

# Correlación cuantitativa con foraminíferos planctónicos del tránsito Paleoceno-Eoceno en Alamedilla (Béticas), Zumaya (Pirineos) y Site 401 (Golfo de Vizcaya): implicaciones paleoceanográficas

*Planktic foraminiferal quantitative correlation across the Paleocene/Eocene boundary at Alamedilla (Betics), Zumaya (Pyrenees) and Site 401 (Bay of Biscay): paleoceanographic implications*

I. Arenillas (\*), E. Molina (\*) y A. Pardo (\*\*)(\*\*)

(\*) Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología). Universidad de Zaragoza. 50009-Zaragoza.  
 (\*\*) Department of Geological and Geophysical Sciences. Princeton University, NJ 08544, U.S.A.

## ABSTRACT

Quantitative correlation with planktic foraminifera at Alamedilla (Betics), Zumaya (Pyrenees) and Site 401 (Bay of Biscay) allows us to infer paleoceanographical trends during Paleocene-Eocene transition in a subtropical to cool environment transect. Similar faunal events are observed in the three sections, which suggest also similar paleoclimatic changes at different latitudes in surface waters. The benthic foraminiferal extinction event at the P/E boundary coincides with a change in the warm/cool planktic foraminifera species ratio that indicates a surface water warming, accompanied by an increase in the acariniid population. After this warming pulse, a short-term cooling can be inferred by the change in the warm/cool ratio. This is the first study that using planktic foraminifera points out this post-P/E short term cooling in the general warming trans-P/E trend.

**Key words:** Planktic foraminifera, paleoecology, Thanetian, Ypresian.

*Geogaceta*, 20 (1) (1996), 187-190  
 ISSN: 0213683X

## Introducción

En el límite Paleoceno/Eoceno (P/E) se produce una extinción en masa de foraminíferos bentónicos que afecta fundamentalmente a los medios batiales y abisales (Tjalsma y Lohman, 1983; Thomas, 1990; Pak y Miller, 1992; Ortiz, 1994). Este evento ha sido asociado a un importante cambio negativo en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (Shackleton *et al.*, 1985; Shackleton, 1986; Miller *et al.*, 1987; Corfield y Shackleton, 1988; Kennet y Stott, 1990, 1991). El horizonte de extinción en masa de los foraminíferos bentónicos coincide con el cambio isotópico y es actualmente considerado como el evento más apropiado para establecer el límite P/E (Molina *et al.*, 1994; Canudo *et al.*, 1995; Arenillas y Molina, 1996; Pardo *et al.*, en prensa). Los análisis de  $\delta^{18}\text{O}$  indican que durante el tránsito P/E las aguas profundas aumentaron su temperatura en unos 10°C en todas latitudes, mientras que las aguas superficiales no experimentaron cambios en latitudes tropicales y llegaron a aumentar de 5-7°C en latitudes altas (Corfield y

Shackleton, 1988; Kennet y Stott, 1990, 1991; Stott y Kennet, 1990; Corfield y Cartlidge, 1992; Lu y Keller, 1993, 1995a,b; Pardo *et al.*, en prensa).

Coincidiendo con la extinción de foraminíferos bentónicos se ha observado una variación cuantitativa en las asociaciones de foraminíferos planctónicos en el Atlántico norte (Canudo y Molina, 1992; Canudo *et al.*, 1995; Pardo *et al.*, 1995, en prensa; Arenillas y Molina, 1995b), en el Tethys (Canudo *et al.*, 1995; Arenillas y Molina, 1996), en el Pacífico (Lu y Keller, 1995a) y en el Antártico (Kennett y Stott, 1990; Lu y Keller, 1993). Esta variación en la fauna planctónica da lugar a un relevo evolutivo gradual en el tránsito P-E.

En este trabajo se realiza la comparación de los cortes de Alamedilla (Tethys occidental), Zumaya y DSDP Site 401 (Atlántico norte), con el objetivo de analizar los cambios paleoceanográficos del tránsito Paleoceno-Eoceno (Thanetiense-Ypresiense) en un área que comprende desde regiones de latitud subtropical hasta regiones de latitud media-alta.

