

Variaciones microfaunísticas en el Cenomaniense superior a Turoniense superior de la Plataforma Norcastellana (área Puente de Santelices, Norte Burgos): respuesta morfológica de los inocerámidos

Microfaunistic variations from the late Cenomanian to the late Turonian of the Norcastilian platform (Puente de Santelices area, Northern Burgos): inoceramid morphological answer

A. Pascual ⁽¹⁾, R. Higuera-Ruiz ⁽²⁾ y J. Elorza ⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento Estratigrafía y Paleontología. Universidad del País Vasco. Apdo. 644, 48080 Bilbao. ana.pascual@ehu.es

⁽²⁾ Departamento Mineralogía y Petrología. Universidad del País Vasco. Apdo. 644, 48080 Bilbao.

ABSTRACT

Analyses carried out on benthonic foraminiferal assemblages of the Puente de Santelices-Hornillalatorre formations (Norcastilian Platform) 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-Cantabrian Basin. The study sections have been dated from the late Cenomanian to the late Turonian. A total of 98 benthonic species have been identified, which clearly correspond to shallow marine water microfauna. In this context, some of the aspects about the palaeoenvironmental variations detected in Puente de Santelices area are crucially provided by changes of the foraminiferal assemblages (Units 1 to 3), specific diversity changes of the microfauna, the rate between different type of tests of benthonic, percentage of keeled, incipiently keeled and globular planktonic foraminifera and oceanicity index. Thus, the dominant foraminiferal assemblages, the great percentage of agglutinated tests, and the lower values of the oceanicity index suggest a cool, acid, and bad-oxygenated internal platform (<100 m) waters palaeoenvironment (Units 1-2). The inoceramid bivalves *I. (Mytiloides)*, with thinner shells and grey colour are well-developed. The Unit 3, marked by oxygenated internal platform waters palaeoenvironment, where *I. (Mytiloides)* are replaced by *I. (I.) lamarcki*, with thicker shells and caramel colour.

Key words: Foraminifera, Inoceramids, palaeoceanography, Cenomanian-Turonian, Basque Basin.

Geogaceta, 38 (2005), 107-110
ISSN: 0213683X

Introducción

Numerosos trabajos micropaleontológicos del tránsito Cenomaniense/Turonienense han permitido definir el evento anóxico OAE 2, considerado como uno de los más drásticos sufridos por el medio marino; este evento, también, es reconocido en la Cuenca Vasco-Cantábrica (CVC). Peryt y Lamolda (1996), Lamolda *et al.* (1997) y Rodríguez-Lázaro *et al.* (1998) estudiaron las señales bióticas (foraminíferos y ostrácos), llegando a la conclusión de que las perturbaciones paleoambientales deducidas por los microfósiles, podían ser atribuidas a cambios paleoceanográficos como un descenso en la oxigenación de las aguas, motivado por variaciones en las masas de agua. Sin embargo, son menos conocidos los eventos del resto del Turoniense (Lamolda, 1977; Lamolda *et al.*, 1987).

Por otro lado, la aplicación de diversas técnicas (catodoluminiscencia, mi-

croscopio electrónico de barrido, isótopos estables, etc.) en las conchas de inocerámidos del Cretácico superior de la CVC, está permitiendo obtener detallada información sobre el grado de preservación de la señal paleoambiental y la modificación diagenética sufrida (Gómez-Alday 2002; Jiménez-Berrocó, 2004). Los inocerámidos (Bivalvia), organismos epibentónicos, son sensibles y evolucionan a los cambios del fondo marino; ello es perceptible por los diferentes tamaños, grosores y tonalidades de la microestructura prismática de su concha. El objetivo de este trabajo es determinar, mediante el estudio de foraminíferos en la serie del Cenomaniense superior a Turoniense superior (Plataforma Norcastellana), las causas paleoambientales que propiciaron el relevo de inocerámidos de pequeño porte, con valvas extraordinariamente delgadas y de tonos grises claros por otros de mayor envergadura, grosor y tonos acaramelados.

