

# Microestructuras de crecimiento en conchas de rudistas radiolítidos (*Bivalvia*) del Cretácico Superior de Gredilla de Sedano (Norte de Burgos, España)

*Growth microstructures in radiolitid rudist shells (Bivalvia) from the Upper Cretaceous of Gredilla de Sedano (Northern Burgos, Spain)*

I. Regidor-Higuera <sup>(1)</sup>, F. García-Garmilla <sup>(1)</sup> y J. Elorza <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Dpto. de Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco, Ap.644, 48080-Bilbao (Spain), E-mail: nppgagaf@lg.ehu.es

## ABSTRACT

Radiolitid shells (*Hippuritacea*, *Bivalvia*) collected from the Gredilla de Sedano section (Upper Campanian-Lower Maastrichtian, Northern Burgos, Spain) have been studied with regard to their shell microstructure. The distribution of organic matter in the skeletal walls and growth lines follows a characteristic sequence and seems to have been a control upon further diagenetic evolution of the shells. In fact, the organic matter content increases just in the vertical transition from the upper part of the walls to the lower of the immediately upper growth line. Slight truncations between sets of laminae are thought to have originated as a result of reproductive episodes and/or environmental crisis. On the contrary, some strong interruptions and truncations in the shell development can be seen as very complex intergrowth textures indicating colonization of younger individuals upon older ones. In these cases, the younger rudists start to grow by compact layers that precede the further characteristic «honeycomb» textures. The internal skeletal cells («honeycomb») acted as scenario for such diagenetic processes as pyrite formation, early dolomite and «dogtooth» calcite and later «blocky» calcite precipitation.

**Key words:** Rudists, Upper cretaceons, growth microstructures, intergrowth textures

Geogaceta, 32 (2002), 295-298  
ISSN:0213683X

## Introducción y metodología

Los sedimentos de la Formación de Quintanaloma (Campaniense sup.-Maastrichtiense inf., 57 m. de espesor en la sección de Gredilla de Sedano, Burgos) se depositaron en un ambiente de plataforma somera con un flujo de terrígenos variable (Regidor-Higuera *et al.*, este volumen). El estilo sedimentario de la unidad concuerda con el modelo general de ciclos somerizantes de poca potencia individual y buena continuidad lateral (geometrías tabulares) que resume Skelton (2001) para las plataformas del Cretácico en su conjunto. En ellas, se instauraron litosomas de rudistas autóctonos y parautóctonos, sin faltar algunas facies bioclásticas canalizadas. Por su parte, Floquet (1992) determinó en la Formación diversas especies de rudistas, pertenecientes a los géneros *Radiolites*, *Biradiolites* e *Hippurites*.

El estudio microscópico se ha realizado sobre 46 láminas delgadas con la

ayuda de un Olympus BH2 y una lupa binocular Leica Wild M8. Se emplearon tinciones de rojo alizarín y ferricianuro potásico para diferenciar dolomita y calcitas férricas. Algunas secciones delgadas fueron también escaneadas con un Nikon Coolscan III. El material gráfico fue procesado mediante Adobe Photoshop 4.0. Otras diez muestras se observaron con el microscopio electrónico de barrido Jeol JSM-6400 instalado en la Facultad de Ciencias de la Universidad del País Vasco.

## Microestructura de las conchas

Las conchas de los radiolítidos se componen de varias partes que, desde la cavidad interna donde habita hacia el exterior, son: un hipostracum aragonítico (generalmente recristalizado a esparita, y, otras veces, disuelto móldicamente); un ostracum interno (miostracum) de estructura celular con paredes gruesas y convexidad hacia la parte inferior; un

ostracum medio, que es la capa más gruesa con diferencia y consta de un entramado de celdillas («honeycomb»); y, por último, un ostracum externo (periostracum) formado por delgadas laminillas de calcita que, por lo general, raramente se conserva en el registro fósil.

