

*La tafonomía como ciencia:
aspectos epistemológicos*

*The Taphonomy as a science:
an epistemologic approach*

Emiliano AGUIRRE

Museo Nacional de Ciencias Naturales C.S.I.C.
J. Gutiérrez Abascal, 2, E-2806 Madrid

RESUMEN

Se analiza el concepto de Tafonomía en su etimología y por su contenido y límites, discutiendo si debe incluirse o no el proceso de fosilización. Siguen consideraciones sobre el sujeto —los fósiles y sus trazas de alteración— y los objetos —agentes, procesos y condiciones de alteración— de esta disciplina, el método y predictibilidad, y otras calidades del conocimiento tafonómico, que llevan al reconocimiento de la Tafonomía como una ciencia, o disciplina científica, propiamente, no meramente un campo metodológico. Las posibilidades de calibración y discriminación cronológicas merecen especial atención, y se pormenorizan casos de yacimientos prehistóricos en karst.

Palabras clave: Tafonomía, Tafón, Fosilización, Fósil, Paleogeografía, Paleoecología, Calibración geocronológica.

ABSTRACT

The meaning of Taphonomy is analyzed etymologically and on the ground of its content and boundaries, with a discussion about including or not the precise fossilization processes. Considerations follow on the subject —fossils and alteration marks—, and object —agents, processes and en-

vironmental conditions— of this approach, method and predictability, and on other qualities of taphonomic knowledge, that force to recognizing Taphonomy as a science —or scientific approach— properly, more than purely a methodological field. The possibilities for chronological calibration and resolution deserve particular attention, and cases are presented of prehistoric sites in karst deposits.

Key words: Taphonomy, Taphon, Fossil, Fossilization, Palaeogeography, Palaeoecology, Geochronological Calibration.

El interés por la Tafonomía crece considerablemente en estos años y vemos aumentar el número de publicaciones que incluyen el término Tafonomía en el título o entre las «palabras clave». Sin embargo, también es verdad que no pocos discuten aún y objetan a la consideración de la Tafonomía como ciencia. Puede que a estos últimos no menos que a los que se introducen ahora en el estudio de los fósiles, y cierto más que a los ya tafonomistas avezados, interesen unas consideraciones sobre definición de la Tafonomía, los sujetos y objetos de su estudio, y algunos aspectos epistemológicos de su desarrollo y aplicación.

DELIMITACIONES DEL CONCEPTO DE TAFONOMÍA

Sea nuestra primera consideración la de orden etimológico. Tafonomía es nombre compuesto de dos raíces griegas: «*tafos*» = sepultura, y «*nomos*» = ley, o norma. Como en «agronomía», según el Diccionario de la R.A.E. En cambio, según el mismo diccionario, la componente «nomía» en la composición de «economía» viene de otra raíz griega, esta vez un verbo, «*nemo*» = administrar. No nos cabe duda de que para componer el vocablo Tafonomía, su inventor, Efremov, pensó en leyes o patrones del discurso científico más que en prácticas administrativas. En cuanto a la otra raíz componente está claro que el sabio ruso quiso referirse al trámite concreto de la inhumación o sepelio, esto es al tránsito entre el hecho de la muerte de un organismo, o punto final de la situación de viviente, y el momento en que puede afirmarse que queda sepultado.

En un sentido estricto, o «*in fieri*», el tafón no es todavía fósil, ni está aún haciéndose fósil, o «fossilizando», cuando está siendo sepultado entre sedimentos. La fosilización propiamente dicha afecta al tafón ya en situación de enterrado, in-humado, incorporado al sedimento, como tal. Es

verdad que muchos tafones o partes de ellos se destruyen en el proceso de enterramiento y sólo conocemos los que llegan a fosilizar. De aquí que la Tafonomía esté radicalmente vinculada a la Paleontología y tenga con las disciplinas paleontológicas estrecha afinidad en los métodos, si bien sus contenidos informativos y sus resultados interesan a una diversidad de ciencias esencialmente distintas de la Paleontología.

Se ha dicho que la investigación tafonómica no versa sobre organismos vivos, ni siquiera sobre materia orgánica de tales seres, en directo (Fernández, 1989); y tampoco, directamente, sobre aspectos de los fósiles tales como su clasificación según los organismos a que pertenecieron y que actualmente representan, qué relación de parentesco o descendencia guardan unos respecto a otros, cómo se sucedieron en el tiempo, qué presiones ambientales superaron —que son objeto de las diversas disciplinas o partes de la Paleontología.

El nombre de «tafón» —sujeto de la Tafonomía— se da ante todo al despojo cadavérico o parte de él que se halla en proceso de ser sepultado con y entre sedimentos —esto es, «enterrado» literalmente—, pero puede aplicarse también al resto ya enterrado y que es sujeto a los procesos estrictamente de fosilización, los que acabarán convirtiéndolo en fósil.