Contexto Geológico

Los materiales analizados se encuentran en el área de Puente de Santelices al norte de Burgos (Fig. 1A). La actividad tectónica entre las placas Ibérica y Europea durante el Cretácico superior, produjo la compartimentación de la CVC con: a) un dominio marino profundo (Arco Vasco), limitado al sur por el accidente profundo de la Falla de Bilbao; b) una zona de plataforma externa o Cuenca Navarro-Cántabra, lindante al sur con la Falla de las Losas; c) una zona más somera (Plataforma Norcastellana). El área de estudio corresponde a la Plataforma Norcastellana, y comprende parte de las Formaciones Puente de Santelices y Hornillalatorre, de edad Cenomaniense superior a Turoniense superior (Floquet, 1998). La serie de más de 40 metros de potencia, está formada por calizas arcillosas con glauconita en la base, y margas y arcillas calcáreas con intercala-

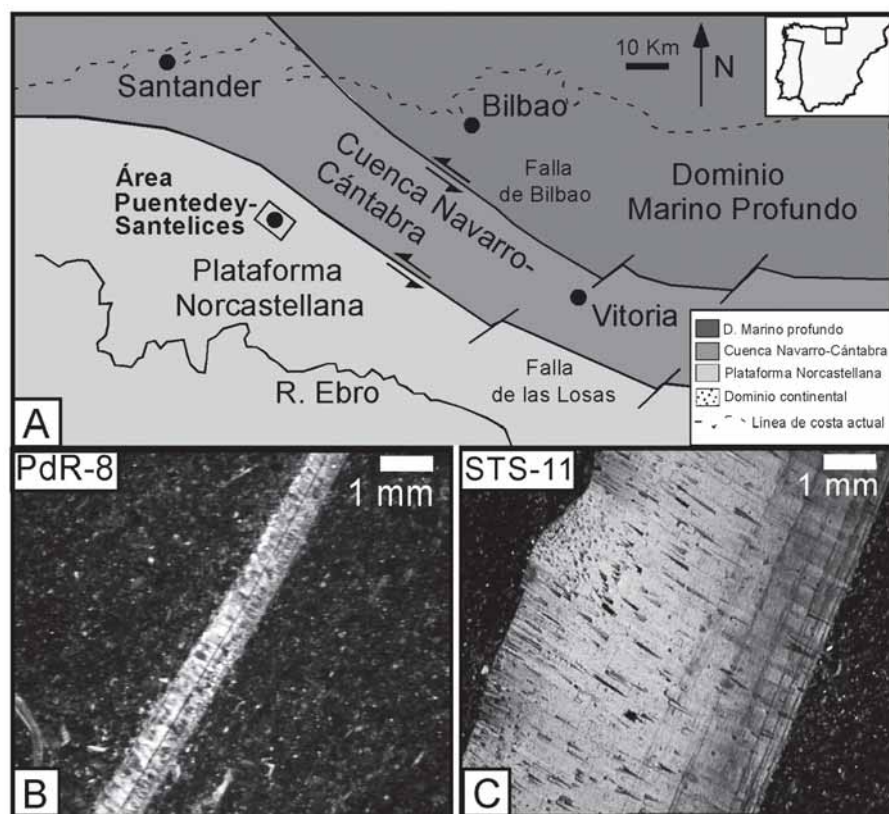


Fig.1.- A) Localización del área Puentedey-Santelices y los dominios del Cretácico superior en la Cuenca Vasco-Cantábrica. B-C) Secciones comparativas de inocerámidos de concha fina I. (*Mytiloides*) y concha gruesa I. (*Inoceramus*) *lamarcki*.

Fig. 1.- A) Paleogeographic location Puentedey-Santelices area and the domains during the upper Cretaceous in the Basque-Cantabrian Basin. B-C) Comparative inoceramid sections with thinner shells I. (*Mytiloides*) and thicker shells I. (*Inoceramus*) *lamarcki*.

ciones de calizas margosas y calcarenitas. Son abundantes los ammonites, gasterópodos, equínidos, inocerámidos y braquiópodos que han sido objeto de estudios taxonómicos-bioestratigráficos (López, 1992; Martínez *et al.*, 1996; Barroso, 2004).

