

CAPÍTULO 4

Tafonomía de vertebrados

Fernando J. Fernández, Luis M. del Papa y Laura L. Miotti

En este capítulo se definen los conceptos básicos de la tafonomía. El capítulo se subdivide de acuerdo a los tipos de génesis de los depósitos faunísticos: agentes naturales selectivos (“*attritional*” o depredación y enfermedades), agentes naturales no selectivos (catastróficos), acción antrópica (también se incluye en la depredación) y agentes postdeposicionales.

Como se mencionó en el Capítulo 1, con el advenimiento del *corpus* teórico-metodológico de la Nueva Arqueología o Arqueología Procesual en la década de 1960 se introduce el actualismo, entre otros conceptos, a la arqueología (Binford, 1962). El actualismo se fundamenta en los principios del uniformitarismo (las mismas leyes y procesos naturales de la actualidad han operado en el pasado) del geólogo británico Charles Lyell (1830). Constituye una herramienta metodológica para inferir la naturaleza de los eventos del pasado mediante la analogía de los procesos observables en el presente (Binford, 1981a; Lyman, 1994; Marean, 1995). Del actualismo deriva la actuotafonomía o neotafonomía, una concepción de especial interés para la tafonomía, que implica la experimentación y observación sobre las condiciones de los restos de organismos modernos en ambientes definidos, delineado para realizar interpretaciones tafonómicas y paleoecológicas no visibles en el registro fósil (Lyman, 1994). Otra vía de conocimiento tafonómico se basa en el método comparativo, en base a los resultados obtenidos por estudios previos y en la habilidad del equipo tafonómico para interpretar el agente causal de la acumulación a partir de las evidencias (Marean, 1995; Gutiérrez y Borrero, 2023).

¿Qué es la tafonomía?

Iván Antónovich Efremov, paleontólogo ruso dedicado a los vertebrados permo-cretácicos de Rusia y del desierto de Gobi (Mongolia) y escritor de ciencia ficción, define en 1940 a la tafonomía conjugando las palabras griegas *taphos* (entierro) y *nomos* (ley), es decir, la ciencia de las leyes del entierro (Efremov, 1940). En un sentido más amplio, la tafonomía es la disciplina que estudia los procesos de la transición de los restos de los organismos desde la biósfera a la litósfera (Efremov, 1940). Este autor publica su trabajo en la revista “*Pan American Geology*” y lo intitula “*Taphonomy: a new branch of Paleontology*” “Tafonomía: una

nueva rama de la Paleontológica” (Efremov, 1940). No obstante, como hemos visto en el Capítulo 1, desde finales del siglo XIX se hacían estudios tafonómicos en diferentes partes del mundo, incluso en la Argentina, principalmente con los trabajos de Florentino Ameghino en las regiones pampeana y patagónica (e.g., Ameghino, 1880, 1881). Desde entonces y, con mayor énfasis, a partir de la Nueva Arqueología, la tafonomía ha sido clave, no solo para la paleontología, sino también para la geología, la ecología, las ciencias forenses, la antropología biológica y la zooarqueología (véase Capítulo 1).

Por otra parte, Efremov (1940) propone a la tafonomía como disciplina científica por su inquietud al observar errores en la interpretación paleoecológica de los fósiles que representan a organismos del pasado y que no habitaron en el lugar del hallazgo paleontológico. Entre las décadas de 1940 y 1970, la tafonomía se dedicó, principalmente, a la evaluación de los sesgos, es decir, a la pérdida de información del registro fósil generada por los distintos procesos (Gutiérrez y Borrero, 2023). Ulteriormente, la disciplina giró a una perspectiva de aprendizaje más positiva al enfocarse en los estudios actuotafonómicos para observar patrones de muerte, de descomposición y de enterramiento, entre otros, en ambientes actuales para elaborar modelos que ayuden a interpretar los eventos pretéritos (Gutiérrez y Borrero, 2023). Esta visión pone especial atención en investigar los procesos tafonómicos *per se* y se aleja del orden tradicional de estudiar estos procesos solo para limpiar el registro de los posibles sesgos tafonómicos, es decir, de analizar los sesgos con un fin en sí mismo (Gutiérrez y Borrero, 2023).

Recientemente, se ha planteado que los materiales inorgánicos, por ejemplo, los artefactos líticos y los fragmentos cerámicos, exhumados de sitios arqueológicos pueden estudiarse desde una perspectiva tafonómica (véase Box 2; Gutiérrez y Borrero, 2023). En cambio, para varios equipos de investigación y para el cuerpo docente de esta cátedra, la incorporación de materiales inorgánicos a los estudios tafonómicos excede los límites de la definición original de Efremov y genera ambigüedad en la disciplina (véase, por ejemplo, Lyman, 2010). Ahora bien, esta postura tampoco indica que la tafonomía debe acortarse a los procesos estrictamente naturales o “n-transformadores” (*sensu* Schiffer y Rathje, 1973), ya que los humanos indudablemente son actores tafonómicos activos. Entonces, los procesos de formación cultural del registro, que abarquen tanto a las acumulaciones orgánicas (tafonómicas) como a las inorgánicas, producto de la actividad humana, se podrían incluir bajo el término conocido en arqueología de “c-transformadores” (*sensu* Schiffer y Rathje, 1973). Acorde al modelo de Michael Schiffer, sobre los procesos de formación de sitio que ocurren desde el contexto sistémico al contexto arqueológico (e.g., Schiffer, 1975, 1976), las leyes de los procesos “c-transformadores” relacionan las variables del sistema sociocultural con las variables de los resultados arqueológicos de ese sistema. En tanto, las leyes de los procesos de formación natural o “n-transformadores” alteran a los materiales depositados culturalmente (e.g., Schiffer, 1975, 1976).

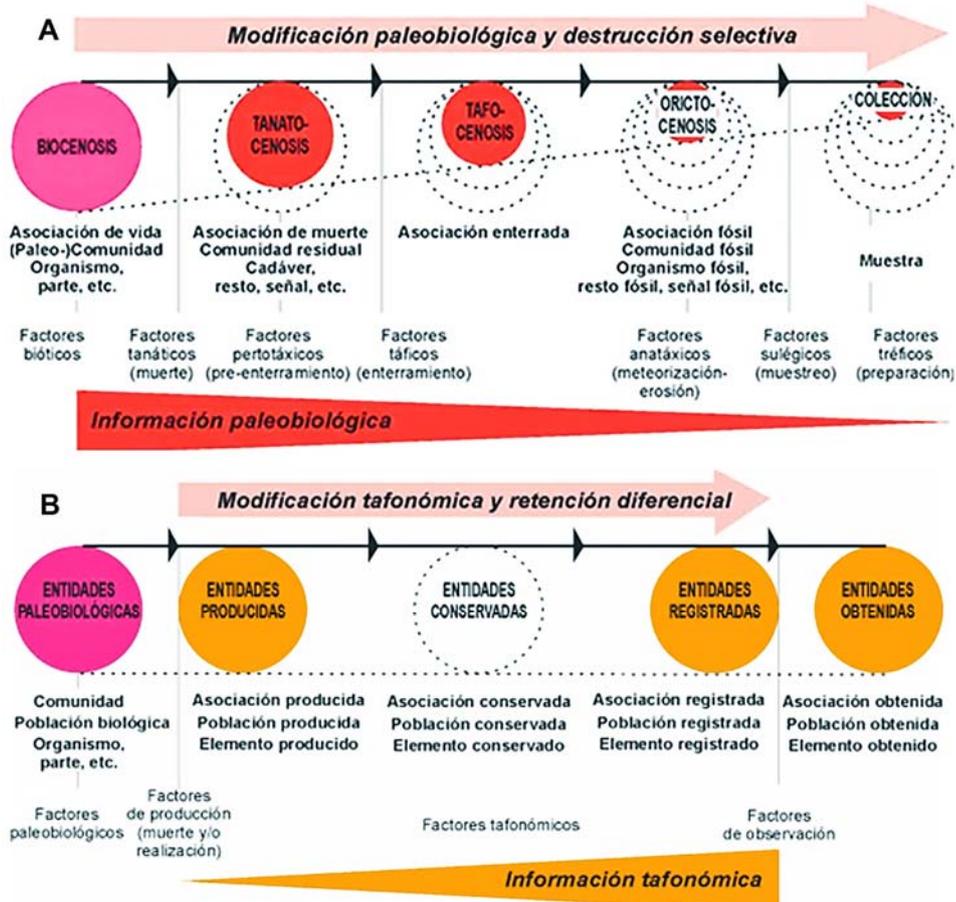
Finalmente, en sitios paleontológicos y arqueológicos es frecuente el hallazgo de asociaciones de especies no contemporáneas como producto de los distintos procesos de

reelaboración que pudieron ocurrir en el pasado (Fernández-López, 1986-87, 1991; Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). Los análisis tafonómicos pueden ejecutarse tanto a una escala local (del sitio) como a escala regional que nos amplía el escenario, por ejemplo, para interpretar la formación de palimpsestos o los conjuntos fósiles promediados en el tiempo (véase, más abajo, la sección “Palimpsestos y tiempos promediados”) y para evaluar el impacto de la contaminación natural reciente o “lluvia de huesos” del registro fósil (Borrero, 1988; Gutiérrez y Borrero, 2023). Como veremos en las secciones siguientes, a partir de los estudios tafonómicos se pueden interpretar el origen de las acumulaciones óseas (como llegaron esos huesos al sitio), de este modo, se puede establecer la identidad de los depredadores y si hubo transporte fluvial y elevar la precisión de las interpretaciones paleoecológicas (Andrews, 1990; Gifford-González, 1991).

Estadios de formación de un conjunto fósil o arqueofaunístico

La Figura 4.1A esquematiza la historia tafonómica desde la biocenosis, pasando por la tanatocenosis, la tafocenosis y la orictocenosis, hasta la colección de un museo.

Figura 4.1



Nota. Diagramas de pérdida de información paleobiológica, a través de la historia tafonómica, desde la biocenosis hasta la colección de un museo (A) y ganancia de información tafonómica (B), desde las entidades paleobiológicas hasta las entidades obtenidas (según Fernández-López, 2001: figuras 1 y 2, modificado de Fernández-López, 1991: figura 1).

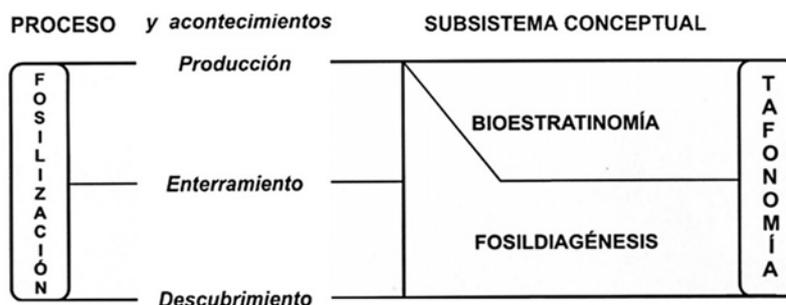
El primero de los estadios se denomina biocenosis (conjunto de organismos vivos), está mediado por procesos bióticos y se incluye en el dominio bioecológico. Este estadio se detiene, súbitamente, cuando tienen lugar los factores de producción (principalmente la muerte de los organismos, aunque también pueden ser las huellas y otras evidencias de acción de los organismos), entonces, inicia el estadio de la tanatocenosis (conjunto de organismos muertos), el cual está atravesado por los procesos tanáticos (inducen y circundan a la muerte de los organismos) y pertotáticos (operan desde la muerte hasta el entierro de los organismos, tales como descomposición, meteorización, esqueletización, desarticulación, dispersión y acumulación) y es parte del dominio biostratinómico. Una vez que los restos son enterrados, inicia el estadio de la tafocenosis (agregado de restos de organismos enterrados conjuntamente), el cual está mediado por procesos táficos (determinan si un resto será enterrado o no) y anatóxicos (operan en la remoción y la destrucción de los restos), los cuales tienen lugar dentro del dominio diagenético. A partir de este momento, se puede denominar conjunto o asociación fósil (orictocenosis). Finalmente, ocurre el estadio de la colección de museo, incluido dentro del dominio arqueológico y paleontológico, donde primero intervienen los procesos sulégicos (la selección ocurrida cuando se realiza el muestreo o la excavación) y los procesos tréficos referidos a la preparación y posterior conservación de las muestras en el laboratorio (Lawrence, 1968, 1971; Fernández-López, 1986-87, 1991, 2001; Andrews, 1990; Lyman, 1994).

No obstante, la historia tafonómica no es lineal, los factores potenciales de reelaboración pueden implicar un regreso en la secuencia, por ejemplo, volver a la superficie por la acción de animales cavadores o por discordancias erosivas y procesos de erosión fluvial o marítima y quedar, nuevamente, expuestos a los procesos que operan en el dominio o subsistema biostratinómico. Incluso, es menos común que sucedan todos los estadios tafonómicos y, salvo casos excepcionales, que se llegue al descubrimiento y posterior resguardo en colecciones de museos. En la mayoría de los casos la pérdida está vinculada a la incompletitud de los elementos anatómicos (Figura 4.1A). Esto ocurre porque los procesos tafonómicos destruyen selectivamente a la variabilidad paleobiológica como consecuencia de la acción de diferentes agentes que actuaron como filtros sucesivos de los restos menos conservables (e.g., Fernández-López, 1991, 2001). En tanto, se destaca que conforme se pierde información paleobiológica (Figura 1A) se gana información tafonómica (e.g., Fernández-López, 1991, 2001; Figura 1B). Por ejemplo, el análisis de las fracturas ofrece información tafonómica invaluable porque al partir de la incompletitud e imperfección de los fósiles, considerados como estructuras modificadas si se las compara con los elementos originales, podemos interpretar causas de muerte, tipos de procesamientos y otras

actividades de la subsistencia humana (*vide infra*); datos imposibles de obtener en base a las entidades paleobiológicas (e.g., Fernández-López, 1991, 2001; Fernández-Jalvo et al., 2022).

En términos generales, dentro de la tafonomía se pueden distinguir la bioestratinomía -modificaciones ocurridas desde la producción biogénica hasta el enterramiento (pre y sin-enterramiento)- y la fosildiagénesis -modificaciones post-enterramiento- (Fernández-López, 1986-87; Lyman, 1994; Figura 2). Ambos subsistemas suelen constituir la mayoría de las entidades tafonómicas registradas, aunque, en casos excepcionales, pueden existir entidades registradas que no han pasado por los procesos que actúan en la bioestratinomía, por ejemplo, en organismos enterrados con vida (Fernández-López, 1986-87). Los procesos de reelaboración que involucren el desenterramiento y desplazamiento de entidades tafonómicas corresponden a la fosildiagénesis, caso contrario implicaría que este subsistema sea múltiple o parte de la bioestratinomía (Fernández-López, 1986-87).

Figura 4.2



Nota. Esquema tafonómico sobre los dos grandes subsistemas conceptuales (bioestratinomía y fosildiagénesis) de los procesos de fosilización tafonómica. Tomado de Fernández-López (1986-87: figura 1).

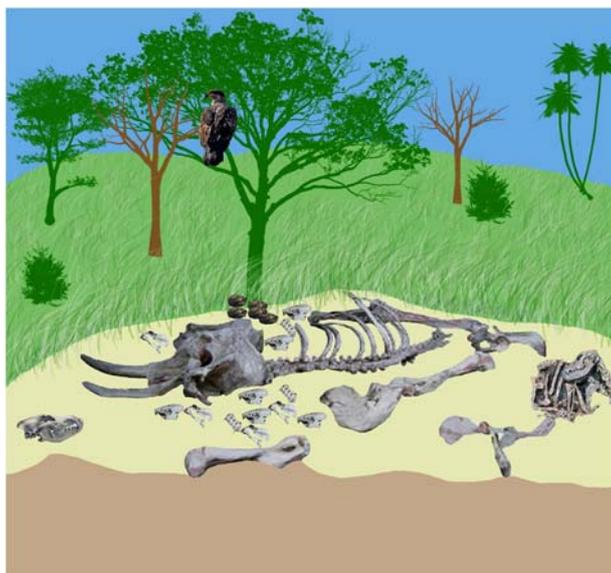
Autóctono y alóctono

En entidades tafonómicas conservadas o fósiles, un elemento autóctono se encuentra en el mismo lugar donde fue producido (biogénesis o tafogénesis) y un elemento alóctono refiere al que está en un lugar geográficamente distanciado de aquél donde fue producido (véase Fernández-López, 1991: figura 2). Estos conceptos no deben confundirse con los términos *in situ* y *ex situ*, que aluden, en entidades registradas, a su ubicación bioestratigráfica original -*in situ*- y desplazado o reelaborado -*ex situ*- (véase Fernández-López, 1991: figura 2).

Palimpsesto y tiempos promediados

El concepto de palimpsesto proviene de la literatura y refiere a un manuscrito antiguo (pergamino) que conserva huellas de una escritura anterior borrada artificialmente². En tafonomía y en arqueología se utiliza para dar cuenta de las mezclas de huesos y otros materiales en un mismo registro arqueológico que, a primera vista, parecen proceder de un único evento de ocupación del sitio –asociación primaria-. Sin embargo, el análisis de contexto y sus atributos particulares indican que ese conjunto puede ser el producto de diferentes eventos, tanto de origen humano como de otros agentes naturales –asociación secundaria- (e.g., Bailey, 1981, 2007; Binford, 1981a; Guillermo et al., 2021). La Figura 4.3 exhibe que, a modo de ejemplo ficticio, conforme se entierra y desarticula lentamente un gonfotérido (megamamífero del orden de los proboscidos) van ingresando y acumulando, en la misma unidad cronoestratigráfica superficial (en amarillo), otros animales de menor tamaño incluidos dos mamíferos carnívoros (cuya muerte pudo darse por competencia cuando carroñaban el cadáver) y numerosos roedores producto del entierro y disgregado rápido de las egagrópilas arrojadas por un ave rapaz diurna (Accipitriformes) perchada en la rama del árbol. En este sentido, a diferencia de las asociaciones actuales, que constituyen una instantánea, las asociaciones fósiles son registros tempo-promediados y afectadas por procesos postdepositacionales (Terry, 2010; López et al., 2021). Asimismo, se ha demostrado que la riqueza y la diversidad taxonómica y el tiempo promedio aumentan proporcionalmente (Figura 4.4), a razón que, a medida que transcurren los años, pueden ingresar, por distintas vías, incluida la acción humana, nuevos taxones al registro fósil y acumularse en una misma unidad cronoestratigráfica (Tomasovych y Kidwell, 2010).

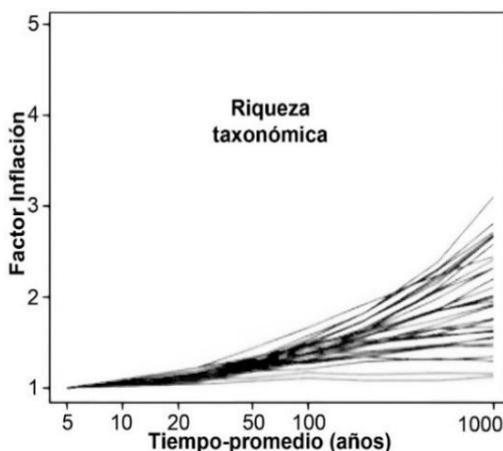
Figura 4.3



² Definición tomada del diccionario de la Real Academia Española: <https://dle.rae.es/palimpsesto>

Nota. Esquema tafonómico de palimpsestos y del registro tempo-promediados. En color verde se ilustra el sustrato herbáceo (biocenosis), en amarillo la unidad estratigráfica portadora de los fósiles (tafocenosis-orictocenosis) y en marrón la unidad estratigráfica estéril más profunda. Realizado por Fernando J. Fernández.

Figura 4.4



Nota. Gráfico de riqueza taxonómica acumulada en asociaciones fósiles tempo-promediadas. Modificado de Tomasovych y Kidwell (2010: figura 7A).

Signature criterion (firma) y equifinalidad

Lewis Binford (1981a) propone, para abarcar el análisis de los conjuntos zooarqueológicos, el concepto tafonómico de “signature criterion” (criterio de firma tafonómica). Este autor lo utiliza, principalmente, para establecer una relación causal, constante y única, entre un proceso y su resultado, lo que permite distinguir el proceso generador de una modificación en los restos óseos. En tal sentido, los distintos equipos de investigación comenzaron a realizar análisis actualísticos para establecer patrones de las marcas producidas en los huesos acaecidas por distintos agentes, antrópicos y naturales (e.g., Binford, 1981a; Shipman, 1981; Haynes, 1983; Blumenschine y Selvaggio, 1988; Fiorillo, 1989).

Siguiendo el “criterio de firma”, Gifford-González (1991) propuso categorías analógicas de un sistema de red que une el rasgo observacional hasta llegar a las inferencias sobre los contextos conductual y ecológico:

- Trazas: atributo visible de un hueso en donde ha ocurrido un proceso tafonómico (e.g., surco con valle en forma de “u”; véase más adelante).

- Causa: causas físicas inmediatas que producen las trazas (e.g., mordisqueo).

- Efectores: es el material que produjo la modificación en el hueso (e.g., el diente de un carnívoro).

- Actores: la fuente de la fuerza o energía que ha creado las trazas (e.g., un carnívoro).

-Contexto conductual: es el ambiente sistémico prehistórico en donde tuvo lugar el proceso tafonómico (e.g., consumo de una presa por un carnívoro luego de cazarla).

-Contexto ecológico: es el tipo de ecosistema y ambiente en donde habitaron actores (e.g., pastizales de la región pampeana).

A pesar de la importancia en el desarrollo de los estudios actualísticos en busca del “criterio de firma”, a partir del registro arqueológico, los rasgos constantes y únicos muchas veces son difíciles de establecer, ya que algunos procesos pueden generar modificaciones semejantes a otros, lo que es definido como equifinalidad (Lyman, 1994; Gutiérrez y Borrero, 2023; véase más adelante ejemplos de equifinalidad entre marcas de corte y pisoteo, fragmentación, termoalteración y óxidos de manganeso, hervido y diagénesis, entre otros). Entonces, la equifinalidad trae “problemas” a la hora de poder construir inferencias sobre el contexto contextual y ecológico. Si bien en la actualidad se sigue intentando definir la firma tafonómica de los diferentes procesos, para intentar resolver los problemas de equifinalidad es imperioso desarrollar análisis contextuales y la incorporación de múltiples vías de análisis, entre las cuales se destacan los trabajos actualísticos y la experimentación (e.g., Gifford-González, 1991; Lyman, 1994; Bar-Oz y Munro, 2004).

Box 2. Tafonomía

Luis Alberto Borrero*

*IMHICIHU-CONICET, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

Contra lo que muchas veces se ha sostenido, la tafonomía no es una crítica de los procesos de depositación de materiales arqueológicos, sino que es una disciplina que se basa en contribuciones positivas. No puede ser considerada de otra manera la adquisición de información acerca de las transformaciones que han sufrido distintos materiales desde que se depositaron. Por otro lado, en lugar de limitarse a las acciones destructivas o de desplazamiento de huesos producidas por distintos animales, la tafonomía analiza y destaca su presencia con toda la información paleobiológica y ecológica que acarrea.

Más allá de la lectura y el estudio, hay muchas formas de capacitarse en tafonomía o de encarar proyectos tafonómicos. Sólo puedo defender con fundamento el que seguí personalmente, no porque sea el mejor —las falencias que percibí o se han percibido en mi formación o mi enfoque han sido muchas, algunas remediadas con más trabajo o colaborando con personas capaces de cubrirlas— sino porque es el que conozco bien. Incentivado por la lectura de trabajos señeros de comienzos de los 1980 —los tres principales son *Fossils in the Making*, de A.K. Behrensmeyer y A.P. Hill, *Bones. Ancient Men and Modern Myths*, de L.R. Binford y *The Hunter or the Hunted?: An Introduction to African Cave Taphonomy*, de C.K.

Brain- comencé a realizar observaciones detalladas de carcasas de guanacos muertos recientemente en Tierra del Fuego.

Partí de un acercamiento naturalista –hoy muchas veces descuidado, lo que veo como una pérdida metodológica- combinado con diseños detallados de objetivos y potenciales observaciones pertinentes a los mismos. Nunca pude evitar pensar la tafonomía desde la arqueología, no solo porque soy arqueólogo, sino porque eso me permitía apuntar a discutir preguntas relevantes para mis temas de investigación. La búsqueda concreta de responder a ciertos aspectos del horizonte de preguntas que me estaba haciendo, me pareció siempre una estrategia más eficiente que la de ir a algún lugar para ver qué tipo de información aparecía. Contraintuitivamente, es una forma de trabajo que lleva a sorprenderse más que la mera interrogación de un lugar y materias desconocidas, pues las verdaderas sorpresas las produce el contraste con el conocimiento previo. He visto demasiados trabajos tafonómicos bien concebidos, que ofrecen datos interesantes, pero que resultan irrelevantes para el trabajo arqueológico. Ese problema es para mí remediable a través de un uso intensivo de la escasa o abundante información conocida, lo que permite aislar las cuestiones que pueden requerir tratamiento tafonómico.

Mi búsqueda personal ocurría en un medio fuego-patagónico, por lo que mi naturalismo no apuntaba a cocodrilos o caribúes –aunque nunca los ignoré, pues la etapa “creativa” de un diseño debe saber trasladar objetivos y metodologías ya utilizadas a la nueva realidad-. Dentro de las muchas cosas que me atrajeron originalmente destaco dos. Primero, la necesidad punzante de pensar la tafonomía exactamente en la escala espacial en que se desarrollaban los proyectos arqueológicos en que trabajaba. De esa manera, aseguraba una correspondencia escalar, que de otra manera era difícil de acomodar. Por ejemplo, al analizar la ocupación humana en un valle, considerar las variables condiciones de depositación y preservación tanto de elementos óseos aislados –que es la unidad principal del análisis tafonómico óseo- como de carcasas a lo largo y a lo ancho del mismo valle. Segundo, el objetivo de analizar el grado de contaminación (mezcla) entre materiales recientemente depositados y materiales arqueológicos, que se constituyó en foco principal de mi investigación. Combinando ambas cuestiones, encaré estudios regionales –que es la escala normal de mis proyectos arqueológicos- con análisis de formas de enterramiento, migración vertical y horizontal de materiales depositados recientemente. Mis primeros trabajos tafonómicos se realizaron en Cabo San Pablo (Tierra del Fuego) realizando observaciones de carcasas de guanacos muertos por estrés invernal sobre los numerosos sitios arqueológicos estratificados que estaba estudiando. En la medida de lo posible hice esto buscando disponer de muestras controladas –*sine qua non* de la tafonomía- en las que cuando carecía de control visual concreto de los procesos en marcha (horas con binoculares aseguraron muchos de esos casos), podía transmitir una información razonablemente controlada acerca de procesos que había registrado en forma segmentada (por ejemplo, huesos de una carcasa que vi totalmente articulada, que un tiempo después vi desarticulados, que con el paso del tiempo vi progresivamente meteorizados y, en algunos casos,

enterrándose, para en algunos casos recuperarlos en contextos arqueológicos al excavar). Es evidente que no vi todo este proceso y que hay numerosas cajas negras a lo largo de esta secuencia. Un ejemplo concierne a cuáles son las causas del entierro de los huesos, una importante caja negra, para la que pude utilizar observaciones sucesivas de huesos pisados —medidos mediante huellas de guanacos sobre huesos, destacadas por nieve, barro, u otros elementos—, sus efectos sobre el hueso (marcas, fracturas) y su posterior registro por excavación una vez enterrados (Borrero, 1990). Esto fue el sustento —junto con información acerca de los hábitos de los guanacos— para proponer el pisoteo como una fuerza enterradora importante. Existen muchas otras cajas negras, no todas igualmente resueltas. Pero aquí aparece otro concepto para mí crucial: no se debe esperar a tener el caso perfecto para publicar, entre otras cosas porque nunca va a ser perfecto. Una razón muy importante es que publicando casos lo suficientemente convincentes para generar discusiones y dudas, reclutaba la ayuda de un número grande de colegas, quienes buscando completar mi trabajo, o buscando mostrar lo que yo planteaba era indefendible, podían generar una ampliación significativa del conocimiento.

Desde ya, esto se complementa bien con el envío de los trabajos a lugares que aseguren una buena evaluación crítica. Hay veces que el rechazo de un trabajo produce crecimiento puro, llevando a mejoras. Claro que hay que tener el estómago para soportar los eventuales comentarios desinformados —un clásico en mi caso patagónico ha sido la acusación de no citar a Junius Bird, lo que generalmente denuncia un evaluador de habla inglesa que sólo conoce a Bird. Obviamente Bird es un autor importantísimo, pero no hay que estar citándolo siempre. Sumando pros y contras, las evaluaciones siempre pagan.

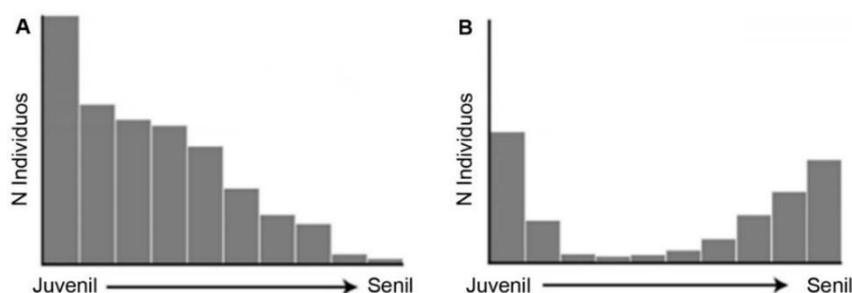
Finalmente, quiero enfatizar que mi pasión por el trabajo tafonómico se desarrolló en múltiples direcciones, por lo que busqué y logré propiciar la generación de sólidas líneas de trabajo tafonómico con materiales líticos (Borrazzo, 2016), abogando al mismo tiempo por extender el enfoque tafonómico a todos los materiales usualmente recuperados en sitios arqueológicos (Borrero, 2014). Esta extensión permitiría, en mi opinión, poner sobre la mesa de discusiones conjuntos cuya cronología e interrelaciones sean lo suficientemente bien conocidos y discutidos como para ponerlos al servicio de las más variadas y apasionantes series de preguntas antropológicamente significativas.

Tanatocenosis. Causas de muerte

Existen numerosos tipos de muertes en los organismos que se pueden reunir en dos grandes grupos (véase, por ejemplo, Voorhies, 1969): 1) catastróficas (naturales no selectivas), abarca numerosas formas de decesos accidentales tales como entrampamientos de diversa índole, inundaciones, incendios, sequías, congelamientos, envenenamiento por fluctuaciones en la salinidad del agua, gases tóxicos, flujos piroclásticos, coladas de lava y

descenso brusco de la temperatura durante la hibernación. Estos tipos de muerte generan perfiles etarios semejantes a los perfiles etarios de una comunidad viva, es decir, no hay selección de edades de muerte (Figura 4.5A); 2) naturales selectivos “*attritional*”, incluye principalmente las enfermedades y la depredación, cuya selectividad se ve reflejada en los perfiles etarios de mortandad con un patrón bimodal de elevada proporción de individuos juveniles y seniles, más propensos a enfermar y/o a ser presas de los depredadores (Figura 4.5B). En los apartados siguientes veremos algunos ejemplos de ambos grupos.

