

# Datos paleoceanográficos aportados por los foraminíferos de la sección de Barrika (Santonense del Arco Vasco)

Palaeoceanographic data provided by the foraminifers of the Barrika section (Santonian of the Basque Arc)

A. Pascual <sup>(1)</sup> y A. Jiménez Berrocoso <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Universidad del País Vasco. Apdo. 644, 48080 Bilbao. E-mail: gppacua@lg.ehu.es

<sup>(2)</sup>Dpto. Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco. Apdo. 644, 48080 Bilbao.

## ABSTRACT

Analyses carried out on benthonic foraminiferal assemblages of the Barrika section (Basque Arc) are part of a multidisciplinary research with the main subject of understanding the palaeoceanographic events that took place at the end of the Cretaceous within the Basque Basin. The Barrika section has been dated as uppermost early Santonian-upper Santonian by means of the planktonic species *Dicarinella concavata* and *Dicarinella asymetrica*. It is additionally confirmed by the detection of benthonic species such as *Eponides concinna*, *Verneuilina muensteri*, *Tritaxia capitosa*, and *Reussella szajnochae praecursor*. A total of 130 benthonic species have been identified, which clearly correspond to deep marine water microfauna, except that from shallow waters at the top of the section. In this context, some of the aspects about the palaeoenvironmental variations detected in Barrika section are crucially provided by qualitative and quantitative changes of the foraminiferal assemblages, specific diversity changes of the microfauna, and both the rate between different kinds of benthonic wall structures, and the ratio between benthonics and planktonics. Thus, the dominant foraminiferal assemblages, the great percentage of agglutinated tests, and the high values of the oceanicity index suggest a cool well-oxygenated bathyal waters palaeoenvironment for most of the section. However, the top of the section is particularly marked by a relative sea-level fall, that could reach its maximum at the end of the Santonian, producing a dramatic change to an internal platform palaeoenvironment. This event may have probably been the response to the global regression occurred at 85 M.a.

**Key words:** Foraminifera, biostratigraphy, palaeoceanography, Santonian, Basque Arc.

*Geogaceta*, 34 (2003), 63-66  
ISSN:0213683X

## Introducción

El estudio de los foraminíferos permite caracterizar eventos regionales en ambientes marinos, algunos de relevancia global, que posibilitan la correlación interregional al ser coetáneos en su mayoría, pudiendo ser utilizados como isocronas entre los distintos dominios paleogeográficos (Boreal, Tethys, Atlántico central, etc.). En la Cuenca Vasco-Cantábrica, Rodríguez-Lázaro *et al.* (1996, 1998) estudiaron las señales bióticas (foraminíferos bentónicos, planctónicos y ostrácodos) de sedimentos profundos del Cenomaniense en la sección de Leioa (Arco Vasco) llegando a la conclusión de que las variaciones paleoambientales registradas en los fósiles fueron producto de cambios paleoceanográficos. Para el presente trabajo se ha escogido una sección (Barrika) de ambiente marino profundo situada también en el Arco Vasco, con el fin de encontrar señales bióticas que

permitan interpretar la evolución paleoambiental del Santoniense en esta región.

Son escasos los trabajos sobre foraminíferos del Santoniense en ambientes profundos de la Cuenca Vasco-Cantábrica. En relación a los planctónicos destacan los de Ramírez del Pozo (1971) sobre afloramientos de Alava, vinculados por tanto a ambientes más someros de la Plataforma Navarro-Cántabra. En otras secciones de estos mismos ambientes, como las del Valle de Losa en el Norte de Burgos (Lamolda, 1984), o la de Olazagutia, en Navarra (Lamolda, *et al.* 1999), se analizaron los foraminíferos planctónicos del límite Coniaciense-Santoniense. Así mismo se estudiaron los foraminíferos bentónicos y planctónicos del Santoniense-Maastrichtiense del sector centro-occidental de la Sierra de Entzia en Alava (Ramírez, 1987), al igual que en la cuenca de Vitoria donde se examinaron materiales del Coniaciense superior-Maastrichtiense (San Martín, 1987).

