

2021, Volumen 6, Número 2: 295-316

Dossier

“La interdisciplina en la práctica geoarqueológica. VIII Taller GEGAL-La Plata 2020”

Editores invitados: Bruno Mosquera, Irina Capdepon, Marco Alvarez, Carola Castiñeira & Eduardo Apolinaire

## Estudio geoarqueológico del desarrollo de aleros y cuevas en diferentes regiones y contextos geológicos de la Argentina II: preservación de materiales orgánicos en sus rellenos

Débora M. Kligmann<sup>1,2</sup>, Cristian M. Favier Dubois<sup>2,3</sup>, Pilar Babot<sup>2,4</sup>, Salomón Hocsman<sup>2,4</sup>, Pablo Ambrústolo<sup>2,5</sup>, Manuel Carrera Aizpitarte<sup>2,6</sup>, Gustavo A. Martínez<sup>7</sup>, Laura Marchionni<sup>2,5</sup>, Bruno Mosquera<sup>2,5</sup>, Diego Rivero<sup>2,8</sup> & Juan P. Carbonelli<sup>2,6</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina. kligmann@gmail.com

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Paleontológicas del Cuaternario Pampeano, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. cfavier3@gmail.com

<sup>4</sup> Instituto Superior de Estudios Sociales, IAM, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. pilarbabot@yahoo.com; schozman@hotmail.com

<sup>5</sup> División Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. pambrustolo@hotmail.com; lau.marchioni@gmail.com; bruno\_mosquera@hotmail.com

<sup>6</sup> Instituto de Culturas, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina. mcarreraaizpitarte@gmail.com; juanp.carbonelli@gmail.com

<sup>7</sup> Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. gamati2003@yahoo.com.ar

<sup>8</sup> Instituto de Estudios Históricos, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. ayampitin1@yahoo.com.ar



## **Estudio geoarqueológico del desarrollo de aleros y cuevas en diferentes regiones y contextos geológicos de la Argentina II: preservación de materiales orgánicos en sus rellenos**

**Débora M. Kligmann<sup>1,2</sup>, Cristian M. Favier Dubois<sup>2,3</sup>, Pilar Babot<sup>2,4</sup>, Salomón Hocsmán<sup>2,4</sup>, Pablo Ambrústolo<sup>2,5</sup>, Manuel Carrera Aizpitarte<sup>2,6</sup>, Gustavo A. Martínez<sup>7</sup>, Laura Marchionni<sup>2,5</sup>, Bruno Mosquera<sup>2,5</sup>, Diego Rivero<sup>2,8</sup> & Juan P. Carbonelli<sup>2,6</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina. kligmann@gmail.com

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Paleontológicas del Cuaternario Pampeano, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. cfavier3@gmail.com

<sup>4</sup> Instituto Superior de Estudios Sociales, Instituto de Arqueología y Museo, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. pilarbabot@yahoo.com, shocsmán@hotmail.com

<sup>5</sup> División Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. pambrustolo@hotmail.com, lau.marchionni@gmail.com, bruno\_mosquera@hotmail.com

<sup>6</sup> Instituto de las Culturas, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina. mcarreraaizpitarte@gmail.com, juanp.carbonelli@gmail.com

<sup>7</sup> Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. gamarti2003@yahoo.com.ar

<sup>8</sup> Instituto de Estudios Históricos, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. ayampitin1@yahoo.com.ar

**RESUMEN.** Este trabajo forma parte de un proyecto iniciado en 2019, cuyo objetivo principal consiste en realizar un análisis geoarqueológico de aleros y cuevas someras ubicadas en diferentes regiones y contextos geológicos de la Argentina. En esta contribución en particular se intenta avanzar en la comprensión de los procesos de preservación de los materiales orgánicos en tales contextos. Es sabido que en los reparos rocosos se generan condiciones microambientales particulares que promueven la preservación de materiales orgánicos poco frecuentes en otro tipo de sitios, entre ellos tejidos vegetales, plumas, cueros, pelos y tendones. Desde un punto de vista metodológico, hemos diferenciado los procesos tafonómicos involucrados en tres etapas: pre-sepultamiento, sepultamiento y post-sepultamiento. En cada una de ellas hemos reconocido las principales variables actuantes, ejemplificadas en 19 casos de estudio procedentes de diferentes regiones de la Argentina. Como resultado se observa que la combinación de múltiples factores microambientales, sedimentarios y geoquímicos determina qué se va a preservar en estos espacios, quedando disponible para la recuperación arqueológica posterior. El microambiente que se crea dentro de estos sitios amortigua los cambios de temperatura y proporciona reparo del sol, de la lluvia y del viento, lo que retarda el deterioro de los huesos y de otros materiales orgánicos en superficie. La sedimentación suele ser muy lenta en estos contextos, no obstante, a pesar de su permanencia prolongada en superficie, se registran bajos o nulos estadios de meteorización en los restos óseos. De esta manera, en los reparos se pueden



generar secuencias de meteorización muy diferentes a las desarrolladas en sitios a cielo abierto. El ambiente geoquímico en capa constituye el factor tafonómico final para la preservación, representado por el equilibrio metaestable entre el material orgánico y su entorno a lo largo del tiempo. Estudios como el aquí presentado permiten aproximarnos a la comprensión del potencial de preservación particular de este tipo de sitios, y a la de sus posibles sesgos, a fin de incorporar esta perspectiva en su interpretación arqueológica.

**Palabras clave:** *Geoarqueología; Reparos rocosos; Procesos tafonómicos; Argentina*

**ABSTRACT.** *Geoarchaeological study on the development of rockshelters and caves located in different regions and geologic contexts in Argentina II: preservation of organic materials in their fillings.* This paper is part of an ongoing project started in 2019. Its main goal is to carry out a geoarchaeological analysis of rockshelters and shallow caves located in different regions and geological contexts of Argentina. This particular contribution attempts to shed light on the preservation processes of organic materials in such contexts. It is known that special microenvironmental conditions created in rocky shelters promote the preservation of rare organic materials in other types of sites, including plant tissues, feathers, hides, hair, and tendons. From a methodological perspective, we have differentiated the taphonomic processes involved in their preservation in three stages: pre-burial, burial, and post-burial. In each of these stages, we have recognized the main acting attributes, exemplified in 19 case studies from different regions of Argentina. As a result, it can be proposed that the combination of multiple microenvironmental, sedimentary, and geochemical factors determines what is going to be preserved in these spaces, thus remaining available for further archaeological recovery. The microenvironment created within these sites buffers changes in temperature and provides shelter from the sun, rain, and wind, thus slowing bone and other organic material deterioration on the surface. Sedimentation is usually very slow in these contexts, and despite its prolonged permanence on the surface, however, low or no weathering stages are recorded in the bone remains. Therefore, weathering sequences depend on whether they are developed in rockshelters and shallow caves, or open-air sites. The filling geochemical environment constitutes the final taphonomic factor for preservation. This environment is represented by the metastable balance between organic materials and their environment over time. Studies as the one presented here allow us to gain an understanding of the particular preservation potential of these types of sites, as well as of their possible biases. This perspective is helpful for their archaeological interpretation.

**Key words:** *Geoarchaeology; Rocky shelters; Taphonomic processes; Argentina*

**RESUMO.** *Estudo geoarqueológico do desenvolvimento de beirais e cavernas em diferentes regiões e contextos geológicos da Argentina II: preservação de materiais orgânicos em seus recheios.* Este trabalho faz parte de um projeto iniciado em 2019, cujo objetivo principal é realizar uma análise geoarqueológica de beirais e cavernas rasas localizadas em diferentes regiões e contextos geológicos da Argentina. Esta contribuição particular tenta avançar a compreensão dos processos de preservação de materiais orgânicos em tais contextos. Sabe-se que condições microambientais particulares são geradas em saliências rochosas que promovem a preservação de materiais orgânicos raros em outros tipos de sítios, incluindo tecidos vegetais, penas, peles, cabelos e tendões. Do ponto de vista metodológico, diferenciamos os processos tafonômicos envolvidos em três etapas: pré-sepultamento, sepultamento e pós-sepultamento. Em cada um deles reconhecemos as principais variáveis de desempenho, exemplificadas em 19 estudos de caso de diferentes regiões da Argentina. Como resultado, observa-se que a combinação de múltiplos fatores microambientais, sedimentares e geoquímicos determina o que será preservado nesses espaços, ficando disponível para posterior recuperação arqueológica. O microambiente criado nesses locais amortece as mudanças de temperatura e fornece abrigo do sol, da chuva e do vento, o que retarda a deterioração dos ossos e outros materiais orgânicos na superfície. A sedimentação é

geralmente muito lenta nesses contextos, no entanto, apesar de sua permanência prolongada na superfície, poucos ou nenhum estágio de desgaste são registrados nos restos ósseos. Desta forma, nos reparos, podem ser geradas sequências de intemperismo muito diferentes daquelas desenvolvidas em locais ao ar livre. O ambiente geoquímico estratificado constitui o fator tafonômico final para preservação, representado pelo equilíbrio metaestável entre a matéria orgânica e seu ambiente ao longo do tempo. Estudos como o aqui apresentado permitem-nos abordar a compreensão do potencial particular de preservação deste tipo de sítio, e dos seus possíveis vieses, de forma a incorporar esta perspectiva na sua interpretação arqueológica.

**Palavras-chave:** *Geoarqueologia; Reparos rochosos; Processos tafonômicos; Argentina*

## Introducción

Este trabajo forma parte de un proyecto interdisciplinario iniciado en el año 2019, cuyo objetivo principal consiste en realizar un análisis geoarqueológico comparativo de aleros y cuevas someras ubicados en diferentes regiones y contextos geológicos de la Argentina, con el fin de evaluar aspectos recurrentes y peculiaridades en el desarrollo de sus morfologías y estratigrafías. Se espera que el análisis de distintos casos permita vislumbrar mejor los patrones y procesos de formación específicos de estos espacios, que constituyen ambientes restringidos con una dinámica particular, dado que se forman, evolucionan, colmatan y/o colapsan de maneras diferentes en respuesta a factores litológicos y ambientales que varían en cada área del país. Por este motivo, consideramos que estos reparos pueden estudiarse en escala regional para aportar datos que ayuden a interpretar el registro arqueológico y tafonómico que contienen.

Entre las problemáticas geoarqueológicas que se han comenzado a abordarse pueden mencionar, a modo de ejemplo, las siguientes:

- 1) Desarrollo de los reparos: ¿Cómo se inicia y forma un reparo rocoso? ¿Hay patrones recurrentes? ¿Cómo se modela su forma y orientación? ¿Cómo colapsa?
- 2) Características de los rellenos: ¿Cómo se produce la sedimentación? ¿Cuándo se inicia su relleno? ¿Hay ciclos? ¿Pueden vaciarse? ¿Por qué hay saltos temporales?
- 3) Aspectos tafonómicos: ¿Cuáles son los procesos postdeposicionales que los afectan y los factores de preservación? ¿Cómo modelan el registro arqueológico?

En un trabajo previo se presentó el proyecto marco en curso y se caracterizaron en forma general los distintos reparos que lo integran, haciendo hincapié en su ubicación, bioma, clima, geología (incluyendo cuestiones tales como la litología, las estructuras de la roca de caja y los procesos de meteorización estimados), morfología y dimensiones. Asimismo, se esbozaron algunas características de los rellenos como su profundidad máxima, la proporción relativa de material endógeno, los agentes involucrados en el aporte de material exógeno, los rasgos pedogenéticos, el tipo de restos orgánicos preservados y la edad máxima obtenida (Favier Dubois *et al.*, 2020). Las regularidades y tendencias observadas en relación con dichas variables pueden ser consultadas en el trabajo citado.

Respecto a los procesos de preservación en reparos rocosos, si bien resultan muy variables, poseen algunas características recurrentes que nos interesa comenzar a comprender en cada área, así como en perspectiva macrorregional. Por lo tanto, a fin de continuar con el trabajo ya iniciado, discutiremos aquí las variables involucradas en la preservación de los materiales de origen orgánico recuperados en los rellenos de los sitios que conforman la muestra de estudio.

