (imagen en luz directa); D) Imagen 4C con polarizadores cruzados.

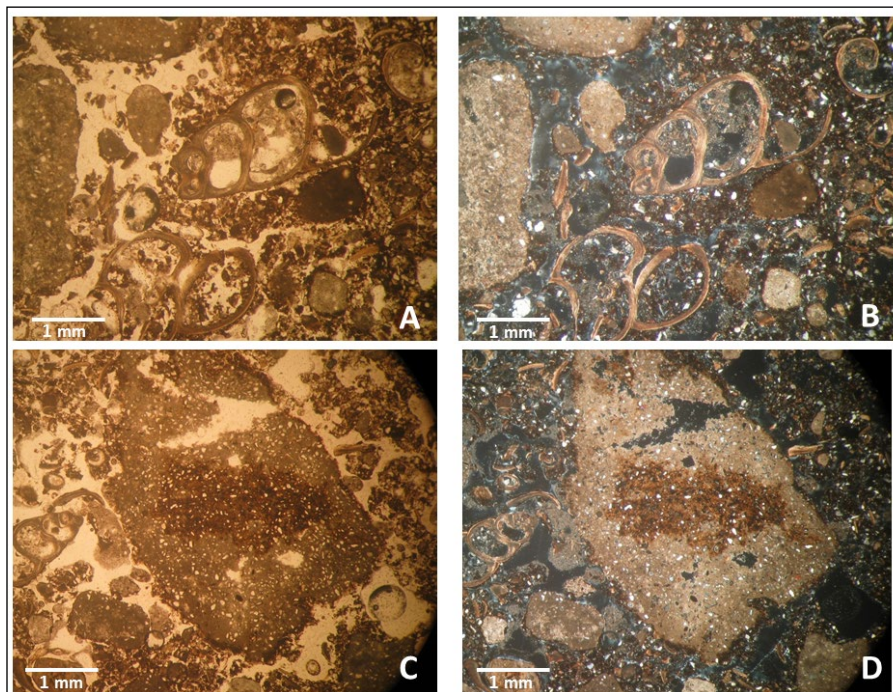


Figura 5. Cortes delgados de suelo de LEF (profundidad: 30-40 cm). A) Abundantes fragmentos de conchillas de moluscos, en los poros y en la masa basal del suelo (imagen en luz directa); B) Imagen 5A con polarizadores cruzados; C) Nódulo de carbonato de calcio con impregnación de óxidos de Fe-Mn (imagen en luz directa); D) Imagen 5C con polarizadores cruzados.

