

**FORAMINIFEROS versus NANNOPLANCTON: EVALUACION
COMPARATIVA DE SU UTILIDAD BIOESTRATIGRAFICA**

Eustoquio MOLINA

Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias (Sección Geológicas)
Universidad de Zaragoza.

RESUMEN

Se analizan comparativamente las ventajas e inconvenientes de los foraminíferos y nannoplancton en bioestratigrafía, tomando como base los estudios multidisciplinarios, en los que se han considerado simultáneamente varios grupos de microfósiles del intervalo Eoceno-Mioceno. Se incluye un esquema original de correlación entre foraminíferos planctónicos, nannoplancton calcáreo y eventos químicos para un corte del límite Eoceno/Oligoceno. Se concluye que los foraminíferos planctónicos, a pesar de sus limitaciones, todavía pueden ser considerados como el principal grupo de referencia en bioestratigrafía de sedimentos marinos, y que el nannoplancton calcáreo no es tampoco la panacea en este tipo de estudios. Además, para un mejor control estratigráfico también se han considerado, estudios quimioestratigráficos y magnetoestratigráficos que son un complemento muy interesante, a la bioestratigrafía establecida principalmente con foraminíferos planctónicos y nannoplancton calcáreo.

ABSTRACT

The biostratigraphical advantages and disadvantages of foraminifers and nannoplankton are analysed and compared, taking into account the studies done from different Eocene to Miocene sections in a multidisciplinary effort. An original correlation table between planktonic foraminifers, calcareous nannoplankton and chemical events for a section of the Eocene/Oligocene is included. It is concluded that planktonic foraminifers, despite their limitations, still can be considered as the main reference group in marine biostratigraphy, and that calcareous nannoplankton are not the panacea in this kind of studies either. For improved stratigraphic resolution, chemiostratigraphic and magnetostratigraphic studies are considered a very interesting complement to the biostratigraphy established mainly with planktonic foraminifers and calcareous nannoplankton.

INTRODUCCION

En los últimos 25 años se ha producido un progreso espectacular, a nivel mundial, en lo referente al estudio y aplicación, principalmente bioestratigráfica, del nannoplancton. Este avance ha dado lugar al surgimiento de una nueva «ciencia» denominada Nannopaleontología. Tal avance y otros menos evidentes pero importantes, que han tenido lugar en el seno de la Micropaleontología, permiten afirmar que esta disciplina es quizás la que más se ha desarrollado últimamente dentro de la ciencia paleontológica.

Estos avances constituyen seguramente el tercer gran evento que se produce en la historia de la Micropaleontología, después de la invención del microscopio óptico en el siglo XVII y de la aplicación a la exploración

petrolera hacia 1920. Las causas principales del progreso en el último cuarto de siglo, que han provocado desarrollos considerables en numerosos grupos de microfósiles y en especial en el nannoplancton calcáreo (TAPPAN, 1980), son varias.

En primer lugar, es probablemente la aplicación bioestratigráfica la causa determinante de dicho avance; concretamente, el interés bioestratigráfico del nannoplancton calcáreo fue puesto de manifiesto por BRAMLETTE y REIDEL (1954) pero las primeras biozonaciones se erigieron en la década siguiente, habiéndose perfeccionado y utilizado mucho en los últimos 25 años (MARTINI, 1971; OKADA y BUKRY, 1980, etc.).

Por otra parte, para el estudio detallado de fósiles tan diminutos, se precisaba un instrumento que permitiera su observación con mayor resolución a grandes aumentos, esto fue posible con el microscopio electrónico de barrido tipo «scanning», que se empezó a usar a final de la década de 1960. No obstante, desde unos años antes ya se venía usando el microscopio electrónico de transmisión, pero los resultados no eran satisfactorios y además se requerían técnicas de preparación complejas, tales como la realización de réplicas.

