

# Análisis bioestratigráfico del Eoceno Inferior de la sección de Barinatxe (Pirineos Occidentales) mediante nanofósiles calcáreos

Calcareous nannofossil biostratigraphic analysis of the lower Eocene of the Barinatxe section (Western Pyrenees)

G. Bernaola, Y. Nuño-Arana y A. Payros

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, Ap. 644, 48080, Bilbao.  
gilen.bernaola@ehu.es

## ABSTRACT

The Barinatxe section (Western Pyrenees) contains one of the most complete and expanded deep-water succession of the early Eocene so far described. The succession, cropped out continuously along sea cliffs, is rich in well preserved calcareous nannofossil.

The calcareous nannofossil study carried out in Barinatxe section, where a total of 70 autochthonous early Eocene calcareous nannofossil species have been identified, has allowed us to identify Zones NP10, NP11, NP12 and NP13. Furthermore, we have precisely pinpointed the succession of calcareous nannofossil biohorizons and their relative position within the planktic foraminifer zones. The calcareous nannofossil and planktic foraminifer intercalibration scheme resulted from this study does not agree with the current standard biomagnetostratigraphic correlation scheme. In order to corroborate or contradict our observations similar studies in sections of a wide range of latitudes and depositional environments are needed.

Key words: calcareous nannofossils, Lower Eocene, Barinatxe section

Geogaceta, 40 (2006), 175-178  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El Eoceno fue un periodo muy importante en la evolución climática de la Tierra. La reorganización de las placas tectónicas dio como resultado una nueva configuración paleogeográfica y como consecuencia grandes cambios en el régimen de circulación oceánica que provocaron un cambio del clima global; de un periodo "greenhouse" a otro "icehouse" (Zachos *et al.*, 2001). La mayor parte de los estudios paleoclimáticos del Eoceno realizados hasta el momento, se han centrado en el análisis del máximo térmico del Eoceno basal, conocido con el acrónimo anglosajón PETM (Paleocene Eocene Thermal Maximum) (Zachos *et al.*, 1993) o en el estudio del periodo de enfriamiento de Eoceno superior/Oligoceno inferior (Zachos *et al.*, 1996). Sin embargo, se conoce muy poco sobre el óptimo térmico del Eoceno inferior (Early Eocene Climatic Optimum, EECO) y del subsiguiente periodo de transición de un clima "greenhouse" a otro "icehouse" acaecido durante el Eoceno medio. Esto se debe en parte, a que existen pocas secciones del Eoceno inferior-medio correspondientes al ambiente de cuenca profunda, donde

el registro estratigráfico es habitualmente más completo.

La sección de Barinatxe (latitud/longitud 43°23'00"N/3°00'15"W) es una de las secciones de fondo de cuenca del Eoceno inferior más potentes descritas hasta el momento. Debido a su excelente registro paleontológico es ideal para documentar tendencias evolutivas de diferentes grupos de fósiles desde la base del Eoceno hasta el Eoceno medio.

Con este pretexto, el objetivo principal de este trabajo es la caracterización de la sucesión de bioeventos de nanofósiles calcáreos del Eoceno inferior de la sección de Barinatxe. La bioestratigrafía de nanofósiles calcáreos, junto con la de los foraminíferos planctónicos descrita con anterioridad por Orue-Etxebarria *et al.* (1984), proporciona un control bioestratigráfico preciso de la sección de Barinatxe que será de gran utilidad para estudios paleoecológicos posteriores del Eoceno inferior.

## Situación geológica

La sección de Barinatxe, al noroeste de Bilbao, está compuesta por materiales de edad Eoceno inferior que afloran entre la parte Este de la punta de Solondotas,

en donde contacta tectónicamente con rocas del Maastrichtiense superior, y la punta de Azkorri a lo largo de la playa de Barinatxe (Fig. 1).

Esta sección es parte de una sucesión de 2300 m de materiales de fondo de cuenca de edad Ypresiense inferior-Luteciense superior que se extiende desde el pueblo de Sopelana hasta el cabo de Punta Galea. Durante todo este intervalo de tiempo este área formaba parte del fondo marino de un golfo de aproximadamente 1500 m de profundidad (Orue-Etxebarria y Lamolda, 1985; Rodríguez-Lázaro y García-Zarraga, 1996) que se abría al Oeste hacia el Océano Atlántico. Este área recibía sedimentos de varias fuentes, principalmente material carbonatado hemipelágico, así como turbiditas y debritas calciclásticas procedentes del Norte y turbiditas siliciclásticas provenientes del Norte y Este (Payros *et al.*, 2006).

