

# Pulsos de inundación marina en la terminación de una plataforma carbonatada (Aptiense inferior de Aralar, Cuenca Vasco-Cantábrica)

*Drowning pulses at the end of a carbonate platform episode (Lower Aptian of Aralar, Basque-Cantabrian Basin)*

M.I. Millán, P.A. Fernández-Mendiola y J. García-Mondéjar

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad del País Vasco. Apdo. 644, 48080 Bilbao  
bcbmisam@ehu.es, kepa.fernandezmendiola@ehu.es, joaquin.garciamondejar@ehu.es.

## ABSTRACT

The Lower Aptian Sarastarri Limestone unit (Aralar, northern Spain), mainly consists of rudist and coral micrites and is nearly 200m thick. The uppermost 30m of the unit show sharp-based marly intervals attributed to two drowning events. Both marly intervals are immediately preceded by laminated bioclastic rudstone facies, attributed to quick shoaling processes ending with subaerial exposure. A change of local subsidence conditions from uniform during the Sarastarri Limestone episode, to varying with distance during the Lareo Marl succeeding episode, is invoked to explain both drownings. Influence of oceanographic causes reported in other contemporaneous carbonate platforms is, however, not excluded.

**Key words:** carbonate platform drowning, Lower Aptian, Aralar, Basque-Cantabrian Basin.

Geogaceta, 41 (2007), 127-130  
ISSN: 0213683X

## Introducción y antecedentes:

En la región Vasco-Cantábrica las calizas micríticas de rudistas, corales y orbitolinas son la litología más característica del Complejo Urganiano (Aptiense-Albiense, Rat, 1959). El primer depósito generalizado de estas calizas se produjo hacia el final del Aptiense inferior, cuando extensas plataformas siliciclásticas fueron reemplazadas por plataformas carbonatadas. En la Sierra de Aralar (provincias de Guipúzcoa y Navarra), el Aptiense inferior se compone de tres unidades principales. De abajo a arriba son: Lutitas de Errenaga, Calizas de Sarastarri y Margas de Lareo (Lertxundi, 1997; Lertxundi y García-Mondéjar, 1997; Fig. 1). Las calizas de Sarastarri son típicas urgonianas con multitud de rudistas y corales. En lugares concretos presentan facies calcareníticas abundantes, que se han atribuido a surcos intraplataforma (Agaotz, Lertxundi y García-Mondéjar, 1997; Desamendi, Millán *et al.*, 2005). Su edad en base a datación de orbitolínidos es Aptiense inferior parte alta (*Palorbitolina lenticularis* BLUM, *Chofatella decipiens*, SCHL, e *Iraqia simplex* HENSON; Duvernois *et al.* 1972). Fauna de ammonites en las unidades siliciclásticas encajantes, actualmente en estudio, per-

mite atribuir a las calizas de Sarastarri a una edad de zona *Dufrenoyia furcata* (J. de C. Sowerby), última del Aptiense inferior.

El presente trabajo describe e interpreta la desaparición vertical por inundación marina (*drowning*) de las Calizas de Sarastarri en favor de la unidad suprayacente Margas de Lareo. Estudios detallados de las facies de tránsito en dos

áreas de afloramiento claves, separadas 11km (Desamendi y Urkillaga, Fig. 2), permiten atribuir la desaparición de la plataforma caliza a dos pulsos de inundación separados por una fase de recuperación de los biotopos urgonianos. Esta evolución, común a la de muchas plataformas carbonatadas, tiene aquí la singularidad de que previamente a cada una de las dos fa-