La Tafonomía, pues, ha de estudiar todo lo que precede y conduce a la situación de resto orgánico depositado en sedimentos. Esto por lo menos, pues cabe discutir si esencialmente es tarea de la Tafonomía el estudio de los procesos que afectan al resto orgánico depositado y lo convierten en fósil. Unos y otros procesos son de naturaleza muy distinta y, algo que tiene un interés muy particular, se desarrollan con ritmos o «tiempos» muy diferentes.

TAFONOMÍA Y FOSILIZACIÓN

Hablamos en ésta, y en otras ocasiones, de «Tafonomía y fosilización». Los significados de estos dos términos no son del mismo orden. La fosilización es un proceso, y pretendemos que la Tafonomía es una disciplina, o rama de la ciencia que estudia una diversidad de procesos, sus paradigmas y predictibilidad. El reunir estos dos términos de modo explícito en un título institucional, u operativo a gran escala, parece indicar que cabe alguna duda de si la fosilización es o no un proceso tafonómico, como si fuera conveniente o necesario justificar el incluir estudios sobre fosilización entre las tareas pertinentes en Tafonomía. No parece, pues, fuera de lugar que examinemos someramente cuáles son los términos básicos y

los tiempos, que pueden dar lugar a tales dudas sobre la pertinencia de la fosilización en el quehacer propio de la Tafonomía. Por lo menos tal examen puede mejorar la distinción con que podamos definir qué género de información se pretende y puede alcanzar como objeto de conocimiento en los estudios tafonómicos.

De aquí vendrá el que consideremos si hay una o dos tafonomías, o una tafonomía con dos partes, o una tafonomía estricta con un apéndice. La distinción parece señalarse en la definición de Villalaín (1992), según la cual la Tafonomía estudia la transición de estructuras, que formaron parte de un organismo vivo, desde la biosfera a la litosfera: puesto que la fosilización y sus procesos afectan al tafón ya en la segunda. Por otra parte, parece claro que los procesos que conducen al enterramiento son condición previa a la fosilización, aun cuando no necesariamente conducen a ella, puesto que pueden ir acompañados de factores destructivos de todas las estructuras y partes residuales de los organismos.

En cuanto a los tiempos (*«tempi»* en el sentido musical), el hecho de la muerte, límite inicial de las observaciones y procesos tafonómicos, es instantáneo y por ello netamente definido en el tiempo. El tiempo en que transcurren los fenómenos que conducen al enterramiento o deposición es forzosamente breve. En cambio los procesos que llevan a la fosilización, incluidos los de fosildiagénesis, llevan un tiempo generalmente largo —más largo aún, si se considera que un resto orgánico que forma parte de una roca sedimentaria no acaba en realidad de ser «fósil», en sentido etimológico, hasta que es desenterrado, extraído de la roca sedimentaria, o al menos expuesto al aflorar ésta bien en plano de estratificación o bien en sección. Por otra parte, procesos estrictos de fosilización, o cambios diagenéticos pueden empezar antes de que la compactación o consolidación del depósito haya concluido. El límite terminal del enterramiento es, pues, diacrónico e indefinido. La fosilización puede así comenzar antes y continuarse después de concluido el enterramiento. Entre enterramiento y fosilización hay entonces solapamiento en el tiempo. Pero no olvidemos que puede haber inhumación sin que siga fosilización: éste puede ser un criterio que ayude a deslindar estos dos conceptos, y con ello dos partes de la tafonomía que tratan de procesos distintos, aun cuando difíciles de separar. Desde un punto de vista conceptual, no habría pues mayor inconveniente en incluir, entre los variados procesos que estudia la Tafonomía, el de fosilización, como el proceso que pone final positivo, o sella la situación de inhumado y preservado como registro al cuerpo que pasó las situaciones transitorias del tafón. Este sólo pasaría a ser fósil, en sentido estricto, al ser hallado y exhumado, esto es al ser sujeto de afloramiento y extracción (fó-

sil, del latín *fossilis* = extraído de la tierra). En este sentido ampliado pueden incluirse en la tafonomía los fenómenos de fosildiagénesis, deformaciones de origen tectónico y otros (Martín Escorza, 1992).

Tomando «tafón» en el sentido más estricto (y ‘procesos tafonómicos’) habría contrasentido en incluir en el estudio tafonómico las contaminaciones estratigráficas por erosión, deslizamientos y otros fenómenos que mezclan tafones recientes con fósiles de cuerpos sedimentarios más antiguos. Aquí se produce una exhumación y por lo tanto un nuevo enterramiento, o redeposición. El resto orgánico, en este caso, retorna al estado y situaciones de tafón, que se pasan con los nuevos tafones, pero precisamente con signos de identidad histórica que lo distinguen de éstos, y son de suma utilidad por ello en Estratigrafía.