De este modo, la sección de Barinatxe, que comprende los primeros 700 m de la sucesión Sopelana-Punta Galea, está formada por una alternancia aleatoria de calizas y margas hemipelágicas, turbiditas siliciclásticas finas y turbiditas mixtas (calciclásticas-siliciclásticas) de hasta 100 cm de espesor. Las turbiditas son más abundantes y

presentan mayores espesores en la parte inferior y en la superior de la sección de Barinatxe donde forman las unidades conocidas como Areniscas de Urduliz y Areniscas de Azkorri.

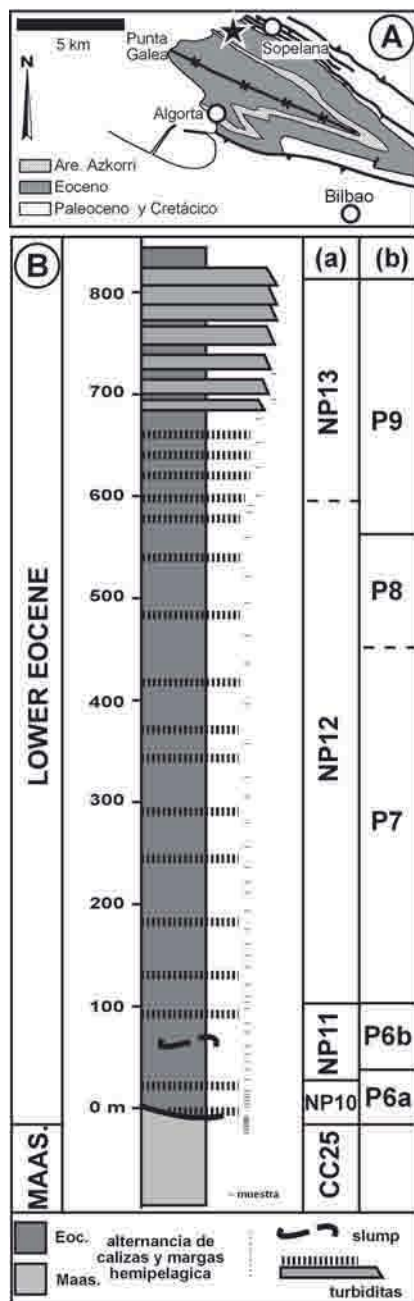
Esta sección ha sido objeto de estudios sedimentológicos (Pujalte *et al.*, 1997) y paleontológicos (Orue-Etxebarria *et al.*, 1984; Orue-Etxebarria y Lamolda, 1985; Rodríguez-Lázaro y García-Zarraga, 1996; Payros *et al.*, 2006) aunque todavía no se ha realizado ninguno de nanofósiles calcáreos.

**Materiales y Métodos**

Para el análisis de los nanofósiles calcáreos de la sección de Barinatxe se tomaron un total de 55 muestras. El muestreo, por lo general, se realizó a intervalos de 15 metros, siendo más preciso en torno a los biohorizontes principales. Para el procesado y preparación de las láminas se siguió el método de pipeteado descrito por Bown (1998), evitando cualquier tipo de procesado mecánico o químico que pudiera modificar la composición original de las asociaciones. Todas las láminas fueron estudiadas a través de un microscopio petrográfico Leica DMLP a 1500 aumentos. Para la observación de los ejemplares más pequeños, la observación de los detalles de formas más grandes y para la toma de fotografías, las láminas fueron examinadas a 2000 aumentos. Con el fin de registrar la práctica totalidad de las especies presentes en cada una de las muestras se analizaron en cada una de ellas tres largos de lámina elegidos al azar. Asimismo y para registrar los principales cambios de las asociaciones de nanofósiles a lo largo del intervalo estudiado, se llevó a cabo el recuento de 300 especímenes en 10 muestras repartidas a lo largo de la sección. En el presente trabajo se siguen los conceptos taxonómicos de Aubry (1984-1999) y Bown (2005) y las biozonaciones estándar de Martini (1971) y Okada y Bukry (1980).

