

TAFONOMÍA, FOSILIZACIÓN Y YACIMIENTOS DE FÓSILES: MODELOS ALTERNATIVOS

Taphonomy, fossilization and fossil-lagerstätten: alternative models

Sixto Rafael Fernández (*)

RESUMEN

La Tafonomía es un subsistema conceptual de la Paleontología cuyo objetivo es averiguar cómo ha sido producido y qué modificaciones ha experimentado el registro fósil. Teniendo en cuenta un planteamiento sistemista y evolucionista se puede desarrollar un modelo alternativo de la fosilización: el modelo de modificación tafonómica y retención diferencial vs. el modelo de modificación paleobiológica y destrucción selectiva. Durante la fosilización aparecen representantes de nuevos grupos tafonómicos, que tienen diferente composición y estructura respecto a los elementos biogénicamente producidos. En cada estadio del proceso de fosilización persisten los grupos tafonómicos (o tafones) cuyos elementos se han estabilizado, transformado y replicado con mayor eficacia en las etapas anteriores, no los elementos conservados que inicialmente eran más resistentes ni los que han sido menos afectados por factores ambientales.

ABSTRACT

Taphonomy is a conceptual subsystem of Palaeontology which strives to ascertain how the fossil record has been produced and what sort of modifications it has undergone. An alternative model to that traditionally used in Taphonomy can be developed taking into account a systemic and evolutionary approach: the model of taphonomic modification and differential retention vs. the model of palaeobiological modification and selective destruction. Representatives of new taphonomic groups appear during fossilization processes. Components of these taphonomic groups show different composition and structure from those biogenically produced, and they increase the diversity of the fossil record. In every fossilization stage the persisting taphonomic groups (or tapha) will be those whose preserved elements have been stabilized, transformed, and replicated with a higher efficiency in the prior stages, but not the most resistant or those preserved elements less affected by environmental factors.

Palabras clave: Paleontología, Bioestratinomía, Fosildiagénesis, conservación, registro fósil.
Keywords: Palaeontology, Biostratinomy, Fossildiagenesis, preservation, fossil-record.

TAFONOMÍA

El término tafonomía fue propuesto por un paleontólogo ruso (Efremov, 1940) a partir de las dos palabras griegas “*taphos*”, que significa enterramiento, y “*nomos*”, que significa ley. La Tafonomía se ocupa del estudio de los procesos de fosilización y de la formación de los yacimientos de fósiles. Dentro de la Tafonomía se suele distinguir en la actualidad dos disciplinas: la Bioestratinomía y la Fosildiagénesis. La Bioestratinomía se ocupa de las modificaciones ocurridas antes del enterramiento y la Fosildiagénesis de las modificaciones post-enterramiento. La Tafonomía es un subsistema conceptual de la Paleontología que aspira a explicar cómo ha sido producido y qué modificaciones ha experimentado el registro fósil. Estos temas son de interés para el desarrollo de diferentes áreas del conocimiento científico (Paleontología, Estratigrafía, Sedimentología, Geoquímica, Geología Regional, Biología, Arqueología y Medicina forense, entre otras) y han pasado a ser en los últimos años de ma-

yor interés social por su relevancia para plantear y resolver problemas de conservación, uso y gestión del Patrimonio Paleontológico (Allison & Briggs, 1991; Meléndez Hevia *et al.*, 1996; Meléndez Hevia, 1997; Fernández López, 1999, 2000; Martin, 1999).