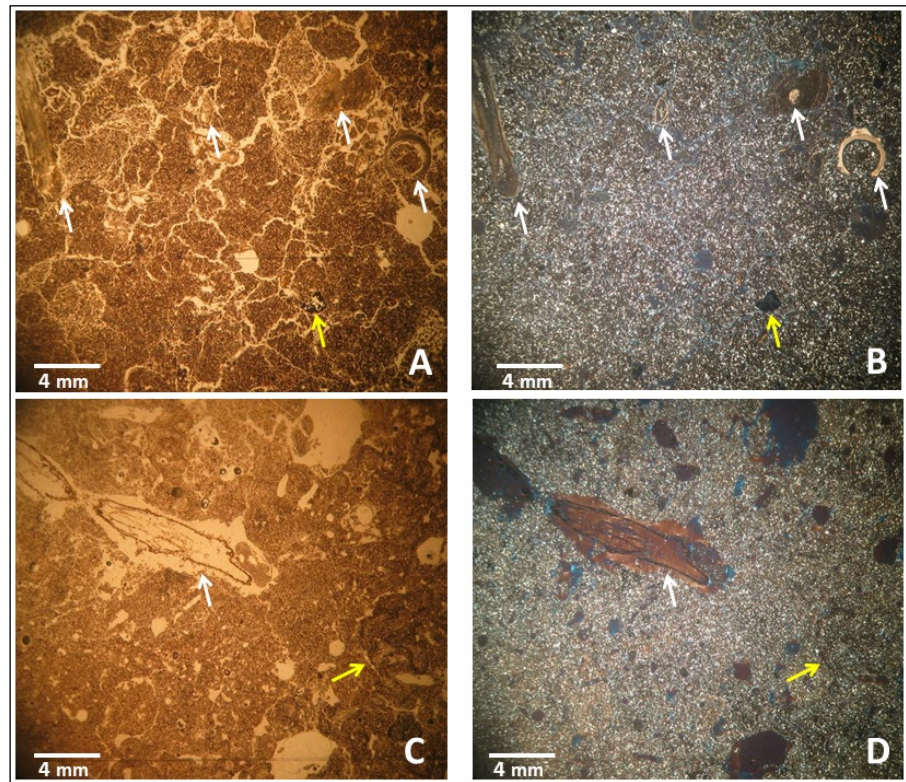


Figura 6. Cortes delgados de suelo de LDM en luz transmitida y con polarizadores cruzados. A-B) Profundidad: 0-10 cm. Estructura en bloques subangulares. Restos vegetales no humificados o ligeramente humificados (flechas blancas). Resto vegetal carbonizado (flecha amarilla); C-D) Profundidad: 30-40 cm. Microestructura de cavidades y canales. Resto vegetal consumido por fauna y en proceso de humificación (flecha blanca). Canal relleno con excrementos coalescentes de lombrices (flecha amarilla).

que pueden llevar a una mayor desintegración del material óseo (Hedges, 2002), lo que se reflejaría en el carácter microfragmentario de los huesos observados en los cortes delgados.

Por último, la elevada cantidad de materia orgánica humificada, manifestada por el color oscuro de la matriz, la presencia de excrementos de la fauna del suelo y la estructura organizada en microagregados esferoidales indican una alta actividad biológica.

Con respecto a LEF y LDM, los suelos en cada sitio son diferentes en su composición y evolución. Las muestras de LEF presentan una masa basal organizada en pequeños grumos constituidos por fracción inorgánica fina (limo y arcilla), que contrasta con escasos granos de arena media y numerosos microfragmentos de conchillas. Por otro lado, su característica más notable es la abundancia de nódulos de carbonato de calcio. Esto indica que el material proviene de horizontes profundos de suelo, en los que se produce la precipitación del mismo (posiblemente horizontes BC y C) tal como ocurre en los suelos Argiudoles que caracterizan el área, desarrollados en materiales loésicos de la Formación Buenos Aires. Además, su morfología esferoidal sugiere que provienen de un material erosionado y retrabajado por la acción del agua.

En otro orden, la presencia de concentraciones de oxi-hidróxidos de hierro en los nódulos carbonáticos indicaría la existencia de condiciones alternantes de óxido-reducción, resultantes de períodos alternantes de saturación hídrica y desecamiento (Morrás, 2016), lo que es congruente con los ciclos de saturación hídrica y sequía que caracterizan la zona de estudio.

Los restos de conchillas de moluscos observados en los cortes delgados de suelo de LEF se corresponden con las recuperadas durante las excavaciones. Éstas pertenecen, por lo menos, a tres especies de moluscos terrestres no nativos (*Paralaoma servilis*, *Cecilioides acicula* y *Allopeas gracile*). Las especies autóctonas habrían sido progresivamente desplazadas por las foráneas debido a que éstas eran introducidas involuntariamente como parte del impacto antrópico producido por actividades de agricultura y ganadería, entre otras, llevadas a cabo en épocas posteriores a la ocupación de los sitios (S. Miquel, comunicación personal, 2019). En coincidencia con lo que sugieren los nódulos de carbonato, la notable abundancia de estos restos de conchillas a distintas profundidades sería también indicativa de que el material parental que constituye este suelo habría sido retransportado a partir de sedimentos de fondos y márgenes de lagunas, además de condiciones de humedad actuales que influirían en el mantenimiento de un hábitat adecuado para estas especies.

En cambio, la matriz de las muestras de LDM no incluye carbonatos sino una abundante fracción gruesa compuesta por granos pequeños y angulosos. En coincidencia con la cartografía de suelos (INTA, 2002a, 2002b), el de este sitio presenta las características composicionales y morfológicas de un Hapludol. Se destacan dos aspectos: 1) la intensa actividad biológica reflejada por la abundancia de excrementos coalescentes de lombrices, particularmente en el nivel subsuperficial (Figura 6C), que constituyen gran parte de la masa basal del suelo. A esto se agregan los frecuentes canales y rasgos de paso que son producidos por la fauna del suelo; y 2) la observación, en algunos restos de tejidos vegetales, de fitolitos de oxalato de calcio. Éstos se forman como resultado de la reacción del metabolismo de una planta a una sustancia tóxica, mediante lo cual el calcio se neutraliza en forma de cristal. Cuando la planta muere y se degrada, el oxalato de calcio permanece porque es inorgánico (Hoyas, Palet y Villate, 1990). Este hallazgo indicaría que en el ambiente donde se formó hubo una presencia sostenida de vegetación; tal es el caso de LDM, que se encuentra bajo un monte de tala al igual que SR7. También se han observado restos carbonizados. Sin embargo, son partículas muy pequeñas y escasas que probablemente provengan de incendios naturales de plantas (e.g. pastos). No se observa tejido leñoso remanente, que podría eventualmente indicar y relacionarse con fogones, para lo cual debería haber una concentración de partículas relativamente abundante.

