

# Catodoluminiscencia y diagénesis en conchas de rudistas (Bivalvia) del Cretácico Superior de Gredilla de Sedano (Norte de Burgos, España)

*Cathodoluminescence and diagenesis in 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

The Quintanaloma Fm (Campanian-Maastrichtian) was deposited in a shallow marine environment and contains a lot of rudist shells (Hippuritidae and Radiolitidae), some of them in life position. From a diagenetic point of view, the Radiolitidae seem to be the more interesting, because their cellular microstructure («honeycomb») is propitious for cement precipitation and mineral authigenesis. Taking into consideration that a pristine composition of the bivalve shells implies the lack of activators such as Mn<sup>++</sup>, the presence of luminescence in shells can be explained in terms of organic matter diagenetic alteration. Cathodoluminescence (CL) demonstrates that the more obscure and organic-rich a part of the shell, the more luminescent is. Luminescence in radiolitid shells is more evident just in the transition from the upper part of the walls to the base of the subsequent growth line. This could be explained as a result of a vital effect, when the organism needs to reinforce the epitelial mantle, or increase the secretion of extra-paleal liquids. The diagenetic alteration degree was not enough to homogenize the luminescence of the whole shell. From microscopic observations, diagenesis in radiolitid shells develops at two levels: 1) cement precipitation (intense-red dolomite rhombs; well-zoned A cements, some of them «dogtooth»-type; and blotchy/irregularly-zoned blocky calcite B cement); and 2) two phases of recrystallization, which sharply and indiscriminately eliminate the luminescence of both shells and previous cements.

**Key words:** Rudists, Upper cretaceons, cathodoluminescence, diagenesis

*Geogaceta*, 32 (2002), 291-294  
ISSN:0213683X

## Introducción

La Formación de Quintanaloma (Campaniense sup.-Maastrichtiense inf.) tiene en la sección de Gredilla de Sedano (Burgos, Fig. 1) un espesor de 57 m., y se compone de limolitas carbonatadas con restos de rudistas (hipurítidos y radiolítidos), algunos de ellos en posición de vida, y lutitas negras con fragmentos de troncos y raíces. Se intercalan en la serie 11 niveles bioclásticos gruesos con rudistas, fragmentos de ostreoides, equinodermos, briozoos, corales y foraminíferos textuláridos, miliólidos, alveolínidos y rotálidos. La unidad debió depositarse en un ambiente de plataforma terrígena somera en la que se instauraron «parches» aislados de rudistas de poco desarrollo lateral y vertical, con eventuales rellenos bioclásticos en las depresiones topográficas en forma de «stormbeds» (Fig. 2).

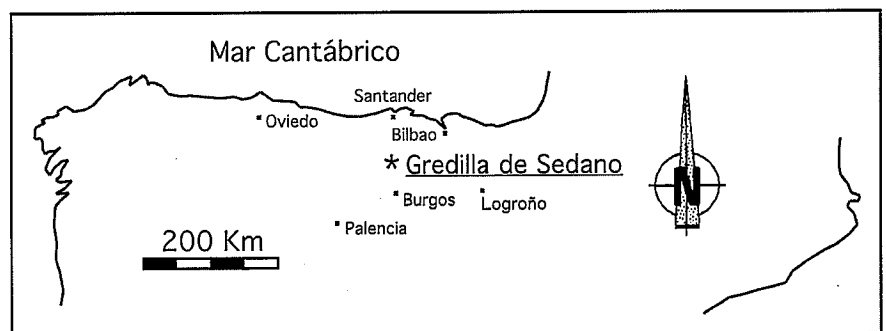


Fig. 1.- Situación geográfica de la sección estudiada.

Fig. 1.- Geographic location of the studied section.

