

Bioestratigrafía, tafonomía y paleoecología

por MIQUEL DE RENZI *, JORDI MARTINELL * y SALVADOR REGUANT **

RESUMEN

Se estudian las relaciones entre la Bioestratigrafía, la Tafonomía, la Paleoecología y las ciencias afines y asociadas, en un intento de clarificar conceptos básicos y de establecer un conjunto lógico y coherente.

SUMMARY

The concepts related to Biostratigraphy, Taphonomy and Paleocology are described critically. Also the relationships between them, within a logical framework.

RÉSUMÉ

On a essayé de préciser les concepts relatifs à la Biostratigraphie, la Taphonomie et la Paleocologie et de discuter leurs relations mutuelles dans une ensemble cohérent et logique.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos treinta años se ha prestado una atención especial al análisis de los fósiles en el yacimiento. Este análisis debe llevarnos al conocimiento de las condiciones de vida de los organismos en los tiempos antiguos, de los procesos por los que han llegado a su situación actual de fósiles y del significado de su presencia en los estratos.

Este conjunto de conocimientos puede derivar hacia diversos cuerpos de doctrina. En parte, pertenecen claramente a la Paleontología, entendida en el sentido general de Paleobiología. En parte, pueden considerarse petrológico-sedimentarios en cuanto ha existido un proceso de depósito y de fosilización. Y también, pertenecen a la Estratigrafía, aun en sentidos más complejos de los que nos tenía acostumbrada la Estratigrafía clásica de SMITH y OPPEL.

Conceptos como los de Paleoecología, Tafonomía, Bioestratigrafía se insertan en esta perspectiva. Algunos de ellos han sido discutidos por diversos autores

de nuestro país. En concreto, los primeros que se preocuparon por la Tafonomía fueron CRUSAFONT y MELÉNDEZ, MARTINELL y PEDEMONTTE (1974) han dado recientemente su opinión para la adopción de una nomenclatura adecuada.

Tomando el conjunto de estos conceptos y de los íntimamente relacionados con los mismos pueden analizarse tanto su contenido y significación precisos como sus relaciones mutuas. Éste es el objetivo del presente trabajo.

OBJETIVOS DE LA BIOESTRATIGRAFÍA

Una definición de Bioestratigrafía o una asignación de los objetivos de esta ciencia, no es fácil de encontrar. El uso práctico, sin embargo, limita en muchos casos la Bioestratigrafía a la discusión de la edad relativa de los estratos por medio de la documentación paleontológica. La misma discusión, enormemente larga y quizá no demasiado útil, entre los partidarios y los adversarios del enfoque fundamental de la "Guía Estratigráfica Internacional" hace ver la estrechez del concepto de Bioestratigrafía que tienen algunos autores que afirman, prácticamente, que la Bioestratigrafía es lo mismo que la Cronoestratigrafía y, hasta cierto punto, que el único cometido de la Bioestratigrafía, o de la Estratigrafía *tout court* es la datación relativa de los estratos y la ordenación temporal de los mismos.

Sin embargo, la Bioestratigrafía tiene un campo de acción mucho mayor que el de la Biocronoestratigrafía, a no ser que busquemos otro nombre para indicar la parte de la ciencia geológica que se ocupa de una serie de cuestiones relativas al uso de los restos de organismos, de sus huellas o productos en la investigación de las secuencias estratigráficas.

Por consiguiente, nos atenemos a las definiciones de la Guía Estratigráfica Internacional que dice en el último borrador (de octubre de 1974): la "Bioestratigrafía" es "la parte de la Estratigrafía que trabaja con los restos o evidencias de la vida antigua de los estratos..." (VI, C, 1). La "Estratigrafía trata

* Departamento de Paleontología, Universidad de Barcelona.

** Departamento de Estratigrafía y Geología Histórica, Universidad de Barcelona.

no sólo de la sucesión y de las relaciones de edad de los estratos, sino también de la forma y disposición, de la composición litológica, del contenido fósil, de los caracteres geofísicos y geoquímicos, y de la distribución geográfica de los estratos en su secuencia original y, por consiguiente, de todos los caracteres, propiedades y atributos de las rocas *en cuanto son estratos*, y de su interpretación en términos de ambiente o manera de originarse y de historia geológica" (III, A, 1).

