

Catodoluminiscencia y estratigrafía de cementos en conchas de rudistas (Hippuritacea, Bivalvia) del Cretácico Medio de Ereño (Bizkaia, País Vasco)

Cathodoluminescence and cement stratigraphy in Middle Cretaceous rudist shells (Hippuritacea, Bivalvia) from Ereño (Bizkaia, Basque Country)

L. Damas Mollá, A. Aranburu Artano y F. García Garmilla

Dpto. de Mineralogía y Petrología. Universidad del País Vasco. Ap.644, 48080-Bilbao (Spain)
E-mails: nppgagaf@lg.ehu.es / npparara@lg.ehu.es

ABSTRACT

The cathodoluminescent behaviour of rudist shells and coral skeletal fragments from Ereño Urganian limestones has been studied. Two different models of luminescence have been distinguished in rudist fragments. Whereas requieniid shells show luminescent patterns that moderately coincide with growth lines, the caprotinid ones exhibit more spread luminescent areas. The interprismatic lines control the lateral spreading out of luminescence. Since some caprotinid shells seem to have their interprismatic lines locally opened by tectonic deformation, luminescence progresses here more clearly. A complex cement stratigraphy has also been deduced, including vadose, meteoric and burial events. The cement sequence ranges from «dogtooth» non-luminescent calcite to yellow hair-line calcite to «blocky» calcite having a complex luminescence pattern. This sequence appears infilling relatively-early fractures in shells, interprismatic spaces in caprotinid shells, «honeycomb» cells in radiolitid shells, moulds originated from selective dissolution of aragonitic scleractinid corals, and interlamellar spaces in *Chondrodonta* sp. valves. The same sequence is recorded as aggradational neomorphism upon micrite that infilled the moulds produced by very-early selective dissolution of aragonitic hipostraca of caprotinids.

Key words: rudist shells, Middle Cretaceous, cathodoluminescence, cement stratigraphy.

Geogaceta, 36 (2004), 159-162
ISSN: 0213683X

Introducción y metodología

Las calizas urgonianas de Ereño (Aptiense-Albiense inferior, Vizcaya) (Fig.1) tienen una gran importancia como roca ornamental. La explotación de las canteras (Fig.2) se inició desde la época romana y cesó a comienzos de los años 70. Se depositaron en ambientes marinos muy someros y contienen equinodermos, ostreidos, gasterópodos y rudistas de las familias Requieniidae, Caprotinidae y, en menor medida, Radiolitidae. Destacan los niveles bioconstruidos de caprotínidos en posición de vida, que, de manera repetitiva en la serie, se instauran sobre arenas bioclásticas y sufren una truncación erosiva a techo (Fig.3).

La catodoluminiscencia (CL) es una técnica de observación microscópica que hemos utilizado en trabajos previos para visualizar la alteración diagenética de las conchas y determinar con una fiabilidad razonable las posibles vías de circulación de los fluidos diagenéticos (Jiménez Berrocoso *et al.*, 2003, Regidor Higuera *et al.*, 2003). Salvo casos excepcionales, las conchas de bivalvos actuales no mues-

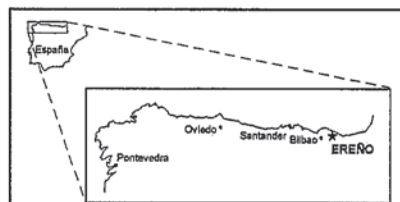


Fig.1.- Localización geográfica del sector de Ereño (Bizkaia).