Asimismo, otra causa importante surge a final de dicha década, concretamente en 1968, cuando se inició el Deep Sea Drilling Program (DSDP), el cual aplicando modernas técnicas de sondeo, proporcionando excelentes muestras e implicando a un importante número de científicos, ha estimulado fuertemente a la investigación micropaleontológica. En este sentido, la considerable cantidad de material para estudio por muchos especialistas, está permitiendo superar la etapa descriptiva, realizar importantes estudios bioestratigráficos, paleoecológicos, etc., todo lo cual ha motivado el desarrollo de la Micropaleontología y en especial de la Nannopaleontología, dentro y fuera de las Universidades.

En nuestro país, la problemática del valor bioestratigráfico de los foraminíferos planctónicos, ha sido analizada recientemente por DE RENZI y MARQUEZ (1984) de forma desmitificadora y por GONZALEZ DONOSO et al. (en este mismo volumen). Asimismo, el nannoplancton calcáreo (al que se ha prestado menor atención) ha sido objeto de estudios por SAN MIGUEL (1976, 79), en que también se han considerado estos aspectos. Sin embargo, aún no se había publicado una evaluación comparativa de su utilidad bioestratigráfica.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL NANNOPLANCTON CALCAREO.

En el presente capítulo no se pretende analizar exhaustivamente las ventajas e inconvenientes en bioestratigrafía de todos los grupos de nannoplancton, los cuales en ciertos casos todavía están mal conocidos, sino sólo poner de manifiesto las características más sobresalientes del grupo del nannoplancton calcáreo, para compararlos y discutirlos frente a los foraminíferos.

Una de las principales ventajas, radica en la enorme abundancia de los nannofósiles en casi todas las rocas sedimentarias, hasta el punto de haber desempeñado un papel importante en la construcción de ciertas rocas. Esta enorme abundancia permite poder encontrarlos y utilizarlos con facilidad. Una idea de su abundancia, lo constituye en la actualidad, la presencia en algunos puntos oceánicos de hasta 100.000 ejemplares por litro de agua, de los cuales, suelen después fosilizar cantidades bastante considerables, debido a la naturaleza calcárea de sus cocolitos.

Los organismos de concha calcárea, al depositarse por debajo del nivel de compensación de la calcita, sufren un fuerte grado de disolución, haciendo desaparecer la mayor parte de ellos, pero curiosamente el nannoplancton calcáreo se puede hallar en sedimentos procedentes de grandes profundidades; esto es debido a que se conservan dentro de una especie de peles fecales con membrana que constituyen los coprolitos de Copépodos, tal como ha explicado HONJO (1976).

Otra ventaja importante viene dada por el hecho de tener un modo de vida planctónico, lo cual conlleva una amplia distribución horizontal de sus cocolitos por todos los océanos y mares interiores; incluso en lagos se han encontrado algunas especies de nannoplancton. Así pues, el hecho de ser planctónicos, unido a su rápida dispersión por amplias áreas, los hace muy útiles para correlaciones a nivel mundial.

También su distribución vertical, a lo largo del tiempo es amplia, ya que existen citas desde el Paleozoico, pero se hacen frecuentes desde el Jurásico, a partir del cual pueden ser utilizados en bioestratigrafía. Se han establecido biozonaciones detalladas para el Mesozoico y Cenozoico, pues debido a la rapidez con que evolucionaron, se produjo una gran diversidad de especies, con breve distribución vertical; todo lo cual unido a que muchos son fáciles de identificar, le confiere una gran importancia bioestratigráfica.

Por otra parte, la rapidez y facilidad de preparación para su observación en el microscopio óptico, que es el generalmente usado para los análisis de rutina, implica una comodidad a la hora de su utilización en bioestratigrafía.