En síntesis, es evidente que la actividad biológica está presente en los tres sitios, aunque con diferente intensidad y con la participación de diferentes integrantes de la macrofauna edáfica en la estructuración del suelo y en la relocalización de materiales. También se observó un indicador indirecto de perturbación cultural: la presencia de moluscos foráneos. Por otro lado, en los sitios cercanos a las lagunas, a diferencia de SR7, no se identificaron fragmentos de hueso. Además, durante las excavaciones, los huesos fueron recuperados en un mejor estado de conservación. Esto podría sugerir que las condiciones de los suelos que se desarrollan en las cercanías a las lagunas son menos propensas a degradar el material enterrado que en el caso del humedal donde se encuentra SR7; especialmente en LEF, cuyo pH es alcalino como indica la presencia de carbonato de calcio. Aunque también podría atribuirse a un sesgo en el muestreo, por lo que está previsto a futuro tomar más muestras de suelo –incluyendo criterios edafológicos– en las inmediaciones de las lagunas Esquivel y del Medio a diferentes profundidades.

Conclusiones

La incorporación del análisis micromorfológico de muestras de suelo resulta novedosa y con gran potencial para la investigación arqueológica de la microrregión del río Salado y de la región pampeana en general. En el presente caso, se vio que tanto en el ambiente

de humedal como en el de lagunas, la aplicación de esta técnica sirvió no sólo para realizar una caracterización mineralógica sino también para detectar características que dan cuenta de procesos de formación naturales (indicadores de actividad biológica, erosión, transporte, hidromorfismo) y de posible impacto antrópico post-ocupacional (presencia de especies foráneas de fauna introducida por el hombre). Además, se pudieron observar edaforrasgos específicos que son útiles para hacer reconstrucciones ambientales o para cotejar con lo que se puede apreciar a nivel macroscópico. En este sentido, la micromorfología debe constituirse como una línea de evidencia que se suma y complementa con las tradicionalmente utilizadas en Arqueología y con las demás prácticas del trabajo de campo, con el objetivo de lograr un mejor entendimiento de la génesis de los sitios.

Agradecimientos

Versiones previas de este trabajo fueron presentadas en el XX Congreso Nacional de Arqueología Argentina (Córdoba, 15 al 19 de julio de 2019) y en el IX Congreso de Arqueología de la Región Pampeana Argentina (Mar del Plata, 2 al 6 de agosto de 2021). Agradecemos a la Dra. Paula Escosteguy y al técnico químico Roberto Leandro por sus comentarios sobre un borrador previo; al Dr. Sergio Miquel (del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia") por identificar las especies de moluscos; a la Prof. Olivia Sokol por confeccionar la Figura 1; y a los evaluadores anónimos que, con sus observaciones y sugerencias tan útiles y constructivas ayudaron a mejorar mucho esta producción. Esta investigación ha sido financiada por los proyectos UBACyT 20020170100525BA, PICT 2015-0272 y PICT 2016-0368. A. Fernández es beneficiario de una beca de finalización de doctorado otorgada por el CONICET.