En los aleros y cuevas se crean condiciones tafonómicas particulares que promueven la preservación de materiales orgánicos poco representados en otros contextos, tales como tejidos vegetales, plumas, pelos, cueros y tendones. Que ello se produzca es el resultado de los microambientes particulares que se generan dentro de cada uno de los mencionados reparos. Ahora bien, a pesar de que éstos atemperan los cambios de los parámetros climáticos (*e.g.* temperatura, lluvia, viento, humedad e insolación), lo cual retarda el deterioro de los huesos y

otros materiales orgánicos en superficie, la meteorización no actúa de igual manera en todos los contextos reparados. Esto se vincula con la existencia de un *continuum*, que abarca desde condiciones muy protegidas a otras que se asemejarían a las de sitios a cielo abierto. Esto se relaciona, entre otros aspectos, con la variedad de morfologías que se pueden reconocer, que incluyen desde aleros planos (con paredes casi verticales) hasta cuevas (cavidades de profundidad variada).

A pesar de las diferencias recién mencionadas, en estas geoformas predominan condiciones favorables que permiten preservar restos orgánicos (que pueden datarse y someterse a estudios moleculares) a lo largo del tiempo, por lo que este tipo de sitios posee un elevado potencial para registrar evidencias de ocupaciones humanas tempranas. De hecho, es destacable que alrededor del 80% de los sitios con fechados tempranos del país (entre 13.000 y 7.000 años  $^{14}\text{C}$  AP) correspondan a aleros y cuevas (Prates *et al.*, 2013). Los sitios tempranos a cielo abierto, por el contrario, suelen ser más difíciles de detectar y, sobre todo, de datar dado que, generalmente, poseen menor potencial de preservación orgánica que los aleros y cuevas.

## Materiales, métodos y consideraciones teórico-metodológicas

### Materiales

La muestra inicial incluyó 24 casos de estudio que involucran observaciones y estudios, tanto de campo como de laboratorio (Favier Dubois *et al.*, 2020). En este trabajo se analiza la preservación de materiales orgánicos en 19 de esos 24 sitios (Fig. 1), dado que hay casos que todavía no disponen de datos sobre las variables específicas aquí consideradas (ver próxima sección). Los sitios en cuestión se ubican en 4 regiones diferentes de la Argentina (NOA, Sierras Centrales, Región Pampeana y Patagonia), que incluyen 7 provincias (Catamarca, Córdoba, San Luis, Buenos Aires, Río Negro, Santa Cruz y Tierra del Fuego) y presentan altitudes que oscilan entre 15 y 4.000 msnm. Se distribuyen entre los 26° y los 53° de latitud sur y entre los 58° y los 72° de longitud oeste. En lo que respecta a las condiciones climáticas, las áreas de estudio presentan valores de precipitaciones medias anuales entre 100 y 820 mm y temperaturas medias anuales entre 5 y 15 °C. Las litologías de la muestra analizada también son variadas y comprenden ocho tipos de rocas, incluyendo ígneas, sedimentarias y metamórficas (Tabla 1). El rango temporal de edades de la muestra analizada se encuentra entre 590 y 12.890 años  $^{14}\text{C}$  AP. Los fechados más antiguos se dan tanto en aleros como en cuevas (Favier Dubois *et al.*, 2020).

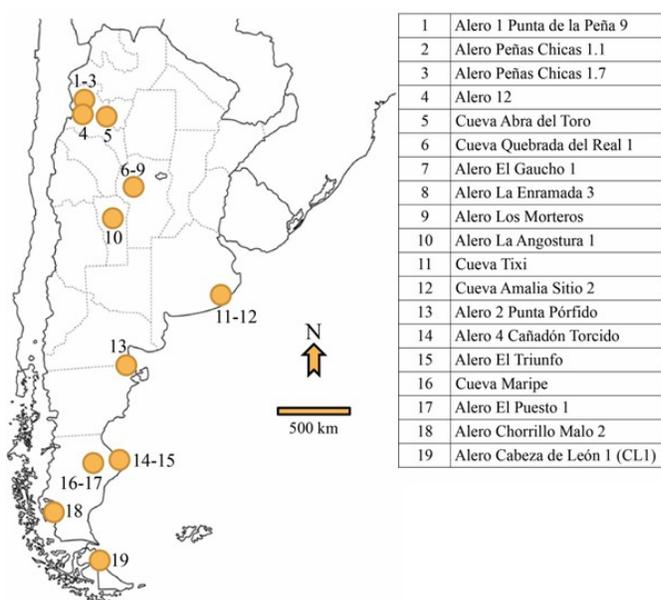


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios analizados.

**Tabla 1.** Características generales de los sitios analizados.

Nro	Sitio (de Norte a Sur)	Coordenadas geográficas		Región	Precipitación y Temp. Medias (mm y °C)		Litología	Referencias Bibliográficas
		Latitud	Longitud		Altitud (msnm)			
1	Alero 1 Punta de la Peña 9 (PP9)	26°00'S	67°19'O	NOA	3590	130 / 10	Ignimbrita	Babot <i>et al.</i> , 2006; Winkel <i>et al.</i> , 2018
2	Alero Peñas Chicas 1.1 (PCh 1.1)	26°01'S	67°21'O		3550	130 / 10	Ignimbrita	Hocsman & Babot, 2018
3	Alero Peñas Chicas 1.7 (PCh 1.7)	26°01'S	67°21'O		3572	130 / 10	Ignimbrita	Hocsman & Babot, 2018
4	Alero 12	26°55'S	68°06'O		4000	100 / 10	Rio-dacita	Albino & Kligmann, 2007; Kligmann, 2009; Kligmann <i>et al.</i> , 1999
5	Cueva Abra del Toro	26°58'S	66°00'O	Sierras Centrales	3000	175 / 15	Ignimbrita	Carbonelli <i>et al.</i> , 2021
6	Cueva Quebrada del Real	31°40'S	64°53'O		1914	800 / 8	Granito	Rivero <i>et al.</i> , 2010
7	Alero Arroyo El Gaucho 1	31°41'S	64°45'O		1843	800 / 8	Granito	Rivero, 2009, Rivero <i>et al.</i> , 2008
8	Alero La Enramada 3	31°43'S	64°45'O		2076	800 / 8	Granito	Rivero & Heider, 2020
9	Alero Los Morteros	31°43'S	64°51'O		2190	800 / 8	Granito	Rivero, 2017
10	Alero La Angostura 1	32°58'S	65°59'O		1300	700 / 17	Esquistos	Carrera Aizpitarte, 2017; Cena Di Matteo <i>et al.</i> , 2018
11	Cueva Tixi	37°58'S	58°04'O	Región Pampeana	177	820 / 14	Ortocuarcita	Martínez, 2007; Martínez & Osterrieth, 2001; Mazzanti, 1997
12	Cueva Amalia Sitio 2	38°03'S	58°11'O		93	820 / 14	Ortocuarcita	Bonnat <i>et al.</i> , 2015; Martínez <i>et al.</i> , 2004; Osterrieth <i>et al.</i> , 2002
13	Alero 2 Punta Pórfido (A2PP)	41°46'S	65°00'O		15	250 / 15	Riolita	Favier Dubois, 2019; Favier Dubois <i>et al.</i> , 2021
14	Alero 4 Cañadón Torcido	47°44'S	65°57'O	Patagonia	17	200 / 10	Ignimbrita	Ambrústolo & Ciampagna, 2015
15	Alero El Triunfo	47°55'S	66°29'O		97	200 / 10	Ignimbrita	Zubimendi & Ambrústolo, 2016
16	Cueva Maripe	47°51'S	68°56'O		560	200 / 9	Ignimbrita	Miotti <i>et al.</i> , 2007; Miotti <i>et al.</i> , 2014; Mosquera, 2015
17	Alero El Puesto 1 (AEP-1)	47°53'S	67°51'O		94	200 / 9	Arenisca	Mosquera, 2018; Zárate <i>et al.</i> , 2000
18	Alero Chorrillo Malo 2 (CHM2)	50°29'S	72°40'O		235	650 / 8	Dacita	Favier Dubois, 1999; Franco & Borrero, 2003; Otaola, 2009
19	Alero Cabeza de León 1 (CL1)	53°18'S	68°33'O		50	250 / 5	Arenisca	Favier Dubois, 1998

### Métodos

En este trabajo se presenta información de variables tafonómicas, vinculadas con la bioestratigrafía y fosildiagénesis (Lyman, 1994), según 3 etapas de utilidad analítica que podemos diferenciar en los procesos postdeposicionales que afectan a los reparos, denominadas aquí: 1) pre-sepultamiento, 2) sepultamiento y 3) post-sepultamiento.

Cabe aclarar que no es lo mismo “depositación” que “sepultamiento”, ya que no todos los materiales que se depositan en aleros y cuevas terminan enterrados y tampoco todos ellos comienzan su ciclo de vida en la superficie dentro de estos reparos. Así, los materiales pueden:

- a- depositarse en la superficie y permanecer allí sin enterrarse,
- b- depositarse en la superficie y enterrarse posteriormente a velocidades variables, según las condiciones particulares que reinen en los reparos,
- c- depositarse directamente bajo la superficie y quedar siempre enterrados y/o,
- d- comenzar su historia de vida como se indica en los casos b y c, para ser desenterrados después de un tiempo por diversos procesos de remoción (ya sean naturales o antrópicos), terminando así expuestos en la superficie.

La primera de las etapas aquí consideradas (pre-sepultamiento) se refiere principalmente al efecto de las condiciones microambientales que se generan en el interior de los reparos antes del sepultamiento, las cuales protegen al material expuesto en superficie, en mayor o menor medida, de las condiciones climáticas. En la efectividad de estos reparos influyen factores tales como su forma, tamaño y orientación. Un caso extremo de ambiente protegido lo constituyen hallazgos como los de Cueva Lago Sofía 4 (Patagonia chilena), donde se han preservado en superficie huesos de fauna pleistocena sin evidencias de meteorización, bajo las condiciones generales frías y secas de esa región (Favier Dubois & Borrero, 1997). También deben considerarse las características de los propios materiales orgánicos que potencialmente se preservarán. Los restos óseos resultan muy frecuentes en estos sitios y, si bien son relativamente resistentes, cuando están expuestos directamente a la intemperie, por ejemplo, en sitios a cielo abierto, su destrucción es más veloz (Behrensmeyer, 1978). Esto los hace útiles como indicadores indirectos de los efectos de las condiciones microambientales en los reparos. El registro de otros materiales orgánicos más sensibles puede indicar condiciones de preservación excepcionales, asimismo favorecidas por factores microambientales. Por otra parte, y más allá de la naturaleza de los restos, también se debe tener en cuenta la acción de otros procesos que acontecen en el espacio reparado, como la acción de carnívoros (*e.g.* Andrews & Nesbit Evans, 1983; Mondini, 2002), roedores (*e.g.* Fisher, 1995; Quintana, 2007), seres humanos y la caída de bloques, todos agentes de modificación o destrucción de los materiales orgánicos mientras permanecen en superficie.

Para analizar esta etapa se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- 1.1. Intensidad de la meteorización ósea en el interior del alero o cueva (estadios *sensu* Behrensmeyer, 1978).
- 1.2. Evidencias de acción de agentes modificadores en superficie, tanto depredadores como acumuladores (*e.g.* carnívoros, aves rapaces diurnas y nocturnas, roedores e insectos).
- 1.3. Desprendimientos de bloques de la roca de caja, incluyendo derrumbes por sismos (graviturbación y sismiturbación *sensu* Wood & Johnson, 1978).

La segunda etapa (sepultamiento) se vincula con las tasas de sedimentación en el interior de los reparos (aportes de origen tanto autóctono como alóctono) y con otros procesos de incorporación al sustrato (enterramiento de los materiales arqueológicos). Como ejemplo de estos últimos se pueden mencionar los efectos de la actividad biomecánica de la fauna del suelo como lombrices y hormigas (*e.g.* Armour-Chelu & Andrews, 1994; Balek, 2002; Canti, 2003; Favier Dubois & Politis, 2017; Stein, 1983), así como del pisoteo o las excavaciones, tanto de origen animal como antrópico (*e.g.* Behrensmeyer *et al.*, 1986; Courtin & Villa, 1982; Gifford-González *et al.*, 1985; Mc Brearty *et al.*, 1998; Nielsen, 1991; Pintar, 1987).