A las definiciones ya conocidas de esta disciplina podríamos, según lo dicho, añadir otra más diciendo que, la Tafonomía es una rama de las ciencias de la naturaleza que estudia los agentes y procesos que han dejado señales en restos mortales de organismos —individualmente o en conjunto— hasta completarse el enterramiento de tales restos, y los procesos de su fosilización.

SUJETOS DEL ESTUDIO TAFONÓMICO

El campo epistemológico de la Tafonomía comprende ante todo lo que podemos llamar sus sujetos y objetos. Los sujetos del estudio tafonómico son aquellas partes de los organismos que, después de la muerte de éstos, permanecen de algún modo, con cierta individualidad, hasta quedar enterradas, por procesos naturales, de sedimentación. Son los llamadas tafones, o bien «entidades conservadas» (Fernández, 1989). No llegarán hasta nosotros como tales, sino como fósiles.

No olvidemos que el sujeto de la Tafonomía no es propiamente el fósil como representación de un organismo completo que vivió un tiempo, la constitución anatómica de éste, su clasificación en los tipos y jerarquías de los seres vivos, sus rasgos adaptativos o sus afinidades evolutivas; sino justamente las partes conservadas, en cuanto conservadas y afectadas por varias acciones y procesos que terminaron con su inhumación, y fosilización posterior. Obviamente, el organismo representado, su clasificación, condiciones y medios de vida, y lo demás, interesan y su conocimiento es indispensable desde el punto de partida: pero no constituyen el sujeto de este estudio *in recto*, sino *in obliquo*, como información y referencia necesaria. Son, pues, sujeto de la investigación tafonómica básicamente el ca-

dáver (Villalaín, 1992) y, en general, tejidos y estructuras resistentes de los organismos. Son resistentes a los agentes de destrucción algunas membranas del grupo de las exinas —la esporopolenina—, y todo tipo de estructuras mineralizadas, llamadas esqueléticas, como corales, conchas, placas, huesos, dientes y similares. Sólo en circunstancias especiales, las partes blandas llegan a ser tafón conservado en estado fósil.

Más propiamente entendemos como «sujeto» de la Tafonomía aquellos accidentes observables en dichos restos y su contexto inmediato que se someten al análisis tafonómico, y se examinan como eventuales señales o huellas dejadas por los agentes y procesos que mediaron hasta la inhumación y fosilización del resto cadavérico. Estos agentes, procesos y otras condiciones circunstanciales no son observables sino inferibles: son, por tanto, lo que se pretende conocer, y los consideramos «objeto» de la investigación tafonómica (ver más abajo).

Ante todo, la entidad y la unidad del sujeto tafonómico se ven notablemente afectadas a lo largo del proceso tafológico: éstas son inconstantes y se ven a menudo reducidas en el intervalo, divididas en fragmentos, afectadas por grandes pérdidas cuantitativas y de calidad. Ello hace valiosos aun los fósiles que desechaba el paleontólogo sistemático por la imposibilidad de reconocer en ellos los rasgos diagnósticos de la especie taxonómica. Ésta es una gran diferencia fundamental, en cuanto a los restos fósiles sujeto de estudio, entre la Tafología y la Paleontología sistemática.

Conviene insistir en que señales de los procesos tafonómicos, que constituyen la información tafonómica transmitida, pueden hallarse, bien en el propio fósil —resto transformado y conservado— alterándolo o modificándolo, o bien en su entorno inmediato dentro del cuerpo sedimentario. De aquí la necesidad de extraer muestras íntegramente circunstanciadas o contextualizadas. Entre las señales de alteración tafonómica se estudian, pues, pautas y grados de desmembración y fracturación, erosión y diversas alteraciones superficiales, así como la disociación y la asociación de elementos que, en vida de los organismos, se hallarían respectivamente unidos o separados.

OBJETOS DEL ESTUDIO TAFONÓMICO

Estos son, como decíamos, las acciones y los factores responsables de los efectos de alteración observados en los fósiles, y producidos antes o en el transcurso de su inhumación. Consideramos, pues, aquí primero los diversos procesos que afectan a los fósiles y se pretende inferir por las hue-

llas o marcas de alteración patentes en éstos. En segundo lugar, buscamos conocer los medios en que unas y otras alteraciones pueden producirse y las condicionan. El tercer objeto de esta investigación son los agentes o factores de tales alteraciones y procesos, cuya identificación es un propósito central de la Tafonomía. Sólo el enunciado de estos diferentes objetos deja ver la amplitud del campo de la ciencia tafológica y las principales orientaciones de su aplicación a otros sectores del conocimiento, sobre todo entre las Ciencias de la Tierra.