A diferencia de sus aspectos bioestratigráficos, los estudios sobre la diagénesis de las conchas de rudistas y sus variaciones geoquímicas como indicadores de cuánto ha progresado la alteración diagenética sobre la composición original de la concha son comparativamente escasos (Al-aasm y Veizer, 1986 a, b; Steuber,

1998). De especial interés son los que relacionan la velocidad de crecimiento de la concha y las variaciones geoquímicas e isotópicas intra-concha con factores ambientales y estacionales (Steuber, 1996, 1999), que resultan vitales a la hora de dilucidar la evolución paleoecológica y paleogeográfica de una cuenca sedimen-

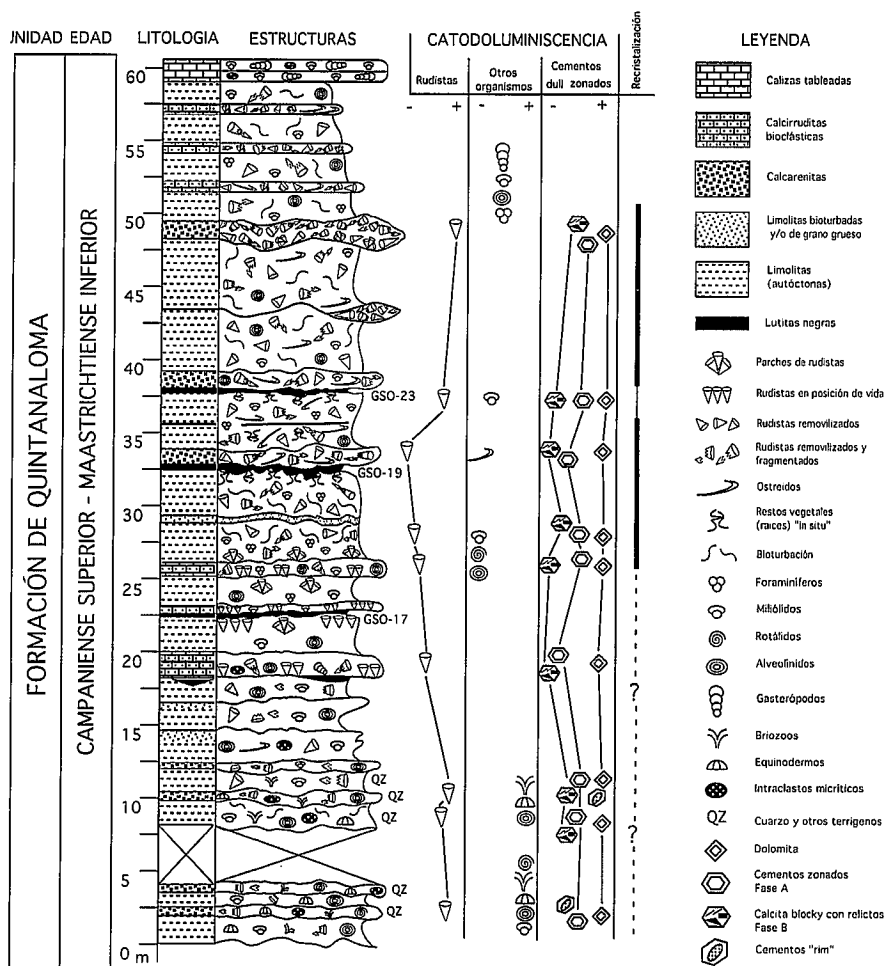


Fig.2.- Columna estratigráfica de la Fm. de Quintanaloма en Gredilla de Sedano.

Fig.2.- Stratigraphic section of the Quintanaloма Fm. at Gredilla de Sedano outcrop.

taria. Un aliciente que se añade a nuestro estudio es que se trata de los últimos rudistas presentes en el registro fósil, por lo que los resultados obtenidos podrán aportar más datos a la hora de estudiar globalmente las posibles causas de su extinción.

**Metodología**

Se han estudiado 46 láminas delgadas de muestras tomadas en la sección de Gredilla de Sedano, de las cuales 13 fueron teñidas con Alizarina Roja para discriminar entre calcita y dolomita. Se dejaron sin cubrir 20 muestras para su observación en CL. El equipo utilizado fue un Technosyn Cold Cathode Luminescence 8200MK II, con el que se trabajó a un potencial de 15-20 kV a 0.5-0.6 mA, con un diámetro de radiación de 5 mm. Se han empleado dos microscopios Olympus BH-2, uno de ellos con dispositivo para observaciones con luz reflejada.

**Catodoluminiscencia y discusión de los resultados**

Se ha analizado con CL la distribución y las variaciones de la luminiscencia en las secciones de los rudistas. Se asume que las conchas inalteradas por la diagénesis son, en general, no luminiscentes, dada la ausencia de activadores como el Mn<sup>++</sup> en su composición pristina (Grossman *et al.*, 1996). La luminiscencia suele incrementarse en aquellas zonas en que se ha favorecido la circulación de fluidos diagenéticos y/o reemplazado parte de la materia orgánica de las mismas. Tales hechos explican por qué la luminiscencia en conchas de bivalvos suele ser mayor en las partes más alteradas por la diagénesis (Elorza y García-Garmilla, 1996, 1998).

