

La Tafonomía: un subsistema conceptual de la Paleontología

Sixto FERNÁNDEZ LÓPEZ*

RESUMEN

Tafonomía significa literalmente «las leyes del enterramiento» y fue descrita originariamente como «el estudio de la transición de los restos orgánicos desde la biosfera a la litosfera», según EFREMOV (1940). En este artículo se intenta evaluar los conceptos básicos y métodos de la «Tafonomía»; sus relaciones con otros campos científicos de investigación, especialmente de la Geología, también son tenidas en cuenta. Y se muestra que la aplicación de varios conceptos de sistemas tafonómicos es de particular valor paleontológico.

Términos clave: Paleontología. Paleobiología. Tafonomía. Sistemas tafonómicos.

ABSTRACT

Taphonomy literally means «the laws of burial» and was originally described as the «study of the transition of organic remains from the biosphere into the lithosphere», after EFREMOV (1940). This paper tries to evaluate the basic concepts and methods of «Taphonomy»; its relationships with other research fields, especially in Geology, are also considered. It is shown here that the application of various taphonomic systems concepts is of particular value in Paleontology.

Key words: Paleontology. Paleobiology. Taphonomy. Taphonomic systems.

* Departamento de Paleontología e Instituto de Geología Económica. Facultad de Ciencias Geológicas. 28040 Madrid.

INTRODUCCIÓN

En cualquier ciencia o campo científico de investigación, entendido como un sistema conceptual, pueden distinguirse los siguientes componentes:

1. Trasfondo filosófico o supuestos generales acerca del mundo.
2. Trasfondo formal o conjunto de teorías lógicas y matemáticas utilizado.
3. Trasfondo específico o conjunto de teorías, hipótesis y datos tomados de otros campos de investigación.
4. Cuerpo de conocimientos desarrollados en el propio campo de investigación.
5. Universo del discurso, dominio o conjunto de objetos de referencia.
6. Problemática o conjunto de problemas concernientes a los objetos de referencia.
7. Objetivos o metas de la investigación.
8. Metodica o conjunto de procedimientos para tratar la problemática propia.

Utilizando como índice este esquema general, que ha sido presentado por [BUNGE \(1980\)](#), a continuación intentaremos expresar brevemente en qué consisten los llamados conocimientos tafonómicos. El tema ha sido tratado por varios autores, pero nuestro propósito es aclarar algunos aspectos conceptuales y metodológicos relativos al papel que desempeña la Tafonomía dentro del sistema conceptual de la Paleontología, así como sus relaciones con otras disciplinas científicas.

1. TRASFONDO FILOSÓFICO

En Paleontología, al igual que en otras ciencias, es necesario conocer cuáles son los presupuestos filosóficos de las investigaciones realizadas. Los conceptos filosóficos utilizados, tales como los de objeto físico o real, espacio, vida, muerte, azar, contrastación y explicación, deben ser dilucidados y sistematizados en la medida de lo posible. También son deseables las aclaraciones relativas a la naturaleza y el valor de la Paleontología como ciencia y sus interrelaciones con

otras ciencias. Estas actividades corresponden al dominio de la Filosofía de la Paleontología y, como tales, no constituyen investigación paleontológica, pero son necesarias para criticar y desarrollar los conocimientos paleontológicos.

El planteamiento sistemista utilizado actualmente en Neontología y Paleobiología, aunque no es un planteamiento filosófico, justifica una ontología pluralista que considera las cosas investigadas no sólo como materia, energía..., sino también como sistemas organizados que pueden experimentar procesos evolutivos y que son susceptibles de integración en sistemas más complejos. Algunos conocimientos tafonómicos recientemente publicados también presuponen una ontología de cosas cambiantes, aunque no son incompatibles con la ontología tradicionalmente utilizada según la cual los fósiles son cosas (o propiedades de los cuerpos rocosos) permanentes desde hace millones de años. Esta ontología pluralista incide en la epistemología y en la metodología de la Paleontología. Desde el punto de vista epistemológico, el planteamiento sistemista es incompatible con el reduccionismo absoluto que pretende explicar los hechos paleobiológicos y/o tafonómicos mediante argumentos fisicoquímicos. Además, muchos problemas (relacionados con la teleología, el comportamiento, la organización, el control, la estabilidad...) que son irresolubles desde el punto de vista del materialismo mecanicista pueden ser replanteados y resueltos científicamente mediante el enfoque sistemista (cf. QUINTANILLA, 1985). Desde el punto de vista metodológico, el planteamiento sistemista defiende la importancia de aplicar diferentes metodologías científicas según el nivel de integración de la realidad que sea considerado, y justifica la necesidad de explicar cada fenómeno haciendo referencia a las leyes que rigen en el correspondiente nivel de organización.

También es conveniente destacar aquí que el descubrimiento o la identificación de procesos evolutivos (tafonómicos y/o paleobiológicos) o de entidades supraindividuales (tafonómicas o paleobiológicas) no ha de ser necesariamente factible o deseable en cualquier investigación paleontológica y, en algunos casos concretos, puede estar justificada la utilización de planteamientos individualistas o globalistas. Ahora bien, debe tenerse en cuenta que mediante planteamientos individualistas o globalistas, y mediante conceptos individuales o de clase, sólo es posible reconstruir e interpretar estados y cambios de estado. Por estas razones, en cualquier trabajo paleontológico debe quedar claramente explicitado si los cambios de estado considerados entre las entidades investigadas (paleobiológicas o tafonómicas) tienen como correlato relaciones físicas entre ellas, o bien sólo son relaciones conceptuales establecidas para llevar a cabo su análisis e interpretación correspondiente.

2. TRASFONDO FORMAL

La lógica formal proporciona los instrumentos conceptuales necesarios para el análisis del lenguaje científico, en tanto que el control matemático de los datos científicos permite investigar problemas y soluciones más concretas y contrastables. El rigor y la exactitud alcanzada por cualquier investigación paleontológica dependen de los presupuestos lógicos y matemáticos con los cuales ha sido realizada. Hasta las clasificaciones resultan de analizar y sintetizar los datos disponibles, pero algunos de los principios de clasificación son exclusivamente de naturaleza lógica (e independientes del objeto de estudio y de la problemática planteada). A este respecto destacaremos que las clasificaciones metodológicamente más profundas y lógicamente más fuertes son las clasificaciones sistemistas, en las cuales las clases conceptuales están vinculadas por una o más relaciones que denotan relaciones reales. Las relaciones investigadas en Paleontología son básicamente de dos clases: tafonómicas y paleobiológicas. La Paleontología se ocupa de hechos, cosas..., no de ideas, y es una ciencia factual, no-formal, que presupone los principios de la lógica. Por ello, aunque no se puedan realizar análisis lógicos totales de las fórmulas que tienen contenido factual, cualquier fórmula paleontológica es susceptible de ser transformada en una fórmula lógicamente equivalente. El paleontólogo debe reconocer los tipos fundamentales de razonamientos y las reglas que permiten estimar la validez de éstos. Como instrumentos conceptuales necesarios en la investigación paleontológica también deben ser considerados los conocimientos de lógica de la contrastación, explicación y predicción científica. Es gracias a los principios de la lógica formal por lo que en Paleontología podemos distinguir tres niveles de entidades: nivel lingüístico (con términos, frases, sentencias...), nivel conceptual (al que corresponden los conceptos, proposiciones...) y nivel físico o real (al cual corresponden las cosas, hechos, propiedades, relaciones...); ahora bien, aunque la lógica formal permite distinguir entre las cosas y sus propiedades, no autoriza a suponer que existen cosas sin propiedades o propiedades sin cosa. Y decidir si las entidades del nivel conceptual o las del nivel físico deben ser consideradas o no desde el punto de vista sistemista es un problema metodológico a resolver en cada caso concreto.

Para ser consecuentes con los presupuestos lógicos utilizados en Paleobiología y en Neontología, en Tafonomía evolutiva consideramos las cosas investigadas como sistemas organizados que han podido experimentar procesos evolutivos y que son susceptibles de integración en sistemas más complejos. Por estas razones, aceptamos que existen entidades registradas, o entidades conservadas, de diferentes niveles

de organización. Y tanto las entidades registradas individuales como las supraindividuales son tratadas como sistemas tafonómicos, constituidos por componentes interrelacionados, en los cuales puede observarse su composición, estructura y ambiente externo. Es decir, del mismo modo que en la Teoría ecológica se consideran los sistemas ecológicos como constituidos por entidades biológicas y el medio natural en el que se desenvuelven, en Tafonomía evolutiva consideramos los sistemas tafonómicos como integrados por entidades registradas, o entidades conservadas, y su ambiente externo (entendiendo por ambiente externo el conjunto de objetos que no constituyen la entidad, pero cuyos cambios de propiedades actúan sobre ella o están influenciados por ella).

