

## ZOOARQUEOLOGÍA EN LA PRÁCTICA: ALGUNOS TEMAS METODOLÓGICOS

GUILLERMO LUIS MENGONI GOÑALONS\*

### RESUMEN

La Zooarqueología es el estudio de la interacción entre los grupos humanos y los animales a lo largo del tiempo. En una escala nacional y global este campo de conocimiento se ha expandido notoriamente durante las últimas décadas desde un punto de vista teórico y metodológico.

Este artículo trata varios tópicos que involucran instrumentos claves para contar, medir y categorizar las observaciones que hacemos de los materiales arqueofaunísticos. La construcción de datos y la definición de unidades son pasos fundamentales en todo diseño de investigación que implica la resolución de problemas. Esto demanda una práctica reflexiva constante a fin de establecer su validez y confiabilidad.

### PALABRAS CLAVES

Zooarqueología, unidades, cuantificación, modificaciones óseas

### ABSTRACT

Zooarchaeology is the study of the interaction between human society and animals through time. Both on a national and global scale this field of inquiry has expanded greatly during the last decades from a theoretical and methodological point of view.

This paper deals with several issues that constitute key instruments for counting, measuring and categorizing our observations on archaeofaunal materials. Data construction and unit definition are a fundamental step in any research design oriented towards data analysis and problem solving and call for a constant reflexive practice in order to appraise their validity and reliability.

### KEYWORDS

Zooarchaeology, units, quantification, bone modification

### INTRODUCCIÓN

La Zooarqueología se ocupa de estudiar la interacción entre la sociedad humana y los animales a través del tiempo. Este conocimiento trasciende los tiempos remotos y adquiere relevancia incluso en nuestros días, dado que los animales forman parte del mundo al que todos pertenecemos.

Este es un campo científico que ha crecido notoriamente en las últimas décadas, siendo diversas las ópticas desde las cuales se llevan a cabo estos estudios. Una muestra de la amplia gama de temas que convocan a los zooarqueólogos contemporáneos puede encontrarse en los contenidos de algunas de las últimas reuniones del ICAZ (International Council for Archaeozoology), organización internacional que nuclea a la gran mayoría de los

\* Instituto de Arqueología. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires  
25 de Mayo 217 piso 3 1002 Buenos Aires – Argentina. wmengoni@yahoo.com.ar

interesados en esta disciplina (página web: [www.alexandriaarchive.org/iczaz/](http://www.alexandriaarchive.org/iczaz/))

Este crecimiento se ha dado en escala mundial, englobando a los países hispanoamericanos. Por ejemplo, en el continente sudamericano hay numerosos especialistas abocados a estudiar diferentes temas y problemas. Sirven para ilustrar este marcado interés la publicación de dos volúmenes recientes sobre zooarqueología neotropical (Mengoni Goñalons 2004; Muñoz y Mondini 2008) que incluyen artículos de numerosos investigadores que trabajan en Sudamérica.

La cantidad de investigadores y trabajos publicados referidos a esta temática ha crecido a un ritmo constante y acelerado. Este fenómeno se ha dado tanto en Europa y EE.UU. como en Latinoamérica (e.g., Corona M. y Arroyo-Cabrales 2007; Arroyo-Cabrales et al. 2008; Mengoni Goñalons 2008a). En nuestro país este campo del conocimiento viene ocupando un rol protagónico dentro de la gama de temas investigados por la Arqueología en la actualidad (Mengoni Goñalons 2007, 2008b; ver también Borrero 2007).

El interés por la zooarqueología se proyecta más allá de la arqueología dado que hay otras disciplinas que tradicionalmente han estado vinculadas desde sus inicios con el desarrollo de esta especialidad, tales como la paleontología, la veterinaria, entre otras. De ahí que sea fundamental cultivar los vínculos entre las diferentes disciplinas que estudian restos faunísticos desde diferentes ópticas y múltiples intereses.

En las últimas dos décadas han aparecido varios manuales de consulta obligada tanto en idioma extranjero (Grayson 1984; Lyman 1994a, 2008; O'Connor 2000; Reitz y Wing 1999, 2008) como en español (Chaix y Méniel 2005). Estos se suman a los ya clásicos manuales que aún siguen vigentes en relación con ciertas problemáticas (e.g., Chaplin 1971).

Los volúmenes temáticos que se terminaron de publicar recientemente como resultado de la reunión del ICAZ realizada en Durham (Inglaterra) en el 2002 también muestran este crecimiento de la disciplina. Esta serie de libros están colmados

de trabajos teórico-metodológicos referidos a diferentes aspectos del quehacer zooarqueológico, tales como la identificación de especies, la determinación de edad y sexo, el uso de los productos primarios y secundarios, la explotación de recursos marinos y terrestres, entre otros temas de interés general e importancia para los analistas todos. También se han ampliado los horizontes teóricos explorándose temas nuevos referidos a aspectos económicos, sociales y simbólico-rituales.

## UN PUNTO DE PARTIDA

Más allá de las inquietudes que todos tenemos por conocer diferentes peculiaridades acerca de la interacción entre los animales y la sociedad humana es importante reflexionar acerca de cuál es el conocimiento actual que tenemos acerca de estos temas y los vacíos de información existentes en su entorno.

Estos vacíos, generalmente, se expresan en forma de preguntas, dado que éstas representan lo que deseamos saber acerca de algo en particular. En general, son varias las cosas que nos preocupan conocer. Suele interesarnos comprender la variabilidad resultante de un determinado evento, o de una serie de eventos que —a veces— pueden relacionarse secuencialmente o ser independientes entre sí. También nos preguntamos quién o quiénes fueron los actores (i.e., *agentes*) que intervinieron en ellos, y dónde y cuándo tuvo lugar dicho fenómeno (i.e., *contexto espacio-temporal*). Cómo y porqué también son preguntas válidas que nos llevan a incursionar en los *procesos* que contribuyen a la formación de los depósitos óseos en diferentes escalas espaciales y temporales.

De ahí que estos interrogantes habitualmente se planteen en la forma de un problema o grupo de problemas relacionados. Algunos autores distinguen entre problemas pragmáticos y problemas conceptuales. Los primeros requieren de una solución práctica: e.g., datar un hueso para conocer su antigüedad. Los segundos demandan comprender algo en particular de una mejor manera. Esto que es desconocido, o no es comprendido enteramente, constituye la condición desestabilizante del problema, lo que trae aparejado un costo, que son las consecuencias derivadas de seguir adelante

con ese vacío en referencia a un cierto tema (Williams y Colomb 2003).

Un aspecto fundamental del concepto de un problema es la búsqueda de consecuencias: ¿qué ganamos y qué perdemos si no logramos alcanzar ese conocimiento? En otras palabras qué representa no solucionar el problema planteado. En este proceso también es fundamental tener en claro qué constituyen nuestros datos, piezas fundamentales en toda estructura de conocimiento. En tal sentido, es importante saber que:

“Data are not people, objects, or things; data are counts, measurements, and observations *made* on people, objects, and things...Data do not passively exist. Data must be generated” (Thomas 1976:7).

Es por eso que en el campo de la zooarqueología se ha invertido mucho en discutir, proponer y explorar la eficiencia de las herramientas metodológicas que generalmente empleamos para contar, medir e incluso realizar nuestras observaciones. A partir de aquí veremos cómo estos aspectos conceptuales quedan plasmados en instrumentos de medida o en criterios distintivos que permiten la descripción, análisis e interpretación de la información provista por los depósitos óseos arqueofaunísticos.

Es indudable que los procesos de formación de los depósitos óseos arqueofaunísticos son múltiples y variados (Gifford-González 1991). Asimismo, muchos de los patrones que aquéllos exhiben están sujetos a problemas de equifinalidad (Lyman 2004), siendo a veces difícil discernir con claridad y exactitud los agentes, procesos y elementos actuantes. Por este motivo el trabajo zooarqueológico requiere del planteo de un diseño y la planificación de una serie de etapas, cubriendo los diferentes módulos que demandan el análisis e interpretación de la variabilidad del registro arqueofaunístico.

Como el temario a tratar es muy amplio e incluye diferentes fascetas ha sido necesario hacer un recorte de los tópicos que aquí se discuten. En lo que sigue me concentraré en presentar algunos conceptos básicos que se asocian con ciertos mé-

todos de cuantificación que son de uso corriente, pero que demandan una reflexión en cada caso.

Además, se hace una puesta al día de tres temas que involucran a la acción humana y suelen dejar sus improntas en los huesos. Estos son: las marcas de procesamiento, la fractura intencional y las termoalteraciones. En este sentido, estos temas deben ser complementados con lo que se conoce de la acción de otros agentes y procesos (tafonómicos y diagenéticos) que también intervienen en la configuración de los conjuntos arqueofaunísticos (Lyman 1994a). En algunos casos se hará referencia a ellos y en otros el asunto queda pendiente para otra entrega o en manos del lector interesado.

Aquí conviene aclarar que no todos los métodos son aplicables por igual a todos los casos. Todo depende de los problemas y preguntas que nos hagamos, tal como veremos en lo que sigue. Por ejemplo, los distintos métodos de cuantificación dan cuenta de la abundancia y composición de los conjuntos óseos, pero cada uno mide esa variabilidad de manera diferente. Todos los métodos sirven para medir el mismo fenómeno pero desde escalas diferentes, algunas de mucho detalle y otras de menor grado de resolución. Todos tienen validez pero dependiendo de las preguntas que deseemos responder.

## ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS

A fin de clarificar el significado que poseen ciertos conceptos que son empleados en el léxico con que nos manejamos cotidianamente conviene hacer algunas precisiones. Estos son los siguientes términos: unidades, medidas, entre otros conceptos.

La palabra *término* hace aquí referencia al nombre que damos a algo. Puede aplicarse a cualquier categoría o instrumento de medida que empleamos para observar, describir, analizar e interpretar un fenómeno dado (Lyman 1994a y 1994b).

En cambio, la palabra *unidad* tiene un significado más complejo. Unidades son las herramientas que construyen el puente entre nuestras ideas (campo teórico) y los fenómenos (campo empírico) que estudiamos. Por medio de ellas especifica-

mos el rango de variabilidad que es relevante para los intereses particulares de nuestra investigación, a cualquier escala de observación, análisis e interpretación (Ramenofsky y Steffen 1998). En ese sentido, cumplen un rol fundamental durante el proceso de categorizar los fenómenos estudiados. A la vez, estas unidades son entidades conceptuales que sirven de estándar para realizar nuestras mediciones (O'Brien y Lyman 2002).

Estas herramientas deben ser creadas, definidas y evaluadas a fin de que podamos controlar su validez y confiabilidad. La primera característica se refiere al grado en que la unidad mide el fenómeno estudiado. A modo de ejemplo: ¿qué validez tienen los perfiles esqueléticos para medir cualidades de las dietas del pasado? La segunda alude a la consistencia y replicabilidad de un instrumento de medida (Ramenofsky y Steffen 1998). Por ejemplo: ¿cuánto varían las diagnósticos o los conteos que realizamos de algún fenómeno en particular (e.g., una determinada clase de marca) en repetidos reconocimientos?; ¿es ésta variación significativa o no?

Los componentes de las unidades son: contenido, escala y definición. En cuanto a su contenido, las unidades pueden ser empíricas o conceptuales. Las unidades empíricas son las entidades que observamos y clasificamos (O'Brien y Lyman 2002). Por ejemplo, son los huesos y dientes que constituyen nuestro material básico de estudio. Por lo tanto, representan nuestras unidades mínimas de observación. Las unidades conceptuales o ideacionales (Ramenovsky y Steffen 1998; O'Brien y Lyman 2002) surgen de la teoría.

Estas últimas pueden ser descriptivas cuando caracterizan o describen una cosa en particular, o a alguna propiedad de las cosas mismas. Algunos ejemplos son el color, la forma, el tamaño, el peso, entre otros atributos. También pueden ser teóricas cuando tienen significado explicativo por su relevancia (O'Brien y Lyman 2002). Un ejemplo de este tipo de unidades podrían ser las categorías de tamaño que empleamos para discutir la intensidad del aprovechamiento de la médula contenida en los huesos (e.g., 0-10 mm, 11-20 mm, etc.). En este caso, el empleo de estas categorías implica reconocer su potencial como indicador de un

proceso en particular (rotura intencional) o de otros factores (pisoteo, meteorización, etc.) que potencialmente pueden producir un efecto similar (equifinalidad). En todos estas situaciones debe existir detrás un modelo (e.g., experimental) como precondition.

Otro componente de las unidades es su escala. Esta implica dos aspectos: la gama de información considerada por la unidad (inclusividad) y el grado de detalle de la unidad (resolución) (Ramenovsky y Steffen 1998). Por ejemplo, de un espécimen óseo podemos considerar su composición química o algún atributo microscópico o macroscópico. Además, se puede estudiar su tamaño, de qué elemento anatómico proviene, el taxón representado, las modificaciones que a sufrido, entre otros muchos aspectos. En cada caso, se requiere de unidades de análisis diferentes.

Cuando definimos a una unidad debemos establecer las condiciones suficientes y necesarias para pertenecer a ella. Es decir, se proporcionan los atributos que deben ser compartidos por todos los individuos que califican como miembros. Por ejemplo, cuando definimos un tipo particular de marca (e.g., corte) explicitamos todos los criterios requeridos para su identificación y pertenencia a esa categoría. También podemos definir a una unidad en relación con un grupo específico de cosas que derivan de un proceso de ordenamiento ("sorting"). En estos casos, se listan todos los individuos que entran dentro de esa categoría. A modo de ilustración, una definición posible de "esqueleto" sería una lista de todos los huesos que posee un cierto animal.

Según el rol que ocupen las unidades dentro de la estructura de conocimiento podemos referirnos a dos grandes categorías: (a) unidades de observación: aquéllas necesarias para hacer nuestras observaciones y mediciones y (b) unidades análisis: son las que organizan nuestras observaciones y medidas: El empleo de unidades permite en definitiva ir conformando patrones por la recurrencia de fenómenos que se dan interrelacionados.

También existen *medidas*. Estas se vinculan con los procedimientos que empleamos para calcular, estimar, precisar alguna propiedad de un

fenómeno estudiado. A veces, hablamos más específicamente de unidades cuantitativas cuando nos referimos a conteos (Lyman 1994a). En general, cualquier medición implica:

“the application of a set of procedural rules for comparing sense impressions with a scale and for assigning symbols such as numbers, letters, or words to the resulting observations” (Gibbon 1984:40).

Algunos casos simples que denotan la necesidad de disponer de unidades cuantitativas son: querer saber qué cantidad de huesos (fragmentos óseos y piezas enteras) hay en un lugar dado, qué variedad de partes esqueléticas están representadas y en qué proporción, qué cantidad de modificaciones sufrieron los huesos como resultado de diferentes agentes y procesos, entre otras preguntas. En todos estos ejemplos precisamos de unidades para poder categorizar la variabilidad que queremos entender y ejecutar los procedimientos que permitan hacer los cálculos deseados.

### UNIDADES DEFINIDAS COMO AGREGADOS

A este tipo de unidades las denominamos comúnmente *conjunto*. Con el término conjunto nos referimos a cualquier agregado de individuos pertenecientes a una misma categoría o clase. Estos pueden ser: animales diferentes, individuos distintos de una misma especie, huesos de un mismo o de diferentes individuos de una misma especie o de diferentes especies, entre otras combinaciones.