## Contexto geológico

La sección de Barrika se localiza en los acantilados de esta población, situada a 20 Km al noreste de Bilbao, y comprende una porción de los afloramientos de la Cuenca Vasco-Cantábrica en su dominio septentrional (Arco Vasco) (Fig. 1). Los materiales estudiados representan la parte superior de la Formación Plentzia (Cenomaniense medio - Santoniense superior) (Mathey, 1982), la cual fue subdividida por Elorza y García-Garmilla (1996) en tres unidades: (i) unidad basal turbidítica carbonatada; (ii) unidad intermedia turbidítica carbonatada con abundantes lechos de sílex bandeado; y (iii) unidad superior predominantemente margosa con delgados lechos turbidíticos de naturaleza carbonatada. La potencia total de esta Formación es difícil de evaluar debido a su intenso plegamiento, pudiendo ser de unos 800 m. Sus sedimentos suponen la parte media-externa de

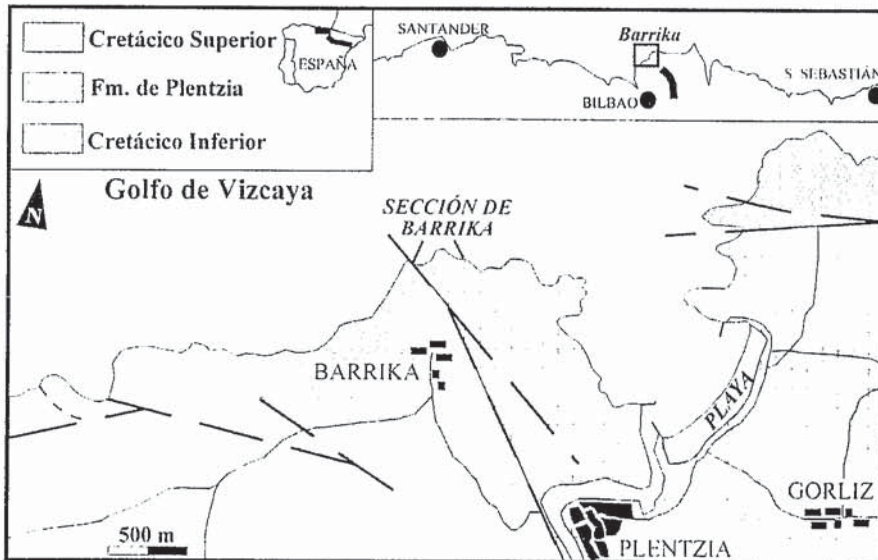


Fig 1.- Localización geográfica y geológica de la sección de Barrika .

Fig.1.- Geographic and geologic location of the Barrika section.

un complejo turbidítico carbonatado que rellenó uno de los surcos que compartimentaban la Cuenca Vasco-Cantábrica durante el Cretácico Superior (Mathey, 1982, 1987).

Los materiales estudiados representan 65,5 m de margas y margocalizas grises alternantes, con escasas intercalaciones turbidíticas muy finas (< 0,5 m), de composición carbonatada. Los niveles margosos tienen potencias de entre 0,1 y 3 m, mientras que los margocalizos oscilan entre 0,5 y 1 m. A lo largo del corte, se observa una evolución litológica donde un primer tramo más calcáreo, con abundantes niveles de margocalizas (de 0 a 28,8 m), da paso a un segundo (de 28,8 a 65,5 m), constituido principalmente por capas margosas de hasta tres metros de potencia, donde los niveles de margocalizas se reducen a delgados lechos. Al final de la sección aparecen 2,5 m de margas rojizas.

Los sedimentos de la sección de Barrika se componen de una matriz micrítica carbonatada de grano muy fino, con escasas estructuras sedimentarias internas, y un contenido variable de pequeños granos terrígenos. La microfauna está representada fundamentalmente por radiolarios, placas de equínidos, espículas de esponjas silíceas y foraminíferos. La macrofauna está compuesta por abundantes restos de inocerámidos y escasos ostreoides del género *Pycnodonte*, que en su mayoría aparecen adheridas a la superficie externa de las conchas de inocerámidos.

### Material y métodos

Han sido analizadas 31 muestras de material margoso, obteniéndose los foraminíferos siguiendo las técnicas clásicas de lavado y tamizado, separándose la fracción mayor de 0,063 mm. Un total de 300 ejemplares por muestra fueron extraídos, sumando foraminíferos bentónicos y planctónicos, estableciéndose los porcentajes relativos entre ellos.