Fig.1.- Geographic situation of Ereño sector (Bizkaia).

tran un comportamiento luminiscente, dada la escasa cantidad de cationes activadores (Mn^{2+}) en el agua marina normal. Con la diagénesis, se produce la pérdida del Mg^{2+} y Sr^{2+} originales de la concha y la entrada de Fe^{2+} y Mn^{2+} en su lugar (Brand y Morrison, 1987). De manera general, la experiencia acumulada indica que, cuando la microestructura de la concha controla la distribución de la CL, el grado de alteración diagenética no ha sido lo suficientemente alto como para descartar un control de la geoquímica vital sobre la diagénesis. El mayor grado luminiscente se concentra en las láminas oscuras de la concha, las más ricas en

materia orgánica, cuya descomposición genera una porosidad que favorece el acceso de los fluidos diagenéticos. En cambio, cuando la microestructura queda reflejada tan sólo de manera parcial en el diseño luminiscente, o, incluso, no coincide con éste último, cabe pensar en un mayor intercambio catiónico que propicia la homogeneización geoquímica en diferentes zonas esqueléticas, con lo que la composición actual de la concha es

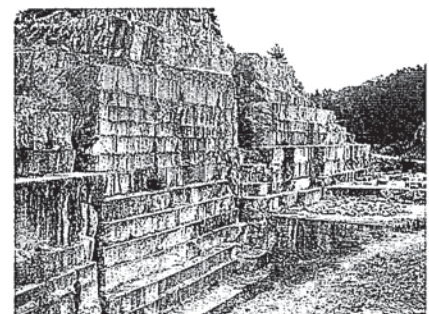


Fig.2.- Aspecto actual de la cantera Gorria en Ereño. La altura de cada bancada es de unos 2 m.

Fig 2.- The Gorria quarry in Ereño as it can be seen today. Each large stone bench is about 2 m high.

netamente diferente de la original (Damas *et al.*, 2004).

El comportamiento luminiscente de las conchas de rudistas del Complejo Urgoniano de Ereño es, en general, más afín a éste último caso. En efecto, la capa interna de la concha (hipostracum), originalmente aragonítica, ha sufrido procesos de intensa recristalización, en ocasiones precedida de disolución selectiva con posterior relleno micrítico y recristalización. Los corales presentes en éstas facies, igualmente aragoníticos en un principio, sufrieron un proceso de disolución selectiva con la posterior precipitación de diversas fases de cemento en el vacío móldico generado.

Diez láminas delgadas de roca fueron preparadas y pulidas para su observación con CL. El equipo utilizado fue un Technosyn Cold Cathode Luminescence 8200 MKII, conectado a un microscopio Olympus BH-2, cuyas condiciones de trabajo fueron un potencial de aceleración de 12-15 kV a 0.5-0.6 mA y un diámetro de haz de 4.5 mm.

Catodoluminiscencia en conchas de rudistas y fragmentos de corales

El miostracum (parte intermedia) de las conchas de los rudistas está, en general, bien preservado. En el caso de los requiénidos se aprecia la característica microestructura prismática con las líneas de crecimiento perpendiculares a los prismas (Fig.4a). Con CL (Fig.4b), se observa que existe un control parcial de la luminiscencia de las líneas de crecimiento, especialmente en las proximidades de una línea de carena. La luminiscencia se apaga lateralmente de manera brusca, siguiendo superficies coincidentes con los límites entre prismas. En otros casos, la luminiscencia está favorecida por fracturas que debieron facilitar la entrada de fluidos diagenéticos que posteriormente

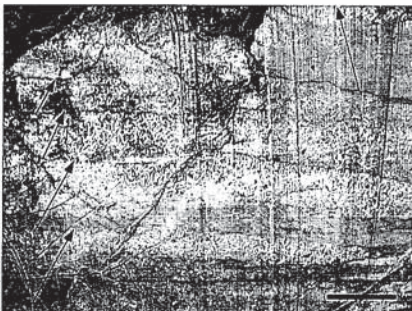


Fig.3.- Secuencias de caprotínidos en posición de vida (señaladas con flechas). Los niveles están erosionados a techo. La barra de escala es 40 cm.

Fig.3.- Life-position, sharply eroded at the top, caprotinid sequences (arrowed). Scale bar is 40 cm.