## Localización y métodos

El corte de Alamedilla está situado en las Cordilleras Béticas, dentro del dominio del Tethys, y su localización exacta se detalla en Arenillas y Molina (1996). La latitud y longitud de este corte son respectivamente 37°34.12'N y 3°14.40'W. El corte de Zumaya está situado en la Cuenca Vasco-Cantábrica (Pirineos occidentales), y su localización exacta se detalla en Canudo *et al.* (1995). La latitud y longitud de este corte son respectivamente 43°18.16'N y 2°15.55'W. El DSDP Site 401 está situado en la llanura abisal del Golfo de Vizcaya, en el Atlántico norte, y su localización exacta se detalla en Pardo *et al.* (1995). La latitud y longitud de este sondeo son respectivamente 47°25.65'N y 8°48.62'W. Se han estudiado un total de 141 muestras: 59 del corte de Alamedilla, 34 del corte de Zumaya y 48 del DSDP Site 401. Las muestras se han preparado mediante la técnica del levigado. El análisis cuantitativo ha sido realizado basándose en una fracción representativa del residuo, superior a 106

mm, de más de 300 ejemplares por cada muestra, utilizando un microcueteador Otto modificado. Las interpretaciones de tipo paleoecológico realizadas a partir del análisis cuantitativo se basan en los criterios establecidos por Boersma y Premoli Silva (1983, 1988, 1989, 1991), Shackleton *et al.* (1985), Keller (1993), Keller *et al.* (1993), Barrera y Keller (1994), los cuales nos ha permitido establecer el índice cálido/frío (C/F) de la Fig. 1.

### Bioestratigrafía

En este trabajo se han seguido las biozonaciones de Berggren y Miller (1988) y Arenillas y Molina (1996). Se han reconocido todas las biozonas desde P4 hasta P8 de Berggren y Miller (1988), excepto la biozona P5. Esta biozona representa el intervalo de tiempo comprendido entre la última aparición (U.A.) de *Planorotalites pseudomenardii* y la P.A. de *Morozovella subbotinae*; sin embargo, en varios cortes, incluido el de Alamedilla, se ha observado un intervalo de coexistencia entre *P. pseudomenardii* y *M. subbotinae* (Arenillas y Molina, 1996; Berggren *et al.*, en prensa), por lo que la biozona P5 ha sido invalidada. La U.A. de *Igorina laevigata* representa el límite superior de la nueva Biozona de *I. laevigata* de Arenillas y Molina (1996, en prensa), que coincide con el límite P/E (Canudo y Molina, 1992; Molina *et al.*, 1994; Canudo *et al.*, 1995; Pardo *et al.*, en prensa).

### Paleoceanografía

La correlación de los cortes de Alamedilla, Zumaya y Site 401 muestra la utilidad de los análisis cuantitativos de foraminíferos planctónicos como indicadores paleoclimáticos. Alamedilla, situado a una latitud subtropical, muestra en toda la sección estudiada una abundancia de especies cálidas cercana al 70%. El corte de Zumaya y el Site 401 situados en latitud media y media-alta respectivamente, muestran una asociación faunística típica de climas templados, con una proporción de especies cálidas claramente inferior, alrededor del 25%. El corte de Zumaya muestra durante el Paleoceno una proporción del 37% de especies cálidas (Arenillas y Molina, 1995a), mostrando claramente su posición intermedia entre Alamedilla y Site 401; sin embargo, durante el Ypresiense, el corte de Zumaya presenta un índice C/F anómalo (15-20%), inferior incluso al del Site 401.

El estudio comparativo de los tres cortes, permite hacer un seguimiento de la evolución de las asociaciones de foraminíferos planctónicos en una franja que abarca desde los ambientes subtropicales hasta los templados-fríos. La similitud entre los eventos paleoclimáticos inferidos en Alamedilla y el Site 401 es una clara muestra de que el análisis cuantitativo es una herramienta de calidad para los estudios paleoceanográficos. En Zumaya existen variaciones durante el Ypresiense, que pueden ser atribuibles a la mayor proximidad al continente del medio de la Cuenca Vasco-Cantábrica.

El Paleoceno terminal o Thanetiense superior (Biozona de *P. pseudomenardii* o P4 y Biozona de *I. laevigata* o parte inferior de P6a) está caracterizado; bien por la estabilidad (Site 401), bien por pequeñas variaciones en las asociaciones faunísticas (Alamedilla y Zumaya), de las que se infiere un ambiente con pocas fluctuaciones térmicas o ambientales.