En el caso de los foraminíferos bentónicos, además del análisis taxonómico se obtuvieron una serie de índices: nFB (número de foraminíferos bentónicos en un gramo de sedimento), índice de diversidad S (número de especies por muestra), tipos de caparazón (aglutinantes, calcáreos hialinos y porcelanáceos), índice de oceanidad (número de foraminíferos planctónicos dividido entre la totalidad de los foraminíferos y multiplicado por 100, Murray, 1976). En cuanto a los foraminíferos planctónicos se obtuvieron los porcentajes relativos entre carenados, carenados incipientes y globulares. En total fueron separados 2879 individuos y 130 especies de foraminíferos bentónicos así como 7306 ejemplares de foraminíferos planctónicos agrupados en 13 especies.

### Bioestratigrafía

Por medio de los foraminíferos planctónicos han sido delimitados los subpisos del Santoniense (Fig. 2) así como las biozonas correspondientes, siguiendo las zonaciones de Robaszynski *et al.* (1984) y Caron (1985). *Dicarinella concavata* (Brotzen) y *Dicarinella*

*asymetrica* (Sigal) están presentes a lo largo de todo el corte. Esta última, es considerada como una especie de rango total y define el intervalo comprendido desde la parte más alta del Santoniense inferior hasta el final del Santoniense. El final de la biozona de *D. concavata* está confirmada por la desaparición de *Hedbergella delrioensis* (Carsey) a partir de la muestra BAR 51-3, teniendo por tanto el Santoniense inferior una potencia de 12,8 m en este corte. *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno y *Marginotruncana marginata* (Reuss) son las especies dominantes a lo largo de la sección.

La presencia, de especies de foraminíferos bentónicos como *Eponides concinna* Brotzen, *Verneuilina muensteri* Reuss, *Tritaxia capitosa* (Cushman) o *Reussella szajnochae praecursor* De Klasz y Knipscheer, confirman la edad Santoniense del corte (Jenkins y Murray, 1989).

### Foraminíferos bentónicos

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos delimitan cuatro unidades (Fig.2).

Unidad 1. De la base hasta la muestra BAR 50 aparecen depositadas margas y margocalizas alternantes con una potencia total de 7,5 m. La asociación dominante de foraminíferos bentónicos está compuesta por la especie *V. muensteri* acompañada de *Marssonella oxycona* (Reuss) y *Lenticulina rotulata* Lamarck. Son mayoritarios los caparazones aglutinantes (Textulariina = 74%). El índice nFB presenta unos valores medios de 396 y 9 los de la diversidad específica (S). El índice de oceanidad alcanza cifras elevadas (media del 79%), aunque en la muestra BAR 48 desciende hasta el 57%.

Unidad 2. A continuación, tras un episodio carente de muestras, por tratarse de un tramo cubierto (Fig. 2), aparecen depositadas 14,75 m de margas y margocalizas entre las que se disponen algunos niveles turbidíticos (muestras desde BAR 51 hasta BAR 52-2 ambas inclusive). La asociación más abundante está formada por las especies *E. concinna* y *Glomospirella gaultina* (Jones y Parker). Las especies de la unidad 1 se muestran aquí como especies secundarias. Desciende el porcentaje de caparazones aglutinantes (valores medios del 50%), así como los valores del índice nFB (155). La diversidad específica (S) media es de 10, mientras que el índice de oceanidad aumenta hasta 94. Esta unidad manifiesta sin embargo, valores muy va-