Sin embargo, no todo son ventajas en el nannoplancton calcáreo, pues también tiene algunos grandes inconvenientes. El tamaño es tan pequeño, hasta el punto que algunos cocolitos son menores de $2-4 \mu$, que hacen a veces necesario el empleo de microscopio electrónico de barrido, y éste no es aún un instrumento de rutina, pues se suele utilizar principalmente sólo para ilustrar los organismos más importantes. Además el microscopio óptico es usado generalmente al límite de sus posibilidades, siendo necesario a veces, el empleo de microscopios de polarización con dispositivos costosos y complejos, tales como el contraste de fases, etc., y aún así, la poca resolución sigue siendo una limitación.

Asimismo, el pequeño tamaño es el causante de su mayor inconveniente, que es la reelaboración. Es decir, debido a su diminuto tamaño, comparable a limo o arcilla, los cocolitos fácilmente se pueden volver a poner en suspensión, de tal forma que en una cuenca marina que exista una zona erosiva, las

corrientes pueden mantener en suspensión gran cantidad de estos organismos y transportándolos en su seno, contaminar otros sedimentos más modernos; consecuentemente, se encuentran en las preparaciones, cantidades muy altas de cocolitos reebalorados. Estos pueden plantear bastantes problemas, para cuya solución es conveniente aplicar técnicas de análisis cuantitativo. Estas nos dan idea de la frecuencia de cada especie a lo largo de la columna estratigráfica y así tendremos un criterio más objetivo para detectar posibles ejemplares reelaborados y/o contaminados.

Por otra parte, pueden surgir problemas taxonómicos como los debidos al crecimiento de calcita secundaria y se pueden producir recristalizaciones, como las puestas de manifiesto por diversos autores, entre ellos SAN MIGUEL (1976), para especies de los géneros *Discoaster* y *Reticulofenestra*. Por el contrario, también pueden ocurrir procesos de disolución parcial de elementos morfológicos críticos de los cocolitos, tanto en los procesos bioestratigráficos como fosildiagnéticos, los cuales pueden causar determinaciones erróneas.

Además, otro factor que puede ocasionar problemas en la determinación a nivel de especie es el polimorfismo, tanto el de tipo ontogenético, como el debido a la posición del cocolito en la cocoesfera, ya que al morir el organismo, los diferentes cocolitos se separan y dispersan, por lo que estos elementos aislados pueden considerarse como parataxones y sin un valor estrictamente biológico. En especímenes actuales vivientes, se ha podido demostrar que especies definidas como diferentes, sobre cocolitos aislados fósiles, eran en realidad elementos morfológicos distintos de una misma cocoesfera. Por otra parte, las figuraciones de microscopio óptico suelen ser muy diferentes de las del electrónico, en especial las figuras de extinción, todo lo cual suele añadir dificultad y puede inducir a errores. En consecuencia, la taxonomía del nannoplancton calcáreo está aún mal conocida, hasta tal punto que algunos autores describen los distintos morfotipos identificados, en orden alfabético y sin jerarquizar en categorías taxonómicas.

EVALUACION COMPARATIVA

El reciente auge en la utilización bioestratigráfica de los nannofósiles, especialmente del nannoplancton calcáreo, plantea la cuestión sobre el futuro de ciertos grupos de foraminíferos, como el de los foraminíferos planctónicos, en el que se ha basado generalmente la bioestratigrafía de los sedimentos marinos del Cretácico y Cenozoico.

Con respecto a los foraminíferos bentónicos, el nannoplancton calcáreo supera ventajosamente en bioestratigrafía, tanto a los macroforaminíferos como a los microforaminíferos bentónicos. Estos por su modo de vida suelen estar restringidos a cierto tipo de sedimentos y cuencas, por lo que su utilización, para establecer correlaciones a larga distancia, es muy problemática.

En algunos casos en que los organismos planctónicos son muy escasos,

ciertos macroforaminíferos han sido utilizados en bioestratigrafía con bastante éxito; se pueden citar como ejemplos los trabajos realizados en el Pirineo por HOTTINGER, FERRER, SERRA-KIEL, etc. Sin embargo, se sabe que su interés cronoestratigráfico es considerable sólo en el interior de una cuenca concreta, tal y como han puesto de manifiesto SERRA-KIEL y REGUANT (1985).