El primer pulso de calentamiento de las aguas, inferido por un importante cambio en el índice C/F, coincide en los tres cortes con el nivel de extinción de foraminíferos bentónicos que ha sido propuesto como el mejor evento marcador del límite Paleoceno/Eoceno. Este pulso abarca la parte inferior de la Biozona de *M. velascoensis* de Arenillas y Molina (1996) o parte media de P6a. En el corte de Zumaya, este pulso abarca aparentemente toda la Biozona de *M. velascoensis*. Sin embargo, la última aparición de esta especie en Zumaya coincide con la implantación de un medio turbidítico tipo *flysch* y puede ser atribuible a una desaparición local (Fig. 1). En otros cortes pirenaicos, como el de Campo (Arenillas y Molina, 1995b), con un medio de características similares durante el Thanetiense superior e Ypresiense, los grandes morozovélidos no aparecen en todo el tránsito Paleoceno-Eoceno debido a la menor profundidad del medio.

Tradicionalmente se ha considerado el calentamiento climático del límite P/E el de mayor intensidad del Cenozoico, y se creía que éste duraba sin grandes variaciones desde la parte media de la Biozona P6a hasta la P7. Sin embargo, el estudio cuantitativo de foraminíferos planctónicos en Alamedilla, Zumaya y el Site 401 revela como, tras el primer pulso inicial de calentamiento, hay un efecto de rebote en el cual las especies «frías» recuperan el porcentaje que presentaban durante el Paleoceno terminal. El descenso del índice C/F incluye la parte superior de la Biozona de *M. velascoensis* (parte superior de P6a) y la parte inferior de la Biozona de *M. subbotinae* (P6b). Este cambio en las asociaciones faunísticas de foraminíferos, que nosotros hemos denomi-

minado etapa post-P/E, no había sido observado con anterioridad. Sin embargo, sería demasiado prematuro concluir que esta variación fuese debida únicamente a un cambio en la temperatura de las aguas.

El análisis isotópico de alta resolución de  $\delta^{18}\text{O}$  realizado en el Site 401 por Pardo *et al.* (en prensa) refleja un enfriamiento de al menos 1°C en las aguas superficiales. Sin embargo, los análisis isotópicos no siempre son la herramienta más fiable para inferir los cambios de temperatura en las masas oceánicas. Problemas como la diagénesis pueden afectar sustancialmente a la señal isotópica obtenida. Por ejemplo, en el corte de Alamedilla, el análisis isotópico de  $\delta^{18}\text{O}$  llevado a cabo por Lu *et al.* (1996) no indican los cambios térmicos característicos del límite P/E. Sin embargo, la desaparición del grupo de los grandes morozovélidos paleocenos (e.g., *M. velascoensis*, *Morozovella occlusa*, *Morozovella acuta*, *Morozovella crosswicksensis*) durante el intervalo de descenso del índice C/F de la etapa post-P/E, parece confirmar la existencia de un cambio climático tendente a la disminución de la temperaturas de las aguas.

Los cambios ambientales en el tránsito Paleoceno-Eoceno fueron complejos, y no se deberían atribuir a un único factor. El aumento de chilguembelínidos tras la extinción de los bentónicos en Alamedilla, Zumaya y Site 401 (Canudo *et al.*, 1995; Pardo *et al.*, 1995, en prensa; Arenillas y Molina, 1996) sugiere un evento hipóxico en la profundidad de la termoclina (Boersma y Premoli Silva, 1988, 1989; Keller, 1993; Keller *et al.*, 1993; Barrera y Keller, 1994). Este hecho podría indicar una gran estratificación de la columna de agua, con poco o ningún intercambio de nutrientes y elementos químicos disueltos entre las masas de agua a distintas profundidades.

Las asociaciones faunísticas en Alamedilla y Site 401 recuperan porcentajes indicativos de ambientes más cálidos en la parte superior de la Biozona de *M. subbotinae* (P6b). En Zumaya, este incremento del índice C/F es apenas discernible, debido probablemente a las condiciones medioambientales de mayor influencia continental que se instalan, desde la Biozona de *M. velascoensis*, en esta región de la Cuenca Vasco-Cantábrica. Esta etapa, que nosotros hemos denominado etapa trans-P/E, continua hasta el final de la Biozona de *Morozovella formosa* (P6c) y representa la continuación de la tendencia de calentamiento observada tras el evento del límite P/E, caracterizada por un aumento en la población de acarínifni-