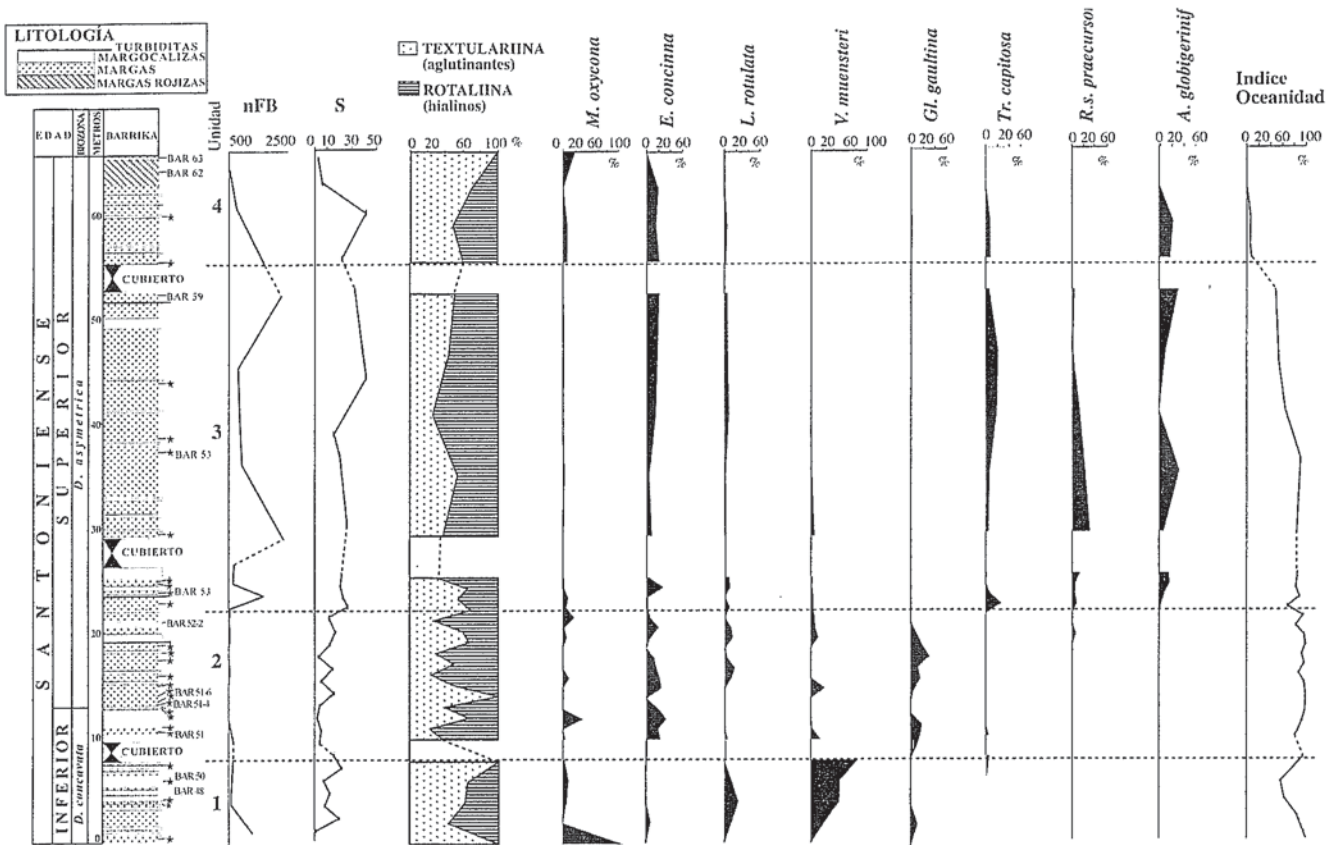


Fig.2.- Evolución de los parámetros sedimentológicos y microfaunísticos estudiados en la sección de Barrika. Se muestran las cuatro unidades diferenciadas, así como el número de foraminíferos bentónicos por gramo de sedimento (nFB), el número de especies (S), los tipos de caparzones (calcáreos hialinos = Rotaliina, aglutinantes = Textulariina), la distribución de las especies más características de foraminíferos bentónicos y el índice de oceanidad.

Fig.2.- Sedimentological and microfaunal evolution of the studied parameters in the Barrika section. The four differentiated units, as well as number of benthonic foraminifera per gram of dry sediment (nFB), number of species per sample (S), main types of foraminiferal tests (hyaline = Rotaliina, agglutinated = Textulariina), distribution of most characteristic benthonic species, and oceanicity index are also shown.

riables a lo largo de la misma (Fig. 2). Así, muestras como BAR 51-1 y BAR 51-6 señalan un número mayor de especies S=15, siendo minoritarios los ejemplares aglutinantes (<25%). Por el contrario en otras como BAR 51-4, la diversidad específica es muy baja (S= 2) teniendo el 100% de los ejemplares concha aglutinante.

