

Conferencia

Rudistas: estrategias de crecimiento, período vital y respuesta diagenética

Rudists: growth strategies, life span and diagenetic response

Patxi García-Garmilla

Universidad del País Vasco. Facultad de Ciencias. Dpto. de Mineralogía y Petrología 48940 Leioa (Vizcaya) e-mail: nppgagaf@lg.ehu.es

Geogaceta, 34 (2003), 211-218
ISSN:0213683X

IN MEMORIAM PATXI LARREA BILBAO (1962-2003)

Quisiera que la publicación de esta conferencia sea un sentido homenaje a nuestro compañero Patxi Larrea Bilbao, no sólo por parte de quien escribe estas líneas, sino también de todos sus compañeros de la Sección de Geología de la Universidad del País Vasco. Con anterioridad a 1990, Patxi Larrea trabajó en el I.G.M.E. e inició los estudios que más tarde cristalizarían en la lectura de su Tesis Doctoral, titulada «Caracterización Petrológica y Geoquímica del Sector Oriental del Batolito de Los Pedroches». Ya como Profesor de Petrología Endógena en nuestro Departamento entre 1990 y 2003, su investigación se extendió hacia otras líneas, como el vulcanismo del Cretácico superior de la Cuenca Vasco-Cantábrica, o la aplicación de las técnicas geoquímicas y petrográficas al estudio de cerámicas prehistóricas. Siempre fue una persona afable y comunicativa, dispuesta a ayudarnos en todo lo que fuera necesario. Nos ha dejado prematuramente tras una larga enfermedad, pero, esté donde esté, siempre permanecerá en nuestro recuerdo como reflejo de amistad y afecto imborrables.



Patxi Larrea Bilbao

Introducción

He estructurado ésta conferencia en cinco puntos. En el primero, abordaré diversos aspectos históricos y taxonómicos de la historia de la investigación de los rudistas, así como algunos antecedentes que me parecen relevantes. El segundo apartado estará centrado en el estudio de los rudistas presentes en la sección de Gredilla de Sedano (Campaniense superior - Maastrichtiense inferior del norte de Burgos). Un tercer aspecto a tratar será el estudio en detalle de la microestructura de las conchas de algunos ejemplares de radiolíticos e hipuríticos presentes en dicha sección, con el ánimo de profundizar en su modo de crecimiento, su relación con parámetros ambientales, y el período vital («life-span») de los individuos. En cuarto lugar, presentaré algunos resultados preliminares del análisis geoquímico pormenorizado a lo largo de los perfiles esclerocronológicos de algunos géneros de radiolíticos (*Radiolites* y *Praeradiolites*), al objeto de conocer en qué medida puede haberse preservado la señal geoquímica original («efecto vital») del organismo, y en qué medida ésta puede haber sido modificada por la alteración diagenética posterior. Por último, intentaré aportar algunas claves sobre el futuro de esta línea de investigación y las posibles aplicaciones prácticas que de ella pueden derivarse.

1. Antecedentes bibliográficos y aspectos paleontológicos generales

Colette Dechaseaux (1952), en el Tomo II del «Traité de Paléontologie» editado por Jean Piveteau, y dentro del capítulo dedicado a los Rudistas (pp.323-364), dice textualmente: «el estudio de los Rudistas constituye el capítulo más original de la historia de la paleontología de los lamelibranquios. Todas las características de este grupo son especialmente curiosas... Presenta una prodigiosa diversidad de formas, la mayor parte de las cuales no recuerda ni de lejos a un lamelibranquio. El aspecto robusto de las conchas explica por qué en un principio no fueron clasificadas como bivalvos...».

La primera referencia publicada sobre estos organismos se debe a Picot de Lapeirouse (1781), quien habla de «ostras petrificadas con forma de vaso», que las gentes de Corbières denominaban habitualmente «coques» («cuernos»). Pero fue el gran paleontólogo y naturalista francés Jean-Baptiste Lamarck (1744 - 1829) quien acuñó en 1819 el término «Rudista», procedente del Latín «rudis» («rude» en francés), que significa «robusto» o «rudo», para designar a «una asociación muy particular de conchas fornidas que parecen guardar ciertas similitudes con los ostreidos, pero de los cuales se diferencian en que ni la charnela, ni el ligamento de las valvas, ni las zonas de inser-

ción de los músculos de apertura, permiten asignarlos con claridad a un grupo concreto en la sistemática». Hacia 1825, Deshayes y de Blainville demostraron que *Spherulites* e *Hippurites* constituían una pequeña familia emparentada con los rudistas. A Chaper (1873, citado en Dechaseaux, 1952) se deben preciosos dibujos en carboncillo del caprínido *Plagiopychus toucasi*, en los que detalla la configuración de los canales paleales tan característicos de esta familia. Más tarde, Douvillé (1935) publicó primorosas fotografías de *Hippurites radiosus* y *Bournonia bournoni*, este último, un radiolítico con su característica estructura celular interna, tan propicia como escenario para los procesos diagenéticos de precipitación de cementos. Colette Dechaseaux (1952) publicó excelentes microfotografías del radiolítico *Lapeirousia jouanneti*, mostrando la estructura celular «en panal de abeja» («honeycomb»), sobre la que más tarde volveremos. En fin, haciendo un poco de patria en nuestra Cuenca Vasco-Cantábrica, Gómez-Tejedor (1970) nos ofrece sencillas ilustraciones de los géneros *Toucasia* e *Hippurites*.

Los rudistas constituyen una superfamilia de bivalvos epibentónicos sésiles (Hippuritacea), que vivieron en los fondos someros de las plataformas carbonatadas tropicales y subtropicales del mar del Tethys desde el Jurásico terminal hasta el Cretácico termi-