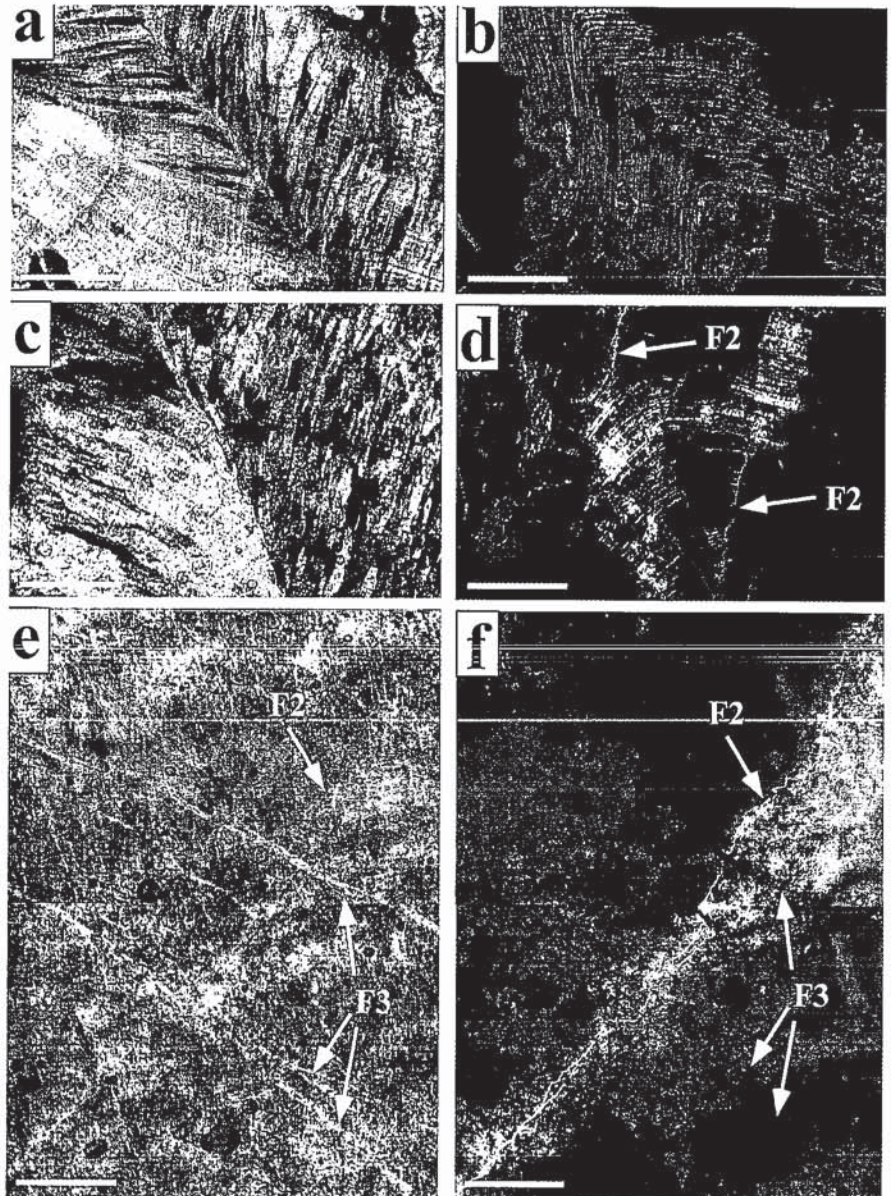


Fig.4.- Catodoluminiscencia en conchas de rudistas: a, b) requiénidos: distribución luminiscente según las líneas de crecimiento con brusco cese lateral controlado por las juntas entre prismas (XPL, CL); c, d) requiénidos: luminiscencia favorecida por fracturas F2 (XPL, CL); e, f) caprotínidos: luminiscencia en manchas dispersas; removilización a favor de F2, y fracturas tardías F3 (PPL, CL). La barra de escala es 0.5 mm. en todas las fotos.

Fig.4.- Cathodoluminescence in rudist shells: a, b) requienids: luminescence follows the growth lines and is laterally quenched by prism joints (XPL, CL); c, d) requienids: luminescence favoured by F2 fractures (XPL, CL); e, f) caprotinids: luminescence in discontinuous patches; remobilization following F2, and F3 late fractures (PPL, CL). Scale bar in all the photos is 0.5 mm.

se extendieron a lo largo de las líneas de crecimiento (Figs.4c y 4d).