Figura 4.5



Nota. Perfiles de mortalidad con patrón catastrófico o natural no selectivo (A) y natural selectivo “*attritional*” (B). Modificado de Domingo (2018: cuadro 1).

Agentes naturales no selectivos (catastróficos)

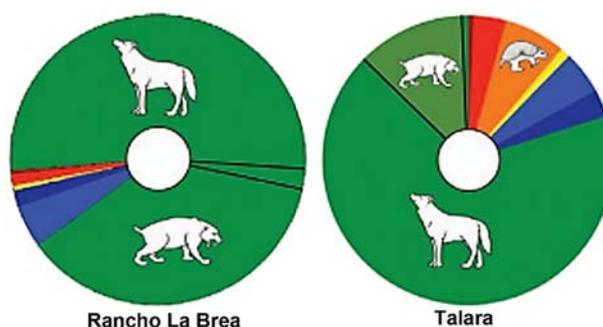
Trampas naturales

Las trampas naturales producen acumulaciones de restos orgánicos porque contienen a las entidades biológicas hasta la muerte o debido a que encierran y protegen a los restos (e.g., Wolverton, 2006; Martín y San Román, 2010). Estas trampas están mediadas por diversos factores que impiden el egreso de los animales, entre los que se destacan las depresiones con determinadas formas, profundidades, tipos de paredes y la ausencia de plataformas. La estructura de las trampas no es estática, es decir, aquellas con entradas verticales u horizontales se pueden abrir y cerrar a través del tiempo (e.g., Wolverton, 2006; Martín y San Román, 2010). Otros tipos de trampas naturales lo constituyen las remociones en masa por deslizamiento de sedimentos; también, los sustratos blandos, acuosos, orgánicos o adhesivos asociados a turberas, *permafrost*, ciénagas, pantanos o pozos de hidrocarburos “conocidos como pozos de asfalto, de brea y de alquitrán”. En determinadas ocasiones, las trampas pueden ser selectivas sobre algunos taxones, tipos dietarios, corporales y locomotores; pueden, por ejemplo, presentar una alta proporción de carnívoros, o bien, dominancia de herbívoros, o de ambos (Wolverton, 2006; Martín y San Román, 2010).

En América ha cobrado una fama notoria los pozos de asfalto de Rancho La Brea (Los Ángeles, California, EEUU) y de Talara o Pampa la Brea (Piura, Perú) asignados al Pleistoceno tardío. El primero de ellos, con más de un siglo de excavaciones y más de cuatro

millones de especímenes, muy bien preservados, exhumados de sus más de 100 pozos - generados por fallas tectónicas que permitieron al petróleo ascender a través de las grietas hasta la superficie- resulta en la localidad fosilífera del Cuaternario más importante del mundo. En Talara, si bien tiene una menor magnificencia, existen numerosos depósitos asfálticos lenticulares irregulares y aislados con decenas de miles de restos. Ambos sitios comparten características geomorfológicas y una sobrerrepresentación en carnívoros y carroñeros extintos, tanto de aves como de mamíferos (Lindsey y Seymour, 2015), entre los que se destacan el lobo gigante *Aenocyon dirus* y el tigre diente de sable *Smilodon fatalis*, entrampados en el asfalto pegajoso al ser atraídos por los cadáveres de grandes mamíferos (Figura 6). Cabe destacar que, en ambos sitios, también se han recuperado otros tipos de restos, desde microvertebrados hasta invertebrados y plantas.

Figura 4.6



Nota. Representaciones porcentuales comparativas entre los conjuntos de mamíferos recuperados de los sitios de trampas de asfalto de Rancho La Brea (Los Ángeles, EEUU) y de Talara (Piura, Perú). En verde se observa la proporción elevada de carnívoros. Modificada de Lindsey y Seymour (2015: figura 5).

En las costas caribeñas de América del Sur, los sitios arqueológicos y paleontológicos de Taima-taima y Muaco (región Coro, estado de Falcón, Venezuela), a diferencia con los sitios presentados en el párrafo precedente, son un buen ejemplo de equifinalidad a la razón que inicialmente fueron interpretados como sitios de matanza, principalmente de mastodontes y gliptodontes, hacia el fin-Pleistoceno, donde los cazadores humanos aprovechaban el empantanamiento de estos megamamíferos para asestarles sus puntas líticas bifaciales tipo El Jobo. La evidencia más contundente de esta estrategia de caza corresponde al hallazgo de estas puntas en la pelvis de un mastodonte (Ochsenius y Gruhn, 1999; Carrillo Briceño, 2018 y referencias allí citadas). No obstante, los estudios estratigráficos posteriores revelaron que, en el momento en que los megamamíferos fueron atacados, una delgada capa de arena cubría la roca caliza, lo que descarta la posibilidad del entrampamiento del mastodonte en el lodo (Ochsenius y Gruhn, 1999; Sanchez et al., 2010).

En el campo volcánico de Pali-Aike, ubicado en la Patagonia chilena meridional, existen trampas naturales (Cueva del Puma, Cueva de los Chingues, Mala Cueva, Anaqueles de la

Angustia y Arcadis de la Esperanza) estudiadas por Fabiana Martín, Luis Borrero, Manuel San Román y otros, con rasgos de origen fluvial y volcánico, que constituyen depresiones, cavidades y/o burbujas de lava, adecuadas para capturar animales y/o sus esqueletos, principalmente carnívoros medianos y pequeños, además de ovejas (e.g., Martín y San Román, 2010 y literatura allí citada).

Los fósiles conservados, incluso momificados (véase abajo, sección Fósil, fosilización, mineralización, petrificación, momificación), en los suelos congelados de forma permanente (*permafrost*) y en depósitos de turberas (acumulación biogénica muerta y viva [en la capa superior] de especies adaptadas a condiciones de saturación permanente, escaso oxígeno y escasa disponibilidad de nutrientes) suelen ser más frecuentes en el Hemisferio Norte, por ejemplo los restos de rinocerontes lanudos y mamuts recuperados en Yukón y Siberia (e.g., Boeskorov et al., 2011: figuras 1 y 2). En América del Sur los depósitos en *permafrost* y en turberas son más bien escasos y tienen algunos ejemplos concretos en zonas cordilleranas de altura, especialmente en la Patagonia austral (e.g., Martín y San Román, 2010) y en la Isla Grande de Tierra del Fuego (e.g., Alunni et al., 2017). Las turberas de la isla fueguina fueron originadas por los retrocesos glaciales, luego del Último Máximo Glacial y Tardiglacial, y están compuestas principalmente por musgos (*Sphagnum*) y gramíneas (véase Alunni et al., 2017).

Acción volcánica

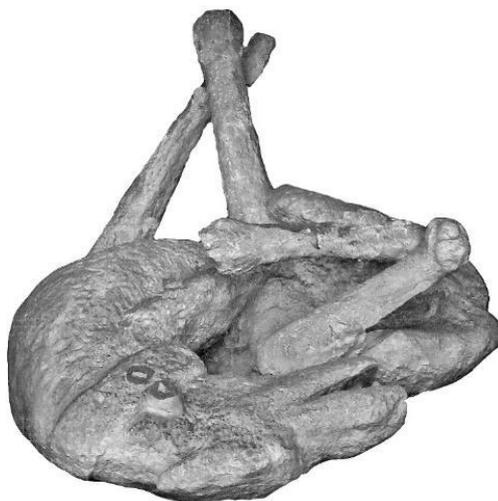
Los volcanes son una fuente importante de catástrofes, cuyo impacto se conoce a nivel climático, geomorfológico, biológico y socioeconómico, a escalas planetarias, continentales, regionales y locales, acorde a la magnitud y el tipo de evento volcánico. Uno de ellos, ocurrido hace unos 250 Ma (límite Pérmico-Triásico), dio lugar a una de las extinciones biológicas masivas de la historia del planeta y fue responsable de la desaparición de ca. del 95% de las especies existentes. Las erupciones pueden generar, por ejemplo, caídas de bombas volcánicas y de tefras, gases tóxicos, flujos piroclásticos, efusiones de lava y lahares.

Un ejemplo notable en la literatura paleontológica hace referencia a la muerte masiva de vertebrados por la caída de tefra en la localidad de Royal (Nebraska, EEUU), durante el Mioceno medio (ca. 12 Ma), donde se registraron numerosos esqueletos articulados de diferentes grupos etarios en estado de conservación perfecto (Tucker et al., 2014). Lo interesante, asimismo, resultó que los animales más pequeños, como algunos reptiles y aves, se hallaron en la parte inferior del paquete de cenizas, los grandes, como équidos y camélidos, en la sección media y los megamamíferos, como los 100 esqueletos casi intactos de rinocerontes cuerpo de barril *Teleoceras major* en la parte superior del depósito de tefras. Esto sugiere que los animales más grandes, por su mayor capacidad pulmonar, pudieron resistir un tiempo mayor antes de morir por los efectos dañinos de la ceniza, tal como lo demuestra los patrones anómalos de crecimiento óseo (enfermedad de Marie u osteoartropatía hipertrófica pulmonar) en sus esqueletos (Tucker et al., 2014). En la Patagonia son frecuentes las lluvias de cenizas hacia el este porque los vientos (*westerlies*) predominantes llegan desde el Pacífico. Contrariamente, los lahares -flujos de sedimento y

agua (derivados de la combinación de los materiales volcánicos y del derretimiento de los casquetes glaciares) deslizados desde las laderas del volcán hacia las planicies pueden ocasionar grandes modificaciones ambientales y muertes masivas, a nivel local ocurren del lado occidental, principalmente en la Patagonia chilena, porque los volcanes del arco Andino están apuntillados hacia el oeste (e.g., Castruccio et al., 2010).

Un caso resonante en la arqueología mundial tuvo lugar en la ciudad romana de Pompeya, situada en el golfo de Nápoles (Campania, Italia), en el 79 AD, cuando una nube incandescente de gases y materiales volcánicos, conocida como flujo piroclástico, antecedido por la caída de cenizas y las emanaciones de gases sulfurosos, provenientes del monte Vesubio desbastó, en pocos minutos, a buena parte de su población y sepultó a las ciudades más cercanas, como Herculano y Estabia (e.g., Petrone et al., 2018). Los esqueletos de Pompeya se hallaron en estado de preservación perfecto y recubiertos por una capa de materiales volcánicos, como un molde (Figura 4.7), debido al reemplazó súbito de los fluidos y órganos corporales por dichos materiales a temperaturas cercanas a los 200-300° C, en tanto en Herculano, donde alcanzaron los 400-500° C, no se preservaron (e.g., Petrone et al., 2018).

Figura 4.7



Nota. Perro de Pompeya alcanzado por el flujo piroclástico (79 AD). Tomada por Fernando J. Fernández.

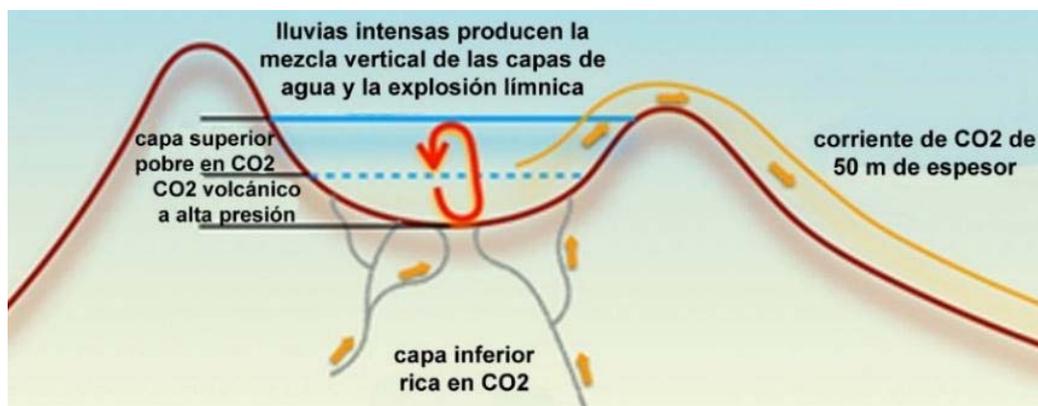
Abrimos un paréntesis para traer a colación que la preservación excepcional de este sitio motivó a Robert Ascher a plantear la “Premisa de Pompeya” como la noción errónea, implícita en la arqueología, que los arqueólogos excavan los restos detenidos en el tiempo de una comunidad alguna vez viva (Ascher, 1961: 324). En otras palabras, el registro arqueológico no provee información exacta de una cultura preservada del pasado. Seguidamente, Ascher aclara que los arqueólogos, cuando realizan la excavación del sitio, interrumpen los procesos de descomposición (Ascher, 1961: 324). Queda, entonces, expuesta su relación con los

procesos de formación de sitio y deja abierto un debate que protagonizaran los nuevos arqueólogos (e.g., Binford, 1981b) y arqueólogos conductuales (e.g., Schiffer, 1985) en las décadas venideras.

Erupciones límnicas o lagos explosivos

Tres lagos de origen volcánico de África central, Monoun, Nyos (Camerún) y Kivú (entre Ruanda y el Congo) presentan una estratigrafía térmica marcada y contienen altas concentraciones de CO_2 y CH_4 , provenientes de las emanaciones del volcán. Los fondos lacustres presentan aguas más frías que las de las capas superiores (Giménez Font, 2016). Cuando se rompe esa estratigrafía térmica, sea por la caída de un bloque o remociones en masa de las laderas del lago, lluvias intensas, aluviones y movimientos de origen sísmico o volcánico, se mezclan las aguas y se libera el gas súbitamente a la superficie (erupción límnic), dando lugar a un inmenso chorro de agua y una burbuja de esos gases llamada por los pobladores locales *mazucu* que, en suajili, significa “viento maligno”. Esta burbuja viaja al ras del suelo desplazando al O_2 y ocasionando muertes en masa por asfixia (Giménez Font, 2016). El caso más catastrófico fue el del lago cratérico Nyos (Figura 4.8), la noche del 21 de agosto de 1986, cuando la erupción límnic produjo el deceso de más de 1700 personas y 3500 cabezas de ganado en un radio de 25 km (Giménez Font, 2016).

Figura 4.8



Nota. Esquema de erupción límnic del lago Nyos (Camerún). Modificada de Giménez Font (2016: blog de Investigación y Ciencia).

Estrés climático

Como veremos en el Capítulo 7, los cambios climáticos pueden desencadenar variaciones en las comunidades vegetales y faunísticas, las cuales pueden abarcar desde corrimientos biogeográficos hasta extinciones de todo un grupo de especies, como aconteció en el límite Pleistoceno-Holoceno cuando se extinguieron todos los megamamíferos ($\geq 1 \text{ Tn}$) en América del Sur y el 80% de las especies con masa corporal mayor a 44 kg por un aumento sostenido

de la temperatura, la consecuente pérdida de áreas abiertas y el arribo de los primeros grupos humanos (véase Capítulo 7 para mayor detalle).

Por otra parte, se han registrado eventos catastróficos asociados a eventos climáticos de menor duración, como la Pequeña Edad de Hielo (PEH), tal como nos ilustra Tonni et al. (2008) en una camada de huesos de vacas, *Bos primigenius taurus*, localizada sobre el barranco del río Salado (Chascomús, Buenos Aires) asociada a una tafocenosis originada por la “Gran Seca” de comienzos del siglo XIX. Recientemente, el INTA de Balcarce reportó la muerte de vacas lecheras por envenenamiento como consecuencia de beber agua con alta concentración de sales (14 g de sulfatos y cloruros de sodio, entre otras, por litro; muy por arriba de lo deseable). Esta concentración elevada se vinculó con la evaporación excesiva de las lagunas cercanas a la localidad bonaerense de Carlos Tejedor (Figura 4.9).

Figura 4.9



Nota. Muerte de vacas por envenenamiento en Carlos Tejedor (Buenos Aires). Tomada por el SDVE INTA Balcarce el 4 de enero del 2021 (<https://twitter.com/SDVEBalcarce/status/1346274522765393920>).

Las variaciones bruscas de temperatura, en un lugar y tiempo específico, también pueden producir muertes catastróficas. Por ejemplo, Devora Kligmann y colaboradores (1999) hallaron numerosos huesos completos muy bien preservados (nunca estuvieron expuestos) de casi todo el esqueleto de pequeños saurios (lagartijas del género *Liolaemus*) en un sector restringido del sitio arqueológico Alero 12, ubicado en la Puna meridional (Tinogasta, Catamarca) con una cronología de 550 cal AP. Los autores, en base a las evidencias tafonómicas mencionadas, interpretaron que las lagartijas murieron mientras hibernaban en una madriguera de roedores, posiblemente, por un descenso brusco de temperatura (Kligmann et al., 1999). Otro ejemplo diferente tiene lugar en la Patagonia, donde las muertes en masa de guanacos (*Lama guanicoe*) por estrés invernal han sido documentadas desde el siglo XIX hasta la actualidad (Kaufmann, 2009; Gutiérrez y Borrero, 2023: figura 3).

Agentes naturales selectivos (depredacionales principalmente)

En América existe una diversidad alta de depredadores que incluyen a los mamíferos carnívoros de las familias Felidae, Canidae, Ursidae, Procyonidae, Mustelidae y Mephitidae y a las aves rapaces de los órdenes Accipitriformes y Strigiformes (véase Capítulo 2). Ahora bien, hay que aclarar que todos los depredadores cuando tienen la oportunidad consumen carroña, ya sea porque la encuentran o por robarle las presas a otros. Aunque, para el caso de las aves, existe un grupo estrictamente carroñero pertenecientes al orden Cathartiformes.

Los depredadores constituyen el principal agente acumulador de restos de vertebrados (e.g., Andrews, 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). Los estudios actualísticos realizados mediante el registro de las modificaciones producidas por depredadores en los esqueletos de sus presas constituyen buenas herramientas para utilizar como análogos en la interpretación de las características de los conjuntos fósiles. Es decir que, dentro de la diversidad de depredadores y presas, se pretende encontrar las posibles explicaciones biológicas a los procesos que actúan en las acumulaciones recuperables en el registro fósil (Andrews, 1990; Montalvo y Fernández, 2019). Como veremos a continuación, entre las modificaciones producidas por los depredadores podemos hallar las que afectan a los huesos *per se*, tales como marcas de dientes y de picos, fracturas y corrosión digestiva, o las que se producen por determinados patrones de representación de partes esqueléticas inherentes a los hábitos previos al momento de la ingesta, además de la dispersión o incluso el transporte de los restos a sus madrigueras o nidos (Andrews, 1990; Lyman, 1994; Montalvo y Fernández, 2019). Como mencionamos previamente, los depredadores son selectivos, suelen cazar a los animales enfermos, juveniles y seniles (Figura 5B). Cada especie tiene distintos tipos de madrigueras o nidos, habita en determinados ambientes, posee su propio hábito trófico (algunas son generalistas y otras oportunistas) y presentan un área de captura de presas o *home range* característico (véase Montalvo y Fernández, 2019: tabla 1).

Mamíferos carnívoros

La mayoría de las investigaciones actuatorafonómicas en Argentina se ha centrado en los carnívoros topes más conspicuos: pumas (*Puma concolor*) y zorros (*Lycalopex* spp.), si bien también podemos encontrar estudios sobre especies de menor tamaño, tales como gatos monteses (*Leopardus geoffroyi*), nutrias (*Lontra longicaudis*) y zorrinos (*Conepatus chinga*) (e.g. Martín y Borrero, 1997, Borrero et al., 2005, 2016, Mondini, 2003, 2018; Montalvo y Fernández, 2019 y referencias allí citadas).

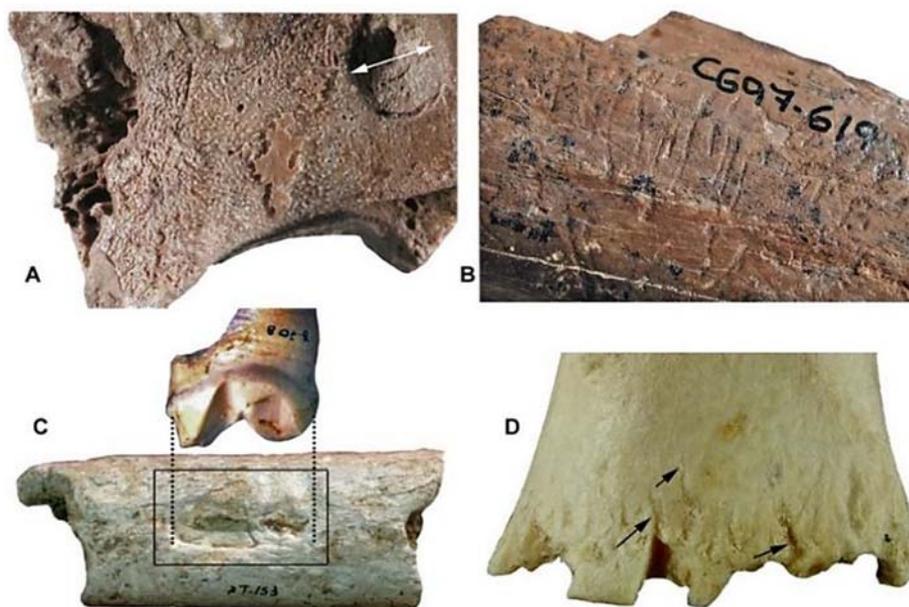
Los restos óseos de macrovertebrados (> 50 kg) y mesovertebrados (1-50 kg) acumulados por los mamíferos carnívoros pueden presentar problemas de equifinalidad con otros agentes naturales selectivos (véase más abajo, aves carroñeras) y por la actividad humana (Bonnichsen, 1973; Binford, 1981a; Gifford, 1981; Ballejo et al., 2016, 2022). Tanto los humanos, como las aves -con sus nidos o perchas- y los mamíferos carnívoros -con sus madrigueras y letrinas- pueden alternarse para usar los mismos sitios, principalmente en

aquellos ubicados bajo roca (cuevas, refugios rocosos y aleros), y depositar los restos óseos de sus presas o carroña (Bonnichsen, 1973; Binford, 1981a; Lyman, 1994), lo que constituye un palimpsesto (*vide supra*). Razón por la cual, resulta importante reconocer los diferentes atributos que componen las modificaciones de los mamíferos carnívoros.

Por un lado, entre las principales modificaciones generadas por los mamíferos carnívoros en las superficies de los huesos de las presas de tamaño grande y mediano, que no implican la remoción sustancial de tejido óseo, se destacan las marcas de dientes por el movimiento y la presión de las cúspides al morder: 1) hoyos, con forma de cono invertido que puede extenderse internamente hasta el tejido esponjoso y trabecular, dejados por los caninos (Figura 4.10A); 2) hoyuelos, son depresiones circulares poco profundas y de menor alcance que las anteriores ya que solo penetran a través del tejido compacto; 3) surcos o estrías lineales paralelos, generalmente cortos y superficiales, producidos por los incisivos al raspar el tejido compacto (Figura 4.10B); 4) marcas ligeramente alargadas, con una depresión central más profunda ocasionadas por los dientes carnívoros (Figura 4.10C).

Por otro lado, entre las marcas que ocasionan remoción importante de tejido óseo, tenemos: 1) dentado (sinuoso e irregular y continuo) en los bordes de las epífisis o extremos de las diáfisis y con surcos profundos longitudinales al eje del hueso, producidos por la acción de mordisquear (Figura 4.10D); 2) ahuecado en el tejido esponjoso, con presencia de ondulaciones e irregularidades escalonadas; 3) ahuecado extremo en el tejido esponjoso, caracterizado por agujeros más grandes e irregulares que el caso anterior, en tanto el daño atraviesa completamente al hueso; 4) fracturas en estado fresco (véase sección fracturas más abajo) y astilladuras ocasionadas por la mordedura para acceder a los nutrientes del interior del hueso.

Asimismo, es importante considerar el tamaño, morfología, el tipo de hueso y localización de las marcas para aproximar al taxón de carnívoro que la originó (e.g., Bonnichsen, 1973; Binford, 1981a; Mondini, 2003; Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). En América no existe ningún grupo taxonómico de mamíferos carnívoros que presenten hábitos marcados de romper huesos para consumirlos como ocurre, actualmente, en África y Asia y, hasta el Pleistoceno tardío, en Europa, con los hiénidos (e.g., Binford, 1981a). No obstante, las especies grandes de félidos como el jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*) y, sobre todo, los cánidos (por presentar molares con talónido para masticar, véase Capítulo 3) de mayor tamaño como los lobos (*Canis lupus lupus*), perros (*Canis lupus familiaris*), coyotes (*Canis latrans*) y el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) pueden generar daños en los borde de las cinturas, en las apófisis de las vértebras, además de astilladuras, fracturas espirales, incluso, pérdida de las epífisis (e.g., Bonnichsen, 1973; Binford, 1981a; Lyman, 1994; Mondini, 2003; Borrero et al., 2005, 2016).

Figura 4.10

Nota. Ejemplos de modificaciones sobre huesos de presas medianas o grandes generadas por mamíferos carnívoros de tamaño mediano y grande. A) Hoyo, con forma de cono invertido, en un hueso recuperado de un sitio paleontológico del Mioceno (Concud, Teruel, España); B) surcos o estrías lineales en la superficie de una diáfisis (Concud); C) marca de un diente carnicero de un león sobre la superficie de un hueso largo humano (Sima de los Huesos, Atapuerca, Burgos, España); D) dentado y surcos profundos (indicados con flechas negras) en el extremo de una diáfisis de vaca mordisqueada por un perro. Modificadas de Fernández-Jalvo y Andrews (2016: figuras A359, A159, A392, A152). No están a escala.

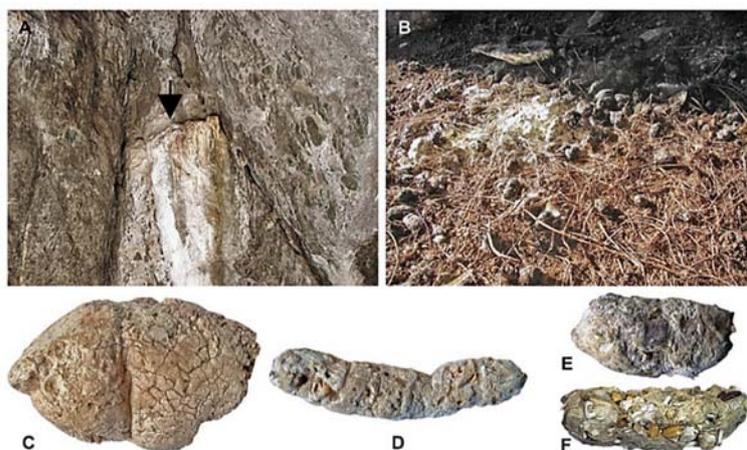
La depredación por carnívoros o el primer acceso de carnívoros a un cadáver de un macro y mesovertebrado completo frecuentemente resulta en algún grado de desarticulación y/o pérdida de elementos esqueléticos. Con frecuencia, posteriormente, puede haber actividad de carroñeo, lo que conduce a una mayor desarticulación del esqueleto y al transporte antes del entierro (Binford, 1981a; Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). En general, la secuencia de desarticulación de una carcasa grande por un carnívoro grande, cuando ocurre, empieza por el cráneo (primero la mandíbula, luego el resto del cráneo), sigue por los miembros, las cinturas y termina con la columna vertebral (Binford, 1981a; Mondini, 2003; Borrero et al., 2005).

Los carnívoros, además de masticar huesos de sus presas o de su carroña y transportarlos a sus madrigueras o letrinas producen acumulaciones de excrementos (coprocenosis) que contienen fragmentos de huesos de animales grandes y huesos de microvertebrados ingeridos (Mellet, 1974; Andrews, 1990, Fernández et al., 2017a, Montalvo y Fernández, 2019). Como en las acumulaciones selectivas de las presas de macro y mesovertebrados, producen modificaciones y destrucción de especímenes óseos, las cuales trataremos en la sección siguiente, en los huesos recuperados de los excrementos.

Depredadores de micromamíferos

En América existe un elenco diverso de depredadores de microvertebrados (≤ 1 kg) conformado por los mamíferos carnívoros mencionados en la sección anterior y por las aves rapaces nocturnas (Strigiformes; lechuzas y búhos) y rapaces diurnas (Accipitriformes Falconiformes; águilas, aguiluchos, gavilanes, milanos, halcones, chimangos, caranchos). Para detectar el papel de estos depredadores como acumuladores de huesos y dientes de microvertebrados se puede considerar varios tipos de evidencia: 1) detección de madrigueras, letrinas y/o crotovinas (reellenos de madrigueras) de carnívoros durante la excavación; 2) presencia de plataformas donde las aves puedan establecer sus nidos o perchas (Figura 4.11A); 3) hallazgos de excrementos y egagrópilas (bolos formados por restos de alimentos, como huesos, dientes, pelos, plumas, uñas y exoesqueletos que regurgitan algunas aves)³ en superficie y en estratigrafía (Figura 4.11B-F); 4) evaluar las características taxonómicas y los grupos etarios del conjunto de microvertebrados y compararlo con las dietas conocidas de los depredadores (véase Capítulo 6, sección Microvertebrados/Biomasa); 5) analizar las representaciones relativas de los elementos y comparar con modelos actuotafonómicos (véase Capítulo 6, sección Microvertebrados/ Abundancia relativa de partes esqueléticas e Índices tafonómicos); 6) estudiar los patrones de fractura de algunos elementos; 7) evaluar los grados de corrosión digestiva en ciertos elementos óseos y en dientes y compararlos con modelos actuotafonómicos. Respecto a este punto, se realizaron distintas propuestas metodológicas acorde a la clase de vertebrado: peces (Broughton et al., 2006), anfibios (e.g., Pinto Llona y Andrews, 1999; Bisbal-Chinesta et al., 2020), reptiles (Castillo et al., 2001), aves (e.g., Bochenski y Tomek, 1997) y mamíferos (e.g., Andrews, 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández et al., 2017a; Montalvo y Fernández, 2019).

Figura 4.11



³ La morfología y métrica de los excrementos y egagrópilas resultan importantes para aproximar al grupo de carnívoros y de aves rapaces que los depositaron, pero no son determinantes para identificar el género o la especie por el rango elevado de solapamientos de medidas.

Nota. Evidencias de depredadores de microvertebrados: A) estructura en el fondo de una cueva usada como percha por el ave Strigiformes *Tyto furcata* (Malargüe, Mendoza); B) piso de la misma cueva con una camada de egagrópilas; C) excremento o feca (reservamos el uso del término coprolito a excrementos mineralizados) de un félido de gran tamaño (Gruta del Indio, San Rafael, Mendoza); D) excremento asignado a un cánido grande (Gruta del Indio); E) egagrópila asignada a Strigiformes (Gruta del Indio); F) egagrópila asignada a Accipitriformes (Álvarez 4, Coquelén, Río Negro). No están a escala. Tomadas por Fernando J. Fernández.