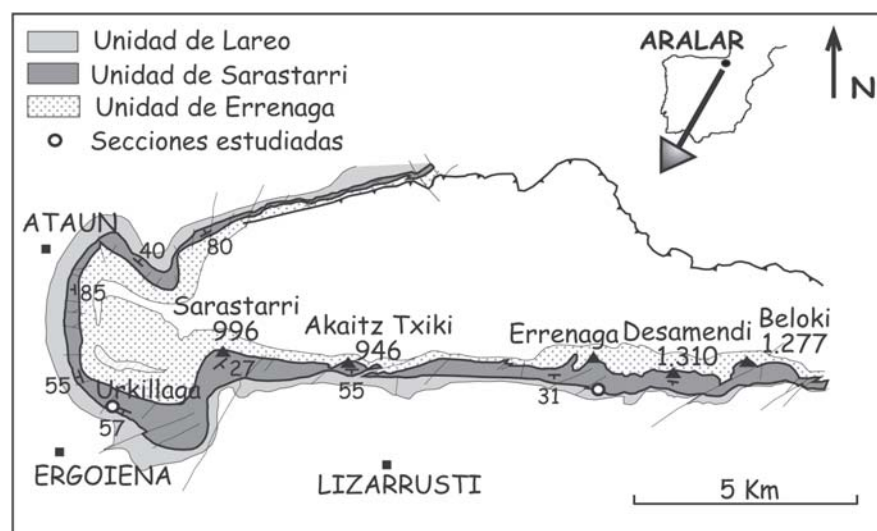


Fig. 1.- Mapa geológico simplificado de la Sierra de Aralar, con localización de los afloramientos estudiados.

Fig. 1.- Simplified geological map of the Aralar Mountains showing studied outcrops.

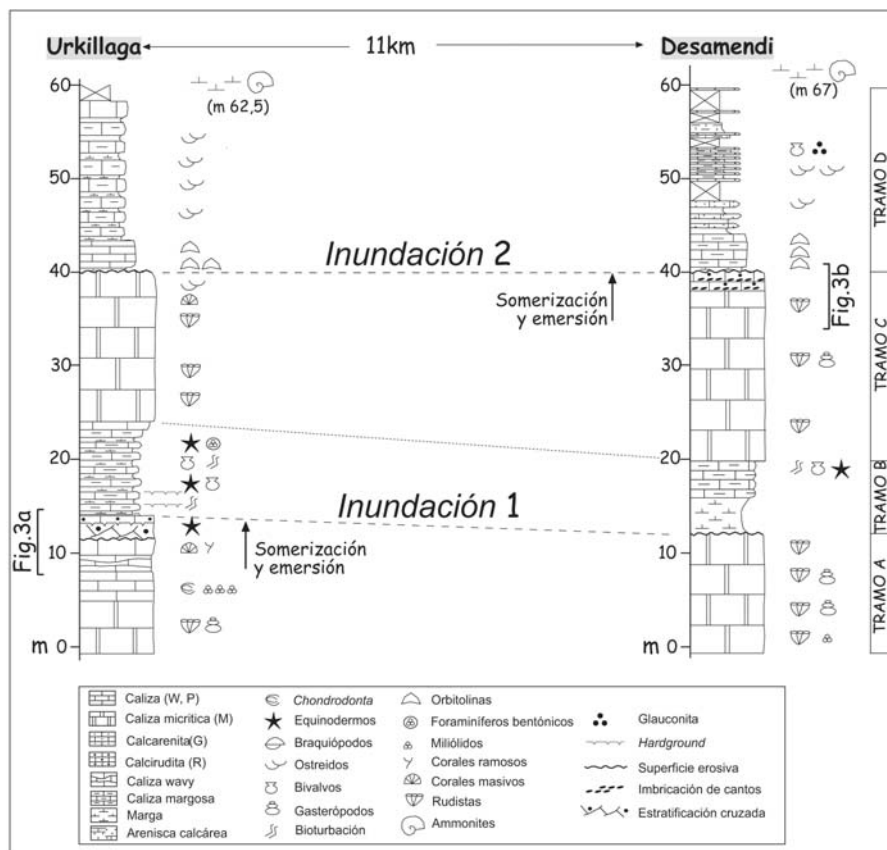


Fig. 2.- Correlación de las secciones estratigráficas de Desamendi y Urkillaga. Se reconocen dos inundaciones marinas sucesivas anticipadas por sendas fases de somersización y emersión.