Antes de finalizar este apartado, parece conveniente señalar que en el muestreo y la descripción de las cosas, hechos, propiedades..., relevantes para la Paleontología es deseable llevar a cabo un control matemático de los datos. Por ejemplo, la utilización de conceptos estadísticos (paramétricos o no-paramétricos), durante las investigaciones paleontológicas, no sólo es recomendable sino también necesaria cuando la numerosidad de los datos disponibles tiene valores altos. Pero a veces se confunde el grado de significación de los datos numéricos tratados (la significación estadística o matemática) con la significación de los valores de las variables que representan propiedades de cosas (en este caso cosas paleontológicas). La significación paleontológica de los datos obtenidos está determinada por el sistema de conceptos paleontológicos utilizado, en tanto que la significación estadística de dichos datos depende del sistema de conceptos matemáticos aplicado. La significación matemática de los datos obtenidos no garantiza la significación paleontológica de los mismos, ni implica una significación paleontológica concreta. Y, del mismo modo que los presupuestos matemáticos utilizados en las investigaciones paleontológicas carecen de implicación paleontológica, los presupuestos lógicos tampoco tienen implicación paleontológica alguna. Los razonamientos paleontológicos (sean inductivos, deductivos o analógicos) deben ser formalmente válidos, pero la validez formal de los razonamientos no justifica su validez teórica; éste es el motivo por el cual algunos razonamientos tafonómicos son erróneos, aunque sean estructuralmente equivalentes a razonamientos paleobiológicos o biológicos teóricamente válidos.

3. TRASFONDO ESPECÍFICO

La Paleontología se basa en la Paleobiología y la Tafonomía, en tanto que la Biología está basada en Neontología y Paleobiología. El trasfondo específico de la Paleobiología es la Neontología y la Tafo-

nomía, mientras que el de la Tafonomía es la Paleobiología, la Estratigrafía y la Petrología (entre otras Ciencias Geológicas). Es decir, la Paleobiología y la Tafonomía se construyen con ayuda de otros (sub-) sistemas conceptuales científicos y de componentes originales. Al afirmar que «se basa en» no queremos significar que «incluye a», sino que «necesita de». Los conocimientos paleobiológicos son necesarios tanto en Biología como en Paleontología. Pero es evidente que para explicitar los datos, hipótesis, teorías..., de otros campos de investigación que son utilizados en una ciencia concreta se requiere haber establecido previamente los límites de la ciencia en cuestión. Para llevar a cabo esta delimitación pueden ser utilizados criterios epistemológicos, lógicos, teóricos (paleontológicos, en nuestro caso) y/o metodológicos; sin embargo, los desacuerdos entre diferentes científicos respecto a los límites de alguno de los campos de investigación que acabamos de mencionar no suelen ser una consecuencia de utilizar arbitrariamente dichos criterios, sino debido a que también emplean criterios sociológicos como pueden ser la prioridad de un campo de investigación defendida con criterios políticos de desarrollo, y la conveniencia o la justificación administrativa de adquirir unos conocimientos concretos para ejercer un determinado papel en la sociedad. La utilización de tales criterios sociológicos es conveniente, e incluso puede llegar a ser necesaria en algunas situaciones concretas, pero los sistemas curriculares así establecidos no pueden ser utilizados como criterio para demarcar sistemas conceptuales científicos; si se aplican criterios sociológicos para establecer sistemas curriculares, algunos sistemas conceptuales deberán ser incluidos en diferentes sistemas curriculares, porque los subsistemas que integran cada sistema conceptual científico no pueden ser incluidos en sistemas curriculares diferentes sin poner en peligro la viabilidad del sistema conceptual al cual pertenecen. Por estas razones, en el presente trabajo no se pretende justificar una clasificación de las posibles disciplinas paleontológicas, sino concretar en la medida de lo posible cuáles son los componentes fundamentales del sistema conceptual que llamamos Paleontología.

4. CUERPO DE CONOCIMIENTOS

La Tafonomía, la Paleobiología y la Neontología han desarrollado diferentes cuerpos de conocimientos. La Paleobiología puede ser considerada como un subsistema conceptual de la Paleontología en el que se integran los conocimientos de Paleoecología, Paleobiogeografía y Paleontología evolutiva. Respecto a esta idea no parecen existir detractores y su validez ha sido defendida por escrito en repetidas ocasiones (cf. [DE RENZI, 1981](#)). Los argumentos expuestos por numerosos autores en defensa de la Tafonomía como requisito indispensable para

la Paleocología, sin embargo, no parecen haber trascendido a otras disciplinas paleobiológicas, y sólo en ocasiones se consideran los datos tafonómicos como relevantes para llevar a cabo estudios de Paleontología evolutiva o de Paleobiogeografía. La Tafonomía, en sentido estricto, es un subsistema conceptual de la Paleontología, que aspira a explicar cómo ha sido producido y qué modificaciones ha experimentado el registro fósil; esto es lo que SHIPMAN (1981) ha denominado Paleotafonomía, y SIMPSON (1983) ha propuesto llamar Tafología. Los conocimientos tafonómicos también son relevantes para estudiar los restos y/o señales de las entidades biológicas actuales, dentro del sistema conceptual que la escuela alemana denominó a principios de este siglo «Actuopaleontología» («Aktuo-paläntologie», RICHTER, 1928, 1929; «Actualistic Paleontology»). En los últimos lustros también los arqueólogos han comenzado a utilizar conocimientos tafonómicos en sus investigaciones (cf. BEHRENSMEYER y KIDWELL, 1985). Los conocimientos de interés tafonómico generados mediante el estudio de restos y/o señales de entidades biológicas actuales o en las investigaciones arqueológicas han sido denominados Neotafonomía por SHIPMAN (1981). En consecuencia, teniendo en cuenta las interrelaciones de los conocimientos tafonómicos con los de otras ciencias, podemos afirmar que la Tafonomía sirve a, y es servida por, otros sistemas conceptuales científicos. Los campos de investigación llamados Neotafonomía y Paleotafonomía son distintos y cada uno de ellos debe ser denotado por su nombre; pero la utilización del término Neotafonomía no obliga a, ni justifica, sustituir el término Tafonomía por un sinónimo más reciente como «Paleotafonomía».

La mayoría de los paleontólogos actuales distinguen dentro del sistema conceptual de la Tafonomía dos subsistemas que son denominados Bioestratinomía y Fosildiagénesis; y los diferentes procesos ocurridos desde la muerte de un organismo hasta su descubrimiento suelen ser agrupados en dos categorías: los procesos bioestratinómicos y los procesos fosildiagenéticos. De acuerdo con los trabajos de LAWRENCE (1968, 1971, 1979), a menudo se afirma que la Bioestratinomía se ocupa de los procesos experimentados por los organismos después de su muerte y antes de su enterramiento final; de hecho, muchos paleontólogos definen la Tafonomía como el estudio de los procesos posmortem. Sin embargo, estos criterios de demarcación del dominio de aplicabilidad de la Tafonomía restringen excesivamente el significado del concepto de fósil y el alcance científico de la Paleontología. Las principales objeciones que podemos hacer al respecto conciernen a la utilización del término muerte:

1) Al igual que los términos vida y no-vida, el término muerte carece de correlato real y no tiene validez como criterio de demarcación

en Paleontología cuando es utilizado para designar un concepto abstracto. Cuando el término muerte pretende ser utilizado con significado concreto, no-ambiguo, debe ser precisada su significación mediante criterios o reglas de decisión que permitan contrastar si un organismo está o no vivo, porque es un término no-definido; ahora bien, si una vez precisada su significación el término muerte es utilizado para denotar una propiedad individual, entonces se excluye de la investigación paleontológica cualquier entidad paleobiológica supra-individual (poblaciones, comunidades, ecosistemas...).