**Resultados**

De acuerdo con los criterios de preservación propuestos por Roth y Thierstein (1972) todas las muestras estudiadas de la sección de Barinatxe poseen asociaciones de nanofósiles bien preservadas que ocasionalmente presentan rasgos de disolución y en menor medida, recrecimiento. La diversidad y la riqueza son altas y se mantienen de forma regular a lo largo de todo el tramo estudiado, presentando una media de 38 especies por



**Fig. 1.- Situación (A) y estratigrafía simplificada (B) de la sección de Barinatxe con la biozonación de nanofósiles calcáreos (este trabajo) (a) y foraminíferos planctónicos (Orue-Etxebarria, 1985; Payros *et al.*, 2006) (b).**

*Fig. 1.- Situation (A) and simplified stratigraphy (B) of the Barinatxe section, showing the calcareous nannofossil (this paper) (a) and planktic foraminifer (Orue-Etxebarria, 1985; Payros *et al.*, 2006) biozonations (b).*

muestra y 15 nanofósiles por campo de visión. Debido a la naturaleza de los sedimentos, hemipelagitas con intercalaciones de niveles turbidíticos, todas las muestras presentan en mayor o menor medida especies cretácicas re TRABAJADAS. Al margen de las especies re TRABAJADAS, en el presen-

te estudio se han reconocido un total de 70 especies autóctonas.

A lo largo de toda la sección estudiada la asociación de nanofósiles calcáreos está dominada por *Coccolithus* y *Toweius* que, en conjunto, representan entre el 55 y 80 % de la misma. *Sphenolithus*, *Discoaster* y *Zygrhablithus bijugatus* completan la lista de los taxones mayoritarios. El 5-25% restante de la asociación está compuesto por aquellos taxones que, por lo general, no superan el 2-3%. Entre estos últimos cabe destacar, por su valor paleoecológico, los representantes del género *Chiasmolithus*, que en la mayor parte de la sección no superan el 2% de la asociación total de nanofósiles calcáreos.

**Bioestratigrafía**

La base de la sección estudiada está en contacto tectónico con materiales del Cretácico terminal. Estos materiales presentan una asociación dominada por *Watznaueria barnesae*, *Cribrosphaerella ehrenbergii*, *Arkhangelskiella cymbiformis* y varias especies de los géneros *Micula*, *Prediscosphaera* y *Eiffellithus*, que junto con la presencia de *L. quadratus* nos indican una edad Maastrichtiense superior, Zona CC25 de Sissingh (1977).

Por encima del contacto tectónico, las asociaciones de nanofósiles calcáreos reconocidas en la sección de Barinatxe han permitido la identificación de las Zonas NP10, NP11, NP12 y NP13 de la Zonación estándar de Martini (1971). La biozonación obtenida así como el resumen de los principales biohorizontes reconocidos se describe a continuación (Fig. 2):

a) Biozona de *Tribrachiatus contortus* (NP10): Intervalo comprendido entre el primer registro de *Rhombaster bramlettei* (*Rh. cuspis*) y el último registro de *Rhombaster contortus*.

En la sección de Barinatxe la primera muestra tomada por encima del contacto tectónico se caracteriza por la coexistencia de *Rh. bramlettei* (*Rh. cuspis*) y *Rh. bramlettei* var. T (*T. bramlettei*), que en secciones completas de fondo de cuenca como Zumaia se produce varios metros por encima de la base de la Zona NP10 (Orue-Etxebarria *et al.*, 2004), postdatando el intervalo del máximo térmico del Paleoceno-Eoceno (PETM). Hay que tener en cuenta que la primera muestra se tomó 5 m por encima de la falla que pone en contacto los materiales del Maastrichtiense y Eoceno, ya que estos primeros metros de la sucesión están compuestos casi en su totalidad por turbiditas silicicláticas (Areniscas de

Urduliz). Por su posición estratigráfica este paquete de turbiditas podría corresponder al PETM.

En la Biozona de *Tribrachiatus contortus* se han registrado las primeras apariciones de *Neococcolithes dubius*, *Pontosphaera exilis*, *Sphenolithus radians*, *Sphenolithus editus* y varios representantes del linaje *Rhombaster-Tribrachiatus* como *Tribrachiatus digitalis*, *Rh. contortus* y *T. orthostylus*.

El techo de la Zona NP10, marcado por el último registro de *Rh. contortus*, se sitúa a 33 m por encima del contacto tectónico. En la última muestra en la que *Rh. contortus* está presente, se registra la primera aparición de *T. orthostylus*, bihorizonte utilizado para marcar la base de la Zona NP11 en aquellas secciones donde *Rh. contortus* no está presente.

b) Biozona de *Discoaster binodosus* (NP11): Intervalo comprendido entre el último registro de *Rhombaster contortus* y el primer registro de *Discoaster lodoensis*.