Por ejemplo, Lyman define a *conjunto* así:

“an assemblage of fossils is some analytically defined set of faunal remains usually, but not

always, from a particular spatio-temporal context (Lyman 1994a: 8-9).

Aquí el término *contexto* hace referencia a las coordenadas que anclan a un conjunto dado en el continuo espacio-temporal, sin importar la magnitud de su tamaño o duración. En ese sentido, cada conjunto ocupa un contexto único, en términos de espacio y tiempo, que resulta de los criterios que nosotros empleamos para agrupar el material que vamos a analizar. Ser conscientes de esto es fundamental dado que muchas de las medidas comúnmente empleadas en zooarqueología son sensibles a los problemas de agregación, como –por ejemplo- cualquier variante del número mínimo de individuos o del número mínimo de elementos anatómicos (Grayson 1984; Grayson y Frey 2004; ver también más adelante).

Los conjuntos así definidos pueden tener diferente grano en función de la complejidad contextual que los caracteriza: e.g., número de eventos de acumulación involucrados, su duración, entre otros aspectos (Binford 1981). De ahí que el grano de los depósitos se vincula con el carácter agregativo de los conjuntos. A su vez, esto tiene implicaciones de importancia cuando comparamos conjuntos entre sí, dado que la variabilidad intra e interconjunto también es sensible al carácter agregativo de nuestras unidades analíticas (Tabla 1).

Los conjuntos de grano grueso son por definición muy variables internamente. Por el contrario, la variabilidad puede no ser tan grande cuando comparamos conjuntos de grano grueso entre sí. Esto contrasta con los conjuntos de grano fino en los que si bien la variación interna es hipotéticamente menor, ésta se incrementa cuando realizamos comparaciones interconjuntos. Desde ya que todo depende de los procesos de formación (cul-

Grano	Escala		Agregatividad	Variabilidad	
	Inclusividad	Resolución		Intra conjunto	Inter conjunto
<i>Grueso</i>	+	-	+	+	-
<i>Fino</i>	-	+	-	-	+

Tabla 1: Grano, agregatividad de los conjuntos y su grado de variabilidad.

turales y no-culturales) intervinientes y del contexto geológico-ambiental que enmarque a estos depósitos. Por ejemplo, esto debe ser tomado en consideración cuando comparamos conjuntos encapsulados en diferentes ambientes sedimentarios (e.g., cuevas o aleros y sitios a cielo abierto) en los que pueden haber intervenido una gama diferente de agentes y procesos de acumulación (Behrens-meyer y Hook 1992).

### UNIDADES DEFINIDAS ANATÓMICAMENTE

Estas unidades son empleadas para referir los fragmentos óseos o huesos completos individuales hallados en un depósito a algún sector del esqueleto (e.g., apendicular) o a alguna pieza esquelética particular (e.g., húmero). Dentro de ellas existen niveles crecientes de inclusividad a medida que nos movemos de la escala del esqueleto a la del espécimen óseo.

El esqueleto representa el modelo de referencia natural donde cualquier hueso podría encontrar idealmente a su homólogo. Las diferentes piezas esqueléticas adquieren significado morfológico-funcional dentro del contexto anatómico del esqueleto definido como unidad. Depende de nuestra capacidad analítica reconocer la presencia de rasgos diagnósticos que posibiliten asignar a los especímenes óseos aislados a una determinada pieza del esqueleto.

La categoría *región esquelética* engloba a grupos de huesos que se vinculan anatómicamente con un determinado sector del animal (e.g., cabeza, columna vertebral, caja torácica, pata delantera y trasera, manos y pies), donde se encuentran idealmente ubicados. El término *elemento* sirve para denotar a una pieza particular del esqueleto (e.g., atlas, húmero, falange primera) (Lyman 2008). También se emplea este mismo término para designar a alguna porción más específica, tal como los segmentos proximales, distales o diafisarios de los huesos largos (e.g., húmero proximal, fémur distal, tibia diáfisis). *Especímen* se refiere tanto a un fragmento óseo como a una pieza ósea completa que se encuentra aislada o articulada a otros huesos individuales (Grayson 1984). Por eso se trata de la unidad mínima de observación (Lyman 1994 a y b).

Hay unidades anatómicas simples: atlas, fémur, tibia, entre otras. Estas pueden ser impares o pares. También hay unidades compuestas integradas por varios huesos que pertenecen a un mismo grupo de pertenencia (e.g., vértebras lumbares, costillas).

### UNIDADES CUANTITATIVAS BÁSICAS Y DERIVADAS

En zooarqueología nos manejamos con categorías taxonómicas y categorías anatómicas. Las primeras dan cuenta del rango de animales que están presentes en los conjuntos. Las segundas sirven para categorizar la partes esqueléticas representadas.

Tradicionalmente, en zooarqueología se emplean las categorías taxonómicas utilizadas por el sistema linneano de clasificación, tales como especie, género, familia, u orden (Grayson 1984; Reitz y Wing 1999, 2008). Más recientemente se ha comenzado a emplear categorías que pueden estar definidas por criterios eto-ecológicos, como ser: animales diurnos y nocturnos, animales de hábitos solitarios y gregarios, o de locomoción lenta o móvil (e.g., Stiner y Munro 2002; Dean 2007). Estas últimas categorías ponen el acento en ciertas características de los animales que estarían estrechamente relacionadas con los costos de obtención y la tecnología necesaria para adquirirlos, enfatizando de esta manera la perspectiva de quienes ocuparon un rol actoral en el pasado, sean humanos u otro animal. También se ha tenido en cuenta si los animales son obtenidos individualmente en capturas por acecho o encuentro casual, o mediante captura en masa de muchos individuos juntos (e.g., Lupo y Schmitt 2005; Jones 2006).

Su frecuencia puede estar expresada en términos de riqueza, diversidad (o heterogeneidad) y equitatividad (Grayson 1984; Reitz y Wing 1999, 2008; Lyman 2008). Por riqueza taxonómica se entiende a la sumatoria de todas las categorías taxonómicas presentes en un conjunto dado (Grayson 1984; Reitz y Wing 2008). Esta medida aparece en la bibliografía abreviada como NTAXA (e.g., Grayson 1991). Aquí es importante tener en cuenta que dichas categorías no se traslapen (Grayson 1991; Driver y Woiderski 2008). Mantener este criterio es fundamental para no contar

(A) TAXON	$p_i$	$\ln p_i$	$p_i \ln p_i$
i=1	0,25	-1,3863	-0,3466
i=2	0,25	-1,3863	-0,3466
i=3	0,25	-1,3863	-0,3466
i=4	0,25	-1,3863	-0,3466
			-1,3863
$H' = -\sum p_i \ln p_i$			$H' = 1,3866$
$V' = H' / \ln S$			$V' = 1,0000$
(B) TAXON	$p_i$	$\ln p_i$	$p_i \ln p_i$
i=1	0,95	-0,0513	-0,0487
i=2	0,02	-3,9120	-0,0782
i=3	0,02	-3,9120	-0,0782
i=4	0,01	-4,6052	-0,0461
			-0,2512
$H' = -\sum p_i \ln p_i$			$H' = 0,2512$
$V' = H' / \ln S$			$V' = 0,1812$

Tabla 2: Cálculo del índice de diversidad de Shannon-Weaver ( $H'$ ) y de equitatividad ( $V'$ ) basados en Reitz y Wing (1999, 2008, Table 4.3).

un mismo taxón dos o más veces (Grayson 1991), especialmente en aquéllos casos en que estamos trabajando con categorías taxonómicas que representan diferentes niveles de inclusividad (e.g., Artiodactyla, Camelidae, *Lama*). Por ejemplo, *Lama guanicoe*, *Lama cf. guanicoe* y *Lama sp.* no representan categorías enteramente independientes. Por lo tanto, el número de taxones (NTAXA) de un conjunto conformado exclusivamente por restos atribuibles a esos niveles taxonómicos sería de uno (1), porque habría traslape entre dichas categorías (ver también a Grayson 1991; Driver y Woiderski 2008, para otros ejemplos similares).

Para expresar la abundancia relativa de estas categorías debemos recurrir a otras medidas que posibiliten cuantificar la cantidad de restos (o individuos) que aporta cada una de ellas. Estas

medidas involucran el concepto de diversidad (o heterogeneidad) y equitatividad (Lyman 2008). La diversidad puede ser calculada mediante la si-

guiente fórmula:  $H' = -\sum p_i \ln p_i$ ; este índice es conocido como Índice de Shannon-Weaver (Grayson 1984; Lyman 2008). Donde  $p_i$  es el número de especímenes de la categoría  $i$  dividido por el tamaño de la muestra (i.e. frecuencia relativa de la categoría  $i$ ) y donde  $\ln p_i$  es el logaritmo natural de dicha proporción. En el siguiente cuadro (Tabla 2) se muestra un ejemplo de cómo se calculan estos índices basados en el trabajo de Reitz y Wing (1999, 2008).

Conviene aclarar cómo es que se interpretan los valores que expresan estos índices. Cuando medimos la diversidad a partir del índice arriba

Sitio 47 – El Azúcar – fase Guangala - Ecuador	Diversidad ( $H' = -\sum p_i \ln p_i$ )	Equitatividad ( $V' = H' / \ln S$ )
<b>Basados en el MNI</b>		
Temprano	3,057	0,829
Medio	2,732	0,698
Tardío	2,71	0,797
<b>Basados en biomasa</b>		
Temprano	2,159	0,593
Medio	1,716	0,448
Tardío	0,829	0,251

Tabla 3: Ejemplo de los Índices de diversidad de Shannon-Weaver y de equitatividad para conjuntos arqueofaunísticos del sitio 47 de El Azúcar de la fase Guangala (Desarrollos Regionales), Ecuador. Datos tomados de Reitz y Masucci (2004, Tabla 7.24). Estos índices fueron calculados a partir de valores de biomasa para los diferentes períodos cronológicos del sitio.

mencionado los valores son altos cuando existe una distribución pareja (“even distribution”) en la abundancia de las diferentes categorías taxonómicas (Tabla 2, Caso A). Por el contrario, los valores son más bajos cuando una o pocas categorías muestran una desproporcional mayor abundancia que las otras (Tabla 2, Caso B).

El índice de equitatividad es calculado a partir de la siguiente fórmula:  $V' = H' / \ln S$ . Donde  $H'$  es el Índice de Shannon-Weaver y  $S$  es el logaritmo natural del número de categorías en el conjunto (i.e., número de categorías taxonómicas que no se traslapan). En la equitatividad los valores oscilan entre 0 y 1 cuando empleamos a este índice en particular. Cuando más se acerca el valor a 1.0 más pareja es la distribución de frecuencias entre las diferentes categorías consideradas (Tabla 2, Caso A). Por el contrario, los valores son más bajos cuando hay sólo una o pocas categorías dominantes (Tabla 2, Caso B) (Reitz y Wing 2008).

Podemos ilustrar cómo se interpretan estos índices con un ejemplo concreto. En el análisis realizado por Reitz y Masucci (2004) de algunos sitios de la fase Guangala (Desarrollos Regionales) de la localidad de El Azúcar (Ecuador) ubicados a 25 km de la costa del Pacífico se busca analizar la importancia de los recursos terrestre y marinos en la subsistencia. Para ello compara la variedad de animales locales (vertebrados terrestres) y no locales (invertebrados y peces) empleando los índices

de diversidad y equitatividad.

Por ejemplo, en el sitio 47 los valores para la diversidad basados en el MNI varían direccionalmente a medida que nos movemos de las ocupaciones más tempranas a las más tardías entre 3,057 y 2,71 y los de equitatividad entre 0,829 y 0,797 (Tabla 3). Mientras que estos mismos índices calculados a partir de la biomasa van de 2,159 a 0,829 y los de la equitatividad de 0,593 a 0,251. Esta disminución progresiva en ambas series de índices estaría reflejando una creciente preponderancia en el uso de un solo recurso. Es el caso del venado, animal que predomina dentro de la amplia gama de recursos faunísticos aprovechados.

Otros autores emplean otras medidas de equitatividad como el recíproco del índice de diversidad de Simpson (e.g., Grayson 1984; Schmitt y

Lupo 1995; Dean 2007). La fórmula es:  $1 / \sum p_i^2$ , donde  $p$  representa la proporción de individuos (o especímenes) que pertenecen a la categoría  $i$  (e.g., género u otra unidad taxonómica) (Schmitt y Lupo 1995; Jones 2004).

El índice de diversidad de Simpson mide el grado en que un conjunto está dominado por un taxón en particular. Algunos autores como Lyman (2008) lo llaman índice de dominancia taxonómica. El índice de equitatividad se calcula como el recíproco de la diversidad (Tabla 4). Este índice es menos sensitivo a la riqueza taxonómica (Ly-

(A) TAXON	$p_i$	$p_i^2$	$\sum p_i^2$
i=1	0,25	0,0625	
i=2	0,25	0,0625	
i=3	0,25	0,0625	
i=4	0,25	0,0625	
			0,25
$1 / \sum p_i^2$			$1/0,25 = 4$
(B) TAXON	$p_i$	$p_i^2$	$\sum p_i^2$
i=1	0,95	0,9025	
i=2	0,02	0,0004	
i=3	0,02	0,0004	
i=4	0,01	0,0001	
			0,9034
$1 / \sum p_i^2$			$1/0,9034 = 1,1$

Tabla 4: Índice de equitatividad basado en el recíproco del índice de diversidad de Simpson:  $1 / \sum p_i^2$ .



man 2008), Por eso se considera que este índice se adapta mejor a las muestras arqueológicas, dado que éstas tienden a subestimar la riqueza taxonómica total (Jones 2004).

Los valores posibles que toma este índice de equitatividad difieren de los calculados con las otras fórmulas presentadas más arriba. Aquí la equitatividad da uno cuando todos los restos pertenecen a una misma categoría taxonómica (e.g., especie). Asimismo, cuánto más alto es el valor del índice más pareja es la representación. El valor más alto que hipotéticamente puede alcanzar se corresponde con el número total de categorías taxonómicas (Dean 2007). Por ejemplo, si estamos trabajando con cuatro especies diferentes, la equitatividad debería variar entre uno (máxima dominancia de una especie en el conjunto) y cuatro (frecuencia pareja de cada una de las diferentes especies que componen al conjunto) (Tabla 4, comparar Casos A y B). Esta última situación estaría indicando una mayor diversificación frente a la absoluta dominancia de una sola categoría en el primer caso.

Antes de seguir adelante es fundamental aclarar que a fin de controlar que cualquiera de estos índices no dependan del tamaño de la muestra (número total de especímenes óseos identificados) es necesario examinar que no exista una covariación significativa entre ambas variables. Son varios los autores que han enfatizado la trascendencia de incluir este paso metodológico en el protocolo empleado para realizar estos índices, previo a discutir su significado en términos culturales o naturales (e.g., Grayson 1984; Lyman 2008).

En todos los casos la abundancia de cada categoría taxonómica puede ser medida a partir de los conteos de especímenes óseos por taxón, mediante el número mínimo de individuos calculado para cada taxón particular, o la cantidad de biomasa que estos taxones aportan, estimación que puede hacerse a partir del peso de los huesos o el peso vivo promedio de los animales en cuestión (Reitz y Wing 1999, 2008). Por eso debemos proseguir aclarando el concepto e implicaciones de algunas medidas básicas y derivadas que comúnmente empleamos para contar la frecuencia de partes de diferentes categorías taxonómicas cuya representatividad y abundancia relativa queremos estimar.