Fig. 2.- Correlation of Desamendi and Urkillaga stratigraphic sections. Two consecutive drowning events are preceded by two phases of shallowing and emersion.

ses de inundación se produjeron sendas fases de somersización total de la plataforma (Fig. 3). Finalmente se invocan cambios en la subsidencia local y se discute una relación entre la desaparición de otras plataformas y su control ambiental global.

**Descripción e interpretación:**

La Fig. 2 muestra una correlación entre dos columnas estratigráficas de 60m de potencia levantadas en áreas distanciadas en 11km. Representan la desaparición vertical por dos pulsos de inundación de las Calizas de Sarastarri y su reemplazamiento por la unidad de Margas de Lareo. Se distinguen 4 tramos principales.

El tramo A, de 14m de potencia en la vertical de Urkillaga, presenta cuatro partes principales de abajo a arriba: a) 3,5m de calizas *boundstone* de rudistas requiñidos enteros y gasterópodos nerinídeos, b) 2,5m de caliza *packstone* de miliólidos y bivalvos del género *Chondrodonta*, c) 4,5m de alternancia de calizas *wavy* y *packstone* de corales masivos y ostreoides, d) un estrato de 15cm de *rudstone* de matriz micrítica con base erosiva, gasterópodos enteros

recristalizados a calcita, bioclastos de rudistas, corales y espigas de erizo; y finalmente e) 2,5m de calizas *rudstone* de bioclastos marinos someros retrabajados (espigas de erizo, rudistas, equinodermos, bivalvos y braquiópodos) (Fig. 4); su base es erosiva y su techo neto e irregular, con rasgos de *hardground* (fosfatización de fósiles, ferruginización, estructuras en coliflor). Este último banco presenta internamente *sets* de estratificación cruzada de bajo ángulo de hasta 0,5m de espesor. En la vertical de Desamendi el tramo A es más simple; presenta más de 14m de caliza *wackestone* y *boundstone* de rudistas requiñidos con nerinídeos, con un techo neto y erosivo (Fig. 3a).

Este tramo correspondiente a la parte final de la unidad de calizas de Sarastarri de más de 170m de potencia total, representa un medio de plataforma carbonatada interna con zonas de desarrollo de bioconstrucciones de rudistas y corales, y con zonas de ligera mayor batimetría influenciadas por arcilla en suspensión. Para los últimos metros se invoca una somersización rápida del medio, de unos pocos metros, que permitió el retrabajamiento de materiales por encima

del nivel base de olas. Esta regresión marina, que produjo depósitos de calizas *rudstone*, dió lugar a condiciones de *shoal*, altamente energéticas. El techo de este tramo A se caracteriza por una marcada erosión en Desamendi (atribuido a origen subaéreo) y por una superficie de omisión (*hardground*) en Urkillaga.

El tramo B en Urkillaga se caracteriza por 10m de alternancia de estratos centimétricos (10-15cm) de margas y calizas margosas nodulosas. Contienen erizos enteros de tipo *Cidaris*, artejos de crinoideos (entre ellos *Pentacrinus*), púas de erizo, bivalvos articulados, foraminíferos bentónicos (*Tritaxia*, *Sabaudia minuta*), restos de espículas de esponjas silíceas recristalizadas a calcita y bioturbaciones horizontales. Se reconocen techos de capas con rasgos de *hardground* en los primeros estratos, mientras que la parte superior de este tramo está constituida por calizas nodulosas calcareníticas. En Desamendi este tramo presenta 8m de potencia; los cuatro primeros corresponden a margas y los cuatro superiores a calizas margosas-nodulosas con bivalvos, restos de erizos y bioturbación (*Thalassinoides*).

Se sugiere en ambas secciones una profundización del medio deposicional con respecto al medio de las calizas infrayacentes, conformando la primera inundación. El resultado fue un ambiente de rampa externa de energía baja-moderada, con sedimentación mixta carbonatada y terrígena.