Desde esta perspectiva, la Bioestratigrafía debe ocuparse, total o parcialmente de cubrir los siguientes objetivos:

1. *El estudio de los caracteres petrográficos del contenido fósil en los estratos.*

Esto incluye:

1.1. La textura del contenido fósil (tamaño de los restos fósiles, forma, naturaleza, mineralogía...).

1.2. Las estructuras sedimentarias biogénicas, tanto las que se refieren a los cuerpos sedimentarios como un todo (por ejemplo, los biohermos) como las estructuras de superficie o internas (como marcas y moldes).

2. *El estudio de la influencia activa y/o pasiva de los organismos de sus restos o productos en los procesos de formación de los estratos.* En concreto, debe estudiar la contribución orgánica a la meteorización, erosión, transporte, sedimentación (y también a la bioconstrucción de rocas en su totalidad) y diagénesis.

3. *El estudio de los caracteres sucesionales de las series estratigráficas, deducidos del contenido paleontológico.* En particular podemos citar en este capítulo, la polaridad vertical, las discontinuidades sedimentarias, la sedimentación cíclica con términos bioestratigráficos...

4. *La deducción del ambiente sedimentario por el contenido paleontológico incluido en las rocas en estudio.*

Este capítulo incluye las deducciones, a través del análisis del contenido paleontológico, de:

4.1. El medio sedimentario local (marino, continental, de transición...).

4.2. La evolución y características de la cuenca de sedimentación.

4.3. La paleogeografía regional y general.

5. *El ordenamiento y clasificación estratigráficos por medio de los fósiles.*

En este capítulo, que es el aceptado unánimemente como el perteneciente a la Bioestratigrafía, deben resolverse dos tipos de problemas íntimamente relacionados entre sí:

5.1. La correlación paleontológica.

5.2. La biocronoestratigrafía, o sea la biozonación para deducir la edad relativa de los estratos.

RELACIONES ENTRE TAFONOMÍA Y PALEOECOLOGÍA

Cuando el geólogo encuentra una capa fosilífera en el campo se ve obligado a hacer, en principio, tres cosas:

1) Observación y registro de datos, tanto paleontológicos como sedimentológicos, seguido de una recolección de fósiles, efectuable de maneras muy diferentes, que servirán para finalidades también muy diferentes.

2) La segunda parte de su trabajo consistirá, en base a los datos reunidos, en una interpretación de la historia de la formación del yacimiento.

3) La tercera parte del trabajo consistirá en expresar lo que se ha interpretado mediante una terminología concreta y bien definida. Es, justamente, en este terreno donde hay muchas confusiones y el fin del presente trabajo es aportar una cierta claridad en lo referente a dicha terminología.

El núcleo del problema está en saber deslindar la serie de fases de que consta la historia del yacimiento, junto con los factores que en ella intervienen. Uno de los puntos básicos de esta problemática es el término *Paleoecología*; esta palabra ha llegado a querer decir de todo para todo el mundo, como muy bien ha señalado LAWRENCE (1971). Por ejemplo, para IMBRIE & NEWELL (1964), *Paleoecología* "es una rama de la Geología dedicada a la comprensión de las relaciones entre los antiguos organismos y sus ambientes"; a pesar de la claridad de esta definición, para estos autores hay que incluir la diagénesis de los fósiles en la *Paleoecología*, a pesar de que la diagénesis es un proceso posterior a la muerte de los organismos, lo que entra en contradicción con el estudio de las relaciones organismos antiguos-ambiente, que necesariamente tuvo lugar en vida.