Hay dos medidas básicas que sirven de plataforma para el cálculo de otras medidas derivadas. El Número de Restos (NR), equivale al total de especímenes óseos que componen la muestra recuperada. Algunos autores usan para esta medida la abreviatura NSP, o Número de Especímenes Identificados (e.g., Grayson 1991). Cuando ciertos especímenes óseos pueden ser atribuidos a un determinado taxón es que hablamos de Número de Especímenes Identificados por Taxón, NISP (Grayson 1984; Lyman 1994b) o NISPt (Lyman et al. 2003). Esta es una medida que permite calcular en forma directa la abundancia de las diferentes piezas que componen al esqueleto, sin necesidad de hacer otros cálculos extras. No requiere recomponer los valores asignados a las diferentes elementos esqueléticos, como sucede con otras medidas derivadas (e.g., Número Mínimo de Elementos; ver seguidamente). Puede emplearse, entonces, para expresar la abundancia con que está representada una categoría taxonómica particular.

Entre sus principales ventajas tenemos: (a) puede ser calculado a medida que se realiza la identificación del material, y (b) su valor es aditivo. Por otro lado, de sus desventajas destacamos las siguientes: (a) no todos los huesos son igualmente identificables; (b) el número de huesos identificables puede variar de una especie a otra, (c) depende del grado de fragmentación; (d) está sujeto a sesgos de las técnicas de recuperación y recolección; (e) diferentes historias tafonómicas condicionan las comparaciones entre conjuntos de una misma o diferentes localidades (Grayson 1984; Lyman 2008).

Antes de calcular el NISP se debe establecer el nivel de agudeza taxonómica ("taxonomic acuity", siguiendo a Stahl 2000) que puede alcanzarse basados en el valor diagnóstico relativo y en el grado de fragmentación general de la muestra. Esto sirve para definir niveles de identificabilidad (Lyman 1994b), que implican la definición de diferentes rangos de inclusividad y resolución taxonómica.

Más allá de las virtudes y limitaciones que tiene esta medida (Grayson 1984; Mengoni Goñalons 1988; Reitz y Wing 1999, 2008; Lyman 2008) es importante tener en claro que cualquier otra medida que calculemos depende en cierto grado del

número de especímenes identificados por taxón (NISP). Otros autores también han señalado las ventajas del NISP por sobre otras medidas y destacado su estrecha relación con algunas medidas derivadas, como el número mínimo de individuos (Grayson 1984; Reitz y Wing 2008) o el número mínimo de elementos (Grayson y Frey 2004).

El número mínimo de elementos o MNE (Binford 1984) es una medida de abundancia de partes esqueléticas. Expresa la frecuencia con que se hallan representadas cada una de las categorías anatómicas (elementos) que componen el esqueleto (e.g., atlas, costillas, húmero, tibia, etc.). Por basarse en el conteo de especímenes fragmentarios y huesos enteros, el MNE resulta ser un valor compuesto (Lyman 2008).

Cuando tratamos con elementos fragmentados, tales como una porción medial de húmero distal, debemos decidir cuánto representa este espécimen de la unidad completa (húmero) o porción considerada (e.g., húmero distal).

Son varios los métodos que se han propuesto para encarar estos cálculos. El más simple y rápido –aunque impreciso– fue el propuesto por Klein y Cruz-Urbe (1984), según el cual los fragmentos son computados como fracciones. Así una porción medial de húmero distal no tiene un valor de 1 sino de 0.5. Dos mitades de húmero distal equivaldrían a  $0.5 + 0.5 = 1$ .

Otro método más reciente y más sofisticado por utilizar el soporte de un Sistema de Información Geográfico (SIG) es el desarrollado por Marean y colaboradores (Marean et al. 2001). Mediante este procedimiento cada fragmento individual es volcado sobre plantillas mudas de cada una de las piezas que componen el esqueleto en sus cuatro normas (lateral, medial, etc). Luego, se

cuentan el número de superposiciones representadas empleando una rutina del paquete del SIG, lo que se correspondería con el número mínimo de elementos para ese hueso en cuestión. Si bien este método luce como ideal también debemos reconocer que demanda una inversión en recursos humanos, infraestructura técnica y tiempo que debe ser evaluado a la hora de tomar decisiones analíticas.

A mitad camino entre ambos extremos están los métodos basados en *zonas diagnósticas*. Este acercamiento metodológico puede rastrearse hasta los trabajos pioneros de Chaplin (1971) y cuenta con gran popularidad en Gran Bretaña (e.g., Watson 1979; Dobney y Rielly 1988; Serjeanston 1991) y también en otros países (e.g., Todd y Rapson 1988; Morlan 1994; Mengoni Goñalons 1999). El procedimiento consiste en identificar para cada hueso del esqueleto (e.g., atlas, axis, vértebras cervicales, húmero etc) qué zonas diagnósticas están representadas, tales como procesos, crestas, forámenes, entre otros atributos anatómicos. También se pueden incluir sectores más inconspicuos, como “diáfisis medial” sin otra especificación, para dar cuenta de porciones de los huesos que no presentan rasgos topográficos destacados. Aquella zona que es la más representada (i.e., la que tiene la mayor frecuencia) es la que define la cantidad o número mínimo de elementos (MNE) para esa parte esquelética (Mengoni Goñalons 1999). Lo importante de este procedimiento es que posibilita incorporar fragmentos diafisarios a los conteos. Es indudable que este método permite llegar a frecuencias mucho más realistas que aquéllas que están exclusivamente basadas en extremos articulares (Marean et al. 2004).

A partir de estos conteos también es posible calcular el grado de completitud de los elementos considerados. Este es un índice que desarrolló

CASO	PD	PP	NISP	PP/NISP	(PP/NISP)/PD	%C
A	10	100	10	10	1	100
B	10	10	10	1	0.1	10

Tabla 5: Porcentaje de completitud (basado en Morlan 1994). Abreviaturas: PD = porción definida; PP = porción preservada; NISP = Número de Especímenes Identificados por Taxón; %C = porcentaje de completitud.

Morlan (1994) que combina el concepto de rasgos ("features") y zonas ("zones") englobados bajo el término de *porciones* que permiten individualizar la pertenencia anatómica de los especímenes óseos aislados. Para este autor el término *zonas* tiene una acepción diferente a la tradicional antes citada. Por *zonas* se entiende a los sectores de los huesos que pueden ser individualizados por ciertas características de su conformación (tamaño, forma, o sección del espécimen), sin mediar rasgos anatómicos conspicuos. En cambio, los *rasgos* son los atributos anatómicos (tuberosidades, crestas, etc.) que permiten identificar anatómicamente a un determinado espécimen basado en criterios discretos. Algunos trabajos recientes, tales como el de Barba y Domínguez-Rodrigo (2005), aportan criterios adicionales para identificar fragmentos diafisarios, aparentemente inespecíficos pero que atendiendo a ciertos atributos anatómicos (e.g., textura de la superficie medular) pueden ser atribuidos a huesos particulares y, por ende, ser incorporados a los conteos de elementos.

El grado de completitud estaría dado por la relación existente entre el número de porciones (rasgos y zonas identificadas) preservadas (PP) en los especímenes analizados, el NISP y el número de porciones definidas (PD) previamente a partir de un esqueleto de referencia. La fórmula sería la siguiente:  $(PP/NISP)/PD$ . Los pasos a seguir serían: (a) establecer una serie de porciones (rasgos y zonas diagnósticas) para cada elemento anatómico completo (PD); (b) calcular el número total de porciones preservadas (PP); (c) calcular el NISP para cada elemento; (d) dividir el número de porciones preservadas por el número de especímenes identificados ( $PP/NISP$ ), (e) dividir a la razón anterior ( $PP/NISP$ ) por el número de porciones previamente definidas (PD). Luego, esos valores se llevan a una escala porcentual por elemento anatómico. Este índice es denominado *porcentaje de completitud* por Morlan (1994). El índice propuesto es de gran aplicabilidad dado que posibilita comparar el grado de completitud entre conjuntos en una escala de detalle, como resulta ser el elemento anatómico y sus diferentes porciones.

A modo de ejemplo se presentan dos casos (Tabla 5). En el primero se ilustra una situación en la que los especímenes se corresponden con elemen-

tos anatómicos enteros que por definición preservarían todas las porciones diagnósticas (Caso A). En el segundo, el número de especímenes óseos sigue siendo el mismo, aunque -a diferencia del caso anterior- en este ejemplo se trata de fragmentos que preservan sólo una porción diagnóstica por espécimen óseo (Caso B). De esa manera ideal vemos como cuanto más enteros están los huesos más alto es su índice de completitud.

A fin de redondear ciertos conceptos relacionados con el MNE resulta conveniente precisar algunos aspectos adicionales. Cuando tratamos con huesos largos y nuestro interés es calcular el MNE para los elementos completos (e.g., húmero) se debe tomar en cuenta el lado (derecho o izquierdo) del que provienen los especímenes individuales y clasificar las zonas diagnósticas representadas en cada uno de ellos, dado que la lateralidad hace a estos sectores anatómicos mutuamente excluyentes (Mengoni Goñalons 1999). Dicho en otras palabras una cresta tibial derecha y una epífisis distal de tibia izquierda representan dos tibias. En cambio, tendríamos un número mínimo de una tibia, si ambos especímenes fueran del mismo lado.

Así como definimos zonas (o porciones) diagnósticas para los huesos largos también podemos hacer lo mismo para otros tipos de huesos, sean simples o compuestos como las vértebras, costillas, pelvis, entre otros. El procedimiento para calcular el MNE es el mismo que en el caso de los huesos largos. Por ejemplo, en las vértebras el MNE equivaldría al número mínimo de piezas individuales de cada categoría vertebral (cervicales, torácicas, etc.) basado en los conteos parciales de procesos espinosos, zigapófisis u otros rasgos que se consideren diagnósticos.

El MNE también puede ser empleado para calcular la representación de regiones esqueléticas. En este caso se está tratando también con unidades de definición anatómica pero de mayor inclusividad que el elemento propiamente dicho. Por ejemplo, la pata delantera puede estar compuesta por la escápula, el húmero, el radio y la ulna. Si bien se pierde algo de resolución en estos casos este acercamiento puede ser útil cuando se tienen tabulados los MNE para cada elemento y se quieren discutir -por alguna razón- los patrones

de representatividad de ciertos paquetes anatómicos (e.g., pata delantera, pata trasera, etc.). Este método fue introducido por Stiner (1994) para discutir estrategias de transporte y empleo por otros autores para tratar otros aspectos, tales como el consumo (e.g., De Nigris 2004).

A partir de estos MNE establecidos por región se puede calcular la relación existente entre el MNE observado (i.e., calculado) y el MNE esperado (número de elementos para cada región en un esqueleto completo). Esta razón da como resultado un número mínimo por región —a veces fraccionario— que expresa el posible número de carcasas fuentes. Si nos fijamos en los valores calculados para cada una de las regiones que definimos previamente, aquél que resulta el más alto equivaldría a un número mínimo de individuos (i.e., cantidad de carcasas). Esta medida es denominada Número Mínimo de Individuos (MNI) por Stiner (1994), aunque es importante señalar que este procedimiento difiere de la forma de cálculo más tradicional de esta medida de abundancia (ver más adelante).

A su vez, si dividimos al total de MNE individuales calculados para todas las regiones ( $MNE_t = MNE_{total}$ ) y el número mínimo de individuos (MNI) para todo el conjunto obtendríamos el número de elementos promedio por carcasa individual (Stiner 1994), lo que estaría representando un índice de completitud ( $MNE_t/MNI$ ) a un nivel de inclusividad anatómica mucho mayor que el anteriormente presentado por Morlan (1994). En este caso se estaría haciendo referencia al grado de completitud de la carcasa. En cambio, en el índice elaborado por Morlan (1994) la completitud estaría planteada para la escala del elemento anatómico.

Otra medida de abundancia relativa de partes esqueléticas introducida por Binford (1984) es el Número Mínimo de Unidades Anatómicas o MAU. Este se obtiene dividiendo al MNE establecido para cada unidad anatómica por las veces que esa parte está presente en un esqueleto completo (e.g., por dos en los huesos pares). De esa manera las frecuencias individuales de cada elemento son normalizadas con respecto a un esqueleto completo. Esta nueva medida también puede

ser expresada en forma porcentual estandarizando los MAU de cada elemento con respecto al MAU del elemento más abundante. La lógica de este cálculo es idéntica a la desarrollada por Stiner (1994) cuando divide la frecuencia observada (expresada en MNEs) por la esperada.

El número mínimo de individuos (MNI) equivale al número de individuos necesarios para dar cuenta de todos los huesos identificados para un taxón dado (Grayson 1984; Lyman 2008). Este cálculo es obtenido observando la frecuencia que le corresponde al elemento anatómico más abundante en la muestra. En el caso de los huesos pares hay que fijarse cuántos izquierdos y derechos tenemos, elemento por elemento. En el caso de los huesos compuestos como las vértebras torácicas es necesario dividir al número estimado de vértebras individuales (i.e., MNE) por las veces que ese elemento está representado en un esqueleto completo. En ese sentido, para estos tipos de huesos la forma del cálculo del MNI es prácticamente igual que para el MAU, aunque en este último caso se está pensando en frecuencias normalizadas por unidad anatómica y no en animales individuales.

Las principales ventajas del MNI son: (a) no se ve afectado porque una especie tenga más huesos identificables que otra, (b) no está condicionado por el hecho de que hayan ingresado animales enteros o sus partes seleccionadas. Las desventajas que posee el MNI son fundamentalmente no tener las ventajas del NISP. Aunque quizás la peor desventaja sea que es enteramente dependiente, al igual que otros números mínimos, de los criterios agregativos empleados cuando se definen los conjuntos. Esto es algo que fue discutido en profundidad por Grayson (1984) en su clásico manual. Este tema es retomado y discutido en extenso por Lyman (2008).

Un criterio adicional que podemos emplear cuando calculamos al MNI es algún indicador de la edad biológica de los especímenes óseos, tales como las etapas de fusión por las que transitan ciertas porciones de los huesos del esqueleto post-craneal (Mengoni Goñalons 1999; Reitz y Wing 2008) y también el tamaño de los huesos individuales (Mengoni Goñalons 1988), principalmente en especies que tienen un dimorfismo sexual marcado.

## ALGUNAS OTRAS MEDIDAS E ÍNDICES

En los últimos años se ha popularizado el empleo de los Índices de Abundancia (IA) (e.g., Janetski 1997; Broughton 2002; Byers et al. 2005). Estos índices miden la abundancia relativa entre categorías taxonómicas diferentes, pero de jerarquía afín. Son simples de calcular porque se basan en el NISP y, a su vez, son claramente informativos como unidades de medida. Sus valores varían a lo largo de una escala que va de 0 a 1, donde 1 es la máxima abundancia para el taxón cuya importancia queremos medir. También pueden basarse en el MNI estimado para cada categoría taxonómica (e.g., Ugan 2005). En este caso se ha sugerido que se emplee el MAU más alto para toda la serie de partes anatómicas identificadas para una determinada categoría taxonómica (e.g., artiodáctilo redondeado hacia arriba (e.g., MAU = 11, 5; MNI = 12).