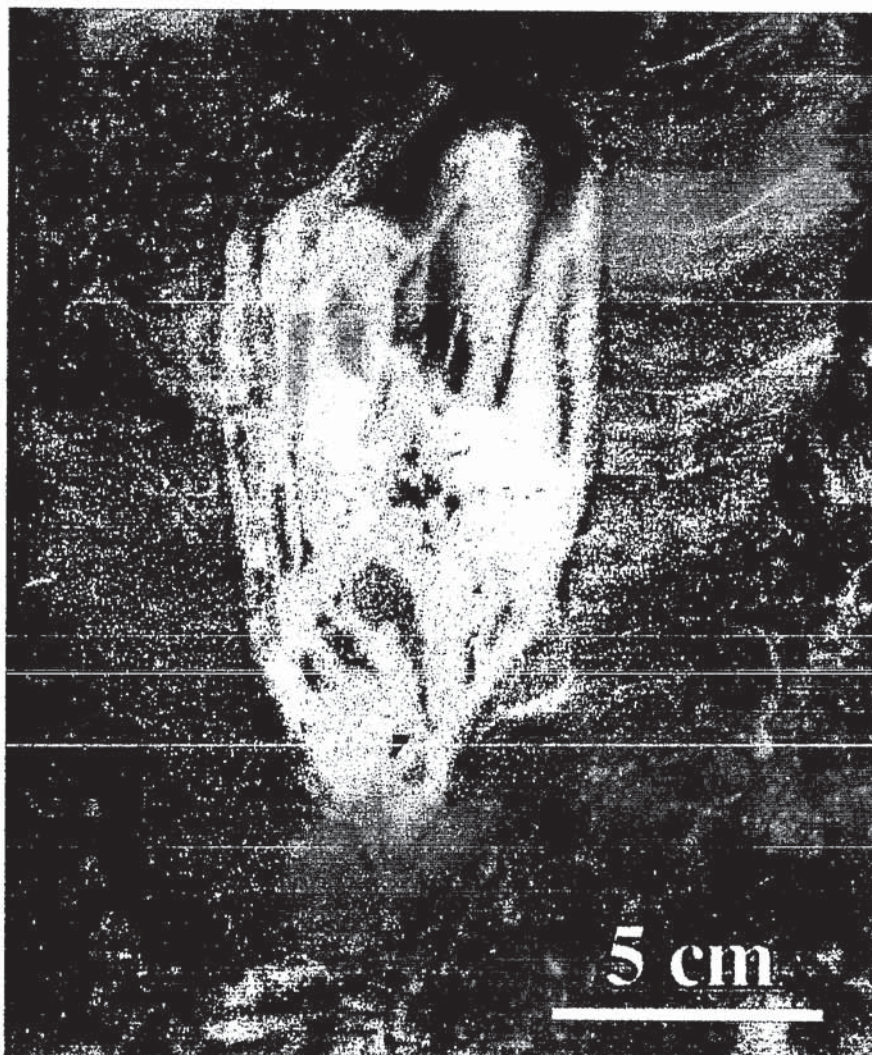


Fig.1.- Sección longitudinal de un radiolítido de las calizas rojas del Albiense-Cenomaniense del norte de Navarra («Rojo Baztán»).

Fig.1.- Longitudinal section of a radiolite shell in the Albian-Cenomanian red limestones of northern Navarra («Baztán Red»).

nal, aunque aún no está claro que su distribución estratigráfica alcanzara la importante extinción en masa que tuvo lugar hacia el límite Cretácico-Terciario (K-T). En la Cuenca Vasco-Cantábrica, proliferaron en las plataformas muchas veces abruptas del Cretácico inferior del Arco Vasco (Complejo Urgoniano) y en las más extensas y tectónicamente más tranquilas del Cretácico superior norcastellano. Se trata de bivalvos heterodontos, cuya concha presenta formas en ocasiones extremadamente complejas, lo que ha dado lugar a no pocas controversias sobre su clasificación; de hecho, algunas formas aún no están bien definidas desde el punto de vista taxonómico y existen dudas sobre su distribución estratigráfica (Steuber y Löser, 1996, 1998). La mayor parte de los estudios sobre rudistas publicados hasta ahora han abordado principalmente sus aspectos filogenéticos, paleoecológicos y paleogeográficos (Philip y Skelton, 1995; Aléncaster y Buitrón-Sánchez, 1996; Masse y Gallo-Maresca, 1997; Masse y Skelton, 1998; Philip, 1998; Floquet, 1998; Skelton

y Smith, 2000; Skelton, 2001), discutiéndose su papel como productores o constructores de sedimento carbonatado (Gili et al., 1995); estudiándose su respuesta ante los cambios del nivel del mar (Caranante et al., 1999); las pautas de distribución en el dominio del Tethys (Steuber y Löser, 2000); los modelos de crecimiento de sus comunidades (Skelton et al., 1995); la asociación y/o competencia con otros organismos comunitarios (Kauffman y Johnson, 1988; Scott et al., 1990; Schumann, 1995); y las pautas de desintegración de sus conchas (Sanders, 1999).

Pero la bibliografía más reciente sobre los rudistas incluye también otros estudios verdaderamente didácticos, entre los que se encuentra el texto «Rudists and Facies of the Periadriatic Domain», de Riccardo Cestari y Dario Sartorio (1995). En él, se documentan ampliamente aspectos de tanta importancia como los elementos que integran la morfología de las conchas derecha e izquierda (pp.18-19), los rasgos morfológicos definitorios de las distintas familias (pp.20-49), las

relaciones que pueden mantener las conchas con el sustrato en el que habitan, tanto conchas en posición de vida («in situ»), como volcadas por la acción de corrientes, o, incluso, fragmentadas por procesos de retrabajamiento del sedimento que les sirve de base (p.61); o el modo en que las conchas pueden asociarse mutuamente (p.54).

También Ross y Skelton (1993) hablan ampliamente de la posición de las conchas de los rudistas con relación al sustrato físico en que se instauran, y distinguen formas elevadoras, adheridas («clingers») y recumbentes (pp.74-76). Las primeras están relacionadas con zonas de elevada tasa de sedimentación, con lo que el organismo necesita desarrollarse fuertemente en la vertical al objeto de superar el posible soterramiento por el sedimento. De aquí que la velocidad de crecimiento de la concha de estos organismos pueda aportarnos claves de gran interés a la hora de estimar la tasa de sedimentación en su hábitat original. Los rudistas elevadores pueden asociarse en parejas o «bouquets» («ramilletes») de unos pocos individuos (como sucede con los ejemplares de *Radiolites* sp. de la sección de Gredilla de Sedano); en «clusters» de varias decenas de ellos; o bien sucederse en la vertical mediante la instauración de una generación de individuos sobre los esqueletos de otra generación anterior («thickets»). Muchos radiolíticos, hippuritidos y monopléuridos son rudistas elevadores.