2) La distinción tautológica que se hace en estos casos entre ser vivo y ser muerto lleva implícita la aceptación de que la muerte es un cambio de estado experimentado por una entidad biológica. De hecho, a menudo se habla en Paleontología de entidades biológicas fósiles o de taxones fósiles concretos, entendiendo que el adjetivo fósil explicita que dichas entidades biológicas han adquirido al menos una propiedad diferencial respecto a sus propiedades originales y han experimentado un cambio de estado, o que se trata de entidades biológicas pretéritas. Sin embargo, hasta en los casos de organización más simple, los fósiles no son entidades biológicas que han cambiado de estado, ni entidades biológicas pretéritas, sino entidades generadas por entidades paleobiológicas o por entidades previamente conservadas y, en cualquier caso, son entidades actuales observables (directa o indirectamente).

3) La muerte de un organismo no es una condición necesaria y previa para la existencia de cualquier resto y/o señal de una entidad biológica. Algunos fósiles o entidades registradas han sido generados por la actividad de entidades biológicas pretéritas que persistieron después de dar lugar a los correspondientes restos y/o señales. Si aceptamos el criterio tradicional de demarcación entre Tafonomía y Paleoecología, deberíamos excluir de los estudios tafonómicos y paleoecológicos las señales generadas por la actividad de las entidades paleobiológicas y numerosos restos, tales como exuvios, hojas, esporomorfos, mudas...

4) Como criterio de demarcación entre Tafonomía y Paleoecología o Paleobiología tradicionalmente ha sido utilizado un acontecimiento único, irrepetible y exclusivo de los organismos. Pero en realidad cualquier entidad biológica, individual o supra-individual, puede haber dado lugar en repetidas ocasiones a diferentes evidencias de su existencia. Más aún, en principio, una entidad biológica o una entidad conservada pueden dar lugar a restos y/o señales, taxonómica o parataxonómicamente determinables, en múltiples ocasiones y en diversas condiciones ambientales.

5) Por último, si en los análisis tafonómico-paleoecológicos no se sobrepasa el nivel individual, las interpretaciones paleontológicas serán necesariamente individualistas; y si las diferentes asociaciones estudiadas son consideradas como conjuntos de individuos de la misma clase, cada una de las cuales puede ser identificada usando como criterio diagnóstico una o más propiedades individuales, entonces las interpretaciones serán globalistas; en ambos casos, cualquier referencia a entidades paleobiológicas supraindividuales sólo será una hipótesis auxiliar que no ha sido contrastada.

A fin de resolver estas incongruencias entre el dominio de aplicabilidad de la Paleontología, pretendido por la mayoría de los paleontólogos, y el criterio de demarcación utilizado en Tafonomía, hemos propuesto el término producción biogénica para denotar el proceso tafonómico-paleoecológico por el cual, y a partir de entidades paleobiológicas, se han generado entidades conservadas. Dicha producción biogénica puede implicar la muerte de una entidad paleobiológica y/o la realización de restos y/o señales por parte de una entidad paleobiológica (individual o supraindividual), debido a la intervención de fuerzas internas (en el caso de la producción autogénica) o en función de la energía externa utilizada en favorecer la producción (si se trata de producción alogénica). El proceso tafonómico por el cual, y a partir de entidades conservadas, se han generado entidades conservadas lo denotamos con el término producción tafogénica. Una vez hechas estas observaciones podemos afirmar que la Tafonomía se ocupa de las modificaciones que han experimentado las entidades conservadas en la litosfera, desde su producción biogénica o tafogénica hasta la actualidad.

Otros problemas para demarcar el cuerpo de conocimientos que denominamos Tafonomía obedecen a las vicisitudes de la Bioestratinomía durante su desarrollo histórico. Pero este tema no forma parte de los objetivos del presente trabajo y nos limitaremos a destacar que, de acuerdo con las ideas expuestas en varios artículos recientes, la Bioestratinomía se ocupa de las modificaciones experimentadas por cualquier entidad conservada desde su producción biogénica (a partir de entidades paleobiológicas, como ha sido indicado anteriormente) hasta su enterramiento inicial; los procesos de producción tafogénica son bioestratinómicos si ocurren durante la fase bioestratinómica de una entidad conservada, pero son fosildiagenéticos si corresponden a entidades conservadas que se encuentran en fase fosildiagenética. Y los procesos de reelaboración tafonómica, que implican el desenterramiento y desplazamiento de entidades conservadas, deben ser considerados como procesos fosildiagenéticos; de lo contrario, la llamada exhumación de restos también tendría que ser entendida como un proceso

tafonómico no-fosildiagenético, y ésto, a su vez, implicaría que la fosildiagénesis es una parte de la Bioestratinomía (lo cual no es cierto por definición). Además, debe tenerse en cuenta que algunos fósiles o entidades registradas no han experimentado procesos bioestratinómicos; éste es el caso, por ejemplo, de las entidades conservadas cuya producción biogénica ha tenido lugar dentro de materiales de la litosfera; en consecuencia, la Bioestratinomía es una parte de la Tafonomía, pero la fosilización de una entidad producida no requiere de modificaciones bioestratinómicas (cf. figura 1).

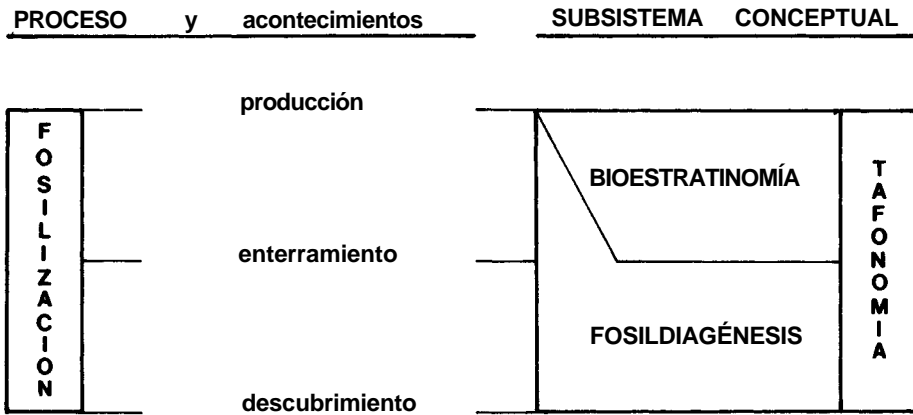


FIG. 1. Esquema de los diferentes subsistemas conceptuales de la Paleontología que se refieren a los procesos de fosilización. En general, los datos bioestratinómicos y los fosildiagenéticos conocidos de una entidad registrada concreta constituyen los conocimientos tafonómicos obtenidos de dicha entidad, pero pueden existir entidades registradas que no han estado sometidas a procesos bioestratinómicos.

En las afirmaciones anteriores se acepta implícitamente que cualquier entidad registrada sólo está limitada espacio-temporalmente en los cuerpos rocosos actuales del registro estratigráfico; las entidades conservadas también pueden ser consideradas como limitadas espacio-temporalmente pero, a diferencia de las entidades registradas, han podido desaparecer o ser destruidas. Las entidades registradas constituyen las evidencias observables de entidades paleobiológicas, y son el resultado de los procesos de fosilización que han actuado sobre entidades previamente producidas y conservadas. A su vez, las entidades producidas son el resultado del proceso de producción a partir de entidades paleobiológicas. Cada entidad de uno de estos tipos (paleobiológica, producida, conservada, registrada) debe ser distinguida de las entidades obtenidas, que son las evidenciadas en cualquier entidad

registrada. Dicho de otro modo, las entidades obtenidas son entidades observadas, en tanto que las entidades registradas son entidades observables (directa o indirectamente).