Lo fundamental es que estas categorías no se traslapen. Dicho en otras palabras las diferentes categorías no pueden superponerse como sucede entre “artiodáctilos”, “cérvidos” y “camélidos”. Si queremos calcular un IA para los “camélidos” con respecto a los “cérvidos” debemos tomar en cuenta sólo las frecuencias (NISP o MNI) correspondientes a estas categorías (“camélidos” y “cérvidos”), excluyendo a los especímenes que fueron asignados a la categoría más inclusiva de “artiodáctilos”. La fórmula sería la siguiente:  $NISP_{\text{camélidos}} / (NISP_{\text{camélidos}} + NISP_{\text{cérvidos}})$ . Por el contrario si quisiéramos medir la abundancia de “artiodáctilos” con respecto a los otros vertebrados que no lo son (e.g., “no-artiodáctilos”, “roedores” o lo que fuera) deberíamos sumar las frecuencias parciales de todas las categorías antes mencionadas, incluyendo a los cérvidos y camélidos dado que éstos también son artiodáctilos ( $NISP_{\text{Total artiodáctilos}} = NISP_{\text{artiodáctilos}} + NISP_{\text{camélidos}} + NISP_{\text{cérvidos}}$ ). En consecuencia la fórmula sería:  $(NISP_{\text{artiodáctilos}} + NISP_{\text{camélidos}} + NISP_{\text{cérvidos}}) / (NISP_{\text{Total artiodáctilos}} + NISP_{\text{total no-artiodáctilos}})$ .

Algunos ejemplos referidos a los problemas que se presentan cuando no se toman en cuenta estos criterios son planteados en un artículo reciente de Driver y Woiderski (2008) cuando discuten la

construcción de diferentes índices de abundancia para algunos mamíferos pequeños. Sin duda, estos mismos criterios se aplican a cualquier categoría taxonómica, se trate de una categoría linneana u otra manera de definirla, tal como sucede cuando se emplea el peso vivo del animal como parámetro de las comparaciones (e.g., mamíferos grandes vs. mamíferos pequeños).

La bibliografía reciente acerca de métodos de cuantificación en zooarqueología es extremadamente extensa (e.g., Ringrose 1993; Morlan 1994; Marean y Frey 1997; Marean et al. 2001; Stiner 2002; Pickering et al. 2003; Clegghorn y Marean 2004; Grayson y Frey 2004; Faith 2007). Hay también manuales clásicos de consulta obligada que sintetizan y discuten los alcances y limitaciones de diversas medidas. El trabajo de Grayson (1984) es fundamental para aquéllos que estén particularmente interesados en la relación existente entre el número de especímenes óseos identificados por taxón (NISP) y el número mínimo de individuos (MNI). También se discuten en este trabajo los índices de diversidad arriba discutidos.

Lyman (1994) en su popular libro sobre tafonomía de vertebrados incluye temas de cuantificación en varios de sus capítulos, poniendo énfasis en las diferentes medidas que se emplean para establecer perfiles anatómicos. En su conocido manual, Reitz y Wing (1999, 2008) muestran y aconsejan acerca de las diferentes maneras de calcular ciertas medidas, tales como el NISP o MNI, y también tratan el tema de los índices de diversidad y equitatividad. Otros manuales recientes que también incluyen temas cuantitativos son O'Connor (2000) y Chaix y Méniel (2005). Ahora también contamos con el nuevo manual de Lyman (2008) sobre paleozooología cuantitativa que toca todos estos temas en detalle y los trata con gran profundidad.

La conveniencia de elegir una medida por sobre otra depende enteramente del problema y preguntas que deseemos responder. En zooarqueología hay estándares y protocolos pero no hay una regla invariable que deba seguirse llegados al punto de tener que cuantificar la frecuencia con que están representadas determinadas categorías o atributos. Todo depende de dónde queramos poner el acento y de nuestra sabiduría en elegir de manera

adecuada a las unidades y medidas necesarias para analizar nuestras muestras.

Debemos recordar que las medidas de abundancia son generalmente empleadas para comparar la frecuencia con que aparecen las diferentes partes esqueléticas (enteras o segmentadas arbitrariamente en porciones o zonas diagnósticas) con algún marco de referencia que empleamos como modelo.

Por ejemplo, podemos comparar la frecuencia observada para las diferentes partes con aquellas esperadas en un esqueleto completo. Si las proporciones relativas de los diferentes huesos se mantienen parejas podemos pensar que no hay sesgos a favor (o en contra) de ciertas partes. Diferente sería el caso si es que predominan ciertas partes con respecto a otras. Cabe aquí pensar en sesgos por problemas de muestreo o debidos a factores tafonómicos intrínsecos o extrínsecos a los huesos. En cada caso debemos ajustar la escala de nuestras unidades.

Cuando deseamos examinar si existe una covariación entre la densidad ósea y la abundancia de las diferentes partes deberíamos contemplar que los diferentes sectores de un mismo hueso poseen diferentes valores densitométricos. Por ejemplo, esto es bien notorio en los huesos largos (e.g., húmero y fémur) donde las epífisis tienen valores densitométricos contrastantes y ciertos sectores diafisarios poseen los valores más altos (Lyman 2008).

Algo semejante sucede cuando deseamos comparar los perfiles esqueléticos de un conjunto con los índices de utilidad económica (Reitz y Wing 2008; Lyman 2008). Aquí conviene ajustar la escala de nuestras unidades de definición anatómica al problema que queremos resolver, sea transporte selectivo, distribución intragrupal, consumo final u otra cuestión que involucre otros agentes y procesos. Esto es algo que ya fue discutido algo más arriba y ejemplos de la aplicación de estos criterios pueden encontrarse en diferentes trabajos en nuestro país (e.g., Mengoni Goñalons 1999; Fernández 2001; Muñoz 2001; De Nigris 2004).

Aquí el punto central es establecer una concordancia metodológica entre los objetivos de la

investigación y los resultados esperados. En un trabajo pionero, Huelsbeck (1991) discute estos aspectos de manera muy clara e ilustrativa. Su conclusión es que planteado un problema se debería buscar concordancia entre nuestras unidades de clasificación y las unidades de interpretación. Si nuestro acento está puesto en el transporte selectivo tendríamos que pensar en unidades que expresen esas cuestiones. Por ejemplo, sería razonable considerar el transporte de paquetes de carne y huesos, unidades que involucrarían quizás a varios elementos anatómicos. Lo mismo sucede si queremos discutir temas relacionados con el consumo.

Aquí, seguramente, sería mucho más adecuado pensar en unidades de adquisición representadas por los huesos específicos (o sus fragmentos) que las integran. En términos de inclusividad y resolución anatómica no representan lo mismo un costillar entero sobre la parrilla que una porción individual de asado servida en nuestro plato.

#### LAS MARCAS DE PROCESAMIENTO Y SUS INDICADORES

El procesamiento de la carcasa de un animal implica la puesta en acción de una serie secuencial de actividades. Estas suelen incluir: (a) la evisceración y obtención de los órganos internos y la sangre; (b) el cuereo; (c) la reducción de la carcasa en unidades menores; (d) el descarte de los huesos y la separación de la grasa muscular asociada; (e) la obtención de la médula ósea; (f) la producción de grasa ósea; (g) la selección de soportes para la confección de instrumentos (Lyman 1994a).

Potencialmente, todas estas actividades pueden dejar rastros en la superficie de los huesos (e.g., Fisher 1995; Mengoni Goñalons 1999). Estas modificaciones óseas se presentan como marcas que quedan plasmadas en los huesos por el contacto del filo activo del instrumento sobre el tejido compacto. De allí que el estudio de estos rastros ofrezca la posibilidad de conocer las diferentes técnicas de trozamiento y discutir ciertos aspectos del modo general de aprovechamiento de los animales.

La reducción de las presas en partes transportables y consumibles suele darse a lo largo de varias

etapas que implican una división progresiva de las carcasas. Cada una conlleva operaciones de trozamiento (cuereo, desarticulación, descarnar, etc.) que potencialmente pueden dejar su impronta sobre el material óseo (Lyman 1994). Estas etapas son:

- El trozamiento primario cuya finalidad es facilitar el transporte desde el lugar de obtención al de consumo final. En estas situaciones puede haber consumo incidental de ciertas partes anatómicas entre quienes integran la partida de cacería.
- El trozamiento secundario cuando se divide a las unidades de trozamiento primarias en porciones menores a fin de distribuir las socialmente (e.g., durante el reparto).
- El trozamiento terciario vinculado con el consumo final (e.g., cuando se preparan las comidas o durante su ingesta).

En las últimas tres décadas el análisis de marcas ha tenido un desarrollo muy destacado dentro de los estudios arqueofaunísticos. Este se ha visto enriquecido a partir de dos fuentes de información: los trabajos etnoarqueológicos (e.g., Yellen 1977; Binford 1981; Gifford-Gonzalez 1989; Oliver 1993; Lupo 1994; Lupo y O'Connell 2002) y los estudios experimentales (e.g., Blumenschine y Selvaggio 1988; Blumenschine 1995; Blumenschine et al. 1996; Greenfield 1998; Egeland 2003; Pickering y Egeland 2006; Dewbury y Russell 2007; Bello y Soligo 2008; Blasco et al. 2008; Willis et al. 2008).

Varios trabajos recientes discuten las marcas dejadas por diferentes tipos de materiales: por ejemplo, obsidiana y pedernal (Dewbury y Russell 2007), valva (Toth y Woods 1989; Choi 2007), bambú (West y Louys 2007), metal (Greenfield 1998); agregando mayor variación a lo que era conocido hasta ahora.

Así, los trabajos experimentales de Dewbury y Russell (2007) han mostrado que los artefactos de pedernal producen mayor cantidad de daños que los de obsidiana, debido a diferencias que se dan en el carácter cortante de los filos de ambas rocas y

su durabilidad. Esta observación podría tener consecuencias significativas cuando se desea comparar distintos conjuntos sin tener claro de qué rocas eran los artefactos empleados.

Por su lado, Choi (2007) realizó experimentos con diferentes moluscos mostrando las características distintivas que poseen las marcas dejadas por artefactos cortantes de valva. Si bien se trataría de marcas de corte, sus rasgos definitorios no se superpondrían con las generadas por artefactos líticos (e.g., no poseerían microestriaciones longitudinales dentro del canal principal de la incisión).

Asimismo, se ha avanzado en la diferenciación entre las marcas dejadas por artefactos líticos y aquéllas producidas por instrumentos de metal desde los trabajos pioneros de la década del '80 (e.g., Olsen 1988). En un trabajo más reciente Greenfield (1998) sobre base experimental discute las características de los daños producidos por instrumentos de metal y los compara con aquéllos generados por artefactos líticos. Una de los patrones observados es que los instrumentos de metal producen marcas cuyo canal es empinado y de lados suaves, sin mostrar microestriaciones en su fondo como en los daños generados por el material lítico.

También se ha comenzado a investigar la relación entre el tipo de tareas desarrolladas (e.g., cuereo, desarticulación o descarnar) y los daños que presentan los filos de los instrumentos empleados en esas actividades (e.g., Braun et al. 2008).

En general, la gama de marcas (o pseudomarcas) que potencialmente pueden mostrar los huesos ha aumentado de manera destacada como resultado de la observación de los daños generados por otros agentes y procesos que no habían sido antes considerados y que —en ciertos casos— producen marcas de morfología similar o son notoriamente diferentes.

Algunos ejemplos sirven para ilustrar este punto. Se han descrito marcas producidas por hongos (u otros organismos pequeños) que atacan mecánicamente o químicamente al tejido óseo dejando hoyos y surcos que pueden confundirse con las marcas dejadas por otros agentes, tales como algu-

nos carnívoros (e.g., Domínguez-Rodrigo y Barba 2006). Algunos autores han denominado bioerosión a este tipo de daño (e.g., Blumenschine et al. 2007), mientras otros se han referido a ellas como marcas bioquímicas (e.g., Domínguez-Rodrigo y Barba 2006).

También existen seudomarcas que simulan daños pero que en realidad son características de la anatomía propia de los huesos, tales como los surcos vasculares por donde corren vasos sanguíneos que, en algunos casos, han sido confundidos con marcas de origen antrópico (D'Errico y Villa 1997).

El estudio de las marcas de carnívoros ha avanzado mucho en estos últimos años. Pese a ello algunos autores insisten en la imposibilidad de distinguir entre diferentes tipos de carnívoros, basados exclusivamente en el tamaño de los daños (e.g., Domínguez-Rodrigo y Piqueras 2003), aunque hay trabajos novedosos que se han iniciado en esa línea (e.g., Selvaggio y Wilder 2001).

Estudios etnoarqueológicos recientes han mostrado que los humanos pueden producir marcas con sus dientes en los huesos de animales de tamaño pequeño (peso vivo < 20 kg) y que éstas simulan aquéllas dejadas por algunos carnívoros (Landt 2007). Es importante destacar que en algunos trabajos anteriores ya se había señalado el potencial de los dientes humanos como elemento productor de marcas (e.g., Elkin y Mondini 2001).

En todos los casos es fundamental tener en cuenta la escala en que se visualizan los daños más allá de sus características puramente morfológicas. En ciertos casos no incluir una escala gráfica en las ilustraciones llevaría a confusiones en los diagnósticos (Blumenschine et al. 1996; Mengoni Goñalons 1999; Blumenschine et al. 2007).

Para estudiar las marcas es fundamental disponer de criterios que permitan: (a) definir sus características morfológicas en forma clara, (b) establecer el rango de variación morfológica que éstas exhiben. Estos aspectos requieren disponer de categorías descriptivas precisas y de indicadores no ambiguos que permitan inferir un tipo de acción y su vinculación con un determinado agente.

Estos requisitos están contenidos en lo que Binford (1981) denominó *firma distintiva* ("signature criterion") que implica disponer de criterios

constantes y únicos que posibiliten discriminar a un agente (o grupo de agentes) de otro (u otros):

Este concepto puede expandirse aún más si se incorporan otras categorías analíticas, tales como algunas de las señaladas por Gifford-Gonzalez (1991); donde *agente* es el actor (humano, carnívoro, roedor, etc.) que lleva adelante la acción. El *efector* es el objeto empleado en la acción (artefacto lítico, diente, u otro elemento). El *proceso causal* que involucra conjuntamente a la *acción* (percusión, incisión, etc.) y al elemento que produce en sí al daño (e.g., arista aguda de un artefacto, cresta de una muela carnífera, etc.).

Si bien como veremos más adelante las marcas pueden tipificarse con cierta precisión, algunos autores se han referido a dos categorías amplias que denotan el carácter conspicuo (o no) de las mismas. Las marcas conspicuas suelen ser identificadas a simple vista y reúnen todos los atributos que comúnmente sirven para definir las. Las inconspicuas requieren ser vistas con aumentos (10-20X) para poder apreciar los detalles de los rasgos diagnósticos característicos dado que no son tan claramente obvios (Blumenschine et al. 1996).

Los atributos utilizados en el análisis de marcas deben reflejar su variabilidad. Esto requiere considerar aspectos formales -tales como su morfología, distribución y asociación con rasgos topográficos destacados de la superficie de los huesos (inserciones, superficies articulares, etc) y su frecuencia, a fin de poder establecer regularidades y patrones que permitan vincularlos con los gestos técnicos empleados durante el procesamiento (Lyman 2005; Fegeland 2003).