El tramo C en la vertical de Urkillaga se compone de 16,2m de calizas micríticas masivas, con rudistas requiñidos, corales masivos y ramosos, gasterópodos nerinídeos y miliólidos. Su base es brusca y su techo muy neto, irregular y erosivo. En la sección estratigráfica de Desamendi (fig.3b) se distinguen dos partes, una con bioconstrucciones y otra bioclastica. La primera consta de 3m de caliza *wackestone* y *floatstone* de rudistas requiñidos enteros y gasterópodos nerinídeos. La segunda, tras un paso gradual pero rápido (en pocos centímetros), consta de una caliza *rudstone* de 2,5m de potencia, con su parte final calcarenítica (gradación positiva de tamaño de grano); presenta laminación e imbricación de clastos, granos angulosos y fragmentos principalmente de rudistas y corales.

El tramo C representa, en general, una recuperación de la plataforma carbonatada. El hecho de encontrar en su parte final facies de alta energía, muy someras, sugiere una regresión marina que se produce de forma gradual pero muy rápida. Sobre facies de plataforma interna se instauran facies de *shoal* originadas por

corrientes fuertes de oleaje. Finalmente, la superficie erosiva a techo atestigua una emersión del ambiente sedimentario, con cese del desarrollo de la plataforma carbonatada.

El tramo D consta en Urkillaga de dos partes principales: la primera se inicia con un nivel margoso orbitolínico de 5 cm de espesor, que solapa el techo erosivo del tramo C; le suceden 3,4m de calizas *packstone* con abundantes orbitolinas. La segunda parte consta de 14,8 m de calizas nodulosas con grandes ostreidos y margas. Unos 5m por encima aparecen margas con ammonites, bivalvos y bioturbaciones diversas. En Desamendi se diferencian también dos partes, una con abundantes orbitolinas formada por 4,5m de margocalizas sobre la superficie erosiva, y otra de 15m de estratos de arenisca calcárea de grano fino o muy fino, con grandes ostreidos de hasta 20cm, bivalvos y restos de erizos, alternando con lutitas. En el metro 53 se reconoce un estrato de arenisca de grano fino muy rico en glauconita, y en el metro 67 aparece un nivel con abundantes bivalvos, ammonites, ocasionales belemnites, enriquecido también en glauconita.

El tramo D representa la instauración de condiciones de sedimentación mixta (silicástico/carbonatada) en un ambiente de rampa externa de baja energía, donde los nutrientes en suspensión abundaban permitiendo la proliferación de organismos como orbitolinas y ostreidos de concha gruesa. La profundización del medio es progresiva, llegando a alcanzarse condiciones de mar abierto donde vivieron ammonites y belemnites. Este fue el hundimiento definitivo de la plataforma carbonatada Aptiense inferior en este área.

### Inundaciones marinas de plataformas aptienses:

Las sucesiones de inundación marina que se disponen sobre plataformas carbonatadas contienen una importante información paleoambiental que puede ser utilizada en estratigrafía de alta resolución. Constituyen unidades marcadoras-guía predictivas en correlaciones regionales y globales. En el sur de Italia, en el promontorio de Gargano se ha caracterizado una superficie de inundación marina de la misma edad que la aquí investigada en Aralar. En Gargano se registra una cuña de pelagitas sobre clinofomas previamente progradantes (Monte degli Angeli). Esto sugiere un descenso en la productividad de la factoría de carbonato y una significativa retirada de la misma. El episodio de inundación se data como parte alta del Aptiense