Para analizar esta segunda etapa se consideraron las siguientes variables:

- 2.1. Profundidad (mm) de las dataciones máximas obtenidas (valor medio calibrado) y tasa promedio de sedimentación (mm/año).
- 2.2. Presencia y tipo de rasgos pedogenéticos.
- 2.3. Otros procesos de sepultamiento, tanto naturales como antrópicos, como ser: pisoteo, actividad de animales cavadores, madrigueras, pozos para enterratorios y actividades de limpieza y preparación de superficies (*e.g.* acondicionamiento de pisos).

La tercera y última etapa (post-sepultamiento) se refiere principalmente al ambiente geoquímico de preservación de los diferentes materiales orgánicos luego del sepultamiento, es decir, que remite a las condiciones de fosildiagénesis, sin considerar en principio otros procesos disruptivos (*e.g.* re-exhumación por efecto de erosión o excavaciones). También se incluyen aquí otras características de los depósitos que se vinculan de manera indirecta con variables geoquímicas como, por ejemplo, granulometría, porosidad y rasgos hidromórficos. Finalmente, se consideran algunos otros procesos que afectan a los materiales una vez enterrados, vinculados con la actividad de la fauna, la flora y los seres humanos.

Para analizar la última etapa se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- 3.1. Valores de pH (condiciones de acidez-alcalinidad) y estimación de Eh (condiciones de óxido-reducción) a partir de indicadores indirectos.
- 3.2. Evidencias de circulación de agua, incluyendo la presencia de óxidos de manganeso y carbonatos.
- 3.3. Sales solubles.
- 3.4. Pedoturbación, fauniturbación y floriturbación (*sensu* Wood & Johnson, 1978).
- 3.5. Tipos de materiales orgánicos preservados (*e.g.* carbones, huesos, valvas de molusco, maderas y otros restos vegetales, plumas, pelos y textiles).

Debe aclararse que no en todos los casos presentados se relevaron las mismas variables ni éstas se midieron de la misma manera. Esto se debe a que el proyecto comparativo de aleros y cuevas se inició cuando la mayoría de los reparos que lo conforman ya habían sido excavados. A esto se suma la suspensión de actividades por la pandemia (COVID-19), lo que impidió estandarizar los resultados de los distintos sitios a través de mediciones de laboratorio complementarias y unificadas. De todos modos, consideramos que la información generada hasta el momento nos permite obtener una aproximación a las condiciones microambientales, sedimentológicas y geoquímicas generales. A su vez, de la comparación de casos realizada para esta contribución emergen temas de interés que proporcionan ideas para orientar futuros trabajos de campo, en los que se podrán recolectar datos estandarizados para todos los sitios.

### Consideraciones teórico-metodológicas

En esta instancia cabe destacar que, con fines analíticos, segmentamos una realidad que es compleja ya que involucra variables que se combinan de diferentes maneras, dando resultados diversos. Además, una misma variable puede actuar en más de una de las tres etapas ya mencionadas para los procesos postdeposicionales, por lo que en esta propuesta hemos decidido incluirla en la etapa en la que creemos tiene mayor relevancia.

Tomemos como ejemplo los desprendimientos de bloques de la roca de caja (derrumbes) que fueron incluidos en la primera etapa (pre-sepultamiento) teniendo en cuenta que, al caer, pueden fragmentar material arqueológico depositado en la superficie de los reparos. Sin embargo, ello también aplica a la etapa 2 (sepultamiento), ya que la caída de estos bloques sepulta, a su vez, los materiales que aplasta y, en suma, habrá un mayor aporte de materiales provenientes del interior de los reparos (materiales endógenos) para ser incorporados a los depósitos. Si esta caída es importante, los materiales arqueológicos serán enterrados más rápidamente.

Otro ejemplo sería el de la pedogénesis, que en este trabajo está incluida en la etapa 2, ya que el desarrollo de suelos implica que las tasas de sedimentación son mínimas, predominando la estabilidad por sobre la erosión y la depositación. Esto significa que los materiales arqueológicos que estaban en superficie quedarán allí expuestos por más tiempo. A su vez, el desarrollo de un suelo *per se* cambia las condiciones físico-químicas del sustrato y, por ende, está vinculado con la preservación de los materiales que ya están enterrados.

La presencia de agua de infiltración y el anegamiento, ya sea de manera temporal o permanente, es otro factor que incide en las distintas etapas de la historia de un depósito. Este agente puede movilizar restos en superficie en sentido horizontal (etapa 1) y favorecer el sepultamiento (etapa 2). También puede movilizar sales,

óxidos y partículas finas en sentido vertical y generar ciclos de hidratación-deshidratación que afectan a los materiales contenidos en los rellenos (etapa 3).

Un último caso que podría mencionarse es el de la acción de animales que pueden afectar los materiales depositados en superficie. Por ejemplo, los roedores suelen dejar marcas en los huesos (etapa 1). Asimismo, los animales cavadores también pueden actuar una vez que los restos están enterrados, modificándolos y/o desplazándolos (etapa 3).

Todas estas cuestiones resultan sumamente interesantes para pensar la historia de vida de los materiales arqueológicos depositados y discutir cómo son afectados de distinta manera por los procesos posdepositacionales, ya sea que estén en superficie o enterrados.

## Resultados

Presentamos aquí un resumen de los resultados obtenidos hasta el momento en relación con la preservación de restos orgánicos dentro de los rellenos de los 19 reparos seleccionados, particularmente carbones y huesos, que fueron los materiales más abundantes y presentes en casi todos los sitios relevados (Tabla 2).

### 1) Pre-Sepultamiento: el efecto de las condiciones microambientales

Respecto de la intensidad de la meteorización de los huesos en la muestra analizada, dominan los casos con restos óseos clasificables en los siguientes estadios de meteorización (Behrensmeyer, 1978): 0 (excelente), 1 (muy bueno) y 2 (bueno). Son pocos los casos atribuibles a estadios medios y elevados de meteorización (3 o regular y 4 o malo) (Tabla 2). Como veremos en la próxima sección, en aleros y cuevas la sedimentación suele ser lenta o muy lenta, por lo que los bajos o nulos estadios de meteorización que presentan los restos óseos no pueden atribuirse necesariamente a un sepultamiento rápido, como suele ocurrir en sitios al aire libre.

En cuanto a la ausencia de huesos reportada en dos sitios de la muestra, consideramos que ésta puede deberse a que las condiciones reinantes en los reparos no favorecieron su preservación mientras estuvieron expuestos (o eventualmente enterrados, ver etapa 3) o bien a que las actividades antrópicas realizadas no dejaron este tipo de restos. Por ejemplo, en el Alero El Triunfo, en función de las características de emplazamiento del sitio, se propone que la potencial ausencia de restos óseos podría estar relacionada con la funcionalidad del reparo (posible sitio de avistaje). Por otra parte, en este caso también podría estar jugando un sesgo en la muestra en función de lo pequeño de la superficie de excavación (sondeo de 0,5 x 0,5 m) en relación a la del sitio (12 m<sup>2</sup>).

En términos generales, a partir de lo que se conoce de estos ambientes reparados, se espera encontrar una menor meteorización de restos óseos en el interior de los aleros y cuevas analizados en comparación con su exterior. Sin embargo, para poder comparar las condiciones de meteorización dentro y fuera de los reparos es necesario diseñar estrategias metodológicas adecuadas (*e.g.* controles tafonómicos y experimentación), teniendo en cuenta también el tipo de huesos que están siendo considerados. Esto incluye, entre otros factores, la densidad mineral ósea, definida como la resistencia a procesos destructivos físicos y químicos. Diversos trabajos demuestran que la densidad diferencial de los distintos elementos óseos, es un factor clave en su supervivencia (Brain, 1981; Elkin, 1996; Lyman, 1994, entre otros). Es sabido que los huesos de mamíferos y de aves, por ejemplo, no tienen la misma densidad. Además, los huesos de un mismo espécimen poseen densidades diferentes, lo cual se refleja en la preservación diferencial de las distintas partes esqueléticas (Cruz & Elkin, 2003; Fernández *et al.*, 2001).

**Tabla 2.** Variables de preservación y materiales orgánicos presentes en los sitios analizados. Referencias: **C:** carbones, **H:** huesos, **V:** valvas de molusco, **M:** maderas y otros restos vegetales, **P:** plumas y/o pelos y **T:** textiles.

Nro	Sitio (de Norte a Sur)	1.1. Estadios de meteorización del material óseo	2.2. Rasgos pedogenéticos	3.1. pH	3.5. Tipos de materiales orgánicos preservados
1	Alero 1 Punta de la Peña 9 (PP9)	Muy buena preservación (incluso tejidos blandos y ADN)	No	No medido	C-H-M-P-T
2	Alero Peñas Chicas 1.1 (PCh 1.1)	Alta fragmentación y mala preservación del material óseo	No	No medido	C-H-T-P
3	Alero Peñas Chicas 1.7 (PCh 1.7)	Excelente estado de preservación (momificación natural parcial)	No	No medido	C-H-M-T-P
4	Alero 12	Excelente preservación de restos muy pequeños y delicados	No	Diez mediciones entre 7,3 y 8,4	C-H
5	Cueva Abra del Toro	Estadio 0 (43 casos) Estadio 1 (un caso) Estadio 3 (un caso)	Humificación	Trece mediciones entre 7,22 y 8,29	C-H
6	Cueva Quebrada del Real	Estadio 1: 97,98% (n=389) Estadio 2: 2,02 (n=8)	No	No medido	C-H-V
7	Alero Arroyo El Gaucho 1	Estadio 0: 2,43% (n=19) Estadio 1: 63,22% (n=495) Estadio 2: 26,69% (n=209) Estadio 3: 7,66% (n=60)	Humificación	Dos mediciones de 8	C-H-V
8	Alero La Enramada 3	Estadio 1: 59,26% (n=16) Estadio 2: 40,74% (n=11)	Humificación	Tres mediciones de 3, 4 y 6	C-H
9	Alero Los Morteros	Estadios 1 y 2	Humificación	No medido	C-H
10	Alero La Angostura 1	Estadio 0: 88,4% (n=1809) Estadio 1: 10,3% (n=211) Estadio 2: 1,3% (n=27)	Humificación	Dos mediciones de 7,1 y 7,9	C-H
11	Cueva Tixi	Meteorización química, grietas, acción ácidos radiculares y fracturas naturales	Humificación	Siete mediciones entre 7,29 y 8,35	C-H-M
12	Cueva Amalia Sitio 2	No hay huesos	No	No medido	C-M
13	Alero 2 Punta Pórfido (A2PP)	Estadio 0 en la gran mayoría de los restos	Radículas	Cinco mediciones entre 6,2 y 8	C-H-V-P
14	Alero 4 Cañadón Torcido	Estadios 0 y 1	Radículas	No medido	C-H-V
15	Alero El Triunfo	Sin restos óseos a nivel estratigráfico	No	No medido	C
16	Cueva Maripe	Mayoría de restos en estadios 1 y 2, con casos en estadios 0 y 3	Humificación	No medido	C-H
17	Alero El Puesto 1 (AEP-1)	Mayoría de restos óseos en estadios 0, 1 y 2, con casos en estadio 3	Humificación/Bt (iluviación)	No medido	C-H-V
18	Alero Chorrillo Malo 2 (CHM2)	Estadios 0 a 4, con predominio de 1 a 3	Humificación	Cinco mediciones entre 6 y 6,3	C-H
19	Alero Cabeza de León 1 (CL1)	Estadios 1 y 2	Radículas	Dos mediciones de 6 y 6,5	C-H-V-M

En uno de los sitios de la muestra (Alero Peñas Chicas 1.1), la alta fragmentación y la mala preservación de los restos óseos se debería a la escasa protección que brinda la visera del alero, ya que ésta es poco prominente, lo que deja los huesos expuestos a la acción del agua de las escasas lluvias estivales y a la exposición solar.