Para nosotros, el punto de vista correcto es el de LAWRENCE, según el cual la *Paleoecología* es el estudio de las relaciones que tuvieron lugar, en el pasado geológico, entre los organismos vivos entonces y su medio ambiente. Esta definición está de acuerdo con definiciones clásicas como la de HECKER (1957, trad. inglesa 1965). LAWRENCE distingue muy bien entre el campo de estudio de la *Paleoecología* y el de los acontecimientos ocurridos después de la muerte de los organismos, que en parte acabarán convirtiéndose en fósiles. Esto también ha sido tenido muy en cuenta por HECKER, que decía que todo paleontólogo debería ser capaz de diferenciar "entre *lugar de habitat* de un organismo y el *lugar de su enterramiento*" (la cursiva es de HECKER).

En esta discusión debemos considerar el estudio de los acontecimientos posteriores a la muerte; dicho estudio es la *Tafonomía*. Este término se debe a EFREMOV que lo anunció en 1940 y que en esencia sería *el estudio en todos sus detalles de la transición de los organismos muertos desde la Biosfera hasta la Litosfera*. En el estudio tafonómico debemos distinguir dos partes: la primera es el estudio de los procesos que tuvieron lugar mientras los organismos muertos estuvieron al descubierto, el cual concierne a la *Bioestratinomía*; la otra parte es el estudio de los procesos sufridos por los organismos una vez enterrados; esto último es competencia de la fosildiagénesis (“Fossil diagenese” de los autores alemanes).

El término Bioestratinomía se debe a WEIGELT y fue anunciado por vez primera en 1927; el otro término —Fosildiagénesis— es una palabra ideada por MULLER en 1963 (LAWRENCE). Siguiendo a LAWRENCE, podemos concluir que el estudio de un yacimiento implica: a) su descubrimiento; b) tener en cuenta los efectos de la diagénesis sobre los fósiles; c) determi-

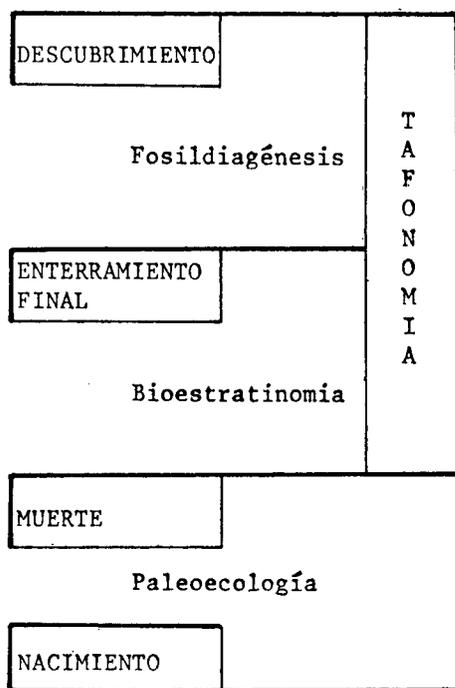


FIG. 1.— Relaciones entre la Tafonomía y la Paleocología según LAWRENCE (1971).

nación de los procesos anteriores al enterramiento y posteriores a la muerte de los organismos; d) llegar a la interpretación de la Paleocología del yacimiento, una vez hayamos sabido distinguir lo que ocurrió antes de la muerte de los organismos a lo que ocurrió después de ésta. El apartado b) se refiere a la Fosildiagénesis y el c) a la Bioestratinomía, siendo ambos

el objeto del estudio de la Tafonomía. Los siguientes esquemas de LAWRENCE, relacionan muy bien todo lo dicho hasta aquí (figs. 1 y 2).