ACCIONES CON EFECTO TAFONÓMICO

Las modificaciones que pueden afectar a un resto orgánico en situación postmortal, o a restos postmortales de una comunidad biótica, se refieren, bien a su integridad, a su situación local, o en el espacio geográfico, a su composición química o a otros aspectos, y en el caso de comunidades o biomas a su composición o asociación.

La composición de un organismo es lo primero que se altera por el rápido desarrollo de actividad química en el sentido de reacciones entrópicas y tendentes a compuestos estables, y de actividad biológica a cargo de sujetos distintos del organismo muerto. La destrucción de los órganos más vitales y los tejidos blandos sobreviene siguiendo de muy cerca a la muerte. Por ello es muy significativa respecto a condiciones ambientales la momificación, o fosilización de partes blandas o de cuerpos de organismos sin esqueleto. Los tejidos minerales o partes esqueléticas pueden ser alterados en su composición por decalcificación, oxidación, hidrólisis, hasta su descomposición total. La integridad física de las partes minerales o duras de organismos esqueléticos sufre a raíz de la muerte desarticulación o despiece en los esqueletos compuestos de bivalvos, vertebrados y ciertos articulados. Estas partes y órganos son también sujeto de *fracturas* y *erosiones*: éstas a su vez son de tipos y modalidades muy diversas según los agentes y las condiciones en que se producen.

Los restos resistentes de un organismo —o de los componentes de una biota— pueden ser enterrados en el mismo lugar de vida y/o de muerte, en postura de vida o con cambio de postura, o bien sufrir desplazamiento. De aquí el concepto de fósil *autóctono* o *alóctono*, y la distinción entre *biocenosis*, *tanatocenosis* y *tafocenosis*. Es pues necesario tener en cuenta los eventuales efectos de transporte para cualquier intento de definición, caracterización o correlación de una unidad estratigráfica por su contenido fósil.

Es exigible al tafonomista, distinguir, entre los fósiles de un mismo nivel y microespacio sedimentario, los que yacen en el lugar de muerte y los que han sido allí depositados mediante *arrastre*, *flotación* o *deslizamiento*; asimismo, diagnosticar los fenómenos de *acumulación* y los patrones de *dispersión* que afectan a los distintos fósiles y a sus conjuntos, y también los fenómenos de *triado*, o concentración y dispersión *selectiva* de tafones de diferentes especies componentes de una biota, o bien correspondientes a individuos de diferentes edades para una misma especie, o a distintas piezas esqueléticas ya de un individuo ya de diversas especies.

Otras acciones que sufren los tafones y son identificables por señales que se conservan en la estructura o aspecto de sus fósiles son *calentamiento*, *gelivación*, *hidratación*, *deshidratación*. Cambios químicos como la *racemización* de los aminoácidos y otros tipos de *isomerización*, la *descomposición* de moléculas complejas como los fluofosfatos, o la *estabilización isotópica*, comienzan justo a raíz de la muerte orgánica, pero trascienden los procesos tafonómicos y de fosilización, y son altamente útiles como relojes geocronométricos. Tienen interés paleoecológico las mordeduras y cualesquiera agresiones de predadores, y usos culturales.

AGENTES TAFONÓMICOS

El factor responsable de los fenómenos mencionados en el párrafo anterior puede, o bien ser un agente químico, o variable física concreta como arenas en movimiento, o fuego, o bien todo un proceso influenciado a su vez por un número de variables y de acción extensa o global, como un cambio climático. La acción de unos y otros agentes varía sensiblemente según el medio deposicional. De aquí la gran diversidad entre los problemas de que trata la Tafonomía, la variedad y también la complejidad de las áreas sistémicas en que se han de ocupar los tafonomistas según la edad y la paleogeografía de los sedimentos, o según los grupos de fósiles que estudien; y de ahí también el carácter interdisciplinar de esta ciencia y la amplitud y diversidad de su campo de aplicación, del que hablaremos más abajo.

Especial interés tienen las alteraciones producidas por agentes biológicos —rádulas de gasterópodos, anélidos, parásitos o simbioses, raíces, dientes de carnívoros— en conchas, huesos y corales. En determinados campos interesa distinguir y detectar las señales debidas a utensilios manejados por seres humanos, así como eventuales trazas de aplicación del fósil como instrumento.