En la sección de Barinatxe la Zona NP11 tiene una potencia total de 82 m. En la parte inferior de esta biozona se han observado las primeras apariciones de *Holodiscolithus* cf. *H. solidus*, *Coronocylus bramlettei* y *Clathrolithus ellipticus*. *Pontosphaera pulchra*, por su parte, tiene su primer registro 8 metros antes de la primera aparición de *D. lodoensis*, en la parte final de la biozona. *D. lodoensis* es un taxón relativamente abundante desde prácticamente el comienzo de su distribución.

c) Biozona de *Tribrachiatus orthostylus* (NP12): Intervalo comprendido entre el primer registro de *Discoaster lodoensis* y el último registro de *Tribrachiatus orthostylus*.

Con una potencia de 496 m, esta biozona es con diferencia la más extensa de la sucesión estudiada. A lo largo de todo este intervalo se producen las primeras y últimas apariciones de varios taxones entre los que destacan los primeros registros de *Chiasmolithus grandis*, *Chiphragmalithus altinlii*, *Chiphragmalithus calathus*, *D. binodosus hirundinus*, *Discoaster tanii*, *Discoaster tanii nodifer*, *Lophodolichus reniformis*, *Pontosphaera pulcheroides* y *Scyphosphaera columella* y los últimos registros de *Chiasmolithus nitidus* y *Holodiscolithus* cf. *H. solidus*.

Algunos de estos biohorizontes podrían ser de gran utilidad para la subdivisión interna de la Zona NP12.

d) Biozona de *Discoaster lodoensis* (NP13): Intervalo comprendido entre el último registro de *Tribrachiatus orthostylus* y el primer registro de *Discoaster sublodoensis*.

En el presente estudio no ha sido posible determinar el límite superior de esta zona ya que se encuentra por encima del intervalo estudiado. Estudios sobre el límite Ypresiense/Luteciense llevados a cabo recientemente en esta misma sucesión (Bernaola *et al.*, en prensa) sitúan la base de la zona NP14 175 metros por encima de la base de la Zona NP13.