El punto de vista por el cual los procesos *post mortem* son parte de la Paleocología (IMBRIE y NEWELL), es erróneo. Se trata de un estudio inexcusa-

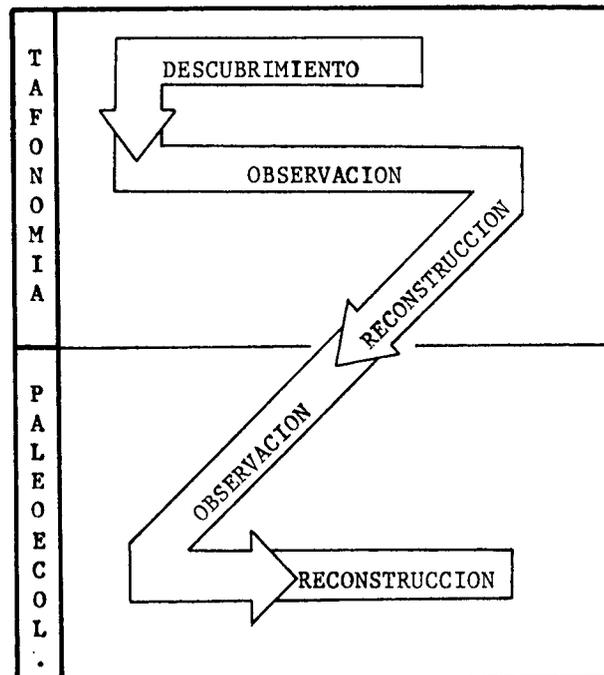


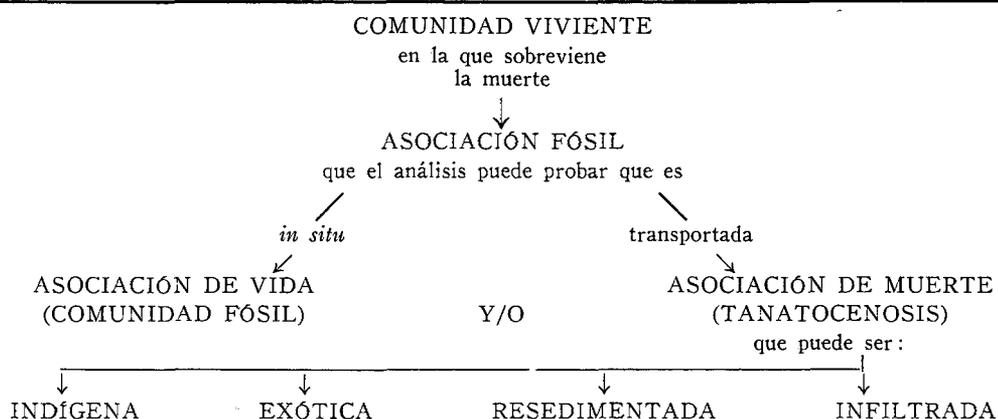
FIG. 2.— Pasos sucesivos a realizar en un yacimiento para su posterior interpretación paleocológica, según LAWRENCE (1971).

blemente previo, pero *auxiliar*, cosa destacada por LAWRENCE y por HECKER, que dice que “aunque la Tafonomía es de considerable importancia para los paleocólogos, no es una parte de la Paleocología”.

Dentro de la Bioestratinomía debemos aprender a distinguir lo que les ha ocurrido a los fósiles entre la muerte y el enterramiento; aunque los procesos bioestratinómicos son variados y complejos (físicos, químicos y biológicos), aquí insistiremos en una terminología muy necesaria y que se refiere a una parte de los procesos de índole física de la Bioestratinomía: aquella que se refiere al transporte de los restos todavía no enterrados. Aquí entran en juego una serie de términos que conviene definir lo más exactamente posible; para ello debemos partir de las diferentes vías posibles de formación de un yacimiento. En principio, tendríamos una comunidad viviente o biocenosis, en la que fueron muriendo sus individuos; este conjunto de individuos muertos podrá dar origen a una *asociación fósil* o a varias, que nosotros hallaremos en las capas sedimentarias. Pero estos individuos muertos, antes de quedar enterrados pueden haber sufrido dos suertes: I) quedar enterrados en el lugar en que mu-