La estructura celular, en la que se centra nuestro estudio, viene delimitada por las líneas de crecimiento, que se extienden en sentido transversal, y los tabiques subverticales que delimitan las celdillas (Fig. 1a). En el interior de estas se observan rellenos micríticos, ocasionalmente de tipo peloidal, cristalillos y framboides de pirita y/o cementos calcícticos aciculares y «blocky», que la rellenan como si de una microgeoda se tratara. Los ejemplares de radiolítidos de la Formación de Quintanaloma en Gredilla de Sedano muestran un miostracum con compleja textura celular, y frecuentes bifurcaciones y truncaciones en los tabiques de las celdillas, así como líneas de crecimiento con diferentes espaciados en función de la

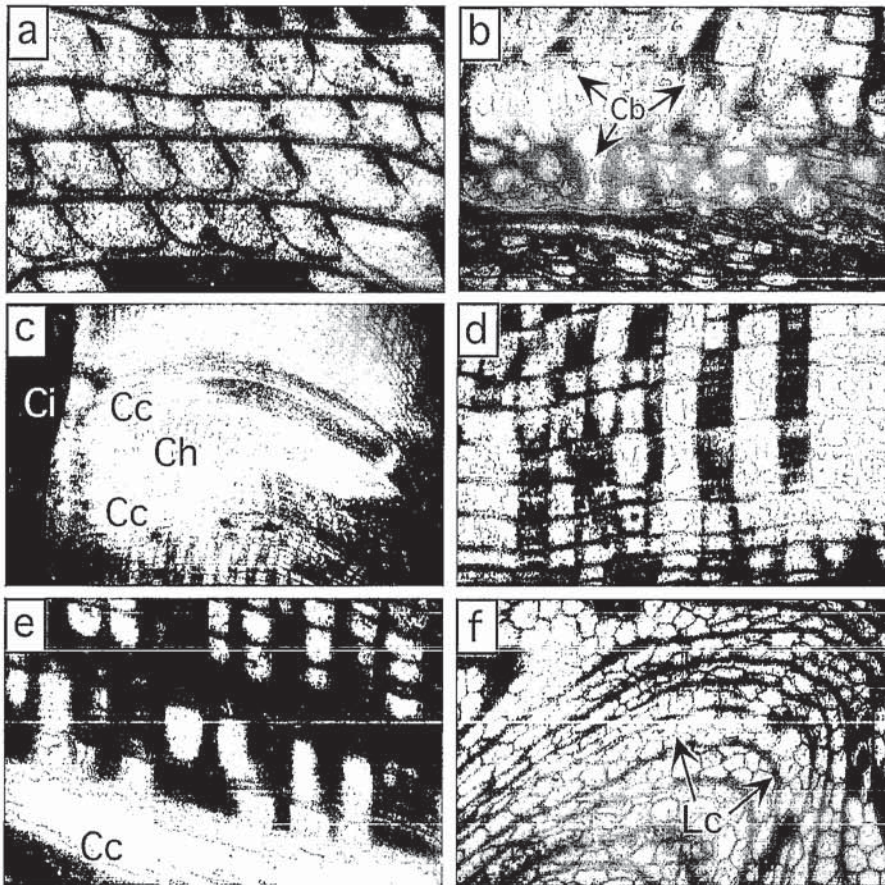


Fig. 1.- Microestructura de la concha de los radiolítidos: a) detalle de los tabiques con un mayor contenido en materia orgánica en su parte superior; luz normal (LN), anchura de la foto (AF: 5.2 mm); b) detalle del paso vertical de celdillas pequeñas a celdillas mayores, siempre rellenas de calcita «blocky» (LN, AF: 5.2 mm); c) alternancia de capas compactas (Cc) y capas «honeycomb» (Ch) delimitando un posible ciclo anual entre dos Cc consecutivas. La cavidad interna (Ci) queda a la izquierda de la foto (LN, AF: 10.4 mm); d) zona de la concha con tabiques de igual anchura que las celdillas (LN, AF: 2.6 mm); e) tránsito de una capa compacta (Cc) a celdillas «honeycomb» incipientes (LN, AF: 2.6 mm); f) sección transversal de la estructura «honeycomb» en celdillas poligonales y líneas de crecimiento concéntricas (Lc) (LN, AF: 5.2 mm).