Respecto a los carbones, su grado de fragmentación, redondeamiento y/o dispersión puede ser indicador de condiciones de exposición a agentes de modificación que actúan en superficie, como la acción del pisoteo

antrópico, la limpieza/reactivación de áreas de combustión y la acción de fauna, agua o viento, los cuales modifican sus características y pueden atentar contra su preservación (Théry-Parisot *et al.*, 2010).

En lo referido a la preservación excepcional por condiciones microambientales, podemos destacar el caso de tres aleros localizados en la Puna de Catamarca, bajo un clima fresco y muy seco (Tabla 1), que presentan la mayor variedad de restos orgánicos preservados, incluyendo vegetales, plumas, pelos y textiles (Fig. 2A, B, C, D, E y Tabla 2). Se trata del Alero 1 de Punta de la Peña 9 (Trucchi *et al.*, 2021; Winkel *et al.*, 2018), el Alero Peñas Chicas 1.1 y el Alero Peñas Chicas 1.7 (Hocsman & Babot, 2018).



**Figura 2.** Preservación excepcional de restos orgánicos en los rellenos analizados: **A.** Macrorrestos vegetales, semillas de *Chenopodium quinoa* var. *quinoa* (quínoa), Alero 1 de Punta de la Peña 9 (modificada de Aschero *et al.*, 2020: 70), **B.** Macrorrestos vegetales, Semillas de *Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris* (poroto común cultivado), Alero 1 de Punta de la Peña 9, **C.** Fragmento de cordel en fibra vegetal, Alero 1 de Punta de la Peña 9 (escala en mm) (cortesía M.A. Aguirre), **D.** Fragmento de vestimenta, Alero Peñas Chicas 1.7 (modificada de Aschero *et al.*, 2020: 87), **E.** Fragmento de vestimenta, Alero Peñas Chicas 1.7 (cortesía M. Alonso) y **F.** Pluma (ave indet.), Alero 2 Punta Pórfido.

Un factor adicional en los casos de mejor preservación es la mayor estabilidad en las condiciones microambientales en el reparo, más allá de los factores favorecedores climáticos, esto es, la ausencia de contrastes bruscos en la temperatura y el contenido de humedad. Estas circunstancias permiten la preservación estructural, morfológica e histológica de los restos en estado desecado. Como resultado, se verifican muy buenos contenidos de colágeno en los huesos y una muy buena preservación de moléculas como el ADN en el material vegetal del Alero 1 de Punta de la Peña 9 (Trucchi *et al.*, 2021; Winkel *et al.*, 2018). De haber existido variaciones de humedad y temperatura significativas en los depósitos de este sitio, el ADN se hubiera deteriorado significativamente o perdido (Allentoft *et al.*, 2012).

Distinto es el caso del sitio Alero 2 Punta Pórfido, ubicado en la Patagonia, en donde si bien el clima es semiárido, la presencia de plumas (Fig. 2F) y pelos de mamíferos se puede explicar particularmente por la presencia de sales que habrían actuado absorbiendo la humedad y desecando estos materiales desde su depositación en superficie (Favier Dubois *et al.*, 2021).

Respecto de las evidencias de la acción de agentes modificadores en superficie, en algunos sitios se ha registrado la actividad de carnívoros (*e.g.* Cueva Maripe, Alero El Puesto 1 y Alero Chorrillo Malo 2), de aves rapaces (*e.g.* Cueva Tixi y Alero 2 Punta Pórfido) y de roedores (*e.g.* Alero 1 de Punta de la Peña 9, Alero Peñas Chicas 1.7, Cueva Tixi, Alero Chorrillo Malo 2 y Alero Cabeza de León 1). En varios casos, incluso, los restos óseos presentan marcas de más de uno de los agentes mencionados, lo que apunta al uso de los mismos reparos por parte de distintos taxones, ya sea de manera sincrónica o diacrónica. Se trata de daños que pueden alterar la superficie de los huesos pero que, por lo general, no alcanzan a destruirlos por completo.

El desprendimiento de bloques de la roca de caja no parece haber sido relevante en la gran mayoría de los casos analizados, habida cuenta de que durante las excavaciones se detectaron en estratigrafía unos pocos bloques, predominantemente pequeños. Solamente en uno de los reparos los derrumbes fueron de tal magnitud que afectaron el uso del espacio y la estratigrafía (Alero Chorrillo Malo 2, Mehl & Franco, 2009). En el caso de producirse derrumbes significativos sobre los materiales depositados en la superficie, éstos podrían fracturarse y enterrarse, pero no necesariamente desaparecer.

En este punto no hay que soslayar las actividades de limpieza realizadas por los ocupantes de los reparos. En ciertos casos, la caída de bloques podría no ser detectada ya que es posible que los grandes fragmentos rocosos caídos del techo y de las paredes fueran acumulados fuera de los aleros y cuevas, o al menos en sectores no utilizados o de uso secundario dentro de estos sitios. De igual modo, debe considerarse la relocalización de los materiales desplomados al utilizarlos en la confección de estructuras y rasgos.

## 2) Sepultamiento: tasas de sedimentación y otros aspectos

El proceso de deterioro subaéreo que sufren los materiales orgánicos se detiene una vez que los restos se hallan sepultados por sedimentos, lo que conduce a analizar otro factor tafonómico, las tasas de sedimentación. Éstas pueden ser estimadas en forma indirecta (*e.g.* evidencias de pedogénesis, que indican cuasi estabilidad con tasas mínimas de erosión o sedimentación) o directa, a través de dataciones radiocarbónicas, que informan el tiempo transcurrido entre dos puntos de una secuencia sedimentaria (siempre y cuando el material datado no se haya desplazado en estratigrafía). Esto último proporciona un valor numérico de centímetros o milímetros por año, que representa un promedio. Sin embargo, este cálculo posee algunas limitaciones. Por ejemplo, se sabe que los procesos sedimentarios no son continuos ya que existen pulsos, pausas e hiatos en la sedimentación generados por diferentes causas (ver ejemplos para los casos de estudio en Favier Dubois *et al.*, 2020), lo que hace de este cálculo una aproximación muy general. No obstante, la comparación de las tasas correspondientes a 21 secuencias estratigráficas de los casos analizados (Tabla 3) indica que en aleros y cuevas estas tasas son de bajas a muy bajas, con un promedio de 0,17 mm/año. Como referente, se pueden utilizar las tasas de sedimentación publicadas por Ferring (1986) para ambientes fluviales, donde éstas se consideran bajas cuando

son menores a 1 mm/año, moderadas cuando van de 1 a 5 mm/año, rápidas de 5 a 10 mm/año y muy rápidas al superar ese valor.

**Tabla 3.** Estimación de las tasas de sedimentación en los sitios analizados (calibración: programa Calib 8.2, curva SHcal20, a un sigma, Hogg *et al.*, 2020).

Nro	Sitio (de Norte a Sur)	Profundidad desde la superficie (mm)	2.1.	
			Edad máxima $^{14}\text{C}$ AP y valor medio de la calibración	Tasa promedio (mm/año)
1	Alero 1 Punta de la Peña 9 (PP9)	220	1518 ± 45 - 1360 cal AP	0,16
2	Alero Peñas Chicas 1.1 (PCh 1.1)	250	3660 ± 60 - 3942 cal AP	0,06
3	Alero Peñas Chicas 1.7 (PCh 1.7)	450	3937 ± 32 - 4332 cal AP	0,10
4	Alero 12	400	590 ± 45 - 550 cal AP	0,73
5	Cueva Abra del Toro	1870	4582 ± 29 - 5166 cal AP	0,36
6	Cueva Quebrada del Real	1250	7360 ± 120 - 8138 cal AP	0,15
7	Alero Arroyo El Gaucho 1	850	7160 ± 90 - 7941 cal AP	0,11
8	Alero La Enramada 3	700	10.692 ± 67 - 12.662 cal AP	0,05
9	Alero Los Morteros	350	3144 ± 28 - 3308 cal AP	0,10
10	Alero La Angostura 1	325	1140 ± 60 - 1008 cal AP	0,32
11	Cueva Tixi	700	10.375 ± 90 - 12.177 cal AP	0,06
12	Cueva Amalia Sitio 2	2000	10.705 ± 60 - 12.674 cal AP	0,16
13a	Alero 2 Punta Pórfido (A2PP) - Cuadrícula 1	550	4560 ± 100 - 5159 cal AP	0,11
13b	Alero 2 Punta Pórfido (A2PP) - Cuadrícula 2	950	6624 ± 31 - 7480 cal BP	0,13
14	Alero 4 Cañadón Torcido	275	2760 ± 70 - 2836 cal AP	0,10
15	Alero El Triunfo	310	2430 ± 80 - 2462 cal AP	0,12
16a	Cueva Maripe - Cámara N	1450	9177 ± 56 - 10.317 cal AP	0,14
16b	Cueva Maripe - Cámara S	840	9518 ± 64 - 10.756 cal AP	0,08
17	Alero El Puesto 1 (AEP-1)	1000	12.890 ± 90 - 15.365 cal AP	0,06
18	Alero Chorrillo Malo 2 (CHM2)	1550	9740 ± 50 - 11.122 cal AP	0,14
19	Alero Cabeza de León 1 (CL1)	300	1100 ± 95 - 965 cal AP	0,31
<b>Tasa promedio total</b>				<b>0,17</b>

De la Tabla 3 se desprende que todos los valores son menores a 1 mm/año y, en general, menores a 0,4 mm/año. La única excepción la constituye el Alero 12 donde el aporte piroclástico incrementó este valor a 0,73 mm/año. El valor más elevado siguiente (0,36 mm/año) corresponde a una cueva que sufrió asimismo un fuerte relleno piroclástico (Cueva Abra del Toro). De este modo, el aporte generado por erupciones volcánicas (depósitos de tefra en pulsos que pueden ser destacados), parece ser el que produce el mayor incremento en la tasa de sedimentación en estos contextos, resultando más importante que otros aportes exógenos. Hay que tener presente, por otro lado, que las discontinuidades vinculadas con procesos de remoción (natural o antrópica) colaborarían bajando el promedio de sedimentación en algunos casos. Si bien podría considerarse que estos procesos afectan a pocos sitios, ello deberá ser evaluado con mayor detalle en una futura contribución orientada a los rellenos y su estratigrafía.

Las secuencias que poseen edades radiocarbónicas a distintas profundidades en la columna estratigráfica, como las cuevas Quebrada del Real, Tixi y Maripe y los aleros Arroyo El Gaucho 1, La Enramada 3 y Alero 2 Punta Pórfido, evidencian que las tasas de sedimentación varían, además, a lo largo de una misma columna (Favier Dubois *et al.*, 2021; Martínez & Osterrieth, 2001; Mosquera, 2016; Rivero, 2009; Rivero & Heider, 2020; Rivero *et al.*, 2008, 2010). Asimismo, se registran diferencias en las tasas de sedimentación entre distintos sectores de un mismo alero (*e.g.* Alero 2 Punta Pórfido) o cueva (*e.g.* Cueva Maripe) (Tabla 3). Estas variaciones se vincularían con la particular morfología y evolución del reparo, así como con el aporte sedimentario y la actividad antrópica llevada a cabo en cada sector (ver Favier Dubois *et al.*, 2020). En particular, los rasgos pedogenéticos son indicadores de tasas muy lentas de sedimentación. Estos han sido registrados en varios de los aleros o cuevas donde las condiciones para la pedogénesis fueron favorables,

estando representados particularmente por los procesos de humificación (Tabla 2), como ocurre en los casos de Cueva Abra del Toro, Alero Arroyo El Gaucho 1, Alero La Enramada 3, Alero Los Morteros, Alero La Angostura 1, Cueva Tixi, Cueva Maripe, Alero El Puesto 1 y Alero Chorillo Malo 2.

Con respecto a otros procesos de sepultamiento registrados en la muestra analizada, se puede mencionar la evidencia de actividad de roedores a partir del hallazgo de madrigueras, huesos y/o excrementos (*e.g.* Alero 1 de Punta de la Peña 9, Alero Peñas Chicas 1.7, Alero 12, Alero 2 Punta Pórfido, Cueva Maripe, Alero Chorrillo Malo 2 y Alero Cabeza de León 1) así como de actividades antrópicas expresadas en enterratorios humanos (*e.g.* Alero Peñas Chicas 1.7 y Alero Los Morteros).