rieron; II) ser transportados a otro lugar por las corrientes del medio. En ambos casos no se fosilizarán, en general, todos los individuos muertos, sino, tan sólo, una parte de ellos. El caso I representaría una asociación de fósiles que reflejaría en buena parte la comunidad primitiva; existen dos formas sinónimas de nombrar tal tipo de asociación: *Comunidad fósil* (CRAIG & HALLAM, 1963) y *Paleobiocenosis* (HECKER). El caso II, según CRAIG & HALLAM, da lugar a una asociación de fósiles que ellos denominan *Tanatocenosis*; este término fue acuñado por WASMUND en 1926 (HECKER) y servía para diferenciar acumulaciones de organismos muertos originadas a causa de mecanismos enteramente diferentes que aquellos que rigen la asociación de los organismos vivientes. Aunque este término ha tenido posteriormente otras acepciones, nosotros damos como válida la interpretación de WASMUND, que posteriormente ha vuelto a tomar sentido en CRAIG & HALLAM, y que a su vez se vuelve a encontrar, con el mismo significado, en obras más modernas (RAUP & STANLEY, 1971). Siguiendo siempre a CRAIG & HALLAM, las Tanatocenosis pueden ser de tres tipos distintos: *indígenas*, *exóticas* y *resedimentadas* ("remaniés"). Las *Tanatocenosis indígenas* son aquellas que derivan de un mismo ambiente; las *Tanatocenosis exóticas* son aquellas que proceden de varios ambientes diferentes pero contemporáneos; las *Tanatocenosis resedimentadas* proceden de sedimentos más antiguos —consolidados o no— vueltos a resedimentar. Últimamente se ha definido una última categoría de fósiles: los *fósiles infiltrados*; se trata de aquellos restos fósiles que pasan de un terreno más moderno a otro más antiguo, en el interior de poros o grietas. Tendríamos entonces *Tanatocenosis infiltradas*.

Para resumir, todo esto damos el esquema (modificado) de CRAIG & HALLAM:



Hay todavía otra serie de términos que no serán comentados, como Tafocenosis, Necrocenosis, Liptocenosis, Orictocenosis, etc. Para ellos puede verse la obra repetidamente citada de HECKER.

RELACIONES MUTUAS ENTRE BIOESTRATIGRAFÍA, TAFONOMÍA, PALEOECOLOGÍA, PALEOBIOGEOGRAFÍA Y PALEONTOLOGÍA EVOLUTIVA

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, la Bioestratigrafía tiene cinco finalidades básicas y, en lo que respecta a todas ellas, debemos tener en cuenta la historia *post mortem* de los fósiles que hallamos en los estratos sedimentarios; es decir, debemos realizar su estudio desde el punto de vista tafonómico. Por ejemplo, en lo que se refiere al carácter petrológico del contenido en fósiles de la roca, debemos separar aquellos aspectos microestructurales primarios de los fósiles de todo lo que sea producto de la diagénesis, lo cual implica el estudio de la Fosildiagénesis. En Bioestratigrafía será importante el carácter de un fósil como autóctono o transportado, cosa que será aclarada por un estudio bioestratigráfico previo. Es, sobre todo, en lo que se refiere al ambiente sedimentario, donde el estudio tafonómico juega un mayor papel, puesto que hay que distinguir las relaciones del organismo —cuando estaba vivo— con su ambiente, de todo lo que le aconteció una vez muerto.

Por otro lado, tenemos la Paleontología; el propósito final de la Paleontología (MARGALEF, en LAWRENCE, 1971) sería llegar a tener en todo momento del tiempo geológico, conocimiento de la procedencia de los organismos (Paleontología evolutiva), de sus relaciones con el ambiente de aquel momento (Paleoecología) y de la distribución geográfica de los mismos y los factores que la regían (Paleobiogeografía); los tres tipos de conocimientos —Paleontología evolutiva, Paleoecología y Paleobiogeografía— van íntimamente relacionados tal como se puede observar en las gráficas que se adjuntan (fig. 3).

A su vez, tales estudios van ligados, interdependien-

parar a la Biocronoestratigrafía; por otro lado, la determinación del ambiente sedimentario por medio de los fósiles (uno de los objetos propuestos para la Bioestratigrafía) requiere de la Paleocología, y así en otros muchos problemas.

También como hemos visto, LAWRENCE ha mostrado las relaciones estrechas entre Paleocología y Tafonomía.