A continuación, nos enfocaremos en los micromamíferos no voladores por varios motivos, entre ellos porque son los microvertebrados más frecuentes y abundantes en los sitios arqueológicos. En América del Sur los micromamíferos incluyen, principalmente, a roedores cricétidos sigmodontinos (ratones de campo), seguido por roedores caviomorfos -cávidos cavinós (cuises), ctenómidos (tucu tucos), octodóntidos (ratas vizcachas, degús) y abrocómidos (ratas chinchillas)- y marsupiales didelfimorfos (marmosas). Muchas de las especies de estos grupos de micromamíferos presentan requerimientos ecológicos acotados (estenoicas) y con un adecuado control tafonómico se pueden utilizar como indicadores indirectos (*proxy data*) de condiciones paleoambientales (véase Capítulo 6 sección Microvertebrados/Índice Taxonómico de Hábitat y Capítulo 7).

En el marco de los estudios tafonómicos actualísticos Andrews (1990) y Fernández-Jalvo y Andrews (1992) propusieron una metodología y clasificación que distingue cinco categorías de modificación (*i.e.*, Ligera, Moderada, Intermedia, Fuerte y Extrema) sobre restos óseos y dentarios de insectívoros (Soricidae, Talpidae y Erinaceidae) y roedores (Arvicolinae y Muridae) recuperados de egagrópilas de aves rapaces y excrementos de mamíferos carnívoros de diferentes lugares de América del Norte, Europa y África. Esta metodología contempla un conjunto variado de caracteres para analizar: 1) digestión en incisivo, molariforme, epífisis proximal de fémur y distal de húmero; 2) fracturas de cráneo, mandíbula y huesos largos (principalmente, fémur, húmero, tibia, cúbito y radio); 3) abundancia relativa de partes esqueléticas; 4) varios índices tafonómicos. A continuación, abordaremos solamente los puntos 1 y 2 porque los puntos 3 y 4 se tratarán en el Capítulo 6, ya que en ambos casos existe una base principal de cuantificación.

Ahora bien, dado que en América del Sur habitan grupos de micromamíferos diferentes a los que se usaron para describir la base metodológica (Andrews, 1990), Fernández et al. (2017a) y Montalvo y Fernández (2019) plantean una metodología sobre la corrosión digestiva en dientes que se ajusta mejor a la morfología de los incisivos y molares de los micromamíferos sudamericanos (*vide supra*).

Digestión

Los procesos digestivos de aves rapaces y mamíferos carnívoros producen efectos diferenciales de corrosión sobre los restos óseos y dentarios (Andrews, 1990; Fernández-

Jalvo y Andrews, 1992; Fernández et al., 2017a; Montalvo y Fernández, 2019). Estas diferencias se deben a que el nivel de acidez estomacal varía entre las especies diferentes; de este modo, el Ph de los jugos gástricos de las aves Strigiformes oscila entre 2,5 a 2,2, mientras que en Accipitriformes fluctúa entre 1,8 a 1,3 (Duke et al., 1975). Como resultado de esto, se ha encontrado que la digestión que producen los Accipitriformes causa mayores modificaciones sobre los restos de sus presas que la hallada en los agregados de presas de Strigiformes. Por su parte, los mamíferos carnívoros producen, incluso, niveles más extremos de digestión a causa de los ácidos gástricos y biliares.

Las huellas de corrosión digestiva en huesos y dientes de micromamíferos es la evidencia tafonómica más clara a la hora de evaluar cuál fue el depredador acumulador (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández et al., 2017a; Montalvo y Fernández, 2019).

Digestión en incisivos

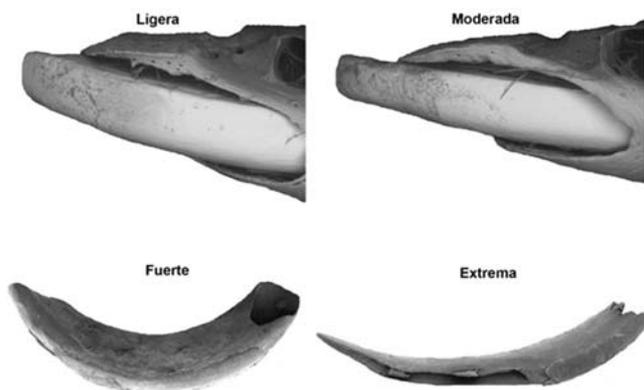
La digestión ha sido observada distinguiendo los incisivos aislados de los que se encuentran implantados en mandíbulas y maxilares. Esta distinción se debe a que los incisivos aislados presentan toda la superficie del diente alterada, en cambio los incisivos que se mantiene *in situ*, solo muestran alteración en las superficies expuestas (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández et al., 2017a; Montalvo y Fernández, 2019). La digestión afecta más a los extremos de los dientes y al esmalte dentario que a la dentina y al tejido óseo (Andrews, 1990). La digestión de los incisivos se mide en base al grado de digestión (ligera, moderada, fuerte y extrema) y las proporciones de cada tipo en los incisivos afectados (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández et al., 2017a; Montalvo y Fernández, 2019).

A continuación, se detallan las características principales de cuatro categorías de corrosión digestiva sobre incisivos de roedores (no se consideran marsupiales) sudamericanos (Figura 12), siguiendo el esquema de Fernández et al. (2017a) y Montalvo y Fernández (2019):

1. Ligera: presenta bajas frecuencias de incisivos digeridos (8% a 13%). En sigmodontinos, cavinos y abrocómidos, la digestión afecta parte de la superficie del esmalte exhibiendo de un poceado leve. En ctenómidos, al presentar una capa más gruesa de esmalte, la digestión podría concentrarse solo en el extremo. La dentina no está modificada en ningún caso.
2. Moderada: las frecuencias de elementos afectados varían de 20% a 30%. La superficie del esmalte se encuentra más extensivamente afectada, y la dentina también está modificada con una superficie ondulada.
3. Fuerte: la mayor parte de los incisivos están alterados (50% a 70%). El esmalte aparece reducido en pequeños islotes sobre la dentina (la cual presenta una superficie ondulada).

4. Extrema: casi todos los elementos están alterados (60% a 100%). Algunos muestran todo el esmalte removido, dejando un estrecho centro de dentina, mientras que otros presentan pequeños islotes separados por áreas de dentina. Otras veces, la dentina se encuentra tan afectada que colapsa por su propio peso, siendo muy difícil la identificación del elemento.

Figura 4.12



Nota. Corrosión digestiva en incisivos de micromamíferos sudamericanos. No están a escala. Modificada de Montalvo y Fernández (2019: figura 12).

Digestión en molares

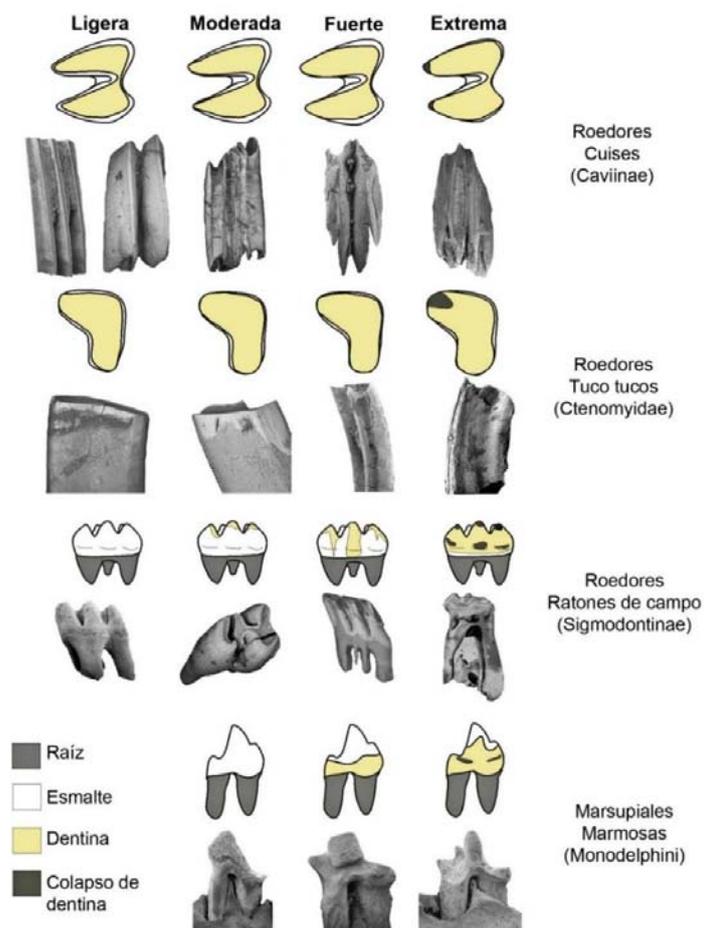
En este caso, también se observó la corrosión digestiva distinguiendo entre molares aislados y molares *in situ*. La digestión en los molares posee una mayor variabilidad que en los incisivos debido a las diferencias en la morfología del diente, en el grosor y en el recubrimiento del esmalte que posee cada taxón (Andrews, 1990). Como en los incisivos, la digestión se mide en base al grado de modificación y las proporciones de los molares afectados (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992; Fernández et al., 2017a; Montalvo y Fernández, 2019). Fernández et al. (2017a) y Montalvo y Fernández (2019) proponen cuatro categorías de corrosión digestiva sobre molares de roedores y marsupiales sudamericanos (Figura 4.13):

1. Ligera: presenta muy bajas frecuencias de elementos digeridos (0% a 3%). En sigmodontinos, el esmalte pierde el brillo característico y el contorno de las cúspides está más redondeado. En cavinos y abrocómidos, la digestión puede afectar directamente a las esquinas oclusales de los ángulos salientes de los dientes, sin penetrar por debajo de los márgenes alveolares. Por lo tanto, las esquinas de los dientes están redondeadas y los ángulos salientes aplanados. En ctenómidos, la digestión altera parte de la superficie del esmalte, donde se observa un poceado ligero, visto en superficie oclusal. La dentina no está afectada en ningún caso. En marsupiales no se registran alteraciones para esta categoría.
2. Moderada: presenta bajas frecuencias de elementos alterados (4% a 6%). En sigmodontinos, la superficie del esmalte muestra un poceado y la dentina podría alterarse levemente. En cavinos y abrocómidos, el esmalte puede desaparecer en

los bordes de la superficie de contacto y en las cúspides oclusales. En ctenómidos, la capa gruesa de esmalte se adelgaza (visto en superficie oclusal) y la dentina presenta agrietados y exfoliados similares a los efectos de la meteorización. En marsupiales, el esmalte pierde el brillo característico.

3. Fuerte: las frecuencias de elementos digeridos varían de 18% a 22%. En sigmodontinos, la superficie del diente está fuertemente poceada, el esmalte en muchas áreas desaparece y la dentina queda expuesta y como derretida. En cavinós y abrocómidos, las esquinas de los dientes están fuertemente redondeadas y la digestión penetra profundamente removiendo el esmalte en los ángulos salientes, quedando la dentina expuesta y aplanada. En ctenómidos, la digestión alcanza la base del molar, el esmalte puede desaparecer o permanecer como una capa delgada y la dentina queda deprimida al centro del diente. En marsupiales, el esmalte está muy poceado y removido, de modo que la dentina, sin afectarse, queda expuesta en el cuello del molar.
4. Extrema: la mayor parte de los elementos están alterados (50% a 100%). En sigmodontinos, la dentina colapsa y el molar pierde su morfología diagnóstica. En cavinós y abrocómidos, el daño en el esmalte también se extiende a lo largo de los ángulos salientes y hay evidencias de digestión en la dentina. En marsupiales, el esmalte permanece en islas sobre la dentina ahuecada.

Figura 4.13



Nota. Corrosión digestiva en molares de micromamíferos sudamericanos. Modificada de Montalvo y Fernández (2019: figura 13).

Digestión postcraneal

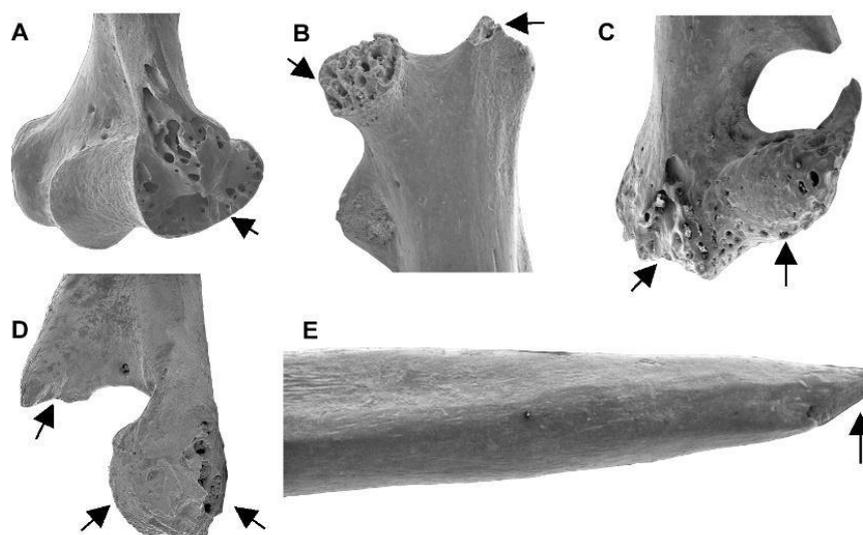
Andrews (1990) y Fernández-Jalvo y Andrews (1992) proponen identificar la digestión postcraneal sobre la epífisis proximal del fémur y sobre la epífisis distal del húmero, mediante el cálculo de las proporciones de los elementos afectados:

1. Ligera: frecuencias bajas en huesos de individuos adultos (6% al 20%). La digestión afecta casi exclusivamente a las superficies articulares y ocasionalmente se extiende a lo largo de la epífisis, pero nunca alcanza la diáfisis (Figura 14A).
2. Moderada: frecuencias altas en huesos de individuos adultos (25% al 50%). La digestión afecta a toda la epífisis y puede penetrar en la diáfisis a través de la epífisis. La corrosión produce más alteración en la superficie de la diáfisis, exhibiendo un aspecto de erosionado o pulido, con bordes de fractura ligeramente redondeados (Figura 14B).
3. Fuerte: casi todos los huesos están afectados (50% al 75%). La mayor parte de los mismos están fracturados, tienen las superficies redondeadas, las diáfisis onduladas

y presentan las epífisis fuertemente digeridas. Asimismo, los bordes de fractura muestran evidencias de estar redondeados con un reborde fino (Figura 14C).

4. Extrema: en líneas generales se acrecientan los rasgos observados en la categoría anterior (75% al 100%). La superficie de la diáfisis está muy ondulada y los bordes de fractura están muy redondeados, sin embargo, el borde de fractura es mucho más grueso que en la categoría anterior (Figura 14D).

Figura 4.14



Nota. Fotos de Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) de corrosión digestiva en elementos del esqueleto postcraneal de roedores exhumados de sitios arqueológicos sudamericanos. A) epífisis distal de húmero de *Ctenomys* (Cueva Arroyo Colorado, Malargüe, Mendoza), con corrosión ligera; B) epífisis proximal de fémur de sigmodontino (Cueva Palulo, Malargüe, Mendoza) con corrosión moderada; C) epífisis distal de húmero de *Ctenomys* con corrosión fuerte (Cueva Palulo); D) epífisis distal de húmero de *Ctenomys* (Angostura 1, Gral. Conesa, Río Negro) con corrosión extrema; E) diáfisis y epífisis distal de tibia, donde se observa la pérdida del maléolo interno por efecto de corrosión fuerte (Cueva Arroyo Colorado). No están a escala. Tomadas por Fernando J. Fernández.

Finalmente, la acción digestiva fuerte y extrema adelgaza los extremos de los huesos largos. Por ejemplo, las tibias de micromamíferos ingeridas por mamíferos carnívoros suelen perder el maléolo interno por los efectos altamente corrosivos de sus ácidos gástricos y biliares (Figura 4.14E).

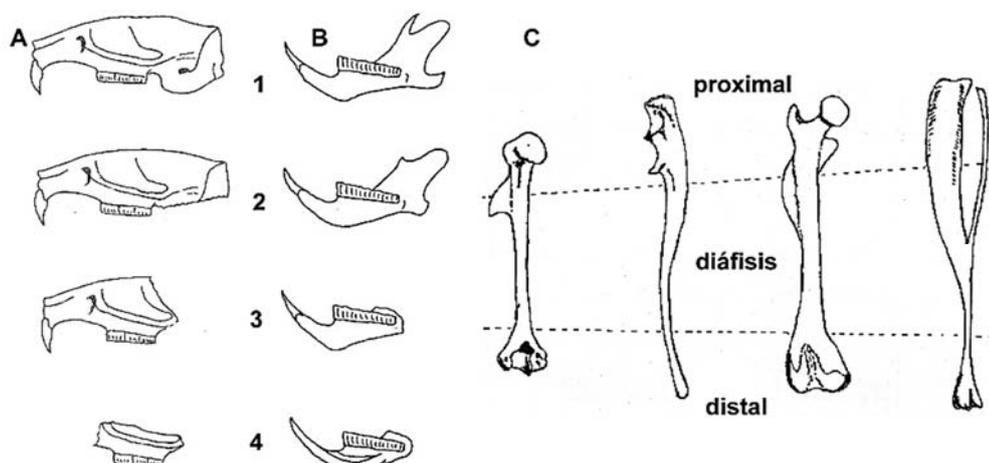
Fractura

Los patrones de fractura pueden estar ligados a los hábitos de ingestión de los depredadores (Andrews, 1990). Muchas especies de Strigiformes tragan a sus presas enteras, lo que genera pocas fracturas en los elementos esqueléticos. Contrariamente, los

mamíferos carnívoros mastican a sus presas y los accipitriformes las desmiembran, previamente a la ingesta, lo que ocasiona conjuntos de micromamíferos con mayores proporciones de huesos fracturados (Andrews, 1990; Montalvo y Fernández, 2019). Los restos óseos fracturados e ingeridos por depredadores, presentan bordes redondeados, suaves y con corrosión digestiva en las superficies de fractura. No obstante, los procesos postdepositacionales (véase pisoteo) pueden alterar la composición original del conjunto depositado generando mayores niveles de fracturas (mayormente en cráneos y huesos largos); si bien se pueden diferenciar de las fracturas producidas por depredadores porque los bordes de fracturas son angulosos y ásperos. Por esta razón, la fractura de elementos no debe analizarse en forma aislada (Andrews, 1990).

En concreto, Andrews (1990) propone cuatro categorías que representan un gradiente de ruptura tanto para cráneo y postcráneo. Cráneo (Figura 4.15A): 1) completo; 2) carencia de la fracción posterior de la base del cráneo; 3) parte anterior y maxilar con arco zigomático; 4) maxilar sin arco zigomático. Mandíbula (Figura 4.15B): 1) completa; 2) rama mandibular entera y rama ascendente con procesos angular y coronoides rotos; 3) rama mandibular entera, sin rama ascendente; 4) rama mandibular rota, de modo que queda expuesto el alvéolo del incisivo. Postcráneo (Figura 4.15C), abarca a los elementos del estilopodio (húmero, fémur) y del zeugopodio (cúbito, radio, tibia-peroné): 1) completo; 2) segmento proximal; 3) diáfisis; 4) segmento distal.

Figura 4.15



Nota. Categorías de fracturas consideradas en la metodología de micromamíferos acorde a Andrews (1990): A) cráneo; B) mandíbula; C) postcráneo. Modificadas de Andrews (1990: figuras 3.11, 3.12, 3.7).

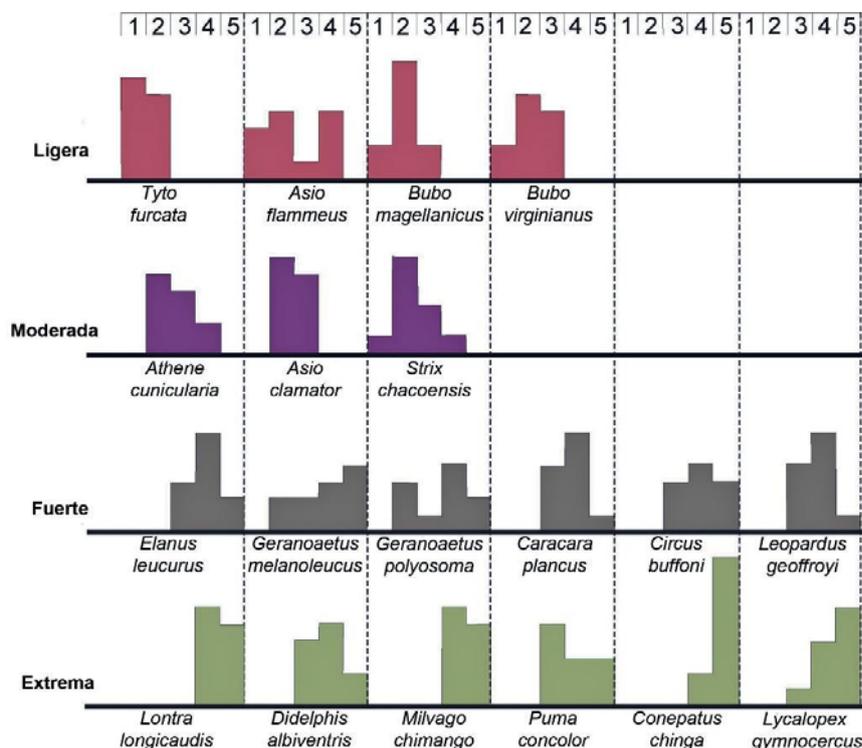
Por otra parte, Montalvo et al. (2020: tabla 2 y figura 2) proponen una clasificación de ruptura más detallada con 9 categorías craneanas y 5 mandibulares que se ajustan más adecuadamente a las partes de cráneos y mandíbulas halladas en egagrópidas y excrementos.

Categorías de modificación de los depredadores de micromamíferos

Montalvo y Fernández (2019), en base a numerosos estudios actualísticos realizados en el Cono Sur de América del Sur que consideran las variables mencionadas previamente, establecen una clasificación de los depredadores sudamericanos en cinco grupos, desde los que menos modifican a los restos óseos y dentarios de sus presas -Ligera- hasta los que ocasionan daños mayores -Extrema- (Figura 4.16).

Todos los depredadores agrupados en una categoría de modificación Ligera son aves Strigiformes (rapaces nocturnas). La categoría Moderada incluye a las aves Strigiformes. No hay evidencia clara de la categoría Intermedia en los depredadores sudamericanos (Figura 4.16) como sí ocurre con los depredadores del Hemisferio Norte (Andrews, 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 1992). La categoría de modificación Fuerte abarca Accipitriformes Falconiformes y varias especies de mamíferos carnívoros. Finalmente, la categoría Extrema comprende una especie de Falconiformes y varias especies de mamíferos carnívoros (Montalvo y Fernández, 2019). En este sentido, las rapaces diurnas sudamericanas y los mamíferos carnívoros se incluyen en las categorías mayores de modificaciones -Fuerte y Extrema- (Montalvo y Fernández, 2019).

Figura 4.16



Nota. Categorías de modificación de aves rapaces y mamíferos carnívoros sudamericanos. Modificada de Montalvo y Fernández (2019: figura 16). La numeración de las columnas corresponde a las diferentes categorías de modificación: 1= Ligera; 2= Moderada; 3= Intermedia, 4=Fuerte; 5= Extrema.

Aves carroñeras (Cathartiformes, Cathartidae)

Los catártidos, conocidos como buitres americanos, son aves grandes, incluyen dos especies de cóndores y cinco de jotes, que habitan en áreas abiertas, descansan, se alimentan y viven socialmente en grupos numerosos en acantilados, abrigos rocosos o árboles (e.g. Ballejo et al., 2022 y referencias allí citadas). Son estrictamente carroñeras que se alimentan, principalmente, de cadáveres de ungulados de gran tamaño, aunque pueden incluir vertebrados más pequeños en sus dietas.

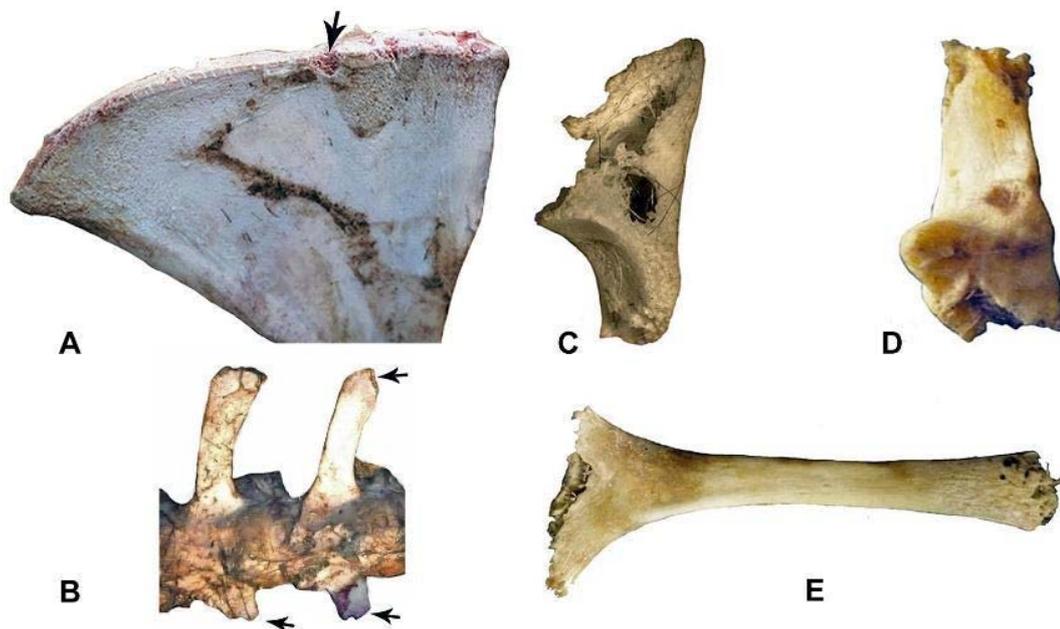
En el noroeste de la Patagonia, cerca de Bariloche (Río Negro), se realizaron trabajos tafonómicos actualísticos sobre carcasas de oveja (*Ovis orientalis aries*) y de liebre (*Lepus europaeus*) consumidas conjuntamente por el cóndor andino (*Vultur gryphus*), el jote de cabeza negra (*Coragyps atratus*) y el jote de cabeza colorada (*Cathartes aura*), además de los restos óseos y dentarios contenidos en sus egagrópilas (e.g., Ballejo et al., 2016, 2022). Los carroñeros estrictos, tras la muerte de las ovejas, se reúnen por turnos, acorde a las jerarquías inter e intra-específicas para alimentarse (los cóndores machos y adultos abren el cadáver con sus picos fuertes en forma de ganchos, luego intervienen las hembras y juveniles, seguidamente los jotes) dejando consigo diferentes evidencias en las carcasas que, de no ser debidamente documentadas, podrían generar problemas de equifinalidad con algunas de las marcas producidas por otros actores tafonómicos como los mamíferos carnívoros (Ballejo et al., 2016).

Ballejo et al. (2016) plantearon dos modelos tafonómicos para las aves carroñeras, los cuales pueden aportar a las investigaciones sobre análisis de restos faunísticos del registro paleontológico y arqueológico: 1) sitios a cielo abierto (lugar del consumo de la carcasa), donde la expectativa sería encontrar restos de vertebrados grandes y medianos representados por la mayoría de los elementos esqueléticos (e.g., mandíbulas, huesos de extremidades articulados) dispersos en un radio promedio de ca. 7 metros (puede ser mayor para las escápulas). La modificación ósea esperada incluye rasguños y muescas superficiales y poco penetrantes, hoyuelos escasos en cráneos, mandíbulas y escápulas (Figura 4.17A), y algunas vértebras con procesos transversos y espinosos fracturados (Figura 4.17B); 2) cuevas y refugios rocosos (lugar del nido o posadero), donde se pueden esperar acumulaciones óseas con mayor abundancia relativa de vertebrados de menor tamaño, osteodermos de amadillos y autopodios y huesos del aparato hioideo de vertebrados grandes con corrosión digestiva de moderada a extrema (Figura 4.17C-E).

En síntesis, este modelo tafonómico establece que los catártidos, cuando carroñean, modifican muy poco las carcasas e ingieren los elementos más pequeños o frágiles (autopodios, hioideos y osteodermos), los cuales depositan, ulteriormente, en un sitio bajo roca. Estos elementos digeridos se pueden mezclar con restos de fauna desechados del consumo humano, generando un palimpsesto (vide supra). Este escenario quedó expresado en el sitio arqueológico Gruta do Presépio (Santa Catarina, Brasil), donde se pudo inferir, a partir de este modelo tafonómico, el primer registro fósil de mamíferos acumulados por catártidos en

los mismos componentes holocenos con ocupaciones humanas y sus faunas explotadas (Ballejo et al., 2022).

Figura 4.17



Nota. Ejemplos de modificaciones producidas por aves carroñeras estrictas (Cathartidae) en huesos de mamíferos: A) muescas en la parte posterior del borde de la escápula carroñada de una carcasa de oveja adulta ("autóctona" véase al inicio del capítulo); B) vértebra lumbar de oveja adulta ("autóctona") con modificaciones en los procesos transversos y espinosos; C) tercera falange de oveja (recuperada de egagrópila de jote de cabeza negra; "alóctona") con corrosión digestiva fuerte; D) calcáneo de zorro (recuperado de egagrópila de jote de cabeza colorada; "alóctono") con corrosión moderada; E) hioides de oveja (recuperado de egagrópila de cóndor; alóctono) con corrosión digestiva fuerte. Modificadas de Ballejo et al. (2016: figura 3) y Ballejo et al. (2022: figura 4). No están a escala.

Acción antrópica

En zooarqueología, la presencia de modificaciones óseas ha servido para interpretar a los agentes formadores de los conjuntos faunísticos (antrópicos y naturales) y ha permitido hacer inferencias sobre aspectos del comportamiento humano relacionados con el procesamiento de la fauna para su transporte o consumo (e.g., Binford, 1981a; Shipman, 1983; Gifford-Gonzalez, 1989; Kent, 1993; Blumenschine et al., 1996; Mengoni Goñalons, 1999). Ahora bien, sólo podemos hablar de utilización de los recursos por los humanos cuando contamos con evidencia fehaciente de la actividad antrópica, ya sea en la obtención (caza, cría, pesca, recolección), procesamiento (cuereo, evisceración, trozamiento primario y secundario, fileteo,

extracción de grasas -médula, grasa ósea, muscular- y otros productos -sangre, materia prima para la confección de artefactos óseos- y cocción), consumo y descarte. Si bien esta secuencia considera a la fauna como un recurso económico, no descartamos que se pueda establecer la interacción entre los humanos y la fauna desde otros aspectos, como el mascotismo, el uso medicinal y simbólico, entre otros. Muchas de estas actividades pueden dejar rastros sobre la superficie de los huesos, los cuales se visualizan en forma de marcas (Miotti, 1990-1992; Miotti, 1998; Mengoni Goñalons, 1999). Estas huellas, en general, se producen por el contacto de un filo activo del instrumento empleado (lítico, óseo, valva, metal u otro) sobre el periostio o tejido compacto superficial del hueso (véase Capítulo 3), por golpes con objetos contundentes o el tratamiento de las superficies con materiales diversos para realizar artefactos -e.g., sedimentos arenosos o pieles para producir el pulido- (Shipman, 1981; Shipman y Rose, 1983; Johnson, 1985, 1989; Blumenschine et al., 1996; Averbough y Provenzano, 1998-1999; Fernández-Jalvo et al., 2016). Es así que, el estudio de los rastros/marcas/huellas presentes en los huesos posibilita conocer las actividades de procesamiento y discutir ciertos aspectos globales de aprovechamiento y uso de la fauna (Miotti, 1990-1992; Miotti, 1998; Mengoni Goñalons, 1999; De Nigris, 2004).