El primer factor que controla la alteración diagenética es la propia microestructura interna de los rudistas. Los radiolítidos poseen una concha constituida mayoritariamente por líneas de crecimiento y tabiques que separan los espa-

cios en celdillas huecas («honeycomb»), propicias para la precipitación de cementos tempranos de dolomita microcristalina luminiscente roja, cementos de calcita con luminiscencia zonada, framboides de piritita originados por reducción de la materia orgánica original y cementos de calcita «blocky» baja en Mg de carácter «dull». También puede aparecer goethita como una fase tardía de alteración. En cambio, los hipurítidos muestran una estructura prismática compacta que dificulta el acceso de los fluidos diagenéticos. Tanto en radiolítidos como hipurítidos, las vías de progresión de la diagénesis están relacionadas con las líneas de crecimiento.

Las observaciones con CL han permitido dilucidar microestructuras de la concha, tales como tabiques separadores de celdillas no visibles en observación microscópica convencional debido al crecimiento y desarrollo de los cementos a partir de las paredes de las celdillas, que pueden llegar a difuminar e incluso obliterar algunas estructuras, así como a procesos de recrystalización posteriores (Figs. 3a, b). Generalmente los tabiques, constituidos por láminas de acreción convexas hacia arriba, carecen de luminiscencia en la base, para incrementarla con colores rojos hacia sus extremos superiores, lo que denotaría una polaridad composicional original del organismo. La base de la línea de crecimiento que recubre los tabiques es igualmente luminiscente roja. Esta señal es interpretable como resultado del propio ciclo vital del organismo, y coincide con el momento de cerrar una capa de celdillas, justo cuando la secreción de fluidos orgánicos debió ser máxima.

La recrystalización a calcita prismática en cristales agrandados paralelamente a los prismas originales de la concha borra las señales luminiscentes previas, tanto de cementos como de microestructuras orgánicas, por lo que suponemos que la recrystalización ha implicado, al menos, una lixiviación de cationes como el Mn<sup>++</sup> y una posterior entrada de Fe<sup>++</sup> inhibitor (Figs.3c, d). En ocasiones, una segunda recrystalización en cristales poikilótópicos con extinción ondulante se superpone a las fases anteriores. El hipostracum aragonítico interno da lugar a dos texturas diagenéticas: 1) recrystalizado a calcita «blocky» generalmente «dull», aunque con luminiscencias rojizas sectoriales complejas, a veces superpuestas; y 2) disuelto móldicamente, permitiendo que en el vacío generado precipiten las fases de cemento más características: una fase A, posiblemente vadosa, en cristales