En la Biozona de *Discoaster lodoensis* se produce la primera aparición

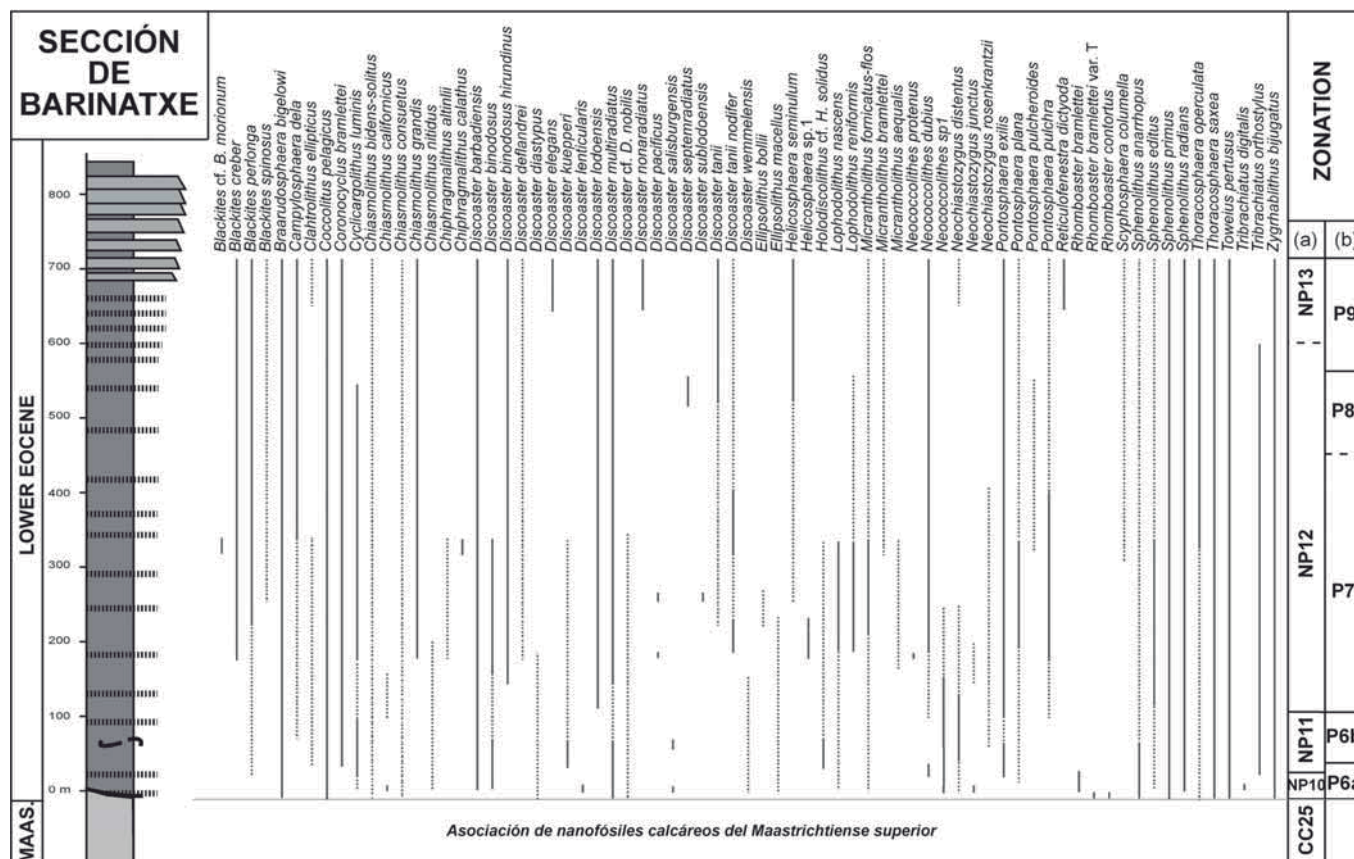


Fig. 2.- Distribución de las especies más significativas de nanofósiles calcáreos del Eoceno inferior de la sección de Barinatxe. (a) zonación de nanofósiles calcáreos (este trabajo), (b) zonación de foraminíferos planctónicos (Orue-Etxebarria *et al.*, 1984; Payros *et al.*, 2006). Las líneas continuas y discontinuas representan respectivamente la aparición continua y discontinua de las especies.

Fig. 2.- Selected calcareous nannofossil species ranges across the lower Eocene at the Barinatxe section. (a) calcareous nannofossil zonation (this paper), (b) planktic foraminifer zonation (Orue-Etxebarria *et al.*, 1984; Payros *et al.*, 2006). The continuous and dotted lines represent respectively species continuous and discontinuous occurrence.

de *Discoaster nonradiatus* y *Reticulofenestra dyctioda*.

#### Correlación con la bioestratigrafía de foraminíferos planctónicos

De acuerdo a estudios previos, en la sección de Barinatxe se reconocen las Zonas P6b-P9 de foraminíferos planctónicos (Orue-Etxebarria *et al.*, 1984; Payros *et al.*, 2006). La correlación entre la biozonación de foraminíferos planctónicos propuesta por estos autores y la de nanofósiles calcáreos obtenida en el presente estudio, pone en evidencia algunas discrepancias entre lo que se observa en esta sección y la actual escala biomagnetocronológica estándar (Berggren *et al.*, 1995) (Fig. 3).

En estudios micropaleontológicos recientes del límite Eoceno inferior/medio (Bernaola *et al.*, en prensa) también se observan discrepancias entre los datos obtenidos en dichos estudios y la actual escala biocronológica estándar (Berggren *et al.*, 1995). Con el fin de corroborar o invalidar estas observaciones, basadas en el estudio de la sucesión de Sopelana-Punta Galea creemos que serían necesarios estudios similares en secciones de un amplio espectro de latitudes y ambientes deposicionales del Eoceno inferior y medio.

#### Consideraciones finales y Conclusiones

La sección de Barinatxe contiene una de las sucesiones de cuenca profunda del Eoceno inferior más completa y expandida descritas hasta el momento. La sucesión es rica en nanofósiles calcáreos y aflora de forma continua a lo largo de los acantilados de la playa de Barinatxe. El estudio de los nanofósiles calcáreos llevado a cabo en la sección de Barinatxe, en la que se han reconocido un total de 70 especies del Eoceno inferior, ha permitido el reconocimiento de las Zonas NP10, NP11; NP12 y NP13. Además también ha permitido posicionar con precisión la sucesión de biohorizontes de nanofósiles calcáreos y su posición relativa respecto a las biozonas de foraminíferos planctónicos. El esquema de intercalibración de foraminíferos

plantónicos y nanofósiles calcáreos resultado del presente estudio está en desacuerdo con los esquemas biomagnetocronológicos estándar actuales. Para corroborar o contradecir estos resultados son necesarios un mayor número de estudios en secciones de un amplio rango de latitudes y ambientes deposicionales.