AMBIENTES TAFONÓMICOS

Obviamente, distintos son los factores y procesos tafonómicos que se podrán identificar en medios marinos, según se trate de zonas pelágicas o abisales, de plataforma, litorales —y aquí según sea sublitorales o circalitorales, etc.—, y según la situación sea oceánica, de mar epicontinental, somero o profundo, estrecho, bahía, estuario. El estudio tafonómico contribuirá a identificar en cada caso los cambios y tendencias en las distintas formas geográficas, y en sus variables y gradientes de profundidad, corrientes, mareas y tempestades. También son múltiples las variables y situaciones que el estudio tafonómico ayuda a investigar en medios lacustres y fluviales, montanos y de llanuras, en cuevas, en diferentes tipos de suelos y distintas asociaciones vegetales.

Dentro de estos medios sedimentarios, conocidos de un modo más general, el tafón puede hallarse, bien en situación subaérea expuesto a la acción atmosférica, bien en medio acuoso, líquido o en fase de saturación, o bien enterrado en sedimento no totalmente consolidado como fangos o lodos, más o menos móvil, acompañado por partículas en suspensión gruesas o finas, o entre dos medios, uno sólido y otro líquido, o entre fases alternantes como en estuarios y playas afectadas por la marea, en turbas, o en suelos vegetales.

El estudio tafonómico, pues, de los fósiles más precarios puede rendir información muy detallada de situaciones geográficas y estacionales para cada cuerpo sedimentario local y regional y de sus cambios en una secuencia de estratos.

MÉTODO Y PREDICTIBILIDAD EN TAFONOMÍA

El conocimiento tafonómico tiene, pues, sujeto, objeto, y por consiguiente método y un campo definidos, que se distinguen bien de los de otras Ciencias de la naturaleza; su campo no puede contenerse totalmente en ninguna de las más afines y próximas, aun cuando se compartan tramos metódicos y técnicas analíticas, según los casos. En Tafonomía, además de los métodos analíticos más sofisticados, se requieren —y son practicados— el método estadístico para cuantificar la presencia y extensión de señales o intensidad de las acciones, y el método experimental para contrastar y proponer hipótesis sobre relación entre la marca de alteración y el factor determinante o los condicionantes.

Aun cuando se la considere como subdisciplina o parte de la Paleontología por basarse su discurso en fósiles como sujeto, la Tafonomía extiende por lo dicho el campo de objetos y método cubierto por otras disciplinas paleontológicas, y trabaja con un sujeto definido diferencialmente con respecto a todas aquéllas que tratan del fósil como remanencia de organismos vivos clasificados y nombrados como tales. Se puede, pues, hablar de «Tafología» propiamente, usando el mismo radical indicativo de discurso como en otras disciplinas del conocimiento.

La predicción exigible en toda ciencia, además de unos principios básicos, es posible y es un hecho en Tafología —con grados obviamente, según la complejidad de las situaciones y los sistemas que se investiguen. En esta ciencia se trata centralmente de discriminación. Se distinguen con acierto la geometría de un ambiente marino y variables físicas de las corrientes; se distingue— con mayor o menor resolución —el predador que ha regurgitado los huesos y dientes de pequeños vertebrados, y si el medio es cueva abierta, cerrada o desplomada (Fernández-Jalvo y Andrews, 1992); se distingue si un hueso ha sido mordido por un predador o un carroñero, roído por raíces vegetales, descarnado con sílex por un humano, o afectado por más de uno de estos agentes, sucesivamente.

Uno de los primeros casos en que se ensayó la aplicación del análisis comparativo de dimensiones en fragmentos óseos como discriminante de los agentes consumidores, versó acerca de la atribución a lobos marsupiales, o a pobladores humanos de diversas acumulaciones de tales fragmentos en una secuencia de niveles de cueva de Australia (Rincón y Aguirre, 1974). Se comprobó, con análisis de formato y forma y con distancias de Mollison que en 4 niveles de ocupación el agente de la fragmentación había sido el lobo marsupial y que al menos en dos de los niveles restantes la acción era atribuible al agente humano, así como en otras dos ocupaciones en abrigo. Se proponía asimismo el método para discriminar los patrones de fragmentación que pudieran corresponder a la hipótesis de utilización instrumental intencionada de fragmentos óseos —investigación que está aún por continuar.

La determinación de si unos restos óseos han sido o no desplazados, ya por largo transporte o por breve deslizamiento, del lugar de apresamiento, despiece o consumo de una presa animal es de gran interés para la investigación paleoecológica y paleoeconómica de poblaciones humanas y prehistóricas. El método experimental y la microscopía electrónica se aplican en éste, como en otros campos de la Tafonomía (Fernández-Jalvo & Andrews, 1992).