Otro aspecto importante es establecer la relación existente entre la intensidad del procesamiento, definida aquí como el esfuerzo mínimo necesario para extraer un determinado producto (e.g., carne o médula) y la frecuencia de marcas que retienen los huesos como resultado de ese proceso.

De ahí que un tema importante sea saber cómo pueden cuantificarse las marcas. Hay autores que cuentan individualmente cada marca aislada (e.g., Abe et al. 2002) y otros contabilizan el número de especímenes (NSP o NISP) que muestran la presencia de marcas (e.g., Lyman 1992; 2005).



Los estudios experimentales realizados recientemente por Egeland (2003) muestran que el número de gestos ("tool strokes") realizados durante la acción de corte (o percusión) no es proporcional al número de marcas (ver también, Pickering y Egeland 2006). Estos gestos equivalen al número total de movimientos discretos necesarios para descarnar (o romper) de manera completa a una determinada unidad anatómica. Por eso, además de los atributos morfológicos de las marcas y su frecuencia es importante saber la cantidad de masa muscular que se quiso remover y si el descarte habría sido total o parcial. Esto lleva a considerar que un indicador más confiable de la intensidad es el cómputo del número de especímenes óseos que presentan marcas (NISP con marcas) (Egeland 2003; Lyman 2005).

En síntesis, las marcas deben ser consideradas como un epifenómeno (Lyman 1994; 2005). Cada hueso tiene un potencial diferente para recibir daños en forma de marcas. También hay que tener presente que cada hueso arqueológico fue faenado en su propio contexto individual. Sin embargo, todo conjunto arqueofaunístico es un agregado de especímenes óseos que representa una acumulación formada durante un cierto período de tiempo, a veces imposible o difícil de precisar. Por lo tanto, es importante considerar que el trozamiento ha ocurrido bajo el marco de lo que se denomina el espacio-tiempo de la carcasa ("carcass space-time"), equivalente al contexto espacio-temporal propio, durante el cual cada carcasa particular fue procesada (Lyman 2005).



Figura 1. Marcas de corte en forma de surcos de ancho y profundidad variable. Notar la escala en que se visualizan estos daños.

En líneas generales, el estudio de marcas tiene varias finalidades y niveles de análisis. Estos pueden resumirse en las siguientes metas: (a) determinar el agente productor y el objeto utilizado; (b) identificar la acción realizada; (c) inferir el contexto dentro del cual dicho proceso se produjo.

Marcas de procesamiento es una categoría general que incluye distintos tipos de daños. Estas pueden vincularse con actividades diferentes. Durante las diversas etapas del trozamiento y consumo de un animal, suelen llevarse a cabo operaciones (cuero, desarticulación, descarte, etc.) que implican diferentes acciones, tales como el corte, el raspado o el machacado. Algunas de estos daños pueden resultar de la desconexión anatómica de ciertos huesos y otras acompañar su descarte o rotura. Potencialmente, todas estas acciones pueden generar modificaciones de la superficie del material óseo en forma de marcas que son susceptibles de ser analizadas e interpretadas funcionalmente.

A continuación presentaré las características principales de las distintas clases de marcas de procesamiento que comúnmente reconocemos en nuestras muestras.

## MARCAS DE CORTE

Las *marcas de corte* ("cut-marks" o "slicing marks") se producen durante la acción de corte o tajado (Figura 1). Se presentan como surcos individuales o formando conjuntos de varios surcos, son generalmente finas aunque de ancho variable, de profundidad no uniforme, y, además, son rectilíneas de lados paralelos, con sección transversal en V o U (Potts y Shipman 1981; Bunn 1983; Shipman y Rose 1983). Poseen microestriaciones internas paralelas al surco principal (Shipman y Rose 1983; Cook 1986; Olsen y Shipman 1988) y terminaciones ramificadas en sus extremos ("splitting effect", Eickhoff y Herrmann 1985) Las terminaciones ramificadas pueden presentarse como uno o más surcos que se originan en la marca principal y toman dirección divergente. Estos rasgos las diferencian de otros tipos de marcas, salvo en aquellos casos en que el proceso simule la acción de corte (e.g., partículas de sedimentos que entran en contacto con la superficie del hueso por pisoteo, pateo, u otro mecanismo (e.g., Andrews y Cook

1985; Eickhoff y Herrmann 1985; Behrensmeyer et al. 1986; Oliver 1989).

Más allá de las características morfológicas hay otros indicadores -tales como la orientación y ubicación de las marcas en la topografía de los huesos- que permiten distinguir a las marcas de corte de otros tipos de daños con características semejantes pero producidas por otros agentes y procesos como los anteriormente mencionados (e.g., Andrews y Cook 1985).

En cuanto al contexto de producción, Binford (1981) sugiere que es posible determinar si las huellas son de cuereo, desarticulación o descarnar a partir de su localización y distribución en la superficie de los huesos. La ubicación de las marcas sobre sectores distintivos de la topografía ósea, posibilita relacionarlas con algunas actividades específicas. En los casos en que las marcas se presentan en zonas donde se insertan ligamentos y tendones podemos plantear instancias de desarticulación. En otras situaciones, las marcas pueden localizarse en relación con masas musculares mayores, presencia que denotaría actividades de descarnar.

Es conveniente emplear plantillas de los diferentes huesos individuales dibujados en sus distintas normas (e.g., lateral, medial, anterior, posterior) a fin de poder documentar las marcas detectadas. Esto permite registrar y visualizar qué sectores de los huesos presentan mayor incidencia de daños y así establecer un patrón basado en criterios de

redundancia. También se puede anotar el número de casos identificados (NISP para la zona con presencia marcas versus NISP total para dicha área (e.g., Todd y Rapson 1988).

### MARCAS DE RASPADO

Las *marcas de raspado* ("scraping marks") son el resultado de la acción del filo del instrumento cuando es arrastrado tangencialmente a lo largo de la superficie del hueso. Se presentan como bandas de microestrías paralelas, generalmente superficiales, finas y rectilíneas a ondulantes (Potts y Shipman 1981; Shipman 1981; Shipman y Rose 1983; Cook 1986; Olsen 1988; Fisher 1995). Puede suceder que las bandas de estrías exhiban breves tramos en forma de peldaños ("chatter marks").

Funcionalmente pueden asociarse con la remoción del periostio (Binford 1981) o con el rebaje de tejido compacto durante la manufactura de instrumentos (Olsen 1988). Si bien el pisoteo puede simular este tipo de daño, generalmente, dichas marcas suelen ser más cortas, menos profundas y mostrarse más espaciadas que las anteriores (Andrews y Cook 1985; Cook 1986; Olsen y Shipman 1988).

### MARCAS DE PERCUSIÓN

Las *marcas de percusión* ("percussion marks") se producen por el contacto directo del percutor y/o yunque con la superficie del hueso cuando son golpeados con la intención de romperlos (Figura 2). Se presentan en forma de hoyos ("pits"), surcos ("grooves") y estrías ("striae") (Blumenschine y Selvaggio 1988; Blumenschine et al. 2006).

Los hoyos de percusión son de planta circular u ovalada y presentan microestriaciones en su interior o emanando de ellos. Las estrías de percusión son campos de microsurdos que se dan conformando agrupamientos de rastros. Ambos tipos de daños suelen darse asociados (Blumenschine y Selvaggio 1988; Blumenschine 1995; Blumenschine et al. 1996). En algunos casos se ven marcas más inconspicuas que se presentan como campos de microhoyos que son el resultado de las magulladuras que imprimen sobre el hueso los golpes del percutor o los contragolpes del yunque (Blumenschine et al. 1996).

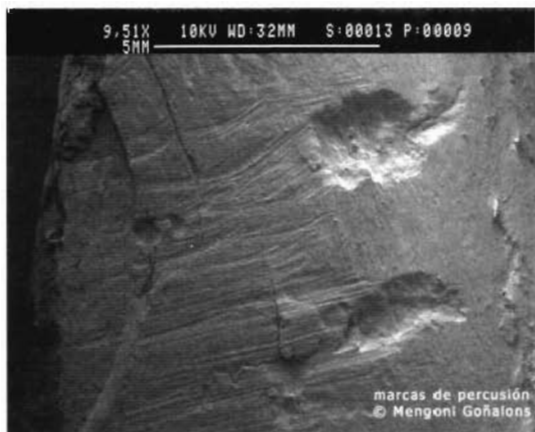


Figura 2. Marcas de percusión en forma de hoyos y estrías. Notar la escala en que se visualizan estos daños.

Si bien estos daños pueden asemejarse a los producidos por algunos carnívoros (e.g., hiena), Blumenschine y Selvaggio (1988) sostienen que ambos tipos de marcas pueden ser distinguidos claramente basándonos en criterios morfológicos.

La funcionalidad de estas marcas está sugerida por su ubicación sobre la topografía de los huesos, su orientación respecto del eje longitudinal del hueso y su asociación con escotaduras de impacto (ver más adelante). Casi siempre las marcas de percusión se presentan a lo largo de los bordes de las fracturas y se orientan transversalmente al eje longitudinal de hueso (Blumenschine y Selvaggio 1988; Blumenschine 1995; Blumenschine et al. 1996).

Los recientes experimentos de Pickering y Egeland (2006) muestran que la frecuencia de marcas en los huesos no está en proporción directa al número de golpes requeridos para romperlos. En tal sentido, estos datos se corresponden con las observaciones realizadas por Egeland (2003) en su experimentación de descarte de huesos (ver más arriba).

Ambos tipos de marcas (estrías y hoyos) se dan por golpe directo y por contragolpe. En general, se detectan más hoyos que estrías y las marcas por contragolpe del yunque son más abundantes que las producidas por el percutor. También se observó que los percutores y yunques de superficie áspera producen una mayor cantidad de marcas que aquéllos de bordes romos (Pickering y Egeland 2006).

### MARCAS DE MACHACADO

Las *marcas de machacado* ("chopping marks") son el resultado de uno o más golpes contundentes producidos por el filo de un artefacto con un filo activo en forma de bisel. Suelen estar caracterizadas por una sección en V abiertas (Walker y Long 1977; Walker 1978) con estrías destacadas o desprendimientos de la superficie dentro del surco principal y son siempre más anchas que las marcas de corte (Binford 1984; Cook 1986; Olsen 1988; Gifford-Gonzalez 1989; White 1992).

Este tipo de marcas podría considerarse un tipo particular de marca de percusión dado que la acción

(golpe) es la misma. La diferencia estaría dada, en principio, por el efector. Los hoyos y estrías de las marcas de percusión serían producidas tanto por el yunque como por el percutor (Pickering y Egeland 2006). En cambio, las marcas de machacado serían el resultado de la acción de un instrumento que posee un filo activo en forma de bisel, tal como lo señalaron algunos experimentos (e.g., Walker y Long 1977; Walker 1978). Este tipo de efector sería el que provocaría los desprendimientos observados en los surcos principales de las marcas, que no estarían presentes en los daños por percusión arriba descriptas. En muchos casos estos daños pueden asociarse con la desarticulación de ciertas uniones (e.g., la sínfisis del pubis).

Aquéllos que deseen ver ilustraciones de diferentes tipos de marcas pueden consultar las siguientes páginas web:

- [http://www.soc.unicen.edu.ar/newsletter/nro6/nuestros\\_docentes/gmengoni.htm](http://www.soc.unicen.edu.ar/newsletter/nro6/nuestros_docentes/gmengoni.htm)
- [http://www.soc.unicen.edu.ar/newsletter/nro5/nuestros\\_docentes/gutierrez.htm](http://www.soc.unicen.edu.ar/newsletter/nro5/nuestros_docentes/gutierrez.htm)
- <http://www.mdp.edu.ar/extras/arqueologia/>
- <http://ic.ucsc.edu/~dianegg/anth184/>
- <http://libarts.wsu.edu/anthro/faculty/lupo.html>

### LA FRACTURA INTENCIONAL DE HUESOS

En general, la fractura de los huesos se relaciona con factores de origen diverso (culturales y no-culturales) que operan a lo largo del proceso de reducción de las carcasas y su posterior incorporación a un contexto geológico particular. Analíticamente, estos factores pueden ser ordenados de la siguiente manera: por un lado, tenemos a las propiedades intrínsecas del material óseo que se vinculan con su biomecánica, y por otro, están los agentes, procesos y condiciones que potencialmente pueden producir la fragmentación de los huesos.

Las fracturas intencionales y las marcas de procesamiento son habitualmente empleados como indicadores para discutir las modalidades de aprovechamiento de los vertebrados, especialmente los ungulados, dado la necesidad de dividirlos en porciones que posibiliten su transporte, distribución social y consumo final. También constituyen

un marcador común para medir la intensidad de ciertas actividades reductivas y extractivas como la rotura de huesos para la obtención de médula o grasa ósea (Enloe 1993; Lupo y Schmitt 1997; Church y Lyman 2003).

Las propiedades biomecánicas del hueso constituyen un aspecto fundamental, particularmente cuando se quiere comprender la respuesta del material óseo a fuerzas físicas que actúan por presión (proceso estático) o por impacto (proceso dinámico) (Johnson 1985).

El hueso es un material heterogéneo de densidad variable. El tejido óseo se encuentra formado por un componente orgánico y otro inorgánico: el primero está integrado por fibras de colágeno y el último por cristales de hidroxiapatita. Las fibras de colágeno le dan flexibilidad y resistencia a la tensión y el componente mineral le otorga rigidez y resistencia a la compresión. De este modo, el hueso está preparado para contrarrestar los tres tipos de fuerzas principales existentes en la naturaleza: la compresión, la tensión y la torsión que es una combinación de las dos anteriores (Hildebrand 1974).

Los huesos están formados estructuralmente por tejido compacto y trabecular. El tejido compacto es característico de la parte externa de los huesos, como puede comprobarse en las diáfisis de los huesos largos. El tejido trabecular se encuentra por debajo del córtex, como en las articulaciones de los huesos largos y en los huesos cortos.

Algunas de estas características estructurales, también se ven acentuadas por el diseño que poseen los diferentes huesos, en función de los tipos de fuerza que deben soportar. Así, los huesos largos desarrollan un mayor espesor en el centro de su longitud (e.g., el fémur) o aumentan su diámetro (e.g., el húmero) para fortalecer su estructura y evitar los riesgos de fracturarse. En algunos casos, ambas cosas se dan juntas (e.g., el radioulna y la tibia). Esto implica respuestas diferentes frente a una misma acción, por ejemplo, frente a golpes u otros traumatismos.

En un trabajo anterior señalamos que el estado en que se encuentra el material óseo condiciona algunas de las características de los patrones de ro-

tura. Se entiende por estado a las condiciones bajo las cuales se encontraba el material óseo antes de su fractura, las que potencialmente pueden haber alterado sus propiedades físico-químicas y biomecánicas originales. Algunos factores que influyen sobre estos patrones son la meteorización y la acción térmica (Mengoni Goñalons 1999).

### ATRIBUTOS DE LAS FRACTURAS

Son varios los atributos que suelen considerarse cuando se trata de discutir los patrones de fractura del material óseo. El análisis de estos patrones debe tener por objetivo identificar, al igual que en el caso de las marcas, a los agentes, procesos y efectores intervinientes a través del empleo de indicadores confiables. Estos indicadores deben constituir una firma distintiva.