Como caso particular, en el Alero 12 (Catamarca), se preservaron abundantes materiales tafonómicos (restos óseos y dentarios de lagartijas) que nunca estuvieron expuestos, dado que se supone que las lagartijas murieron mientras hibernaban en madrigueras de roedor (Albino & Kligmann, 2007; Kligmann, 2009; Kligmann *et al.*, 1999). Ese hecho seguramente también contribuyó a su excelente preservación (Fig. 3A, B).



**Figura 3.** Preservación de restos óseos: **A.** Restos óseos de lagartija, Alero 12 (adaptada de Kligmann, 2009), **B.** Vértebra presacral de lagartija, Alero 12 (25 aumentos) (adaptada de Kligmann, 2009), **C.** Epífisis de radio de *Vulturgrifus* (cóndor), Cueva Quebrada del Real (adaptada de Rivero *et al.*, 2010), **D.** Restos de camélidos, Cueva Maripe, Cámara Norte (adaptada de Miotti & Marchionni, 2013) y **E.** Restos de camélidos con manchas de óxido de manganeso, Cueva Maripe, Cámara Sur (adaptada de Marchionni, 2013).

### 3) Post-Sepultamiento: el ambiente geoquímico y otros procesos

Una vez sepultados, los materiales orgánicos se ven sometidos a nuevos procesos, en este caso fosildiagenéticos, que afectan su preservación. Se consideran en este estudio los siguientes factores: las condiciones de acidez-alcalinidad (pH), de óxido-reducción (Eh o potencial redox), la presencia de sales solubles y los efectos de la pedoturbación. Asimismo, se debe considerar que la temperatura y humedad continúan poseyendo un papel importante en favorecer o inhibir la acción de los microorganismos descomponedores (bacterias y hongos) bajo las nuevas condiciones en capa.

Los materiales orgánicos, de acuerdo con su composición, se mantienen relativamente estables a lo largo del tiempo bajo determinadas condiciones de pH y Eh (Retallack, 1990). Estos parámetros se combinan favoreciendo, o no, la preservación de cada uno de ellos (Fig. 4). Varios de los sitios analizados poseen valores medidos de pH (Tabla 2), pero ninguno de Eh. No obstante, una evidencia indirecta acerca de este último la pueden proporcionar algunas características de los sedimentos que favorezcan un buen drenaje y aireación (*e.g.* granulometría, porosidad), así como la presencia o ausencia de rasgos hidromórficos (indicadores de anegamiento) en el relleno.

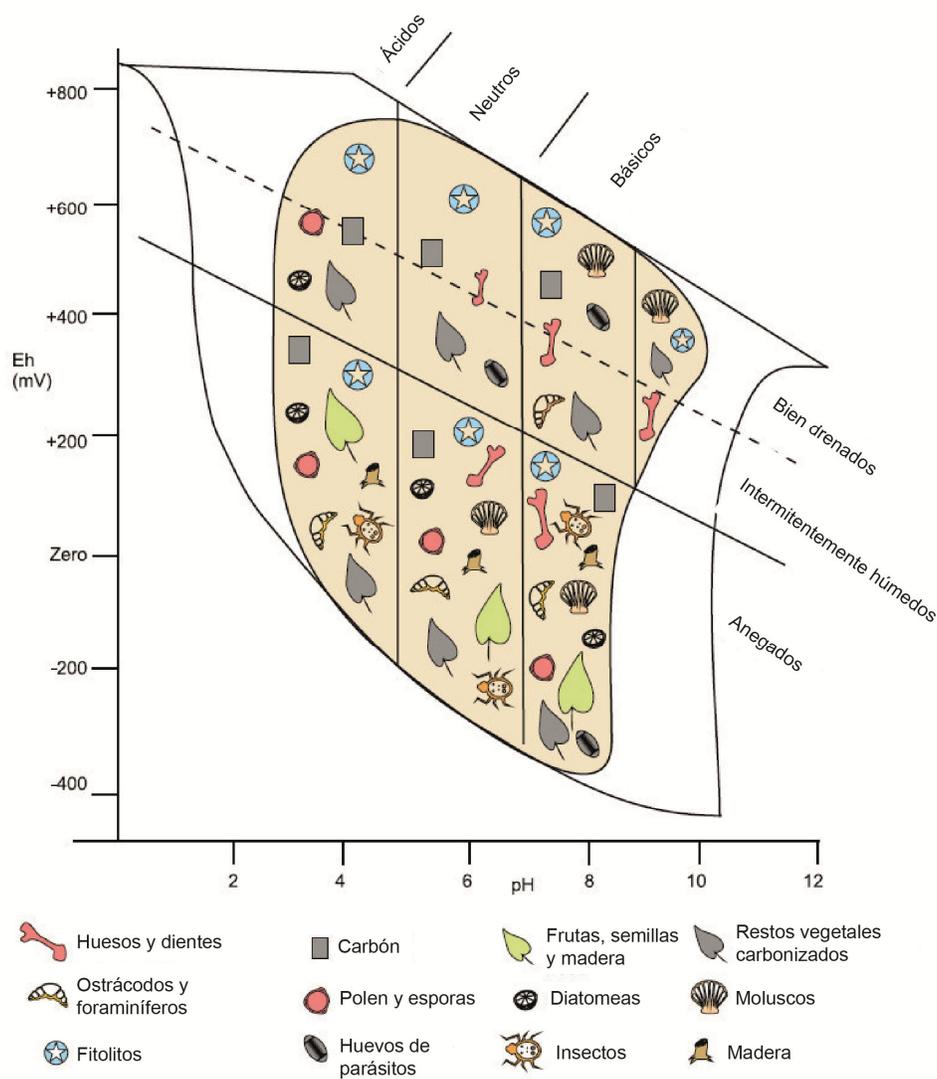


Figura 4. Parámetros de preservación geoquímica (adaptada de Historic England, 2016).

Los valores de pH registrados en nueve de los sitios se encuentran en su gran mayoría entre 6 y 8,4, los cuales indican condiciones levemente ácidas a alcalinas que son adecuadas para la preservación ósea (e.g. Fig. 3A, B, C, D), en especial de su matriz inorgánica compuesta por fosfato de calcio (Linse, 1992; Retallack, 1990, Fig. 4). La excepción la representa el Alero La Enramada 3, donde se han registrado valores menores a 5 en sus niveles inferiores. Los sustratos ácidos no permiten la preservación ósea, ya que favorecen la disolución de la matriz mineral del hueso (hidroxiapatita). Ello podría explicar la ausencia de restos óseos en la base de este alero (con valores de pH 3 y 4), hecho que también se registra en numerosos reparos de la Sierra de Tandilia (incluyendo quizás a la Cueva Amalia sitio 2), donde estos valores se encuentran entre 3 y 5 (Martínez *et al.*, 2013). Una excepción para esta última región es la Cueva Tixi, donde un banco carbonático preexistente, debido a su composición, favoreció pH alcalinos en la estratigrafía de la cueva (Martínez, 2007; Martínez & Osterrieth, 2001; Mazzanti, 1997).

Una forma de evaluar si la ausencia de restos óseos está vinculada con problemas de preservación es a través de análisis del contenido de fósforo en el sustrato, ya que los huesos que han sido totalmente degradados no dejan rastros visibles, pero sí huellas químicas (Chamley, 1990; Hassan, 1981; Leonardi *et al.*, 1999; McLaren & Cameron, 1996; Stein, 1987).

Respecto al Eh, las condiciones reductoras (poco oxígeno) son las más adecuadas para la preservación de restos orgánicos dado que la materia orgánica se descompone principalmente por procesos de oxidación vehiculizados por bacterias. En el caso de los reparos analizados, sus rellenos poseen granulometría media a gruesa (con finos subordinados) y no presentan rasgos hidromórficos destacados, por lo que se trataría de texturas predominantemente porosas y bien drenadas que favorecen condiciones oxidantes. Tales condiciones son adecuadas para la preservación de estructuras mineralizadas (*i.e.* huesos y valvas) pero atentan contra la preservación de otros materiales orgánicos de origen animal y vegetal como cuero, pelos, cordeles o madera. Dichos materiales normalmente se encuentran ausentes en los reparos, a menos que intervengan otros factores que inhiban la acción de los microorganismos descomponedores (e.g. escasez de humedad, baja temperatura, presencia de sales) como ocurre en el Alero 1 de Punta de la Peña 9, Alero Peñas Chicas 1.1 y Alero Peñas Chicas 1.7 en la Puna, así como en el Alero 2 Punta Pórfido en Patagonia.

La presencia intermitente de agua en algunos reparos (anegamiento recurrente o periódico) puede generar condiciones de óxido-reducción alternantes que favorecen procesos de degradación físico-química en muchos materiales orgánicos, incluyendo a los huesos (Cordero *et al.*, 1999). En la Cueva Maripe, la presencia de un manantial que surge dentro de la cueva afectó a los materiales en estratigrafía en una de las cámaras excavadas (Cámara Sur), registrándose una peor preservación ósea en relación a la Cámara Norte, la cual no fue alcanzada por dicho proceso (Miotti *et al.*, 2014). La presencia de lentes arcillosas en algunos sitios puede, asimismo, generar una barrera a la infiltración de agua y dar lugar a anegamientos. El caso del carbón es especial dado que la materia vegetal carbonizada se preserva bajo un amplio espectro de condiciones de pH y Eh (Fig. 4). Este material, una vez sepultado, puede sufrir ataque biológico en distintos contextos y fraccionamiento mecánico en ambientes alcalinos (Braadbaart *et al.*, 2009). No obstante, es poco probable que pueda desaparecer del registro estratigráfico (Théry-Parisot *et al.*, 2010).

Por otra parte, se han observado manchas de óxidos de manganeso en los restos óseos de nueve de los sitios analizados. Estas manchas, registradas con diferente intensidad, podrían atribuirse a la presencia de humedad en los rellenos (Andrews, 1990). Los restos orgánicos catalizan la precipitación del manganeso que se hallaba en estado reducido, el cual se oxida y precipita en presencia de agua. Por ejemplo, en el caso particular del Alero 12, gran parte de los huesos de microvertebrados presentaban manchas distribuidas de manera irregular en su superficie. Por este motivo se asumió que, al menos temporalmente, hubo cierto grado de humedad en su relleno. Además, los sedimentos arenosos, por su permeabilidad, habrían facilitado la circulación de agua en los depósitos. La falta de preservación de los cueros de las lagartijas constituye otra evidencia de que, a pesar de estar en un área árida, los depósitos presentaron cierto grado de humedad. Dicha humedad seguramente provocó la desintegración de estos cueros con la consiguiente desarticulación de los huesos (Albino & Kligmann, 2007;

Kligmann, 2009; Kligmann *et al.*, 1999) (Fig. 3A, B). Resulta también notable la diferencia en la cobertura de óxidos de manganeso entre los huesos de las cámaras norte y sur de la Cueva Maripe (Fig. 3D, E). En el segundo caso el manganeso se halla mucho más extendido dada la presencia recurrente de agua en esta cámara (Mosquera, 2015). La presencia de carbonato de calcio depositado sobre los restos óseos es otro indicador de circulación de agua en los rellenos. El calcio es movilizado en la forma de bicarbonato para luego precipitar como carbonato bajo condiciones alcalinas y oxidantes, frecuentes en los reparos. Se han registrado manchas o costras de carbonato sobre restos óseos en los sitios Alero Arroyo El Gaucho 1, Alero La Enramada 3, Alero La Angostura 1, Cueva Tixi, Alero 2 Punta Pórfido y Alero El Puesto 1.

En lo que respecta a las sales solubles, al poseer un efecto higroscópico (absorben humedad) sobre la matriz sedimentaria, han potenciado la preservación excepcional de elementos particularmente delicados en la estratigrafía de algunos reparos. Este es el caso del Alero 2 Punta Pórfido, en la costa semiárida de Patagonia, donde las sales procedentes de la bruma marina (cloruros y sulfatos de sodio) han permitido la preservación en los rellenos, iniciada por la desecación en la etapa 1, de plumas y de pelos de pequeños mamíferos contenidos en las egagrópilas de rapaces nocturnas (Favier Dubois *et al.*, 2021) (Fig. 2F).

