

# Secuencia diagenética temprana de la plataforma carbonatada con paleocarst de Arenillas (Albiense, Oriñón, Cantabria).

*Early diagenetic sequence of the palaeokarstic Arenillas carbonate platform (Albian, Oriñón, N. Spain)*

I. Rosales y J. García-Mondéjar

Dept. Estratigrafía, Geodinámica y Paleontología. Universidad del País Vasco. Apartado 644. 48080 Bilbao.

## ABSTRACT

*The five shallow water carbonate depositional sequences of the Albian Arenillas platform in Oriñón, N Spain, are bounded by palaeokarst surfaces. Detailed petrographic and cathodoluminescence studies have revealed that the early diagenesis was similar in each cycle. This early diagenetic sequence shows 5 consecutive stages: 1) Stagnant marine phreatic zone, 2) Active marine phreatic zone, 3) Mixing marine and meteoric phreatic zone, 4) Meteoric phreatic zone and 5) Vadose and marine-vadose zone.*

**Key words:** *Albian carbonate platform, palaeokarst, early diagenesis.*

*Geogaceta, 13 (1993), 97-100*

*ISSN: 0213683X*

## Introducción

La plataforma carbonatada albiense de Arenillas se localiza en la costa más oriental de Cantabria, en las proximidades de Oriñón (Fig. 1A). Está compuesta por calizas de plataforma somera en tránsito lateral, tanto al este como al oeste, a series terrígeno-carbonatadas de talud y cuenca (Fig. 1B). Estas calizas definen una plataforma carbonatada residual estrecha, tipo pinacular, de aproximadamente 1,5 kms. de extensión lateral y 300 metros mínimo de registro sedimentario, que se desarrolló sobre un paleoalto controlado por tectónica local (parte alta de un bloque basculado, Fig. 1B), tras el colapso por tectónica distensiva en el Albiense inferior de la rampa carbonatada basal (Rosales *et al.*, 1991a). El registro sedimentario con los tipos de facies que constituyen la plataforma residual de Arenillas está sintetizado en la Fig. 1C. Forman este registro 5 secuencias deposicionales completas y una incompleta. Cada una de las secuencias culmina con exposición subaérea de la plataforma, durante la cual hubo desarrollo de paleocarst con intensa diagénesis meteórica y vadosa. Estos paleocarst estuvieron controlados por caídas relativas del nivel del mar, relacionadas con actividad tectónica local (Rosales *et al.*, 1991a), y presentan numerosas cavidades de disolución, entre las que destacan oquedades, cavernas y *grikes* (grietas agrandadas por disolución). Las cavidades apa-

recen rellenas por brechas de colapso y sedimento interno, tanto carbonatado como siliciclástico. Las que tienen pequeño tamaño (*vugs*), así como *grikes* y fisuras, frecuentemente aparecen tapiadas por espeleotemas con complejas estructuras, presentando diversas generaciones de crecimiento entre las que se intercalan varias etapas de depósito de sedimento interno. Muchas de las cavidades de disolución con espeleotemas aparecen dentro de clastos, en brechas que rellenan grandes paleocavernas formadas por el colapso del sistema cárstico durante la transgresión marina subsiguiente (Rosales *et al.*, 1991b). El término espeleotema se utiliza aquí para designar cementos carbonatados, marinos y no marinos, que cubren las paredes de cavidades de disolución. Cada una de las superficies de exposición subaérea que limitan las secuencias deposicionales en la plataforma de Arenillas (Fig. 1C) engloba un complejo sistema cárstico con varias fases de formación (paleocarst polifásicos), lo que queda reflejado en una compleja historia diagenética temprana. El propósito de este trabajo es establecer el modelo de esta secuencia diagenética, válido para cada una de las secuencias deposicionales que constituyen dicha plataforma. Para ello se han estudiado 50 muestras de lámina delgada en microscopio petrográfico de luz polarizada, procedentes tanto de los materiales que rellenan las cavidades cársticas como de la caliza encajante autóctona de cada una de las

secuencias deposicionales. Se ha utilizado también láminas delgadas pulidas para determinar, mediante luz luminiscente, las condiciones del Eh (redox) durante la cementación. Los cementos formados bajo condiciones oxidantes son no luminiscentes, mientras que si las condiciones son subóxicas se produce luminiscencia brillante. Bajo condiciones reductoras fuertes se inhibe la luminiscencia dando color *dull* (marrón o naranja oscuro apagado) o no luminiscencia (Machel, 1985). Para los análisis de catodoluminiscencia ha sido usada una unidad "Technosyn Cold Cathodoluminescence 8200 MK II" unido a un microscopio petrográfico.