Fig. 1.- Radiolite shell microstructures: a) the walls increase their organic matter content towards the upper part; transmitted light (LN), photo width (AF: 5.2 mm); b) vertical transition from small cells to major ones filled by blocky calcite (LN, AF: 5.2 mm); c) alternance of compact layers (Cc) and «honeycomb» layers, marking a possible annual cycle between two successive compact layers. The inner cavity (Ci) appears to the left (LN, AF: 10.4 mm); d) a part of the shell showing the walls having the same width than the cells (LN, AF: 2.6 mm); e) transition from a compact layer (Cc) to incipient «honeycomb» cells (LN, AF: 2.6 mm); f) transversal section of the «honeycomb» structure consisting on polygonal cells and concentric growth lines (Lc) (LN, AF: 5.2 mm).

existencia de condiciones más o menos favorables en el medio para el desarrollo del organismo (Fig. 1b). No faltan algunos casos de fuertes interrupciones en el crecimiento, acompañados de «borings» y reinstalación posterior de la concha, que serán comentados más adelante. Los cambios estacionales se traducen en «sets» de líneas de crecimiento («megarritmos» de Amico, 1978; Fig. 1c), más apretadas en invierno y más separadas en verano. Cada megarritmo puede suponer un crecimiento vertical de hasta 1.5 cm. de altura, sobre todo, en algunos ciclos

anuales de *Biradiolites*. Schumann (1995) cita otros factores condicionantes del desarrollo de la concha, tales como la amplitud de las mareas, los ciclos lunares, cambios en la batimetría, salinidad y turbidez de las aguas, tempestades, períodos reproductivos, etc. En Regidor-Higuera *et al.* (este volumen), discutiremos más a fondo estos y otros aspectos del crecimiento de la concha.

Los tabiques están constituidos por finas laminillas de crecimiento («micro-ritmos» de Amico, 1978); pueden ser simples paredes muy finas o bien coales-

cer mutuamente, haciéndose más continuos lateralmente hasta alcanzar un espesor igual o superior al de las celdillas (Fig. 1d). En los casos de crecimiento más vigoroso, se observa cómo los tabiques se superponen a las líneas de crecimiento, llegando a interrumpirlas lateralmente. La culminación de este proceso se traduce en la generación de capas compactas laminadas, propias de *Biradiolitinae* y *Radiolitinae*. En los primeros, la estructura «honeycomb» aparece siempre a continuación de un estadio inicial compacto (prismático). A partir de un cierto momento las capas se irregularizan, y, sobre todo en la parte interna del miostracum, empiezan a aparecer las primeras celdillas como expresión del paso gradual de capas compactas a capas celulares (Fig. 1e). El proceso se repite, aunque, teóricamente, las capas se horizontalizan formando un ángulo próximo a 90° respecto del eje del conoide a medida que el organismo crece. En todos los casos, la adquisición de la estructura celular por el individuo es relativamente tardía, y sigue invariablemente a un estadio inicial compacto (Fig. 3). Desde un punto de vista biológico, la edificación de las capas compactas, inicialmente de poco ángulo respecto al eje del cono, le permiten al organismo alcanzar rápidamente una cierta altura. Las capas compactas subhorizontales, que se intercalan entre las celulares, podrían jugar un papel protector y de consolidación de la estructura celular. Las capas celulares, sin embargo, obedecen a una ralentización del crecimiento en altura, hecho que se corresponde con la progresiva horizontalización de las líneas de crecimiento (Masse y Philip, 1972).

Las capas de muchos de los radiolítidos (*Biradiolites*) estudiados no tienden a la horizontalidad, lo que lleva a pensar en la constante necesidad de crecer debido a causas como la competencia con otros individuos próximos y las descargas de terrígenos, eventualmente fuertes, que podrían enterrarlos. El desarrollo vertical se acompaña de un engrosamiento de la valva, lo que obliga a optimizar el gasto de carbonato mediante la creación de células huecas («honeycomb»). Por esta razón, las capas celulares de las conchas de radiolítidos están generalmente poco microperforadas por organismos, dada su baja relación carbonato/volumen. Por el contrario, las capas compactas suelen presentar abundantes «microborings», localizados a todos los niveles del miostracum, y producidos con seguridad coetáneamente con el crecimiento de la concha. En CL (Regidor-Higuera *et al.*, este