Los rudistas «adheridos» probablemente fueron capaces de instalarse en fondos someros de muy diversa índole, sometidos a tasas variables de sedimentación, e incluso bajo la influencia de aportes de arena provocados por tempestades. De hecho, muchos de ellos presentan frecuentes intercalaciones de sedimento entre las láminas del perfil esclerocronológico. Otros pudieron progresar sobre sedimentos más o menos estables y sustratos duros, como «hardgrounds» u otras conchas preexistentes. Los requiñidos y algunos radiolíticos presentan formas «adheridas» características. Por último, los individuos recumbentes se asociaron preferentemente a zonas donde, más que acumularse, el sedimento era retrabajado y erosionado por corrientes; de aquí que estos rudistas disponían su concha sobre el sustrato ocupando la máxima superficie de proyección posible. Algunos caprinidos muy equivalvos, caprotinidos y radiolíticos de formas estrelladas fueron los principales representantes de este modo de vida. Así se comprende que el *Titanosarcolites giganteus*, con su forma de media luna de hasta metro y medio de diámetro, debía resultar difícilmente removilizable del sustrato en que habitaba.

Si observamos la evolución morfológica de las conchas de los rudistas a lo largo del lapso de tiempo en que vivieron, llama la atención que sólo las formas más evolucionadas (algunos radiolíticos y los hippuritidos) tienden a ser predominantemente elevadores, mientras que en el Jurásico terminal y el Cretácico inferior dominaron las formas adheridas y recumbentes (Cestari y Sartorio, 1995, pp.16-17). Uno no puede dejar de pensar en un cierto paralelismo con



Fig. 2.- *Bournonia* sp. Gredilla de Sedano (norte de Burgos). Escala en cm.

Fig. 2.- *Bournonia* sp. Gredilla de Sedano (northern Burgos). Each division is 1 cm.

la evolución de los homínidos hasta que se llegó al *Homo erectus*. Por último, no olvidemos que los rudistas son componentes fundamentales de varios tipos de calizas explotadas ornamentalmente, entre las que se encuentran las famosas calizas del Complejo Urgoniano de Ereño (Vizcaya) («Rojo Bilbao»), y las de Urdax (Albiense-Cenomaniense del norte de Navarra) («Rojo Baztán»), muy ricas en caprinidos y radiolítidos (Fig. 1).

2. Rudistas de la sección de Gredilla de Sedano

En la sección de Gredilla de Sedano (Campaniense superior - Maastrichtiense inferior, norte de Burgos) se encuentran diversas especies de rudistas pertenecientes a los géneros *Bournonia* (Fig. 2), *Radiolites* (Fig. 3), *Praeradiolites* e *Hippurites*. Floquet (1991, 1992, 1998a) los ha descrito exhaustivamente, en especial, algunas nuevas especies como *Praeradiolites ciryi* e *Hippurites quintanalomensis*. La unidad en que se encuentran es la Formación de Quintanaloma (Floquet, 1998b), compuesta por calizas, margas y margocalizas arenosas con estratificación marcadamente tabular, en cuya parte basal destacan algunos intervalos con megaestratificaciones cruzadas en bancos de hasta 9 metros de espesor, indicativas de

formas migratorias del lecho arenoso que «sepultaron» a algunas asociaciones de radiolítidos en posición de vida (Fig. 4). Además de los rudistas, pueden encontrarse ostreidos, equinodermos y diversos foraminíferos, como alveolínidos y lituólidos. Hacia la parte central de la sección, se observan restos de raíces «in situ» con un excelente grado de preservación. Como veremos más adelante, la existencia de materia orgánica vegetal es importante de cara a estimar el grado diagenético sufrido por los sedimentos de la unidad. Los rasgos de lito- y biofacies son indicativos de un ambiente marino somero litoral (con zonas de tipo manglar), en el que se instauraron «bouquets» y «clusters» de rudistas, algunos de los cuales sufrieron procesos de dismantelamiento por la acción de corrientes (Regidor-Higuera et al., 2002a). No es raro encontrar ejemplares de radiolítidos crecidos sobre los restos de otros previamente removilizados (Fig. 5).

3. Microestructura de la concha: crecimiento y período vital

La concha de los rudistas está estructurada en varias capas. La más interna («hipostracum»), de composición originalmente aragonítica, suele aparecer recristalizada a calcita baja en Mg (LMC), al igual que sucede con las tábulas internas que separan las diferentes cámaras de habitación del organismo durante su desarrollo ontogénico. La concha media («miostracum») está compuesta originalmente por LMC, mientras la concha externa («periostracum»), de calcita fibrosa, raramente se preserva (Cestari y Sartorio, 1995).

Sauveur Amico (1978) sentó las bases

para el cálculo de los períodos vitales de los radiolítidos. El examen en detalle de una sección longitudinal de su concha revela que la estructura celular (Fig. 6) viene delimitada por líneas de crecimiento subhorizontales («planchers») y tabiques subverticales («cloisons»). En éstos, pueden apreciarse pares de laminillas más finas clara/oscura en alternancia, que, por comparación con ritmos similares en bivalvos actuales, fueron interpretadas como ciclos día/noche («nyct-théméaux») (Masse y Philip, 1972; Amico, 1978). Cada espacio comprendido entre dos líneas de crecimiento consecutivas («doublet») contiene un número de pares comprendido entre 8 y 15, por lo que podría ser indicativo de un ciclo quincenal equivalente a un ciclo actual de mareas vivas. Así, cada dos «doublets» equivalen a un mes lunar, cuyo promedio de días en el Mesozoico debió ser en torno a 30 (House, 1995). Es habitual observar que, hacia la parte superior de los «doublets», las láminas oscuras de los microrritmos son progresivamente más gruesas que las claras, lo que denota una modificación en la pauta metabólica del organismo, que debe prepararse para segregar una nueva línea de crecimiento que aisle temporalmente la estructura celular del medio externo.

En cualquier caso, los contajes del período vital de los rudistas deben hacerse con extremo cuidado, y los resultados, ser interpretados con cautela. En efecto, desde los trabajos de Clark (1975), Evans (1975) y Whyte (1975), ya se constató que las mareas y las diferencias en la profundidad y turbidez de las aguas influyen en el crecimiento de la concha de los bivalvos, de modo que el desarrollo global del perfil esclerocronológico