5. DOMINIO DE APLICABILIDAD

Las entidades biológicas actuales y las pretéritas son, respectivamente, el dominio de aplicabilidad de la Neontología y de la Paleobiología. La Tafonomía se ocupa de las entidades registradas, desde los elementos registrados hasta las asociaciones registradas, los tafosistemas y el registro fósil; es decir, se ocupa de las entidades producidas por entidades biológicas pretéritas y/o por entidades previamente conservadas. La entidad registrada de máximo nivel de organización está constituida por todos los restos y/o señales que están en la litosfera y que corresponden a entidades paleobiológicas; ésto es lo que frecuentemente ha sido llamado registro fósil. La entidad registrada de menor nivel de organización es cualquier resto y/o señal (para-)taxonómicamente determinable que está en el registro estratigráfico; ésto es lo que hemos llamado elemento registrado. Una asociación registrada puede ser entendida como un grupo de restos y/o señales de entidades paleobiológicas, generado por representantes de uno o más taxones, y cuyos elementos constituyentes coinciden en el registro estratigráfico, interactúan entre sí e influyen o están influenciados por su ambiente externo. Más concretamente, si admitimos que, a nivel individual, cualquier conjunto de elementos producidos consta de elementos únicos y distintos (es decir, que no hay dos elementos registrados o conservados que sean iguales); y si admitimos que, a nivel poblacional, existen clases de elementos con una composición y estructura que las hacen ser funcionalmente distintas, y cuyos elementos constituyentes interactúan y son capaces de dar lugar a elementos de su misma clase (para-)taxonómicamente determinable; entonces a dichas clases funcionalmente distintas podemos llamarlas tafones. Nótese que el concepto de tafón tiene analogías estructurales con el concepto de taxón del nivel especie. Para contribuir a que dichas analogías sean más intuitivas, a los diferentes grupos o conjuntos de elementos conservados que representan a un mismo tafón y que están espacialmente separados podemos llamarles poblaciones tafónicas (cf. [figura 2](#)). Por otra parte, también es importante destacar que cualquier tafón ha de estar representado al menos por una población tafónica, y, en este sentido, los tafones pueden ser considerados como entidades históricas limitadas espaciotemporalmente. Por tanto, aunque las categorías de la jerarquía tafonómica sólo son clases conceptuales, los tafones no son necesariamente grupos lógicos sin correlato real. Los elementos conservados, las poblaciones tafónicas y las aso-

daciones conservadas, son entidades relacionadas entre sí en niveles ascendentes de la jerarquía tafonómica; y en cada nivel de organización rigen unas reglas de control del comportamiento de las entidades conservadas.

COMPONENTES TAFONÓMICOS		SISTEMAS TAFONÓMICOS
Asociación conservada	+ ambiente externo =	Tafosistema
Población tafónica	+ ambiente externo =	Sistema tafónico
Elemento conservado	+ ambiente externo =	Sistema elemental

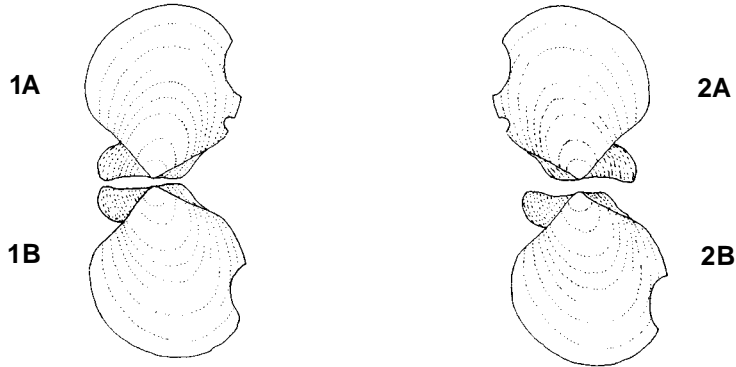
FIG. 2. Relaciones entre los componentes de los distintos niveles de organización de la jerarquía tafonómica, desde los elementos hasta las asociaciones, y sus correspondientes sistemas tafonómicos.

Aplicando principios de la teoría de sistemas, cualquier entidad registrada o cualquier entidad conservada puede ser considerada como constituida por entidades del nivel de organización inmediatamente inferior, pero cualesquiera de estas entidades posee al menos una propiedad emergente que no la presentan las entidades del nivel de organización inmediatamente inferior. Como ejemplo de propiedad emergente sirve el carácter conservativo de las poblaciones tafónicas. Cualquier población tafónica tiene conservabilidad, aunque los elementos conservados que la integran sólo tengan capacidad para persistir en unas limitadas condiciones ambientales. Al igual que la durabilidad, la conservabilidad es una propiedad relativa y disposicional; pero la conservabilidad sólo puede ser comparada respecto a un(os) ambiente(s) concreto(s) que temporalmente abarca(n) desde la producción de dicha entidad hasta la obtención actual de evidencias en el registro estratigráfico, en tanto que la durabilidad de un elemento conservado ha de ser comparada respecto a su ambiente externo. Por ello, la durabilidad puede ser interpretada con criterios funcionales, mientras que la conservabilidad debe ser interpretada con criterios evolutivos. Y puede ocurrir que los tafones o los grupos tafonómicos representados por elementos más durables y/o redundantes en un estadio del proceso de fosilización no sean los más conservables. En cualquier asociación conservada habrá elementos con mayor durabilidad y/o redundancia que otros ante los factores físicos, químicos y biológicos que lleven a su alteración; la variabilidad intra- e intertafónica estará determinada por factores alterativos (es decir, por factores extrínsecos de regulación), pero también estará influenciada por factores intrínsecos (es decir, por factores históricos, productivos y

alterativos que han actuado previamente). Es cierto que las variaciones del ambiente externo sólo posibilitan unos limitados estados de conservación para cada entidad producida y conservada, pero la evolución tafonómica es un proceso en cuyo mecanismo intervienen dos componentes interrelacionados: la producción original y secundaria de variabilidad y la regulación de dicha variabilidad por alteración tafonómica; es decir, la producción biogénica y tafogénica de variabilidad y la regulación de dicha variabilidad por alteración tafonómica. Por tanto, lo que «ha determinado el destino» de una entidad producida y conservada, si se desea hablar así, no es sólo el ambiente o los ambientes externos a los cuales ha estado sometida, sino también las propiedades que presentaba dicha entidad en cada estadio del proceso. En consecuencia, concebir la alteración tafonómica como un filtro, tamiz o criba supone simplificar excesivamente la realidad, y dicha simplificación puede conducir a conclusiones tan erróneas como las obtenidas en Biología por admitir que la selección natural es un filtro de las variantes deletéreas o inútiles.

Como corolario de las proposiciones anteriores podemos afirmar que cada resto y/o señal que está en el registro estratigráfico no ha necesitado de una producción independiente de la de los demás y a costa de un organismo distinto. Por ello conviene distinguir entre elementos registrados y ejemplares registrados. Un elemento registrado ya hemos dicho que es cualquier resto y/o señal (para-taxonómicamente determinable que está en el registro estratigráfico. Pero aquellos elementos registrados que corresponden a un solo individuo viviente representan un único ejemplar registrado. La razón principal por la cual son de interés estos dos conceptos es que permiten estimar cuál ha sido el número mínimo de individuos que han dado lugar a un número concreto de elementos registrados, teniendo en cuenta que cada organismo puede haber dado lugar a un número finito (concreto o no) de elementos registrados, pero solamente a un ejemplar registrado. Nótese que los términos resto, señal, elemento registrado o asociación registrada designan conceptos descriptivos, en tanto que el término ejemplar registrado designa un concepto interpretativo. Y la significación de cualquiera de estos términos en cada caso concreto no sólo depende del objeto de referencia, sino también del nivel de análisis adoptado; así, la numerosidad de elementos y ejemplares registrados en una muestra concreta puede ser diferente según el nivel de análisis utilizado para cada nivel de organización (cf. [figura 3](#)).

Un error que a veces se comete en las investigaciones paleontológicas es confundir las referencias con las evidencias. Al igual que en otros sistemas conceptuales científicos, en Paleontología no se pueden aceptar como válidas las conjeturas incontrastables. El conocimiento científico se desarrolla mediante hipótesis fundadas en datos disponi-



Restos de pectínidos:	2 elementos/ 1 ejemplar	2 elementos/ 2 ejemplares
Señales de depredadores:	3 elementos/ 2 ejemplares	3 elementos/ 2 ejemplares
Asociación registrada:	5 elementos/ 3 ejemplares	5 elementos/ 4 ejemplares

FIG. 3. Esquema de dos muestras paleontológicas (1 y 2) para ejemplificar los conceptos de resto, señal, elemento registrado, ejemplar registrado y asociación registrada. En la muestra-1 hay restos de las dos valvas desarticuladas de un pectínido, mientras que en la muestra-2 los dos restos de pectínidos pertenecen a sendos organismos. Teniendo en cuenta también las señales de mordedura, hay cinco elementos registrados en cada muestra. Las correspondientes asociaciones están constituidas por cinco elementos, que pertenecen a dos tafones, pero la primera está representada por tres ejemplares y la segunda por cuatro.

bles que son susceptibles de contrastación intersubjetiva. El registro fósil y las entidades registradas de otros niveles de organización constituyen las evidencias paleontológicas observables, en tanto que las entidades paleobiológicas, las entidades producidas y lo perdido durante la alteración tafonómica, por ejemplo, son referencias paleontológicas inobservables (que han de ser contrastables para poder ser aceptadas).