Los fósiles son restos o señales de organismos del pasado. En la bibliografía paleontológica se suele distinguir varios tipos de fósiles: restos transformados, moldes internos, moldes externos e impresiones o improntas. Un elemento conservado es cualquier resto o señal de una entidad biológica del pasado. El término “*elemento conservado*” tiene un significado más amplio que el término “*señal de actividad biológica del pasado*” o el término “*resto de un organismo del pasado*”. Otros términos utilizados en Paleontología para hacer referencia a elementos conservados de distinta categoría son: cadáver, exuvio, palinomorfo, resto transformado, resto orgánico, resto organógeno, bioclasto, ejemplar fósil, espécimen, impresión, impronta, marca, huella,

(*) Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas (UCM) e Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), 28040 Madrid. E-mail: sixto@geo.ucm.es

icnita, icnofósil, molde, réplica, compresión, cuerpo fósil o somatofósil. Cada elemento conservado tienen una composición (química, mineralógica o petrológica) y unas propiedades estructurales (tamaño, forma, microestructura y grado de integridad, entre otras). Sin embargo, las propiedades que presentan en la actualidad los elementos conservados, los fósiles, pueden ser radicalmente diferentes de las que presentaban inicialmente los correspondientes elementos producidos. Cada elemento conservado está constituido por moléculas de una determinada clase (orgánicas o inorgánicas), y es posible determinar su composición química, mineralógica o petrológica, pero tales constituyentes no son fósiles si carecen de significación (para-)taxonómica. Por tanto, el estar fósil o fosilizado es una propiedad emergente, no resultante, de los elementos conservados respecto a sus componentes. Los elementos conservados son las entidades discretas de menor nivel de organización que constituyen el registro fósil. A su vez, desde un planteamiento sistemista y evolucionista, es posible distinguir entidades conservadas de mayor nivel de organización: las poblaciones tafónicas, los tafones y las asociaciones conservadas (Fernández López, 2000). Desde este punto de vista, la entidad tafonómica de máximo nivel de organización es lo que en Paleontología se denomina "registro fósil".

FOSILIZACIÓN

Además de los temas referentes al origen y la organización del registro fósil, la Tafonomía se ocupa de describir e interpretar los procesos y los mecanismos de alteración tafonómica experimentados por los fósiles, de estudiar cómo se han com-

portado o evolucionado las entidades tafonómicas, y de averiguar cómo se han formado los yacimientos de fósiles.

La idea de fosilización más aceptada en la actualidad corresponde al modelo que puede ser llamado de modificación paleobiológica y destrucción selectiva (Fig. 1). Según esta idea, la fosilización consiste en la transición desde el estado vivo al estado fósil, debido a la propia naturaleza de los organismos o a la intervención de algunos agentes que han actuado a modo de filtros sucesivos y han eliminado los restos menos resistentes o conservables. La formación de los yacimientos de fósiles suele ser interpretada como el resultado final de la transformación de biocenosis o comunidades del pasado. Numerosos autores han distinguido entre *tanatocenosis* (conjunto de restos de organismos que vivieron juntos), *tafocenosis* (conjunto de restos de organismos que fueron enterrados juntos) y *orictocenosis* (conjunto de fósiles que están, o han sido encontrados, juntos).

Es cierto que hasta los caracteres primarios de los fósiles mejor conservados sólo representan una pequeña fracción de los caracteres anatómicos de los correspondientes organismos productores, o que las mejores asociaciones conservadas sólo representan parte de una o más paleobiocenosis o comunidades del pasado, pero cualquier entidad tafonómica posee caracteres primarios, heredados de las correspondientes entidades paleobiológicas productoras, y caracteres secundarios que han sido adquiridos durante la alteración tafonómica. La información paleobiológica que hay en el registro fósil puede ser parcial o estar sesgada respecto a la información paleobiológica original, pero dicha información no tiene existencia propia y, durante la fosilización, las