Material y métodos

Se han analizado 16 muestras en un corte «A» (Vía del tren-cruce de Leva, PDR, LEVA), considerado como «corte tipo» y dos complementarios: cortes «B» (Santelices sur, STS) y «C» (Estación abandonada Santelices, STR) (Fig. 2). Se obtuvieron 300 ejemplares por muestra, entre foraminíferos bentónicos, planctónicos y ostrácodos, siguiendo las técnicas clásicas de lavado, tamizado y separando la fracción superior a 0,063 mm. En total fueron clasificados 2932 bentónicos pertenecientes a 98 especies y 413 planctónicos agrupados en 31 especies. Además del análisis taxonómico, en el caso de los bentónicos se han obtenido los índices: nFB (nº individuos/gramo sedimento), S (nº especies por muestra), a de Fisher (nº individuos/nº especies por muestra; Murray, 1991) y porcentajes de

tipos de pared (aglutinantes, hialinos y porcelanáceos). En cuanto a los planctónicos se calculó la proporción entre carenados (*Marginotruncana* y *Rotalipora*), carenados incipientes (*Dicarinella*, *Helvetoglobotruncana* y *Praeglobotruncana*) y globulares (*Globigerinelloides*, *Hedbergella*, *Heterohelix*, y *Whiteinella*). Se obtuvo también el índice de oceanidad (nº planctónicos/totalidad foraminíferos x 100; Murray, 1976). Por otro lado, se han recogido más de 30 ejemplares de inocerámidos de concha fina y concha gruesa (Figs. 1B-C), señalados en las columnas de la Fig. 2.

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos, la proporción entre bentónicos y planctónicos, los tipos de caparazón y los índices de diversidad, permiten determinar diferentes paleoambientes. Así, un índice de oceanidad menor del 50% indica una batimetría entre 100 y 200 m, y valores inferiores al 20% sugieren una plataforma interna (<100 m, Murray, 1991). El índice a de Fisher también aporta datos batimétricos, ya que en la actualidad un a < 5 corresponde a medios restringidos de marisma o lagoon; un a >

5 a ambientes de plataforma interna y un a >7 a una plataforma externa. Respecto a los planctónicos, las formas globulosas viven en ambientes someros; los incipientemente carenados en aguas intermedias y los carenados en aguas profundas (Jarvis *et al.*, 1988). En ambientes actuales con un pH más bajo, y dificultad para la precipitación del CaCO_3 (marismas, lagos, estuarios y zonas de mares epicontinentales como el Báltico), viven mayoritariamente foraminíferos aglutinantes (Murray, 1991). En plataformas someras, un alto porcentaje de aglutinantes junto con caparazones calcáreos finos, indica aguas infralitorales frías (Murray, 1991). También, es posible conocer el grado de hipoxia de las aguas, analizando los índices bióticos. Así los heterohelícidos son abundantes en zonas de mínimo oxígeno (Sliter y Premoli-Silva, 1990), además de algunos bentónicos como *Bulimina* o *Uvigerina*.

Bioestratigrafía

Por medio de los foraminíferos planctónicos y siguiendo las zonaciones de Lamolda, 1977; Robaszynski *et al.* (1984) y Caron (1985) ha sido establecido en el corte (A) el Cenomaniense superior, así como el límite Cenomaniense/Turonense. *Rotalipora cushmani* (Morrow) y *Rotalipora greenhornensis* (Morrow) están presentes en los 5 metros basales de la columna. Estas especies de rango total definen el Cenomaniense superior. En los 3 m siguientes, hasta la muestra LEVA2, se observa además la presencia del bentónico *Plectina cenomana* Carter y Hart, lo que confirmaría la biozona de *R. cushmani*. La desaparición, a partir de la muestra LEVA3, de las *Rotaliporas* y la presencia de *Helvetoglobotruncana prae-helvetica* (Trujillo), *Dicarinella hagni* (Scheibnerova) y *Whiteinella archaocretacea* Pesagno señalan el Turoniense inferior.