Que los fósiles pueden ser considerados como partículas sedimentarias de naturaleza especial es una idea utilizada por numerosos autores para llevar a cabo las interpretaciones tafonómicas, pero carece de justificación teórica. Si aceptásemos como válida esta idea, tendríamos que excluir del campo de investigación de la Paleontología a la mayoría de las señales y a muchos restos de entidades biológicas pretéritas, porque el proceso de fosilización no implica que los restos y/o señales producidos por entidades paleobiológicas hayan sido sedimentados; en algunos casos concretos, la fosilización puede ser exclusivamente de información y no de materia. Para este proceso de

entrada de información en la litosfera, a partir de la biosfera, que puede estar o no acompañada de materia y que no implica sedimentación puede utilizarse el término acumulación propuesto por EFREMOV (1950). Es decir, cualquier elemento registrado ha tenido que ser acumulado dentro de, o en materiales de la litosfera (sedimentarios o no-sedimentarios), y no es necesario que haya sido sedimentado después de ser producido. También es conveniente discernir entre este proceso tafonómico y la concentración de elementos registrados. La concentración sólo es una propiedad actual (es decir, una propiedad no-disposicional) de las asociaciones registradas, o de las asociaciones conservadas, en tanto que la acumulación es un proceso al cual ha estado sometida cualquier entidad conservada y registrada. Además, hay dos procesos tafonómicos que pueden afectar a las entidades conservadas después de haber sido acumuladas: la resedimentación y la reelaboración. La resedimentación consiste en el desplazamiento sobre el substrato, antes de ser enterrados, de elementos previamente acumulados; este desplazamiento no ha de ser necesariamente lateral (por transporte sobre el substrato) y puede ocurrir prácticamente en el mismo lugar de acumulación. Es decir, la resedimentación es un proceso bioestratinómico, en tanto que la reelaboración es un proceso fosildiagenético. Como corolario de estas tres modalidades de transferencia de información biológica y materia (para-)taxonómicamente determinable, los distintos estados mecánicos de conservación en que se pueden encontrar los elementos conservados durante su enterramiento permanente sólo son tres: acumulado, resedimentado y reelaborado (cf. figura 4). Y este sistema de clasificación de los elementos registrados, que considera como posibles tres estados mecánicos de conservación indicativos de una secuencia evolutiva, posibilita una ordenación secuencial (correlacionable con una secuencia temporal del proceso de fosilización) de las diferentes clases de resto y/o señales presentes en cada asociación concreta.

También es importante señalar que en los estudios tafonómicos no deben ser confundidos el sedimento, las partículas sedimentarias o los cuerpos rocosos (que actúan como transmisores de información paleobiológica) con las propiedades ambientales del tafosistema (que actúan como agentes alterativos). El análisis tafonómico-paleoecológico de una asociación registrada y su ambiente externo, es decir, de un tafosistema concreto, permite averiguar datos relativos a las modificaciones que ha experimentado durante los procesos de fosilización y producción. Pero el estudio de un cuerpo rocoso como transmisor de información paleobiológica requiere de datos tafonómico-paleoecológicos que permitan descodificar la información registrada en él. Sólo si ha sido realizado un análisis tafonómico-paleoecológico previo, los fósiles o los elementos registrados pueden ser investigados como par-

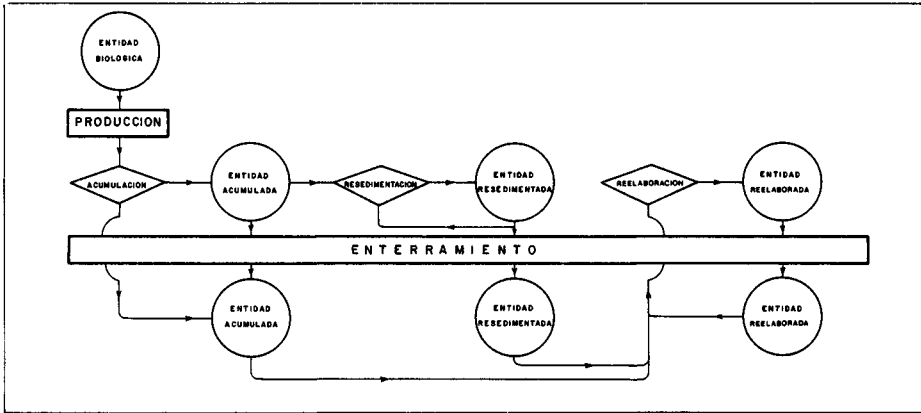


FIG. 4. Diagrama de flujo que representa las relaciones entre las diferentes modalidades de transferencia de materia e información a unos materiales concretos de la Litosfera, a partir de una entidad biológica, y los correspondientes estados de conservación de las entidades conservadas. Las diferentes entidades están representadas en la figura con círculos; los procesos o acontecimientos han sido representados con rectángulos, y los rombos indican procesos con más de una decisión (concretamente, procesos que pueden implicar o no transporte lateral sobre el sustrato) (según FERNÁNDEZ LÓPEZ, 1984).

tículas sedimentarias de naturaleza especial para interpretar su estado actual en el registro estratigráfico. Por tanto, se requiere de datos tafonómico-paleoecológicos para abordar los problemas relativos al comportamiento de los fósiles como partículas sedimentarias o para plantear problemas relativos al comportamiento de los cuerpos rocosos como transmisores de información paleobiológica.

Por otra parte, cada uno de los sistemas reales que constituyen el objeto de referencia de la Tafonomía, Paleobiología y Neontología es independiente, en el sentido de dissociable, de los otros. Los conocimientos paleobiológicos conciernen a entidades biológicas cuya realidad es histórica, en tanto que los conocimientos tafonómicos pueden tener como referente entidades cuya realidad es histórica y natural. Basándose en los datos observables del registro fósil, la Paleontología se ocupa de las entidades biológicas pretéritas, de las relaciones entre ellas y con sus respectivos ambientes. Como ciencia factual, la Paleontología trata aspectos generales y recurrentes, pero como ciencia histórica también se interesa por los hechos históricos singulares. La dinámica histórica reconstruida mediante investigación paleontológica tiene límites espacio-temporales y puede ser general en cuanto no describe la realidad concreta total, mientras que los mecanismos evolutivos o funcionales (paleontológicos, paleobiológicos y/o tafonómi-

eos) son atemporales y pueden ser históricos en cuanto sólo son aplicables a hechos históricos concretos.

6. PROBLEMÁTICA

La elección de los problemas relevantes para la Paleontología se puede hacer con criterios cognoscitivos y paleontológicos (en el caso de la Paleontología básica) y/o de acuerdo con su utilidad para otros campos científicos (en el caso de la Paleontología aplicada). Por esta razón, la distinción dicotómica entre Paleontología básica y Paleontología aplicada es artificial en numerosos casos concretos. Hay muchos problemas de investigación paleontológica cuya resolución es de interés interdisciplinar. No obstante, a menudo puede resultar válida y útil esta distinción. Por ejemplo, los problemas generales o particulares relativos a evolución biológica o tafonómica, clasificación sistemática de taxones, relaciones paleoecológicas o paleobiogeográficas..., planteados y resueltos teniendo en cuenta los datos observables en el registro fósil, corresponden a la Paleontología básica; pero la elaboración de claves taxonómicas o la determinación taxonómica de fósiles con fines estratigráficos o paleogeográficos, o la identificación de fósiles con propiedades resultantes de la alteración tafonómica ocurrida en un ambiente sedimentario concreto, es investigación paleontológica aplicada; y el conocimiento científico generado al llevar a cabo investigación paleontológica básica y/o aplicada es conocimiento paleontológico. A su vez, de acuerdo con la problemática planteada y el dominio de aplicabilidad de los conocimientos, pueden distinguirse diferentes disciplinas científicas de Paleontología básica, cuyos datos pueden ser aplicados a otros campos científicos; con estos criterios se justifica, por ejemplo, la distinción entre Paleontología de Invertebrados, Paleontología de Vertebrados y Paleobotánica.