Finalmente, los procesos pedogenéticos, favorecidos por las tasas bajas de sedimentación (etapa 2), imprimen cambios químicos (*e.g.* la humificación en el horizonte A baja el pH) y vehiculizan procesos físicos de pedoturbación, incluyendo fauniturbación (*e.g.* organismos cavadores) y floriturbación (*e.g.* raíces de plantas) sobre el sustrato. Asimismo, los horizontes A de suelo son muy bioactivos, contribuyendo a la proliferación de numerosos microorganismos descomponedores (Buol *et al.*, 1989). Se han registrado procesos de humificación asociados al desarrollo de suelos en nueve de los reparos analizados (Tabla 2), en estos casos se han preservado materiales relativamente resistentes y/o mineralizados como carbones, restos óseos y valvas. No obstante, la fracción orgánica de los huesos (colágeno) puede sufrir deterioro bajo condiciones de pedogénesis (Kibblewhite *et al.*, 2015).

El ambiente geoquímico en capa es el filtro tafonómico final para la preservación. Esto es lo que Retallack (1990) denomina equilibrio metaestable entre el material orgánico y su entorno (Fig. 4).

## Discusión

Como mencionamos, la muestra analizada incluye una diversidad de reparos ubicados en distintas regiones y a diferentes alturas (Fig. 1 y Tabla 1). Esto implica que están representados distintos climas, algunos con condiciones muy favorables para la preservación de evidencia orgánica (*i.e.* aridez, frío). No obstante, existen otros factores que pueden incidir, como el grado de reparo que los aleros y cuevas generan frente a las condiciones de intemperie y los procesos que ocurren en las tres etapas postdepositacionales consideradas. Asimismo, la supervivencia depende del tipo de material orgánico del que se trate (Fig. 2).

Se suele considerar que los aleros y cuevas como los aquí analizados son trampas sedimentarias muy eficientes (Collcutt, 1979). Sin embargo, eso no necesariamente equivale a que atrapen mucho material, sino más bien a que el material que ingresa tiende a permanecer allí. En aquellos reparos a los que se adosan construcciones que restringen el acceso, aunque sea de manera parcial (*e.g.* Alero 12 y Alero Peñas Chicas 1.7), va a ingresar aún menos material alóctono pero asimismo va a salir menos material desde el interior hacia el exterior. Paralelamente, estas construcciones incrementan las condiciones de protección interiores, beneficiándose la preservación, durante el período en que están presentes.

Respecto a la supervivencia de los materiales en diferentes tipos de reparos, se puede mencionar el caso de la Puna catamarqueña donde Hocsman & Babot (2018) propusieron que los aleros más reparados fueron utilizados durante el Holoceno temprano y medio inicial, mientras que aquellos menos reparados comenzaron a ser ocupados a finales del Holoceno medio, junto con espacios a cielo abierto inmediatos, pero con protección del viento dada por grandes bloques. A su vez, esto implica una mejor o peor preservación relativa de los

materiales, dada la mayor o menor protección respectiva, vinculada con el período particular durante el cual fueron utilizados los reparos. Ahora bien, este hecho efectivamente podría estar relacionado con la ocupación antrópica (incluyendo la respuesta a eventuales cambios en las condiciones ambientales) pero también con la preservación de los rellenos antiguos en los aleros menos reparados. Cabe la posibilidad de que, al estar más expuestos, los rellenos de estos reparos fueran más susceptibles a la erosión, tema que será evaluado en futuros trabajos.

Una vez depositados los materiales de origen orgánico en los reparos comienza la historia de su preservación o destrucción, la cual se inicia con todos los procesos que los afectan en superficie (procesos pre-sepultamiento), algunos bajo condiciones atemperadas. Uno de los efectos que se amortiguan en los reparos rocosos es la velocidad de la meteorización ósea, lo que hace que esta variable no funcione como un indicador fiable de la tasa de sedimentación ni del tiempo que un hueso ha permanecido expuesto en superficie. La tasa de sedimentación es baja a muy baja en estos sitios (promedio general de 0,16 mm/año). Sin embargo, la meteorización registrada suele ser también baja (Tabla 3), con algunas lógicas excepciones en los aleros más expuestos (*e.g.* Alero Peñas Chicas 1.1 y Alero Chorillo Malo 2). Diferente es el caso en los sitios a cielo abierto (*e.g.* sitios en contexto fluvial o eólico), donde una baja meteorización se considera indicadora de elevadas tasas de sedimentación, es decir de un sepultamiento rápido.

La recurrencia de tasas de sedimentación bajas en los reparos analizados (Tabla 3), así como en otras regiones (ver Bailey & Galanidou, 2009; Donahue & Adovasio, 1990; Farrand, 2001, entre otros), indica que se trata de una propiedad intrínseca a muchos aleros y cuevas, derivada del predominio del aporte endógeno por meteorización (usualmente lento). El aporte exógeno no jugaría entonces un rol destacado en estos casos, salvo excepciones que se hallan vinculadas en los sitios analizados con pulsos piroclásticos (*i.e.* Alero 12 y Cueva Abra del Toro). Todo esto da lugar a que, por lo general, los rellenos de aleros y cuevas correspondan a secuencias condensadas, con baja resolución temporal, en las que en muchas ocasiones suele superponerse la evidencia de actividades antrópicas y faunísticas en la forma de palimpsestos (Bailey & Galanidou, 2009; Straus, 1990).

Otro aspecto a considerar es que existen procesos de remoción (naturales y/o culturales) que pueden acortar la estratigrafía en algunos sitios y disminuir aún más la tasa promedio de sedimentación. No obstante, asumir que las tasas son verdaderamente bajas en la mayoría de los casos, posee consecuencias para el estudio de la intensidad de uso de esos espacios. Podemos considerar que, de haber sido utilizados de manera intensa (ya sea por ocupaciones prolongadas o muy recurrentes), la densidad de materiales esperable sería muy grande teniendo en cuenta los miles de años que usualmente registran los rellenos (así sea muy baja la tasa de descarte). Esto no se observa, hecho que apuntaría a un uso más bien bajo en la suma de tiempo. La alternativa sería considerar que hubo actividades intensivas de limpieza y mantenimiento de los espacios utilizados, por lo que el material antrópico registrado no representaría la real tasa de descarte en los sitios. Al respecto, se podrían explorar espacios en o próximos al reparo donde se hubieran podido acomodar o descartar los productos de esa limpieza (*e.g.* basurales, rellenos, taludes), así como realizar estudios estratigráficos de detalle (incluyendo micromorfología) a fin de detectar superficies y rasgos de remoción derivados de esas posibles actividades (Courty, 1992; Goldberg & Berna, 2010). También se podrían evaluar comparativamente las tasas de sedimentación de distintos aleros en una misma localidad para obtener una estimación relativa respecto de la historia local de la intensidad de uso.

Respecto a las condiciones geoquímicas, aun teniendo en cuenta que se trata de valores actuales y que pudo haber cambios en el pasado, consideramos que resultan parámetros importantes a evaluar en éstos y en todo tipo de sitios arqueológicos. Es muy amplia la gama de posibles materiales orgánicos originalmente presentes en la estratigrafía de un sitio, pero, ¿cuáles de ellos logran sobrevivir al tiempo?, ¿bajo qué condiciones?, ¿cómo se interpreta su ausencia? Un sitio que sólo posee desechos líticos podría considerarse de actividades específicas (*e.g.* manufactura y mantenimiento de artefactos), pero si el pH en su matriz resultara demasiado bajo, se podrían ver sesgadas actividades vinculadas con el aprovechamiento y descarte de recursos faunísticos. Es decir

que, cómo arqueólogos, una de las primeras preguntas que debemos hacernos es si la ausencia de determinados materiales orgánicos se debe a que éstos nunca se depositaron o a que, a pesar de haberse depositado, no se preservaron por razones varias. Así, un dato geoquímico básico nos permite dejar esa posibilidad abierta y, eventualmente, realizar otros estudios para corroborarla (*e.g.* microscopía en busca de vestigios óseos y vegetales, análisis de fósforo, profundizar otras posibles evidencias indirectas). Asimismo, es frecuente que se observen diferencias en cuanto a las condiciones geoquímicas en distintos sectores de un mismo sitio (*e.g.* Cueva Maripe) o entre niveles estratigráficos (*e.g.* Alero La Enramada 3) de modo tal que el sólo hecho de que los restos se depositen en el interior de un alero o cueva no necesariamente garantiza su preservación. Zonas muy próximas a la línea de goteo de estos reparos, sitios con manantiales internos, el desarrollo de pedogénesis o de actividades antrópicas que puedan acidificar los valores de pH de los rellenos, van a afectar negativamente la preservación de los restos orgánicos.

### Conclusiones

El descarte de materiales orgánicos producto de las actividades humanas (y de otros agentes) es mayor que el finalmente recuperado en el relleno de los reparos rocosos, ya que debe pasar por una serie de “filtros tafonómicos” que comienzan mucho antes de su enterramiento, en el momento de su depositación en superficie. Ello conlleva necesariamente a sesgos que deben ser tenidos en cuenta al realizar inferencias sobre las actividades humanas en estos particulares espacios a lo largo del tiempo. Aquí vale el dicho repetido, pero no siempre considerado, de que la ausencia de evidencia no es evidencia de ausencia. A partir de un análisis de los procesos tafonómicos pre a post-depositacionales es que podemos acercarnos a comprender algunos de estos posibles sesgos e incorporarlos en nuestra interpretación arqueológica. De esta manera, se combinan múltiples factores microambientales, sedimentarios y geoquímicos para el resultado final de lo que se va a preservar en estos espacios y que el arqueólogo eventualmente puede recuperar. Un aspecto transversal a los procesos considerados es el tiempo. A mayor antigüedad es más probable la ocurrencia de procesos tafonómicos que terminen destruyendo los materiales orgánicos, lo que podría englobarse en lo que se denomina sesgo tafonómico (Surovell *et al.*, 2009).

Es probable que no sea sencillo definir un “modo tafonómico” (*sensu* Behrensmeier & Hook, 1991) para aleros y cuevas, ya que en ellos la sedimentación y preservación de restos orgánicos puede ser muy variable. Esto se debe a que representan formas transitorias de un proceso geomorfológico que avanza desde su profundización inicial hasta su colmatación, erosión o desplome (Favier Dubois *et al.*, 2020). No obstante, los reúne el hecho de ser espacios normalmente amortiguados respecto a las condiciones de destrucción externas, más allá de que ello se haga efectivo en diferentes grados. Esto los ha convertido en importantes espacios para la preservación de historias culturales a lo largo del tiempo y del espacio.

A partir de trabajos geoarqueológicos comparativos como el que aquí presentamos surgen preguntas que normalmente no se formulan pero que, sin embargo, son importantes para la interpretación de los sitios, sus ocupaciones y sus cronologías. Se pretende así contribuir a evaluar la potencialidad de las variables seleccionadas, destacando la importancia de su relevamiento para una comprensión integral de los depósitos arqueológicos en futuros estudios de casos. Este es uno de los aportes que resultan de la adopción de una perspectiva geoarqueológica.

En síntesis, este trabajo puede ser visto como una caja de herramientas, donde las diferentes condiciones de pre-sepultamiento, sepultamiento y post-sepultamiento se articulan y dan lugar a diferentes escenarios de preservación del registro arqueológico. Futuros investigadores pueden encontrar en ella nuevas preguntas para su registro arqueológico y enriquecer con nuevas variables las aquí presentadas.

## Agradecimientos

Agradecemos a los organizadores del VIII TALLER del Grupo de Estudios Geoarqueológicos de América Latina (GEGAL), donde una versión preliminar de este trabajo fue presentada, por invitarnos a participar de este volumen. Al CONICET, ANPCyT y universidades nacionales por los financiamientos de los trabajos de campo de los distintos aleros y cuevas aquí analizados. Al Dr. Marcelo A. Zárate por sus valiosos comentarios que han enriquecido la versión original del manuscrito. A los evaluadores por sus sugerencias. A Gisela Spengler por haberle dado su toque personal a la versión final de dos de las figuras.