Un examen de la literatura de las últimas décadas referida a este tema permite establecer la pertinencia de las siguientes variables analíticas: (a) la forma del contorno de la fractura (Shipman 1981; Mengoni Goñalons 1982; Johnson 1985; Gifford-Gonzalez 1989; Villa y Mahieu 1991; Outram 2001, 2002; Alcántara García et al. 2006); (b) el ángulo de la fractura (Villa y Mahieu 1991; Outram 2001; Alcántara García et al. 2006); (c) la textura del borde (Biddick y Tomenchuk 1975; Mengoni Goñalons 1982; Johnson 1985; Gifford-Gonzalez 1989; Villa y Mahieu 1991; Outram 2001, 2002); (d) la presencia de marcas de impacto en forma de muesca o escotadura (Capaldo y Blumenschine 1994; Mengoni Goñalons 1999; Pickering et al. 2005; Pickering y Egeland 2006); (e) la presencia de lascas óseas (Capaldo y Blumenschine 1994; Mengoni Goñalons 1999; Pickering y Egeland 2006); (f) la presencia de huellas de percusión, en forma de hoyos o estrías (Blumenschine y Selvaggio 1988; Blumenschine 1995; Blumenschine et al. 1996); (g) el tamaño de las astillas diafisarias (Bunn 1989; Enloe 1993; Mengoni Goñalons 1999; Mengoni Goñalons y De Nigris 1999; Outram 2001, 2002; Church y Lyman 2003; Alcántara García et al. 2006; Pickering y Egeland 2006); (h) el porcentaje de la circunferencia de la diáfisis que está representado por el fragmento diafisario (Bunn 1989; Pickering y Egeland 2006); (i) la ubicación de las marcas y huellas de impacto sobre la topografía del hueso (Binford 1981; Todd y Stanford 1992; Pickering y Egeland 2006).

En un trabajo anterior distinguimos tres formas generales de fractura: espiral, transversal o longitudinal (Mengoni Goñalons 1982). Estas categorías hacen referencia a la forma que adquiere el contorno de la fractura. Por ser un rasgo de relativo fácil diagnóstico ha sido ampliamente empleado por numerosos autores (Haynes 1983; Johnson 1985; Gifford-González 1989; Villa y Mahieu 1991; Fisher 1995; Miotti 1998; entre otros).

La fractura en *espiral* es aquella en la que el borde de la fractura muestra torsión helicoidal (Mengoni Goñalons 1982; Miotti 1998) y el largo de la rotura es superior al diámetro original de la diáfisis. Se observa preferentemente en el húmero, fémur y tibia proximal.

Hablamos de fractura *longitudinal* cuando los bordes del espécimen se orientan paralelos al eje longitudinal del hueso (Mengoni Goñalons 1982). Este tipo de fractura se da principalmente en los metapodios, aunque también puede verificarse en radioulnas y tibias.

La fractura *transversal* es aquella en la que borde de rotura es transversal al eje longitudinal del hueso y su largo se acerca al diámetro de la diáfisis del hueso. Este último tipo presenta dos variantes: astillada y regular. La primera subcategoría se corresponde con las “jagged fractures” de Binford (1981) y Gifford-González (1989). La otra corresponde a aquellas fracturas que muestran un borde más parejo que, en su momento, fue interpretado sobre base experimental como generado por un marcado previo a lo largo del perímetro del hueso (Mengoni Goñalons 1982; Miotti 1998). Este aspecto sumado al estado cocido del hueso produciría potencialmente este patrón tan característico (Gifford-González 1989; Alhaique 1997).

En un trabajo experimental reciente, Hajduk y Lezcano (2005) consideran que este tipo de bordes tan regulares son el resultado del empleo de los terminales articulares de los huesos largos para una función en particular (e.g., machacador). La acción de golpear usando como borde activo la circunferencia del remanente de diáfisis que poseen estos especímenes articulares generaría esos bordes regulares y algunos otros rastros asociados (e.g., negativos de microlascados transversales al eje longitudinal del hueso).

Quizás, cabe aquí pensar que estamos frente al resultado de dos procesos separados que se enganchan secuencialmente y son parte del repertorio inserto de actividades de reducción y aprovechamiento integral de las presas. En este sentido, el empleo de los terminales articulares como machacador podría estar enmascarando a cualquier otro proceso previo de regularización del borde de la fractura, tal como un marcado (e.g. por golpes o aserrado) anterior a su uso ulterior de manera expeditiva.

Sería, por lo tanto, importante documentar la presencia de fragmentos diafisarios longitudinales o incluso de lascas óseas que muestren un borde transversal regular en alguno de sus extremos. Estos subproductos nos podrían potencialmente servir como indicadores de dicha regularización previa .

El ángulo de la fractura da cuenta del bisel que genera el plano de fractura y la cara externa del hueso. En tal sentido, puede clasificarse en agudo, obtuso o recto. Las dos primeras clases de ángulos son las que generalmente muestran los huesos rotos en estado fresco y la última se asocia con los huesos que no están frescos (Outram 2001; 2002). Este rasgo se complementa con la textura del borde de la fractura que puede ser suave en los huesos frescos o rugoso en los que no lo están (Shipman 1981; Johnson 1985; Outram 2001, 2002; Alcántara et al. 2006).

Recientemente, Outram (2001) propuso el empleo de un índice que combina estos tres primeros criterios (borde, ángulo y textura) que serviría para clasificar a las fracturas según el estado original del hueso en una escala que va del 1 (hueso totalmente fresco) a 6 (ningún atributo de los huesos frescos). De esa manera se da cuenta de las diversas variantes que pueden mostrar las fracturas de los huesos debido al estado (frescos o secos) en que se encontraban cuando fueron rotos y las condiciones particulares (temperatura y medio de exposición al frío o calor) a las que fueron sometidos.

Es importante remarcar que los trabajos experimentales de Outram (2001, 2002, 2004; Outram et al. 2005) han sido innovadores por la variedad de escenarios imaginados, tales como romper huesos en estado fresco, congelados, calentados en el horno, hervidos, sometidos a calor radiante, y expues-

tos a calor radiante estando congelados. Esto le ha permitido analizar los patrones resultantes y usarlos como marco de referencia para estudiar muestras arqueológicas diversas.

Los negativos de impactos en forma de muescas o escotaduras también son un indicador importante de las técnicas empleadas para romper los huesos (Bunn 1989; Capaldo y Blumenshine 1994; Pickering y Egeland 2006). Estos daños se dan, a veces, asociados a otras marcas más discretas tales como las marcas de percusión en la forma de hoyos y estrías (Blumenshine y Selvaggio 1988; Pickering y Egeland 2006). Si bien estas escotaduras son más frecuentes en los fragmentos diafisarios también están presentes en los especímenes epifisarios aunque con menor abundancia.

Asimismo, las muescas y los negativos de lascados se dan tanto por percusión directa como por contragolpe. Al menos esto es lo que muestran los experimentos de rotura de huesos recientemente realizados por Pickering y Egeland (2006). Este trabajo también plantea que algunas muescas son claras y bien definidas y otras menos conspicuas que se presentan como pseudomuescas. También notan que otros atributos tales como la proporción de fragmentos epifisarios y diafisarios, la relación NISP/MNE, el tamaño de los especímenes y el número de golpes necesarios varían en función del hueso que se esté rompiendo. Por ejemplo, hay diferencias cuantitativas notorias entre los daños observados en el húmero y radio que obedecerían a las características estructurales propias de cada uno de estos huesos.

### AGENTES Y PROCESOS QUE PRODUCEN FRACTURAS

Si bien en este artículo hemos enfatizado los aspectos culturales asociados con la producción de fracturas, también hemos visto que los criterios empleados para identificar su origen permiten diagnosticar la acción de otros agentes que no son humanos, algunos biológicos y otros geológico-ambientales. Algunos de ellos son depositacionales y otros postdepositacionales.

La deshidratación progresiva del material óseo postmortem suele producir fisuras en el tejido com-

pacto superficial, que luego pueden transformarse en agrietamientos. La meteorización es uno de los principales procesos naturales no-biológicos que produce esa forma de destrucción (Behrensmeyer 1978). Las fracturas que se producen en material meteorizado suelen presentar un contorno escalonado o columnar (Gifford-Gonzalez 1989; Outram 2001, 2002).

Otro factor tafonómico importante es la acción de los carnívoros. Hay una amplia bibliografía que caracteriza las modificaciones que sufren las carcasas de animales o los huesos sueltos que son alimento de predadores o carroñeros. Los carnívoros no sólo se alimentan de la carne que rodea a los huesos sino también los mastican, roen y tragan. Son numerosos los trabajos que presentan y discuten los daños producidos por estas acciones (e.g. Martin y Borrero 1997; Lotan 2000; Selvaggio y Wilder 2001; Mondini 2001; Pickering et al. 2004; Faith y Behrensmeyer 2006; Muñoz et al. 2008). Además de dejar las huellas de sus dientes, suelen producir fracturas -especialmente en los huesos largos- cuando desean consumir la médula y grasa contenida en el tejido esponjoso de los extremos articulares.

Las fracturas que generan los carnívoros presentan negativos en forma de muescas que resultan de la presión (fuerza estática) ejercida sobre el hueso con sus dientes carniceros, durante el roído o mascado (Binford 1981). Pese a ello es posible distinguir las de las de origen humano. Hay ciertas características morfológicas y métricas que posibilitan diferenciar entre estos agentes (Blumenshine et al. 1996; Capaldo y Blumenshine 1994; Domínguez Rodrigo y Piqueras 2003). Además, las marcas de carnívoros presentan un conjunto de atributos asociados propios (Binford 1981), rasgos que -a veces- sirven para identificar la acción de algún animal en particular (Domínguez Rodrigo y Piqueras 2003).

El pisoteo de los animales (e.g., los ungulados) y los humanos también puede producir la rotura del material óseo (e.g., Behrensmeyer et al. 1986; Borrero 1988; Blasco et al. 2007) y dejar marcas que pueden reconocerse de manera distintiva, aunque a veces pueden simular marcas de corte (Behrensmeyer et al. 1986; Fiorillo 1989).

## ALTERACIONES POR LA ACCIÓN DEL FUEGO

El fuego es un elemento que puede ser usado durante la preparación de los alimentos (Wandsnider 1997). Por eso, es necesario evaluar su empleo en la cocción de la carne (e.g., por asado o hervido) y su potencial efecto sobre los huesos. Hay otras situaciones en las que los huesos pueden entrar en contacto con el calor del fuego. El descarte de los huesos en áreas de combustión o su quemado incidental por el encendido de un fogón sobre ellos también puede producir especímenes termoalterados. Asimismo, puede darse el uso de los huesos como combustible (Théry-Parisot 2002; Joly et al. 2005; Langiano 2006; Merlo 2006).

Es común que los huesos muestren alteraciones como resultado de la acción térmica por exposición directa o indirecta al fuego (Gifford-Gonzalez 1989; Taylor et al. 1995; Bennett 1999; Théry-Parisot 2002; Cain 2005; Hanson y Cain 2007; Merlo 2006).

El criterio más comúnmente empleado es la coloración del hueso (e.g., Shipman et al. 1984; Stiner et al. 1995). La intensidad de la acción térmica suele asociarse con cambios notorios en el color. Así es que pasamos del blancuzco de los huesos crudos al marrón de los quemados, luego llegamos al negro de los carbonizados para finalizar en el gris azulado o blanquecino de los huesos calcinados (Cain 2005). A veces este indicador puede ser complementado con las características de la textura del hueso. Las termoalteraciones pueden producir fisuras, agrietamientos, cuarteaduras y exfoliación (e.g., Buikstra y Swegle 1989; Nicholson 1993). También se ha documentado que la acción térmica produce cambios en la estructura mineral del hueso (Shipman et al. 1984).

El color debe ser tomado con cautela (e.g., Nicholson 1993) dado que algunos minerales pueden teñir el hueso (e.g., Shahack-Gross et al. 1997). Pese a ello es posible sostener que la exposición al fuego y la magnitud de la temperatura covarían con cambios notorios de la coloración del hueso (Buikstra y Swegle 1989; Fernández Jalvo y Perales Piquer 1990; Shipman et al. 1984; Cain 2005). Si bien a partir del color no es posible precisar la temperatura

a la que fue sometido el hueso (Nicholson 1993), se puede, en general, hablar de la etapa de combustión alcanzada por dicho material (Stiner et al. 1995).

También hay que tener en cuenta a los procesos diagenéticos que pueden teñir al material óseo cuando se encuentran encapsulados por sedimentos (Shahack-Gross et al. 1997). En esos casos el color no obedecería a alteraciones de origen térmico sino a otros tipos de factores relacionados con el contexto sedimentario (Nicholson 1993; Shipman et al. 1984; Stiner et al. 1995). Asimismo, es importante ser precavidos dado que algunos de los rasgos descriptos tales como las fisuras y agrietamientos también pueden ser producidos por la meteorización (Nicholson 1993).

Actualmente disponemos de técnicas que posibilitan distinguir huesos quemados de huesos teñidos por sedimentos (Shahack-Gross et al. 1997). También es posible diagnosticar la presencia de huesos quemados mediante el análisis histológico (Hanson y Cain 2007) y otras propiedades (e.g., Joly et al. 2005).

El cocido de los huesos a baja temperatura no necesariamente implica su quemado. Experimentalmente se ha verificado la existencia de cambios en las fibras de colágeno como resultado de las alteraciones producidas durante el asado de carne con hueso (Koon et al. 2003). Estos cambios son previos a cualquier alteración de la estructura cristalina mineral. Sin embargo, es importante notar que ciertas condiciones de enterramiento (sedimentos de bajo pH) pueden producir efectos similares.

El hervido produce pérdida de proteína y un aumento de la cristalinidad y porosidad del hueso. El problema que se plantea es que ciertos procesos diagenéticos pueden producir efectos semejantes (e.g., Surovell y Stiner 2001) sobre algunas de las propiedades físico-químicas del hueso. Esto implica que el hervido no posee una firma unívoca (Roberts et al. 2002).

También se ha observado que la incidencia de marcas en huesos cuya carne ha sido cocida es menor que cuando están crudas (Gifford-Gonzalez 1989; De Nigris 2004). Esto permite relacionar dos

cuestiones: el empleo del fuego como técnica culinaria y la frecuencia con que aparecen las marcas de procesamiento (e.g. marcas de corte producidos por descarnar) cuando la carne asociada a los huesos es removida para su consumo.

### A MODO DE SÍNTESIS

En este artículo hemos tratado de sintetizar de manera muy apretada algunas cuestiones metodológicas que son instrumentales en los trabajos de zooarqueología contemporánea. Los problemas y preguntas que corrientemente se formulan los analistas cuando tratan de comprender la variabilidad de las muestras de arqueofauna constituyen el motor que impulsa la posibilidad de avanzar en estos temas. Todos compartimos la necesidad de cuantificar nuestros datos y hacer diagnósticos precisos de las transformaciones que han sufrido los huesos de animales como resultado de una gama variada de agentes, procesos y elementos actuantes.