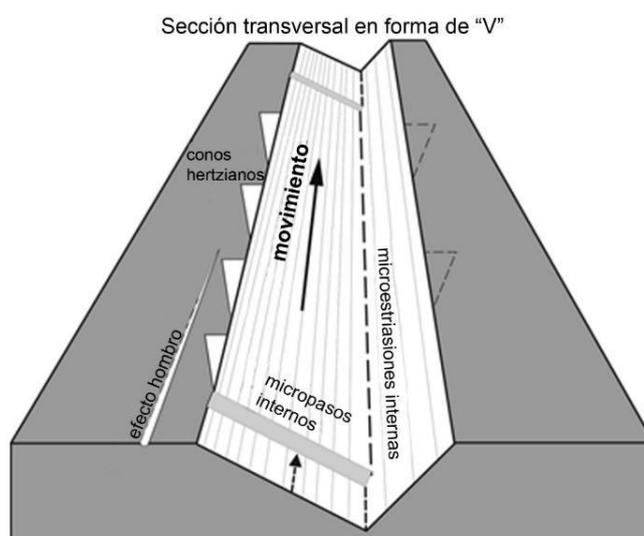
Marcas de corte

Las marcas de corte se producen por el contacto del filo activo del instrumento empleado (lítico, óseo, valva, metal u otro) sobre el periostio o tejido compacto superficial del hueso (Shipman y Rose, 1983; Mengoni Goñalons, 1999; Miotti, 1998). Se destaca que una marca de corte se considera un epifenómeno, es decir, un accidente durante el proceso de reducción de las carcasas, por lo que su presencia y frecuencia dependerá del tipo de presa, la morfología del hueso, el instrumental empleado, el filo utilizado, la intensidad del procesamiento, la condición de la carcasa, la pericia de faenador y el tiempo de faena (e.g., Lupo y O' Connell, 2002; Egeland, 2003; Lyman, 2005). Esto se debe a que no necesariamente cuando se realiza la actividad que implique cortes (desarticulación, cuereo, descarne) quedan rasgos observables en los huesos (e.g., Lyman, 2005). Sin embargo, cuando se registran y son inequívocas (por morfología y contexto) se constituyen en la evidencia primordial para establecer el uso de la fauna por los humanos.

La identificación de las marcas de corte se puede realizar por criterios morfológicos y contextuales. Los primeros, se pueden abordar desde diferentes escalas, como la macroscópica a “ojo desnudo”, lupas de mano de distintos aumentos, lupas binoculares e incluso desde la microscopía (Microscopio Electrónico de Barrido -MEB-). Las marcas de corte se reconocen, principalmente, por tener una morfología en forma de “V”, con uno de sus lados más inclinado (Figura 18), suelen ser rectas y de profundidad variable (Blumenschine et al., 1996). A nivel microscópico, las marcas de corte presentan estrías paralelas y finas a lo largo de las paredes de la incisión principal (Shipman, 1981; Shipman y Rose, 1983).

Además, se reconoció el *shoulder effect* (efecto hombro), que consiste en incisiones cortas que pueden ser paralelas o divergentes a la incisión principal que acompañan (Figura 4.18) y las “púas” (*barbs*) hacia un extremo de la misma (Shipman y Rose, 1983). Estos efectos se producen por el movimiento del brazo del operador que realiza el corte al ejercer presiones diferentes con ángulos distintos, haciendo que el “hombro” de la herramienta entre en contacto con el hueso. Muchas veces, se puede observar un ensanchamiento de la marca de corte hacia un extremo, incluso con una pequeña curvatura. Posteriormente, Bromage y Boyde (1984) identificaron astillados oblicuos (desprendimientos) en los bordes de la incisión principal (puede ser en uno o ambos lados) denominados conos de fractura Hertzianos, que les permitió inferir la dirección del movimiento del corte (Figura 4.18).

Figura 4.18

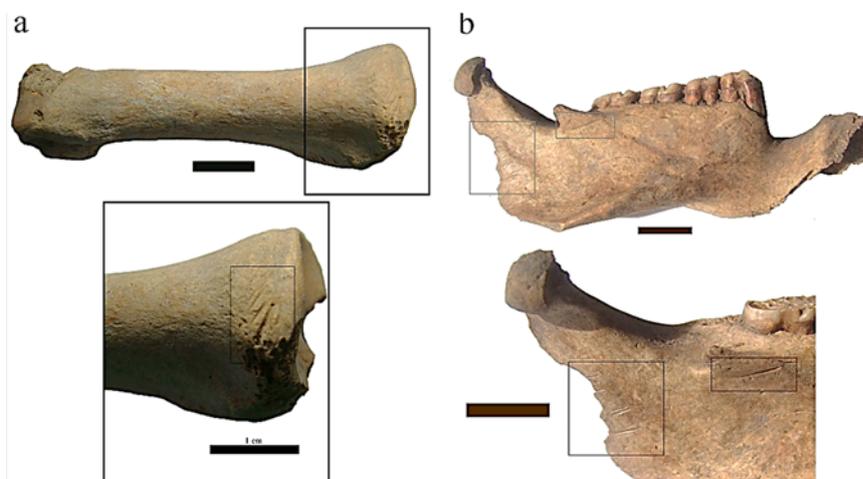


Nota. Esquema de sección transversal de una marca de corte. Modificado de Fernández-Jalvo y Andrews (2016: figura 3.1).

Debido a que algunas características morfológicas de las marcas de corte pueden ser replicadas por otros agentes (e.g., pisoteo, carnívoros), se ha discutido sobre la escala de abordaje (macroscópica o microscópica, véase discusión en Shipman y Rose, 1983; Johnson, 1985; Bunn y Kroll, 1986; Blumenschine et al., 1996). Si bien con MEB se pueden observar detalles mayores sobre los rasgos diagnósticos de las marcas de corte, cabe destacar que no siempre es sencillo el acceso y preparación de las muestras para ser analizadas bajo MEB. Entre las dificultades se encuentra la imposibilidad de analizar huesos de tamaños mayores a los 3 o 5 cm de largo, por lo que, en caso de necesitarlo, hay que realizar moldes del sector a analizar para luego hacer la réplica a partir del molde. En general, la microscopía se utiliza en muestras pequeñas y en casos particulares en que es necesario desentrañar el uso de un taxón en particular, por ejemplo, el uso de la megafauna pleistocénica en Sudamérica o la incorporación de un taxón para el cual no había evidencias previas de su procesamiento (e.g., Miotti y Cattáneo, 2003).

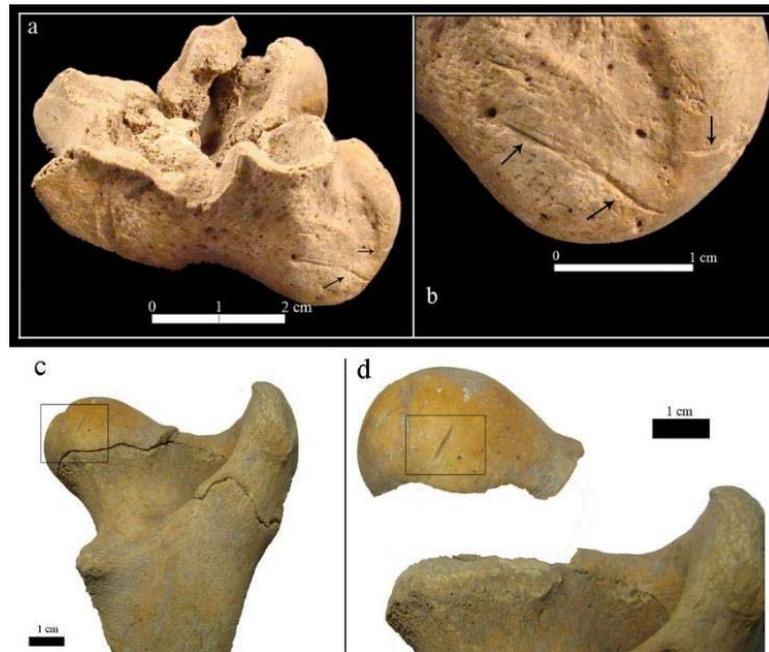
Como mencionamos, no sólo se utiliza el criterio morfológico para la identificación de las marcas, sino también el contextual, ya que las marcas de corte se producen por una “razón”, una actividad en que los humanos estaban intentando obtener un resultado (e.g., cuereo, desarticulación, descarnar). Para el análisis contextual es necesario registrar otras variables como el elemento y la zona anatómica donde se produce la marca y su orientación con respecto al eje longitudinal del hueso, la cantidad de incisiones, la profundidad y la longitud de las mismas (Binford, 1981a; Shipman y Rose, 1983; Lyman, 1994; Blumenschine et al., 1996; Mengoni Goñalons, 1999; Muñoz, 2008). En este sentido, el análisis contextual nos permite inferir la actividad que produjo la marca de corte que puede ser por el cuereo, la desarticulación y el descarnar/fileteo, pero también se pueden reconocer marcas de raspado del periostio y el eviscerado. Principalmente, en el trabajo etnoarqueológico de Binford (1981a) se caracterizaron las actividades de procesamiento en relación con los atributos de las marcas de corte que se utilizan hasta la actualidad para mamíferos grandes. Las marcas de cuereo se suelen presentar sobre los elementos distales de los miembros (elementos del basipodio, cóndilos de metapodio y falanges) de orientación transversal al eje del hueso; sobre el cuerpo de la mandíbula (en sentido longitudinal) y sobre la base de las astas o cuernos en los ungulados que los presenten (Figura 4.19).

Figura 4.19



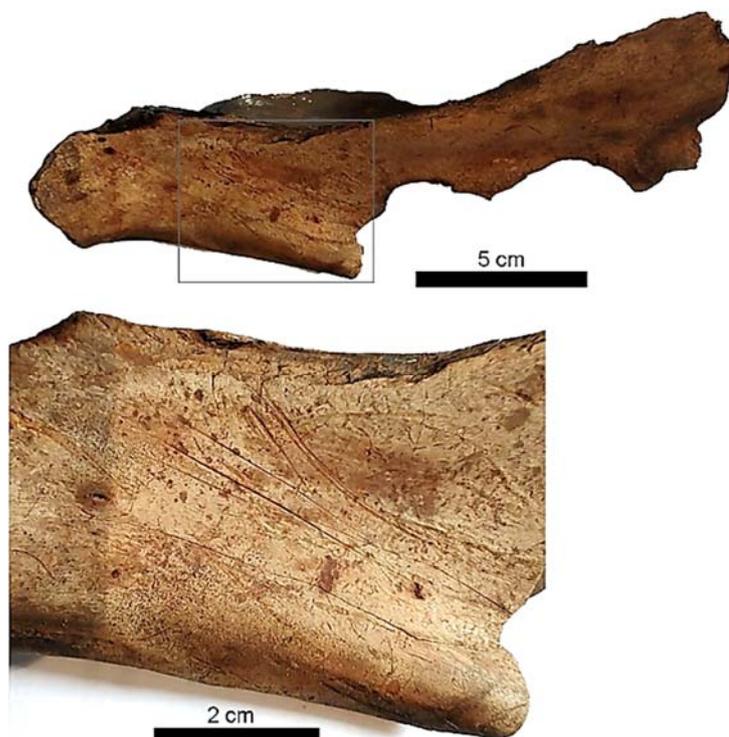
Nota. Marcas de cuereo. A) falange de *Lama* sp. con marcas en la cara dorsal, cerca de la epífisis proximal, cortas y de profundidad variable (Media Flor, Santiago del Estero, modificado de del Papa, 2012: figura VI.10.18b); B) mandíbula de *Myocastor coypus* con marcas sobre el cuerpo y rama mandibular, longitud variable, superficiales y longitudinales al cuerpo de la mandíbula (El Cachapé Potrero V- Anexo, Chaco, tomadas por Luis del Papa).

Las marcas de desarticulación suelen presentarse en las epífisis, zonas de contacto entre elementos óseos o sectores de inserción de tendones, las cuales suelen ser cortas (menores a 5 mm), transversales al eje del hueso y ser relativamente profundas (Figura 4.20).

Figura 4.20

Nota. Marcas de desarticulación en fémur de *Lama* sp. (Rincón de Atacama, Río Hondo, Santiago del Estero). A) epífisis distal del fémur sin fusionar; B) detalle de las marcas de corte sobre el cóndilo medial; C) epífisis proximal de fémur con incisión sobre la cara posterior de la cabeza; D) detalle de la marca. Modificadas de del Papa (2012: figuras VI.4.12, VI.6.11).

Las marcas de descarnado suelen presentarse en las diáfisis de los huesos largos o zonas que albergan la musculatura (e.g. cara dorsal de las vértebras, entre las apófisis neurales y transversas; cara dorsal de la hoja de la escápula) y frecuentemente son largas, superficiales y longitudinales al eje del hueso (Figura 4.21).

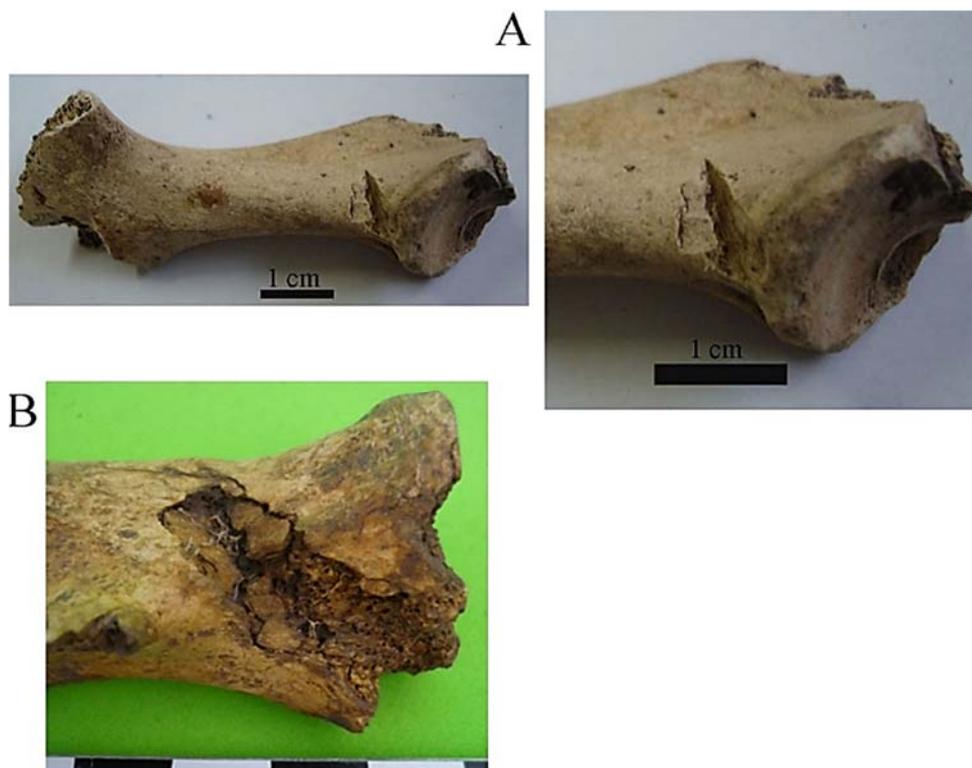
Figura 4.21

Nota. Marcas de descarnado sobre escápula de *Lama guanicoe* (Alero El Veneciano, Santa Cruz). A) vista general; B) detalle de las marcas sobre la fosa infraespinosa de la hoja de la escápula. Tomadas por Luis del Papa.

El raspado consiste en una trasposición de incisiones muy superficiales sobre un sector muy acotado de la diáfisis (marca producto de la extracción del periostio, para luego facilitar la fractura del elemento).

La evisceración puede ser observada en la cara interna de aquellos elementos que envuelven y/o protegen a los órganos (e.g., cara interna de la pelvis y costillas, cara ventral de las vértebras lumbares) y tienden a ser superficiales.

Otra forma de reducir en unidades menores de trozamiento por desarticulación, es el machacado producido por el impacto de un objeto contundente con filo (e.g., hacha). El machacado se caracteriza por generar una sección transversal en “V” abierta y profunda (Figura 4.22A), por lo general se presenta transversalmente al eje del hueso, puede o no tener estriaciones internas que corren verticalmente sobre la marca y, a veces, se pueden observar desprendimientos en el fondo del valle o negativos de lascado (Figura 4.22B; Shipman, 1981; Olsen, 1988; Gifford-Gonzalez, 1989; Mengoni Goñalons, 1999). En trabajos de zooarqueología histórica se los puede encontrar como corte con hacha (Lanza, 2014) o corte y golpe (Bagaloni y Carrascosa Estenoz, 2013).

Figura 4.22

Nota. Huesos con machacado en sitios arqueológicos del siglo XIX. A) machacado en pelvis de *Ovis orientalis aries* (Araldi, Magdalena, Buenos Aires, foto gentileza de María Soledad García Lerena); B) machacado por hacha en escápula de mamífero mediano, con desprendimientos en el fondo del valle (La Libertad, San Cayetano, Buenos Aires, modificada de Bagaloni y Carrascosa Estenoz, 2013: figura 4e).

Fracturas

Por fractura entendemos al colapso de la diáfisis (tejido cortical) por una acción mecánica o estrés por fuerzas físicas. El estudio de las fracturas se ha desarrollado sobre huesos largos debido a que la cavidad medular es una fuente importante de nutrientes (grasa), a través de la médula ósea (caracú), atractiva tanto para los humanos como para otros depredadores (e.g., mamíferos carnívoros). Además, otros estudios enfatizan en la necesidad de fracturar huesos para extraer la grasa contenida en el hueso trabecular (en menor medida en el tejido compacto de las diáfisis) que sólo se puede obtener mediante el hervido (Lupo y Schmitt, 1997; Marchionni et al., 2019). Otros tipos de huesos (e.g., planos), también se pueden fragmentar o reducir en porciones menores, pero estos no habían sido contemplados porque el objetivo era otro y la estructura de los huesos es distinta. Es por ello, que el estudio de las fracturas cobra importancia por las inferencias asociadas al consumo, principalmente de médula ósea y las probables prácticas culinarias intervinientes en su producción (Gifford-Gonzalez, 1993; Oliver, 1993; De Nigris, 2004). Además, hay que tener en cuenta el análisis

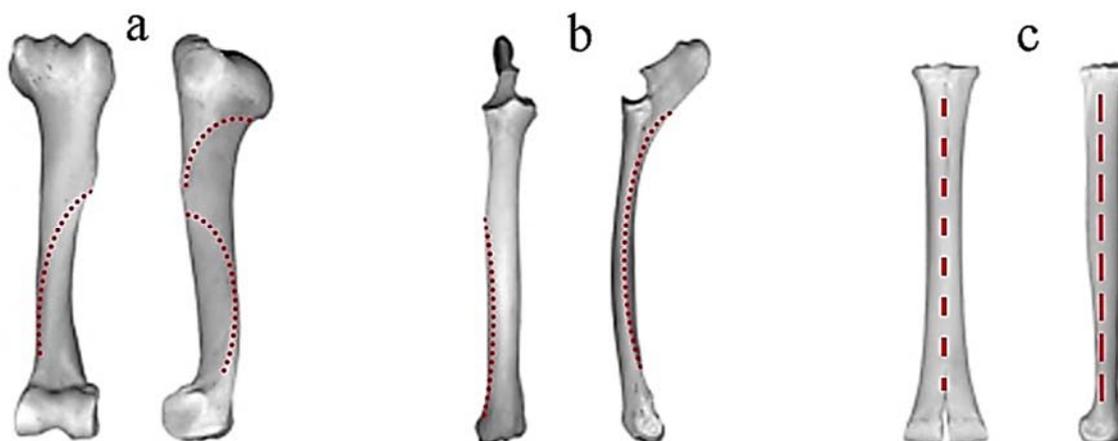
de las fracturas con el fin de obtener formas bases/preformas en las etapas de confección de artefactos.

Las fracturas óseas se originan como resultado de la interacción de las propiedades biomecánicas del hueso (disposición de las fibras de colágeno -le da flexibilidad y resistencia- y minerales -rigidez y dureza-; véase Capítulo 3) y los aspectos tecnológicos y naturales asociados a su producción (Johnson, 1985). En los primeros trabajos zooarqueológicos, desarrollados sobre problemáticas paleoantropológicas, la presencia de fracturas de tipo helicoidal o espiral se asignó al accionar antrópico como evidencia de consumo de médula ósea (Dart, 1957). Hasta fines de 1970 esta idea fue utilizada, inclusive, para demostrar el uso humano de fauna extinguida de mamuts en sitios del territorio del Yukón (noroeste de Canadá) fechados en más de 20.000 años (Morlan, 1980). Sin embargo, estudios experimentales y actualísticos demostraron que otros agentes, por ejemplo, los mamíferos carnívoros grandes al masticar huesos y el pisoteo (*vide infra*), también, podían generar este tipo de fracturas (e.g., Binford, 1981a; Haynes, 1983; Johnson, 1985). Razón por la cual, se estudiaron los factores intrínsecos de los huesos como condicionante del tipo de fractura y se reconoció que la disposición de las fibras de colágeno en los huesos sigue la torsión sigmoidea, originada por el cambio hacia una marcha parasagital de los mamíferos (véase Capítulo 3). Asimismo, se reconoció que esta torsión era el factor que incidía en la formación del tipo de fractura helicoidal, cuando el hueso se encontraba fresco (Johnson, 1985). También, se destaca que no todos los huesos largos presentan una torsión sigmoidea o al menos, no tan pronunciada. Los huesos con mayor torsión sigmoidea corresponden a los del estilopodio, en segunda medida a los del zeugopodio y aquellos que carecen de torsión corresponden a los metapodios de los ungulados (Figura 4.23). Para esto, los trabajos experimentales sobre fracturas fueron fundamentales (e.g., Johnson, 1985; Blumenshine y Selvaggio, 1988; Miotti, 1990-1992).

Entonces, en el estudio de las fracturas se hace necesario identificar a qué elemento corresponde el espécimen para estimar la disposición de las laminillas de colágeno y la tendencia/forma de fractura esperada en estado fresco (con presencia de fibras de colágeno) o si han mediado otros procesos que deshidratan el hueso, es decir, que degradan las fibras de colágeno (e.g., cocción por asado, diagénesis, meteorización). Para identificar el estado del hueso, cuando se produjo la fractura en huesos con torsión sigmoidea, se pueden observar algunos rasgos que Outram (2002) estandarizó en el *fresh fracture index* (FFI, índice de fractura fresca) siguiendo tres criterios: a- ángulo de la superficie de fractura, si son agudos u obtusos van a tener un valor de 0, intermedios 1 y si son rectos un valor de 2; b- forma de la fractura, si son helicoidales corresponde un valor de 0, si son oblicuas o una combinación de helicoidales y transversales o longitudinales, un valor de 1 y si son transversales o longitudinales un 2; c- textura de la superficie de fractura, si es suave le corresponde un valor de 0, rugosidad intermedia un 1 y si es rugosa un valor de 2. Entonces, los valores para cada criterio son 0, 1, 2; donde el valor 0 es el que concuerda con la fractura en estado fresco; 1 cuando el espécimen tiene algún atributo del estado seco; 2 cuando predomina el estado seco

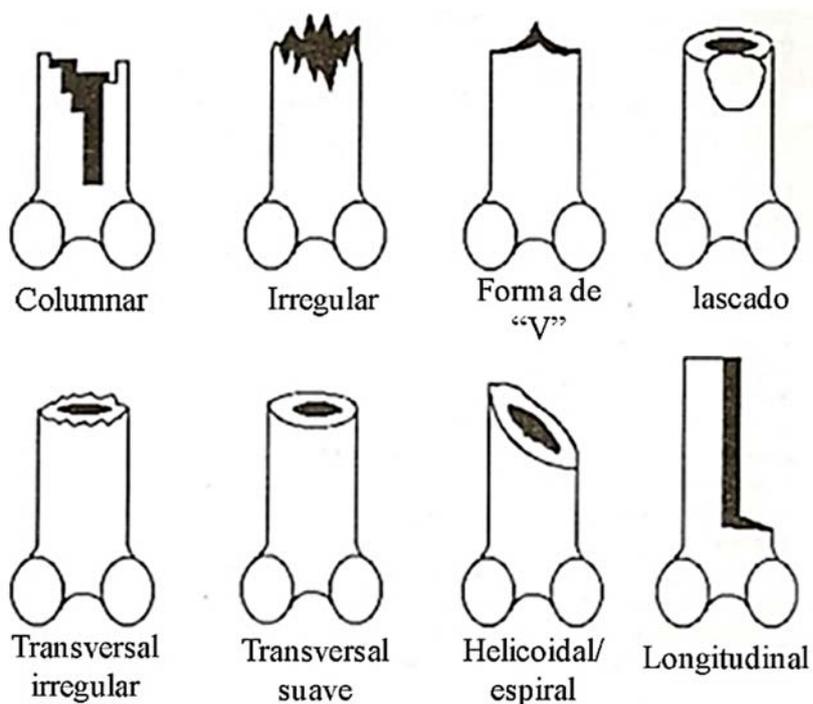
en la producción de la fractura. El índice va a variar de 0 (frescos) a 6 (secos). A pesar de esta sistematización para determinar la frescura del hueso cuando se realizó la fractura, se sigue utilizando el método cualitativo por el tipo de fractura (forma), si es helicoidal o espiral, longitudinal, transversal o una combinación de éstas (Figura 24), además si presentan bordes de fractura lisos o rugosos.

Figura 4.23



Nota. Disposición de las fibras de colágeno (tendencia en línea roja) en huesos de Camelidae. A) húmero con torsión sigmoidea marcada; B) radio-ulna con torsión sigmoidea leve; C) metapodio sin torsión sigmoidea (disposición longitudinal de las fibras de colágeno).

Figura 4.24



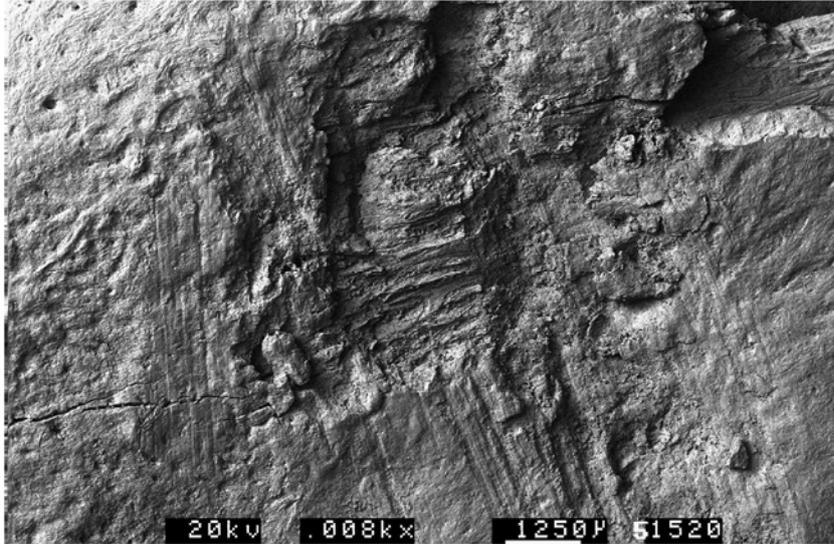
Nota. Tipos de fractura (forma). Modificada de Lyman (1994: figura 8.4).

No obstante, identificar el estado del hueso a la hora de la fractura, no nos informa sobre el origen o agente productor de la fractura. En este sentido, las fracturas pueden agruparse según su factor de origen en: 1) tafonómicas depositacionales (frescas); 2) postdepositacionales (generalmente secas). Además, se pueden caracterizar por la naturaleza del agente productor en: 1) factores naturales, biológicos (e.g., pisoteo del ganado, carnívoros) y físicos (e.g., deshidratación ósea *postmortem*, meteorización; Behrensmeyer, 1978); 2) fracturas intencionales de origen humano resultado de actividades relacionadas con el procesamiento de los animales para su transporte, consumo o utilización como materia prima.

Fracturas antrópicas, segmentación de partes esqueléticas

Como mencionamos, hasta mediados de 1980, la sola presencia de fracturas helicoidal o espiral era considerado un indicador de actividad antrópica y, en algunos casos, la preponderancia de este tipo de fracturas en contextos sudamericanos (donde no hay grandes carnívoros destructores de huesos como los hiénidos) junto a la información contextual de algunos sitios, nos permite inferir la práctica del consumo de médula ósea. Sin embargo, en otras circunstancias esto es insuficiente. Para atribuir fehacientemente el accionar humano sobre la muestra, es necesario la observación de atributos asociados a las fracturas que nos indiquen dónde y cómo se produjo el golpe u otras formas de segmentar el hueso.

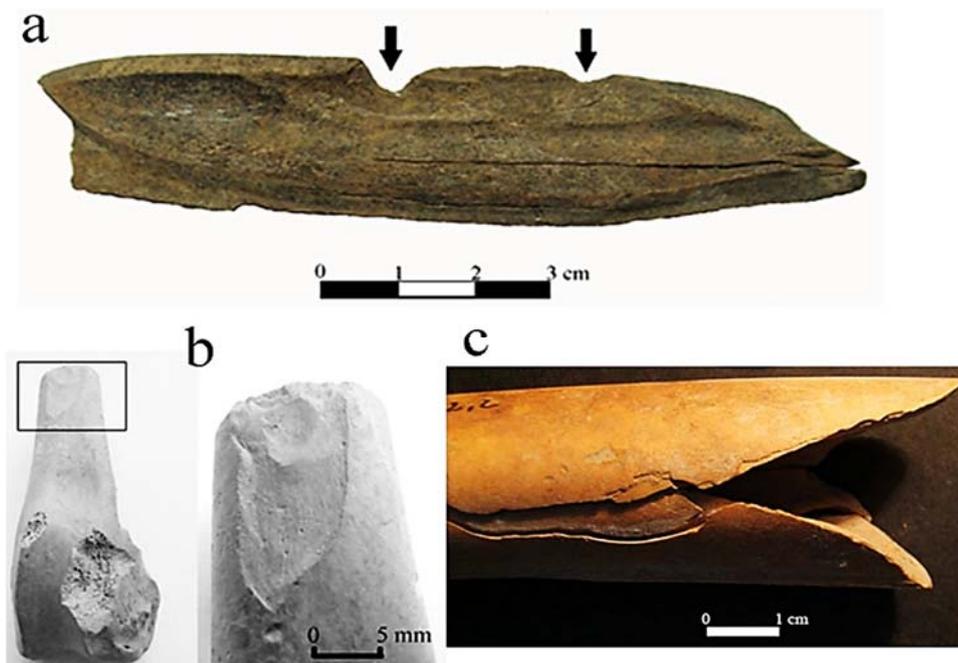
Entre los atributos, se pueden mencionar las marcas de percusión, que consisten en “pozos” u hoyos de tamaños y profundidades variables, generadas cuando el hueso está sostenido por una superficie sólida y dura -yunque- y golpea con un objeto contundente -percutor- (Blumenschine y Selvaggio, 1988; Blumenschine et al., 1996). Estos hoyos pueden tener microestriaciones en su interior o en sus bordes y estar asociadas a estrías o surcos lineales (Figura 4.25) ocasionadas, principalmente, por un deslizamiento del hueso sobre el yunque cuando se produce el golpe o un efecto rebote (Blumenschine y Selvaggio, 1988).