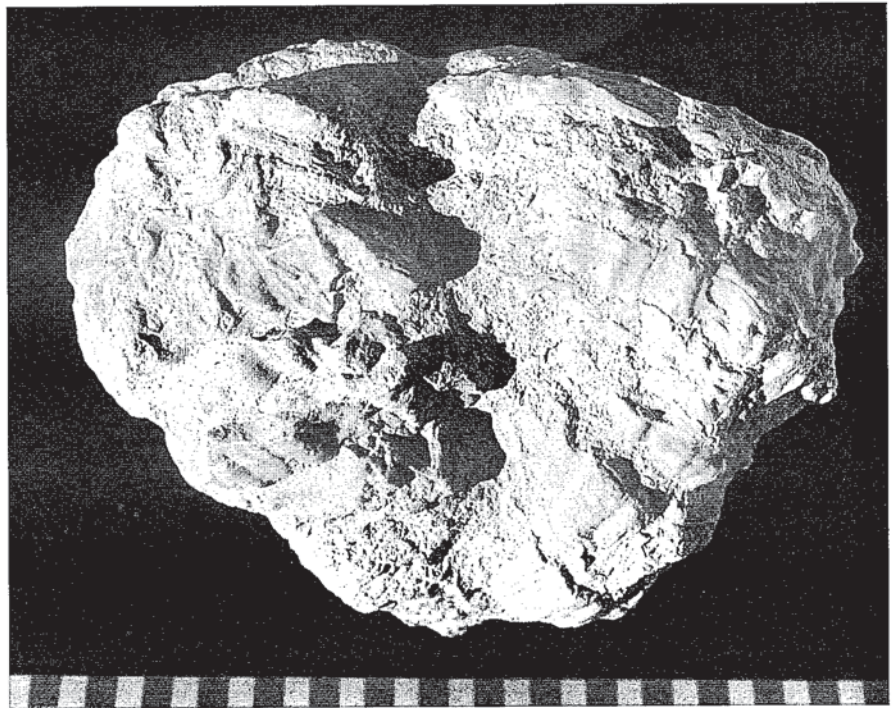


Fig. 3.- «Bouquet» compuesto por dos individuos de *Radiolites* sp. Gredilla de Sedano (norte de Burgos). Escala en cm.

Fig. 3.- «Bouquet» composed by a pair of individuals of *Radiolites* sp. Gredilla de Sedano (northern Burgos). Each division is 1 cm.

gico está lejos de ser el resultado de un simple recuento aritmético.

El desarrollo normal de la concha permite distinguir conjuntos de 18-24 «doublets» (megarritmos) separados por líneas de crecimiento más apretadas que tienden a condensarse dibujando zonas más oscuras. Esta condensación ha sido interpretada como resultado del crecimiento durante la estación invernal, que condiciona un menor desarrollo de la concha y una inhibición notoria en la producción de carbonato por el organismo. Por el contrario, los «doublets» estivales están mejor desarrollados, permitiendo así apreciar los microrritmos con mayor nitidez. Con todo esto, un megarritmo viene a representar un año de crecimiento, si bien no siempre se presenta completo en cuanto al número de «doublets»; y, además, en ocasiones, muestra condensaciones de líneas de crecimiento en su parte intermedia. Estas «irregularidades» podrían atribuirse a cambios ambientales (salinidad de las aguas) o bien a ciclos reproductores del organismo, momentos en los que la producción de carbonato podría quedar eventualmente limitada. También se pueden apreciar giros o truncaciones en las líneas de crecimiento, posiblemente condicionadas por variaciones en la energía de las aguas, que, ocasionalmente, erosionarían o bascularían la concha del organismo. Estos aspectos han podido ser constatados en diferentes especies de radiolítidos de la sección de Gredilla de Sedano (Regidor-Higuera et al., 2002b).

Lo que sí resulta obvio es que las partes externas de la concha poseen una microestructura compacta, y que el inicio del crecimiento de un individuo es igualmente compacto, quedando la microestructura celular restringida a las zonas internas, especialmente en aquellos momentos en los que el organismo necesite ganar volumen y/o altura con relativa rapidez. Como la producción de carbonato por unidad de tiempo no parece poder superar ciertos valores, el organismo necesita construir una estructura celular en los momentos de máximo crecimiento, bien por competitividad con otros individuos próximos, o bien por un incremento eventual en la tasa de sedimentación del

medio. En fin, algunos ejemplares de *Praeradiolites ciryi* muestran la microestructura celular sólo en determinados momentos, como en el período estival de máximo desarrollo, o para recuperar la vertical de crecimiento tras un fuerte repliegue de la concha (Regidor-Higuera et al., 2003b).

En los hipurítidos se hace más complicado el reconocimiento de los megarritmos, «doublets» y microrritmos, pero no es infrecuente encontrar líneas de crecimiento oscuras más marcadas indicativas de los límites invernales entre ciclos anuales, lo que permite deducir la organización de la concha a intervalos cronológicos menores. Es el caso de *Hippurites quintanalomensis*, cuya microestructura es prismática compacta, con las líneas de crecimiento bien marcadas (Regidor-Higuera et al., 2003b).

Partiendo de estas premisas, hemos calculado los períodos vitales de *Bournonia* sp. (entre 18 y 20 años), *Radiolites* sp. (15-24), *Praeradiolites ciryi* (9-13) e *Hippurites quintanalomensis* (hasta 20 años). Las velocidades de crecimiento oscilan entre 0.55 y 1.6 cm/año para *Bournonia* sp., 0.19 y 0.96 cm/año para *Radiolites* sp., y 0.3 y 0.79 cm/año para *Hippurites quintanalomensis*. Algunas formas como *Praeradiolites ciryi*, fuertemente polimórficas como apunta Floquet (1998a), muestran variaciones significativas en la tasa anual de crecimiento, pues las fuertes inflexiones del eje de la concha y el ritmo muy variable de producción de la estructura celular hacen que dicha velocidad oscile entre 0.13 y 1.48 cm/año (Regidor-Higuera et al., 2002c, 2003b).

4. Geoquímica de la concha: herencia vital vs alteración diagenética

El estudio geoquímico de macrofósiles diagenéticamente inalterados es una poderosa herramienta de trabajo en la caracterización paleoambiental (Brand, 1986; Whittaker et al., 1987; Morrison y Brand, 1988). Sin embargo, es difícil encontrar esqueletos de macrofósiles que no hayan experimentado una alteración diagenética que, en mayor o menor grado, haya modificado sus señales geoquímicas originales. Por ello,

existe un consenso general a la hora de admitir que la geoquímica final de un esqueleto es el resultado de tres factores: a) los parámetros físico-químicos del ambiente en que el organismo vivió; b) el control estrictamente biológico sobre el crecimiento del esqueleto; y c) la posterior alteración diagenética sufrida por las partes duras del organismo (Dodd y Stanton, 1981).