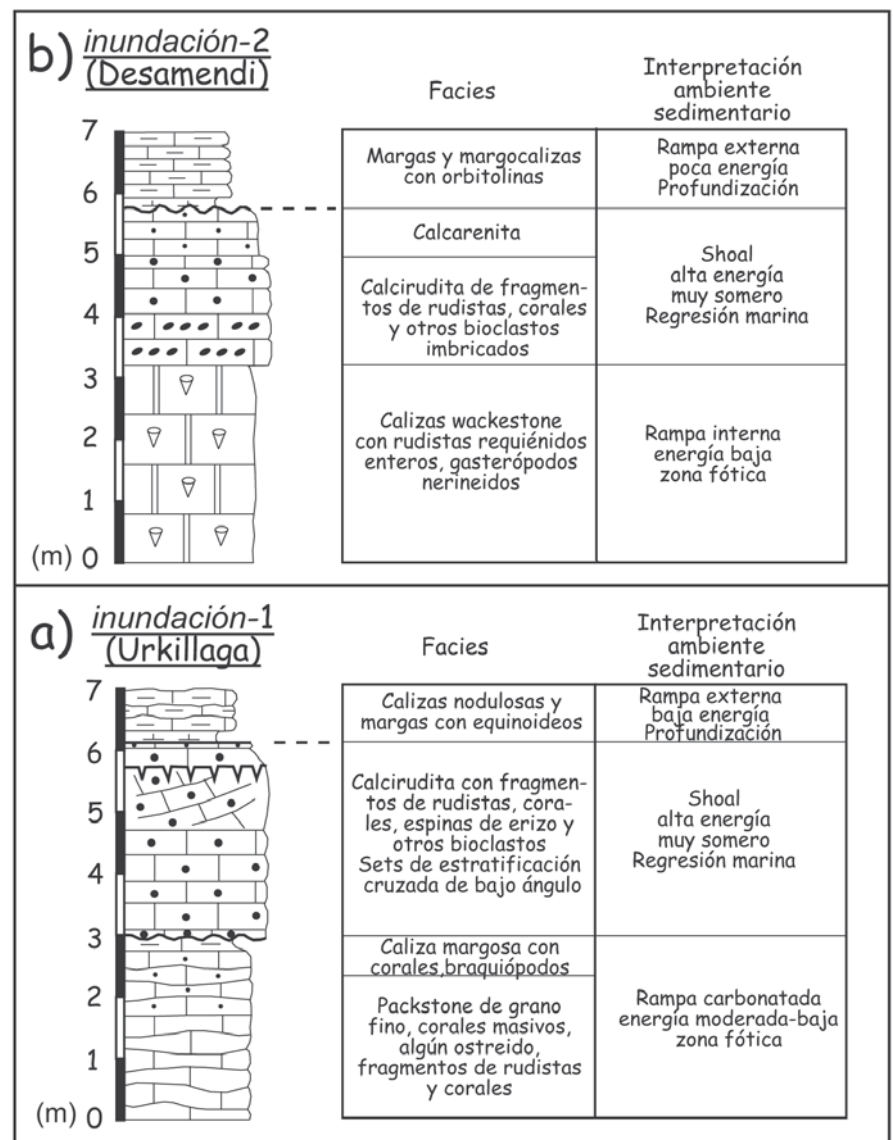


Fig. 3.- Columnas de detalle de las secuencias de inundación marina 1 y 2, descripción de facies e interpretación paleoambiental.

Fig. 3.- Detailed sections of the drowning sequences 1 and 2, facies description and paleoenvironmental interpretation.

inferior (Luciani y Cobianchi, 1994), y afecta a calizas someras con *P. lenticularis*. Estas calizas no presentan una secuencia de profundización. Al contrario, muestran una sucesión somerizante que culmina con depósitos de medios salobres. Este rasgo sedimentario anómalo se ha relacionado con la actividad de la fase tectónica Austrica, que produjo un patrón articulado de subsidencia diferencial (Graziano, 1999). De este modo, la estratigrafía de Apulia refleja el sello tectónico local junto a un control ambiental global. Características muy similares de patrones de somerización previos a la inundación marina revelan en Aralar una fuerte componente tectónica.