La Paleontología aplicada utiliza el mismo método general que la Paleontología básica y otros métodos especiales de ella, pero los aplica a fines que son en última instancia prácticos. Dentro de la Paleontología aplicada, también llamada Paleontología estratigráfica, a menudo se distinguen diferentes disciplinas científicas como pueden ser la Bioestratigrafía y la Ecoestratigrafía. En este campo de investigación paleontológica han sido desarrollados, entre otros, los conocimientos relativos a las unidades bioestratigráficas, que son temporalmente correlacionables con las unidades de la escala cronoestratigráfica. La escala cronoestratigráfica puede ser justificada independientemente con datos paleontológicos, pero no se puede pretender que los datos cronoestratigráficos así obtenidos y la correspondiente escala geocronológica sirvan a su vez para justificar una escala paleontológica de

referencia temporal. En contra de lo que tradicionalmente ha sido supuesto, la escala paleontológica de referencia temporal, la escala biocronológica, y cada una de las correspondientes unidades biocronológicas no pueden ser establecidas aplicando el llamado «principio de la sucesión faunística»; más aún, la aplicación sistemática de este presunto principio no permite justificar la escala cronoestratigráfica. Como ya hemos argumentado en un trabajo reciente (FERNÁNDEZ LÓPEZ, 1986), la utilización del orden de sucesión temporal evidenciado entre dos o más estratos es tan inadecuada para inferir las relaciones temporales entre las entidades paleobiológicas cuya información está memorizada en ellos, como la aplicación de los principios de la evolución biológica lo es para evidenciar las relaciones temporales entre cuerpos rocosos fosilíferos. La superposición o el orden de sucesión espacio-temporal de los estratos sólo es atribuible a los cuerpos rocosos estratificados, mientras que los principios de la evolución biológica tienen como exclusivo dominio de aplicabilidad las entidades biológicas (no las entidades registradas). También hemos defendido, en contra del llamado principio de la sucesión faunística, que además de ser parcial y poder estar sesgada la información biológica de las sucesivas entidades producidas y registradas, puede estar modificada la numerosidad de las entidades y su orden de sucesión. Para lograr una escala paleontológica de referencia temporal, la escala biocronológica, y cada una de las respectivas unidades es necesario y suficiente tener en cuenta los datos tafonómicos y paleobiológicos relativos a las entidades producidas y registradas durante los correspondientes intervalos temporales de tiempo geológico. En consecuencia, los conocimientos bioestratigráficos, o los cronoestratigráficos justificados sólo son criterios paleontológicos, requieren de datos tafonómico-paleoecológicos previos. Por otra parte, los datos paleontológicos también pueden ser utilizados para otros fines prácticos como, por ejemplo, hacer reconstrucciones paleoambientales o paleogeográficas, ya sea con datos tafonómicos y/o con datos paleobiológicos.

La problemática tafonómica suele ser confundida con la problemática de varias ciencias geológicas, entre otras razones por no discernir entre conocimientos básicos y conocimientos aplicados. Los datos tafonómicos pueden ser útiles para interpretar cuál ha sido la dinámica y el mecanismo de sedimentación-erosión, litificación-cementación, o compactación de unos cuerpos rocosos concretos (y la dinámica reconstruida y el mecanismo propuesto para la formación de dichos cuerpos rocosos serán datos sedimentológicos); los datos tafonómicos pueden ser útiles para interpretar el orden de superposición de unos estratos concretos o el grado de continuidad de una sucesión estratigráfica (y el orden de superposición interpretado o la continuidad reconstruida serán datos estratigráficos); usando datos tafonómicos

ha sido posible establecer en algunos casos concretos modelos de facies para los cuerpos rocosos (y dichos modelos han servido para realizar reconstrucciones paleogeográficas). Ahora bien, cada una de estas aplicaciones de los conocimientos tafonómicos no es un criterio para afirmar que la Tafonomía es una parte de la Sedimentología, Estratigrafía o Paleogeografía.

Más válida y útil que la distinción entre Paleontología básica y Paleontología aplicada es la separación entre Paleontología aplicada y aplicaciones técnicas de la Paleontología. La problemática de estas últimas se plantea y resuelve por interés de algún grupo social (sea o no científico), mediante un trabajo técnico no-científico, aunque a veces pueden generarse por este procedimiento materiales, instrumentos y/o servicios de utilidad para la Paleontología (básica y/o aplicada). Ejemplos de campos de aplicación técnica de la Paleontología son la clasificación y determinación taxonómica de fósiles con fines geotécnicos; la identificación, elección y preparación de materiales fosilíferos para utilizarlos en construcción u ornamentación; el mantenimiento y restauración de obras artísticas o arquitectónicas fabricadas con materiales fosilíferos; la preparación, mantenimiento y restauración de fósiles pertenecientes a colecciones públicas; la reproducción fotográfica, o mediante moldes, de fósiles; el intercambio de fósiles entre instituciones públicas; la catalogación de los fósiles de una región que han sido mencionados por los diferentes especialistas; la catalogación de fósiles depositados en instituciones públicas, o la comercialización de fósiles.

En conclusión, la Paleontología básica es la que suministra los conocimientos científicos que pueden resolver los problemas planteados en las investigaciones paleontológicas de interés para otras ciencias y/o en algunos asesoramientos técnicos útiles para algún grupo social; ahora bien, los datos obtenidos por la investigación paleontológica aplicada o los conocimientos técnicos generados mediante algún trabajo no-científico pueden ser relevantes para el desarrollo de la Paleontología básica, aunque los datos y procedimientos técnicos así generados no constituyen conocimiento paleontológico (cf. [figura 5](#)).

7. OBJETIVOS

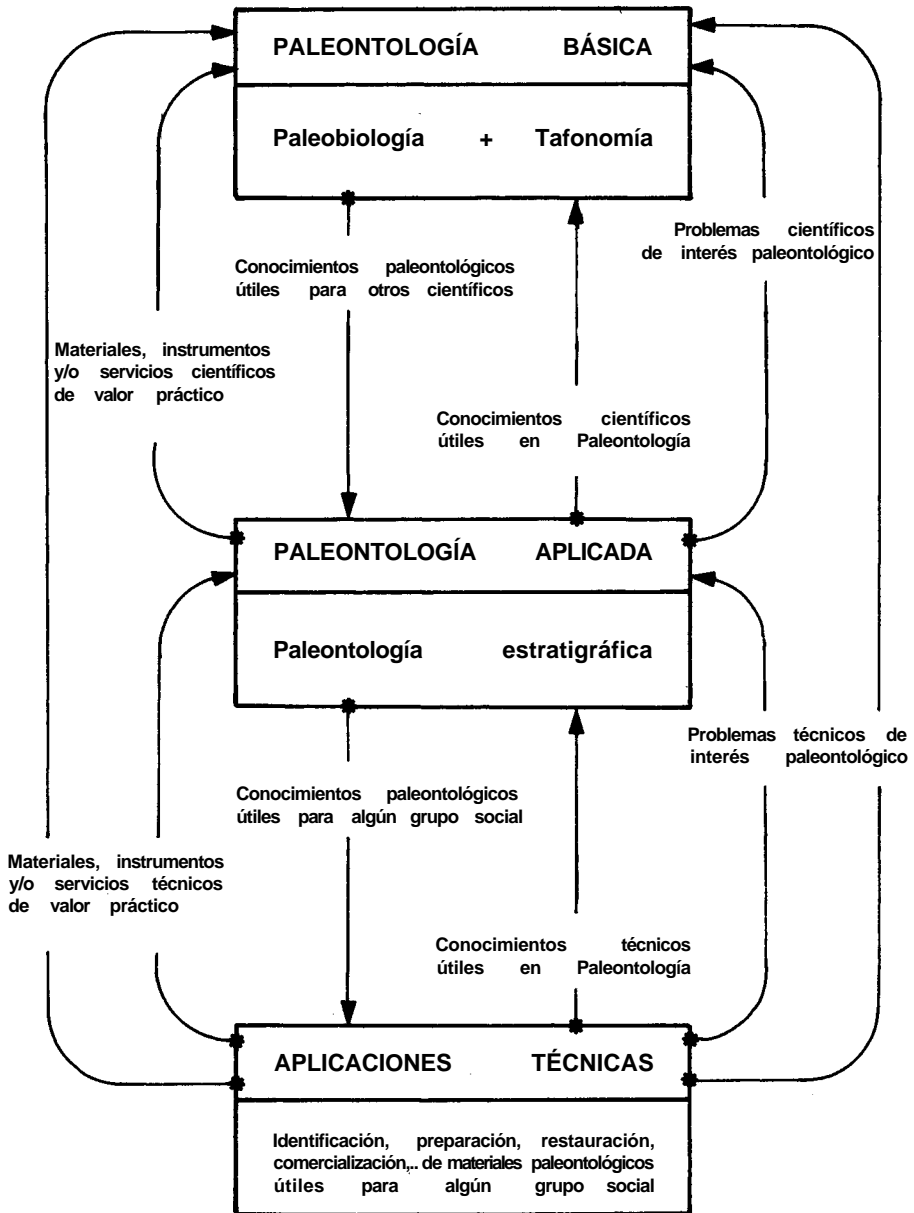
Cuando sólo se incrementan los conocimientos paleontológicos mediante investigación, se realiza investigación paleontológica básica; pero si de las investigaciones paleontológicas llevadas a cabo sólo se obtienen datos útiles para otras ciencias, entonces puede hablarse de investigación paleontológica aplicada. En cualquier caso, el objetivo fundamental de la Paleontología es el descubrimiento y sistematiza-