Referencias citadas

- » Canevari, P., Blanco, D., Bucher, E., Castro, G. y Davidson, I. (Eds.). (1999). *Los humedales de la Argentina: clasificación, situación actual, conservación y legislación*. Buenos Aires: Publicación 46, Humedales para las Américas (Wetlands International) y Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable de la República Argentina. <https://lac.wetlands.org/download/6307> (Acceso: 8 de octubre, 2021).
- » Canti, M. (2003). Earthworm activity and archaeological stratigraphy: a review of products and processes. *Journal of Archaeological Science*, 30(2), 135-148. <https://doi.org/10.1006/jasc.2001.0770>
- » Castiñeira, C., Blasi, A. M., Politis, G., Bonomo, M., Del Puerto, L., Huarte, R., Carbonari, J., Mari, F. y García-Rodríguez, F. (2013). The origin and construction of pre-Hispanic mounds in the Upper Delta of the Paraná River (Argentina). *Archaeological and Anthropological Science*, 5(1), 37-57. <https://doi.org/10.1007/s12520-012-0107-2>
- » Dangavs, N., Merlo, D. y Mormeneo, M. L. (2006). Geolimnología de los cuerpos lénticos de la cuenca del arroyo La Vigilancia, Chascomús, provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo de La Plata*, 12(115), 1-29. <https://publicaciones.fcnym.unlp.edu.ar/rmlp/issue/view/819> (Acceso: 8 de octubre, 2021).
- » Durán, A., Morrás, H., Studdert, G. y Liu, X. (2011). Distribution, properties, land use and management of Mollisols in South America. *Chinese Geographical Science*, 21(5), 511-530. <https://doi.org/10.1007/s11769-011-0491-z>
- » Edwards, C. y Lofty, J. (1977). *Biology of earthworms*. Londres: Chapman & Hall.
- » Escosteguy, P., González, M. I. y Frère, M. M. (2015). Datos sobre fauna menor de la Depresión del río Salado (provincia de Buenos Aires, Argentina): el caso de San Ramón 7. *Archaeofauna. International Journal of Archaeozoology*, 24(1), 295-313. <http://hdl.handle.net/11336/55889>
- » Escosteguy, P., González, M. I., Frère, M. M., Sokol, O., Rivas Gonzalez, M., Fernandez, A. y Grzegorzczuk, M. (2018). Ocupaciones prehispánicas en las lagunas Esquivel y del Medio (Depresión del río Salado bonaerense). *Revista de Antropología del Museo de Entre Ríos*, 4(2), 16-28. <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/12521>
- » Favier Dubois, C. y Politis, G. (2017). Environmental dynamics and formation processes of the archaeological record at the pampean archaeological locality Zanjón Seco, Argentina. *Geoarchaeology: An International Journal*, 32(6), 622-632. <http://dx.doi.org/10.1002/gea.21657>
- » Fernandez, A. y Escosteguy, P. (2019). Bioturbación por lombrices en sitios arqueológicos: análisis desde la tafonomía experimental. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano: Series Especiales*, 7(2), 99-109. <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/12987>
- » Frère, M. M., González, M. I. y Greco, C. (2016). Continuity in the use of shallow sites of the Salado River basin in the Pampean Region, Argentina. *Radiocarbon*, 58(4), 921-933. <https://doi.org/10.1017/RDC.2016.63>
- » Fucks, E., Pisano, F., Carbonari, J. y Huarte, R. (2012). Aspectos geomorfológicos del sector medio e inferior de la Pampa Deprimida, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 25(1-2), 107-118. <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/5902> (Acceso: 8 de octubre, 2021).
- » Goldberg, P. y Pérez-Juez, A. (2018). The hidden record at Torre d'en Galmés, Menorca. Accounts from soil micromorphological analysis. *Pyrenae*, 49(1), 71-97. <https://doi.org/10.1344/Pyrenae2018.vol49num1.3>
- » González, M. I. (2005). *Arqueología de alfareros, cazadores y pescadores pampeanos*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología.
- » González, M. I., Escosteguy, P., Salemme, M., Frère, M. M., Weitzel, C. y Vecchi, R. (2021). Assessing strategies of coypu hunting and use in the Salado River Depression (Buenos Aires province). En J. B. Belardi, D. Bozzuto, P. Fernández, E. Moreno y G. Neme (Eds.), *Ancient hunting strategies in Southern South America* (pp. 59-81). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61187-3_3
- » Gonzalez, M. I., Frère, M. M. y Escosteguy, P. (2006). El sitio San Ramón 7. Curso inferior del río Salado, provincia de Buenos Aires. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 21(1), 187-199.