Unidad 3. Se trata de un tramo predominantemente margoso de 33 m de potencia, con alguna intercalación de margocalizas, dos niveles turbidíticos (próximos a muro y a techo), y dos zonas cubiertas (Fig.2). Esta unidad comienza con un aumento en el número de especies de foraminíferos bentónicos (S=27) y un descenso en el índice de oceanidad con valores del 69 % (muestra BAR 53). La asociación de foraminíferos dominante la forman las especies: *E. concinna*, *T. capitosa*, *R. s. praecursor* y *Ammoglobigerina globigeriniformis* (Parker y Jones). Son mayoritarios los caparzones calcáreos (Rotaliina = media 54%) y aumentan los valores del número

de individuos (nFB = 1025) y el de especies (S = 25). El índice de oceanidad disminuye muy notablemente hacia el techo de la unidad a partir de la muestra BAR 56, pasando del 91 al 53%, alcanzando unas cifras medias en toda la unidad del 66%.

Unidad 4. Con una potencia de 10,25 m, presenta niveles margosos coronados a techo por margas rojizas. Las especies más abundantes son *M. oxycona*, *E. concinna*, *A. globigeriniformis*, así como *Marssonella conica* Gauger y *Bathysiphon alexanderi* Cushman, estas últimas sólo en las muestras superiores extraídas de las margas rojas. En esta unidad dominan de nuevo los ejemplares aglutinantes (70%), descendiendo alarmantemente el número de individuos (nFB = 463) y el de especies (S= 18), cayendo además bruscamente los valores de la oceanidad hasta un 3%. Estos descensos son especialmente relevantes en las muestras tomadas en el nivel de las margas rojas (muestras BAR 62 y BAR 63).

### Discusión y Conclusiones

Algunos aspectos del análisis microfaunístico aportan datos sobre las características ambientales en las que se desarrolló la fauna de foraminíferos aquí estudiada. Así un índice de oceanidad mayor del 50%, corresponde a profundidades batiales comprendidas entre 200 y 4000 m. El alto porcentaje de foraminíferos bentónicos con caparazón aglutinante (>30%) indica condiciones batiales y aguas frías (Murray, 1991). La ausencia de porcelanáceos a lo largo de todo el corte confirmaría también estas condiciones de profundidad (Boltovskoy, 1965).

La Unidad 1 representa un paleoambiente profundo de mesobatial a infrabatial (800-4000 m) por el elevado índice de oceanidad (79%) y el alto porcentaje de aglutinantes (74%). Este ambiente lo corroboran los foraminíferos planctónicos. Así la mayoría (75%) poseen caparazón carenado, lo que confirma la existencia de una columna de agua

importante (Tur, 1996), mientras que la escasez de heterohelícidos (9% de la totalidad de los planctónicos) indicaría aguas bien oxigenadas. Sin embargo la muestra BAR 48 refleja un ambiente distinto al disminuir en ella el índice de oceanidad. En esta muestra aumenta además bruscamente el porcentaje de foraminíferos planctónicos con caparazones globulosos (62%). Estos datos indican una caída del nivel del mar y/o un cambio en las masas de agua que pudieron pasar a ser superficiales, más frías y ricas en nutrientes (Jarvis *et al.*, 1988). La presencia de gran número de heterohelícidos (44%) indicaría aguas mal oxigenadas (Sliter y Premoli-Silva, 1990). Este cambio medioambiental es confirmado también por los valores más altos del  $\delta^{18}\text{O}$  en inocerámidos y en la roca encajante de esta muestra y el descenso del  $\delta^{13}\text{C}$ , lo que indicaría un enfriamiento de las aguas y un incremento en los nutrientes (Jiménez Berrocoso *et al.*, 2001).

La Unidad 2 muestra en conjunto, similares características paleoambientales, aunque con una paleobatimetría algo mayor, como pone de manifiesto el aumento del índice de oceanidad (94%). Esta unidad representa sin embargo un ambiente marino inestable con continuos pequeños cambios provocados bien por pequeñas somerizaciones puntuales (muestras BAR 51-1, BAR 51-6), bien por cambios en las masas de aguas (BAR 51-4).

La Unidad 3 comienza con un aumento importante del número de foraminíferos bentónicos y un descenso del índice de oceanidad, lo que indicaría una ligera caída del nivel del mar. Además, esta unidad señala el primer indicio de una gran somerización. Así desde la muestra BAR 56 y hasta el techo, el índice de oceanidad desciende de 91 a 53%, aumenta el índice de riqueza y diversidad de los foraminíferos bentónicos y disminuye la proporción de caparazones aglutinantes hasta el 46%. Por otro lado la presencia de heterohelícidos, (14% de

los foraminíferos planctónicos) señalaría una menor cantidad de oxígeno en las aguas.