Sobre las calizas de Monte degli Angeli, se disponen facies de

orbitolínidos y ostreidos de edad aún Aptiense inferior, con *Praeorbitolina cormyi* SCHROEDER, *P. wienandsi* SCHROEDER y *Orbitolina (Mesorbitolina) lotzei* SCHROEDER. Estas facies posiblemente reflejan un incremento en el aporte de nutrientes. Incluso en la serie caliza se observan rasgos a su techo como una ausencia total de nannocónidos en una capa inmediatamente debajo de la superficie de inundación (Luperto Sinni y Masse, 1993), lo que se ha interpretado como equivalente a la crisis de nannocónidos (Erba, 1994), que reflejaría aguas oceánicas enriquecidas en nutrientes.

Este evento de hundimiento considerado mundial, ha sido caracterizado en otras plataformas del Tethys (Funk *et al.*

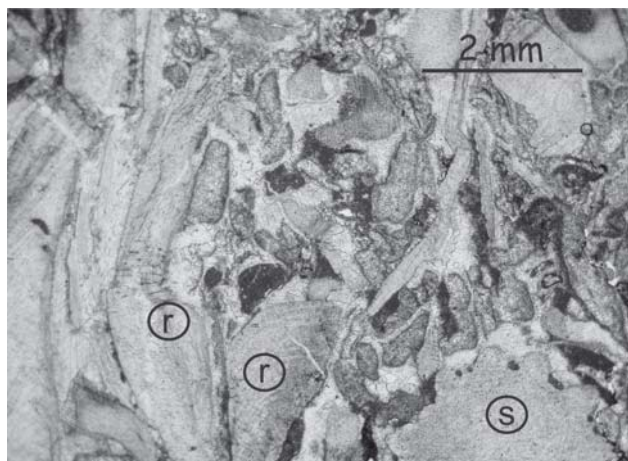


Fig. 4.- Microfacies de calizas rudstone de la sección de Urkillaga (final del tramo A, fig. 2) con fragmentos de rudistas y equinoideos (s, espina de equinoideo; r, fragmentos de rudistas).

Fig. 4.- Rudstone microfacies with fragments of rudists and echinoids (s, echinoid spine; r, rudist fragment) (top of interval A, in fig. 2).

1993; Masse, 1993). Como señalan Masse (1989), Erba (1994) y Kauffmann y Hart (1996) se produjeron importantes cambios en la evolución filética de bentos y plankton en la parte superior del Aptiense inferior.

En muchos casos bajo la superficie de inundación marina se han observado evoluciones de facies de tropical (chlorozoan) a no-tropical (foramol) (Funk et al., 1993; Föllmi et al., 1994). Estas variaciones se han atribuido a cambios (incremento) en los recursos tróficos y/o a cambios de temperatura en los océanos (enfriamiento) (Hallock & Schlager, 1986; James y Clarke, 1997). Es más, los cambios de condiciones ambientales que producen *stress* en las plataformas se han relacionado con excursiones positivas sincrónicas de las curvas de isótopos de carbono, unidos a ascensos del nivel del mar.

De hecho en el norte del Tethys se relacionó el episodio de inundación marina del Aptiense inferior desarrollado en condiciones climáticas de *greenhouse*, a aportes fluviales de nutrientes y siliciclásticos que habrían contaminado los medios carbonatados costeros (Weissert, 1990). Por su parte la presencia de facies foramol a techo de plataformas antes de la inundación marina reflejaría el deterioro ambiental por impacto del aporte de nutrientes y la eutrofización (Föllmi et al. 1994). Incluso se llegó a especular que las plataformas ligadas a continente se hundieron en tanto que las plataformas *offshore*, del tipo de las de la microplaca Adriática, no experimentaron hundimiento y continuaron creciendo (Weissert et al. 1998). Sin embargo, el hecho de que la plataforma de Gargano, que forma parte del dominio Adriático, no muriese completamente en el Aptiense inferior alto, sino que perduró en el tiempo, junto con otros ejemplos de plataformas aisladas de la misma edad en el océano Pacífico, sugiere que debió operar a escala global algún control de tipo

paleoceanográfico. En Gargano, el evento de inundación marina se ha correlacionado además con el episodio de enriquecimiento en materia orgánica denominado evento Selli. El evento Selli se correlaciona en concreto con la fase de somerización ligada a actividad tectónica y que afectó severamente a la plataforma. De igual modo se ha correlacionado este evento como reflejo y consecuencia de la intensa actividad volcánica causante del Plateau de Ontong-Java (Graziano, 2000).