Figura 4.25

Nota. Fotografía de MEB sobre mamífero mediano con pozos y estrías de percusión (sitio Cueva Vanguard, Gibraltar). Modificada de Fernández-Jalvo y Andrews (2016: figura A.310).

Otros rasgos del golpe directo de un percutor sobre el hueso, visibles macroscópicamente, son las muescas o escotaduras y los negativos de lascado en la cara interna del hueso o la presencia de lascas óseas (e.g., Binford, 1981a, Capaldo y Blumenschine, 1994, Mengoni Goñalons, 1999). En el caso de las muescas, el golpe genera un borde curvo o cicatriz concoide sobre la superficie de la fractura (Figura 4.26A). Además, sobre la superficie interna de esa escotadura se puede observar un negativo de lascado (Figura 4.26A y B), es decir, un desprendimiento del hueso denominado lasca, con su plataforma y bulbo de percusión (Mengoni Goñalons, 1999). A veces, las lascas no se desprenden totalmente del hueso, por lo que se pueden observar adheridas (Figura 4.26C).

Figura 4.26

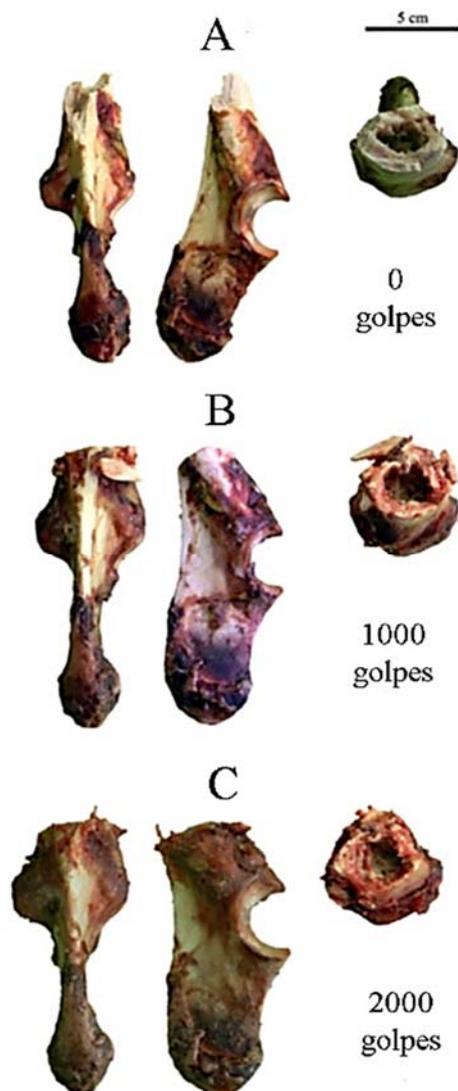


Nota. Ejemplos de fractura intencional. A) fragmento de diáfisis, vista interior con muescas y negativos de lascado (sitio Maco, Santiago del Estero, modificada de del Papa, 2012: figura VI.7.4); B) fémur de *Dolichotis patagonum*, vista frontal, con negativo de lascado (sitio Villa La Punta “Guayacán”, Santiago del Estero, modificada de del Papa et al., 2010: figura 5b); C) fémur de camélido con fractura fresca en forma de “V” y lasca adherida (sitio Maquijata, Santiago del Estero, modificada de del Papa, 2012: figura VI.2.14).

El surco o marcado perimetral ha sido considerado una técnica (difundida en la Patagonia argentina) de adelgazamiento de la diáfisis para generar una fractura transversal, si bien este tipo de fractura es imposible de producir cuando el hueso está fresco, si no se adelgaza previamente. El marcado perimetral se realiza mediante la percusión del hueso a lo largo de la circunferencia de la diáfisis, hecho que facilita su posterior fractura (Muñoz y Belardi, 1998) y se reconoce por numerosos negativos de lascado. Teniendo en cuenta que esta técnica conlleva un esfuerzo mayor que la fractura convencional (uno o dos golpes producen la fractura siguiendo las laminillas de colágeno) se han sugerido las siguientes hipótesis sobre su uso: 1) obtención de formas bases para la confección de artefactos, o es un artefacto informal (confección de machacadores); 2) extracción de médula de una manera más limpia (sin desechos de hueso en la médula); 3) una forma de procesamiento inicial de las presas - bajo determinadas condiciones ecológicas- para facilitar su transporte (e.g., Miotti, 1998; Muñoz y Belardi, 1998; Acosta, 2000; Hajduk y Lezcano, 2005). Estudios experimentales recientes plantean que el surco perimetral es consecuencia del uso de los huesos con fracturas convencionales para extraer médula ósea (técnica de yunque) y que su uso como machacador (para moler carne y grasa principalmente, Figura 4.27), genera pérdida de lascas óseas en la circunferencia de la diáfisis (negativos de lascado), resultando por desgaste en una fractura transversal con las características del marcado o surco perimetral (Santiago et

al., 2019). Entonces, los negativos de lascado (externos e internos) y el acortamiento y ensanchamiento de la diáfisis no serían consecuencia de una intencionalidad para adelgazar la circunferencia de la diáfisis, sino el resultado del uso de los huesos como machacadores.

Figura 4.27

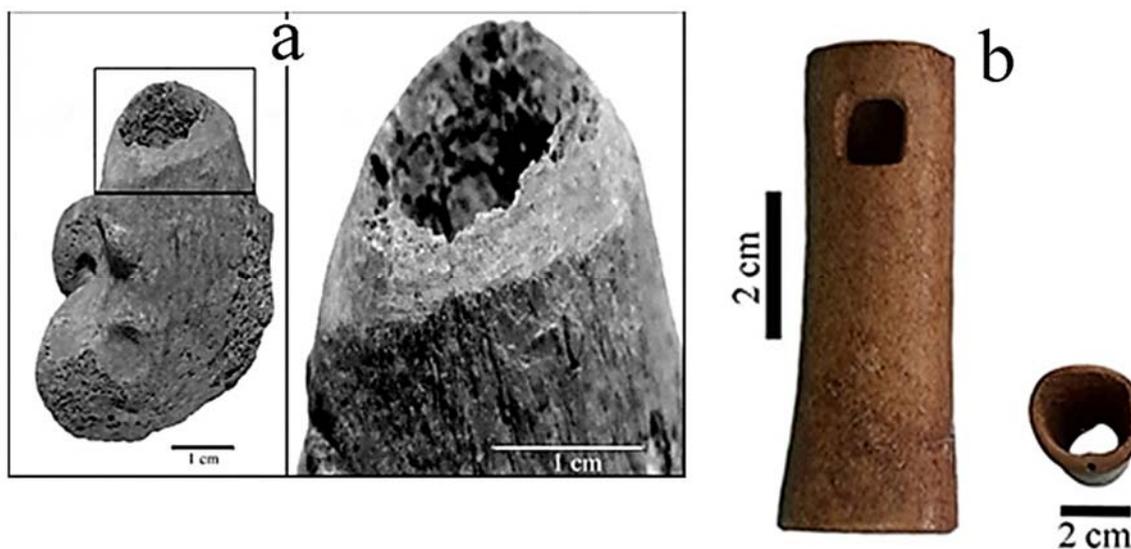


Nota. Experimentación sobre radio-ulna y el uso de machacadores sobre carne. A) porción proximal con fractura por técnica de yunque y previo al uso como machacador; B) estado del hueso luego de 1000 golpes; C) estado del hueso tras 2000 golpes. Modificada de Santiago et al. (2019: figura 3).

El **aserrado perimetral** permite adelgazar la capa ósea a través de incisiones con un artefacto filoso para fracturar el hueso controladamente (Acosta, 2000). Así, el aserrado incluye las modificaciones generadas al fracturar o segmentar las unidades anatómicas, ya sea mediante corte o percusión (directa y/o indirecta) como producto de la preparación de la forma base de un artefacto óseo. Las incisiones consisten en una serie de cortes transversales que abarcan, en la mayoría de los casos, todo el perímetro de los especímenes

(Acosta, 2000). Una vez adelgazada la diáfisis, por las incisiones, se produce un golpe para segmentar transversalmente a los elementos (si no se adelgaza uniformemente la circunferencia, pueden quedar imperfecciones o aristas de hueso indeseadas) o realizar el aserrado completo hasta el canal medular. Esta técnica, requiere una mayor inversión de tiempo de la que se necesita para fracturar el hueso percutiéndolo (Acosta, 2000), por lo que su asociación con etapas en la confección de artefactos es la más plausible (aunque no se descarta el consumo de médula colateralmente). En este sentido, se suelen encontrar restos en el registro que resultan de las distintas etapas de la preparación de los instrumentos, desde los desechos (Figura 4.28A), formas base y preformas hasta los instrumentos terminados (en general consisten en las diáfisis con aserrado perimetral y algún otro atributo de modificación, e.g., arpones, tubos, puntas de proyectil semiacanaldas sin epífisis, Figura 4.28B).

Figura 4.28

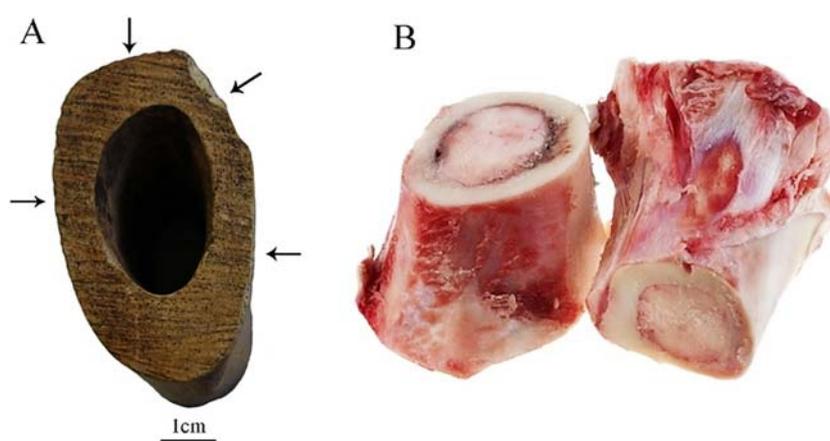


Nota. Restos con aserrado perimetral. A) epífisis distal de fémur de *Puma concolor* con aserrado perimetral para el control de la fractura (sitio Maquijata, Santiago del Estero, modificado de del Papa et al., 2013a: figura 5); B) tubo con aserrado perimetral en ambos extremos interpretado como “silbato” sobre fémur de mamífero mediano (sitio Palo Blanco, Berisso, Buenos Aires, modificado de del Papa et al., 2022: figura 3).

En cuanto a la segmentación de las partes esqueléticas, sin ser fracturas, podemos incluir el uso de sierras. En contextos históricos de Argentina, a mediados del siglo XIX, se observan cambios en la tecnología empleada para seccionar el ganado, que era consumido tanto en los sitios rurales (estancias, puestos, sitios fronterizos) como urbanos, con el uso de sierra manuales. Posteriormente, a principios del siglo XX, con la inclusión de la sierra eléctrica, se facilita el trozamiento terciario asociado al mercado (Silveira, 1999; Schávelzon y Silveira, 2001). El aserrado se caracteriza por la presencia de estriados paralelos sobre la superficie segmentada, cuya distinción entre la sierra manual o eléctrica (lo que podría orientarnos cronológicamente) se logra a partir de los rasgos dejados y estudiados experimentalmente

(Lanza, 2014). Los huesos con un estriado marcado, subparalelo y discontinuo y, principalmente, si en los bordes se observan pequeñas astillas desprendidas (diminutos “negativos de lascado”) y semi-adheridas se asocia a sierras manuales (Figura 4.29A; Bagaloni y Carrascosa Estenoz, 2013; Lanza, 2014). En cambio, si el estriado es liso (casi imperceptible), paralelo y continuo, con superficie mucho más suave y el borde sin desprendimientos, se asocia a sierras eléctricas (Figura 4.29B; Bagaloni y Carrascosa Estenoz, 2013; Lanza, 2014).

Figura 4.29



Nota. Aserrados. A) aserrado con sierra manual, nótese el estriado marcado y el contorno irregular (por pequeños desprendimientos del borde externo, marcado con flechas (sitio Araldi, siglo XIX, Magdalena, Buenos Aires, foto tomada por Soledad García Lerena; B) sierra eléctrica, nótese el estriado casi imperceptible que genera una superficie suave y sin desprendimientos en sus bordes (modificada de Biodog, 2023).

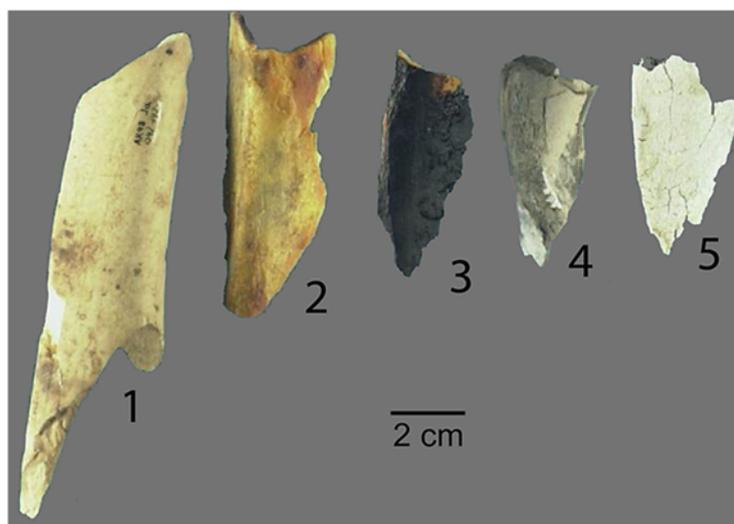
Termoalteración

El fuego puede fragmentar y destruir al hueso, alterando la estructura anatómica y cuantitativa de los conjuntos (Lanata, 1988). En particular, el fuego modifica la estructura cristalina del hueso y lo hace susceptible a fragmentarse, además de las modificaciones macroscópicas referentes al color (e.g., Stiner et al., 1995). Si bien la recristalización, observada por difracción de rayos X e infrarrojos, puede ser una herramienta para identificar huesos quemados, los estudios experimentales de Stiner et al. (1995) sugieren sumar otras variables (e.g., color), ya que la recristalización por termoalteración es similar a la producida por meteorización y diagénesis. Entonces, el grado de incidencia de la termoalteración sigue los criterios de color, textura y uniformidad de la alteración (e.g., Shipman et al., 1984; Nicholson, 1993; Stiner et al., 1995; Cain, 2005). Los estadios de termoalteración van desde los no quemados (sin cambios de color), a aquellos con grado bajo de alteración con

coloración marrón (en general afectan a una porción del elemento), hasta el carbonizado de color negro (puede presentar superficies con textura craquelada y homogénea) y, finalmente, huesos calcinados de color gris a blanco (pueden presentar superficies craqueladas y la alteración compromete a la totalidad del elemento), siendo el mayor grado de alteración (Figura 4.30). Además, se han llevado a cabo experimentos para identificar el estado del hueso cuando se produjo la termoalteración: frescos con carne adherida, frescos sin carne, secos y fragmentados (e.g., Thurman y Willmore, 1981; Gifford-González, 1989; Johnson, 1989), para inferir la actividad que produjo la modificación.

Sin embargo, las evaluaciones macroscópicas de la superficie, también, pueden ser engañosas, ya que las tinciones orgánicas y minerales pueden imitar los cambios de color, principalmente el carbonizado (e.g., óxido de manganeso; Shahack-Gross et al., 1997). Esta dificultad puede eludirse, en parte, por el tratamiento con químicos (ácido clorhídrico) de porciones de los huesos para detectar huesos quemados, huesos teñidos por pátinas y aquellos que tuvieron ambos procesos a través de espectrometría infrarroja transformada de Fourier (FTIR; véase más detalle en Shahack-Gross et al., 1997).

Figura 4.30



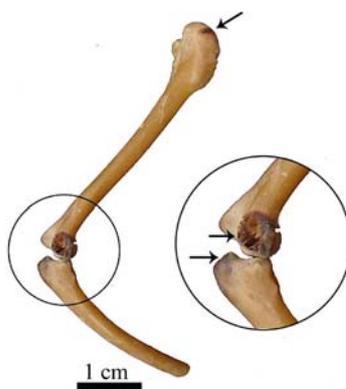
Nota. Estadios de termoalteración según Cáceres (2002): 1, no quemado; 2, quemado; 3, carbonizado; 4 y 5, calcinados. Modificado de Fernández-Jalvo y Andrews (2016: figura 5.2).

De manera informal, la termoalteración se suele asociar a la cocción de los alimentos, sin embargo, se puede generar por varias causas, no todas de origen antrópico (e.g., Cain, 2005). En varias regiones del mundo, en ambientes de bosques y pastizales, cuando se producen sequías o en temporadas calurosas y con tormentas eléctricas, se puede producir el fuego naturalmente y/o accidentalmente (como ejemplo, en nuestro país se suelen producir en verano incendios de bosques y pastizales, a veces naturalmente y otras por impericia humana o deliberada). En general, los huesos quemados por fuegos naturales son alterados sólo en una porción del elemento, produciendo un quemado superficial que no llega al color gris o blanco y no presenta una selección anatómica ni taxonómica (David, 1990; Cain, 2005).

Siempre es importante poder tener la información contextual de los hallazgos de los restos, ya que está evidenciado que una asociación secundaria con estructuras de combustión puede generar la modificación de los huesos. Por ejemplo, si los restos se encuentran hasta por 10 cm debajo del fogón (y pueden corresponder a eventos previos de ocupación) se termoalteran (hasta los 5 cm de profundidad generan un carbonizado y entre los 5 y 10 cm pueden generar un quemado de sectores del hueso simulando una cocción por asado, dependiendo de diversas variables -e.g., tipo de sedimento rubefaccionado y tiempo de exposición- (Stiner et al., 1995; Bennet, 1999).

Entre las actividades antrópicas, la cocción por asado o fuego directo (cocción en seco) de los alimentos podría evidenciarse por la existencia de restos con atributos de alteración térmica sólo en algunos sectores de los huesos desde grado bajo (quemado) a moderado (carbonizado). Esto se debe, a que se quiere cocinar la carne (musculatura) y la grasa que recubre los huesos, que los protege del fuego. Sin embargo, la cocción genera deshidratación de la carne, lo que conlleva a su reducción/contracción, lo que produce que queden expuestos algunos sectores de los huesos (e.g., epífisis, prominencias -acromion de la escápula-) y, por lo tanto, su modificación (Figura 4.31; Gifford-Gonzalez, 1989; Kent, 1993). La fractura de los elementos, después de este proceso, se produce principalmente de forma longitudinal (De Nigris, 2004).

Figura 4.31



Nota. Húmero y ulna de ave con termoalteración sectorizada (sitio Beltrán Onofre Banegas-Lami Hernández, Santiago del Estero). Modificada de del Papa (2017: figura 4c).

El rescoldo o la cocción sobre las brasas de las presas enteras (incluso con cuero o armaduras óseas), se suele realizar sobre presas de tamaño pequeño como los roedores pequeños, aves, cingulados y quelonios. Los roedores de hábitos sociales y diurnos, presentan un patrón de quemado en las partes que quedan más expuestas, incisivos, premaxilares, autopodios y los extremos de los zeugopodios (Figura 4.32A; Medina et al., 2012; Fernández et al., 2017b y literatura allí citada). En caso de las aves u otros vertebrados de tamaño pequeño, como resultado del rescoldo, podrían exhibir la alteración térmica en las zonas de articulación (Figura 4.31). Por su parte, las tortugas y armadillos muestran la

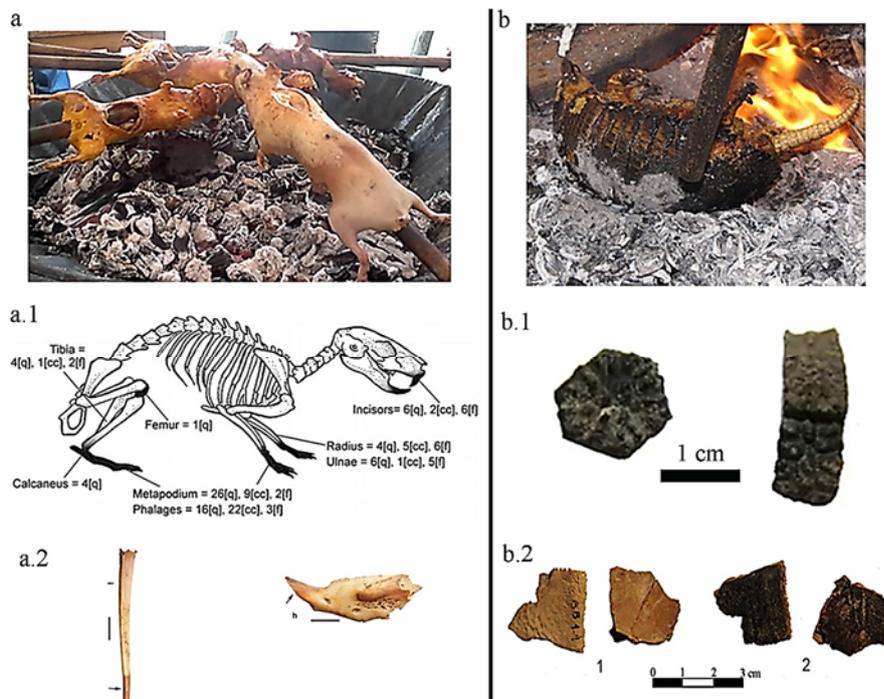
termoalteración en los elementos de la armadura ósea y escasamente a nula en los elementos endoesqueléticos, incluso, en algunos casos, la modificación sólo se observa en la cara dorsal de las placas óseas u osteodermos (Figura 4.32B; Frontini y Vecchi, 2014; del Papa y De Santis, 2015).

Para realizar el hervido (cocción húmeda) es necesario que los grupos humanos tengan disponible la tecnología necesaria para desarrollarlo, como piedras termóforas, ollas de cerámica o metal. Incluso, según Speth (2015) el hervido se puede lograr en recipientes perecederos hechos de corteza, cuero, hojas y colocados directamente sobre el fuego. Cabe destacar que ese tipo de cocción, generalmente prolongada, facilita el desprendimiento de la carne del hueso (no es necesario un procesamiento alto luego de la cocción), el ablandamiento de la carne y la extracción de grasa ósea (nutriente que sólo se pueden extraer por esta técnica de cocción). Sin embargo, el hervido no suele dejar rastros inequívocos en los huesos (Roberts et al., 2002). Un posible rasgo para la identificación de esta técnica es la presencia de marcas de pulido, las cuales se producirían por el roce de los huesos con las paredes de los contenedores (Pijoan et al., 2004), sin embargo, no es el único proceso que genera un cierto pulido de las superficies (véase transporte fluvial y eólico). A medida que aumentan los tiempos de ebullición, genera la pérdida de proteínas y aumenta la cristalinidad, al igual que la porosidad y, en este sentido, el hervido prolongado es un análogo (véase más arriba equifinalidad) de la diagénesis, ya que genera resultados similares (Roberts et al., 2002). A pesar de las dificultades para distinguir el hervido, este tipo de cocción se puede inferir de manera contextual, por la presencia de la tecnología asociada, si se observa un patrón en los tamaños de los huesos fragmentados, lo que Gifford-González (1989) denominó *pot sized* (tamaño de los huesos que entran por la boca de las ollas) o incluso, se puede estimar la extracción de grasa ósea por este método cuando los tamaños de los fragmentos son menores a los 5 cm (tamaños en que esta tarea es eficiente; Lupo, 1998; Church y Lyman, 2003; Janzen et al., 2014).

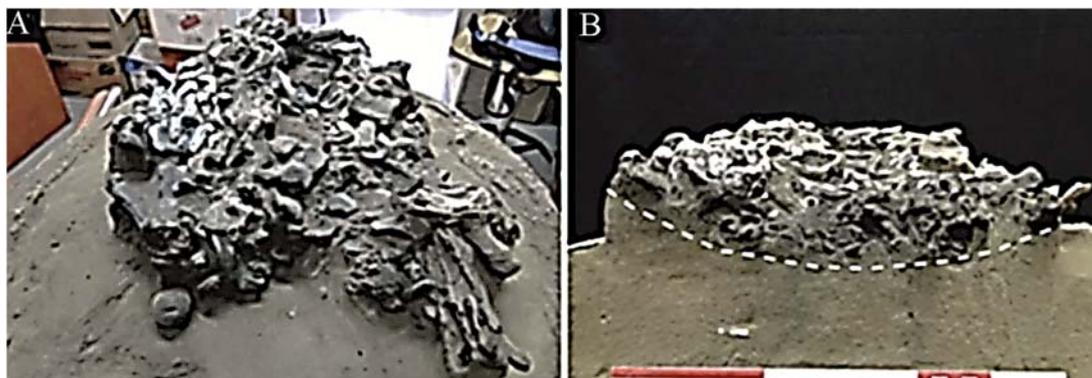
En ambientes extremos (e.g., puna, estepa patagónica) o de pastizales (pampa seca) y/o cuando las condiciones ambientales de una región fueron menos favorables para la cobertura arbórea o arbustiva, la ausencia de combustibles naturales (maderas) es frecuente, por lo que se hace necesario incorporar otras fuentes alternativas o auxiliares de combustible, como los huesos. Cabe aclarar que, para poder utilizar los huesos como combustible es necesario el suministro, principalmente como iniciador, de los combustibles tradicionales (e.g., maderas) y que su función primordial es mantener la llama y la temperatura por más tiempo. En estos casos, se puede observar un predominio de los restos calcinados (Figura 4.33) y cuanto mayor sea el contenido de grasa ósea (patrón diferencial según el elemento o la porción utilizada, preferencias por huesos con tejido trabecular) mayor será el grado de alteración (Costamagno et al., 2005; Scheifler, 2020). Teniendo en cuenta que, el uso como combustible genera un grado alto de alteración, llegando a una gran destrucción, que es mayor cuando los huesos son enteros o más completos, por la presión de la grasa y agua contenida

internamente. Los restos óseos previamente fracturados a su uso como combustible, generan una gran cantidad de restos menores a los 2 cm (Costamagno et al., 2005; Scheifler, 2020).

Figura 4.32



Nota. Cocción al rescoldo y fuego directo. A) cuises cocinados por asado; A.1) patrón de cocción de micromamíferos en elementos distales de los miembros y parte anterior del cráneo (modificado de Medina et al., 2012: figura 1); A.2) termoalteración leve sobre porción distal de la tibia -izquierda- y zona anterior de mandíbula -derecha- (Epullán Chica, Neuquén, modificadas de Fernández et al., 2016: figura 4; B)- armadillo cocido al rescoldo (gentileza de Clara Otaola); b.1) osteodermos de *Tolypeutes matacus* carbonizados (La Aguadita, Santiago del Estero, tomada por Luis del Papa); B.2) placas del espaldar de *Chelonoidis chilensis*, cara ventral sin termoalterar (izquierda) y cara dorsal carbonizada -derecha- (Beltrán Onofre Banegas-Lami Hernández, Santiago del Estero, modificado de del Papa et al., 2017: figura 9.4a).

Figura 4.33

Nota. Fogón en laboratorio con huesos utilizados como combustible (sitio Huencú Nazar, Trenque Lauquen, Buenos Aires). A) vista superior en el comienzo de la extracción de los huesos; B) vista transversal del fogón. Modificada de Scheifler (2020: figura 4).

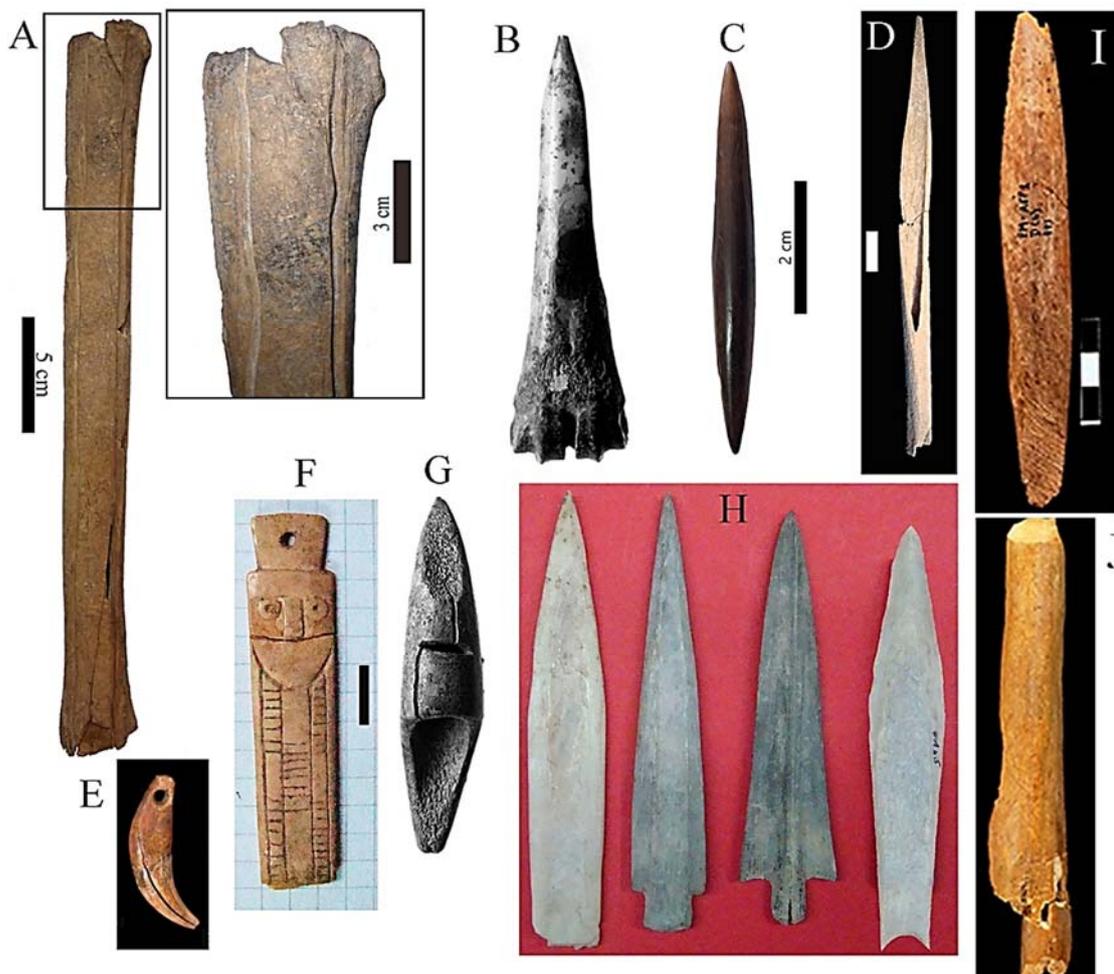
El descarte de los huesos en lugares de combustión/fogones, generalmente, se realiza por higiene (para evitar olores desagradables, el acercamiento de carroñeros y fauna cadavérica). Esto se puede inferir por una mayor proporción de restos, en los que el quemado compromete a toda la superficie ósea y el grado de alteración es más alto, por estar sometido directamente a grandes temperaturas. De esta actividad, se espera una mayor proporción de fragmentos calcinados (Kent, 1993; Oliver, 1993; De Nigris, 2004). En este sentido, por las características, a veces se dificulta diferenciar restos utilizados como combustible de aquellos descartados por higiene. Para esto, muchas veces nos valemos del contexto arqueológico para la interpretación. Por ejemplo, si en una región donde en el momento de ocupación del sitio, en las proximidades estaban disponibles combustibles (maderas) de buena calidad y en cantidad, es muy probable que los huesos no se utilicen como combustible (e.g., sitios de la etapa agroalfarera de Santiago del Estero; del Papa, 2012). Otra manera de interpretar un fogón como estructura de descarte, es hallar distintos materiales que correspondan a basura (e.g., restos de cerámica rota y quemada, restos de vegetales consumidos).