Por último la Unidad 4 representa la mayor somerización detectada en el presente trabajo. Disminuye el índice de oceanidad hasta el 3%, lo que indicaría un medio somero de plataforma interna (Murray, 1991). Este bioevento podría representar al descenso eustático global del final del Santoniense correspondiente a los 85 M.a, detectado dentro del ciclo eustático de 2º orden UZA3 como límite de los ciclos de 3º orden 3.3 y 3.4 (Haq *et al.*, 1988). La serie finaliza con 2,5 m de margas rojizas carentes de foraminíferos planctónicos y con escasos bentónicos ( $n_{\text{FB}} < 9$ ) poco diversificados ( $S < 6$ ), todos ellos aglutinantes. Estos datos parecen indicar una gran alteración ambiental, puesto que en condiciones normales en plataformas someras, dominan los caparazones calcáreos hialinos. Teniendo en cuenta que en medios ácidos se conservan los ejemplares aglutinantes (Scott y Medioli, 1986), se puede pensar que estas margas rojas sufrieron un proceso de disolución importante del carbonato.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado mediante el proyecto de investigación 9/UPV/EHU 00130.310 – 14596 / 2002.

#### Referencias

- Boltovskoy, E. (1965): Ed. Universitaria, Buenos Aires, 510 pp.
- Caron M. (1985): En H.M. Bolli, J.B. Saunders & K. Perch.Nielsen (Eds): *Plankton stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge: 17 – 86.
- Elorza, J. y García-Garmilla, F. (1996): *Cretaceous Research*, 17: 479-503.
- Haq, B.U., Hardenbol J. y Vail.P. (1988): En C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.S.C. Kendall, H. Posamentier, C.A. Ross y J.C. Van Wagoner (Eds): *Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Eustatic Cycles*. Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Pub. 42, 71-108.
- Jarvis, I., Carson, G.A., Cooper, M.K.E., Hart, M.B., Leary, P.N., Tocher, B.A., Horne, D. y Rosenfeld, A. (1988): *Cretaceous Research*, 9, 3-103.
- Jenkins, D.J. y Murray, J.W. (1989): Ellis Horwood Limited, Chichester, 593 pp.
- Jiménez Berrocoso, A., Pascual, A. y Elorza, J. (2001): *Geogaceta*, 30,155-158.
- Lamolda, M.A. (1984): *Cuad. Geol. Ibérica*, 8 (1982): 111-123.
- Lamolda, M.A., Melinte, M.C. y Peryt, D. (1999): *Rev. Esp. Micropaleont.*, 31(3), 337-345.
- Mathey, B. (1982): *El Cretácico de España*. Univ. Compl. Madrid, 111-136.
- Mathey, B. (1987), *Mém. Geol. Univ. Dijon*, 12, 399 pp.
- Murray, J.W. (1976): *Marine Geology*, 22,103-119.
- Murray, J.W. (1991): Longman Scientific Technical, 397 pp.
- Ramírez, J.A. (1987): *Est. Inst. Alavés de la Natur.*, 2 , 29-90.
- Ramírez del Pozo, J. (1971): *Inst. Geol. Min. de España*, 78, 1-357.
- Robaszynski, F., Caron, M. González Donoso, J.M. y Wonders, A.A.H. (1984): *Revue de Micropaléontologie*, 26 (3-4), 145 – 305.
- Rodríguez-Lázaro, J., Elorza, J., García-Garmilla, F., García-Zarraga, E. y Pascual, A. (1996): *Geogaceta*, 19, 76-79.
- Rodríguez-Lázaro, J., Pascual, A. y Elorza, J. (1998): *Cretaceous Research*, 19, 673-700.
- San Martín, D.M. (1987): *Est. Inst. Alavés de la Natur.*, 2 , 7-27.
- Scott, D.B. y Medioli, F.S. (1986): En Van de Plassche, O. (Ed.). *Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data*. Geobooks, Norwich: 435-457.
- Sliter, W.V. y Premoli-Silva, I. (1990): *Paleoceanography*, 5, 639-667.
- Tur, N.A. (1996): En Hart, M.B. (Ed.). *Biotic recovery from mass extinction events*. Geol. Soc., London, Special Publication, 102, 259-264.