A fin de dar cuenta de las relaciones mutuas entre este conjunto de diversas disciplinas hemos elaborado el gráfico adjunto (fig. 4) que incluye e integra la fig. 3.

3. Correlación biológica de organismos, por un proceso transitivo.

4. Interpretación de comportamiento y situación ecológica por asociación.

El significado de los dos primeros apartados es obvio y conocido. Se trata de problemas que se refieren a la paleobiogeografía, a la historia de los taxones y a la descripción global de la historia de la vida. Los apartados 3 y 4 merecen una ligera aclaración.

Entendemos por correlación biológica, la identidad en la significación biológica. Esta identidad, que no es total, comprende una proximidad taxonómica lo

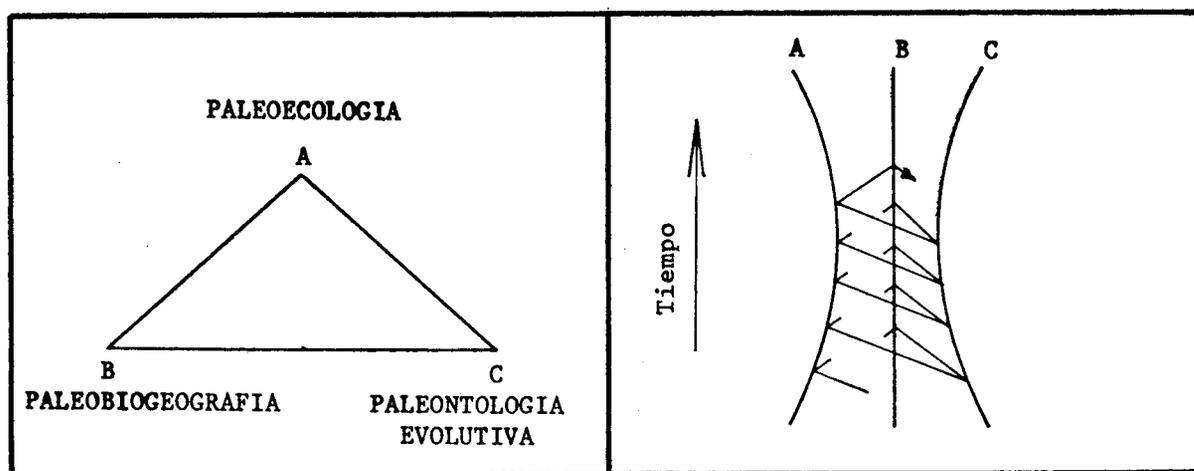


FIG. 3. — Relaciones entre la Paleocología, la Paleobiogeografía y la Paleontología evolutiva, según MARGALEF en LAWRENCE (1971).

LA EVOLUCIÓN Y EL ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO Y PALEONTOLÓGICO

Si no existiera la evolución de los seres vivos, la Paleontología sería prácticamente la Biología aplicada a restos no actuales, pero que serían iguales que los actuales. Por consiguiente, la Paleontología (o simplemente la Biología) sería necesaria para el análisis estratigráfico pero no viceversa, excepto para el estudio de la Paleobiogeografía.

No obstante, la evolución actúa modificando la morfología y aun el comportamiento de los organismos. Por consiguiente, es necesaria la conjunción del análisis bioestratigráfico y paleontológico.

Tomando globalmente el problema de sus relaciones mutuas podemos considerar como capítulos fundamentales de análisis conjunto los siguientes:

1. Historia de la repartición geográfica y de las variaciones de población y asociación de los diversos taxones.

2. Sucesionalidad (y medida temporal de la misma), de las faunas y floras a nivel regional y global.

más elevada posible y un comportamiento y condicionamiento ecológico prácticamente idénticos.

Para garantizar la comparación entre A y A''', cuya relación debe ser:

$$A \simeq A' \simeq A'' \simeq A''' \simeq A''''$$

(A, prácticamente igual que A', prácticamente igual que A'', prácticamente igual que A''', prácticamente igual que A''') es importante hallar los eslabones A', A'', A''' (o el máximo número de ellos). Además conviene hallarlos en la situación estratigráfica adecuada, para que la correlación biológica entre A y A'''' no sea producto de un amaño ingenioso.