En el resto de la columna, así como en los otros dos cortes (B y C), *Helvetoglobotruncana helvetica* (Bolli) se presenta en todas las muestras analizadas. Esta especie define el Turoniense medio. La aparición de *Marginotruncana marginata* (Reuss) indicaría la parte más alta del Turoniense medio en el corte (A), a partir de la muestra PDR-16. A techo de este corte (muestra LEVA 4), la presencia de *Marginotruncana renzi* (Gandolfi) y *Marginotruncana scheegansi* (Sigal) señalan el Turoniense superior. La presencia de bentónicos como *Arenobulimina preslii* (Reuss) o *Valvulinera lenticulata* (Reuss)

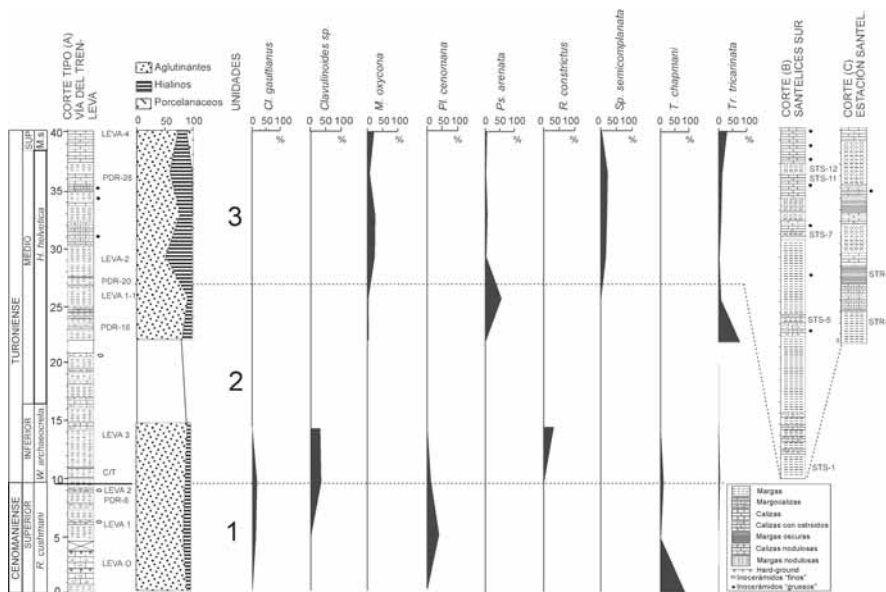


Fig. 2.- Evolución de los parámetros sedimentológicos y microfaunísticos estudiados en tres secciones del área de Puente de Santa Elena. Se muestran las tres unidades diferenciadas, los tipos de caparazones (aglutinantes = *Textulariina*; calcáreos hialinos = *Spirillinina*, *Lagenina*, *Robertinina*, *Rotaliina*; porcelanáceos = *Miliolina*) y la distribución de las especies más características de bentónicos.

Fig. 2.- Sedimentological and microfaunal evolution of the studied parameters in the three sections of the Puente de Santa Elena area. The three differentiated units, as well as main types of foraminiferal tests (agglutinated = *Textulariina*; hyaline = *Spirillinina*, *Lagenina*, *Robertinina*, *Rotaliina*; Porcellaneous = *Miliolina*), distribution of most characteristic benthonic are also shown.

confirmarían la edad Turoniense para dichos cortes (Jenkins y Murray, 1989).

Corte (A). Vía del tren - cruce de Leva

Las asociaciones de foraminíferos permiten delimitar, a su vez, tres unidades diferentes (Fig. 2).