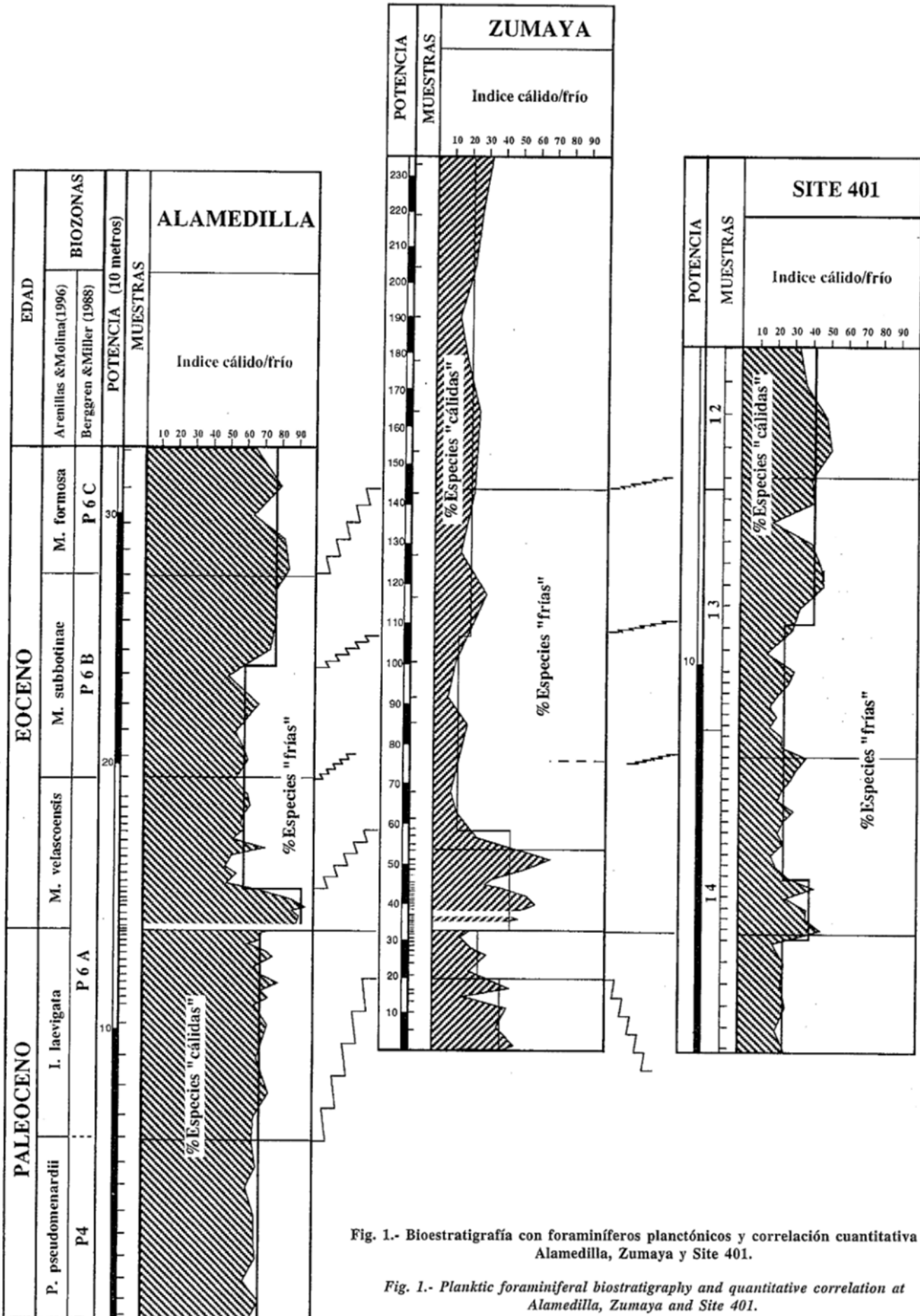


Fig. 1.- Bioestratigrafía con foraminíferos planctónicos y correlación cuantitativa de Alamedilla, Zumaya y Site 401.

Fig. 1.- Planktic foraminiferal biostratigraphy and quantitative correlation at Alamedilla, Zumaya and Site 401.

dos, que progresivamente van desplazando a los morozovéllidos en las aguas superficiales. En estudios de baja resolución esta es la etapa que caracteriza el evento de calentamiento paleoclimático del Eoceno inferior más bajo.

### Conclusiones

La evolución de las asociaciones de foraminíferos planctónicos en Alamedilla, Zumaya y Site 401 durante el tránsito Paleoceno-Eoceno muestra las siguientes etapas: 1) etapa finipaleocena con un índice C/F bajo, 2) pulso cálido del límite P/E, 3) etapa post-P/E con recuperación de índice C/F bajo, y 4) etapa trans-P/E con estabilización del índice C/F alto característico del tránsito P/E. Estas etapas son fácilmente correlacionables y muestran una similar evolución paleocenográfica.