Del repertorio de herramientas metodológicas a disposición aquí nos concentramos tan sólo en unas pocas que consideramos ilustrativas desde el punto de vista cultural, tales como los indicadores de la acción antrópica. Esto no significa dejar de lado la consideración de otros tipos de agentes y procesos cuando analizamos muestras óseas. Siempre resulta imprescindible desarrollar un acercamiento metodológico que contemple el monitoreo de los diferentes procesos de formación intervinientes, sean biológicos o geológicos.

Tan sólo pensamos que ésta era una oportunidad para ver en qué estado de desarrollo se encuentran estos diferentes temas puntuales a la luz de los novedosos trabajos experimentales y etnoarqueológicos de los últimos años que han servido para precisar algunos conceptos, aclarar varias dudas y desafiar ciertas ideas previas que se tenían. Afortunadamente, en zooarqueología siempre hay algo nuevo para aprender y compartir con otros colegas.

### BIBLIOGRAFÍA

- Abe, Y., C. W. Marean, P.J. Nilssen, Z. Assefa, y E.C. Stone 2002 The analysis of cutmarks on archaeofauna: a review and critique of quantification procedures, and a new-image analysis GIS approach. *American Antiquity* 67: 643-663.
- Alcántara García, V., R. Barba Egido, J. Maroa Barral de Pinto, A.B. Crespo Ruiz, A.I. Eiriz Vidal, A. Falquina Aparicio, S. Herrero Calleja, A. Ibarra Jiménez, M. Megoas González, M. Pérez Gil, V. Pérez Tello, J. Rolland Calvo; J. Yravedra Sainz de los Terreros, A. Vidal y M. Domínguez-Rodrigo 2006 Determinación de procesos de fractura sobre huesos frescos: un sistema de análisis de los ángulos de los planos de fracturación como discriminador de agentes bióticos. *Trabajos de Prehistoria* 63: 37-45.
- Alhaique, F. 1997 Do patterns of bone breakage differ between cooked and uncooked bones? an experimental approach. *Anthropozoologica* 25/26: 49-56.
- Andrews, P. y J. Cook 1985 Natural modifications to bones in a temperate setting. *Man* 20: 675-91.
- Arroyo-Cabral, J., G.L. Mengoni Goñalons y O.J. Polaco, eds. 2008 *Latin-American Archaeozoology: origins and development*. México D.F. INAH. En prensa.
- Barba, R. y M. Domínguez-Rodrigo 2005 The taphonomic relevance of the analysis of bovid long limb bone shaft features and their application to element identification: study of bone thickness and morphology of the medullary cavity. *Journal of Taphonomy* 3: 29-42.
- Behrensmeyer, A.K. 1978 Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* 4: 150-162.
- Behrensmeyer, A.K., K.D. Gordon y G.T. Yanagi 1986 Trampling as a cause of bone surface damage and pseudo-cutmarks. *Nature* 319: 768-771.
- Behrensmeyer, A.K. y A. R. Hook 1992 Paleoenvironmental contexts and taphonomic modes. En: Behrensmeyer, A.K., J.D. Damuth, W.A. DiMichele, R. Potts, H-D Sues y S.L. Wing, pp. 15-136. Chicago y London: The University of Chicago Press.



- Bello, S. M. y C. Soligo 2007 A new method for the quantitative analysis of cutmark micromorphology. *Journal of Archaeological Science* 35: 1542-1552.
- Bennett, J.L. 1999 Thermal alteration of buried bone. *Journal of Archaeological Science* 26: 1-8.
- Biddick, K.A. y J. Tomenchuk 1975 Quantifying continuous lesions and fractures on long bones. *Journal of Field Archaeology* 2: 239-49.
- Binford, L.R. 1981 *Bones: Ancient Men and Modern Myths*. New York: Academic Press.
- Binford, L.R. 1984 *Faunal Remains from Klasies River Mouth*. Orlando: Academic Press.
- Blasco, R., J. Rosell, J. Fernández Peris, I. Cáceres y J.M Vergés 2008 A new element of trampling: an experimental application on the Level XII faunal record of Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Journal of Archaeological Science* 35: 1605-1618.
- Blumenschine, R.J., 1995 Percussion marks, tooth marks, and experimental determinations of the timing of hominid and carnivore access to long bone at FLK Zinjanthropus, Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution* 29: 21-51.
- Blumenschine, R.J., C.W. Marean y S.D Capaldo 1996 Blind tests 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.
- Blumenschine, R.J. y M.M. Selvaggio 1988 Percussion marks on bone surfaces as a new diagnostic of hominid behaviour.
- Blumenschine, R.J., K. A. Prassack, C. D. Kreger y M. C. Pante 2007 Carnivore tooth-marks, microbial bioerosion, and the invalidation of test of Oldowan hominin scavenging behavior. *Journal of Human Evolution* 53:420-426.
- Borrero, L.A. 1988 Estudios tafonómicos en Tierra del Fuego: su relevancia para entender procesos de formación del registro arqueológico. En: *Arqueología contemporánea argentina: actualidad y perspectivas*, pp. 13-32. Buenos Aires: Ediciones Búsqueda.
- Borrero, L.A. 2007 No direction home: vertebrate taphonomy in Argentina. En: Gutiérrez, M., L. Miotti, G. Barrientos, G. L. Mengoni Goñalons y M. Salemme, eds., *Taphonomy and Zooarchaeology in Argentina*, pp. 1-4. BAR International Series, 1601. Oxford: Archaeopress.
- Braun, D. R., B. L. Pobiner y J. C. Thompson 2008 An experimental investigation of cut mark production and stone tool attrition. *Journal of Archaeological Science* 35: 1216-1223.
- Broughton, J.M. 2002 Prey spatial structure and behavior affect archaeological tests of optimal foraging models: examples from the Emeryville Shellmound vertebrate fauna. *World Archaeology* 34: 60-83.
- Buikstra, J.E. y M. Swegle 1989 Bone modification due to burning: experimental evidence. En: Bonnichsen, R. y M.H Sorg, eds., *Bone Modification*, pp. 247-58. Orono: Center for the Study of the First Americans.
- Bunn, H.T. 1983 Evidence on the diet and subsistence patterns of Plio Pleistocene hominids at Koobi Fora, Kenya, and Olduvai Gorge, Tanzania. En: Clutton Brock y C. Grigson, eds., *Animals and Archaeology, 1: Hunters and their Prey*, pp. 21-30. Oxford: BAR International Series 163.
- Bunn, H.T. 1989 Diagnosing Plio-Pleistocene hominid activity with bone fracture evidence. En: Bonnichsen, R. y M.H, Sorg, eds., *Bone Modification*, pp. 299-316. Orono: Center for the Study of the First Americans.
- Byers, D. A., C. S. Smith y J. M. Broughton 2005 Holocene artiodactyl population histories and large game hunting in the Wyoming Basin, USA. *Journal of Archaeological Science* 32: 125-142.
- Cain, C. R. 2005 Using burned animal bone to look at Middle Stone Age occupation and behavior. *Journal of Archaeological Science* 32: 873-884.
- Capaldo, S.D. y R.J. Blumenschine (1994) A quantitative diagnosis of notches made by hammerstone percussion and carnivore gnawing on bovid long bones. *American Antiquity* 59: 724-48.
- Chaix, L. y P Méniel 2001 *Manual de Arqueozoología*. Barcelona: Ariel Prehistoria.
- Chaplin, R.E. 1971 *The Study of Animal Bones from Archaeological Sites*. New York: Academic Press.
- Choi, K. y D. Driwantoro 2007 Shell tool use by early members of *Homo erectus* in Sangiran, central Java, Indonesia: cut mark evidence. *Journal of Archaeological Science* 34: 48-58.
- Church, R. R. y R. L. Lyman 2003 Small fragments make small differences in efficiency when rendering grease from fractured artiodactyl bones by boiling. *Journal of Archaeological Science* 30: 1077-1084.
- Cleghorn, N. y C. W. Marean 2004 Distinguishing selective transport and in situ attrition: a critical review of analyti-

- cal approaches. *Journal of Taphonomy* 2: 43-67.
- Cook, J. 1986 The application of scanning electron microscopy to taphonomic and archaeological problems. En: Roe, D.A., ed., *Studies in the Upper Palaeolithic of Britain and Northwest Europe*, pp. 143-63. Oxford: BAR International Series 296.
- Corona-M., E. y J. Arroyo-Cabrales, eds. 2007 Human and faunal relationships reviewed: An Archaeozoological approach. BAR International Series 1627. Oxford: Archaeopress.
- Dean, R. M. 2007 Hunting intensification and the Hohokam "collapse" *Journal of Anthropological Archaeology* 26: 109-132.
- De Nigris, M. E. 2004 El consumo en grupos cazadores recolectores: un ejemplo zooarqueológico de Patagonia Meridional. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología.
- D'Errico, F. y P. Villa 1997 Holes and grooves: the contribution of microscopy and taphonomy to the problem of art origins. *Journal of Human Evolution* 33: 1-31.
- Dewbury, A.G. y N. Russell 2007 Relative frequency of butchering cutmarks produced by obsidian and flint: An experimental approach. *Journal of Archaeological Science* 34: 354-357.
- Dobney, K. y K. Rielly 1988 A method for recording archaeological animal bones: the use of diagnostic zones. *Circaea* 5(2): 79-96.
- Domínguez-Rodrigo, M y R. Barba 2006 New estimates of tooth mark and percussion mark frequencies at the FLK Zinj site: the carnivore-hominid-carnivore hypothesis falsified. *Journal of Human Evolution* 50: 170-194.
- Domínguez-Rodrigo y A. Piqueras 2003 The use of tooth pits to identify carnivore taxa in tooth-marked archaeofaunas and their relevance to reconstruct hominid carcass processing behaviours. *Journal of Archaeological Science* 30: 1385-1391.
- Driver, J.C. y J.R. Woiderski 2008 Interpretation of the "lagomorph index" in the American Southwest. *Quaternary International*. En prensa.
- Egeland, C. P. 2003 Carcass processing intensity and cutmark creation: an experimental approach: *Plains Anthropologist* 48: 39-51.
- Eickoff, S. y B. Herrmann 1985 Surface marks on bones from a neolithic collective grave (Odagsen, Lower Saxony). A study on differential diagnosis. *Journal of Human Evolution* 14: 263-74.
- Elkin, D.C. y N.M. Mondini 2001 Human and small carnivore gnawing damage on bones e an exploratory study and its archaeological implications. En: Kuznar, L.A., ed., *Ethnoarchaeology of Andean South America: Contributions to Archaeological Method and Theory*, Ethnoarchaeological Series 4, pp. 255-265. Ann Arbor: International Monographs in Prehistory.
- Enloe, J.G. 1993 Ethnoarchaeology of marrow cracking: implications for the recognition of prehistoric subsistence organization. En: Hudson, J., ed., *From Bones to Behavior: Ethnoarchaeological and Experimental Contributions to the Interpretation of Faunal Remains*, pp. 82-97. Center for Archaeological Investigations, Occasional Paper 21. Southern Illinois University at Carbondale.
- Faith, J.T. 2007 Changes in reindeer body part representation at Grotte XVI, Dordogne, France. *Journal of Archaeological Science* 34: 2003-2011.
- Faith, J. T. y A. K. Behrensmeyer 2006 Changing patterns of carnivore modification in a landscape bone assemblage, Amboseli Park, Kenya. *Journal of Archaeological Science* 33: 1718-1733.
- Fernández, P. M. 2001 Procesamiento del guanaco en el sitio Campo Cerda 1 (Piedra Parada, Chubut, Argentina). En: G. L. Mengoni Goñalons, D. E. Olivera and H. D. Yacobaccio, eds., *El uso de los camélidos a través del tiempo*, pp. 65-90. Buenos Aires: Ediciones del Tridente.
- Fernández Jalvo, y C. Perales Piquer 1990 Análisis macroscópico de huesos quemados experimentalmente. *Comunicaciones de la Reunión de Tafonomía y Fosilización*, pp. 105-114.
- Fiorillo, A.R. 1989 An experimental study of trampling: implications for the fossil record. En: Bonnichsen, R. y M.H. Sorg, eds., *Bone Modification*, pp. 61-71. Orono: Center for the Study of the First Americans.
- Fisher, J W., Jr. 1995 Bone surface modifications in zooarchaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory* 2: 7-68.
- Gibbon, G. 1984 *Anthropological Archaeology*. New York: Columbia University Press.
- Gifford-Gonzalez, D.P. 1989 Ethnographic analogues for interpreting modified bones: some cases from East Africa. En: Bonnichsen, R. y M.H. Sorg, eds., *Bone Modification*, pp. 179-246. Orono: Center for the Study of the First

Americans.

Gifford-Gonzalez, D.P. 1991 Bones are not enough: analogues, knowledge, and interpretive strategies in zooarchaeology. *Journal of Anthropological Archaeology* 10: 215-54.

Grayson, D. K. 1984 *Quantitative Zooarchaeology: Topics in the analysis of archaeological faunas*. Orlando: Academic Press.

Grayson, D. K. 1991 Alpine faunas from the White Mountains, California: adaptive change in the late prehistoric Great Basin. *Journal of Archaeological Science* 18: 483-506.

Grayson D. K. y C.J. Frey 2004 Measuring skeletal part representation in archaeological faunas. *Journal of Taphonomy* 2: 27-42.

Greenfield, H. J. 1998 The origins of metallurgy: distinguishing stone from metal cut-marks on bones from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 26: 797-808.

Hajduk, A. y M.J. Lezcano 2005 Un "nuevo-viejo" integrante del elenco de instrumentos óseos de Patagonia: los machacadores óseos. *Magallania* 33(1): 63-80.

Haynes, G. 1983 Frequencies of spiral and green bone fractures on ungulate limb bone in modern surface assemblages. *American Antiquity* 48: 102-114.

Hanson, M. y C.R. Cain 2007 Examining histology to identify burned bone. *Journal of Archaeological Science* 34:1902-1913.

Hildebrand, M. 1974 *Analysis of Vertebrate Structure*. New York: John Wiley & Sons.

Huelsbeck, D.R. 1991 Faunal remains and consumer behavior: what is being measured? *Historical Archaeology* 25: 62-76.

Janetski, J. C. 1997 Fremont hunting and resource intensification in the Eastern Great Basin. *Journal of Archaeological Science* 24:1075-1088.

Johnson, E. 1985 Current developments in bone technology. En: Schiffer, M., ed., *Advances in Archaeological Method and Theory* 8: 157-235. Orlando: Academic Press.

Joly, D., R.J. March y G. Martínez 2005 Les os brûlés de Paso Otero 5: un témoignage possible de l'utilisation de l'os comme combustible par des chasseurs-cueilleurs de la fin du Pléistocène en Argentine. *ArcheoSciences* 29: 83-93.

Jones, E. L. 2004 Dietary evenness, prey choice, and human-environment interactions. *Journal of Archaeological Science* 31: 307-317.

Jones, E.L. 2006 Prey choice, mass collecting, and the wild European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal of Anthropological Archaeology* 25: 275-282.

Klein, R.G. y K. Cruz-Urbe 1984 *The Analysis of Animal Bones from Archaeological Sites*. Chicago: The University of Chicago Press.

Koon, H. E. C., R. A. Nicholson y M. J. Collins 2003 A practical approach to the identification of low temperature heated bone using TEM. *Journal of Archaeological Science* 30:1393-1399.

Landt, M.J. 2007 Tooth marks and human consumption: ethnoarchaeological mastication research among foragers of the Central African Republic. *Journal of Archaeological Science* 34: 1629-1640.