Unidad 1.- Representa la base de la columna (LEVA 0-2) de edad Cenomaniense superior. Con 9 m de potencia, está formada por margas, calizas nodulosas rojizas con óxidos de hierro, como «hardgrounds» y abundantes ostreoides, seguidas por unos 15 m de cobertera vegetal. A techo, aflora una alternancia de margas y margocalizas con inocerámidos de concha fina (< 1 mm) y de color gris, pertenecientes al subgénero *Inoceramus* (*Mytiloides*) (ver, López, 1992). La asociación de foraminíferos bentónicos es: *Clavulinoides gaultianus* (Morozova), *P. cenomana* y *Textularia chapmani* Lalicker. *Lenticulina rotulata* Lamarck, aparece como especie secundaria. A techo es abundante también *Clavulinoides* sp. (Fig. 2). El índice nFB aumenta hacia techo de 235 a 563, esa misma tendencia tienen los índices de diversidad ($S = 9-17$; $a = 1,5-4,5$). Los caparazones aglutinantes son mayoritarios (90%). El índice de oceanidad es bajo (7-

14%). En cuanto a los planctónicos dominan las formas incipientemente carenadas (53%) y globulosas (31%).

A la vista de estos resultados, la **Unidad 1** representa un paleoambiente restringido (<100 m) por el bajo índice de oceanidad y valores de diversidad a. El gran número de aglutinantes en estos ambientes someros indicaría aguas frías y una mayor acidez en el medio. El dominio de las formas planctónicas globulosas e incipientemente carenadas confirmaría una columna de agua limitada. La presencia en estos niveles del Cenomaniense final de abundantes ejemplares de *T. chapmani*, indica cierto grado de hipoxia (representa el OAE 2?), puesto que esta especie es capaz de sobrevivir en condiciones prácticamente anaerobias (Jarvis et al., 1988). La proliferación de varias especies de *I. (Mytiloides)*, de concha fina y tonos grises marcaría la existencia de un medio restringido mal oxigenado con valores del pH por debajo de los habituales (mayor abundancia de iones H^+) y por tanto con dificultades de extracción de $CaCO_3$ para construir su concha.

Unidad 2.- Corresponde al comienzo del Turoniense inferior (LEVA3 a LEVA 1-1), y muestra una potencia de 18 m. Está formada por margas y margocalizas alternantes, con inocerámidos *I. (Mytiloides)*,

de concha fina (<1mm) y color gris. A continuación, el afloramiento queda cubierto (100 m). A techo se observan intercalaciones de margas con bivalvos y barras calcareníticas nodulosas, la primera de ellas con gasterópodos, braquiópodos, ammonoideos y equínidos. La asociación de foraminíferos bentónicos está compuesta por: *Clavulinoides* sp., *Pseudoclavulina arenata* (Cushman), *Reophax constrictus* (Reuss) y *Tritaxia tricarinata* (Reuss). El índice nFB oscila entre 31 y 775, el $a = 2-3,5$ y el $S = 9-17$. Siguen siendo mayoritarios los aglutinantes (89%). El índice de oceanidad varía entre 5 y 36%. Dominan los planctónicos globulosos (36%) e incipientemente carenados (58%). En los restos de los levigados hay abundantes briozoos, corales y espículas de esponjas calcáreas.

Por lo tanto, esta **Unidad 2** muestra en conjunto similares características paleoambientales que la anterior unidad en cuanto a batimetría y ambientes restringidos. Sin embargo las aguas están mejor oxigenadas ante la ausencia de *T. chapmani* y de heterohelicidos. La presencia de abundantes espículas de esponjas en los sedimentos confirma el ambiente protegido (Grosheny y Malartre, 2002), donde también se desarrollaron *I. (Mytiloides)* de concha fina.