### Agradecimientos

I.A. disfruta de una beca de la Diputación General de Aragón (nº ref. BCB3692). Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto PB94-0566 de la DGICYT y OF 510/1994 del Gobierno de Navarra.

### Referencias

Arenillas, I. y Molina, E. (1995a): *Geogaceta*, 17, 23-26.  
 Arenillas, I. y Molina, E. (1995b): *XI Jorn. Paleont.*, 29-33.  
 Arenillas, I. y Molina, E. (1996): *Rev. Esp. Microp.*, 18. (en prensa).

Barrera y Keller, (1994): *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 106, 1254-1266.  
 Berggren, W.A. y Miller, K.G. (1988): *Micropaleontol.*, 34(4), 362-380.  
 Berggren, W.A., Kent, D.V., Swisher, C.C. III y Miller, K.G. (en prensa). In: Berggren, W.A., Kent, D.V. y Handebol, J. eds. *Soc. Econ. Geol. Paleont., Spec. Pub.*  
 Boersma, A. y Premoli Silva, I. (1983): *Micropaleontology*, 29(4): 355-381  
 Boersma, A. y Premoli Silva, I. (1988): *Rev. Ital. Paleontol. Stratigr.*, 93(4), 479-506  
 Boersma, A. y Premoli Silva, I. (1989): *Paleoceanography*, 4, 271-286.  
 Boersma, A. y Premoli Silva, I. (1991): *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 83: 29-48.  
 Canudo, J.I. y Molina, E. (1992): *Rev. Soc. Geol. España*, 5(1-2), 273-276.  
 Canudo, J.I., Keller, G., Molina, E. y Ortiz, N. (1995): *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 114, 75-100  
 Corfield, R.M. y Shackleton, N.J. (1988): *Hist. Biology.*, 1: 323-343  
 Corfield, R.M. y Cartledge, J.E. (1992): *Terra Nova*, 4, 443-455.  
 Keller, G. (1993): *Mar. Micropaleontology*, 21: 1-45.  
 Keller, G., Barrera, E., Schmitz, B. y Mattson, E. (1993): *Geol. Soc. Am. Bull.*, 105: 29-48.  
 Kennet, J.P. y Stott, L.D. (1990): *Proc. O.D.P., Sci. Res.*, 113, 865-880.  
 Kennet, J.P. y Stott, L.D. (1991): *Nature*, 353, 225-229.  
 Lu, G. y Keller, G. (1993): *Mar. Micropaleontology*, 21, 101-142.  
 Lu, G. y Keller, G. (1995a): *Jour. Foram. Res.*, 25(2), 97-116  
 Lu, G. y Keller, G. (1995b): *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 117, 211-227.  
 Lu, G., Keller, G., Adatte, T., Ortiz, N. y Molina, E. (1996): *Terra Nova*. (en prensa)  
 Miller, K.G., Janecek, T.R., Katz, M.E. y Keil, D.J. (1987): *Paleoceanogr.*, 2(6), 741-761  
 Molina, E., Canudo, J.I., Martínez-Ruiz, F. y Ortiz, N. (1994): *Eclog. geol. Helv.*, 87/1, 47-61  
 Ortiz, N. (1994). In: E. Molina ed., *Cuad. Interdiscip.*, 5, 201-218.  
 Pak, D. y Miller, K. (1992): *Paleoceanogr.*, 7(4), 405-422.  
 Pardo, A., Canudo, J.I. y Molina, E. (1994): *Rev. Esp. Microp.*, 16, 109-125.  
 Pardo, A., Keller, G., Molina, E. y Canudo, J.I. (1995): *XI Jorn. Paleontol.*, 129-134.  
 Pardo, A., Keller, G., Molina, E. y Canudo, J.I. (en prensa): *Mar. Micropaleontol.*  
 Shackleton, N.J. (1986): *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 57, 91-102.  
 Shackleton, N.J., Corfield, R.M. y Hall, M.A. (1985): *Jour. Foram. Res.*, 15, 321-336.  
 Stott, L.D. y Kennet (1990): *J.P. Proc. O.D.P. Sci. Res.*, 113, 549-569.  
 Thomas, E. (1990): *GSA Spec. Publ.*, 247, 481-496.  
 Tjalsma, R.C. y Lohman, G.P. (1983): *Micropaleontol., Sp. Pub.*, 4, 1-90.