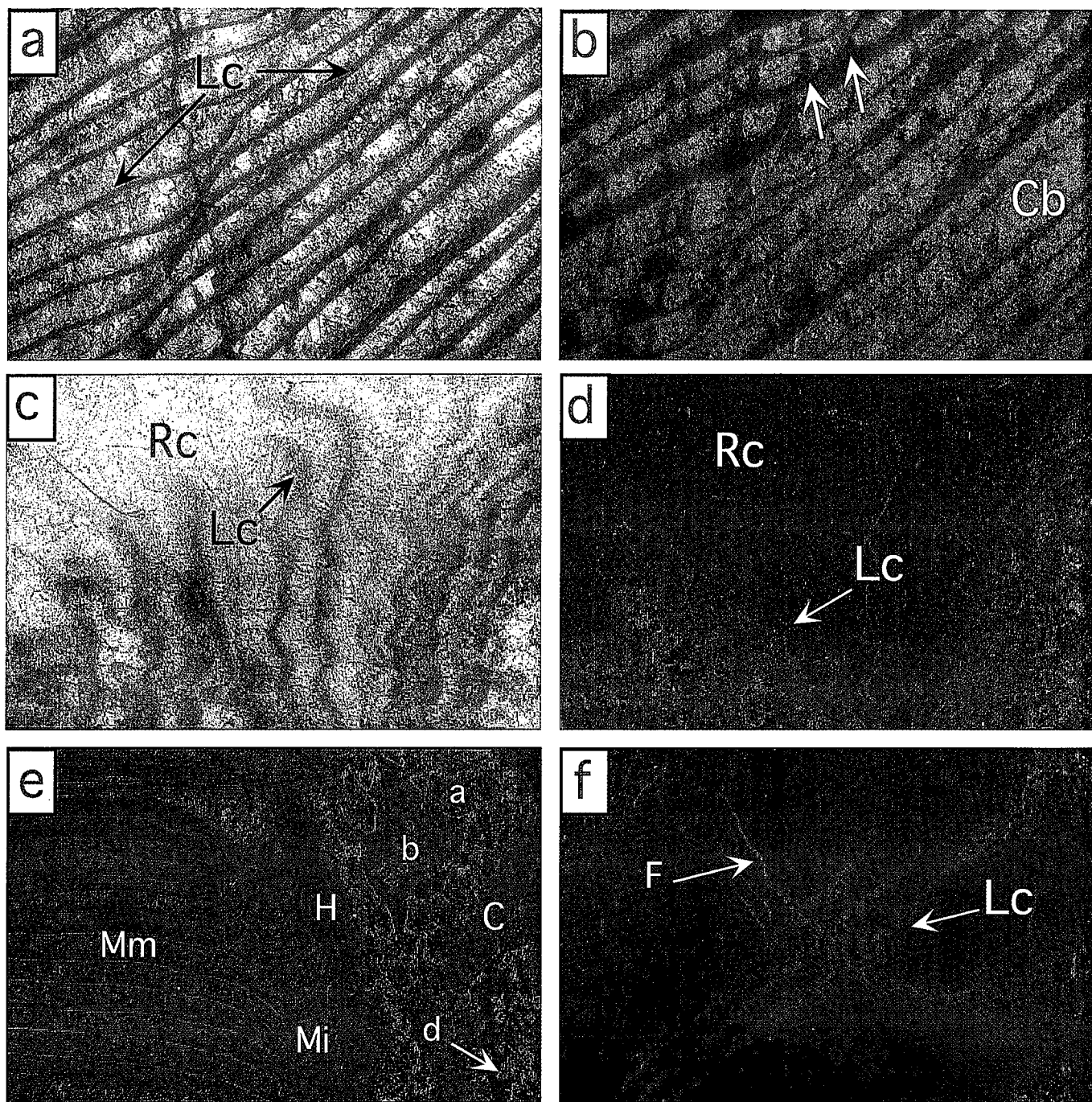


Fig.3.- Catodoluminiscencia (CL) en conchas de radiolítidos (anchura de todas las fotos: 2.6 mm): a, b) Sección longitudinal que muestra las líneas de crecimiento (Lc) con una zona de estrangulamiento. Con luz normal no es posible observar los tabiques, pero con CL se ven no luminiscentes en la base y luminiscentes en rojo (indicados con flechas blancas) hacia el contacto con la Lc suprayacente. El cemento de calcita «blocky» (Cb) es luminiscente rojo; c, d) Aspecto de una concha parcialmente recrystallizada (Rc). Las líneas de crecimiento (Lc) se atenúan y/o desaparecen en la zona recrystallizada; e) Aspecto del miostracum medio (Mm), miostracum interno (Mi), hipostracum recrystallizado (H), y de la cavidad interna ocupada por cementos de dolomita (d), calcita «stubby» (a) y calcita «blocky» (b). Una parte del miostracum aparece colapsada (C) a la derecha de la foto; f) Fractura temprana (F) que afecta a una concha recrystallizada. La luminiscencia indica que los fluidos diagenéticos progresaron preferentemente a favor de las líneas de crecimiento (Lc).

Fig.3.- Cathodoluminescence (CL) in radiolite shells (all photos are 2.6 mm in width): a, b) Longitudinal section showing the growth lines (Lc) with a strangling zone. Under transmitted light, it is not possible to observe the walls, but under CL they appear non-luminescent at the base and red towards the contact with the upper growth line (white arrows). The blocky calcite cement (Cb) is red luminescent; c, d) An aspect of a partially-recrystallized shell (Rc). The growth lines (Lc) make thin or even disappear into the recrystallized zone; e) Shell section showing the middle miostracum (Mm), inner miostracum (Mi), recrystallized hipostracum (H), an the internal cavity occupied by dolomite (d), stubby calcite (a), and blocky calcite (b) cements. A part of the miostracum appears collapsed (C) at the right; f) Early fracture (F) affecting a recrystallized shell. The luminescence indicates that the growth lines (Lc) acted as preferential ways for diagenetic fluids.