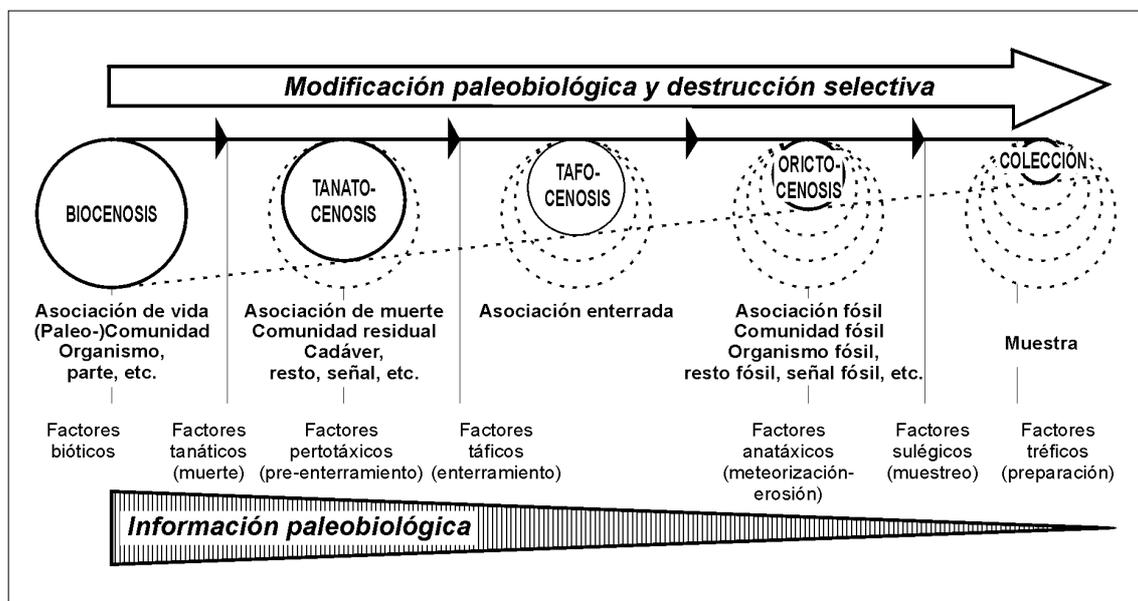


Fig. 1. Modelo de la fosilización entendida desde un planteamiento individualista o globalista y transformista. La fosilización es un proceso paleobiológico, experimentado por entidades biológicas del pasado, que implica pérdida o disminución de la información paleobiológica debido a los diferentes factores que han actuado como filtros sucesivos. Según esta concepción, el registro fósil está constituido por los vestigios más resistentes de las entidades paleobiológicas (Fernández López, 2000).

entidades tafonómicas supraelementales pueden haber experimentado incrementos tanto en la abundancia como en la diversidad de sus componentes. Las restricciones del registro fósil han afectado a la posible variabilidad tafonómica, a la variabilidad de los conjuntos de caracteres primarios y secundarios, no a la variabilidad paleobiológica. La diversidad y el orden alcanzado por el registro fósil durante la fosilización es el resultado de procesos no-paleobiológicos, con modificaciones sucesivas, en los cuales algunos grupos tafonómicos han derivado de otros preexistentes. La producción tafogénica y la alteración tafonómica hacen que la fosilización, en vez de ser un proceso paleobiológico destructivo, sea un proceso tafonómico negentrópico que no implica pérdida o disminución de la información paleobiológica y en el cual se incrementa la información tafonómica. En consecuencia, un modelo alternativo al tradicionalmente utilizado en Tafonomía puede ser desarrollado: un modelo que hemos llamado de modificación tafonómica y retención diferencial (Fig. 2).

Después de ser producido, cualquier elemento conservado ha experimentado modificaciones en su composición, estructura y/o ubicación espacio-temporal, puede haber dado lugar a otros restos y/o señales, o puede haber sido destruido. En principio, cualquier parte de un elemento conservado, cualquier elemento de una asociación, o todos los elementos producidos por una entidad paleobiológica mantendrán su estado de conservación si no hay agentes que los destruyan o modifiquen diferencialmente. Entre los distintos mecanismos de alteración tafonómica por los cuales un elemento o una asociación

ha podido experimentar modificaciones en su composición, estructura y/o ubicación espacio-temporal cabe distinguir los siguientes: biodegradación, carbonificación, encostramiento, relleno sedimentario, mineralización (cementación, neomorfismo, reemplazamiento), abrasión, bioerosión, disolución, maceración, distorsión, y necrocinesis y desplazamientos fosildiagenéticos (reorientación, desarticulación, dispersión, reagrupamiento, remoción). El significado de cada uno de estos términos tafonómicos ha sido explicitado y desarrollado en varios trabajos recientes (Fernández López, 1999, 2000).