En algunas conchas de caprotínidos, el miostracum presenta un modelo luminiscente bien diferente al descrito en los requiénidos. La distribución de la luminiscencia es más difusa, y la proporción de concha luminiscente frente a la no luminiscente es mayor que la de los requiénidos. La luminiscencia en forma de «manchas» dispersas puede estar controlada simultáneamente por las líneas de crecimiento y las juntas entre los cristales prismáticos

de la microestructura. Fracturas posteriores intensificaron parcialmente la luminiscencia a colores amarillos más intensos, y, por último, fracturas aún más tardías están rellenas por calcita «dull» de color rojo apagado (Figs.4e y 4f).

El hipostracum (parte interna de la concha) se encuentra recristalizado y, en ocasiones, afectado por fracturas que permitieron la precipitación de varias fases de cementación. El periostracum (parte externa de la concha) está afectado por procesos de perforación orgánica y fracturación, pero

también permite reconocer las mismas fases de cementación en su interior.

Estratigrafía de cementos

Las observaciones con CL permiten distinguir zonaciones con diferente grado luminiscente en los cristales de cemento carbonatado. La respuesta diagenética del hipostracum de los caprotínidos, originalmente aragonítico, pudo ser doble:

1) disuelto selectivamente, generándose un hueco móldico que pudo completarse por micrita, posteriormente recristalizada según una secuencia que comprende desde calcita «dogtooth» hasta «blocky». En los rellenos micríticos, se observan fragmentos del miostracum y peloides que colapsaron y se depositaron en el hueco móldico del hipostracum junto con la matriz de barro micrítico. Una posterior recristalización dió como resultado una esparita gruesa cuyos cristales se superponen a los de las fases anteriores (Figs.5a y 5b).

2) no disuelto, pero fracturado, de manera que en las fracturas abiertas, que solamente afectan a la concha, precipitaron fases de cementación idénticas a los productos de las primeras recristalizaciones arriba comentadas; esto es: (A) «dogtooth» no luminiscente - (B) amarillo «hair-line» (una o dos líneas) - (C) «blocky» rojizo homogéneo, o bien en dos fases desde «bladed dull» hasta «blocky» amarillo. Con nícleos cruzados, se puede ver que éstos cementos están también recristalizados a esparita gruesa de hasta 4 mm. de tamaño (Figs.5c y 5d).

En las celdillas «honeycomb» de los escasos radiolítidos observados y en algunos espacios interlamelares de conchas de *Chondrodonta* sp. aparece la misma secuencia de cementos A-B-C, desarrollada con una magnitud variable según los espacios disponibles. En algunas juntas interprismáticas abiertas en las conchas de requiñidos y caprotínidos, es visible la secuencia, al menos desde la fase «hair-line», es decir, B-C.

Los fragmentos de corales presentan texturas diagenéticas muy similares a las descritas. Las cavidades orgánicas de los corales escleractínidos (originalmente aragoníticos) se rellenaron por micrita que debió endurecerse tempranamente. A la disolución total del esqueleto coralino siguió la precipitación de cementos según la secuencia A-B-C ya descrita (Figs.5e y 5f).

A partir de éstas observaciones, realizadas tanto en rudistas como corales, hemos intentado reconstruir en una primera aproximación la compleja estratigrafía de cementos asociados a la secuencia diagenética (Fig.6):