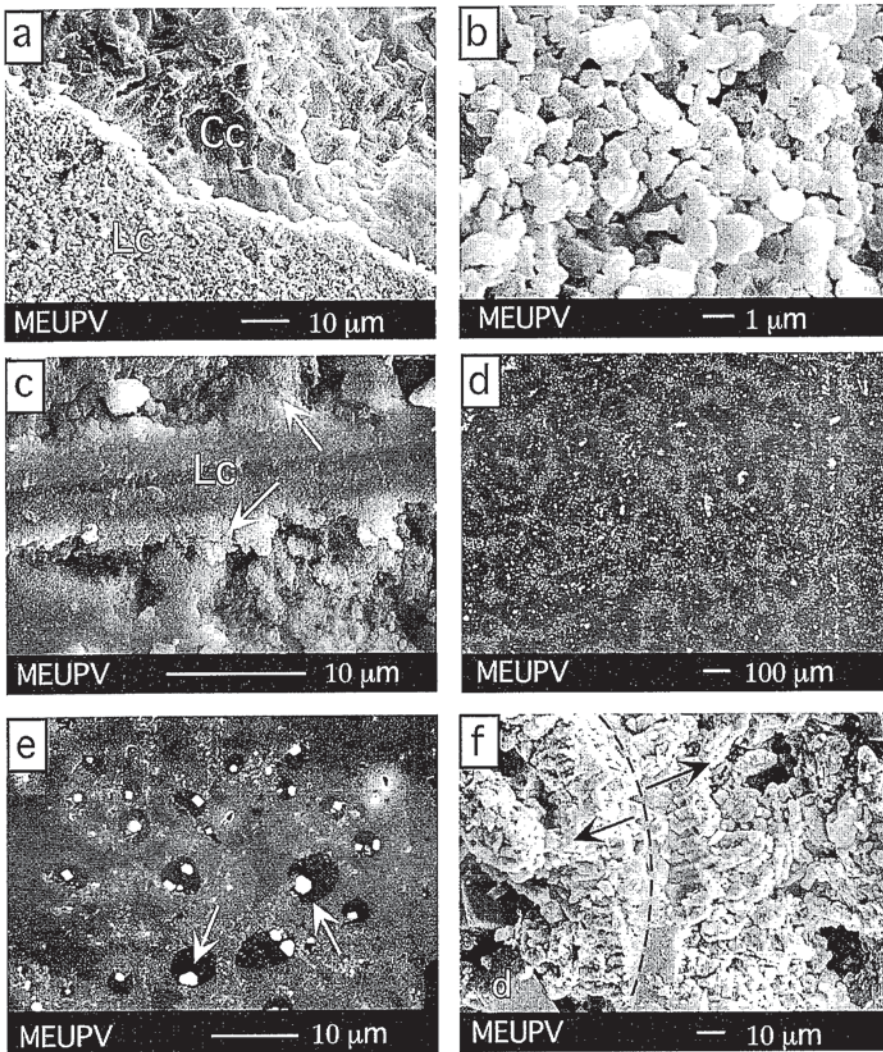


Fig. 2.- Imágenes de S.E.M. de la concha de los radiolíticos: a) corte subparalelo a una de las líneas de crecimiento (Lc). Esta se compone de cristallitos de micrita. En la parte superior se aprecian las láminas de calcita de la capa compacta infrayacente (Cc); b) detalle de la micrita de la línea de crecimiento de la fotografía anterior; c) sección longitudinal de una línea de crecimiento con cementos tempranos precipitados a ambos lados de ella (señalados con flechas); d) corte transversal de la estructura «honeycomb» con su típico aspecto poligonal; e) detalle de la fotografía anterior que muestra diminutos cristales de pirita (señalados con flechas) alojados en la ultraporosidad de los tabiques; f) cementos «dogtooth» (señalados con flechas) precipitados a ambos lados de uno de los tabiques (marcado con una línea discontinua). En la parte inferior izquierda se observan rombos de dolomita (d).

Fig. 2.- S.E.M. images of radiolite shells: a) subparallel section of one of the growth lines (Lc). It is composed of micrite crystallites. The upper part of the photo shows calcite lamellae corresponding to the lower compact layer (Cc); b) a detail of the growth line micrite of the previous photo; c) longitudinal section of a growth line showing early cements precipitated at both sides (arrowed); d) transversal section of the «honeycomb» structure showing its typical polygonal aspect; e) a detail of the previous photo showing minute pyrite crystals (arrowed) enclosed in the micron-sized pore-spaces into the walls; f) «dogtooth» cements (arrowed) precipitated at both sides of one of the walls (marked by a discontinuous line). Dolomite rhombs (d) can be observed at lower left.

volumen) hemos podido observarlos con luminiscencia roja, contrastando con el matiz «dull» general de las zonas de la concha recristalizadas o pobres en materia orgánica. Como quiera que el grado de bioturbación en los sedimentos de grano fino de la Formación de Quintanaloma es intenso, la cantidad de «borings» en las conchas de los rudistas es notable; en los

casos más extremos, pueden extenderse incluso a las capas celulares.