Asimismo, es bastante conocido el relevo heterocrónico de los macroforaminíferos orbitostegos durante el Paleogeno superior, habiéndose indicado una diferente distribución vertical, para los continentes Americano y Europeo, en lo referente a la extinción de los Discocyclinas y aparición de los Lepidocyclinas. Los problemas que plantean estos organismos, típicos de plataforma, hemos tenido ocasión de constatarlos en varios cortes de la Cordillera Bética y Umbría (Italia). En ellos hemos podido apreciar que las Discocyclinas continúan estando presente en el Oligoceno inferior/medio. Ahora bien, se encuentran resedimentadas en la cuenca y resulta difícil saber si se trata de un fenómeno penecontemporáneo.

El presente análisis está basado en la experiencia que ha supuesto al autor la participación en varios grupos de investigación, tanto nacionales como internacionales, en el seno de los cuales se ha podido comparar el valor bioestratigráfico de los foraminíferos y el nannoplancton. Las investigaciones en el «Working group on the Paleogene/Neogene boundary», dirigido por F. STEININGER, permitieron establecer y correlacionar las escalas bioestratigráficas de foraminíferos y nannofósiles, en cortes de Italia (Sicilia) y España (Cordillera Bética). Se estudiaron los foraminíferos planctónicos, bentónicos y nannoplancton calcáreo, estableciendo zonaciones para conocer mejor la bioestratigrafía del tránsito Paleogeno/Neogeno (GELATI y STEININGER, Eds., 1984).

En el ámbito del proyecto del I.G.C.P. n.º 174: «Terminal Eocene events» dirigido por Ch. POMEROL, se han realizado estudios bioestratigráficos con bastantes grupos taxonómicos y en áreas bastante distantes de la geografía mundial. Asimismo, se han realizado estudios de tipo magnetoestratigráfico, quioestratigráfico, edad absoluta, etc. Estos trabajos llevados a cabo por equipos multidisciplinarios están permitiendo un control más exacto de los acontecimientos que se produjeron en el tránsito Eoceno/Oligoceno, así como, la correlación de escalas estratotípicas, quimioestratigráficas, magnetoestratigráficas y bioestratigráficas (CAVELIER y POMEROL, 1983).

El esquema de correlación que aquí se presenta (Fig. 1) se ha realizado para un buen corte, situado en el sector central de las Cordillera Bética. En él se han estudiado los foraminíferos, nannoplancton calcáreo y variación de ciertos elementos químicos, resultando un esquema original que aporta una serie de datos muy interesantes para el conocimiento de la problemática del límite Eoceno/Oligoceno. Además constituye un buen ejemplo para ilustrar algunos aspectos de la evolución comparativa de la utilidad bioestratigráfica de los foraminíferos y el nannoplancton calcáreo. Las zonaciones establecidas con foraminíferos planctónicos y nannoplancton calcáreo son en ambos casos muy precisas, debido a la rápida evolución de las especies de estos grupos,