Tecnología sobre restos faunísticos

Un instrumento es todo objeto (hueso, diente, asta, cuerno, valva, etc) que cumple una función determinada y que puede presentar distintos grados de diseño o modificación intencional de la forma original de la materia prima (Miotti y Marchionni, 2013). El diseño aplicado a la materia prima puede estar facilitado por algún rasgo anatómico en particular, por ejemplo, elementos aguzados como las ulnas de algunos mamíferos, o peroné de aves, y elementos con protuberancias como las espinas de Siluriformes con denticulaciones. En este sentido, la identificación como un instrumento se debe a modificaciones por la formatización o por el uso recurrente de alguna porción particular (marcas de uso asignables a nivel macro y/o microscópico, véase Buc, 2010, 2011). Sin embargo, se destaca que algunos elementos

pueden utilizarse con un fin y no observarse modificaciones, ni siquiera por su uso (e.g., caparazón de tortugas y cáscaras de huevo como contenedores).

Figura 4.34



Nota. Ejemplos de huesos modificados como artefactos, decoración y etapas en la cadena operativa. A) núcleo óseo en tibiotarso de *Rhea americana* con ranurado para extraer hojas o láminas óseas como forma base (El Cachapé Potrero V, Chaco, modificada de del Papa et al., 2019: figura 3); B) punzón en metapodio de cérvido (sitios del delta del Paraná, modificada de Buc, 2011: figura 1b); C) bipunta en hueso indeterminado (sitio La Ilusión, Chaco, modificada de del Papa y Lamenza, 2019: figura 5k); D) punta semi-acanalada sin epífisis en metapodio de camélido (sitio Beltrán Cementerio, Santiago del Estero, modificada de del Papa et al., 2013b: figura 3.3a); E) colgante en diente de carnívoro (sitio El Cazador 3, delta del Paraná inferior, modificada de Acosta et al., 2015: figura 3e); F) colgante decorado (sitios de Santiago del Estero); G) arpón (sitios del delta del Paraná, modificada de Buc, 2011: figura 1c); H) puntas de proyectil planas y cóncava-convexa con diferentes morfologías (pedunculada, sin pedúnculo, con escotadura) de sitios de Santiago del Estero. Fotos F y H fueron tomadas por Luis del Papa en el Museo de Ciencias Antropológicas y Naturales E. y D. Wagner de Santiago del Estero; I) punta de lanza sobre radio-cúbito de camélido, con incisiones transversales en la base -en la zona de enmangamiento- (Piedra Museo, 7500 AP),

modificado de Miotti y Marchionni (2013: figura 12.5); J) retocador, con entalladura de buril en el extremo activo, sobre metapodio de *Lama guanicoe* (Piedra Museo, 7500 AP), modificado de Miotti y Marchionni (2013: figura 12.6).

Transformar la materia prima ósea en artefactos u objetos decorativos, consiste en una serie de etapas que se integran en una secuencia de producción (Célérier, 1996; Choyke y O'Connor, 2013). Éstas etapas son, 1) adquisición: selección zoológica de especies y piezas anatómicas de acuerdo a las características de la actividad de caza y estructura ósea del animal; 2) talla: técnicas de obtención del soporte, las cuales varían desde incisiones longitudinales y paralelas hasta cortes transversales, percusión intencional y utilización de astillas de esas fracturas; 3) formatización: regulación del soporte seleccionado mediante técnicas de retoque, abrasión, pulido, raspado y, en ocasiones especiales, para dar mayor resistencia al material, se aplica el tratamiento térmico controlado.

La selección de las materias primas implica una amplia variedad de soportes útiles para afrontar diferentes requerimientos mecánicos, factor considerado al diseñar un instrumento (Scheinsohn y Ferreti, 1995; Scheinsohn, 1997), es decir, que, en base a las actividades requeridas con un artefacto, se seleccionarán las unidades anatómicas de los taxones en particular, según sus propiedades biomecánicas (e.g., mayor resistencia a la tensión, a la presión y a la torsión; Scheinsohn, 1997). Entonces, el operador diseñará el instrumento de acuerdo a la función y a la información tecnológica transmitida culturalmente (Buc, 2010). Por supuesto, dependiendo del grado de formatización de los instrumentos y los procesos postdepositacionales que moderen el conjunto arqueológico, va a depender la posibilidad de identificación anatómica y taxonómica de los huesos-soporte.

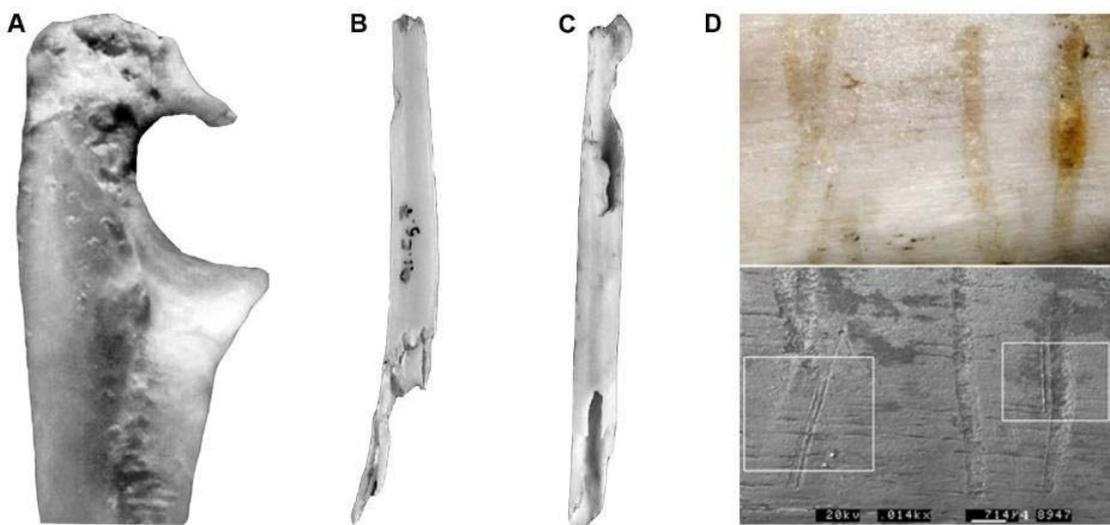
En general, se siguen criterios morfológicos y funcionales para la clasificación de los diversos instrumentos óseos (e.g., Figuras 34 y 35; Scheinsohn, 1997; Pérez Jimeno, 2004; Acosta, 2000; Buc, 2010, 2011; Miotti y Marchionni, 2013; Acosta et al., 2015; Papa y Lamenza, 2019; del Papa et al., 2019). Incluso, se pueden tomar criterios utilizados en el instrumental lítico para inferir las etapas de la producción: núcleos (Figura 34A), formas base, preformas, elementos poco elaborados, piezas muy elaboradas, fragmentos con rastros de utilización, formas primarias (matrices), lascas (Casiraghi, 1984) y desechos, que también forman parte del conjunto artefactual (*sensu* Acosta, 2000; Figura 28A).

Marcas de dientes de humanos

Por un lado, este tipo de marcas pueden ocasionarse por la masticación intensiva de los huesos, tal como lo demuestra el estudio etnoarqueológico realizado por Martínez (2009) en Colombia con los Nukak, donde se observa piqueteados, aserrados, dentados irregulares y astillados en los bordes de los huesos (Figura 4.35 A-C). Este tipo de marcas pueden confundirse con aquellas producidas por mamíferos carnívoros (véase Figura 4.10B). Por otro

lado, las marcas experimentales de incisivos humanos en costillas de cerdo doméstico, *Sus scrofa domestica*, documentadas por Fernández-Jalvo y Andrews (2016) muestran surcos lineales superficiales o surcos con microestrías en el interior de la marca (Figura 4.35D). Contrariamente al caso anterior, estas marcas no son tan profundas y son difíciles de distinguir a ojo desnudo como ocurre en las marcas dejadas por los mamíferos carnívoros (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016; Figura 4.10D).

Figura 4.35



Nota. Epífisis proximal de ulna (A), fragmento de costilla (B) y fragmento de diáfisis (C) de primates platirinos con marcas de masticación humana (modificadas de Martínez, 2009: figuras 10 y 11); costilla de *Sus scrofa domestica* con marcas de dientes lineales y superficiales (foto lupa –arriba- y de MEB –abajo- tomadas de Fernández-Jalvo y Andrews, 2016: figura A131). No están a escala.

Procesos postdepositacionales

Entre los procesos postdepositacionales se pueden incluir una gran variedad de agentes físicos, químicos, bioturbación e incluso alteración del registro por actividad humana del pasado o actual (pisoteo, remoción de sectores del sustrato por obras constructivas, entierro de los difuntos e incluso prácticas agrícolas actuales). Como se menciona al comienzo del capítulo, los procesos en esta etapa corresponden en parte al dominio biostratinómico (todos aquellos procesos que intervienen después de la depositación y previa al enterramiento) y los procesos dentro del dominio fosildiagenético. Estos procesos, salvo contadas excepciones de un enterramiento inmediato y condiciones de preservación excepcionales, generan modificación de los restos, contextos, pueden enmascarar las evidencias de depositación e incluso generar su destrucción (en grado variable según la historia tafonómica del conjunto).

Meteorización

La meteorización refiere a los efectos que producen los agentes meteóricos -radiación solar (principalmente rayos UV), precipitaciones, humedad relativa, viento, temperatura- sobre los esqueletos, luego que son depositados, hasta su enterramiento total. Es un proceso que ocurre en el tiempo, cuya duración dependerá de numerosos factores (tipo de ambiente, estación del año y sedimentación), primero se van a degradar los tejidos blandos asociados a los huesos (músculos, grasas y tendones), posteriormente los componentes orgánicos del hueso, como las proteínas de colágeno y las células óseas (véase Capítulo 3), finalmente, la estructura ósea.

Con el propósito de analizar los efectos de la meteorización para mejorar el entendimiento del registro fósil, Behrensmeyer (1978) diseñó un estudio actualístico con mamíferos grandes (mayores a 5 kg) en ambientes tropicales, con vegetación en mosaico (sabana, bosque denso, bosque abierto, arbustal, pantanos y lecho del lago) y suelos alcalinos, en el borde norte del monte Kilimanjaro, ubicado en la parte sur del Parque Amboseli (Kenia). Esta autora distinguió seis estadios de meteorización en los huesos durante un tiempo acumulado de más de 15 años (Tabla 4.1, Figura 4.36) y observó algunas diferencias en la preservación entre los ambientes mencionados. Por ejemplo, ella registró mayor proporción de huesos en estadios bajos en los pantanos, que, en otras palabras, indica que la meteorización es más lenta en este tipo de ambiente (Behrensmeyer, 1978: figura 10).

Behrensmeyer et al. (2003) señalaron que la mayoría de los huesos de aves recuperados en asociaciones actuales en Amboseli mostraron el estadio 1 de meteorización de la escala propuesta por Behrensmeyer (1978) para restos de mamíferos. Behrensmeyer et al. (2003) indicaron que posteriormente al estadio 1, los huesos de aves se desintegran rápidamente, ya que sus paredes son muy delgadas y porosas. En tanto, Bochenski y Tomek (1997) distinguen dos estadios de meteorización para aves pequeñas (Tabla 4.1) en dos ambientes de transición, secos y templados (*i.e.*, Záskogo Cave [Bulgaria] y Ciemna Cave [Polonia]). Por su parte, Andrews (1990) observó cuatro estadios de meteorización (Tabla 4.1), en base a su estudio actualístico para los conjuntos de micromamíferos realizado en un clima templado y húmedo, emplazado en Stratton Dorset (Inglaterra).

A modo de síntesis, la alteración por meteorización en huesos y dientes de mamíferos está caracterizada por la presencia de agrietamientos, resquebrajamientos, astillas y exfoliaciones de las superficies (Behrensmeyer, 1978; Andrews, 1990); mientras que en huesos de aves pequeñas se caracterizan por hoyos concéntricos y depresiones con bordes agudos y exfoliaciones en las superficies (Bochenski y Tomek, 1997). Las diferencias existentes entre los resultados de Behrensmeyer (1978) y Andrews (1990) podrían deberse a los tamaños de las especies de mamíferos implicadas, respectivamente; y al clima o condiciones locales del área de experimentación (Cáceres, 2002). Es importante resaltar que los estadios de meteorización propuestos por los autores mencionados son operativos para el análisis de los conjuntos faunísticos y fueron posteriormente utilizados en numerosas

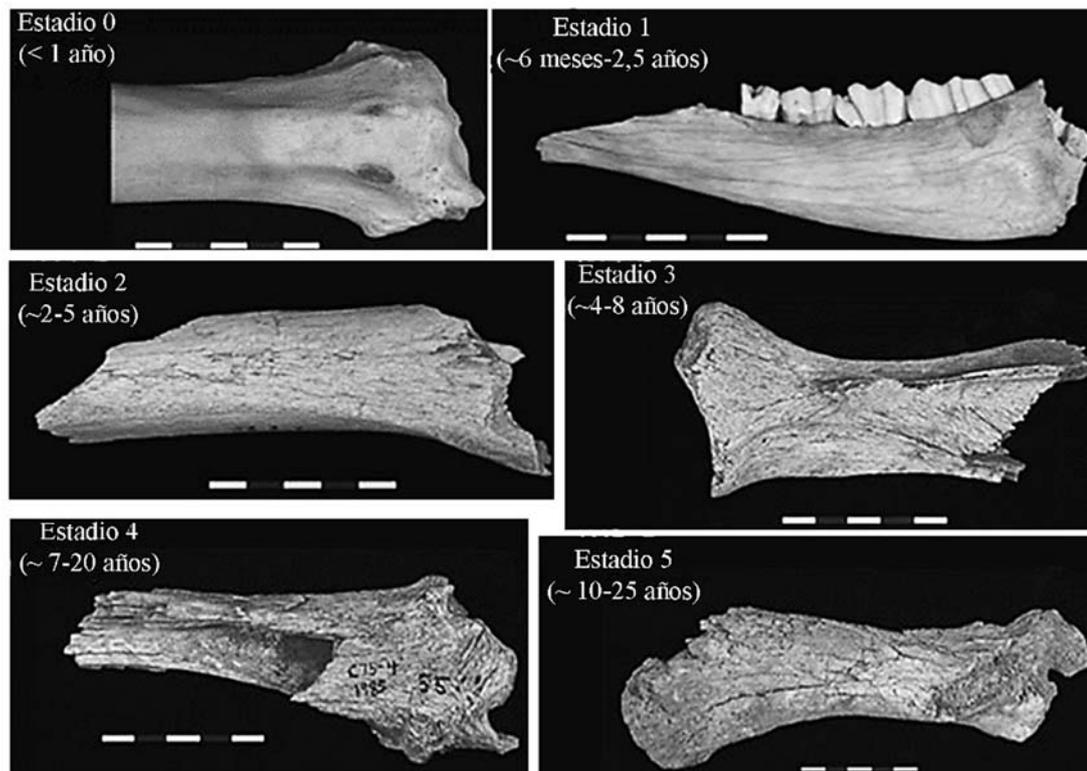
partes del mundo, inclusive en América del Sur. Empero, hay que tener en cuenta que sus investigaciones fueron realizadas en ambientes particulares (diferentes a América del Sur) y por ende, los agentes meteóricos, posiblemente, incidirán de manera distinta, sobre todo, con diferencias en el tiempo de duración de cada estadio sobre los restos.

Tabla 4.1

Estadio	Macromamíferos		Micromamíferos		Aves	
	Behrensmeyer (1978)	años	Andrews (1990)	años	Bochenski y Tomek (1997)	años
0	No hay modificación	0-1	No hay modificación	0-2	No hay modificación	0-4+
1	Agrietamiento paralelo a la estructura fibrosa, las superficies de articulación pueden exhibir un agrietamiento en mosaico. Podría haber grasa y tejidos epidérmicos.	0-3	Ligero agrietamiento paralelo a la estructura fibrosa. Dientes con dentina resquebrajada.	1-5	Epífisis con uno o más hoyitos con bordes ásperos. Diáfisis sin modificación o solo con hoyitos con bordes ásperos o depresiones con bases ásperas. Las fracturas podrían ser agudas y redondeadas, o semi-redondeadas. Puede retener tendones y plumas.	1-4+
2	Exfoliación concéntrica, usualmente asociada a grietas con pérdida de tejido cortical. Podría haber restos de cartílagos, cartílagos, ligamentos y piel.	2-6	Agrietamiento más extensivo, pero poca exfoliación. Dientes con un pronunciado astillado y agrietamiento.	3-5+	Epífisis con un poceado extenso y con hoyos grandes y chicos con bordes agudos y ásperos; y depresiones con bordes ásperos. Exfoliación concéntrica. Fractura aguda y áspera, muy frágil. No se observan tendones ni plumas	1- muchos años
3	El tejido compacto está homogéneamente alterado, resultando en una textura fibrosa. La meteorización penetra 1,5 mm.	4-15	Agrietamiento profundo y pérdida de algunos segmentos profundos o escamas entre grietas. Dientes con agrietamiento extensivo.	4-5+		
4	Superficie muy fibrosa y ásperas, con desprendimientos de astillas. La meteorización penetra en el interior de las cavidades	6-15				
5	Dstrucción del resto <i>in situ</i> , con astillas grandes a su alrededor	6-15				

Nota. Comparación de los estadios de meteorización de restos de mamíferos grandes (Behrensmeyer, 1978), micromamíferos (Andrews, 1990) y aves pequeñas (Bochenski y Tomek, 1997).

Figura 4.36



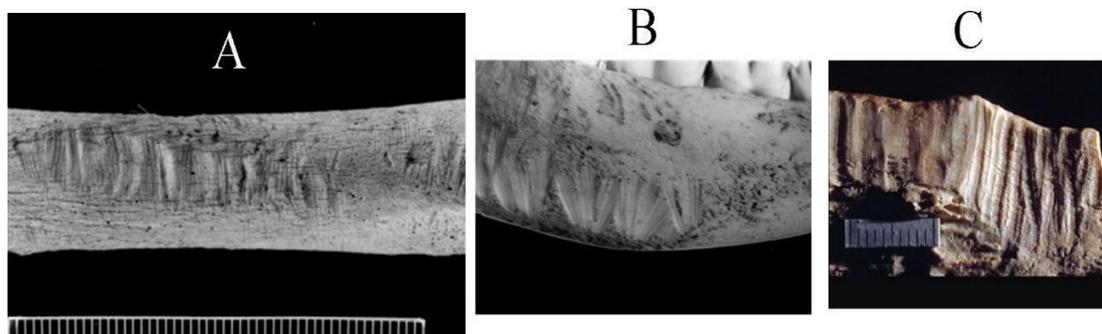
Nota. Estadios de meteorización (*sensu* Behrensmeyer, 1978) para mamíferos mayores a 5 kg. Modificada de Behrensmeyer y Miller (2012: figura 5.3).

Actividad de roedores

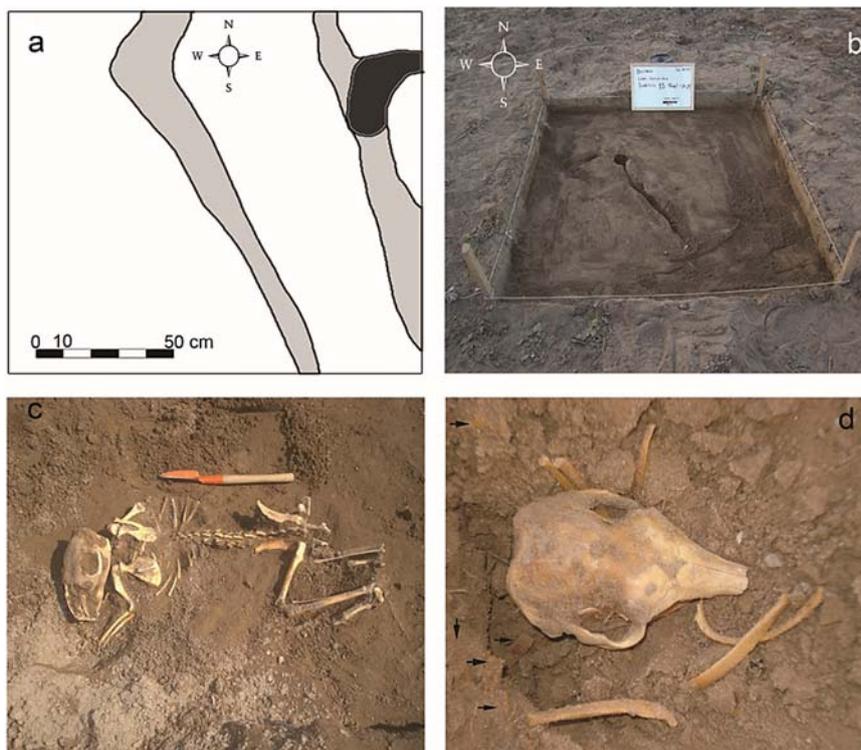
Los roedores pueden generar modificaciones directas sobre los huesos o una alteración del contexto arqueológico al realizar cuevas, incorporar restos desde otros lados o extraerlos del registro. Con respecto a las modificaciones sobre los restos óseos, los roedores suelen utilizar los huesos, al igual que la madera, para desgastar sus incisivos de crecimiento continuo (véase Capítulo 3). Como resultado de esta actividad se pueden observar, según el tamaño de los incisivos (a ojo desnudo o con lupa de mano y binocular), los surcos dobles y paralelos que muchas veces se suelen superponer (Figura 4.37A y C). En ciertas ocasiones, los roedores pueden originar grupos de surcos en forma de roseta (Figura 4.37B) cuando ancla sus incisivos inferiores a un lado del hueso y pivotea contra este con sus incisivos superiores para producir una serie de ranuras convergentes hacia abajo (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016).

Con respecto a la alteración contextual, muchos roedores realizan sus madrigueras a través de cuevas en el sedimento, incluso con galerías extensas y numerosas, por lo que suelen mover los restos arqueológicos tanto horizontal como verticalmente en el paquete sedimentario y pueden incorporar otros restos (culturales y naturales) desde lugares cercanos (Bocek, 1986; Tomassini et al., 2019; Gutiérrez y Borrero, 2023). En general, ocasionan una homogenización de los sedimentos y un reordenamiento de los restos según su tamaño, quedan los restos más grandes y pesados abajo, simulando diferencias estratigráficas de ocupación (Bocek, 1986). Incluso, en varias ocasiones, los sitios arqueológicos son identificados por el accionar de los roedores y la extracción de materiales culturales hacia la boca de las cuevas. En este sentido, es muy importante la identificación de cuevas durante los trabajos de campo. Cabe aclarar que esta modificación contextual y espacial de los restos no es sólo producto de algunos roedores, sino también de otros animales de hábitos cavadores como armadillos, reptiles, incluso insectos (e.g., hormigas, termitas, efímeras) y lombrices que forman grandes colonias (e.g., Wood y Johnson, 1978; Stein, 1983; McBrearty, 1990; Mello Araujo y Marcelino, 2003; Fernández et al., 2016; Fernández y Escosteguy, 2019). Además, otra forma de modificar el contexto arqueológico es por la incorporación de individuos de estos animales de hábitos cavadores por su muerte natural en las madrigueras, muchas veces identificados por el hallazgo de individuos completos en conexión orgánica entre otros indicadores (Figura 38; véase ejemplo en del Papa et al., 2017).

Figura 4.37



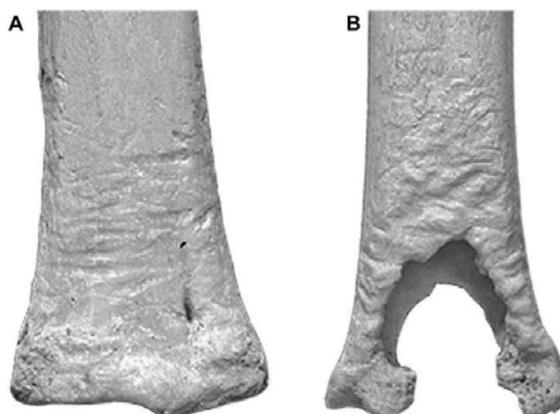
Nota. Marcas de roedores; A) marcas producidas por un roedor de pequeño tamaño; B) marcas en forma de roseta; C- marcas de roedores de un mayor tamaño que en A. Modificadas de Fernández-Jalvo y Andrews (2016: figuras A.190, A.188, A.201).

Figura 4.38

Nota. Cuevas registradas durante la excavación del sitio Beltrán Onofre Banegas-Lami Hernández (Santiago del Estero) con individuos hallados articulados. A) diagrama de la trayectoria de una cueva (en gris claro) y sector de mayor profundidad (gris oscuro); B) cuadrícula con trayectoria de la galería de la cueva; C) esqueleto articulado de *Lagostomus maximus*; D) cráneo de *Chaetophractus vellerosus*. Modificadas de del Papa et al. (2017: figura 9.2).

Acción de cérvidos

Estos herbívoros, para adquirir minerales como el fósforo y el calcio ausentes de su dieta vegetariana, mastican las epífisis de los huesos (osteofagia). Acorde al experimento tafonómico realizado por Cáceres et al. (2011), los cérvidos, a diferencia de los carnívoros, seleccionan los huesos (preferentemente tibias, radios y metapodios) secos de cualquier taxón y con grados medios a altos de meteorización para extraer los minerales. La masticación de los ciervos pueden dejar estrías, redondeamiento y pulidos (raramente perforaciones y nunca fracturan como lo pueden hacer algunos carnívoros) en las superficies óseas (Figura 4.39A), incluso, pueden dejar hasta las epífisis bifurcadas (Figura 4.39B) en estadios más avanzados de modificación (Cáceres et al., 2011).

Figura 4.39

Nota. Modificación de cérvidos sobre huesos largos meteorizados. A) estrías y surcos transversales al eje de la diáfisis; B) epífisis en forma de horqueta. Modificadas de Cáceres et al. (2011: figura 3).

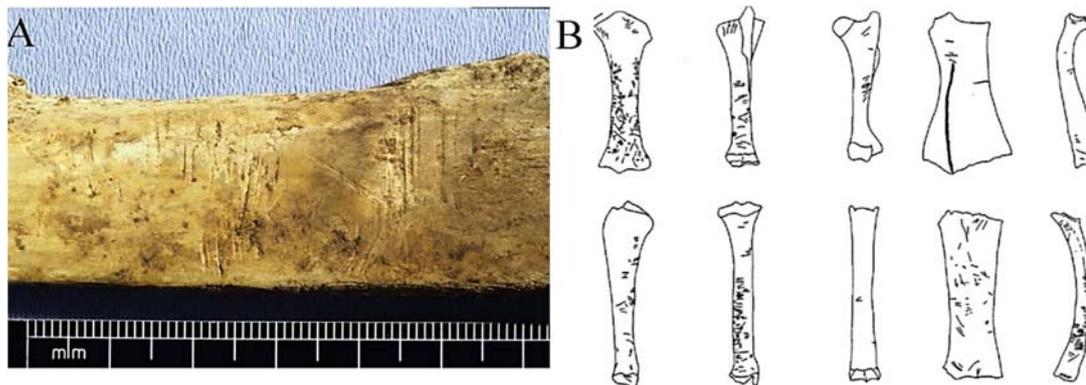
Pisoteo

Este tipo de proceso mecánico se produce, previamente al entierro (o ulteriormente si existe reelaboración), cuando los restos óseos se friccionan contra el sedimento debido a la fuerza ejercida por el tránsito de la fauna y los humanos, cuya acción es más frecuente en espacios de circulación restringida como ocurre en los sitios bajo roca -cuevas, aleros y refugios rocosos- (e.g., Lyman, 1994; Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). El pisoteo puede ocasionar numerosos tipos de modificaciones en los huesos, tales como fracturas, pulidos y varios tipos de marcas. Como se mencionó en la sección homónima, las fracturas se ocasionan por la compresión física, las cuales varían palmariamente según el sustrato, si el hueso está fresco o seco y tanto por el tamaño de los animales que pisan como de los pisados (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016; Fernández-Jalvo et al., 2022). Asimismo, la fricción de los huesos contra el sedimento, mientras sucede el pisoteo, puede generar pulidos brillosos y redondeamiento. En tanto, las marcas producidas por el roce de los huesos contra el sedimento se caracterizan por ser cortas, poco profundas, dispuestas al azar y sin inclinación, principalmente, a modo de múltiples rasguños, incluso en forma de pozos (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016; Figura 4.40). Para sortear, sin mayores dificultades, los problemas de equifinalidad que suelen implicar a este tipo de agente, resulta importante destacar que, a diferencia de lo que ocurre con las marcas de corte producidas por un instrumento de filo, las marcas de pisoteo no exhiben forma de “V” (son en forma de “U” o plana) en sección transversal, ni conos hersianos (véase Figura 4.18) y las trayectorias de las microestrías paralelas no son rectas (Lyman, 1994; Domínguez-Rodrigo et al., 2009 y referencias allí citadas).

En el caso de los conjuntos de micromamíferos, Andrews (1990), en base a estudios experimentales, observó que el pisoteo es un proceso muy destructivo, del cual emergen

patrones de fractura con ángulos agudos y bordes ásperos, además de la ausencia de cráneos completos, reducción del número de maxilares, considerable pérdida de dientes de las mandíbulas (implicando un aumento en el número de dientes aislados), alto grado de fractura y cierta pérdida de elementos postcraneales, pero con alta supervivencia de los elementos más pequeños y compactos, como los astrágalos y calcáneos.