Unidad 3.- Con 13 m de potencia (PDR-20 a LEVA 4), está formada por margas con bioturbaciones, ostreoides y equínidos y barras calcareníticas nodulosas con abundantes fragmentos de inocerámidos gruesos (> 6 mm), de tonos acaramelados, de la especie *Inoceramus (Inoceramus) lamarcki* Parkinson (G. López com. pers.). A techo aflora un nivel de calizas de 2,8 m del Turoniense superior. Esta unidad datada como Turoniense medio-superior, presenta una asociación de foraminíferos bentónicos compuesta por *Marssonella oxycona* (Reuss), *Spiroplectamina semicomplanata* (Carsey) y *Tr. tricarinata*, acompañadas de otras hialinas como *Bolivina decurrens* Marsson o *Valvulinaria* sp., que son especies secundarias a lo largo de la unidad y que a techo se convierten en especies principales, al alcanzar el 18% y 11%, respectivamente. El índice nFB varía entre 554 y 66, aumentando la diversidad respecto a la unidad anterior ($S = 18-24$; $a = 5-8$). Siguen dominando los caparazones aglutinantes (65%), pero los hialinos comienzan a tener importancia (32%), apareciendo a techo los porcelanáceos. El índice de oceanidad sigue siendo bajo (8-21%). Dominan los planctónicos globulosos (48%) e

incipientemente carenados (42%). Aparecen colonias de briozoos en los restos de levigados. Esta *Unidad 3* representa por tanto, una plataforma interna, pero más abierta, puesta de manifiesto por el aumento de la diversidad de los bentónicos. El descenso en el número de aglutinantes (65%) y la aparición de abundantes ejemplares de especies hialinas, indican una menor acidez del medio y aguas más carbonatadas, en las que se desarrollaron favorablemente *I. (I.) lamarcki*, de concha gruesa y tonos acaramelados.

Corte (B). Santelices sur

Con una potencia de 31 m, está formada los primeros 21 m por margas y margocalizas alternantes, con ostreidos, equínidos e inocerámidos. Los 10 m de techo, pasan a margas nodulosas y calcarenitas de gran desarrollo, donde se observan grandes fragmentos y valvas articuladas de *I. (I.) lamarcki*. Salvo la muestra STS-5 donde el 85% de los foraminíferos bentónicos son *Quinqueloculina moremani* Cushman, el resto de la columna presenta una asociación compuesta por *Ammobaculites fragmentarius* Cushman, *Ammobaculites parvispira* Ten Dam, *Cassidella tegulata* (Reuss), *M. oxycona* y *Sp. semicomplanata*. Los índices de riqueza y diversidad disminuyen de muro a techo: nFB = 965-14; S = 25-13; a = 7,5-4. Resultan mayoritarios a lo largo del corte (a excepción de la muestra STS-5) los aglutinantes (72%), estando bien representados los hialinos (27%). El índice de oceanidad es muy bajo, en especial a techo (12-4%). Son abundantes los planctónicos globulosos (33%) e incipientemente carenados (56%).

Los datos micropaleontológicos señalan una sola unidad, correlacionable con la *Unidad 3* del corte (A). Además, en este contexto de plataforma interna, detectamos variaciones laterales, donde las zonas más someras pudieron quedar puntualmente aisladas de la circulación general. Es el caso de la muestra STS-5 donde el elevado porcentaje de porcelanáceos sugiere un paleoambiente restringido de marisma hipersalina (Murray, 1991).

Corte (C). Estación abandonada Santelices

De muro a techo se observan ciclos de margas oscuras y margas nodulosas, con bioturbaciones, que pasan a calcarenitas nodulosas. Los inocerámidos de concha gruesa *I. (I.) lamarcki*, tan sólo aparecen en el tramo calcarenítico supe-

rior. Este corte está caracterizado por la asociación de bentónicos: *A. fragmentarius*, *A. parvispira*, *Ammobaculites texanus* Cushman, *M. oxycona* y *Tr. tricarinata*. El índice de riqueza nFB oscila entre 171 y 414, siendo alta la diversidad (S = 21; a = 6,5). Los ejemplares aglutinantes son mayoritarios (86%). El índice de oceanidad es bajo (12,5%), con abundantes planctónicos globulosos (37%) e incipientemente carenados (57%). Este corte, también se correlaciona con la *Unidad 3* del Corte (A).