Las observaciones al SEM de conchas de radiolíticos de la sección de Gredilla de Sedano permiten ver algunos detalles de la microestructura de las conchas y los cementos precipitados en el interior de las celdillas. La Fig. 2a muestra un corte subparalelo a una de las líneas de creci-

miento. En la parte inferior de la foto se aprecia la microestructura en cristallitos de micrita de un tamaño máximo de 2 µm (detalle en la Fig. 2b) pertenecientes a una línea de crecimiento; mientras que, en la parte superior, se observa la calcita laminada de una capa compacta situada por debajo de dicha línea. La Fig. 2c corresponde a una sección longitudinal de una de las líneas de crecimiento, a ambos lados de la cual se desarrollan cementos tempranos. Las Figs. 1f y 2d representan un corte transversal que muestra la textura «honeycomb» en celdillas con su típica sección poligonal. A mayor aumento, diminutos cristallitos de pirita quedan incluidos en la microporosidad de los tabiques (Fig. 2e). Por último, la Fig. 2f ilustra los cementos «dogtooth» que crecen a ambos lados de uno de los tabiques, así como los rombos dolomíticos que se alojan en el interior de una de las celdillas.

#### Intercrecimientos complejos de conchas

Los procesos de removilización mecánica por olas y corrientes debieron ser relativamente frecuentes durante el tiempo de depósito de la Formación de Quintanaloma, lo que se ha traducido en numerosas concentraciones parautoctonas de conchas de rudistas en niveles de «storm-bed» aparentemente sin ciclicidad en la columna estratigráfica (Regidor-Higuera et al., este volumen). La Fig. 3 muestra una textura compleja de crecimiento de un individuo sobre los restos de otro previo. El individuo más antiguo (I) se presenta desgastado y perforado. Destacando «macro-borings» por su tamaño: el de la derecha (RB) muestra un relleno de micrita, junto con un caparazón de un bivalvo litófago sin disgregar y cemento esparfítico a techo (relleno geopetal); el de la izquierda (LB) está tapizado por una capa de color marrón claro, finamente laminada de forma concéntrica, con algunas truncaciones entre láminas, constituida por cristales aciculares subperpendiculares a dichas láminas, quizás aragoníticos en un principio, muy similares a los constitutivos de algunos bivalvos perforantes (P). La matriz micrítica termina de rellenar esta cavidad. La textura geopetal aparece basculada con relación a la instauración de un segundo rudista (II), que ocupa la parte superior de la foto. La litificación de la micrita fue probablemente anterior a la instauración del individuo II, pero posterior a la perforación P. La imagen también permite ver cómo el rudista II debuta (siempre según este pla-

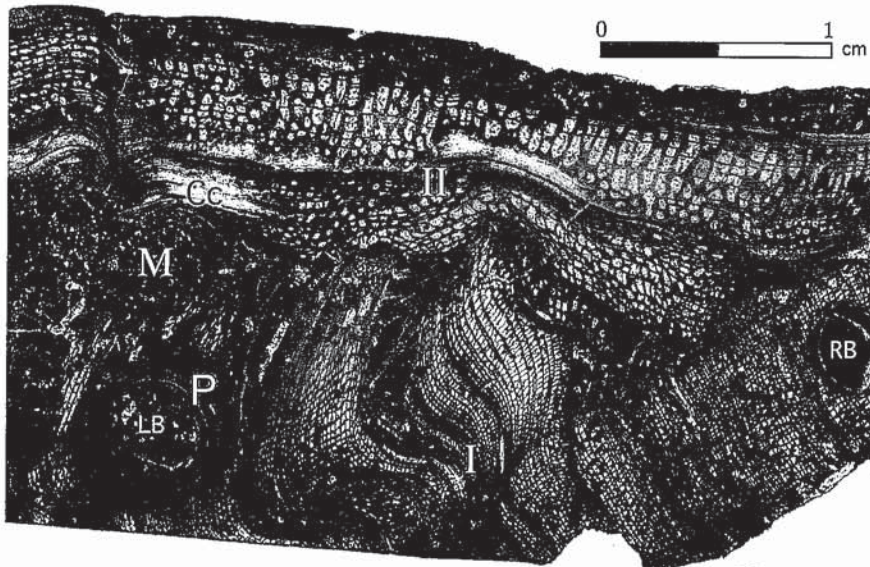


Fig. 3.- Textura de intercrecimiento de dos conchas de rudistas. Explicación en el texto.