## Secuencia diagenética

Del estudio combinado petrográfico y de catodoluminiscencia se ha establecido un modelo de secuencia diagenética temprana o preburial, que sintetiza los procesos diagenéticos superficiales y subsuperficiales antes del enterramiento definitivo de los sedimentos (Fig. 2). Se distinguen 5 etapas diagenéticas que se suceden en el tiempo.

### **Etapas:** Zona freática marina estancada.

*Características observadas:* Micritización, a veces total, de los bordes de los granos por algas y hongos. Partículas bioclásticas, matriz micrítica y envueltas de micrita presentan luminis-

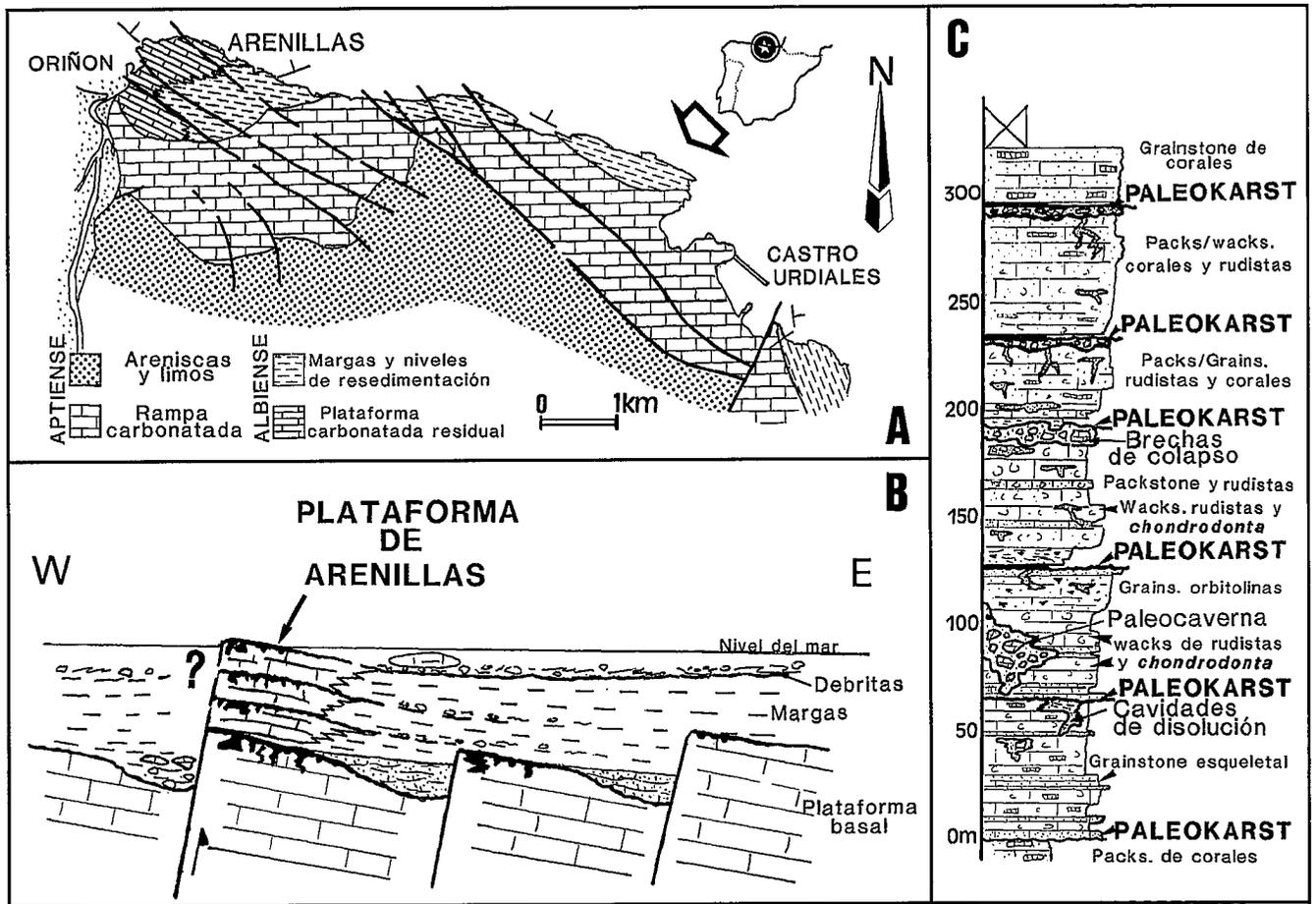


Fig. 1 — Encuadre geológico y geográfico del área de estudio. A: Cartografía geológica simplificada. B: Modelo tectosedimentario simplificado para el Albiense del área de Oriñón. No está representado a escala. C: Columna estratigráfica de la plataforma de Arenillas.