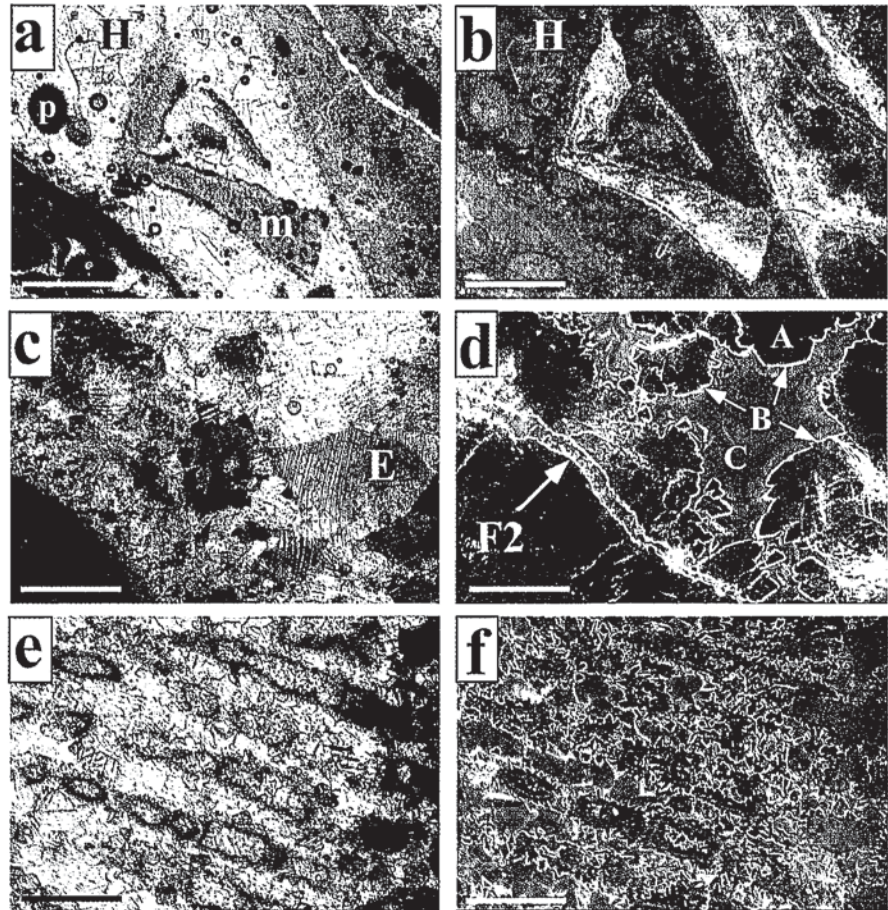


Fig.5.- Estratigrafía de cementos: a, b) hipostracum de caprotínido (H) disuelto selectivamente y rellenado con fragmentos del miostracum (m) y peloides (p). La micrita del relleno recristalizó a esparita gruesa (PPL, CL); c, d) fractura F1 en el hipostracum de un caprotínido, rellenada por los cementos A, B y C. Fractura F2 rellenada por las fases B y C. Los cementos han sido recristalizados a esparita gruesa con extinción ondulante (E) (XPL, CL); e, f) disolución selectiva del esqueleto de un coral escleractínido, con relleno del molde por las fases de cemento A, B y C (PPL, CL). La barra de escala es 0.5 mm. en todas las fotos.

Fig.5.- Cement stratigraphy: a, b) Caprotinid dissolved hypostracum (H) filled by miostracum fragments (m) and peloids (p). The infilling of micrite recrystallized to coarse sparry calcite (PPL, CL); c, d) F1 fracture affecting a caprotinid hypostracum and filled by A, B and C cements. A F2 fracture is filled by B and C cements. Cements were recrystallized to coarse sparry calcite with undulose extinction (E) (XPL, CL); e, f) selective dissolution of a scleractinid coral skeleton; the mould was furtherly filled by A, B and C cements (PPL, CL). Scale bar in all the photos is 0.5 mm.

- 1) disolución selectiva de partes esqueléticas aragoníticas (vadoso meteórico).
- 2) formación de pellets «grumeleux» (meteórico, marino).
- 3) depósito de barro micrítico (vadoso, freático marino).
- 4) relleno de algunos vacíos móldicos (VM) por bioclastos, peloides y barro micrítico (vadoso, freático marino).
- 5) preconsolidación del barro micrítico (freático marino).
- 6) apertura de fracturas F1 tempranas en conchas (freático marino).
- 7) precipitación de la primera fase de cementación A en VM de corales y en las fracturas F1 abiertas en las conchas: calcita «dogtooth» no luminiscente (freático ¿meteórico? oxidante). Inicio de la recristalización de la micrita.