Figura 4.40



Nota. Marcas de pisoteo; A) marcas de pisoteo sobre una costilla de vaca actual; B) diagrama mostrando las características, distribución de marcas de pisoteo en observaciones actualísticas sobre diferentes elementos esqueléticos. Modificado de Fernández-Jalvo y Andrews (2016: figuras A.60 y 3.3).

Abrasión

La abrasión es la remoción del material del hueso causada por el impacto de partículas sedimentarias. Es el resultado de cualquier agente que erosiona los bordes y la superficie del hueso a través de la aplicación de una fuerza física. La abrasión, generalmente, ocurre cuando los huesos son transportados por corrientes de agua y por el viento. Sus rasgos principales son la presencia de redondeamiento, pulidos y estriación microscópica en las superficies óseas, máxime si se trata de protuberancias, trocánteres, cóndilos, crestas prominentes o de bordes de fractura (Figura 4.41, e.g., Korth, 1979; Andrews, 1990; Lyman, 1994; Fernández-Jalvo y Andrews, 2003). El tamaño de los clastos que friccionan contra los huesos cuando son transportados es una variable muy importante a la hora de evaluar los daños producidos (Andrews, 1990). Una característica distintiva de la abrasión en restos de micromamíferos consiste en la pérdida de dientes y en la formación de hoyos en cara externa de la mandíbula, por debajo de la serie dentaria (Korth, 1979; Andrews, 1990; Fernández-Jalvo y Andrews, 2003, 2016).

Por otra parte, los restos afectados por corrientes hidráulicas pueden generar patrones característicos de representación de partes esqueletarias, tal como nos enseñan algunos trabajos experimentales (e.g., Voorhies, 1969; Korth, 1979; Trapani, 1998). Por un lado,

Voorhies (1969) estableció una clasificación de tres grupos de huesos para mamíferos grandes como la oveja (*Ovis orientalis aries*) y el coyote (*Canis latrans*): 1) elementos fácilmente transportados por flotación en corrientes lentas (vértebras, sacro, costillas, esternón cúbito, falange); 2) elementos que requieren más energía para ser transportados (fémur, tibia, húmero, metapodio, pelvis, radio, escápula); 3) elementos más resistentes por su mayor densidad (cráneo, mandíbula). Por otro lado, Korth (1979) propuso tres grupos de elementos esqueléticos de micromamíferos según su potencial para ser transportados por corrientes de agua: 1) elementos ligeros con dispersión temprana (vértebra, maxilar, pelvis, costilla, escápula, falange, cúbito); 2), elementos de transporte intermedio, cuando aumenta la corriente de agua (cráneo, fémur, húmero, radio, cúbito, calcáneo, astrágalo, molar); 3) elementos con desplazamiento tardío asociados a valores más altos del flujo de energía hídrica (mandíbula y dientes). Finalmente, Trapani (1998) al analizar el transporte hidrodinámico en huesos de aves, especialmente la paloma *Columba livia*, observó que el cráneo es el elemento que se desplaza con mayor facilidad, seguido de las vértebras y costillas; por último, se dispersan los huesos largos y la escápula. Además, otros autores han incorporado distintas variables, como el estado del hueso a la hora de ser transportado (secos, húmedos, articulados o desarticulados; Coard y Dennell, 1995; Coard, 1999).

Figura 4.41



Nota. Tibia de mamífero grande introducido transportado por el río Malargüe (Mendoza). A) vista general de la tibia sobre la planicie de inundación del río Malargüe; B) vista general de la tibia con redondeamiento de la epífisis proximal; C) vista de la epífisis proximal redondeada. Tomadas por Luis del Papa.

Raíces

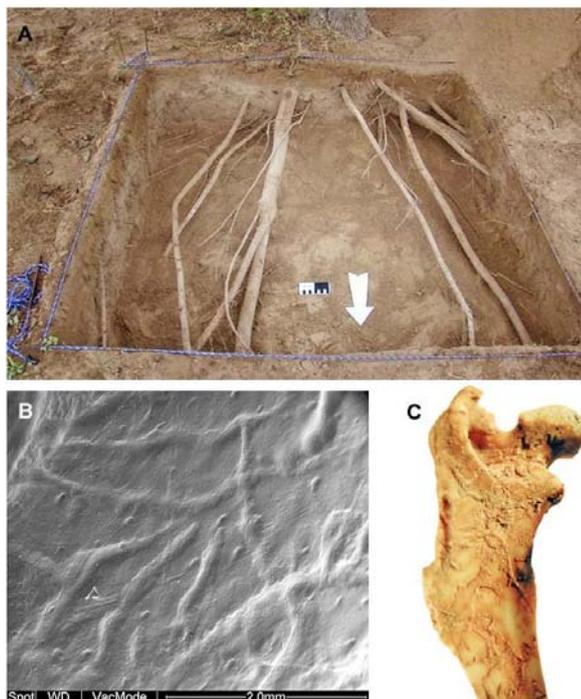
Las raíces, al igual que otros agentes bioturbadores pueden generar la modificación del contexto al mover materiales, tanto horizontal como verticalmente en el paquete sedimentario

(véase Figura 4.2A como ejemplo de la presencia de raíces en una cuadrícula y su potencial alteración del registro) pueden fragmentar los restos y modificar las superficies óseas (Miotti y Marchionni, 2011).

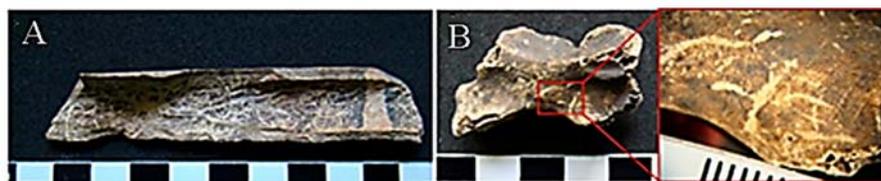
Basado en un mecanismo de alteración químico y físico, las superficies de los huesos pueden ser alteradas por las raíces de las plantas durante el enterramiento (Courty et al., 1989; Lyman, 1994; Fernández-Jalvo et al., 2002). La asociación simbiótica entre las raíces de plantas y los hongos (micorrizas) o bacterias (*Rhizobium*) implicadas en el proceso de fijación del nitrógeno, actúan como agentes de descomposición química de nutrientes orgánicos y minerales (Courty et al., 1989). Además de presentar alguna pérdida del elemento químico original de los tejidos óseos por la acción metabólica de los hongos y bacterias de la raíz (liberación de exudados, como enzimas y ácidos orgánicos), también se produce un daño estructural por la marca de raíz, aumentando la porosidad de hueso (Lyman, 1994; Fernández-Jalvo et al., 2002).

A grandes rasgos, existen dos tipos de marcas de raíces. El primer tipo de huella bioerosiva corresponde a pequeñas marcas dendríticas superficiales, las cuales constituyen canales en forma de “U”, con ramas principales y bifurcadas de 0,15 a 1 mm de ancho (Figura 4.42B; Andrews, 1990; Lyman, 1994). Esta categoría se denomina “Sphenoichnia” e indica el desarrollo de una cubierta herbácea durante la formación del suelo, cuando los huesos fueron depositados y enterrados (Montalvo, 2002). El segundo tipo de marcas de raíces, llamada “Corrosichnia”, se caracteriza por ser más grande que la anterior (>1,5 mm de ancho), casi sin bifurcaciones, presenta contornos muy irregulares y un alto grado de corrosión (Figura 4.42C). Esta categoría se asocia a la actividad de raíces en tiempos recientes (Montalvo, 2002).

La Figura 4.43 exhibe ejemplos de huesos de aves recuperados del sitio arqueológico Cueva Maripe, emplazado en el Macizo del Deseado (Santa Cruz, Holoceno medio), muy afectados por la actividad radicular (e.g., Marchionni et al. 2022).

Figura 4.42

Nota. Actividad de raíces en el registro fósil. A) raíces de un mistol aflorando a partir de la excavación del sitio Guampacha (Santiago del Estero, tomada por Luís del Papa); B) marca de raíces con patrón dendrítico ramificado (sitio Concud, Teruel, España, modificada de Fernández-Jalvo y Andrews, 2016: figura A245); C) marcas de raíces corrosivas en fémur de roedor cricétido sigmodontino (Laguna El Sosneado 3, Malargüe, Mendoza, tomada por Fernando J. Fernández).

Figura 4.43

Nota. Marcas de raíces en materiales zooarqueológicos de la unidad 2 (ca 7500 años AP) del sitio Piedra Museo. A) cavidad medular de un fragmento de tibiotarso de *Rhea*; B) fragmento de vértebra de *Rhea*; Modificadas de Marchionni et al. (2022: figura 18).

Bacterias, hongos e insectos

La actividad de bacterias y hongos tiene lugar, en general, a nivel tisular, ergo es necesario observarla con microscopio de altos aumentos, aunque su identificación sigue siendo difícil (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). Por un lado, las colonias de bacterias suelen tener forma redondeada, a veces cónica y presentan una franja exterior más brillante y de mayor

densidad. El ataque bacteriano puede ocasionar estrías lineales, surcos, perforaciones (con formas redondeadas hasta irregulares en etapas más avanzadas), túneles microscópicos visibles en secciones transversales, superficies corticales corroídas y podridas (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). Por otro lado, los hongos pueden atacar la superficie de los huesos y generar áreas blanquecinas (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). Sus hifas pueden penetrar en el hueso cortical hasta invadir las osteonas (véase Capítulo 3) y formar túneles en zigzag (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016).

En el caso de los insectos, algunas larvas pueden producir túneles macroscópicos observables a ojo desnudo (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). Las larvas de los derméstidos (poblaciones controladas de estos insectos suelen utilizarse para preparación de esqueletos coleccionables) cuando se alimentan de los tejidos blandos pueden dejar marcas lineales microscópicas, con bordes aserrados, en las superficies de los huesos (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). Las mandíbulas de las larvas de escarabajos generan rayados profundos y rectos (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). Las mandíbulas de las termitas producen marcas rectas alrededor de hoyos (Figura 44), canales con formas sinuosas (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016; Escosteguy et al., 2021). Las larvas de coleópteros ocasionan surcos con arañazos rectos y estrías lineales (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). Los arácnidos pueden alimentarse del hueso cortical y dejar rastros de la exoenzimas digestivas, a modo de cicatriz circular, y generar daños físicos, con forma de rayados, con sus pedipalpos y queléceros (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016).

Figura 4.44



Nota. Marcas de termitas, sitio La Guillerma (Buenos Aires). A) húmero de *Myocastor coypus* con fosa y estrías que emanan de la fosa; B) detalle de las marcas. Modificadas de Escosteguy et al. (2021: figura 7).

Fosildiagénesis

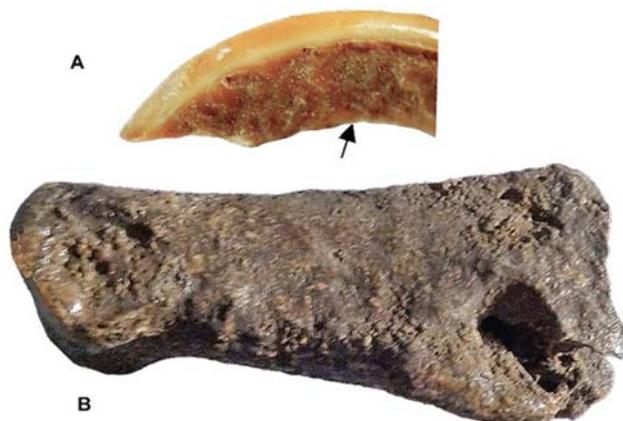
Después del entierro, los huesos pueden afectarse por agentes físico-químicos que podrían ocasionar cambios importantes en la estructura mineral y orgánica (e.g., Lyman,

1994; Gutiérrez, 2007; Fernández-Jalvo y Andrews, 2016). El nivel de alteración de los huesos aumenta a lo largo del tiempo y está asociado, por un lado, con la estructura química y molecular, la forma, el tamaño y la porosidad; y, por otro lado, con la acción de microorganismos, la temperatura, el Ph del sedimento y el agua. De modo que, la combinación de estos factores ocasiona una debilidad en el vínculo de la fracción orgánica y la fracción mineral del hueso (Gutiérrez, 2007). Asimismo, los materiales óseos pueden incorporar elementos por absorción en la superficie de la matriz mineral, por reemplazo de los iones estructurales en los cristales de bioapatita y por precipitación dentro de los poros en la estructura del hueso (Gutiérrez, 2007).

Corrosión por cambios del Ph del suelo y por agua permanente

La corrosión sedimentaria ocurrida en los niveles portadores de los huesos y dientes es un proceso que puede modificar los restos antes o después de estar enterrados (Fernández-Jalvo et al., 2002). Este tipo de alteración es una modificación química generada, principalmente, por la acidez o alcalinidad del suelo (Andrews, 1990). La acidez, menor a un Ph 4, afecta, esencialmente, a los componentes inorgánicos de los huesos y dientes y, en menor medida, a la parte orgánica de los mismos. Por el contrario, la alcalinidad altera, primariamente, a los componentes orgánicos, mientras que el material inorgánico apenas se modifica (Andrews, 1990). Trabajos experimentales realizados por Fernández-Jalvo et al. (2002) han mostrado que los sedimentos altamente alcalinos (Ph 9-14) producen alteraciones en los restos, tales como agrietamientos en mosaico de las dentinas (Figura 4.45A) y descamaciones de las superficies de los huesos, mientras el esmalte no es afectado. Esto sugiere que la proteína de colágeno es el principal componente alterado por exposición a ambientes altamente alcalinos por largos períodos de tiempo (Fernández-Jalvo et al., 2002). En suelos con Ph alcalinos, también, se documentaron hoyos y bordes de fractura redondeados en huesos de aves (Bochenski y Tomek, 1997).

Por otro lado, cabe mencionar que, bajo condiciones de permanente humedad en el sedimento, los huesos son afectados en su totalidad (Figura 4.45B), mientras en condiciones de sequedad son mejor preservados (Andrews, 1990). Los iones de hidrógeno del agua ácida pueden reemplazar el calcio y provocar su percolación. Además, el agua puede producir la disolución y recristalización de la fracción mineral ósea en el transporte de los iones y en la hidrólisis de la proteína (Gutiérrez, 2007).

Figura 4.45

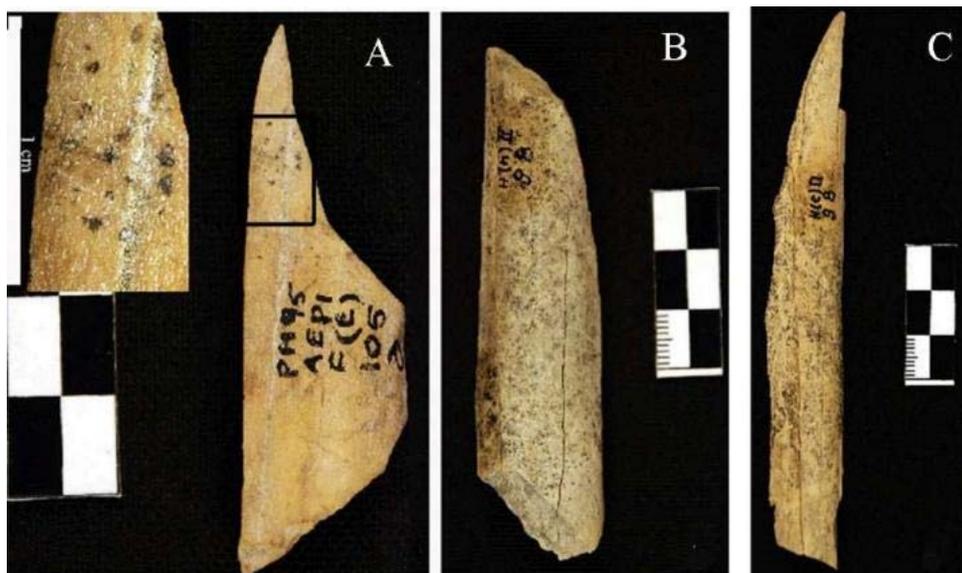
Nota. Corrosión sedimentaria y agua permanente; A) incisivo de roedor cricétido sigmodontino con marcas de corrosión sedimentaria en la dentina (sitio Laguna El Sosneado 3, Malargüe, Mendoza, tomada por Fernando J. Fernández); B) falange de un género extinto de cérvido *Eucladoceros* con marcas de corrosión sedimentaria severa por Ph ácido y putrefacción por acción de agua permanente y algas (sitio Senèze, Domeyrat, Francia, modificada de Fernández-Jalvo y Andrews (2016: figura A.353). No están a escala.

Óxidos de manganeso y de hierro

El manganeso (Mn) precipita como óxido en ambientes donde alternan ciclos de reducción-oxidación. Esta precipitación, frecuente en sitios donde ocurren oscilaciones del nivel freático o encharcamientos de agua, se produce cuando existe una saturación del Mn en agua (Courty et al., 1989). En la formación de los precipitados, también, intervienen algunas bacterias concentradas en ambientes húmedos y anaeróbicos con un Ph neutro o levemente básico, cuya nutrición radica en metabolizar los minerales hallados en las arcillas y en los huesos (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016).

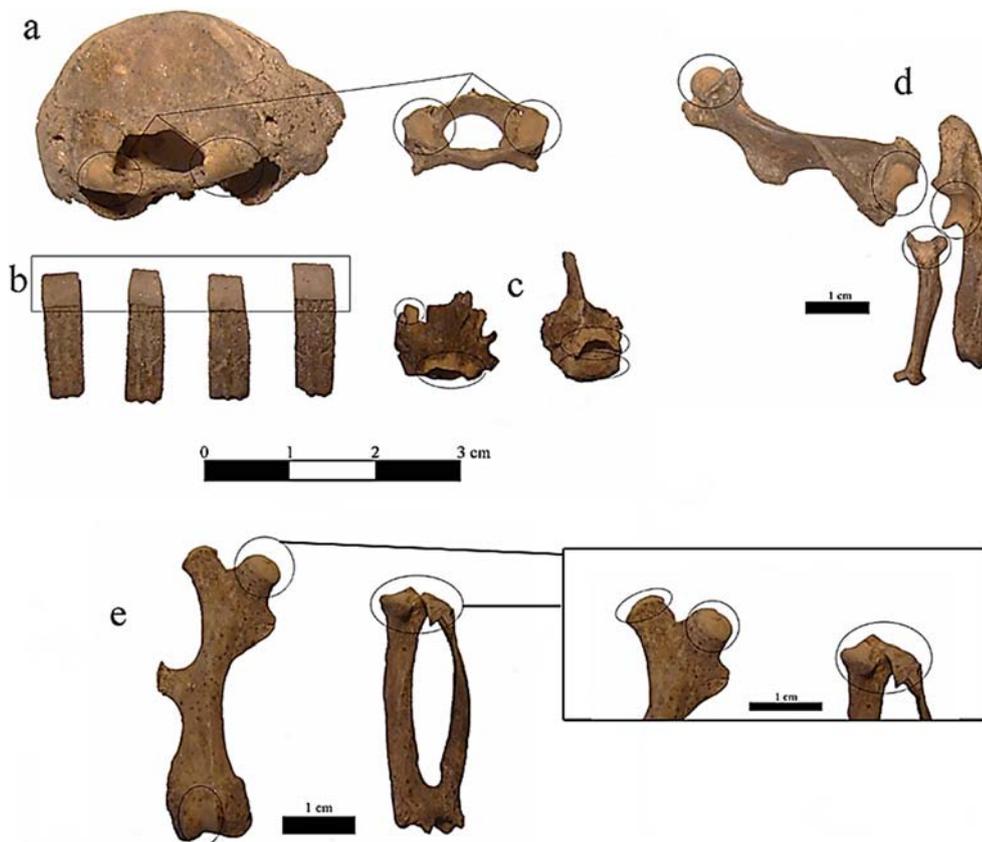
Las impregnaciones por óxido de manganeso se manifiestan a modo de manchas de color negro, en general, irregulares, con formas de ramificaciones y rosetas en las superficies de los huesos (Miotti y Marchionni, 2011; Fernández-Jalvo y Andrews, 2016; Figura 46). No obstante, en ocasiones la superficie del hueso puede estar toda teñida de negro, lo que podría indicar una inmersión total en agua o sedimento húmedo. Si el hueso yace sobre una superficie mojada o húmeda y se sumerge periódicamente en agua podría registrar la tinción en la cara del hueso que estuvo en contacto con el agua. La tinción, por otra parte, podría presentarse en la diáfisis y no en las superficies articulares (Figura 4.47), en caso que la impregnación por óxido de manganeso tuviera lugar cuando los elementos esqueléticos estaban articulados (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016; del Papa et al., 2017). Finalmente, los suelos oxigenados ricos en hierro pueden generar un color rojizo en las superficies del hueso (Fernández-Jalvo y Andrews, 2016).

Figura 4.46



Nota. Restos óseos con óxido de manganeso en distinta proporción, sitio Piedra Museo (Santa Cruz, Holoceno medio). A- restos con escasa presencia de óxidos; B y C con mayor incidencia. Modificado de Miotti y Marchionni (2011: figura 6).

Figura 4.47



Nota. Elementos de *Chaetophractus vellerosus* con distribución diferencial de pántas de óxido de manganeso (sitio Beltrán Onofre Banegas-Lami Hernandez, Santiago del Estero). A)

articulación del cráneo y el atlas; B) placas dérmicas móviles; C) vértebras torácicas; D) miembro anterior; E) miembro posterior. Modificado de del Papa et al. (2017: figura 9.3).

Fósil, fosilización, mineralización, petrificación, momificación

Desde una perspectiva tafonómica, el concepto de fósil no está necesariamente asociado a lo que comúnmente se llama fosilización, a la razón que, como mencionamos al inicio del capítulo, todo organismo que haya sido incorporado a la litósfera se considera parte de la tafocenosis, haya pasado o no por alguna alteración de su estructura química por procesos diagenéticos avanzados. Numerosos autores acuerdan con esta definición. Según Lyman (1994) el registro fósil da cuenta de algún conjunto de restos de organismos que tienen un modo geológico de ocurrencia en algún espacio geográfico definido. Para Stirton (1959) los fósiles son los restos o huellas de cualquier estructura orgánica reconocible conservada desde tiempos prehistóricos. Matthews (1962) define a los fósiles como cualquier rastro o resto contemporáneo de un organismo que murió en algún momento del pasado. Schopf (1975) se refiere a los fósiles como cualquier espécimen que demuestre evidencia física de la existencia de vida antigua. Para Finks (1979) los fósiles son restos identificables de organismos vivos o de sus actividades y/o estructuras preservadas en el sedimento por procesos naturales. Se suele distinguir varios tipos de fósiles, tales como restos transformados, moldes internos y externos -también llamados icnita, icnofósil y huella- (Fernández-López, 1986-87, 1991, 2001).

La fosilización es un proceso natural que implica mantenimiento o alteración de las propiedades químicas de los materiales orgánicos (Finks, 1979; Lyman, 1994). La mineralización o re-mineralización resulta del reemplazo de los minerales originales de un tejido por otros. En el caso de los tejidos óseos, la hidroxiapatita (véase Capítulo 3) es removida, mientras otros minerales disueltos en el sedimento acuoso la invaden y cubren los espacios, de modo que se mantienen las formas (Matthews, 1962; Schopf, 1975; Lyman, 1994). La petrificación o permineralización es la infiltración de las soluciones que contienen minerales en los poros del tejido óseo (Matthews, 1962; Schopf, 1975; Lyman, 1994). La momificación (véase ejemplos en la sección Trampas Naturales, *permafrost*), por otra parte, refiere a los procesos naturales que producen la preservación de los cuerpos, incluidos los tejidos blandos (Lyman, 1994).

Referencias

- Acosta, A. (2000). Huellas de corte relacionadas con la manufactura de artefactos óseos en el nordeste de la provincia de Buenos Aires. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 25, 159-178.
- Acosta, A., Buc, N. y Davrieux, N. (2015). Producción y uso de ornamentos en las tierras bajas de Sudamérica: el caso de las poblaciones humanas prehispánicas del extremo meridional de la cuenca del Plata (Argentina). *MUNIBE Antropología-Arkeologia*, 66, 309-325.
- Alunni, A., Gutiérrez, M. y Zangrando, A. (2017). Natural accumulation and distribution of guanaco bones in the southernmost tip of Tierra del Fuego (Argentina): taphonomic analysis and archaeological implications. *Journal of Taphonomy*, 15, 59-76.
- Ameghino, F. (1880). *La antigüedad del hombre en el Plata, Tomo I*. París y Buenos Aires: Masson-Igon Hnos.
- Ameghino, F. (1881). *La antigüedad del hombre en el Plata, Tomo II*. París y Buenos Aires: Masson-Igon Hnos.
- Andrews, P. (1990). *Owls, Caves and Fossils*. Chicago: University of Chicago Press.
- Ascher, R. (1961). Analogy in archaeological interpretation. *Southwestern Journal of Anthropology*, 17, 317-325.
- Averbouh, A. y Provenzano, N. (1998-1999). Proposition pour une terminologie du travail préhistorique des matières osseuses: I. Les Techniques. *Préhistoire Anthropologie Méditerranéennes*, 7-8, 5-25.
- Bagaloni, V. y Carrascosa Estenoz, L. (2013). Estudio de huellas producidas con objetos de metal durante el último cuarto del siglo XIX en el sitio arqueológico La Libertad (partido de San Cayetano, Buenos Aires, Argentina). *Revista del Museo de La Plata, Sección Antropología*, 13, 375-393.
- Bailey, G. (1981). Concepts, timescales and explanations in economic prehistory. En Sheridan, A. y Bailey, G. (Eds.), *Economic archaeology* (pp. 97-117). Oxford: British Archaeological Reports, International Series 9.
- Bailey, G. (2007). Time perspectives, palimpsests and the archaeology of time. *Journal of Anthropology and Archaeology*, 26, 198-223.
- Ballejo, F., Fernández, F.J., Montalvo, C. y De Santis, L. (2016). Taphonomy and dispersion of bones scavenged by New World vultures and caracaras in Northwestern Patagonia: implications for the formation of archaeological sites. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 8, 305-315.
- Ballejo, F., Hadler, P., Cherem, J., Bueno, L., Machado, J., Matarrese, A. y Fernández, F. J. (2022). The first fossil record of a bone assemblage accumulated by New World vultures (Gruta do Presépio, Holocene, southern Brazil). *Boreas*, 51, 684-697.
- Bar-Oz, G. y Munro, N. (2004). Beyond cautionary tales: a multivariate taphonomic approach for resolving equifinality in zooarchaeological studies. *Journal of Taphonomy*, 2, 201-221.

- Behrensmeyer, A. (1978). Taphonomic and ecologic information on bone weathering. *Paleobiology*, 4, 150-162.
- Behrensmeyer, A.K. y Miller, J. (2012). Building links between ecology and paleontology using taphonomic studies of recent vertebrate communities. En Louys, J. (Ed.), *Paleontology in ecology and conservation* (pp. 69-91). Berlin: Springer Earth System Sciences.
- Behrensmeyer, A., Stayton, C. y Chapman, R. (2003). Taphonomy and ecology of modern avifaunal remains from Amboseli Park, Kenya. *Paleobiology*, 29, 52-70.
- Bennett, J. (1999). Thermal alteration of buried bone. *Journal of Archaeological Science*, 26, 1-8.
- Biodog (2023). Tuétano, lo oculto del hueso. [entrada de blog]. <https://biodog.es/tuetano-lo-oculto-del-hueso/>
- Binford, L.R. (1962). Archaeology as Anthropology. *American Antiquity*, 28, 217-225.
- Binford, L.R. (1981a). *Bones: ancient men and modern myths*. New York: Academic Press.
- Binford, L.R. (1981b). Behavioral Archaeology and the Pompeii Premise. *Journal of Anthropological Research*, 37, 195-208.
- Bisbal-Chinesta, J., Bañuls-Cardona, B., Fernández-García, M., Cáceres, I., Blain, H. y Vergès, J. (2020). Elucidating anuran accumulations: massive taphocenosis of tree frog *Hyla* from the Chalcolithic of El Mirador cave (Sierra de Atapuerca, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 30, e102277.
- Blumenschine, R. y Selvaggio, M. (1988). Percussion marks on bone surfaces as a new diagnostic of hominid behavior. *Nature*, 333, 763-765.
- Blumenschine, R., Marean, C. y Capaldo, S. (1996). Blind test of inter-analyst correspondence and accuracy in the identification of cut marks, percussion marks, and carnivore tooth marks on bone surfaces. *Journal of Archaeological Science*, 23, 493-507.
- Bocek, B. (1986). Rodent ecology and burrowing behavior: Predicted effects on archaeological site formation. *American Antiquity*, 51, 589-603.
- Bochenski, Z. y Tomek, T. (1997). Preservation of bird bones: erosion versus digestion by owls. *International Journal of Osteoarchaeology*, 7, 372-387.
- Boeskorov, G., Lazarev, P., Sher, A., Davydov, S., Bakulina, N., Shchelchkova, M., Binladen, J., Willerslev, E., Buigues, B. y Tikhonov, A. (2011). Woolly rhino discovery in the lower Kolyma River. *Quaternary Science Reviews*, 30, 2262-2272.
- Bonnichsen, R. (1973). Some operational aspects of human and animal alterations. En Gilbert, B. (Ed.), *Mammalian Osteo-archaeology: North America*. Columbia, Missouri (pp. 9-24). Columbia: Missouri Archaeological Society.
- Borrazzo, K. (2016). Lithic taphonomy in desert environments: contributions from fuego-patagonia (Southern South America). *Quaternary International*, 422, 19-28.
- Borrero, L.A. (1988). Tafonomía regional. En Ratto, N. y Haber, A. (Eds.), *De procesos, contextos y otros huesos* (pp. 9-15). Buenos Aires: Instituto de Ciencias Antropológicas, Universidad de Buenos Aires.