EXTENSIÓN Y CUALIFICACIÓN DEL CONOCIMIENTO TAFONÓMICO

A diferencia de lo corriente en los estudios sedimentológicos sobre series estratigráficas, la lectura e interpretación de las señales tafonómicas conduce no sólo a inferir condiciones paleogeográficas, paleoclimáticas y paleoecológicas de los lapsos de tiempo en que se deposita el material sedimentario sino también a identificar condiciones y factores producidos en los intervalos no deposicionales, hiatos o lagunas sedimentarias, inclusive la sucesión de éstos, y a estimar su duración. Las inferencias tafonómicas pueden tener valor cognoscitivo distinto, según la capacidad o elementos de juicio en cada caso para despejar dudas, añadir variables o detectar sesgos.

Es preciso indicar el peso epistemológico, grado de certeza o probabilidad de los resultados y escenarios en cada caso, indicar lo que falta, la duda aún no despejada. El contraste con datos del contexto inferibles por otras disciplinas es necesario.

Muchos efectos de agentes tafonómicos y, por tanto, su señal y su inferencia, pueden depender de la naturaleza del organismo al que perteneció el tafón: aquí se depende del conocimiento paleobiológico (S. Fernández, 1989). Por otra parte, las frecuencias de tamaños de un taxón y de las edades de muerte de los individuos en que se aprecian huellas de bioerosión pueden ilustrar sobre presiones selectivas que condicionaron su evolución (Martinell, 1989).

Con lo dicho hasta aquí, apenas he hecho sino repetir cosas bien sabidas sobre la Tafonomía quizás con un resumen ligeramente diferente de lo ya conocido, recogido y bien ponderado por otros colegas.

Podemos terminar este recorrido recordando sumariamente en qué campos y a qué problemas se aplica el conocimiento preciso alcanzado por el análisis tafológico sobre los procesos y agentes de alteraciones, relacionados con la muerte o postmortales que se registran en las señales de alteración observables en los fósiles.

CONEXIONES DE LA TAFONOMÍA Y EL PARÁMETRO TIEMPO.

Obviamente, lo apuntado sobre procesos, medios y agentes de alteración ya ha servido de indicación sobre las cuestiones y discursos de muy diversas disciplinas que necesitan de la inferencia tafonómica y con aumento exponencial se sirven hoy de este cuerpo científico. Las disciplinas sedimentológicas y estratigráficas, pero también y muy especialmente la

paleogeografía y la paleoecología, pueden obtener datos muy precisos del examen de las evidencias tafonómicas, tanto para ilustrar las condiciones de un estrato como los cambios a lo largo de una secuencia, o un seguro elemento de contraste para otras observaciones o deducciones sobre evolución de los medios sedimentarios, y por lo tanto paleogeográfica a nivel regional, con alta precisión. La dependencia de agentes bioerosivos y sus huellas típicas con respecto a la tasa o velocidad de sedimentación es ponderada por Martinell (1989).

Muy especialmente se está cultivando el método tafonómico por arqueólogos, en los yacimientos, para abordar una amplia gama de problemas en prehistoria tanto reciente como la más remota y problemática (Díez, 1996). La Tafonomía es ingrediente en otros varios bloques de investigación interdisciplinar. Esto no quiere decir que la Tafonomía no sea ciencia con identidad propia. Por ejemplo, también la bioquímica tiene muchas conexiones y se aplica en distintos campos. La Tafonomía, pues, como disciplina que estudia los diversos procesos que han afectado a la formación del registro fósil y dejado huella en él, ofrece sus análisis y resultados a otras investigaciones —geológicas, biológicas, prehistóricas— que versan sobre diferentes aspectos del desarrollo histórico de la Tierra y de la Vida.

Respecto al parámetro tiempo, la investigación tafonómica conduce a una calibración muy precisa para los fenómenos observados y deducidos, pues el tiempo de la inhumación de un despojo mortal ha de ser necesariamente breve. Si se alarga, lo normal es que sobrevenga la destrucción, en medio acuoso, edáfico o subaéreo, así como en el interior de cavidades. Los tafones fosilizados corresponden normalmente a sólo los días finales de un intervalo previo a la deposición del material sedimentario fosilizante o de la matriz. Son, pues, con sus accidentes o señales, registros de procesos y circunstancias, o de sus cambios y alteraciones del régimen, de muy corta duración y, salvo excepción, no ilustran sobre condiciones extensivas a todo el hiato o inconformidad.

CASOS DE SINCRONÍA O HETEROCRONÍAS EN SERIES KÁRSTICAS

Como ejemplo de esto último, cabe recordar algo de lo que ocurre en depósitos de cuevas, que constituyen un área de aplicación de estudio tafológico muy relevante en estudio de prehistoria y evolución humana.