- 8) fracturación F2 del cemento A con formación de venas abiertas. Las fracturas F2 pueden segregar luminiscencia a uno o ambos lados. Apertura de minúsculas juntas interprismáticas en conchas de requiñidos y caprotínidos.
- 9) precipitación y recristalización de la micrita de las fases de calcita «hair-line» amarillenta (B) en F1, F2 y VM de corales (freático ¿meteórico? subóxico).
- 10) precipitación y recristalización de la micrita de las fases de calcita «bladed» y «blocky» (C) en F1, F2 y VM de corales (soterramiento = «burial»).
- 11) recristalización general de los relictos de rellenos micríticos y también de las tres fases de cementación/recristalización (A-B-C), resultando en cristales de calcita «blocky», más pequeños en la zona recristalizada de la micrita, y de mayor ta-

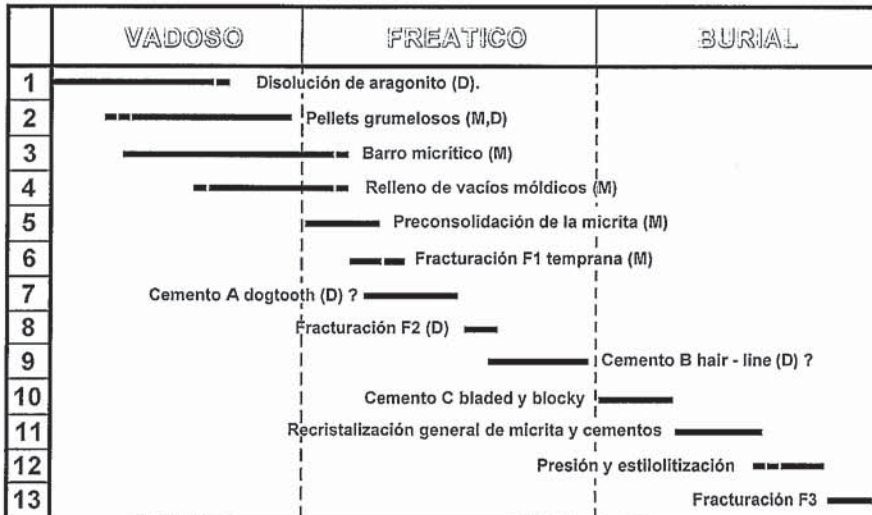


Fig.6.- Secuencia diagenética propuesta para las calizas de Ereño (véase el texto).
D: medio de agua dulce; M: medio marino.

Fig.6.- Diagenetic sequence proposed for Ereño limestones (see the text).
D: freshwater environment; M: marine environment.

maño en las zonas ocupadas por las fases A, B y C. Los más grandes presentan extinción ondulante (soterramiento = «burial»).

12) presión que origina estilolitos (a veces, circunídnicos), algunos de los cuales se desarrollan a favor de las fracturas anteriores (en ocasiones, cortan a F2). Es muy posible que éstas presiones sigan propiciando la apertura de las juntas interprismáticas, al menos en algunas conchas de caprotínidos, favoreciendo la propagación de la luminiscencia a zonas más amplias de la concha (soterramiento = «burial»).

13) creación de venas finas (F3) con relleno de calcita «dull», que cortan a todos los elementos texturales preexistentes (soterramiento = «burial»).

Discusión y conclusiones

Las observaciones con CL de las conchas de rudistas permiten afirmar que hay diferentes modelos de distribución de la luminiscencia en función de los especímenes de las distintas familias, y muy probablemente en relación con una microestructura que ha sido modificada de manera diferente en cada caso. Así, en los ejemplares de requiéndidos, la CL está en buena medida controlada por las líneas de crecimiento. En concreto, las más oscuras, inicialmente más ricas en materia orgánica, son las que proporcionan una mayor luminiscencia, pero existen causas que inhiben la progresión lateral de la luminiscencia a lo largo de una misma línea de crecimiento. Este control lateral hace que se apague bruscamente la luminiscencia siguiendo líneas subperpendiculares a las de crecimiento, ésto es, las juntas en-

tre los prismas. Es conocido por el estudio de las conchas de inocerámidos, igualmente con microestructura prismática, que la precipitación de cementos sintaxiales a lo largo de los prismas cierra los espacios interprismáticos (Gómez Alday y Elorza, 2003). Ello explicaría no sólo la brusca inhibición lateral de la luminiscencia a lo largo de las líneas de crecimiento, sino también su total ausencia en las juntas interprismáticas.