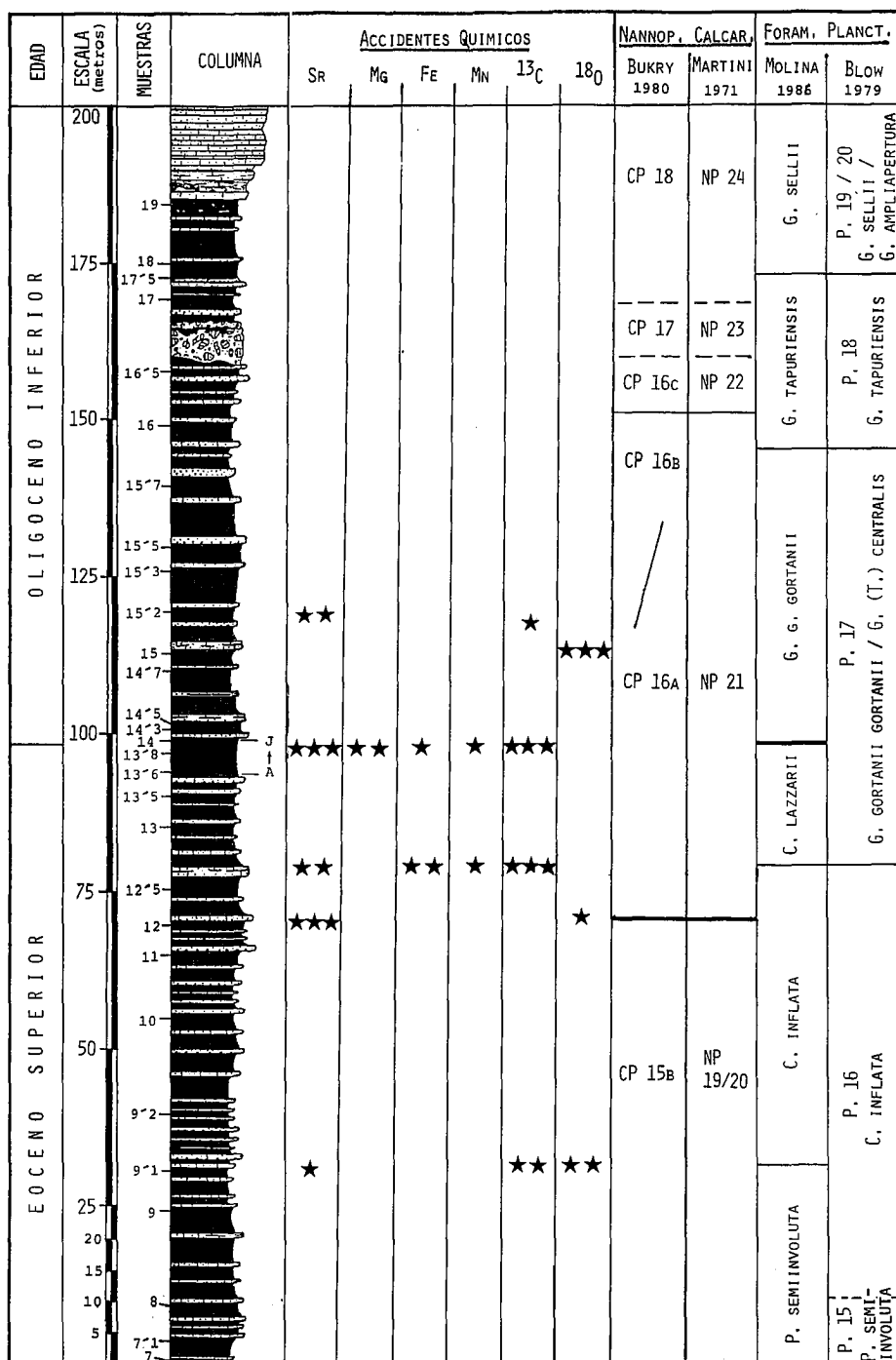


Figura 1. Corte de Fuente Caldera (Cordillera Bética) en el que se muestra la correlación entre los foraminíferos planctónicos (MOLINA, 1986), mannanoplancton calcáreo (MONECHI y PERCH-NIELSEN, 1986) y geoquímica (BERTHENET et al., 1986).

apreciándose casi igual número de biozonas en ambos para un corto intervalo de tiempo del Eoceno superior y Oligoceno inferior.

En cualquier estudio bioestratigráfico es fundamental tener en cuenta, las posibles extinciones no isocrónicas que se producen a escala mundial de unas áreas a otras, tal como la conocida de *Discoaster barbadiensis* y/o *Cyclocolithus formosus*, en el tránsito Eoceno/Oligoceno (CAVELIER, 1979). Ahora bien, en los foraminíferos planctónicos también se conocen este tipo de problemas, pero en ambos grupos, por su modo de vida planctónico, suelen manifestarse en menor medida que en otros grupos de fósiles.