- » González de Bonaveri, M. I. y Zárata, M. (1993-1994). Dinámica de suelos y registro arqueológico: La Guillerma, provincia de Buenos Aires. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 19(1), 285-305.
- » Hedges, R. (2002). Bone diagenesis: an overview of processes. *Archaeometry*, 44(3), 319-328. <https://doi.org/10.1111/1475-4754.00064>
- » Hoyas, J., Palet, A. y Villate, E. (1990). Análisis de fitolitos en ópalo y pseudomorfo de oxalato cálcico en calcita como indicadores arqueobotánicos. *Cuaternalario y geomorfología*, 4(1), 47-154.
- » Imbellone, P., Beilinson, E. y Aguilera, E. (2016). Micromorfología de suelos. En F. Pereyra y M. Torres Duggan (Eds.), *Suelos y geología argentina: una visión integradora desde diferentes campos disciplinarios* (pp. 159-183). Avellaneda: UNDAV Ediciones.
- » INTA (2002a). Hoja 3557-31-2 [El Espartillar]. Escala 1:50.000. Mapa de Suelos de la provincia de Buenos Aires. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/3557/G_Belgrano/3557-31-2.htm (Acceso: 8 de octubre, 2021).
- » INTA (2002b). Hoja 3557-31-4 [Puente el Venado]. Escala 1:50.000. Mapa de Suelos de la provincia de Buenos Aires. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/3557/G_Belgrano/3557-31-4.htm (Acceso: 8 de octubre, 2021).
- » Loaiza, J., Stoops, G., Poch, R. y Casamitjana, M. (Eds.). (2015). *Manual de micromorfología de suelos y técnicas complementarias*. Medellín: Fondo Editorial Pascual Bravo.
- » Mallol, C. (2015). Aplicaciones a la Geoarqueología. En J. Loaiza, G. Stoops, R. Poch y M. Casamitjana (Eds.), *Manual de micromorfología de suelos y técnicas complementarias* (pp. 321-345). Medellín: Fondo Editorial Pascual Bravo.
- » Morrás, H. (2016). Meteorización y pedogénesis. En F. Pereyra y M. Torres Duggan (Eds.), *Suelos y geología argentina: una visión integradora desde diferentes campos disciplinarios* (pp. 47-83). Avellaneda: UNDAV Ediciones.
- » Morrás, H. y Bellelli, C. (1996). *Contribución de la Pedología al estudio de un sitio arqueológico en Piedra Parada (Provincia de Chubut, Patagonia Argentina)*. Trabajo presentado en el XIII Congreso Latinoamericano de Ciencia del Suelo, São Paulo, Brasil.
- » Nielsen-Marsh, C. y Hedges, R. (2000). Patterns of diagenesis in bone I: the effects of site environments. *Journal of Archaeological Science*, 27(12), 1139-1150. <https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0537>
- » Ozán, I. y Orgeira, M. J. (2015). Propiedades magnéticas y micromorfología de suelos en el sitio arqueológico Marazzi 2, Isla Grande de Tierra del Fuego, Chile. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 72(2), 251-264. <https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/366> (Acceso: 8 de octubre, 2021).
- » Pastore, M. (1974). *Yacimientos arqueológicos de la cuenca del río Salado y del río Matanzas (provincia de Buenos Aires, República Argentina)*. Trabajo presentado en el III Congreso Nacional de Arqueología y IV Encuentro de Arqueología del Litoral, Montevideo, Uruguay.
- » Stoops, G. (2003). *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections*. Madison: Soil Science Society of America Inc.
- » Tchilinguirián, P., Ozán, I. y Morales, M. (2016). El suelo y la Arqueología. En F. Pereyra y M. Torres Duggan (Eds.), *Suelos y geología argentina: una visión integradora desde diferentes campos disciplinarios* (pp. 252-276). Avellaneda: UNDAV Ediciones.
- » White, E. y Hannus, L. (1983). Chemical weathering of bone in archaeological soils. *American Antiquity*, 48(2), 316-322. <https://doi.org/10.2307/280453>
- » Wouters, B., Devos, Y., Milek, K., Vrydaghs, L., Bartholomieux, B., Tys, D., Moolhuizen, C. y Van Asch, N. (2017). Medieval markets: a soil micromorphological and archaeobotanical study of the urban stratigraphy of Lier (Belgium). *Quaternary International*, 460(1), 48-64. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.03.002>
- » Zárata, M., González, M. I., Flegenheimer, N. y Bayón, C. (2000-2002). Sitios arqueológicos someros: el concepto de sitio en estratigrafía y sitio de superficie. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano*, 19(1), 635-653. <https://revistas.inapl.gob.ar/index.php/cuadernos/article/view/566> (Acceso: 8 de octubre, 2021).