Fig. 3.- Intergrowth texture formed by two rudist shells. For explanation, see the text.

no de corte) con capas compactas (CC) que se adaptan a las irregularidades de la concha que le sirve de sustrato (I), especialmente sobre la masa micrítica de la izquierda de la foto (M). La estructura «honeycomb» solo comienza después de un episodio compacto, tanto en tránsito lateral como vertical. Ello sugiere que el rudista II precisa de la elaboración de un esqueleto compacto siempre que lo construya sobre un sustrato fangoso, mientras que puede segregar capas celulares más tempranamente cuando su esqueleto se instaura sobre sustratos más firmes. Las observaciones tridimensionales sobre la muestra de mano confirman esta interpretación.

### Conclusiones

Las observaciones realizadas en conchas de rudistas radiolíticos del Cretácico superior de Gredilla de Sedano han permitido reconocer sus diferentes partes: hipostracum y ostracum interno, medio y externo, habiéndose perdido el periostracum. La alternancia de capas con estructura compacta laminada y capas celulares es igualmente observable, así como la distinción entre megarritmos y microrritmos. Las capas celulares son el escenario de la precipitación de micrita biogénica,

cementos tempranos dolomíticos y calcíticos de tipo «dogtooth», y más tardíos de calcita «blocky». La materia orgánica de la concha puede ser reducida a pirita en algunos ejemplares, algo que puede coincidir con condiciones anaeróbicas en el interior de la concha. Las observaciones al SEM permiten ver cómo se generó pirita en diminutos cristales, alojada en la ultraporosidad de los tabiques. La mayor concentración de materia orgánica en las conchas se produce justo en la transición de la parte alta de los tabiques a la línea de crecimiento inmediatamente suprayacente, salvo efectos posteriores debidos a una recristalización diagenética de la concha.

La competitividad por el espacio vital de muchos individuos de *Biradiolites* hace que las líneas de crecimiento se desarrollen asimétricamente, adquiriendo en algunos de sus lados un elevado ángulo respecto a la horizontal. En otros casos, esta fuerte inclinación pudo deberse a tasas de sedimentación elevadas en un momento dado, pues el organismo necesita crecer superando en todo momento la interfase sedimento-agua.

La intensidad de los procesos de bioturbación está en consonancia con el grado de microperforación en las conchas de radiolíticos. A diferencia de lo habi-

tualmente descrito en la bibliografía, incluso las capas con estructura celular llegan a presentar abundantes «borings» rellenos de micrita rica en materia orgánica, si bien este tipo de perforaciones pudieran haberse producido «post-mortem». Existen, además, texturas complejas de interpenetración de conchas de diferentes individuos. Algunos especímenes se instauraron sobre otros que ya habían sido previamente cementados y consolidados. Cuanto más blando es el sustrato sobre el que se instaura un individuo, éste segrega un mayor espesor de capas compactas al objeto de reforzar la estructura de la concha. La estructura celular («honeycomb») no aparece sino después de un estadio previo de carácter compacto, al objeto de que el esqueleto disponga de la suficiente estabilidad frente a eventos mecánicos en el medio, como la existencia de temporales que hagan descender el nivel de base de las olas.

### Agradecimientos

A la Universidad del País Vasco por la financiación de este trabajo a través del Proyecto de Investigación UPV 130.310-EB034/99. A la Dra. Eulalia Gili (Universitat Autònoma, Barcelona) y al Dr. Peter Skelton (Open University, UK) por sus orientaciones sobre las texturas de intercrecimiento de las conchas de rudistas. A la Dra. M<sup>a</sup> Luisa de Nó (UPV/EHU) por su ayuda en la utilización del S.E.M.

### Referencias

- Amico, S. (1978): *Travaux Lab. Géol. Historique et de Paléont. Univ. de Provence* 131 pp.
- Floquet, M. (1992): *International Symposium Sequence Stratigraphy of Mesozoic-Cenozoic European Basins*. Dijon, France, 130 pp.
- Masse, J.-P. y Philip, J. (1972): *Compte Rendu Acad. Sciences Paris* 274, 3202-3205.
- Regidor-Higuera, I.; García-Garmilla, F. y Elorza, J. (2002): *Geogaceta*, 32, 285-288
- Schumann, D. (1995): *Facies* 32, 189-202.
- Skelton, P.W. (2001): *Geotemas* 3 (1), 13-15.