Por otra parte, para evaluar y comparar la importancia bioestratigráfica de los foraminíferos planctónicos y del nannoplancton calcáreo, se hace necesario recurrir al análisis de otras características de estos grupos, las cuales pueden influir de una forma desigual.

En relación a las técnicas de preparación, el frotis empleado en el estudio del nannoplancton es rápido, ahora bien, la realización de un levigado para la obtención de foraminíferos también suele ser bastante rápido. Sin embargo, la confección en láminas delgadas es mucho más laboriosa. No obstante, las técnicas utilizadas para la observación de los nannofósiles al microscopio electrónico, a veces son muy complejas, como ocurre con la antigua confección de réplicas de carbón que además destruían los cocolitos.

Los problemas de tipo taxonómico, que pueden afectar al aspecto bioestratigráfico, son menores en los foraminíferos planctónicos, pues se trata de un grupo de microfósiles actualmente bastante bien conocido; sin embargo, las frecuentes convergencias morfológicas producidas a lo largo de la evolución, pueden causar problemas a cualquier micropaleontólogo. Ahora bien, este grupo ya ha superado la etapa descriptiva, lo cual aún no parece haber ocurrido en el nannoplancton calcáreo y esto dificulta su utilización bioestratigráfica.

Con respecto al fenómeno de la disolución, los nannofósiles al conservarse muchos de ellos en los coprolitos de Copepodos, tienen un límite inferior de acumulación mayor que los foraminíferos calcáreos, tal y como ha sido puesto de manifiesto para el Cretácico superior y Cenozoico por HAY (1970). Este fenómeno lo hemos podido constatar, en los sedimentos terciarios del flysch del campo de Gibraltar, en los cuales aparecen bastantes cocolitoforidos y sin embargo sólo unos pocos foraminíferos, especialmente aglutinados típicos de grandes profundidades. Por otra parte, el fenómeno de la recristalización no es un problema en el grupo de los foraminíferos planctónicos, al contrario de lo que a veces se produce en el nannoplancton calcáreo.

Con respecto a la distribución paleobiogeográfica, los foraminíferos planctónicos están adaptados a medios más netamente marinos, como se puede apreciar en el esquema de ARNI (1965) así como en diversos cortes del Eoceno pirenaico. Sin embargo, el nannoplancton calcáreo está más ligado a aguas cálidas y menos sujetas a cambios ecológicos, como se ha podido constatar en los organismos vivientes en la actualidad.

Por otra parte, la distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos es algo más corta, ya que el nannoplancton calcáreo aparece antes en el tiempo. Así, el nannoplancton calcáreo puede ser empleado en bioestratigrafía desde el Jurásico, mientras que los foraminíferos planctónicos se utilizan para sedimentos del Cretácico a la Actualidad. Sin embargo, las diversificaciones de ambos grupos son casi coetáneas (TAPPAN y LOEBLICH, 1973) y es a partir del Cretácico cuando ambos grupos permiten biozonaciones muy detalladas.

La infiltración y reelaboración es mucho mayor en el nannoplancton que en los foraminíferos debido al distinto tamaño, así los cocolitos se mantienen en suspensión con mucha facilidad, y consecuentemente, en bioestratigrafía los biohorizontes de extinción del nannoplancton son mucho menos fiables y útiles que los de los foraminíferos. Este problema es muy conocido en el Terciario de la región alpina y hemos tenido ocasión de constatarlo en el Eoceno-Mioceno de la Cordillera Bética. En especial, al tratar de establecer la correlación entre foraminíferos planctónicos y nannoplancton calcáreo en el corte de Molino de Cobo (MOLINA, KELLER y MADILE, 1986).