La complejidad microestructural y composicional de las conchas de los rudistas condiciona una gran variedad de procesos diagenéticos, que ya se manifiestan texturalmente desde las etapas post-sedimentarias más tempranas. En efecto, partiendo de una concha-tipo con una capa externa de calcita, una capa interna aragonítica y tabiques internos igualmente aragoníticos (Kennedy y Taylor, 1968; Skelton, 1974), son esperables procesos diagenéticos relativamente tempranos en los cuales el aragonito se neomorfice a calcita y la porosidad intraparticular se preserve o quede ocluida por la decantación de sedimento. Además, el aragonito puede lixiviarse aumentando la porosidad intraparticular, que, posteriormente, es susceptible de rellenarse o no de sedimento. También es habitual la precipitación de cementos más tardíos en la porosidad remanente, o bien la disolución de la calcita neomórfica con preservación de los moldes interno y externo de la concha (porosidad biomórfica). En los radiolítidos de la Formación de Quintanaloma es habitual observar procesos de cementación en las celdillas de la estructura «honeycomb», tanto en forma de cementos tempranos de tipo «dog-tooth», como más tardíos de calcita «blocky».

Estas modificaciones de carácter textural y mineralógico van normalmente acompañadas de alteraciones geoquímicas que pueden llegar a ser muy significativas, de manera que, si nos crean problemas de cara a extraer conclusiones paleoambientales, en cambio, nos dan una información muy valiosa sobre la historia post-vital de estos caparzones. En efecto, el «hipostracum» aragonítico suele convertirse a calcita baja en Mg (LMC); en cambio, el «miostracum», en general, es más estable ante la diagénesis



Fig.4.- «Cluster» de radiolítidos. Gredilla de Sedano (norte de Burgos). El tapón de la cámara mide 6 cm de diámetro.

Fig.4.- Radiolítid «cluster». Gredilla de Sedano (northern Burgos). Lens cap for scale is 6 cm in diameter.

porque ya consta inicialmente de LMC fibroso-prismática; además, su mayor tamaño y espesor lo hacen idóneo para los análisis geoquímicos de detalle, lo que posibilita correlacionar los datos geoquímicos con el perfil esclerocronológico global. Así, pueden ser detectables las variaciones cíclicas derivadas de los cambios estacionales en las paleotemperaturas y paleosalinidades, de los incrementos o disminuciones de la velocidad de crecimiento de las conchas, de los períodos reproductores, o de los cambios en la energía de las aguas del medio (Steuber, 1996, 1999; Schumann, 1995). En todo caso, los estudios sobre la diagénesis de las conchas y sus variaciones geoquímicas como indicadores de cuánto ha progresado la alteración diagenética sobre la composición original son aún hoy día relativamente escasos (Al-aasm y Veizer, 1986a,b; Steuber, 1998; Regidor-Higuera et al., 2002a, 2003a).

La catodoluminiscencia aplicada a las partes esqueléticas de los rudistas permite ver que las zonas más oscuras de la concha, es decir, las más ricas en materia orgánica, son luminiscentes frente a las más claras, que no muestran luminiscencia. Este hecho, que también ha sido constatado en otros bivalvos de la Cuenca Vasco-Cantábrica, como los inocerámidos, está en relación con la descomposición proteica de la materia orgánica, que genera una porosidad favorable para la circulación de fluidos diagenéticos (Elorza y García-Garmilla, 1996, 1998; Gómez-Alday et al., 1999, 2001; Gómez-Alday y Elorza, 2001; Jiménez-Berrocó et al., 2001; Jiménez-Berrocó et al., 2003a,b). La observación de conchas de bivalvos actuales mediante catodoluminiscencia revela que tienen un comportamiento no luminiscente; de aquí que la diagénesis debe ser responsable de la introducción en la concha de elementos activadores de la luminiscencia, como el Mn. En efecto, si analizamos un «doublet» de *Bournonia* sp. constatamos que, de la parte inferior a la superior, se produce un incremento en las laminillas oscuras, con el consiguiente aumento de la luminiscencia, un aumento de la relación Mn/Ca y una disminución de la relación Sr/Ca, hechos todos ellos indicativos de una alteración diagenética, eso sí, condicionada por la composición original de la concha (Fig. 7).

Además, la catodoluminiscencia nos puede informar también sobre el grado de homogeneización diagenética, en el sentido de que, si la luminiscencia se superpone a las microestructuras de la concha transgrediendo sus límites, es muy probable que la composición original se haya perdido en gran medida; en cambio, si la luminiscencia se distribuye respetando dichas microestructuras, cabe pensar que la migración de fluidos diagenéticos no ha debido ser tan agresiva. Los rudistas de la sección de Gredilla de Sedano muestran un comportamiento luminiscente afín a este segundo caso. En efecto, los perfiles geoquímicos son característicos en forma de «crestas» y «valles», lo que sugiere que la composición geoquímica actual muestra aún una cierta dependencia de lo que fue en su día el efecto vital del organismo. No obstante, la presencia de



Fig.5.- Dos ejemplares de *Radiolites* sp., uno crecido sobre otro. Gredilla de Sedano (norte de Burgos). Escala en cm.

Fig.5.- Two individuals of *Radiolites* sp. The upper grew upon the lower. Gredilla de Sedano (northern Burgos). Each division is 1 cm.

cementos en las cavidades de la estructura celular de los radiolítidos es un inconveniente a la hora de extraer datos geoquímicos fiables, salvo que se practiquen análisis puntuales. En zonas compactas libres de cementación, así como en los tabiques, los resultados son más fiables, de manera que pueden intentarse correlaciones laterales y verticales de los valores geoquímicos obtenidos (Regidor-Higuera et al., 2002d, 2003a).

El bajo grado diagenético que afectó a los sedimentos de la Formación de Quintanaroma queda igualmente puesto de manifiesto por las asociaciones de macerales pre-

sentes en la materia orgánica conservada (fundamentalmente raíces en posición de vida). Sus valores de reflectancia y su tipología (humotelinita, humocolinita y resinita) llevan a pensar que la materia orgánica es inmadura y se sitúa en el rango de lignito a lignito/carbón sub-bituminoso (Suárez-Ruiz et al., 2002). Con ello, ésta referencia de bajo grado diagenético podría ser contrastada en un futuro próximo con conchas de rudistas de otros sectores de la Cuenca Vasco-Cantábrica en los cuales los sedimentos hayan estado sometidos a una subsidencia mayor, y, por tanto, con posibilidades de mayor intensidad diagenética, como po-