## Bibliografía

- Albino, A.M. & Kligmann, D.M. (2007) "An accumulation of bone remains of two *Liolaemus* species (Iguanidae) in an Holocene archaeological site of the Argentine Puna", *Amphibia-Reptilia*, 28(1), pp. 154-158.
- Allentoft, M.E., Collins, M., Harker, D., Haile, J., Oskam, C.L., Hale, M.L., Campos, P.F., Samaniego, J.A., Gilbert, M.T.P., Willerslev, E., Zhang, G., Scofield, R.P., Holdaway, R.N. & Bunce, M. (2012) "The half-life of DNA in bone: measuring decay kinetics in 158 dated fossils", *Proceedings of the Royal Society B*, 279(1748), pp. 4724-4733.
- Ambrústolo, P. & Ciampagna, M. (2015) "Alero 4 rock shelter, north coast of Descado estuary (Patagonia, Argentina): hunter-gatherer mobility strategies during the Late Holocene", *Quaternary International*, 373, pp. 17-25.
- Andrews, P. (1990) *Owls, Caves and Fossils. Predation, Preservation, and Accumulation of Small Mammal Bones in Caves, with an Analysis of the Pleistocene Cave Faunas from Westbury-sub-Mendip, Somerset, UK*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Andrews, P. & Nesbit Evans, E.M. (1983) "Small mammal bone accumulations produced by mammalian carnivores", *Paleobiology* 9(3), pp. 289-307.
- Armour-Chelu, M. & Andrews, P. (1994) "Some effects of bioturbation by earthworms (Oligochaeta) on archaeological sites", *Journal of Archaeological Science*, 21(4), pp. 433-443.
- Aschero, C., Babot, P., Beltrán, L., Cohen, L., González Baroni, L., Hocsmán, S., Isasmendi, V., López Campeny, S.M.L., Mamani, W., Marcos, S., Martel, A., Martínez, J., Martínez, S., Morales, J., Ponce, A., Urquiza, S., & Zamora, D. (2020) *Miles de Años de Historia... Entre Vegas, Peñas y Quebradas en Antofagasta de la Sierra*, Editorial ISES (CONICET-UNT), San Miguel de Tucumán.
- Babot, M.P., Aschero, C.A., Hocsmán, S., Haros, M.C., González Baroni, L.G. & Urquiza, S. (2006) "Ocupaciones agropastoriles en los sectores intermedios de Antofagasta de la Sierra (Catamarca): un análisis desde Punta de la Peña 9.I". *Comechingonia* 9, pp. 57-78.
- Bailey, G. & Galanidou, N. (2009) "Caves, palimpsests and dwelling spaces: Examples from the Upper Palaeolithic of South-East Europe", *World Archaeology*, 41(2), pp. 215-241.
- Balek, C.L. (2002) "Buried artifacts in stable upland sites and the role of bioturbation: a review", *Geoarchaeology*, 17(1), pp. 41-51.
- Behrensmeyer, A.K. (1978) "Taphonomic and ecologic information from bone weathering", *Paleobiology* 4(2), pp. 150-162.
- Behrensmeyer, A.K., Gordon, K.D. & Yanagi, G.T. (1986) "Trampling as a cause of bone surface damage and pseudo-cutmarks", *Nature*, 319(6056), pp. 768-771.
- Behrensmeyer, A.K. & Hook, R.W. (1991) "Paleoenvironmental contexts and taphonomic mode", *Paleobiology*, 11, pp. 105-119.
- Bonnat, F., Mazzanti, D. & Martínez, G.A. (2015) "Tecnología lítica y contexto geoarqueológico de la ocupación temprana del Sitio 2 de la Localidad Arqueológica Amalia, provincia de Buenos Aires (Argentina)", *Revista del Museo de Antropología*, 8(2), pp. 21-32.
- Braadbaart, F., Poole, I. & Van Brussel, A.A. (2009) "Preservation potential of charcoal in alkaline environments: an experimental approach and implications for the archaeological record", *Journal of Archaeological Science*, 36 (8), pp. 1672-1679.
- Brain, C.K. (1981) *The Hunters or the Hunted? An Introduction to African Cave Taphonomy*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Buol, S.W., Hole, F.D. & McCracken, R.J. (1989) *Soil Genesis and Classification*. Iowa State University Press, Iowa.
- Canti, M.G. (2003) "Earthworm activity and archaeological stratigraphy: a review of products and processes", *Journal of Archaeological Science*, 30(XX), pp. 135-148.
- Carbonelli, J.P., Winocur, D., Belotti López de Medina, C., Carminatti, N. & Peisker, V. (2021) "Cueva Abra del Toro, registro de la ocupación más antigua para el valle de Yocavil, Catamarca, y su relación con la mayor erupción holocena conocida", *Revista del Museo de Antropología*, 14(1), pp. 123-138.
- Carrera Aizpitarte, M. (2017) "Primeros resultados de las investigaciones arqueológicas desarrolladas en el sector central de la sierra de San Luis (Argentina)", *Revista del Museo de Antropología, Suplemento Especial 1*, pp. 13-20.

- Cena Di Matteo, M., Bravo, B., Morey, Y. y Carrera Aizpitarte, M. (2018) "Sitio La Angostura 1 (departamento Coronel Pringles, provincia de San Luis). Análisis de los conjuntos arqueológicos recuperados", *Anales de Arqueología y Etnología*, 73(2), pp. 99-132.
- Chamley, H. (1990) *Sedimentology*. Primera edición. Springer-Verlag, Berlin.
- Collcutt, S.N. (1979) "The analysis of Quaternary cave sediments", *World Archaeology*, 10(3), pp. 290-301.
- Cordero Otero, R., Favier Dubois, C.M. & dos Santos Afonso, M. (1999) "Consideraciones acerca de la confiabilidad de las muestras óseas en las dataciones por carbono catorce. El caso de los sitios San Genaro en el norte de Tierra del Fuego", *XII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*. La Plata, 22-26 Septiembre 1997, Universidad Nacional de La Plata, Tomo II, pp. 335-348.
- Courtin, J. & Villa, P. (1982) "Une expérience de piétinement", *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 79(4), pp. 117-123.
- Courty, M.A. (1992) "Soil micromorphology in Archaeology", *Proceedings of the British Academy*, 77, pp. 39-59.
- Cruz, I. & Elkin, D.C. (2003) "Structural bone density of the Lesser Rhea (*Pterocnemiapennata*) (Aves: Rheidae). Taphonomic and archaeological implications", *Journal of Archaeological Science*, 30(1), pp. 37-44.
- Donahue, J. & Adovasio, J.M. (1990) "Evolution of sandstone rockshelters in eastern North America: Geoaarchaeological perspective". **En:** Lasca, N.P. y Donahue, J. (eds.) *Archaeological Geology of North America*, Geological Society of America, Centennial Special Volume 4, Boulder, pp. 231-251.
- Elkin, D.C. (1996) *Arqueozoología de Quebrada Seca 3: indicadores de subsistencia humana temprana en la Puna meridional argentina*. Tesis doctoral inédita, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Farrand W.R. (2001) "Archaeological sediments in rockshelters and caves". **En:** Stein, J.K. & Farrand, W.R. (eds.) *Sediments in Archaeological Context*, The University of Utah Press, Salt Lake City, pp. 29-66.
- Favier Dubois, C.M. (1998) "Dinámica sedimentaria y cambios ambientales en relación al registro arqueológico y tafonómico del Cerro Cabeza de León, Bahía San Sebastián (Tierra del Fuego, Argentina)", *Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Humanas*, 26, pp. 137-152.
- Favier Dubois, C.M. (1999) "Pedogénesis y formación de registros en Bahía San Sebastián (Tierra del Fuego) y Lago Roca (Santa Cruz)". **En:** Belardi, J.B., Fernández, P., Goñi, R., Guráieb, G. & De Nigris, M. (comps.), *Soplando en el viento...*, Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, pp. 319-332.
- Favier Dubois, C.M. (2019) "Human occupation chronologies modeled by geomorphological factors: a case study from the Atlantic coast of north Patagonia (Argentina)". **En:** Inda Ferrero, H. & García Rodríguez, F. (eds.) *Advances in Coastal Geoarchaeology in Latin America*, The Latin American Studies Book Series, Springer, Cham, pp. 1-15.
- Favier Dubois, C.M. & Borrero, L.A. (1997) "Geoarchaeological perspectives on Late Pleistocene faunas from Última Esperanza Sound. Magallanes, Chile", *Anthropologie, International Journal of the Science of Man*, XXXV(2), pp. 207-213.
- Favier Dubois, C.M. & Politis, G.G. (2017) "Environmental dynamics and formation processes of the archaeological record at the pampean archaeological locality Zañon Seco, Argentina", *Geoarchaeology: An International Journal*, 32(6), pp. 622-632.
- Favier Dubois, C.M., Herrera Villegas, D., Cardillo, M., Alcaraz, A.P. & Vitale, P. (2021) "Estudio geoarqueológico inicial de la formación de aleros y sus rellenos en la localidad Punta Pórfido (Río Negro, Argentina)", *Chungara. Revista de Antropología Chilena* (En prensa).
- Favier Dubois, C.M., Kligmann, D.M., Zárate, M.A., Hocsman, S., Babot, P., Massigoge, A., Mosquera, B., Rivero, D., Heider, G., Martínez, G.A., Ambrústolo, P., Carrera, M., Gómez Augier, J.P., Carbonelli, J.P., Herrera Villegas, D. & Durán, V. (2020). "Estudio del desarrollo de aleros y cuevas en diferentes regiones y contextos geológicos de la Argentina: hacia una caracterización de patrones y procesos", *Boletín de Arqueología PUCP*, 28, pp. 53-81.
- Fernández, P., Cruz, I. & Elkin, D. (2001) "Densidad mineral ósea de *Pterocnemiapennata* (aves: Rheidae). Una herramienta para evaluar frecuencias anatómicas en sitios arqueológicos", *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, XXVI, pp. 243-260.
- Ferring, R. (1986) "Rates of fluvial sedimentation: Implications for archaeological variability", *Geoarchaeology, An International Journal*, 13, pp. 259-274.
- Fisher, J.W. (1995) "Bone surface modifications in zooarchaeology", *Journal of Archaeological Method and Theory*, 2(1), pp. 7-68.
- Franco, N.V. & Borrero, L.A. (2003) "Chorrillo Malo 2: initial peopling of the Upper Santa Cruz Basin". **En:** Miotti, L., Salemme, M. & Flegenheimer, N. (eds.) *Where the South Winds Blow. Ancient Evidences of Paleo South Americans*, Center for the Studies of the First Americans (CSFA) y Texas A&M University Press, Texas, pp. 149-152.
- Gifford-González, D.P., Dambrosch, D.B., Dambrosch, D.R., Pryor, J. & Thunen, R.L. (1985) "The third dimension in site structure: an experiment in trampling and vertical dispersal", *American Antiquity*, 50(4), pp. 803-818.
- Goldberg, P. & Berna, F. (2010) "Micromorphology and context", *Quaternary International*, 214(1-2), pp. 56-62.
- Hassan, F.A. (1981) "Rapid quantitative determination of phosphate in archaeological sediments", *Journal of Field Archaeology*, 8(3), pp. 384-387.
- Historic England (2016) *Preserving Archaeological Remains: Decision-taking for Sites under Development*. Historic England, Swindon.
- Hocsman, S. & Babot, M.P. (2018) "La transición de cazadores-recolectores a sociedades agropastoriles en Antofagasta de la Sierra (Puna de Catamarca, Argentina): perspectivas desde la agencia y las prácticas", *Chungara. Revista de Antropología Chilena*, 50(1), pp. 51-70.