ción de las leyes que rigen los procesos de los sistemas paleobiológicos, de los sistemas tafonómicos, así como las relaciones entre ambos, y de los sistemas tafonomico-paleobiológicos. Ahora bien, es importante señalar que los correspondientes sistemas conceptuales sólo son escrutables si se dispone de datos tafonómicos. Sin evidencias tafonómicas, cualquier referencia paleobiológica no es más que una hipótesis auxiliar inconstrastada; pero tampoco se debe olvidar que los conocimientos tafonómicos son relativos a entidades generadas en última instancia por entidades paleobiológicas. En consecuencia, para que la Paleontología pueda alcanzar sus objetivos científicos, debemos considerar a la Paleobiología y a la Tafonomía como dos subsistemas conceptuales interrelacionados. Y, del mismo modo que la Paleobiología es entendida como un subsistema conceptual en el que se integran los conocimientos de Paleocología, Paleobiogeografía y Paleontología evolutiva, también pueden ser distinguidas varias disciplinas tafonómicas: Tafonomía funcional (o estudio del comportamiento funcional de las entidades conservadas, de las relaciones entre ellas y con sus respectivos ambientes), Tafogeografía (o estudio de la distribución geográfica de las entidades conservadas) y Tafonomía evolutiva (o estudio de los procesos evolutivos experimentados por entidades conservadas). El reconocimiento de estas tres disciplinas tafonómicas es tan operativo como, y compatible con, el de las tres disciplinas paleobiológicas mencionadas; pero nótese que los respectivos conocimientos tafonómicos sólo dan cuenta de aspectos parciales de una misma realidad.

8. METÓDICA

Tanto la Paleontología como la Paleobiología y la Tafonomía utilizan el método científico general, aunque cada una de ellas dispone

FIG. 5. Diagrama de flujo de conocimientos, problemas, materiales, instrumentos y/o servicios entre la Paleontología básica, la Paleontología aplicada y las aplicaciones técnicas de la Paleontología. El cuerpo de conocimientos paleontológicos está integrado por los conocimientos de Paleobiología, Tafonomía y Paleontología estratigráfica. Los materiales, instrumentos y/o servicios generados por la investigación paleontológica aplicada o por proyectos técnicos basados en conocimientos paleontológicos pueden ser útiles para la Paleontología (básica y/o aplicada). Los problemas técnicos o científicos de interés paleontológico deben ser resueltos, respectivamente, por la Paleontología aplicada y por la Paleontología básica; pero los datos y procedimientos técnicos relevantes para la Paleontología no constituyen conocimientos científicos, ni paleontológicos. La Paleontología básica es la que suministra los conocimientos científicos necesarios en las investigaciones paleontológicas de interés para otras ciencias y/o en algunos asesoramientos técnicos útiles para algún grupo social.



de métodos particulares. Los métodos más que estrategias o procedimientos explícitos y repetibles para lograr algún resultado material o conceptual deben ser entendidos como conocimientos (teóricos y metateóricos) para tratar problemas concretos de una determinada clase; por ello, el alcance del método científico no debe ser restringido al método experimental y puede hablarse de metódica de la Paleontología. La comprensión del método científico general o particular permite conocer métodos y técnicas que han sido empleadas con éxito en algún campo de investigación, aunque su aplicación no garantiza la validez de los datos que puedan ser obtenidos en las investigaciones futuras. El método paleontológico consiste básicamente en trabajar retrospectivamente desde las entidades registradas hasta las entidades productoras (es decir, hasta las correspondientes entidades paleobiológicas), usando las evidencias conservadas en los cuerpos rocosos del registro estratigráfico.

Los objetivos de la investigación paleontológica pueden lograrse mediante un método analítico que permita inferir las unidades de información codificada propias de cada entidad paleobiológica, teniendo en cuenta las unidades de información de las correspondientes en-

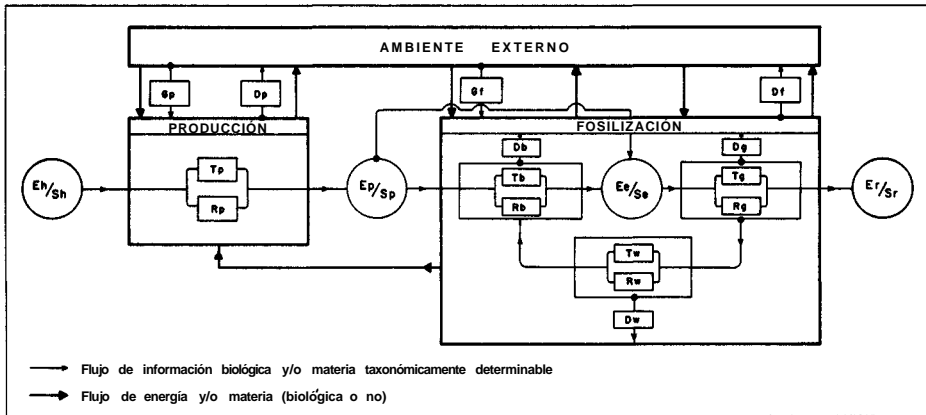


FIG. 6. Diagrama de flujo de información, materia y/o energía entre un sistema tafonómico-paleoecológico y su ambiente externo. Cualquier entidad biológica (Eh) tiene n unidades de información (siendo n un número finito, concreto o no, de unidades que comprenden desde propiedades morfológicas, estructurales o químicas, hasta ecológicas y evolutivas), pero la información biológica (Sh) no tiene existencia propia. Las entidades registradas (Er) pueden haber estado controladas (directamente o a través del ambiente externo) por las modificaciones experimentadas durante los correspondientes procesos de fosilización y producción. Nótese que las entidades producidas (Ep) dentro de materiales de la Litosfera son entidades enterradas (Ee) que no han experimentado procesos bioestratigráficos (según FERNÁNDEZ LÓPEZ, 1984).

tidades registradas (cf. figura 6). Además, el orden metodológico entre las entidades investigadas debe ser contrario al orden histórico que exista entre ellas. Si el registro fósil, o una entidad registrada concreta, es considerado como un sistema dinámico abierto que tiene interrelaciones con su ambiente externo, entonces pueden ser formuladas varias reglas para llevar a cabo la descodificación de la información paleobiológica memorizada en los correspondientes cuerpos rocosos:

1) Los efectos de la redundancia de materia e información (proceso que representamos con el símbolo R, y que tiene como resultado la repetición de unidades de información paleobiológica) deben ser eliminados de la información registrada (S_r) antes de intentar resolver totalmente las transformaciones (T, ocurridas por distorsión y/o reacción) de la información original (S_h), porque los efectos de la redundancia pueden amortiguar o compensar las transformaciones ocurridas.

2) La información paleobiológica transformada (S_T) ha de ser interpretada antes de intentar elucidar la información perdida (S_D , por exportación y/o destrucción de unidades de información paleobiológica).

3) La ganancia de materia e información (G, por importación y/o producción de unidades de información paleobiológica), a partir de otros sistemas paleobiológicos coexistentes (G_p) o no (G_f) con el sistema paleobiológico investigado, contribuye a transformar la información de cualquier entidad conservada. Pero el proceso de exportación de información, al igual que el de importación, también puede incrementar la cantidad de información del tafosistema.

4) Para interpretar la información perdida (S_D) por cualquier entidad conservada son relevantes los datos relativos a la información transformada (S_T) y/o ganada (S_G).