Cada uno de los mecanismos de alteración tafonómica antes mencionado comprende distintos procesos por los cuales se modifica la composición, la estructura y/o la ubicación de los elementos conservados. Cualquiera de estos procesos y mecanismos de alteración tafonómica implica la modificación de los elementos tafonómicos afectados, pero no conduce necesariamente a la destrucción de dichos elementos. Por la nueva composición y estructura lograda durante la alteración tafonómica, muchos elementos conservados pasaron a ser más estables y resistentes frente a los agentes alterativos. Por pirólisis se formaron restos carbonosos más rígidos y más resistentes a la biodegradación que otros restos carbonosos no quemados. El relleno sedimentario y la mineralización, así como la formación de moldes internos, de los restos esqueléticos en muchos casos estuvo favorecida por la pérdida previa de partes blandas y la presencia de roturas. El encostramiento de algunos elementos conservados no sólo incrementó su capacidad de persistencia, sino que también

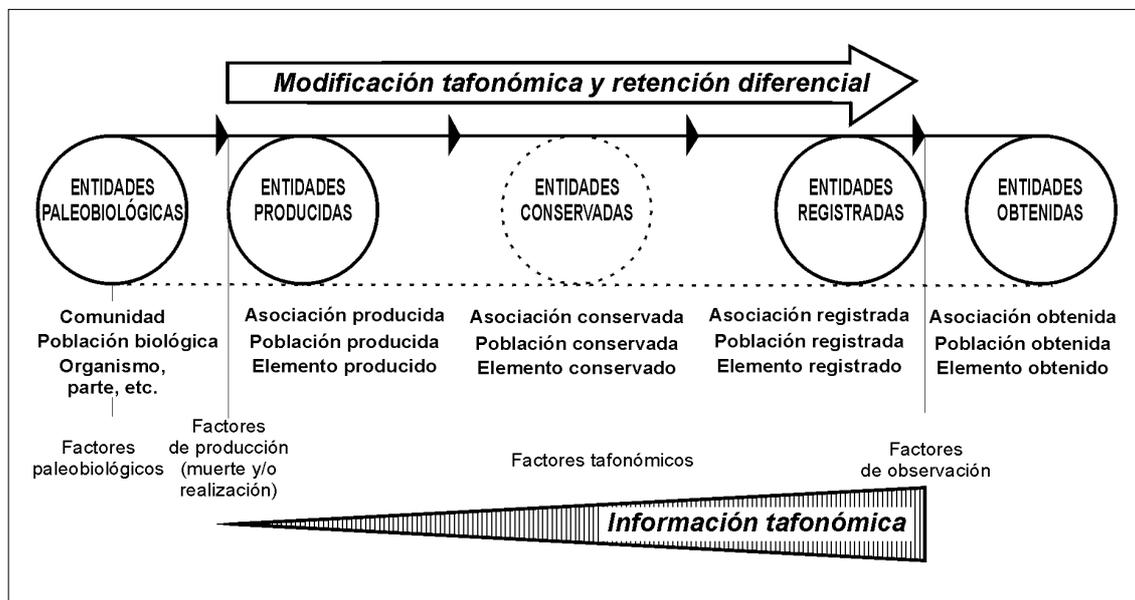


Fig. 2. Modelo de la fosilización entendida desde un planteamiento sistemista y evolucionista. La fosilización es un proceso no-paleobiológico, experimentado por entidades tafonómicas, que no implica pérdida o disminución de la información paleobiológica. Los factores tafonómicos no son necesariamente destructivos. La fosilización es un proceso capaz de incrementar la información tafonómica. Desde este punto de vista, el registro fósil está constituido por las entidades conservadas que han tenido mayor eficacia durante la alteración tafonómica, y que han sido producidas por entidades paleobiológicas o por otras entidades tafonómicas preexistentes (Fernández López, 2000).