En los ejemplares de caprotínidos, la existencia de amplias «manchas» luminiscentes hace pensar en un grado de homogeneización diagenética de la concha mayor que en el caso de los requiéndidos. Las juntas interprismáticas debieron ser, en zonas concretas, muy permisibles al paso de los fluidos diagenéticos. Este hecho puede estar también en relación con el grado de tectonismo que afecta a las calizas urgonianas de Ereño. La microdeformación no sólo se ha traducido en sistemas de venas tardías que atraviesan totalmente la textura deposicional, sino también en el carácter ondulante de los cristales prismáticos, y en una leve apertura de los espacios interprismáticos del mismo modo que González Casado *et al.* (2003) describen en las conchas de bivalvos inocerámidos. Esta progresión de la luminiscencia se ve corroborada por los análisis geoquímicos de detalle realizados con microsonda electrónica a lo largo de transectos en conchas tanto de requiéndidos como de caprotínidos, en el sentido de que se observa una mayor homogeneidad química en las conchas de caprotínidos frente a las de requiéndidos (Damas Mollá *et al.*, 2004).

La secuencia de acontecimientos diagenéticos que afectaron a las conchas es compleja, y comprende los estadios vadoso meteórico, marino y de soterramiento. La historia de cementos incluye calcita «dogtooth» no luminiscente (A), bandas de calcita «hair-line» con luminiscencia amarilla (B) y calcita «bladed» con luminiscencia rojiza + calcita «blocky» más amarillenta (C). Estos cementos precipitaron en fracturas relativamente tempranas que afectaron a las conchas de rudistas, espacios interprismáticos en conchas de caprotínidos, celdillas «honeycomb» de conchas de radiolítidos, poros móldicos originados por la disolución selectiva de corales escleractínidos, y aberturas interlamelares en valvas de *Chondrodonta* sp. Las mismas fases cristalinas A, B y C se reconocen en neomorfismos direccionales producidos sobre la micrita que relleno la porosidad móldica originada por la disolución selectiva de los hipostraca de caprotínidos. Se han reconocido tres etapas de fracturación de las conchas, desde la diagénesis temprana (F1 y F2) hasta la de soterramiento (F3). Tanto los cementos más tempranos como los rellenos micríticos de vacíos orgánicos han sufrido una recristalización aún más tardía a pseudoesparita gruesa con extinción ondulante.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con los proyectos de investigación 1/MCYT 00130.310-15226/2003 (BTE2003-00733) (Ministerio de Ciencia y Tecnología) y 9/UPV00130.310-14596/2002 (Universidad del País Vasco). Agradecemos a Francisco de la Cruz la elaboración de las láminas delgadas de roca.

Referencias

Brand, U. y Morrison, J.O. (1987): *Geoscience Canada*, 14, 85-107
 Damas Mollá, L.; Aranburu Artano, A. y García Garmilla, F. (2004): *Geogaceta*, 36: 159-162
 Gómez Alday, J.J. y Elorza, J. (2003): *Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en Mijnbouw*, 82 (3), 289-301
 González Casado, J.M.; Jiménez Berrocoso, A.; García Cuevas, C. y Elorza, J. (2003): *Journal of Structural Geology*, 25, 1773-1778
 Jiménez Berrocoso, A.; Zuluaga, M.C. y Elorza, J. (2003): *Geogaceta*, 34, 143-146
 Regidor Higuera, I.; García Garmilla, F.; Zuluaga, M.C. y Elorza, J. (2003): *Geogaceta*, 34, 183-186