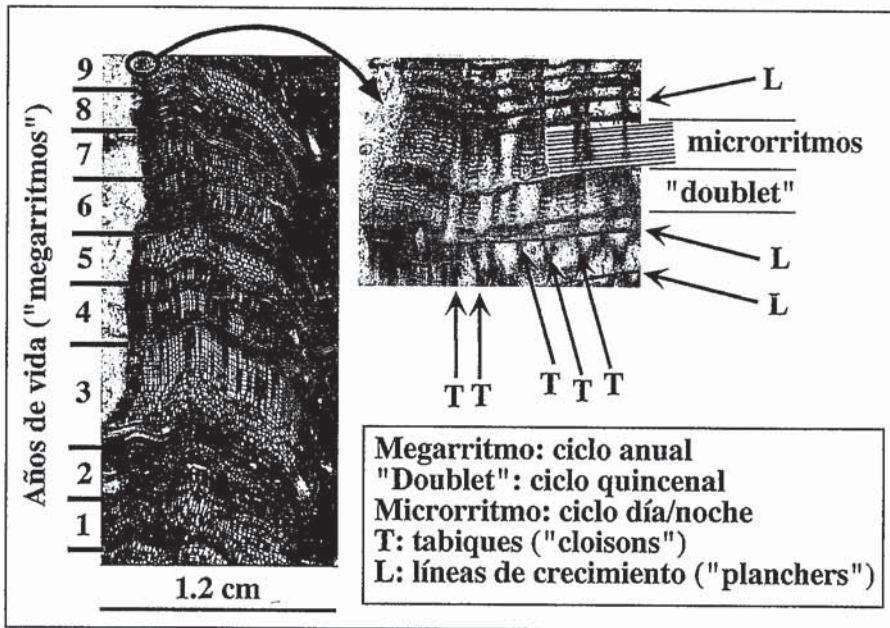


Fig.6.- Microestructura de la concha en *Bournonia* sp., con indicación de los megarritmos, «doublets» y microrritmos.

Fig.6.- *Bournonia* sp. shell microstructure, showing the megarrhythms, «doublets» and microrhythms.

drían ser los requiénidos, caprotínidos y monopléuridos del Complejo Urgoniano del Arco Vasco (anticlinorio de Bilbao).

5. Futuro y aplicaciones prácticas

Dentro del debate sobre el papel que debe desempeñar la Universidad con relación a si el grueso de la investigación debe ser de carácter fundamental (con rentabilidad, si procede, a largo plazo) o aplicado (de rendimientos en el corto/medio plazo), una línea de trabajo como ésta debe someterse igualmente a la autocrítica, aunque, personalmente, creo que la Universidad en España está hoy día en condiciones más que sobradas para participar de ambas filosofías, tanto en lo referente a infraestructura tecnológica como, lo que es más importante, cualificación de sus profesionales en general.

En esta línea de pensamiento, la extensión de la investigación a otros grupos de rudistas, con las mismas premisas de partida en cuanto a tecnologías y objetivos, parece un paso obligado, y, evidentemente, un objetivo de carácter fundamental. La diagénesis en cuencas distintas puede reflejar diferencias tanto cualitativas como cuantitativas. Además, muchos procesos diagenéticos son específicos de una ubicación concreta en la cuenca, como sucede con la dolomitización o la silicificación. También la posición estratigráfica juega un papel importante. Floquet (1991) describe formas de *Biradiolites* gr. *angulosus* de pequeño tamaño situadas muy próximas a una importante regresión, con procesos dolomíticos asociados en la parte superior de la Formación de Valdenoceda, en la Sierra de La Tesla (Maastrichtense inferior del norte de Burgos). La diagénesis, especialmente en forma de cementos que rellenan la porosidad intraparti-

cular, afectó a conchas de hipurítidos de más de 20 cm. de longitud, en las cuales se han preservado notablemente las tábulas separadoras de las cámaras de habitación (Fig.8). El conteo de dichas tábulas, que permite estimar períodos vitales del orden de 50 años y velocidades de crecimiento entre 1 y 3.8 mm/año, así como el análisis detallado de

los perfiles esclerocronológicos de estos ejemplares constituyen un objetivo muy atractivo para el trabajo de Tesis Doctoral de Iván Regidor-Higuera, actualmente en curso.

La extensión de la investigación a otros grupos fósiles emparentados con los rudistas es un objetivo que puede tener importantes implicaciones económicas. En la actualidad, nuestro doctorando Rubén Higuera está centrado, entre otros aspectos, en el estudio de las conchas de ostreidos actuales, tanto sanos como afectados por contaminantes diversos, como el TBT, que provoca sustanciales modificaciones en la forma y microestructura de las conchas. En efecto, los ostreidos afectados por esta sustancia muestran importantes abombamientos en la forma general de la valvas, así como aperturas de espacios huecos longitudinales entre las líneas de crecimiento, generándose una importante «esponjización» de la concha. Los protocolos analíticos diseñados para las conchas de radiolítidos, cuya porosidad interna es un rasgo fisiológico y natural, pueden ser aplicables de manera muy similar a éstos casos patológicos de ostreidos (Fig.9).

En fin, es casi seguro que los rudistas nunca llegarán a ser comercialmente tan famosos como los dinosaurios, pero la forma cónica de algunas de sus conchas induce a ciertas tentaciones publicitarias en el vasto mundo de la heladería. Puede que, en un futuro próximo, nadie se sorprenda cuando alguien pida un «Bournonia» de frambuesa o un «Praeradiolites» de «tutti-frutti».

Referencias

Al-aasm, I.S. & Veizer, J., 1986a. *Journal of Sedimentary Petrology*, 56 (1), 138-152.