permitió su replicación. Y las réplicas formadas por estos encostramientos pudieron persistir después de ser destruidos los restos orgánicos originales. La reelaboración tampoco es necesariamente un proceso destructivo, y a menudo ha causado la aparición de nuevos elementos conservados con mayor grado de durabilidad. Por tanto, los fósiles más frecuentes o mejor conservados de un yacimiento pueden corresponder a los restos más alterados durante algún estadio del proceso de fosilización. En consecuencia, la conservación diferencial y la fosilización no consisten en una simple transformación posmortal de los organismos del pasado. La fosilización es un proceso más complejo, por el cual se han llegado a formar nuevos restos y señales, de distinta composición y estructura que los restos y señales biogénicamente producidos.

La fosilización ha afectado de manera diferente a los distintos fósiles o a sus partes, en función de su composición, estructura y comportamiento en las sucesivas etapas del proceso, así como según las condiciones ambientales a las que han estado sometidos. Ninguno de estos factores determina por sí mismo, o garantiza, el resultado final. Se conocen fósiles de organismos de cuerpo blando, sin porciones esqueléticas mineralizadas, que estaban constituidos exclusivamente por compuestos orgánicos fácilmente biodegradables, en tanto que han sido destruidos numerosos restos esqueléticos duros, que estaban constituidos por minerales relativamente estables. Durante la fosilización, el comportamiento de los elementos conservados de cualquier grupo tafonómico, y la conservabilidad de cualquier tafón, puede variar al realizar actividades o funciones de tres tipos: estabilización, transformación y replicación.

La fosilización es un proceso natural, un proceso no intencionado, en el que cada vez es menor la probabilidad de recuperar o recobrar el estado inicial. La conservación tafonómica es el resultado de un proceso, la fosilización, en cuyo mecanismo intervienen dos componentes relacionados: la producción de variabilidad tafonómica, biogénica y tafogénica, y la regulación de dicha variabilidad por alteración tafonómica. La fosilización puede ser entendida como un proceso capaz de incrementar la información tafonómica, que no implica pérdida o disminución de la información paleobiológica. Durante la fosilización aparecen representantes de nuevos grupos tafonómicos, de composición y de estructura diferentes a la de los elementos biogénicamente producidos. Así aumenta la diversidad del registro fósil. En cada etapa de la fosilización persisten los grupos tafonómicos, los tafones, cuyos elementos se han estabilizado, transformado o replicado con mayor eficacia en las etapas anteriores de alteración tafonómica, y no los elementos producidos inicialmente más resistentes o los elementos conservados que han sido menos afectados por factores ambientales. La fosilización no es un proceso paleobiológico de destrucción selectiva de los organismos del pasado menos resistentes o más

desprotegidos frente a los factores ambientales, que determina una disminución en la diversidad de la biosfera. La fosilización es un proceso tafonómico que genera nuevos elementos conservados y durante el cual aumenta la diversidad del registro fósil. La fosilización es un proceso de modificación tafonómica y retención diferencial.

YACIMIENTOS DE FÓSILES:

Los yacimientos de fósiles son cuerpos rocosos del registro geológico que contienen una inusitada calidad o cantidad de fósiles (Seilacher *et al.*, 1985). La formación de un yacimiento de fósiles puede ser entendida como el resultado de la modificación de restos y señales de organismos, biocenosis o comunidades del pasado. Sin embargo, las diferentes propiedades, actividades y capacidades de las entidades tafonómicas no deben ser confundidas con otras propiedades de los sistemas tafonómicos, de los ambientes externos de alteración tafonómica o de los ambientes sedimentarios donde tienen lugar los procesos de fosilización considerados. En particular, el potencial de fosilización de una región o de un ambiente sedimentario respecto a un grupo taxonómico concreto, y la probabilidad de que se forme un yacimiento de fósiles, es directamente proporcional a la cantidad y calidad de los elementos que se produzcan o importen e inversamente proporcional a la cantidad y calidad de los elementos que se destruyan o exporten. Por ejemplo, el potencial de fosilización de una plataforma marina mesozoica respecto a las conchas de ammonites pudo alcanzar los valores máximos tanto en los ambientes distales y profundos como en los ambientes proximales y someros. La producción de restos de ammonites tuvo lugar por lo general en las plataformas marinas abiertas y profundas, pero la acumulación de estos restos no sólo se realizó en el lugar de producción sino también en otras áreas alejadas y someras a las que llegaron las conchas por deriva necroplancónica. En consecuencia, el potencial de fosilización de una plataforma epicontinental respecto a las conchas de ammonites pudo alcanzar los valores máximos tanto en los ambientes distales y profundos como en los ambientes proximales y someros.