Conclusiones

Se han identificado 98 especies de foraminíferos bentónicos y 31 de planctónicos de edad Cenomaniense superior-Turonense superior. Los ejemplares bentónicos son propios de aguas marinas poco profundas y sus asociaciones delimitan tres Unidades que corresponden a diferentes ambientes deposicionales. La *Unidad 1* representa un paleoambiente restringido del Cenomaniense superior, somero, de aguas frías, y mal oxigenadas, de carácter más ácido que lo habitual; en tales condiciones era favorable la proliferación de inocerámidos de concha fina *I. (Mytiloides)*. La *Unidad 2* refleja un ambiente similar al anterior pero con aguas mejor oxigenadas, correspondiente al Turonense inferior y donde se mantenían los *I. (Mytiloides)*. La *Unidad 3*, indica un medio de plataforma interna abierta, bien oxigenada y carbonatada a lo largo del Turonense medio-superior, donde se desarrollaron inocerámidos de mayor porte y de concha gruesa *I. (I.) lamarcki*. Se constata una adecuación del tamaño, color y grosor de las conchas de inocerámidos a la acidez del medio, más o menos favorable para la formación del carbonato.

Agradecimientos

Este trabajo es parte de la Tesis Doctoral de R. Higuera-Ruiz y ha sido financiado mediante el proyecto de investigación 9/UPV/EHU 00130.310-14596/2002. Agradecemos al Dr. G. López por sus indicaciones taxonómicas sobre los inocerámidos.

Referencias

Barroso, F. (2004). *Coloquios de Paleontología*, 54, 83-114.
Caron, M. (1985). En: *Plankton stratigraphy*. (H.M. Bolli, J.B. Saunders y K. Perch. Nielsen, Eds.). Cambridge Uni-

versity Press, 17-86.
Floquet, M. (1998). En: *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. SEPM, Special Publication, 60, 333-361.
Gómez-Alday, J.J. (2002). *Inocerámidos (Bivalvia): diagénesis e implicaciones paleoambientales. Maastrichtense inferior. Golfo de Vizcaya. País Vasco*. Tesis Doctoral, Univ. País Vasco, 232 p.
Grosheny, D. y Malartre, F. (2002). *Marine Micropaleontology*, 47, 117-141.
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). *Stratigraphical atlas of fossil foraminifera*. Ellis Horwood Limited, 593 p.
Jiménez-Berrocó, Á. (2004). *Petrografía y geoquímica de Inocerámidos (Bivalvia) y roca encajante en facies de plataforma y cuenca profunda (Coniaciense final-Santonense superior, Cuenca Vasco-Cantábrica): Contrastes diagenéticos e implicaciones paleoambientales*. Tesis Doctoral, Univ. País Vasco, 439 p.
Lamolda, M.A. (1977). *Revista Española de Micropaleontología*, IX, 221-234.
Lamolda, M.A., Gorostidi, A., Martínez, R., López, G. y Peryt, D. (1997). *Cretaceous Research*, 18, 331-353.
Lamolda, M.A., López, G. y Martínez, R. (1987). En: *Cretaceous in the Western Tethys* (J. Wiedmann, Ed.). Proceedings 3rd International Cretaceous Symposium, Tübingen, 145-159.
López, G. (1992). *Boletín Geológico y Minero*, 103, 57-112.
Martínez, R., Lamolda, M.A., Gorostidi, A., López, G. y Santamaría-Zabala, R. (1996). *Revista Española de Paleontología*, n° extr., 160-171.
Murray, J.W. (1976). *Marine Geology*, 22, 103-119.
Murray, J.W. (1991). *Ecology and Palaeoecology of benthic foraminifera*. Longman Scientific Technical, 397 p.
Peryt, D. y Lamolda, M.A. (1996). En: *Biotic recovery from mass extinction events* (M.B. Hart, Ed.). Geological Society, London, Special Publication, 102, 245-258.
Robaszynski, F., Caron, M., González Donoso, J.M. y Wonders, A.A.H. (1984). *Revue de Micropaléontologie*, 26, 145-305.
Rodríguez-Lázaro, J., Pascual, A. y Elorza, J. (1998). *Cretaceous Research*, 19, 673-700.
Sliter, W.V. y Premoli-Silva, I. (1990). *Paleoceanography*, 5, 639-667.