CONCLUSIONES

En esta evaluación comparativa hay que tener presente que no a todos los parámetros considerados se les puede conceder igual importancia, puesto que no todos influyen de igual forma en la utilidad bioestratigráfica. En este sentido, el tamaño tan pequeño de los nannofósiles, a la vez que les proporciona una serie de ventajas también le reporta problemas muy importantes. Por un lado, la imperfecta observación con el microscopio óptico, y por otro la reelaboración e infiltración, fenómenos especialmente graves en bioestratigrafía. Por estas y otras razones anteriormente expuestas, los foraminíferos planctónicos a pesar de sus limitaciones, todavía pueden ser considerados como el principal grupo de referencia en bioestratigrafía para los sedimentos marinos del Cretácico superior y Cenozoico. Además, resulta evidente que el nannoplancton calcáreo tampoco es la panacea en este tipo de estudios.

Por otra parte, todos los grupos utilizados aisladamente tienen limitaciones para el establecimiento de una escala bioestratigráfica precisa y correlacionable a nivel mundial, incluso aunque se tengan muy presentes los aspectos tafonómicos y paleobiológicos. Consecuentemente, para una buena resolución y control bioestratigráfico de los sedimentos marinos, es necesario el *estudio conjunto* de estos y otros grupos de fósiles, pero en especial de los de modo de vida planctónico que suelen aportar mayor rendimiento.

Asimismo, debido a los problemas de índole estratigráfica que todo fósil comporta y a la precisión que hoy requieren los estudios bio y cronoestratigráficos, se hace imprescindible la investigación dentro de equipos multidisciplinarios, que aborden no sólo el estudio bioestratigráfico, sino también el magnetoestratigráfico, quimioestratigráfico, y a ser posible, la datación con métodos de edad absoluta. Ahora bien, estos tampoco están exentos de problemas y usados aisladamente pueden dar lugar a grandes imprecisiones.

REFERENCIAS

- BERTHENET, F. (1985). *Evenements geochemiques (elements traces et isotopes stables) a la limite Eocene-Oligocene*. DEA. Universite P. et M. Curie. pp. 2-30.
- BERTHENET, F. et al. (1986). Geochemistry of the Fuente Caldera Section (Spain). In Ch. POMEROL & J. PREMOLI SILVA Eds., Terminal Eocene, Event. *Elsevier: Developments in Paleontology and Stratigraphy*. V.9 pp. 71-74.
- BRAMLETTE, M. N. & RIEDEL, W. R. (1954). Stratigraphic value of Discoasters and some other microfossils related to recent coccolithophores. *Jour. Paleontology*, 28: 385-403.
- BLOW, W. H. (1979). «*The Cainozoic Globigerinida*». E. J. BRILL, Leiden. Netherlands. 3, 1423 p.
- CARO, Y. et al. (1975). Zonations à l'aide de microfossiles pélagiques du Paléocène supérieur et de l'Eocène inférieur. *B.S.G.F.* 7: 125-147.
- CAVELIER, C. & POMEROL, Ch. (1983). Echelle de corrélations stratigraphique du Paléogène. Stratotypes, étages standards, biozones, chimiozones et anomalies magnétiques. *Geologie de la France*, n.º 3: 261-262.
- DE RENZI, M. y MARQUEZ, L. (1984). Problemas taxonómicos en Micropaleontología: el caso de los foraminíferos planctónicos. *I Congreso Español de Geología*. T, I: 483-496.
- GELATI, R. & STEININGER, F. F. eds. (1984). Potential boundary stratotype sections in Italy and Spain. *Rivista Ital. Paleont. Strat.* 89, n.º 4: 451-564.
- GONZALEZ DONOSO et. al. (1985). Consideraciones sobre algunos problemas bioestratigráficos: utilidad y utilización de los foraminíferos planctónicos. *Mem. I Jornadas Paleontología* (este vol.).
- HAQ, B. U. (1983). Jurassic to recent nannofossil biochronology: an Update. *Nannofossil biostratigraphy*, 78: 358-377.
- HONJO, S. (1976). Coccoliths: production, transportation and sedimentation. *Marine Micropaleontology*, 1: 65-79.
- HOTTINGER, L. (1960). Recherches sur les Alvéolines du Paléocène et de l'Eocene. *Mémoires suisses de Paleont.* 75/76: 3-237.
- MARTINI, E. (1971). Standard tertiary and quaternary calcareous nannoplankton zonation. *Proceedings of the II Planktonic Conf.* Roma pp. 739-746 y 749-785.
- MOLINA, E. (1979). *Oligoceno-Mioceno inferior por medio de foraminíferos planctónicos en el sector central de las Cordilleras Béticas (España)*. Tesis Doctoral. Publ. Univ. de Granada y Zaragoza, 1, 342 p.