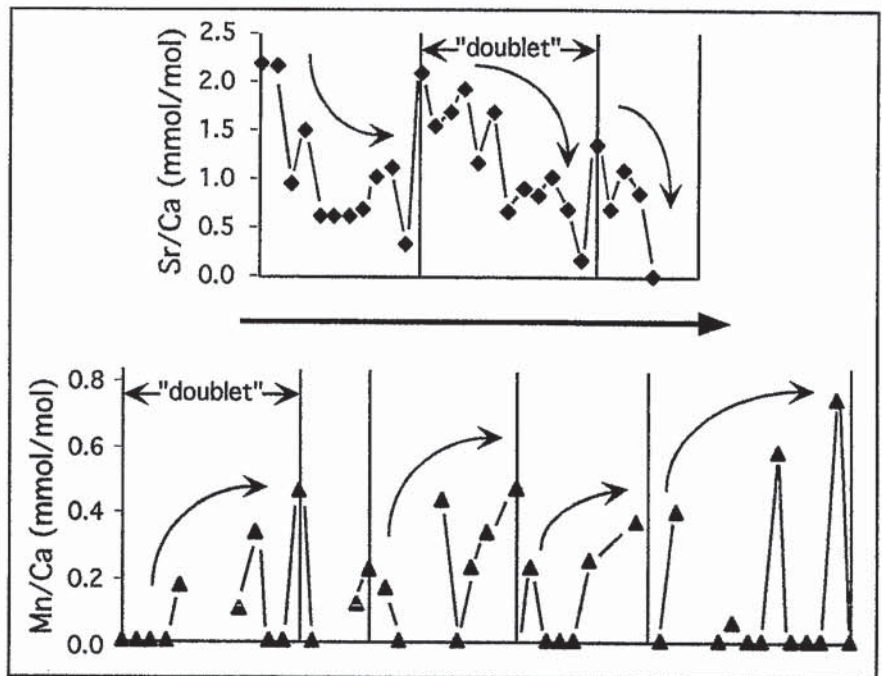


Fig.7.- Evolución de las relaciones Sr/Ca y Mn/Ca expresadas en mmol/mol a lo largo de varios «doublets» en *Bournonia* sp. La flecha horizontal indica el sentido de crecimiento de la concha.

Fig.7.- Evolution of the Sr/Ca and Mn/Ca ratios in mmol/mol along several «doublets» in *Bournonia* sp. The horizontal arrow marks the growth direction of the shell.

- Al-aasm, I.S. & Veizer, J., 1986b. *Journal of Sedimentary Petrology*, 56 (6), 763-770.
- Aléncaster, G. & Buitrón-Sánchez, B.E. (eds), 1996. *Rev. Mexican. Ciencias Geológicas*, 12 (2), 117-316.
- Amico, S., 1978. *Travaux Lab. Géol. Historique et de Paléont. Univ. de Provence*, 131 pp., 14 fig., 11 tabl., 31 pl. Marseille.
- Brand, U., 1986. *Journal of Paleontology*, 60, 293-301.
- Carannante, G.; Graziano, R.; Pappone, G.; Ruberti, D., Simone, C. & Simone, L., 1999. *Facies*, 40, 1-24.
- Cestari, R. & Sartorio, D., 1995. *Rudists and Facies of the Periadriatic Domain*. Agip S.p.A., S. Donato Milanese, 207 pp.
- Clark, G.R., 1975. Periodic growth and biological rhythms in experimentally grown bivalves, In: G.D. Rosenberg & S.K. Runcorn (eds): «*Growth Rhythms and The History of the Earth Rotation*», London, 703-717.
- Dechaseaux, C., 1952. Rudistae, in: Jean Piveteau (dir.) «*Traité de Paléontologie*», II: 323-364. Masson et Cie Éditeurs. Paris.
- Dodd, J.R. & Stanton, R.J., 1981. *Palaeoecology. Concepts and Applications*. Wiley. Chichester, 559 pp.
- Douvillé, H., 1935. *Bull. Soc. Géol. France* (5), t.V. Paris.
- Elorza, J. & García-Garmilla, F., 1996. *Cretaceous Research*, 17, 479-503.
- Elorza, J. & García-Garmilla, F., 1998. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 141, 303-328.
- Evans, J.W., 1975. In: G.D. Rosenberg & S.K. Runcorn (eds): «*Growth Rhythms and The History of the Earth Rotation*», London, 119-135.
- Floquet, M., 1991. *Mem. Géol. Univ. Dijon*, 14 (2 vols.), 925 pp.
- Floquet, M., 1992. Field-Trip Guide Book. International Symposium Sequence Stratigraphy of Mesozoic-Cenozoic European Basins. Dijon, France, 130 pp.
- Floquet, M., 1998a. *Geobios*, 22, 111-123.
- Floquet, M., 1998b. *S.E.P.M. Spec. Publ.* 60, 343-361.
- Gili, E.; Skelton, P.W.; Vicens, E. & Obrador, A., 1995. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 119, 127-136.
- Gómez-Alday, J.J. y Elorza, J., 2001. *Geogaceta*, 30, 167-170.
- Gómez-Alday, J.J.; García-Garmilla, F. y Elorza, J., 1999. *Geogaceta*, 25, 91-94.
- Gómez-Alday, J.J.; Ortega, L.; Menéndez, M. y Elorza, J., 2001. *Geogaceta*, 30, 163-166.
- Gómez-Tejedor, J., 1970. Guernica. Geología y fisiografía de su comarca, in «*Tres Estudios sobre Guernica y su Comarca*», Excma. Diputación Provincial de Vizcaya, 9-63.
- House, M.R., 1995. In: House, M.R. & Gale, A.S. (eds) «*Orbital Forcing Timescales and Cyclostratigraphy*», *Geol. Soc. Spec. Publ.* 85, 1-18.
- Jiménez-Berrocó, A.; Pascual, A. y Elorza, J., 2001. *Geogaceta*, 30, 155-158.
- Jiménez-Berrocó, M.C.; Zuluaga, M.C. y Elorza, J., 2003a. *Geogaceta*, 34, 143-146.



Fig.8.- Hipuritidos en la Formación de Valdenoceda (Maastrichtiense inferior, Sierra de La Tesla, norte de Burgos).

Fig.8.- Hippuritids in the Valdenoceda Formation (Lower Maastrichtian, La Tesla Mountains, northern Burgos).

- Jiménez-Berrocó, M.C.; Zuluaga, M.C. y Elorza, J., 2003b. *Geogaceta*, 34, 147-150.
- Kauffman, E.G. & Johnson, C.C., 1988. *Palaios*, 3, 194-216.
- Kennedy, W.J. & Taylor, J.D., 1968. *Proc. Geol. Soc. London*, 645, 323-331.