CONCLUSIONES:

La utilización de una concepción sistemista y evolucionista de los fósiles puede contribuir al desarrollo de un modelo alternativo y de una teoría de la fosilización, que no es incompatible ni contradictoria con la teoría de la evolución orgánica, y que sirve para ampliar los fundamentos de la teoría evolutiva.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al proyecto BTE2000-1148 (MCT-CSIC).

BIBLIOGRAFÍA

Allison, P.A. & Briggs, D.E.G. (eds.) (1991). *Taphonomy. Releasing the data locked in the fossil record*. Plenum Press. New York.

Efremov, J. A. (1940). *Taphonomy: new branch of paleontology*. *Pan-American Geologist*, 74, 81-93.

Fernández-López, S. (1999). *Tafonomía y Fossilización*. En: Tratado de Paleontología (Ed. B. Meléndez, 1998). Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid: 51-107.

Fernández-López, S. (2000). *Temas de Tafonomía*. Depto. Paleontología. Universidad Complutense de Madrid.

Martin, R.E. (1999). *Taphonomy. A process approach*. Cambridge Paleobiology Series. Cambridge.

Meléndez Hevia, G. (coord.) (1997). *Tafonomía y fossilización*. Cuadernos de Geología Ibérica, 23: 1-300.

Meléndez Hevia, G.; Blasco Sancho, M.O.F. & Pérez-Urresti, I. (eds.) (1996). *II Reunión de Tafonomía y Fossilización*. Institución "Fernando el Católico" (CSIC). Zaragoza.

Seilacher, A., Reif, W.E. & Westphal, F. (1985). *Sedimentological, ecological and temporal patterns of fossil Lagerstätten*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 311B, 5-23.

Se puede encontrar más información sobre Tafonomía en las siguientes direcciones de Internet:

<http://biomin.geol.u-psud.fr/tdnews/>

<http://cathar.tesag.jcu.edu.au/~jluly/taphonomy.html>

<http://museo-paleo.unizar.es/divulga/tafonomia.html>

<http://palaeo.gly.bris.ac.uk/opportunities/Lecs/lecture1/lecture1.html>

<http://paleo.cortland.edu/tutorial/Taphonomy%26Pres/taphonomy.htm>

http://weber.edu/bdattilo/fossils/notes/foss_pres.htm

<http://www.academicpress.com/dinosaur/fior.htm>

<http://www.colby.edu/~ragastal/Taphonomy.htm>

http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en570/papers_1998/spriggs.htm

<http://www.cyber.vt.edu/geol3604/labs/labs/taph.htm>

http://www.dur.ac.uk/~dan0www5/bsoweb/lecture_7/index.htm

<http://www.earth.rochester.edu/ees207/sept10.html>

<http://www.fossilnet.com/Taph.htm>

<http://www.geo.arizona.edu/geo3xx/308/taph.htm>

<http://www.tiac.net/users/crj/taphonomy.htm>

<http://www.ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/Pres/Pres1.html>

<http://www.ucmp.berkeley.edu/paleo/fossils/index.html>

<http://www.uh.edu/~rmaddock/3330/3330lectures.html>

<http://www.unipg.it/~pmonaco/Ichnologysite/pages/TaphoPage.html>

<http://www.uwm.edu/People/mtharris/Paleo/CN3.html>

<http://www.wf.carleton.ca/Museum/taphonomy/TAPH1.HTM> ■