Éste es un modelo general aplicable a muchos problemas paleontológico-estratigráficos concretos. Por ejemplo, la datación relativa del Terciario continental a través de zonas tipo THALER debe basarse en este modelo. Las hipótesis emitidas al respecto deben ser experimentadas estratigráficamente, dentro de lo que quepa, a través de "segmentos" de biozonación objetivados estratigráficamente y en base a una correlación estratigráfica lo más precisa posible.

El apartado 4 se refiere a los problemas que plan-

Tafonomía. — Es la ciencia que estudia en todos sus detalles la transición de los organismos muertos desde la Biosfera hasta la Litosfera.

Tanatocenosis. — Asociación de fósiles cuyos elementos reflejan haber sido transportados desde el punto en que murieron.

- a) *T. indígena.* — Tanatocenosis derivada de un mismo ambiente.
- b) *T. exótica.* — Derivada de varios ambientes contemporáneos.
- c) *T. resedimentada.* — Proceden de sedimentos más antiguos —consolidados o no—, vueltos a sedimentar.
- d) *T. infiltrada.* — Derivada de rocas más modernas, por acarreo debido a fluidos que se infiltran en las rocas más antiguas, a través de poros y grietas.

BIBLIOGRAFÍA

CRAIG, G. y HALLAM, A.: Size-frequency and growth-ring analyses of *Mytilus edulis* and *Cardium edule*, and their palaeoecological significance. *Palaeontology*, vol. 6, n.º 4, pp. 731-750, 10 figs., Londres, 1963.

FAGERSTROM, J. A.: Fossil Communities in Paleocology:

their Recognition and Significance. *Bull. Soc. Geol. Amer.*, vol. 75, pp. 1.197-1.216, 5 figs., Nueva York, 1964.

HECKER, R. F.: *Introduction to Paleocology*. Elsevier Publis. Company Inc., 166 pp., Nueva York, 1965.

IMBRIE, J. y NEWELL, D. N.: The Viewpoint of Palaeocology, en *Approaches to Paleocology*. IMBRIE y NEWELL, ed., pp. 1-7, 6 figs., 1964.

INTERN. SUBC. STRAT. CLASS: *Preliminary Report on Biostratigraphic Units*, 50 pp., Montreal, 1971.

INTERN. SUBC. STRAT. CLASS: *International Stratigraphic Guide*. Anexo A a la Circular 47 de la ISSC. 148 pp. (ciclost.), 1974).

JOHNSON, R. G.: Models and Methods for analysis of the mode of formation of fossil assemblages. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 71, pp. 1.075-1.086, 2 figs., Nueva York, 1960.

LAWRENCE, D. R.: The nature and structure of paleocology. *Journal of Paleontology*. vol. 45, n.º 4, pp. 593-607, 7 figs., 2 tablas. Wisconsin, 1971.

MARTINELL, J. y PEDEMONTE, J.: Estudio tafonómico del yacimiento de Ventalló (Gerona). *Acta Geológica Hispánica*, IX, n.º 2, pp. 42-44. Barcelona, 1974.

MELÉNDEZ, B.: La Tafonomía al servicio de la Paleontología. *Curs. Conf. Inst. "Lucas Mallada"*, VI, pp. 63-73, 3 figs. Madrid, 1959.

RAUP, D. M. y STANLEY, S. M.: *Principles of Paleontology*. W. H. Freeman and Company. VIII + 388 pp. San Francisco, 1971.

REGUANT, S.: On concept of Biostratigraphy as a science (en publicación).

ROLFE, W. D. I. y BRETT, D. W.: Fossilization processes. In *Organic Geochemistry*, EGLINTON and MURPHY, ed., pp. 213-244, Springer-Verlag, 1969.

Recibido para su publicación: 26 de febrero de 1975.