- Lamarck, J.B., 1815-1822. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. 2e édition. Paris.
- Masse, J.-P. & Gallo-Maresca, M., 1997. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 128, 101-110.
- Masse, J.-P. & Philip, J., 1972. *C. R. Acad.*

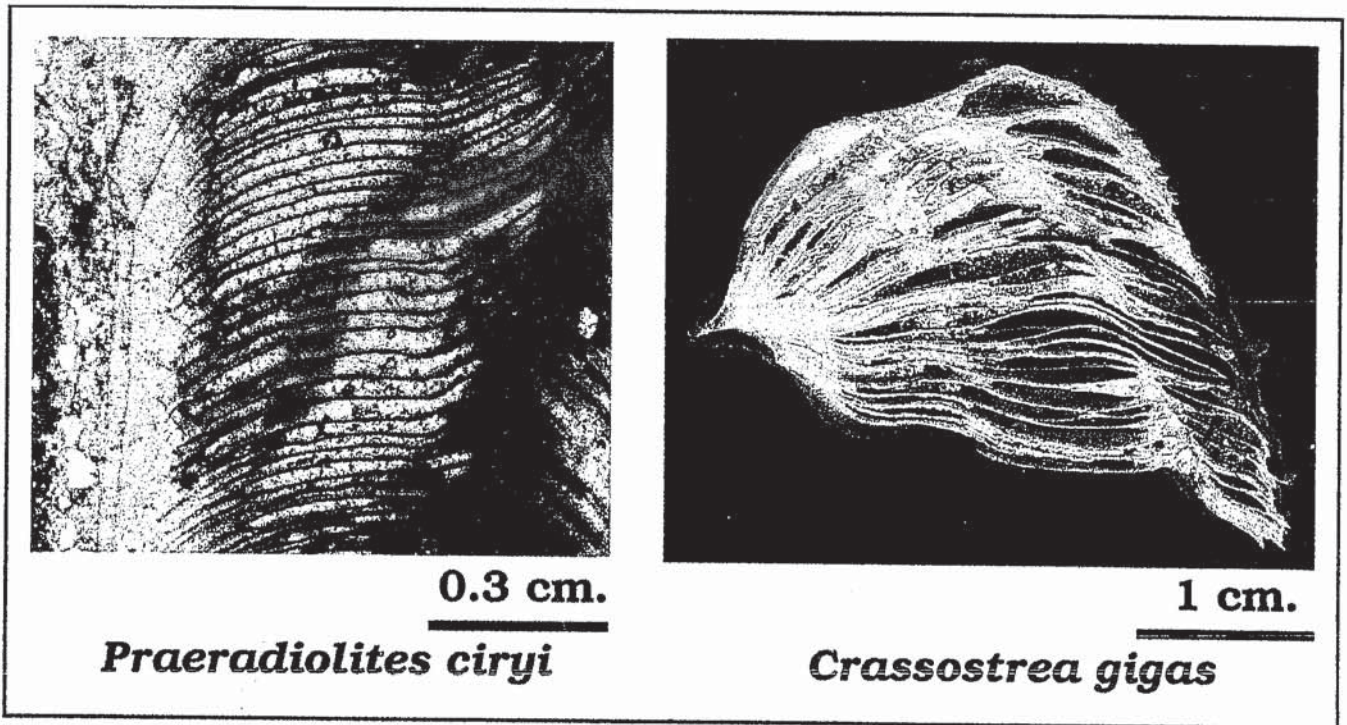


Fig.9.- Comparación de microestructuras entre la concha de un rudista (izquierda) y la de un ostreido actual afectado por TBT (derecha).

Fig.9.- Microstructural comparison between a rudist shell (left) and that of an actual oyster affected by TBT (right).

Sc. Paris, 274: 3202-3205.

Masse, J.-P. & Skelton, P.W. (eds), 1998. IV Congreso Internacional sobre los Rudistas, Lyon. *Geobios, Mém. Spec.* 22, 427 pp.

Morrison, J.O. & Brand, U., 1988. *Chemical Geology* (Isotope Geoscience Section), 72, 235-248.

Philip, J., 1998. *Bull. Soc. Géol. France*, 169, 689-708.

Philip, J. y Skelton, P.W. (eds), 1995. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 119, 1-199.

Regidor-Higuera, I.; García-Garmilla, F. y Elorza, J., 2002a. *Geogaceta*, 32, 291-294.

Regidor-Higuera, I.; García-Garmilla, F. y Elorza, J., 2002b. *Geogaceta*, 32, 295-298.

Regidor-Higuera, I.; García-Garmilla, F. y Elorza, J., 2002c. *Geogaceta*, 32, 299-302.

Regidor-Higuera, I.; García-Garmilla, F. and Elorza, J., 2002d. *Abstracts Book* (edited by Igor Vlahovic & Tvrtko Korbar, Zagreb), 61-63.

Regidor-Higuera, I.; García-Garmilla, F.; Zuluaga, M.C. y Elorza, J., 2003a. *Geogaceta*, 34, 183-186.

Regidor-Higuera, I.; García-Garmilla, F.; Zuluaga, M.C. y Elorza, J., 2003b. *Geogaceta*, 34, 187-190.

Ross, D.J. & Skelton, P.W., 1993. In: V.P. Wright (ed): *"Sedimentology Review / 1"*, Blackwell Scientific Publications, p.73-91.

Sanders, D., 1999. *Lethaia*, 32, 101-112.

Schumann, D., 1995. *Facies*, 32, 189-202.

Scott, R.W.; Fernández-Mendiola, P.A.; Gili, E. & Simo, A., 1990. *Palaaios*, 5, 98-110.

Skelton, P.W., 1974. *Géol. Méditerranéenne*, 1, 1:2, 63-74.

Skelton, P.W., 2001. *Géol. Méditerranéenne*, 28, 1:2, 169-171.

Skelton, P.W.; Gili, E.; Vicens, E. & Obrador, A., 1995. In: J. Philip and P.W. Skelton (eds): *"Palaeoenvironmental Models for the Benthic Associations of Cretaceous Carbonate Platforms in the Tethyan Realm"*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 107-126.

Skelton, P.W. & Smith, A.B., 2000. In: E.M. Harper; J.D. Taylor & J.A. Crame (eds): *"The Evolutionary Biology of the Bivalvia"*. *Geol. Soc. London Spec. Publ.* 177, 97-127.

Steuber, T., *Geology*, 24, 315-318.

Steuber, T., 1998. *Terra Nostra* 98 (3): V353-V354.

Steuber, T., 1999. *International Journal of Earth Sciences*, 88, 551-570.

Steuber, T. & Löser, H., 1996. *Neue Paläontol. Abh.* 1, 1-123.

Steuber, T. & Löser, H., 1998. *Coral Research Bulletin*, 6, 147-182.

Steuber, T. & Löser, H., 2000. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 162, 75-104.

Suárez-Ruiz, I.; Regidor-Higuera, I.; Zuluaga, M.C. y García-Garmilla, F., 2002. *Geogaceta*, 32, 303-306.

Whittaker, S.G.; Kyser, T.K. & Caldwell, W.G.E., 1987. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 24, 967-984.

Whyte, M.A., 1975. Time, tide and the cockle. In: G.D. Rosenberg & S.K. Runcorn (eds): *"Growth Rhythms and The History of the Earth Rotation"*, London, 177-189.