Langiano, M.C. 2006 Alteración térmica y experiencias de cocción de cerámica con material óseo. En: Funari, P.P. y F.R. Brittez, comp., *Arqueología Histórica en América Latina: Temas y discusiones recientes*, pp. 191-217. Mar del Plata: Ediciones Suárez.

Lotan, E. 2000 Feeding the scavengers. Actualistic taphonomy in the Jordan Valley, Israel. *International Journal of Osteoarchaeology* 10: 407-425.

Lupo, K.D. 1994 Butchering marks and carcass acquisition strategies: distinguishing hunting from scavenging in archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science* 21: 827-37.

Lupo, K.D. y J.F. O'Connell 2002 Cut and tooth mark distribution on large animal bones: ethnoarchaeological data from the Hadza and their implications for current ideas about early human carnivory. *Journal of Archaeological Science* 29: 85-109.

Lupo, K.D. y D.N. Schmitt 1997 Experiments in bone boiling: nutritional returns and archaeological reflections. *Anthropozoologica* 25/26: 137-144.

Lupo, K. D. y D.N. Schmitt 2005 Small prey hunting technology and zooarchaeological measures of taxonomic

- diversity and abundance: ethnoarchaeological evidence from Central African forest foragers. *Journal of Anthropological Archaeology* 24: 335-353.
- Lyman, R.L. 1992 Prehistoric seal and sea-lion butchering on the southern northwest coast. *American Antiquity* 57: 246-61.
- Lyman, R.L. 1994a *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lyman, R.L. 1994b Quantitative units and terminology in zooarchaeology. *American Antiquity* 59: 36-71.
- Lyman R.L. 2003 The influence of time averaging and space averaging on the application of foraging theory in zooarchaeology. *Journal of Archaeological Science* 30: 595-610.
- Lyman, R. L. 2004 The concept of equifinality in taphonomy. *Journal of Taphonomy* 2: 15-26.
- 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. 2008 *Quantitative Paleozoology*. New York: Cambridge University Press.
- Lyman, R.L., E. Power y R.J. Lyman 2003 Quantification and sampling of faunal remains in owl pellets. *Journal of Taphonomy* 1: 3-14.
- Marean, C. W., Y. Abe, P. J. Nilssen y E. C. Stone 2001 Estimating the minimum number of skeletal elements (MNE) in zooarchaeology: a review and a new image-analysis GIS approach. *American Antiquity* 66: 333-348.
- Marean, C. W, M. Domínguez-Rodrigo y T. R. Pickering 2004 Skeletal element equifinality in zooarchaeology begins with method: the evolution and status of the "shaft critique". *Journal of Taphonomy* 2: 69-98.
- Martin, F.M. y L.A. Borrero 1997 A puma lair in southern Patagonia: implications for the archaeological record. *Current Anthropology* 38(3): 453-461.
- Mengoni Goñalons, G.L. 1982 Notas zooarqueológicas I: fracturas en hueso. VII Congreso Nacional de Arqueología, pp. 87-91, Montevideo.
- Mengoni Goñalons, G.L. 1988 Análisis de materiales faunísticos de sitios arqueológicos. Xama, 1: 71-120.
- Mengoni Goñalons, G.L. 1999 *Cazadores de guanacos de la estepa patagónica*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología.
- Mengoni Goñalons, G. L. (editor) 2004 *Zooarchaeology of South America*. BAR International Series, 1298. Oxford: Archaeopress.
- Mengoni Goñalons, G. L. 2007 Archaeofaunal studies in Argentina: a historical overview. En: Gutiérrez, M., L. Miotti, G. Barrientos, G. L. Mengoni Goñalons y M. Salemme, eds., *Taphonomy and Zooarchaeology in Argentina*, pp. 13-34. BAR International Series, 1601. Oxford: Archaeopress.
- Mengoni Goñalons, G. L. 2008a. La Zooarqueología de Sudamérica: su lugar en el mundo. En: *Zooarqueología en el confín del mundo*. Serie de Monografías Arqueológicas, Facultad de Estudios del Patrimonio Cultural de la Universidad Internacional SEK-Chile (UISEK-Chile). En prensa.
- Mengoni Goñalons, G.L. 2008b. Advances in animal bone archaeology in Argentina: general trends and some prospects for the future. En: *Latin-American Archaeozoology: Origins and Development*, G. Mengoni Goñalons, J. Arroyo-Cabrales, and O. J. Polaco, eds. Instituto Nacional de Antropología e Historia y Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología, México. En prensa
- Mengoni Goñalons, G. L. y M. E. De Nigris 1999 Procesamiento de huesos largos de guanaco en Cerro de los Indios 1 (Santa Cruz). En: *Soplando en el viento*. Actas de las III Jornadas de Arqueología de la Patagonia, pp. 461-475. Neuquén-Buenos Aires.
- Merlo, J. 2006 Investigaciones actualísticas – experimentales para la interpretación del registro arqueofaunístico en sitios fortificados del siglo XIX. En: Funari, P.P. y F.R. Brittez, comp., *Arqueología Histórica en América Latina: Temas y discusiones recientes*, pp. 219-243. Mar del Plata: Ediciones Suárez.
- Miotti, L. 1998 *Zooarqueología de la Meseta Central y Costa de Santa Cruz*. Un enfoque de las estrategias adaptativas aborígenes y los paleoambientes. Museo de Historia Natural de San Rafael, San Rafael.
- Mondini, N.M. 2001 Taphonomic action of foxes in Puna rockshelters. A case study in Antofagasta de la Sierra (Province of Catamarca, Argentina). En: Kuznar, L.A., ed., *Ethnoarchaeology of Andean South America: Contributions to Archaeological Method and Theory*, pp. 266-295. Ann Arbor: International Monographs in Prehistory.
- Muñoz, A. S. 2001 El guanaco en la dieta de los cazadores-recolectores del norte de Tierra del Fuego. Análisis de dos casos procedentes del área Bahía Inutil-San Sebastián. En: G. L. Mengoni Goñalons, D. E. Olivera and H. D.

- Yacobaccio, eds., El uso de los camélidos a través del tiempo, pp. 155-178. Buenos Aires: Ediciones del Tridente.
- Muñoz, A.S., M. Mondini, V. Durán y A. Gasco 2008 Los pumas (*Puma concolor*) como agentes tafonómicos. Análisis actualístico de un sitio de matanza en los Andes de Mendoza, Argentina. *Geobios* 41: 123-131.
- Muñoz, A.S. y M. Mondini 2008 Neotropical zooarchaeology and taphonomy. *Quaternary International* 180: 1-4.
- Nicholson, R.A. 1993 A morphological investigation of burnt animal bone and an evaluation of its utility in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 20: 411-428.
- O'Brien, M. J. y R.L. Lyman 2002 The epistemological nature of archaeological units. *Anthropological Theory* 2(1): 37-56.
- O'Connor, T.P. 2000 *The Archaeology of Animal Bones*. College Station: Texas A&M University Press.
- Oliver, J.S. 1989 Analogues and site context: bone damages from Shield Trap Cave (24CB91), Carbon County, Montana, U.S.A. En: Bonnichsen, R. y M.H. Sorg, eds., *Bone Modification*, pp. 73-98. Orono: Center for the Study of the First Americans.
- Oliver, S.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 Remains*, pp. 200-227. Center for Archaeological Investigations, Occasional Paper 21. Southern Illinois University at Carbondale.
- Olsen, S.L. 1988 The identification of stone and metal marks on bone artifacts. En: Olsen, S.L., ed., *Scanning Electron Microscopy in Archaeology*, pp. 337-59. Oxford: BAR International Series.
- Olsen, S. L. y P. Shipman 1988 Surface modification on bone: trampling versus butchery. *Journal of Archaeological Science* 15: 535-53.
- Outram, A. K. 2001 A new approach to identifying bone marrow and grease exploitation: why the "indeterminate" fragments should not be ignored. *Journal of Archaeological Science* 28: 401-410.
- Outram, A. K. 2002 Bone fracture and within-bone nutrients: an experimentally based method for investigating levels of marrow extraction. En: Miracle, P. y N. Milner, eds., *Consuming passions and patterns of consumption*, pp.51-64. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research.
- Outram, A. K. 2004 Applied models and indices vs. high-resolution, observed data: detailed fracture and fragmentation analyses for the investigation of skeletal part abundance patterns. *Journal of Taphonomy* 2: 167-184.
- Outram, A. K., C. J. Knusel, S. Knight y A. F. Harding 2005 Understanding complex fragmented assemblages of human and animal remains: a fully integrated approach. *Journal of Archaeological Science* 32: 1699-1710.
- Pickering, T. R., C. W. Marean y M. Domínguez-Rodrigo 2003 Importance of limb bone shaft fragments in zooarchaeology; a response to "On situ attrition and vertebrate body part profiles" (2002), by M. C. Stiner. *Journal of Archaeological Science* 30: 1469-1482.
- Pickering, T.R., M. Domínguez-Rodrigo, C.P. Egeland y C.K. Brain 2004 Beyond leopards: tooth marks and the contribution of multiple carnivore taxa to the accumulation of the Swartkrans Member 3 fossil assemblage. *Journal of Human Evolution* 46: 595-604.
- Pickering, T. R. y C. P. Egeland 2006 Experimental patterns of hammerstone percussion damage on bones: implications for inferences of carcass processing by humans. *Journal of Archaeological Science* 33: 459-469.
- Potts, R. y P. Shipman 1981 Cutmarks made by stone tools on bones from Olduvai Gorge, Tanzania. *Nature* 291: 577-80.
- Ramenofsky, A.F. y A. Steffen 1998 Units as tools of measurement. En: Ramenofsky, A.F. y A. Steffen, *Unit issues in Archaeology*, pp. 3-17. Salt Lake City: The University of Utah Press.
- Reitz, R. J. y M. A. Masucci 2004 Guangala fishers and farmers: a case study of animal use at El Azúcar, southwestern Ecuador. *University of Pittsburgh Memoirs in Latin American Archaeology* 14.
- Reitz, E. J. y E.S. Wing 1999 *Zooarchaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reitz, E. J. y E.S. Wing 2008 *Zooarchaeology*. Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ringrose, T. J. 1993 Bones counts and statistics: a critique. *Journal of Archaeological Science* 20: 121-57.
- Roberts, S.J., C.I. Smith, A. Millard, M.J. Collins 2002 The taphonomy of cooked bone: characterizing boiling and its physico-chemical effects. *Archaeometry* 44: 485-494.
- Selvaggio, M. M. y J. Wilder 2001 Identifying the involvement of multiple carnivore taxa with archaeological bone assemblages. *Journal of Archaeological Science* 28: 465-470.

- Serjeantson, D. 1991 "Rid grasse of bones": a taphonomic study of the bones from midden deposits at the neolithic and bronze age site of Runnymede, Surrey, England. *International Journal of Osteoarchaeology* 1: 73-89.
- Shahack-Gross, R., O. Bar-Yosef y S. Weiner 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: 357-86.
- Shipman, P., G. Foster y M. Schoeninger 1984 Burnt bones and teeth: an experimental study of color, morphology, crystal structure and shrinkage. *Journal of Archaeological Science* 11: 307-25.
- Shipman, P y J. Rose 1983 Early hominid hunting, butchering, and carcass processing behaviors: approaches to the fossil record. *Journal of Anthropological Archaeology* 2: 57-98.
- Stahl, P. 2000 Archaeofaunal accumulation, fragmented forests, and anthropogenic landscape mosaics in the tropical lowlands of prehispanic Ecuador. *Latin American Antiquity*: 11: 241-257.
- Stiner, M.C. 1994 *Honor Among Thieves: A Zooarchaeological Study of Neanderthal Ecology*. Princeton: Princeton University Press.
- Stiner, M.C. 2002 On situ attrition and vertebrate body part profiles. *Journal of Archaeological Science* 29: 979-991.
- Stiner, M. C., S.L. Kuhn, S. Weiner y O. Bar-Josef 1995 Differential burning, recrystallization, and fragmentation of archaeological bone. *Journal of Archaeological Science* 22: 223-37.
- Stiner, M.C. y N.D. Munro 2002 Approaches to prehistoric diet breadth, demography, and prey ranking systems in time and space. *Journal of Archaeological Method and Theory* 9: 181-214.
- Surovell, T.A. y M.C. Stiner 2001 Standardizing infra-red measures of bone mineral crystallinity: an experimental approach. *Journal of Archaeological Science* 28: 633-642.
- Taylor, R.E., P.E. Hare y T.D. White 1995 Geochemical criteria for thermal alteration of bone. *Journal of Archaeological Science* 22: 115-9.
- Théry-Parisot, I. 2002 Fuel management (bone and wood) during the Lower Aurignacian in the Pataud Rock Shelter (Lower Palaeolithic, Les Eyzies de Tayac, Dordogne, France): contribution of experimentation. *Journal of Archaeological Science* 29: 1415-1421.
- Thomas, D. H. 1976 *Figuring Anthropology*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Todd, L.C. y D.J. Rapson 1988 Long bone fragmentation and interpretation of faunal assemblages: approaches to comparative analysis. *Journal of Archaeological Science* 15: 307-25.
- Todd, L.C. y D.J. Stanford 1992 Application of conjoined bone data to site structural studies. En: Hofman, J.L. y J.G. Enloe, eds., *Piecing Together the Past: Applications of Refitting Studies in Archaeology*. Oxford: BAR International Series 578.
- Toth, N. y M. Woods 1989 Molluscan shell knives and experimental cut-marks on bones. *Journal of Field Archaeology* 16: 250-5.
- Ugan, A. 2005 Climate, bone density, and resource depression: What is driving variation in large and small game in Fremont archaeofaunas? *Journal of Anthropological Archaeology* 24: 227-251.
- Villa, P. y E. Mahieu 1991 Breakage patterns of human long bones. *Journal of Human Evolution* 20: 1-22.
- Walker, P.L. 1978 Butchering and stone tool function. *American Antiquity* 43: 710-14.
- Walker, P.L. y J.C. Long 1977 An experimental study of the morphological characteristics of tool marks. *American Antiquity* 42: 605-16.
- Wandsnider, L. 1997 The roasted and the boiled: food composition and heat treatment with special emphasis on pit-hearth cooking. *Journal of Anthropological Archaeology* 16: 1-48.
- Watson, J.P.N. 1972 Fragmentation analysis of animal bone samples from archaeological sites. *Archaeometry* 14(2): 221-227.
- West, J. A. y J. Louys 2007 Differentiating bamboo from stone tool cut marks in the zooarchaeological record, with a discussion on the use of bamboo knives. *Journal of Archaeological Science* 34: 512-518.
- White, T.D. 1992 *Prehistoric Cannibalism at Mancos 5MTUMR-2346*. Princeton: Princeton University Press.
- Williams, J.M. y G.G. Colomb 2003 *The Craft of Argument*. New York: Longman.

Zooarqueología en la práctica: algunos temas metodológicos

Willis, L.M., M.I. Eren y T. C. Rick 2008 Does butchering fish leave cut marks? *Journal of Archaeological Science* 35: 1438-1444.

Yellen, J.E. 1977 Cultural patterning in faunal remains: evidence from the !Kung bushmen. En: Ingersoll, D., J.E. Yellen y W. MacDonald, eds., *Experimental Archaeology*, pp. 271-331. New York: Columbia University Press.