- Hogg, A.G., Heaton, T.J., Hua, Q., Palmer, J.G., Turney, C.S.M., Southon, J., Bayliss, A., Blackwell, P.G., Boswijk G., Bronk Ramsey, C., Pearson, C., Petchey, F., Reimer, P., Reimer, R. & Wacker, L. (2020) "SHCal20 Southern Hemisphere calibration, 0-55,000 years cal BP", *Radiocarbon*, 62(4), pp. 759-778. doi: 10.1017/RDC.2020.59.
- Kibblewhite, M., Tóth, G. & Hermann, T. (2015) "Predicting the preservation of cultural artefacts and buried materials in soil", *Science of the Total Environment*, 529, pp. 249-263.
- Kligmann, D.M. (2009) *Procesos de Formación de Sitios Arqueológicos: Tres Casos de Estudio en la Puna Meridional Catamarqueña Argentina*, British Archaeological Reports (BAR) International Series 1949, Archaeopress, Oxford.
- Kligmann, D.M., Sesé, C. & Barbadillo, J. (1999) "Análisis tafonómico de la fauna de microvertebrados del Alero 12 (Puna meridional catamarqueña argentina) y sus implicancias para el comportamiento humano". *Arqueología*, 9, pp. 9-48.
- Leonardi, G., Miglavacca, M. & Nardi, S. (1999) "Soil phosphorus analysis as an integrative tool for recognizing buried ancient ploughsoils", *Journal of Archaeological Science*, 26(4), pp. 343-352.
- Linse, A.R. (1992) "Is bone safe in a shell midden?" **En:** Stein, J.K. (ed.) *Deciphering a Shell Midden*, Academic Press, San Diego, pp. 327-345.
- Lyman, R.L. (1994) *Vertebrate Taphonomy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Marchionni, L. (2013) *Comparación de las distintas historias tafonómicas en conjuntos zooarqueológicos provenientes de la Meseta Central de la provincia de Santa Cruz*. Tesis Doctoral inédita. La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27075>.
- Martínez, G.A. (2007) "Procesos de formación de sitios en reparos rocosos de Tandilia", *Cazadores-Recolectores del Cono Sur. Revista de Arqueología*, 3, pp. 105-127.
- Martínez, G.A., Mazzanti, D.L., Quintana, C., Zucol, A.F., Colobig, M.M., Hassan, G.S., Brea, M. & Passeggi, E. (2013) "Geoarchaeological and paleoenvironmental context of the human settlement in the Eastern Tandilia Range, Argentina", *Quaternary International*, 299, pp. 23-37.
- Martínez, G.A. & Osterrieth, M. (2001) "Estratigrafía, procesos formadores y paleoambientes". **En:** Mazzanti, D. & Quintana, C. (eds.), *Cueva Tixi: Cazadores y Recolectores de las Sierras de Tandilia Oriental, I, Geología, Paleontología y Zooarqueología*, Laboratorio de Arqueología, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata, pp. 19-34.
- Martínez, G.A., Osterrieth, M. & Mazzanti, D. (2004) "Ambiente de sedimentación y uso del espacio en la Localidad Arqueológica Amalia, Provincia de Buenos Aires". **En:** Gradin, C. & Oliva, F. (eds.), *La Región Pampeana - Su Pasado Arqueológico*, Laborde Editor, Rosario, pp. 61-72.
- Mazzanti, D. (1997) "Excavaciones arqueológicas en el sitio Cueva Tixi, Buenos Aires, Argentina", *Latin American Antiquity*, 8(10), pp. 55-62.
- McBrearty, S., Bishop, L., Plummer, T., Dewar, R. & Conard, N. (1998) "Tools underfoot: human trampling as an agent of lithic artifact edge modification", *American Antiquity*, 63(1), pp. 108-129.
- McLaren, R.G. & Cameron, K.C. (1996) *Soil Science. Sustainable Production and Environmental Protection*. Segunda edición. Oxford University Press, Oxford.
- Mehl, A. & Franco, N.V. (2009) "Cambios en la morfología de los reparos rocosos: el caso de los sitios Chorrillo Malo 2 y Río Bote 1 (Pcia. de santa Cruz, Argentina)". **En:** Salemme, M., Álvarez, M., Santiago, F. & Piana, E. (eds.) *Arqueología de la Patagonia - Una mirada desde el Último Confin*, Tomo II, Editorial Utopías, Ushuaia, pp. 893-900.
- Miotti, L., Hermo, D., Magnin, L., Carden, N., Marchionni, L., Alcaraz, M.A., Mosquera, B., Terranova, E. & Salemme, M. (2007) "Resolución e integridad arqueológica en la Cueva Maripe (Santa Cruz, Argentina)". **En:** Civalero, M.T., Fernández, P.M. & Guráieb, A.G. (comps.), *Contra Viento y Marea. Arqueología de Patagonia*, Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, Buenos Aires, pp. 555-568.
- Miotti, L. & Marchionni, L. (2013) "Beyond stones: Bone as raw material for tools in central plateau of Santa Cruz, Argentinian Patagonia". **En:** Choyke, A. & O'Connor, S. (eds.), *From These Bare Bones. Raw Materials and the Study of Worked Osseous Objects*, Oxbow Books, London, pp. 116-126.
- Miotti, L., Marchionni, L., Mosquera, B., Hermo, D. & Ceraso, A. (2014) "Fechados radiocarbónicos y delimitación temporal de los conjuntos arqueológicos de Cueva Maripe, Santa Cruz (Argentina)", *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, XXXIX(2), pp. 509-537.
- Mondini, N.M. (2002) "Modificaciones óseas por carnívoros en la Puna argentina. Una mirada desde el presente a la formación del registro arqueofaunístico", *Mundo de Antes*, 3, pp. 87-110.
- Mosquera, B. (2015) "Geoarqueología del sitio Cueva Maripe, Macizo del Deseado, Provincia de Santa Cruz, Argentina", *Comechingonia*, 19(1), pp. 155-182.
- Mosquera, B. (2016) *Geoarqueología de los zanjones Blanco y Rojo, Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz*, Tesis Doctoral inédita, La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Mosquera, B. (2018) "Análisis de la información radiocarbónica de sitios arqueológicos del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz, Argentina". *Intersecciones en Antropología*, 19, pp. 25-36.
- Nielsen, A.E. (1991) "Trampling the archaeological record: an experimental study", *American Antiquity*, 56(3), pp. 483-503.
- Osterrieth, M.L., Martínez, G.A., Zucol, A., Brea, M. & Mazzanti, D. (2002) "Procesos de formación del Sitio 2 de la Localidad Arqueológica Amalia, provincia de Buenos Aires". **En:** Mazzanti, D., Berón, M. & Oliva, F. (eds.) *Del Mar a Los Salitrales. Diez Mil Años de Historia Pampeana en el Umbral del Tercer Milenio* UNMDP/LARBO y SAA, Mar del Plata, pp. 343-354.

- Otaola, C. (2009) "Sitio Chorrillo Malo 2, Provincia de Santa Cruz, Argentina. Enfoque arqueofaunístico de un sitio en un "callejón sin salida"". **En:** Salemme, M., Santiago, F., Álvarez, M., Piana, E., Vázquez, M. & Mansur, M.E. (eds.) *Arqueología de Patagonia: una Mirada desde el último confin*, Tomo 2, Editorial Utopías, Ushuaia, pp. 813-824.
- Pintar, E.L. (1987) "Una experiencia de pisoteo: perturbación del registro arqueológico?", *Shincal*, 1, pp. 61-71.
- Prates, L., Politis, G. & Steele, J. (2013) "Radiocarbon chronology of the early human occupation of Argentina", *Quaternary International*, 301, pp. 104-122.
- Quintana, C.A. (2007) "Marcas de dientes de roedores en huesos de sitios arqueológicos de las sierras de Tandilia, Argentina", *Archaeofauna*, 16, pp. 161-167.
- Retallack, G.J. (1990) *Soils of the Past. An Introduction to Paleopedology*, Harper Collins Academic, Londres.
- Rivero, D. (2009) *Ecología de Cazadores-Recolectores del Sector Central de las Sierras de Córdoba (Rep. Argentina)*, British Archaeological Reports (BAR) International Series 2007, Archaeopress, Oxford.
- Rivero, D. (2017) Informe de las investigaciones arqueológicas realizadas en el sitio Los Morteros (PNQC, prov. de Córdoba), Administración de Parques Nacionales, Delegación Regional Centro, Córdoba, Argentina.
- Rivero, D. & Heider, G. (2020) "El paisaje social del centro de Argentina durante la transición Pleistoceno-Holoceno (ca. 11.000-9000 AP)", *Arqueología*, 26(1), pp. 109-126.
- Rivero, D., Franco Salvi, V. & Paradela, H. (2008) "Cambios en la funcionalidad del sitio Arroyo El Gaucho 1 durante el Holoceno (pcia. de Córdoba, Argentina)", *Arqueología*, 14, pp. 77-101.
- Rivero, D., Pastor, S. & Medina, M. (2010) "Intensificación en las Sierras de Córdoba. El abrigo rocoso Quebrada del Real 1 (ca. 6000-500 AP, Córdoba, Argentina)", *Anales de Arqueología y Etnología*, 63-64, pp. 227-246.
- Stein, J.K. (1983) "Earthworm activity: A source of potential disturbances of archaeological sediments", *American Antiquity*, 48(2), pp. 277-289.
- Stein, J.K. (1987) "Deposits for archaeologists". **En:** Schiffer, M.B. (ed.) *Advances in Archaeological Method and Theory*, 11, Academic Press, San Diego, pp. 337-395.
- Straus, L.G. (1990) "Underground archaeology: Perspectives on caves and rockshelters". **En:** Schiffer, M.B. (ed.) *Archaeological Method and Theory 2*, University of Arizona Press, Tucson, pp. 255-304.
- Surovell, T.A., Finley, J.B., Smith, G.M., Brantingham, P.J. & Kelly, R. (2009) "Correcting temporal frequency distributions for taphonomic bias", *Journal of Archaeological Science*, 36(8), pp. 1715-1724.
- Théry-Parisot, I., Chabal, L. & Chrzavzez, J. (2010) "Anthracology and taphonomy, from wood gathering to charcoal analysis. A review of the taphonomic processes modifying charcoal assemblages, in archaeological contexts", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291(1-2), pp. 142-153.
- Trucchi, E., Benazzo, A., Lari, M., Iob, A., Vai, S., Nanni, L., Bellucci, E., Bitocchi, E., Raffini, F., Xu, C., Jackson, S.A., Lema, V., Babet, P., Oliszewski, N., Gil, A., Neme, G., Michieli, C.T., De Lorenzi, M., Calcagnile, L., Caramelli, D., Star, B., de Boer, H., Boessenkool, S., Papa, R. & Bertorelle, G. (2021) "Ancient genomes reveal early Andean farmers selected common beans while preserving diversity", *Nature Plants*, 7, pp. 123-128.
- Winkel, T., Aguirre, M.G., Arizio, C.M., Aschero, C.A., Babet, M.d.P., Benoit, L., Burgarella, C., Costa-Tártara, S., Dubois, M.P., Gay, L., Hocsmán, S., Jullien, M., López Campeny, S.M.L., Manifesto, M.M., Navascués, M., Oliszewski, N., Pintar, E., Zenboudji, S., Bertero, H.D. & Joffre, R. (2018) "Discontinuities in quinoa biodiversity in the dry Andes: An 18-century perspective based on allelic genotyping", *PLoS ONE*, 13(12), pp. e0207519, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207519>.
- Wood, W. & Johnson, D. (1978) "A survey of disturbance processes in archaeological site formation". **En:** Schiffer, M.B. (ed.), *Advances in Archaeology Method and Theory 1*, Academic Press, New York, pp. 539-601.
- Zárate, M., Blasi, A. & Rabassa, J. (2000) "Geoarqueología de la localidad Piedra Museo. Guía de Campo de la visita a las localidades arqueológicas". **En:** Miotti, L., Paunero, R., Salemme, M. & Cattáneo, G. (eds.) *Taller Internacional del INQUA "La Colonización del Sur de América durante la Transición Pleistoceno/Holoceno, La Plata-Río Gallegos"*, pp. 56-64.
- Zubimendi M.A. & Ambrústolo, P. (2016) "Estudio comparativo de abrigos rocosos en la costa norte de Santa Cruz (Patagonia)", *Comechingonia*, 20(1), pp. 253-276.