La plataforma carbonatada de Aralar experimentó una muerte prácticamente coetánea a la de otras numerosas plataformas en todo el mundo en el Aptiense inferior alto (intra-*D.furcata*). En Aralar se registran dos superficies de «*drowning*» en la parte somital de la plataforma aptiense. La primera inundación marina es incipiente y la plataforma consigue recuperarse momentáneamente, pero después tiene lugar la segunda inundación marina ya definitiva.

Los pulsos de inundación marina son precedidos de sendos episodios cortos de somerización, que pueden estar causados por basculamientos tectónicos. De hecho se produjo en el área un cambio en la subsidencia, desde condiciones uniformes durante la formación de las Calizas de Sarastarri, hasta condiciones variables con la distancia (basculamiento) durante la formación de la unidad suprayacente Margas de Lareo. Sin embargo, no se descarta la influencia de factores paleoceanográficos de índole global, que parecen haber determinado la muerte sincrónica de plataformas del Aptiense inferior en todo el mundo.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con financiación del proyecto de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea 9/UPV 00121.310-13556/

2001, y del Ministerio de Educación y Ciencia BTE-2003-04823 y fondos FEDER. M.I. Millán disfruta de una beca FPI del Ministerio de Educación y Ciencia.

#### Referencias

- Duvernois, C., Floquet, M., y Humbel, B. (1972). *These de doctorat de troisième cycle*, Uni. Dijon. 264 p.
- Erba, E. (1994). *Paleoceanography*, 9, 483-501.
- Floquet, M. y Rat, P. (1975) *Rév. Géog. Phys. Géol. Dynam.* XVII, 497-512.
- Föllmi, K.B., Weissert, H., Bisping, M. y Funk, H.P. (1994). *Bulletin Geological Society of America*, 106, 729-746.
- Funk, H.P., Föllmi, K.B., y Mohr, H. (1993). En: *Cretaceous Carbonate Platforms* (J.A. Simo, R.W. Scott y J.P. Masse, Eds). *Memoir American Association of Petroleum Geologists*, 56, 387-407.
- Graziano, R. (2000). *Terra Nova*, 11, 245-250.
- Hallock, P. y Schlager, W. (1986). *Palaios*, 1, 389-398.
- James, N.P. y Clarke, J.D.A. (Eds.) (1997). *Cool-Water Carbonates*. Special Publication Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 56, 421 pp.
- Kauffmann, E.G. y Hart, M.B. (1996). En: *Global Events and Events Stratigraphy in the Phanerozoic* (Springer-Verlag Ed.).
- Lertxundi, D. (1997). Trabajo de investigación de Programa de Doctorado. Inédito, Universidad País Vasco.
- Lertxundi, D. y García-Móndejar, J. (1997). *Geogaceta*, 22, 105-108.
- Luciani, V. y Cobianchi, M. (1994). *Memoria Científica Geológica Padova*, 46, 283-301.
- Luperto Sinni, E. y Masse, J.P. (1993). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 98, 403-424.
- Masse, J.P. (1989). *Geobios Memoire Speciale*, 11, 279-294.
- Millán, M.I., Agirrezabala, L.M., Fernández-Mendiola P.A. y García-Móndejar, J. (2005). *Geo-Temas*, 8, 73-76.
- Rat, P. (1959). *Les pays crétacés basco-cantabriques (Espagne)*. Thèse Université de Dijon, Vol. XVIII, 552 p.
- Weissert, H., Lini, A., Föllmi, K.B. y Kuhn, O. (1998). *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 137, 189-203.
- Weissert, H. (1990). En: *Geology of the Oceans*. (B.M. Cita, Ed.). *Memoria Società Geologica Italia*, 44, 59-69.