Las etapas de todo el proceso de conservación o destrucción de partes esqueléticas de vertebrados en una cavidad kárstica son:

1.^a etapa: Consideramos primero el aporte o la introducción del material, bien con el organismo vivo todavía en el caso de frecuentadores de cuevas, o cavernícolas, y en el de caída accidental en sima o «trampa natural»; o bien en forma de despojo —caza, carroña, egagrópilas— pasivamente introducido por consumidores secundarios (Alcover, 1992); o como materia prima para artificios.

2.^a etapa: En unos y otros casos, el material esquelético puede sufrir varias transformaciones por la acción de consumidores o artífices antes de quedar definitivamente abandonado o depositado sobre un fondo de la cueva.

3.^a etapa: El tiempo de exposición de piezas esqueléticas en un fondo de cueva, antes de quedar enterradas, puede variar considerablemente; pero hasta un cierto límite. Los huesos expuestos largo tiempo en un fondo de cueva, sin ser englobados con otros materiales en matriz fina, o en costras carbonatadas, son fácilmente destruidos, y reducidos a polvo o limo. Son factores interactivos de esta destrucción el tiempo, la meteorización sobre todo por humedad, la situación dentro del karst, las características físico-químicas del suelo. La meteorización mecánica contará más en fases frías y la química en fases cálidas. Sólo en el caso de que sobrevengan aportes de modo súbito luego de la deposición de los huesos o de la muerte de los organismos, podrán los restos esqueléticos ser conservados como fósiles.

Puede ocurrir que se repita el depósito de materiales esqueléticos, unos sobre otros sin que vengan aportes sedimentarios a enterrarlos. Ordinariamente, los primeros que fueron depositados serán destruidos en tiempos en que la humedad sea un factor importante en el suelo: sólo fosilizarán y llegarán hasta nosotros los últimos, cuya sedimentación fue seguida inmediatamente por la de aportes fosilizantes. La conservación de grandes masas de huesos depositados a lo largo de cientos o miles de años, como las del Pleistoceno Inferior en Cueva Victoria (La Unión, Murcia), se explica por humedad escasa y la acción continuada de un proceso conservador, como sería la matriz fina y de carbonato. Una sucesión de horizontes fértiles en huesos indica una alternancia repetida de lapsos sin sedimentación y aportes repentinos de depósito, cuya duración podría calibrarse por correlación, si tales ciclos pueden relacionarse con fluctuaciones climáticas. Un horizonte rico en huesos puede representar sólo el final de una época de repetidas acumulaciones, difícil de evaluar en su duración y en la cantidad de registro perdido. Un nivel muy rico en huesos, con cierta potencia, puede indicar a la vez una abundancia de biomasa y de consumidores durante un corto tiempo; en éste los aportes de matriz fosilizante pueden también haberse continuado.

4.^a etapa: Una vez enterrados los materiales óseos, y en función de las características físico-químicas del suelo —de las cuales la acidez y el agua son los factores más relevantes— pueden ser conservados o bien ser destruidos por procesos secundarios o diagenéticos, como oxidación, variaciones de humedad, u otros. En este último caso no quedan evidencias, o sólo muy pobres y mal conservadas. En yacimientos arqueológicos de abrigo asociados a rocas graníticas con suelos de reacción ácida, la conservación de materiales óseos es o nula o muy deficiente. Otro tanto cabe afirmar para las tafocenosis en karst de yeso. Es sabido que las condiciones más favorables para la fosilización consisten en un enriquecimiento o conservación en un medio rico en carbonato.

Una exposición secundaria puede ocurrir, como es sabido, en casos de removilización de huesos y otros restos, por efecto de deslizamientos y erosión de depósitos. La distinción de fósiles heredados entre otros de nivel más reciente es elemental en análisis tafonómico, para evitar la confusión de tiempos y edades.

De lo dicho se desprende que, cuando se habla de Número Mínimo de Individuos conservados en niveles de depósitos kársticos, se debería añadir la connotación —que en todo caso es preciso sobrentender— de «registrados». Además, es necesario tener presente la diacronía normal entre el tiempo de acumulación de los restos óseos y objetos líticos, y la edad del depósito fosilizante, por breve que sea el intervalo y alta la velocidad de sedimentación del último. Por otra parte, para la estimación relativa de cantidades de utensilios y huesos, y para evaluar el significado operacional de asociaciones de tipos de artefactos con determinados huesos y accidentes de éstos, se debe tener en cuenta la conservación diferencial de restos óseos y utensilios líticos que puede generar falsas asociaciones de sincronía sólo aparente.