- MOLINA, E. (1985). Excursión al Cretácico superior y Paleogeno del Prepirineo Oscense en el sector de Arguis. *Mem. I Jornadas de Paleontología* (este vol.).
- MOLINA, E. (1986). Description and biostratigraphy of the main reference section of the Eocene/Oligocene boundary in Spain: Fuente Caldera section. In Ch. POMEROL and I. PREMOLI SILVA; Eds. Terminal Eocene Event, *ELSEVIER: Developments in Paleontology and Stratigraphy*, V. 9: 53-63.
- MOLINA, E. et al. (1986). Biostratigraphic correlation between the central Subbetic (Spain) and Umbro-Marchean (Italy) pelagic sequences at the E/O boundary using foraminifera. IN. Ch. POMEROL and I. PREMOLI SILVA, Eds., Terminal Eocene Event. *ELSEVIER: Developments in Paleontology and Stratigraphy*, v. 9: 75-85.
- MOLINA, E. et al. (1986). Late Eocene to Oligocene biostratigraphical events in Molino de Cobo section (Betic Cordillera, Spain): Foraminifers and Nannofossils. *Revista Española de Micropaleontología* (in prep).
- MONECHI, S. (1986). Biostratigraphy of Fuente Caldera section by means of Calcareous nannofossils. In Ch. POMEROL & I. PREMOLI SILVA, Eds., Terminal Eocene Events. *Elsevier Developments in Paleontology and Stratigraphy*, V. 9: 65-69.
- OKADA, H. & BUKRY, E. (1980). Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (BUKRY, 1973; 1975). *Marine Micropaleontol.* 5: 321-325.
- PERCH-NIELSEN, K. et al. (1986). Calcareous nannofossils at the Eocene/Oligocene boundary. In Ch. POMEROL: Terminal Eocene Event. *ELSEVIER. Developments in Paleontology and Stratigraphy*. V. 9.
- RENARD, M. (1980). Géochimie des carbonates pélagiques: mise en évidence des fluctuations de la composition des eaux océaniques depuis 140 m.a. *B.R.G.M.* n.º 85, 650 p.
- SAN MIGUEL, M. (1976). Estudio del nannoplancton calcáreo del estrecho Nor-Bético. *Mem. de la Univ. Compl. de Madrid. Fac. de Ciencias Geológicas*: 3-333.
- SAN MIGUEL, M. (1979). El grupo Reticulofenestra pseudumbilica (Gartner) en el Mioceno Superior-Plioceno inferior del estrecho Nor-Bético. *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol)*, 77: 247-261.
- SERRA-KIEL, J. & REGUANT, S. (1985). Acerca del valor cronoestratigráfico y paleogeográfico de los Nummulites del grupo del N. Pernotus-Perforatus. *Mem. I Jornadas de Paleontología*. (este vol.).
- TAPPAN, H. (1980). *The Paleobiology of plant protists*. W. H. Freeman and Company: 1-1.028.
- TAPPAN, H. & LOEBLICH, A. R. Jr. (1973). Evolution of the ocean plankton. *Earth Sci. Rev.*, 9: 207-240.