En consecuencia, para interpretar la información tafonómico-paleobiológica correspondiente a una entidad registrada deben ser analizados e interpretados, en el correspondiente nivel de organización y, sucesivamente, los datos relativos a la información paleobiológica transformada (S_T), redundada (S_R), ganada (S_G) y/o perdida (S_D). Y, teniendo en cuenta los símbolos expuestos, podemos expresar la siguiente relación algorítmica entre la información paleobiológica y la información registrada:

$$S_h = S_r - S_T - S_R - S_G + S_D$$

Por otra parte, si distinguimos los procesos fosildiagenéticos (g), de los bioestratinómicos (b) y de los ocurridos durante la producción (p), también se pueden establecer las siguientes equivalencias:

$$\begin{aligned} T &= T_g + T_b + T_p \\ R &= R_g + R_b + R_p \\ G &= G_g + G_b + G_p \\ D &= D_g + D_b + D_p \end{aligned}$$

Y del sistema de ecuaciones que acabamos de exponer se sigue que:

$$\bar{S}h = S_r - S_{Tg} - S_{Rg} - S_{Gg} + S_{Dg} - S_{Tb} - S_{Rb} - S_{Gb} + S_{Db} - S_{Tp} - S_{Rp} - S_{Gp} + S_{Dp}$$

En conclusión, para descodificar la información tafonómico-paleobiológica que porta cualquier entidad registrada deben ser analizadas sucesivamente las diferentes unidades de información que han podido resultar de los doce tipos de procesos siguientes:

1. T_g = Transformación fosildiagenética
2. R_g = Redundancia fosildiagenética
3. G_g = Ganancia fosildiagenética
4. D_g = Pérdida fosildiagenética
5. T_b = Transformación bioestratinómica
6. R_b = Redundancia bioestratinómica
7. G_b = Ganancia bioestratinómica
8. D_b = Pérdida fosildiagenética
9. T_p = Transformación durante la producción
10. R_p = Redundancia durante la producción
11. G_p = Ganancia durante la producción
12. D_p = Pérdida durante la producción

EFREMOV (1950) tenía la esperanza de que el estudio de los procesos de formación de los yacimientos de fósiles eventualmente podría conducir a principios generales aplicables al análisis tafonómico, siendo éstas las «leyes» deseadas en sus estudios iniciales (cf. OLSON, 1980, p. 5; JANIN, 1983). Según BEHRENSMEYER y HILL (1980), la posibilidad de utilizar analogías modernas y experimentar, o extraer líneas de apoyo desde los propios fósiles, depende del contexto y edad de la muestra fósil, y dichos autores afirman que el «enfoque análogo moderno» puede ser utilizado como una base teórica para la interpretación de cambios cada vez más antiguos, si bien es necesario hacerlo en un sentido más amplio. A nuestro parecer, como ya hemos indica-

do en otras ocasiones, la conservabilidad es el objeto inicial del análisis tafonómico y del análisis paleontológico, siendo este criterio el que permite discernir las entidades registradas y la materia (para-)taxonómicamente indeterminable de la litosfera. A partir de la conservabilidad aparente, basada en evidencias observables (directa o indirectamente), se investiga el proceso que ha dado lugar a tal resultado, se prueba o contrasta la diferente conservabilidad de las entidades producidas y se hacen inferencias sobre la conservación diferencial. Para lograr estos propósitos se pueden usar instrumentos conceptuales que permitan interpretar cualquier modificación de respuestas de un sistema tafonómico-paleobiológico. Así, por ejemplo, la conservabilidad de una entidad X_1 expuesta al ambiente a_1 puede ser comparada con la de una entidad X_2 sometida al ambiente a_2 . El ambiente a_2 tendrá unas propiedades cuantificables $Aa, Ab, \dots An$ que diferirán de las del ambiente a_1 por incrementos $DAa, DAb, \dots DAN$, cuyos valores son estimables. Y cada uno de estos incrementos puede ser considerado como un agente alterativo. En tales circunstancias, si la entidad X_2 modifica sus propiedades respecto a la entidad X_1 , cada modificación de respuestas del sistema tafonómico-paleobiológico estará materializada por un incremento de algún resultado $Ea, Eb, \dots En$. La entidad X_2 y el ambiente a_2 , utilizados como referentes en los análisis de este tipo, podrán ser históricos o actuales (naturales o artificiales), pero las conclusiones obtenidas por este procedimiento deben estar basadas en, y ser contrastadas con, evidencias positivas para cada entidad X_1 y su ambiente histórico a_1 concretos.

Por las mismas razones aceptamos que los estudios paleontológicos tratan acontecimientos o procesos históricos singulares, cada uno de los cuales requiere de un enfoque particular; pero, como ya hemos indicado en páginas anteriores, en este tipo de investigaciones no debe ser confundida la dinámica reconstruida con el mecanismo funcional o evolutivo propuesto. Además, el hecho de no disponer de «leyes» paleontológicas (tafonómicas y/o paleobiológicas) debe ser entendido como una deficiencia de los conocimientos disponibles y no como una propiedad de las entidades investigadas. En definitiva, cualquier conocimiento y/o procedimiento científico que pueda ayudar a resolver al menos en parte estas deficiencias puede ser entendido como una contribución al conocimiento paleontológico.

CONCLUSIONES

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. Las entidades registradas pueden ser entendidas como sistemas organizados que han podido experimentar

procesos evolutivos y que son susceptibles de integración en sistemas más complejos; este planteamiento permite obtener evidencias tafonómicas de las correspondientes entidades productoras (es decir, de las entidades paleobiológicas, individuales o supraindividuales). Sin evidencias tafonómicas cualquier referencia paleobiológica sólo es una hipótesis auxiliar que no ha sido contrastada; pero tampoco se debe olvidar que los conocimientos tafonómicos son relativos a entidades generadas en última instancia por entidades paleobiológicas. Y, para que la Paleontología pueda alcanzar sus objetivos científicos, la Tafonomía y la Paleobiología deben ser consideradas como dos subsistemas conceptuales interrelacionados de la Paleontología.

BIBLIOGRAFÍA

- BEHRENSMEYER, A. K., & HILL, A. P. (Eds.) (1980), *Fossils in the Making*. Vertebrate Taphonomy and Paleoecology. Univ. Chicago Press, Chicago-London, 338 p.
- BEHRENSMEYER, A. K., & KIDWELL, S. M. (1985), Taphonomy's contributions to Paleobiology. *Paleobiology*, 11: 105-119.
- BUNGE, M. (1980), *Ciencia y desarrollo*. Siglo Veinte, Buenos Aires, 173 p.
- DE RENZI, M. (1981), Some philosophical questions about Paleontology and their practical consequences. *Acta Geológica Hispánica*, 16: 7-23.
- EFREMOV, I. A. (1959), Taphonomie et annales géologiques. *Ann. Centre d'étud. doc. Paleont.*, 4, S.D.G.P., París, 196 p.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, S. (1982), La evolución tafonómica (un planteamiento neodarwinista). *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat., Geol.*, 79: 243-254.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, S. (1984), Nuevas perspectivas de la Tafonomía evolutiva: tafosistemas y asociaciones conservadas. *Estudios geol.*, 40: 215-224.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, S. (1986), Sucesiones paleobiológicas y sucesiones registráticas (nuevos conceptos paleontológicos). *Revista Española de Paleontología*, 1: 29-45.
- JANIN, B. T. (1983), *Osnovy Tafonomii*. Nedra, Moscú, 184 p.
- LAWRENCE, D. R. (1968), Taphonomy and information losses in fossil communities. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 79, 10: 1315-1330.
- LAWRENCE, D. R. (1971), The nature and structure of Paleoecology. *J. Paleontology*, 45, 4: 593-607.
- LAWRENCE, D. R. (1979), Taphonomy. Biostratigraphy. Diagenesis of Fossils - Fossil Diagenesis. En R. W. FAIRBRIDGE & D. JABLONSKI (Eds.), *The Encyclopedia of Paleontology*. Hutchison & Ross, Stroudsburg, 793-799, 99-102, 245-247.
- OLSON, E. C. (1980), Taphonomy: Its History and Role in Community Evolution. En A. K. BEHRENSMEYER & A. P. HILL (Eds.), *Fossils in the Making*. Univ. Chicago Press, Chicago-London, 5-19.
- QUINTANILLA, M. A. (Ed.) (1985), *Diccionario de filosofía contemporánea*. Sígueme, Salamanca, 490 p.
- RICHTER, R. (1928), Aktuopaläontologie und Paläobiologie, eine abgrenzung. *Senckenbergiana*, 10: 285-292.
- RICHTER, R. (1929), Gründung und Aufgaben der Forschungsstelle für Meeresgeologie «Senckenberg» in Wilhelmshaven. *Natur und Museum*, 59, 1: 1-30.
- SHIPMAN, P. (1981), *Life History of a Fossil*. An Introduction to Taphonomy and Paleoecology. Harvard Univ. Press. Cambridge-Massachusetts-London, 222 p.
- SIMPSON, G. G. (1983), *Fósiles e historia de la vida*. Labor, Barcelona, 240 p.