CONCLUSIONES

Podemos destacar algunos asertos entre los que pueden desprenderse de este resumen. Importante es el ver cómo la Tafonomía ha de reconocerse como una ciencia, o disciplina científica, propiamente y no como un mero campo metodológico entre otros auxiliares de la Paleontología. Llena un espacio de sujetos y objetos de investigación que no era atendido por otras disciplinas paleobiológicas ni estratigráficas ni paleogeográficas, y sin embargo sus conclusiones llegan a sistematizarse en su propio dominio y son de gran utilidad a estas otras ciencias. Obtiene

notable información, variada y muy precisa, de los fósiles más fragmentarios y alterados. Esta información tafonómica comprende aspectos muy de detalle sobre la evolución de áreas y ambientes precisos de la superficie de la Tierra y de su interacción con la biosfera, resuelve vacíos y posibles errores de interpretación estratigráfica, también es clarificadora en arqueología y reconstrucciones prehistóricas, y todo ello con una alta resolución cronológica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se hizo en el marco del Proyecto PB 93-0066-C03 subvencionado por la DGICYT y no se hubiera terminado sin el estímulo y la atenta ayuda de G. Meléndez y S. Fernández. Aprecio la colaboración de Teresa Montero.

REFERENCIAS

- ALCOVER, J. A. (1992): «Fossils and caves». En: A. I. CAMACHO (ed.), *The Natural History of Biospeleology*, 199-221, Madrid, Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- DÍEZ, J. C. (1996): «Acumulaciones faunísticas y homínidos en los yacimientos arqueológicos españoles». En: BERMÚDEZ, J. M.; ARSUAGA, J. L. y CARBONELL, E. (eds.), *Evolución humana en Europa y los yacimientos de la Sierra de Atapuerca (v. 2)*, 535-582, Valladolid, Junta de Castilla y León.
- FERNÁNDEZ, S. (1989): «La materia fósil. Una concepción dinamicista de los fósiles». En: AGUIRRE, E. (ed.), *Paleontología*, 25-45, Madrid, C.S.I.C., Col. Nuevas Tendencias.
- y G. MELÉNDEZ (1994): «Dispersión biogeográfica y tafonómica de ammonoideos filoceratinos hacia la Cuenca Ibérica en el Jurásico Medio», *Coloquios de Paleontología*, 46. Homenaje al Profesor Bermudo Meléndez, 129-149.
- FERNÁNDEZ-JALVO, Y. & ANDREWS, P. (1992): «Small mammal taphonomy of Gran Dolina, Atapuerca (Burgos), Spain», *Journal of Archaeological Science*, 19, 407-428.
- GOROSTIDI, A.; FLORES, J. A. & LAMOLDA, M. A. (1990): «Aspectos tafonómicos y paleoecológicos de la nanoflora calcárea del cretácico superior de Alava occidental». En: CIVIS, J. y FLORES VILLAREJO, J. A. (eds.), *Actas de Paleontología*, 159-169, Salamanca, Universidad de Salamanca.
- MARTÍN ESCORZA, C. (1992): «Aportación a la Tafonomía con los métodos de estudio en Geología Estructural». En: FERNÁNDEZ, S. (ed.), *Conferencias de la Reunión de Tafonomía y fosilización*, 87-99, Madrid, Editorial Complutense.
- MARTINELL, J. (1989): «Interacción organismos/sustrato duro: la biocrosión y sus implicaciones». En: AGUIRRE, E. (ed.), *Paleontología*, 205-222, Madrid, C.S.I.C. Col. Nuevas Tendencias.
- RINCÓN, A. & AGUIRRE, E. (1974): «Analyse comparative et différentielle des assemblages de fragments osseux pour verification d'hypothèses d'action culturelle». En: H. CAMPS-FABRER (ed.), *L'industrie de l'os dans la Préhistoire*, Edit. Université de Provence, 111-117.

- RODRÍGUEZ, J.; DíEZ, J. C.; LAPLANA, C. & NICOLÁS, M. E. (1996): «Estudio paleoecológico de la asociación de mamíferos del nivel TD6 (Pleistoceno Inferior, Sierra de Atapuerca, Burgos, España)», *Revista Española de Paleontología*, 11, 199-206.
- ROEBROEKS, W. & KOLFSCHOTEN, T. VAN (1995): «The earliest occupation of Europe: a reappraisal of artefactual and chronological evidence». En: ROEBROEKS, W. & VON KOLFSCHOTEN, T. (eds.), *The earliest occupation of Europe*, 297-315, Leiden, University of Leiden.
- VILLALAIN, J. D. (1992). «Tafonomía y fenómenos cadavéricos». En: FERNÁNDEZ, S. (ed.), *Conferencias de la Reunión de Tafonomía y fosilización*, 127-155, Madrid, Editorial Complutense.

Manuscrito recibido: 20-05-97

Manuscrito aceptado: 25-06-97