#### Agradecimientos

Este trabajo es una contribución a los proyectos CGL2005-02770/ BTE, CGL2005-01721/ BTE del Ministerio de Ciencia y Tecnología y al proyecto 9/UPV00121.310-1455/2002 de la Universidad del País Vasco. GB disfruta de una beca postdoctoral dentro del Programa de Formación de Investigadores del Gobierno Vasco.

#### Referencias

- Aubry, M.-P., (1984-1999). *Handbook of Cenozoic Calcareous Nannoplankton* Book 1-5.
- Berggren, W.A., Kent, D.V., Swisher, C.C. y Aubry, M.-P. (1995). *SEPM Special Publication*, 54, 129-212.
- Bernaola, G., Orue-Etxebarria, X., Payros, A., Dinarès-Turell, J., Tosquella, J., Apellaniz, E. y Caballero, F. (en prensa). *Neues Jahrbuch für Geologie Und Palaeontologie. Abhandlungen*.
- Bown, P.R. (1998). *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, 315 p.
- Bown, P.R. (2005). *Journal of nannoplankton Research*, 27, 21-95.
- Martini, E. (1971). Edizioni Tecnoscienza, Roma, 2, 739-785.
- Okada, H. y Bukry, D. (1980). *Marine Micropaleontology*, 5, 321-325.
- Orue-Etxebarria, X., Lamolda, M. y Apellaniz, E. (1984). *Revista Española de Micropaleontología*, 16, 241-263.
- Orue-Etxebarria, X. y Lamolda, M. (1985). *Revue de Micropaléontologie*, 27, 257-265.
- Orue-Etxebarria, X., Bernaola, G., Bacetá, J.I., Angori, E., Caballero, F., Monchi, S., Pujalte, V., Dinarès-Tutrell,

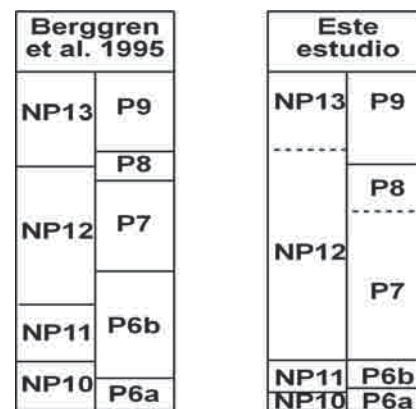


Fig. 3.- Comparación entre la escala biomagnetocronológica estándar de Berggren *et al.* (1995) con el esquema de intercalibración entre las biozonas de nanofósiles calcáreos y foraminíferos planctónicos de este estudio.

Fig. 3.- Comparison between the standard biomagnetochronologic scheme of Berggren *et al.* (1995) and the calcareous nannofossil-planktic foraminifer intercalibration scheme proposed in this study.

- J., Dinarès-Tutrell, J., Apellaniz, E. y Payros, A. (2004). *Neues Jahrbuch für Geologie Und Palaeontologie. Abhandlungen*, 234, 223-260.
- Payros, A., Orue-Etxebarria, X. y Pujalte, V. (2006). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 234, 258-276.
- Pujalte, V., Payros, A., Orue-Etxebarria, X. y Bacetá, J.I. (1997). *Geogaceta*, 22, 169-172.
- Rodríguez-Lázaro, J. y García-Zarraga, E. (1996). *Proceedings 2nd European Ostracodologist Meeting*, 79-85.
- Roth, P.H. y Thierstein, H. (1972). *Initial Reports of DSDP*, 14, 421-485.
- Sissingh, W. (1977). *Geologie en Mijnbouw*, 56, 37-65.
- Zachos, J.C., Lohmann, K.C., Walker, J.C.G. y Wise Jr. S.W. (1993). *Journal of Geology*, 101, 191-213.
- Zachos, J.C., Quinn, T.M. y Salamy, K. (1996). *Paleoceanography*, 11, 251-266.
- Zachos J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E. y Billups, K. (2001). *Science*, 292, 686-693.