«dogtooth» o «stubby», zonados desde un núcleo no luminiscente a bandas rojas y amarillas; y una fase B, de carácter «blocky» con luminiscencia «dull» o «blotchy». Estas fases de cemento pueden postdatar algunos colapsos producidos por la fracturación del ostracum interno (Fig. 3e).

Se constatan asimismo diferentes etapas de fracturación, pues, mientras en algunos casos se observa que la luminiscencia progresa a favor de las líneas de crecimiento en proximidad a la fractura y se atenúa conforme nos alejamos de ella (Fig. 3f), en otros, la fractura corta limpiamente a la concha sin advertirse ningún tipo de removilización. Ello hace pensar que las primeras pudieran ser más tempranas y haberse generado cuando la compactación de la concha era aún baja, mientras que las segundas afectaron a un material esquelético completamente impermeabilizado tras la diagénesis.

El sedimento micrítico, tanto matricial como del relleno de «borings» en las conchas, presenta siempre una luminiscencia roja muy homogénea, salpicada de pequeños rombos de dolomita (no teñidos con Alizarina Roja) en algunos casos con finas zonaciones internas desde un núcleo no luminiscente a láminas de colores rojos y amarillos. Los pellets que rellenan las celdillas tienen colores luminiscentes anaranjados. Las zonas de las conchas más ricas en materia orgánica («sets» de líneas de crecimiento abigarradas) son siempre luminiscentes, contrastando con las partes recristalizadas, que no lo son.

En efecto, las líneas de crecimiento, más oscuras y ricas en materia orgánica que otras partes de la concha, pueden haber desarrollado, por descomposición de la propia materia orgánica, una mayor porosidad secundaria, permitiendo la circulación preferencial de fluidos. Otros fósiles que acompañan a los rudistas presentan luminiscencias diversas: los briozoos y los foraminíferos de paredes oscuras (milíolidos y alveolínidos) son siempre luminiscentes en color rojo, mientras que los bioclastos recristalizados (foraminíferos calizos y fragmentos de corales) aparecen no luminiscentes. Por su parte, los fragmentos de ostreidos muestran solo algunas finas líneas de crecimiento luminiscentes.

Por último, las observaciones realizadas con luz reflejada han puesto de manifiesto la presencia de dos fases metálicas: pirita y goethita. La primera se encuentra en el interior de los «borings», en la matriz micrítica que constituye la roca caja y en las celdillas de la textura «honeycomb» de los radiolítidos. Aparece generalmente como framboides de pequeño tamaño y/o cristales de hábito cúbico. Su origen pudiera ser bacteriogénico, posiblemente relacionado con fenómenos de tipo anóxico acontecidos durante los primeros estadios de la historia diagenética. En cambio, la goethita es una fase tardía que aparece como resultado de la oxidación supergénica de la pirita. Tiende a concentrarse en zonas de circulación de fluidos meteóricos ricos en O<sub>2</sub>, como las fracturas y espacios comprendidos entre

la concha y el sedimento. Se presenta con una textura botroidal que en muchos casos conserva en su interior las formas de los cubos de la pirita a la que sustituyó.

#### 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 la estructura y modo de crecimiento de las conchas de rudistas.

#### Referencias

- Al-aasm, I.S. y Veizer, J. (1986a): *Journal of Sedimentary Petrology*, 56 (1), 138-152.
- Al-aasm, I.S. y Veizer, J. (1986b): *Journal of Sedimentary Petrology*, 56 (6), 763-770.
- Elorza, J. y García-Garmilla, F. (1996): *Cretaceous Research*, 17, 479-503.
- Elorza, J. y García-Garmilla, F. (1998): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 141, 303-328.
- Grossman, E.L.; Mii, H.-S.; Zhang, C. y Yancey, T.E. (1996): *Journal of Sedimentary Research*, 66, 1011-1022.
- Steuber, T. (1996): *Geology* 24: 315-318.
- Steuber, T. (1998): *Terra Nostra* 98 (3), V353-V354.
- Steuber, T. (1999): *International Journal of Earth Sciences* 88, 551-570.