- Borrero, L.A., (1990). Taphonomy of Guanaco Bones in Tierra del Fuego. *Quaternary Research*, 34, 361-371.
- Borrero, L.A. (2014). Multi-service taphonomy. Shells, garbage, and floating palimpsests. En K. Borrazzo y C. Weitzel (Eds), *Taphonomic Approaches to the Archaeological Record*, UNCPBA, Olavarría *Intersecciones en Antropología - Special Issue*, 1, 13-20.
- Borrero, L.A., Martín, F. y Vargas, J. (2005). Tafonomía de la interacción entre pumas y guanacos en el Parque Nacional Torres del Paine, Chile. *Magallania*, 33, 95-114.
- Borrero, L.A., Martín, F. y Prevosti, F. (2016). Taphonomy and the role of pumas (*Puma concolor*) in the formation of the archaeological record. *Quaternary International*, 18, 157-164.
- Bromage, T. y Boyde, A. (1984). Microscopic criteria for the determination of directionality of cutmarks on bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 65, 359-366.
- Broughton, J., Cannon, V. Arnold, S., Bogiatto, R. y Dalton, K. (2006). The taphonomy of owl-deposited fish remains and the origin of the Homestead Cave ichthyofauna. *Journal of Taphonomy*, 4, 69-95.
- Buc, N. (2010). *Tecnología ósea entre cazadores-recolectores del humedal del Paraná inferior (Bajíos Ribereños meridionales)*. Tesis doctoral inédita, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Buc, N. (2011). Experimental series and use-wear in bone tools. *Journal of Archaeological Science*, 38, 546-557.
- Bunn, H. y Kroll, E. (1986). Systematic butchery by Plio-Pleistocene hominids at Olduvai Gorge, Tanzania. *Current Anthropology*, 27, 431-452.
- Cáceres, I. (2002). *Tafonomía de yacimientos antrópicos en Karst. Complejo Galería (Sierra de Atapuerca, Burgos), Vanguard Cave (Gibraltar) y Abric Romani (Capellades, Barcelona)*. Tesis doctoral inédita, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- Cáceres, I., Esteban-Nadal, M., Bennàsar, M. y Fernández-Jalvo, Y. (2011). Was it the deer or the fox? *Journal of Archaeological Science*, 38, 2767-2774.
- Cain, C. (2005). Using burned animal bone to look at Middle Stone Age occupation and behavior. *Journal of Archaeological Science*, 32, 873-884.
- Capaldo, S. y Blumenschine, R. (1994). A quantitative diagnosis of notches made by hammerstone percussion and carnivore gnawing in bovid long bones. *American Antiquity*, 59, 724-748.
- Carrillo-Briceño, J. (2018). Yacimiento paleontológico de Taima-Taima. "Una ventana a la última Edad de Hielo en la costa caribeña. *Asociación Paleontológica Alcoyana Isurus*, 11, 52-59.
- Casiraghi, M. (1984). Esquema de clasificación de los artefactos óseos. *Arqueología Contemporánea*, 1, 26-31.
- Castillo, C., Martín, E. y Coello, J. (2001). Small vertebrate taphonomy of La Cueva del Llano, a volcanic cave of Fuerteventura (Canary Islands, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 166, 277-291.

- Castruccio, A., Clavero, J. y Rivera, A. (2010). Comparative study of lahars generated by the 1961 and 1971 eruptions of Calbuco and Villarrica volcanoes, Southern Andes of Chile. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 190, 297-311.
- Célérier, G. (1996). L'Abri-Sous-Roche de Pont D'Ambon Á Bourdeilles (Dordogne). *Gallia Préhistoire*, 38, 69-110.
- Choyke, A. y O'Connor, S. (2013). *From these bare bones. Raw materials and the study of worked osseous objects*. Oxford and Oakville: Oxbow books.
- Church, R. y Lyman, R. L. (2003). Small fragments make small differences in efficiency when rendering grease from fractured artiodactyl bones by boiling. *Journal of Archaeological Science*, 30, 1077-1084.
- Coard, R. (1999). One bone, two bones, wet bones, dry bones: transport potentials under experimental conditions. *Journal of Archaeological Science*, 26, 1369-1375.
- Coard, R. y Dennell, R. (1995) Taphonomy of some articulated skeletal remains: transport potential in an artificial environment. *Journal of Archaeological Science*, 22, 441-448.
- Costamagno, S., Théry-Parisot, I., Brugal, J. y Guibert, R. (2005). Taphonomic consequences of the use of bones as fuel: experimental data and archaeological consequences. En O'Connor, T. (Ed.), *Biosphere to Lithosphere. New Studies in Vertebrate Taphonomy* (pp. 51-62). Oxford: Oxbow Books.
- Courty, M., Goldberg, P. y Macphail, R. (1989). *Soil and micromorphology in archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dart, R. A. (1957). *The osteodontokeratic culture of Austraolopithecus Prometheus*. Pretoria: Memorias del Transvaal Museum N°10.
- David, B. (1990). How was this bone burnt? En Solomon, S., Davidson, I. y Watson, D. (Eds.), *Problem Solving in Taphonomy. Archaeological and Palaeontological Studies from Europe, Africa and Oceania* (pp. 65-79). Queensland: Anthropology Museum, University of Queensland.
- De Nigris, M. (2004). *El consumo en grupos cazadores recolectores: un ejemplo zooarqueológico de Patagonia meridional*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología.
- del Papa, L. M. (2012). *Una aproximación al estudio de los sistemas de subsistencia a través del análisis arqueofaunístico en un sector de la cuenca del Río Dulce y cercanías a la Sierra de Guasayán*. Tesis doctoral inédita, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
- del Papa, L. M. (2017). Análisis de las aves (excepto Rheidae) de sitios arqueológicos de la región Chaco-Santiagueña. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 42, 231-255.
- del Papa, L. M. y De Santis, L. (2015). No se les escapó la tortuga. Uso antrópico de *Chelonoidis Chilensis* en un sitio de la región Chaco-Santiagueña (provincia de Santiago del Estero). *Arqueología*, 21, 115-135.

- del Papa, L. M. y Lamenza, G. (2019). Avances en zooarqueología chaqueña. El sitio arqueológico La Ilusión I (Chaco, Argentina). *Arqueología*, 25, 143-166.
- del Papa, L. M., De Santis, L. y Togo, J. (2010). Consumo de roedores en el sitio Villa La Punta, agro-alfarero temprano de la región Chaco-Santiagoueña. *Intersecciones en Antropología*, 11, 29-40.
- del Papa, L. M., Togo, J. y De Santis, L. (2013a). Primera aproximación a la tafonomía de la región Chaco-Santiagoueña. Sitio Maquijata, Santiago del Estero. En Izeta, A. y Mengoni Goñalons, G. (Eds.), *De la Puna a las Sierras: Avances y Perspectivas en Zooarqueología Andina* (pp. 17-38). Oxford: BAR International Series 2564, Archaeopress.
- del Papa, L. M., De Santis, L. y Togo, J. (2013b). Zooarqueología del sitio Beltrán Cementerio, Santiago del Estero. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano. Series especiales*, 1, 168-180.
- del Papa, L. M., De Santis, L. y Togo, J. (2017). Fossorial Fauna Record at Beltrán Onofre Banegas-Lami Hernandez Archaeological Site (Santiago del Estero province, Argentina). A Taphonomic Approach. En Mondini, M., Muñoz, A. y Fernández, P. (Eds.), *Zooarchaeology in the Neotropics: Environmental diversity and human-animal interactions* (pp. 137-156). Cham: Springer.
- del Papa, L. M., Lamenza, G., Salceda, S. y Calandra, H. (2019). Un núcleo óseo. Técnicas de manufactura en la producción de artefactos en un sitio del Gran Chaco Sudamericano. *Latin American Antiquity*, 30, 429-436.
- del Papa, L. M., Zarza, M., Lamenza, G. y Del Papa, M. (2022). Los silbatos de hueso del sitio arqueológico Palo Blanco (Berisso, Provincia de Buenos Aires). *Mundo de Antes*, 16, 41-68.
- Domingo, S. (2018). Patrones de mortalidad en Batallones-1. En Morales Romero, J. y Baquedano Pérez, E. (Eds.), *La colina de los Tigres Dientes de Sable Los yacimientos miocenos del Cerro de Los Batallones* (pp. 82-185). Alcalá Henares y Madrid: Museo Arqueológico Regional y Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- Domínguez-Rodrigo, M., de Juana, S., Galán, A. y Rodríguez, M. (2009). A new protocol to differentiate trampling marks from butchery cut marks. *Journal of Archaeological Science*, 36, 2643-2654.
- Duke, G., Jegers, A. Loft, G. y Evanson, O. (1975). Gastric digestion in some systems. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 50, 649-656.
- Efremov, I. (1940). Taphonomy: a new branch of Paleontology. *Pan American Geology*, 74, 81-93.
- Egeland, C. (2003). Carcass processing intensity and cutmark creation: an experimental approach. *Plains Anthropologist*, 48, 39-51.
- Escosteguy, P., Fernández, A. y González, M. (2021). Insect marks on bones from La Guillerma archaeological locality (Salado River Depression, Buenos Aires, Argentina). *Quaternary*, 4, 45 [10.3390/quat4040045](https://doi.org/10.3390/quat4040045)

- Fernández, 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, 99-109.
- Fernández, F.J., del Papa, L., Mange, E., Teta, P., Crivelli Montero, E. y Pardiñas, U. (2016). Human subsistence and environmental stability during the last 2200 years in Epullán Chica cave (northwestern Patagonia, Argentina): A perspective from the zooarchaeological record. *Quaternary International*, 391, 38-50.
- Fernández, F.J., Montalvo, C., Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P. y López, J.M. (2017a). A re-evaluation of the taphonomic methodology for the study of small mammal fossil assemblages of South America. *Quaternary Science Review*, 155, 37-49.
- Fernández, F.J., Teta, P. y Pardiñas, U. (2017b). Evidencias arqueológicas de explotación antrópica de micromamíferos en el extremo austral de América del Sur. *Anales de Arqueología y Etnología*, 72, 9-32.
- Fernández Jalvo, Y. y Andrews, P. (1992). Small mammal taphonomy of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos), Spain. *Journal of Archaeological Science*, 19, 407-428.
- Fernández-Jalvo, Y. y Andrews, P. (2003). Experimental effects of water abrasion on bone fragments. *Journal of Taphonomy*, 1, 147-163.
- Fernández-Jalvo, Y. y Andrews, P. (2016). *Atlas of Taphonomic Identifications*. Nueva York-Londres: Springer.
- Fernández-Jalvo, J., Sánchez-Chillón, B., Andrews, P., Fernández-López, S. y Acalá Martínez, L. (2002). Morphological taphonomic transformations of fossil bones in continental environments and repercussions on their Chemical composition. *Archaeometry*, 44, 353-361.
- Fernández-Jalvo, J., Rueda, L., Fernández, F.J., García-Morato, S., Marin-Monfort, M. D., Montalvo, C., Tomassini, R., Chazan, M., Horwitz, L. y Andrews, P. (2022). Understanding the impact of trampling on rodent bones. *Quaternary*, 5, <https://doi.org/10.3390/quat5010011>
- Fernández-López, S. (1986-87). La tafonomía: un subsistema conceptual de la paleontología. *Coloquios de Paleontología*, 41, 9-34.
- Fernández-López, S. (1991). Taphonomic concepts of or a theoretical biochronology. *Revista Española de Paleontología*, 6, 37-49.
- Fernández-López, S. (2001). Tafonomía, fosilización y yacimientos de fósiles: modelos alternativos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9.2, 116-120.
- Finks, R. (1979). Fossil and fossilization. En Fairbridge, R. y Janblonski, D. (Eds.), *Encyclopedia of paleontology* (pp. 327-332). Stroudsburg: Dowden, Hunchinson & Ross, Inc.
- Fiorillo, A. (1989). An experimental study of trampling: implications for the fossil record. En Bonnichsen, R. y Sorg, M. (Eds.), *Bone Modification* (pp. 61-71). Maine: University of Maine.

- Frontini, R. y Vecchi, R. (2014). Thermal alteration of small mammal from El Guanaco 2 site (Argentina): an experimental approach on armadillos bone remains (Cingulata, Dasypodidae). *Journal of Archaeological Science*, 44, 22-29.
- Gifford-Gonzalez, D. (1981). Taphonomy and paleoecology: a critical review of archaeology's sister disciplines. *Advances in archaeological method and theory*, 4, 365-438.
- Gifford-Gonzalez, D. (1989). Ethnographic analogues for interpreting modified bones: some cases from east Africa. En Bonnichsen, R. y Sorg, M. (Eds.), *Bone Modification* (pp. 179-246). Maine: University of Maine.
- Gifford-Gonzalez, D. (1991). Bones are not enough: analogues, knowledge, and interpretive strategies in zooarchaeology. *Journal of Anthropological Archaeology*, 10, 215-254.
- Gifford-Gonzalez, D. (1993). Gaps in zooarchaeological analyses of butchery: is gender an issue? En Hudson, J. (Ed.), *From bones to behavior: ethnoarchaeological and experimental contributions to the interpretation of faunal remain* (pp. 181-199). Carbondale: Center for Archaeological Investigations, Occasional Paper 21, Southern Illinois University.
- Giménez Font, X. (2016). Del caos a la energía sostenible: dióxido de carbono, metano y lagos volcánicos. Ciencia e Investigación, acceso abierto [entrada de blog]. <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/39/posts/del-caos-a-la-energa-sostenible-dixido-de-carbono-metano-y-lagos-volcnicos-14036>
- Guillermo, A., Montalvo, C. y Fernández, F.J. (2021). Palimpsest of micromammal deposits in an archaeological rock shelter (Álvarez 4, Late Holocene) from northwestern Patagonia, Argentina. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 13, 178, <https://doi.org/10.1007/s12520-021-01437-7>
- Gutiérrez, M. (2007). Preservación ósea diferencial a través del análisis diagenético: perspectivas, alcances e implicaciones arqueológicas. *Cazadores-Recolectores del Cono Sur. Revista de Arqueología*, 2, 35-66.
- Gutiérrez, M. y Borrero, L.A. (2023). Taphonomy in archaeology. Rehren, T. y Nikita, E. (Eds.), *Encyclopedia of Archeology*, 2nd Edition (pp. 1-8). Amsterdam: Elsevier Inc.
- Hajduk, A. y Lezcano, M. (2005). Un “nuevo-viejo” integrante del elenco de instrumentos óseos de Patagonia: los machacadores óseos. *Magallania*, 33, 63-80.
- Haynes, G. (1983). Frequencies of spiral and green-bone fractures on ungulate limb bones in modern surface assemblages. *American antiquity*, 48, 102-114.
- Janzen, A., Reid, R., Vasquez, A. y Gifford-Gonzalez, D. (2014). Smaller fragment size facilitates energy-efficient bone grease production. *Journal of Archaeological Science*, 49, 518-523.
- Johnson, E. (1985). Current developments in bone technology. En Schiffer, M. (Ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory* 8 (pp. 157-235). Orlando: Academic Press.
- Johnson, E. (1989). Human modified bones from early southern Plains Sites? En Hudson, J. (Ed.), *From bones to behavior: ethnoarchaeological and experimental contributions to the*

- interpretation of faunal remain* (pp. 431-471). Carbondale: Center for Archaeological Investigations, Southern Illinois University.
- Kaufmann, C. (2009). *Estructura de Edad y Sexo en Lama guanicoe (Guanaco)*. *Estudios Actualísticos y Arqueológicos en Pampa y Patagonia*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología.
- Kent, S. (1993). Variability in faunal assemblages: the influence of hunting skill, sharing, dogs and mode of cooking on faunal remains at a sedentary Kalahari community. *Journal of Anthropological Archaeology*, 12, 323-383.
- Kligmann, D., Sesé, C. y 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, 9-48.
- Korth, W. (1979). Taphonomy of microvertebrate fossil assemblages. *Annals of Carnegie Museum*, 15, 235-285.
- Lanata, J. (1988). ¿Huesos quemados, huesos contados? Los datos de un experimento. En Ratto, N. y Haber, A. (Eds.), *De Procesos, Contextos y otros Huesos* (pp. 75-90). Buenos Aires: Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Lanza, M. (2014). Arqueología experimental y análisis zooarqueológico de sitios históricos. *Revista Teoría y Práctica de la Arqueología Histórica Latinoamericana*, 3, 163-179.
- Lawrence, D. (1968). Taphonomy and information losses in fossil communities. *Bulletin of the Geological Society of America*, 79, 1315-1330.
- Lawrence, D. (1971). The nature and structure of paleoecology. *Journal of Paleontology*, 45, 593-607.
- Lindsey, E. y Seymour, K. (2015). "Tar Pits" of the western Neotropics: paleoecology, taphonomy, and mammalian biogeography. *Science Series*, 42, 111-123.
- López, J. M., Aguilar, J. P. y Fernández, F. J. (2021). Egagrópilas actuales de aves rapaces como herramientas para la generación de modelos paleoambientales en la provincia de Mendoza, Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 28, 1-29.
- Lupo, K. (1998). Experimentally derived extraction rates for marrow: implications for body part exploitation strategies of Plio-Pleistocene hominid scavengers. *Journal of Archaeological Science*, 25, 657-675.
- Lupo, K. y O'Connell, J. (2002). Cut and tooth mark distributions on large animal bones: ethnoarchaeological data from the Hazda and their implications for current ideas about early human carnivory. *Journal of Archaeological Science*, 29, 85-109.
- Lupo, K. y Schmitt, D. (1997). Experiments in bone boiling: nutritional returns and archaeological reflections. *Anthropozoologica*, 25-26, 137-144.
- Lyell, C. (1830). *Principles of geology, being an attempt to explain former changes of the Earth's surface with reference to the causes now in operation*. London: Murray.
- Lyman, R. L. (1994). *Vertebrate taphonomy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lyman, R. L. (2005). Analyzing cut marks: lessons from artiodactyl remains in the northwestern United States. *Journal of Archaeological Science*, 32, 1722-1732.

- Lyman, R. L. (2010). What taphonomy is, what it isn't, and why taphonomists should care about the difference. *Journal of Taphonomy*, 8, 1-16.
- Marchionni, L. García Añino, E. y Miotti, L. (2019). La fracturación de huesos largos durante el Holoceno medio en el Macizo del Deseado. Implicancias para el estudio del aprovechamiento de los guanacos *Comechingonia*, 23, 81-110.
- Marchionni, L., Vázquez, M. y Miotti, L. (2022). The archaeofauna of AEP-1. En Miotti, L., Salemme, M. y Hermo, D. (Eds.). *Archaeology of Piedra Museo Locality. An open window to the early peopling of Patagonia* (pp. 199-256). Switzerland: Latin American Studies Book Series, Springer Nature.
- Marean, C. (1995). Of taphonomy and zooarcheology: review of Lyman's vertebrate taphonomy. *Evolution Anthropology*, 4, 64-72.
- Martin, F. y Borrero, L. A. (1997). A puma lair in southern Patagonia: implications for the archaeological record. *Current Anthropology*, 38, 453-461.
- Martin, F. y San Román, M. (2010). Explorando la variabilidad del registro arqueológico y tafonómico en Pali-Aike (Chile) a través de la búsqueda de registros pleistocenos a cielo abierto. *Magallania*, 38, 199-214.
- Martínez, G. (2009). Human chewing bone surface modification and processing of small and medium prey amongst the Nukak (foragers of the Colombian Amazon). *Journal of Taphonomy*, 7, 1-20.
- Matthews, W. (1962). *Fossils*. New York: Barnes & Noble.
- McBrearty, S. (1990). Consider the humble termite: termites as agents of post-depositional disturbance at african archaeological sites. *Journal of Archaeological Science*, 17, 111-143.
- Medina, M., Teta, P. y Rivero, D. (2012). Burning damage and small-mammal human consumption in Quebrada del Real 1 (Córdoba, Argentina): an experimental approach. *Journal of Archaeological Science*, 39, 737-743.
- Mellet, J. (1974). Scatological origin of microvertebrate fossil accumulations. *Science*, 185, 349-350.
- Mello Araujo, A. y Marcelino, J. (2003). The role of armadillos in the movement of archaeological materials: an experimental approach. *Geoarchaeology*, 18, 433-460.
- Mengoni Goñalons, G. (1999). *Cazadores de guanacos de la estepa patagónica*. Buenos Aires: Sociedad Argentina Antropología.
- Miotti, L. (1990-1992). La experimentación simulativa de fracturas y marcas óseas y sus implicancias arqueológicas. *Arqueología Contemporánea*, 3, 39-64.
- Miotti, L. (1998). *Zooarqueología de la Meseta Central y Costa de Santa Cruz. Un enfoque de las estrategias adaptativas aborígenes y los paleoambientes*. Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael, 10 (1/4). Mendoza: Museo Municipal de Historia Natural San Rafael.
- Miotti, L. y Cattáneo, R. (2003). Variation in the strategies of lithic production and faunal exploitation during the Pleistocene/Holocene transition at Piedra Museo and surrounding

- region. En Miotti, L., Salemme, M. y Flegenheimer, N. (Eds.), *Where the South Winds Blow* (pp. 105-111). Texas: Center for the Study of First Americans-Texas A&M University Press.
- Miotti, L. y Marchionni, L. (2011). The study of Archaeofauna at Middle Holocene in Aep-1 rockshelter, Santa Cruz, Argentina: Taphonomic implications. *Quaternary International*, 245, 148-158.
- Miotti, L. y Marchionni, L. (2013). Beyond stones: bone as raw material for tools in the central Plateau of Santa Cruz, Argentinean Patagonia. En Choyke, A. y O'Connor, S. (Eds.), *From these bare bones. Raw materials and the study of worked osseous objects* (pp. 116-126). Oxford and Oakville: Oxbow books.
- Mondini, M. (2003). *Formación del registro arqueofaunístico en abrigos rocosos de la Puna argentina: Tafonomía de carnívoros*. Tesis Doctoral inédita, Universidad de Buenos Aires.
- Mondini, M. (2018). Carnivore taphonomy in South America: a review of actualistic studies and their implications in the southern Neotropics. *Historical Biology*, 30, 774-785.
- Montalvo, C. (2002). Root traces in fossil bones from the Huayquerian (Late Miocene) faunal assemblage of Telén, La Pampa, Argentina. *Acta Geologica Hispanica*, 37, 37-42.
- Montalvo, C. y Fernández, F.J. (2019). Review of the actualistic taphonomy of small mammals ingested by South American predators. Its importance in the interpretation of the fossil record. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 19, 18-46.
- Montalvo, C., Fernández, F. J., Tomassini, R., Mignino, J., Kin, M. y Santillán, M. (2020). Spatial and temporal taphonomic study of bone accumulations of the burrowing owl (*Athene cunicularia*) in central Argentina. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 30, e102197.
- Morlan, R. (1980). *Taphonomy and archaeology in the Upper Pleistocene of the northern Yukon territory: a glimpse of the peopling of the New World*. Archaeological Series of Canada, 94, Mercury Series. Ottawa: National Museum of Man.
- Muñoz, A. S. (2008). El procesamiento de los camélidos fueguinos en el pasado. Aspectos metodológicos y resultados alcanzados para el sector atlántico de Tierra del Fuego. En Acosta, A., Loponte, D. y Mucciolo, L. (Eds.), *Temas de arqueología. Estudios Zooarqueológicos y Tafonómicos (I)*, (pp. 77-97). Buenos Aires: Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano.
- Muñoz, S. A. y Belardi, J. B. (1998). El marcado perimetral en los huesos largos de guanaco Cañadon Leona (Colección Junius Bird): implicaciones arqueofaunísticas para la Patagonia meridional. *Anales del Instituto de la Patagonia. Serie Ciencias Históricas*, 26, 107-118.
- Nicholson, R. (1993). A morphological investigation of burnt animal bone and evaluation of its utility in Archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 20, 411-428.
- Ochsenius, C. y Gruhn, R. (1999) (Eds). *Taima-Taima: a Late Pleistocene Paleoindian Kill Site in Northernmost South America*, 2da edición. Greifswald: Geowissenschaftliche Beiträge.

- Oliver, J. (1993). Carcass processing by the Hadza: bone breakage from butchery to consumption. En Hudson, J. (Ed.), *From bones to behavior: ethnoarchaeological and experimental contributions to the interpretation of faunal remain* (pp. 200-227). Carbondale: Center for Archaeological Investigations, Southern Illinois University.
- Olsen, S. (1988). The identification of stone and metal marks on bone artifacts. En Olsen, S. L. (Ed.), *Scanning Electron Microscopy in Archaeology* (pp. 337-359). Oxford: BAR International Series.
- Outram, A. (2002). Bone fracture and within-bone nutrients: an experimentally based method for investigating levels of marrow extraction. En Miracle, P. y Milner, N. (Eds.), *Consuming Passions and Patterns of Consumption* (pp. 51-62). Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research.
- Pérez Jimeno, L. (2004). Análisis comparativo de dos conjuntos de artefactos óseos procedentes de la llanura aluvial del Paraná y de la pampa bonaerense. En Martínez, G., Gutiérrez, M., Curtioni R., Berón, M. y P. Madrid (Eds.), *Aproximaciones Contemporáneas a la Arqueología Pampeana. Perspectivas teóricas, metodológicas, analíticas y casos de estudio* (pp. 319-334). Olavarría: Facultad de Ciencias Sociales, UNCPBA.
- Petrone, P., Pucci, P., Vergara, A., Amoresano, A., Birolo, L., Pane, F. et al. (2018). A hypothesis of sudden body fluid vaporization in the 79 AD victims of Vesuvius. *Plos One*, 13, e0203210.
- Pijoan, C., Schultz, M., y Mansilla, J. (2004). Estudio histológico de las alteraciones térmicas en el material óseo procedente de Tlatelcomila, Tetepan, D.F. En Pijoan, C. y Lizárraga, X. (Eds.), *Perspectiva tafonómica: evidencias de alteraciones en restos óseos* (pp. 109-27). México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Pinto Llona, A. y Andrews, P. (1999). Amphibian taphonomy and its application to the fossil record of Dolina (middle Pleistocene, Atapuerca, Spain). *Paleoecology*, 149, 411-429.
- Roberts, S., Smith, C., Millard, A. y Collins, M. (2002). The taphonomy of cooked bone: characterizing boiling and its physico-chemical effects. *Archaeometry*, 44, 485-494.
- Sánchez-Villagra, M., Aguilera, O. y Carlini, A. (2010). *Urumaco and Venezuelan Paleontology. The fossil record of the Northern Neotropics*. Indiana: Indiana Press University.
- Santiago, F. C., Pal, N., Salemme, M. C., Bartolia, V. y Lasa, A. (2019). Use and forget: Contribution to the discussion about the bone tools called “machacadores” (pounders), Patagonia, South America. *Journal of Archaeological Science, Reports*, 28, e102012.
- Schávelzon, D. y Silveira, M. (2001). *Excavaciones arqueológicas en San Isidro*. Buenos Aires: Editorial Dunken.
- Scheifler, N. (2020). Fogones, combustible óseo y procesamiento faunístico en el sitio de Huencú Nazar (Sistema Lagunar Hinojo-Las Tunas, región pampeana, Argentina): implicancias para el uso del espacio por cazadores-recolectores. *Latin American Antiquity*, 31, 517-537.

- Scheinsohn, V. (1997). *Explotación de materias primas óseas en la Isla Grande de Tierra del Fuego*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Scheinsohn, V. y Ferretti, J. (1995). The mechanical properties of bone materials in relation to the design and function of prehistoric tools from Tierra del Fuego, Argentina. *Journal of Archaeological Science*, 22, 711-717.
- Schiffer, M. (1975). Archaeology as behavioral science. *American Anthropologist*, 77, 836-848.
- Schiffer, M. (1976). *Behavioral Archeology*. New York: Academic Press.
- Schiffer, M. (1985). Is there a 'Pompeii premise' in archaeology? *Journal of Anthropological Research*, 41 18-41.
- Schiffer, M. y Rathje, W. (1973). Efficient exploitation of the archeological record: penetrating problems. En Redman, C. (Ed.), *Research and theory in current archeology* (pp. 169-179). New York: Wiley-Interscience.
- Schopf, J. (1975). Modes of fossil preservation. *Review of Paleobotany and Palynology*, 20, 27-53.
- Shahack-Gross, R., Bar-Yosef, B. y Weiner, S. (1997). Black-coloured bones in Hayonim Cave, Israel: differentiating between burning and oxide staining. *Journal of Archaeological Science*, 24, 439-446.
- Shipman, P. (1981). Applications of scanning electron microscopy to taphonomic problems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 276, 357-386.
- Shipman, P. (1983). Early hominid lifestyle: hunting and gathering or foraging and scavenging?. En Clutton-Brock, J. y Grigson, C. (Eds.), *Animals and Archaeology, 1: Hunters and their Prey* (pp. 31-49). Oxford: BAR International Series.
- Shipman, P y Rose, J. (1983). Early hominid hunting, butchering, and carcass-processing behaviors: approaches to the fossil record. *Journal of Anthropological Archaeology*, 2, 57-98.
- Shipman, P, Foster, G. F. y Schoeninger, M. (1984). Burnt bones and teeth: an experimental study of colour, morphology, crystal structure and shrinkage. *Journal of Archaeological Science*, 11, 307-325.
- Silveira, M. (1999). *Zooarqueología histórica urbana, Buenos Aires*. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Speth, J. (2015). When Did Humans Learn to Boil? *PaleoAnthropology*, 2015, 54-67.
- Stein, J. (1983). Earthworm activity: a source of potential disturbance of archaeological sediments. *American Antiquity*, 36, 366-371.
- Stiner, M., Kuhn, S., Weiner, S. y Bar-Yosef, O. (1995). Differential burning, recrystallization, and fragmentation of archaeological bone. *Journal of Archaeological Science*, 22, 223-237.
- Stirton, R. (1959). *Time, life, and man: the fossil record*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Terry, R. (2010). On raptors and rodents: testing the ecological fidelity and spatiotemporal resolution of cave death assemblages. *Paleobiology*, 36, 137-160.

- Thurman, M. y Willmore, L. (1981). A replicative cremation experiment. *North American Archaeologist*, 2, 275-283.
- Tomassini, R., Montalvo, C., Fernández-Jalvo, Y., Garrone, M. y Kin, M. (2019). Modern plains vizcacha (*Lagostomus maximus*, Chinchillidae, Rodentia) as a bone accumulating agent in the argentine Pampas: application to the study of fossiliferous sites. *Journal of Arid Environments*, 161, 11-24.
- Tomasovych, A. y Kidwell, S. (2010). Predicting the effects of increasing temporal scale on species composition, diversity, and rank-abundance distributions. *Paleobiology*, 36, 672-695.
- Tonni, E. P., Bonini, R., Molinari, A., Prevosti, F., Pomi, L., Carbonari, J. y Huarte, R. (2008). Análisis radiocarbónico en una tafocenosis de la región pampeana (provincia de Buenos Aires, Argentina). Su vinculación con la Gran Seca de 1827-1832. *Intersecciones en Antropología*, 9, 307-311.
- Trapani, J. (1998). Hydrodynamic sorting of avian skeletal remains. *Journal of Archaeological Science*, 25, 477-487.
- Tucker, S., Otto, R., Joeckel, R. y Voorhies, M. (2014). The geology and paleontology of Ashfall Fossil Beds, a late Miocene (Clarendonian) mass-death assemblage, Antelope County and adjacent Knox County, Nebraska, USA. En Korus, J. (Ed.), *Geologic field trips along the boundary between the central lowlands and great plains* (pp. 1-22). Colorado: The Geological Society of America.
- Voorhies, M. (1969). Taphonomy and population dynamics of an early Pliocene vertebrate fauna, Knox county, Nebraska. *Contributions to geology, Special paper*, 1, 1-69.
- Wolverton, S. (2006). Natural-trap ursid mortality and the Kurten Response. *Journal of Human Evolution*, 50, 540-551.
- Wood, W. y Johnson, D. (1978). A survey of disturbance processes in archaeological site formation. En Schiffer, M. (Ed.), *Advances in archaeological method and theory* 1 (pp. 315-381). Cambridge: Academic Press.