Fig. 1 — Geography and geology of the study area. A: Simplified geological map. B: Simplified tectono-sedimentary model for the Albian of the Oriñón area. Not to scale. C: Stratigraphic section of the Arenillas platform.

cencia *dull* (marrón oscuro) o no luminiscencia.

**Interpretación:** Longman (1980) atribuye la intensa micritización de los bordes de las partículas a la zona freática marina estancada, donde existe saturación en agua marina pero no circulación suficientemente rápida como para producir cementación. En esas condiciones se produce importante actividad microbial y alteración biogénica. Los sedimentos modernos marino someros son generalmente no-luminiscentes, por lo que la luminiscencia *dull* aquí observada debe proceder de alteración diagenética posterior.

**Etapas 2: Zona freática marina activa.**

**Características observadas:** Cementos *rim* isopacos de cristales pequeños

aciculares de calcita, de color oscuro por la presencia de inclusiones y terminación de los cristales recta. Bordean granos y poros primarios. Presentan luminiscencia *dull* y parches irregulares no-luminiscentes.

**Interpretación:** Olas, corrientes y mareas mueven el agua en la zona freática marina favoreciendo la cementación (Longman, 1980). La saturación total de poros produce un cemento *rim* isopaco circungranular, cuyos cristales aciculares-fibrosos con terminación rectilínea-cuadrada sugieren composición original de aragonito, luego transformado en calcita baja en Mg (Loucks and Folk, 1976). El color *dull* observado sugiere el reemplazamiento a calcita estable, y los parches irregulares no-luminiscentes se atribuyen a relictos de aragonito (en origen no luminiscente).

**Etapas 3: Zona freática de mezcla marino-meteórico.**

**Características observadas:** En este medio diagenético se reconocen dos procesos sucesivos: disolución y cementación. La disolución afecta principalmente a la micrita y algunas partículas aragoníticas, y se manifiesta en *vugs* conectados o brechificación "in situ". A esta etapa le sucede relleno geopetal de micrita peloidal marina y cementación por calcita columnar o *bladed*. Se caracteriza este cemento por cristales grandes y alargados, con extinción planar y aspecto turbio (inclusiones). Recubren de forma isopaca y perpendicularmente las cavidades existentes, tanto las previas con cemento *rim*, como las nuevas de disolución. Bajo catodoluminiscencia los cementos *bladed* observados son *dull* con parches irregulares no-luminiscentes.

	ETAPAS	AMBIENTE DIAGENETICO	PROCESO DIAGENETICO	PETROLOGIA	CATODOLUMINISCENCIA
MARINO	ETAPA 1	Zona freática marina estancada.	Micritización.		
	ETAPA 2	Zona freática marina activa.	Cemento aragonítico acicular, isopaco y circungranular.		
	ETAPA 3	Zona freática de mezcla marino-meteorico.	Disolución. Cemento bladed.		
AGUA DULCE	ETAPA 4	Zona freática meteorica oxidante.	Disolución. Neomorfismo. Cemento calcita equant. Cemento sintaxial.		
		Zona freática meteorica subóxica.			
OSCILACION MARINO-DULCE	ETAPA 5	Zona vadosa y vadosa-marina.	Disolución. Calcita espeleotémica: -Calcita fibrosa radiaxial -Calcita columnar Sedimento interno		

-1
  -3
  -5
  -7
  -9
  -11
  -13

-2
  -4
  -6
  -8
  -10
  -12
  -14

Fig. 2 — Diagrama ilustrando las diferentes etapas diagenéticas y sus modelos de petrología y catodoluminiscencia: 1- Porosidad, 2- Bioclastos, 3- Sedimento interno, 4- Cemento acicular, 5- Cemento *bladed* y radiaxial rico en inclusiones, 6- Cemento *bladed* o columnar libre de inclusiones, 7- Cemento *equant*, 8- Cemento *sintaxial*. Los números del 9 al 14 se refieren al color de catodoluminiscencia: 9- Dull, 10- Dull con parches no luminiscentes, 11- Dull con parches brillantes, 12- No luminiscente, 13- Brillante zonado, 14- Brillante con parches *dull*.

Fig. 2. — Diagram illustrating the different diagenetic stages and their petrographic and cathodoluminescence pattern. 1- Porosity, 2- Bioclasts, 3- Internal sediment, 4- Acicular cement, 5- Inclusion-rich *bladed* and radiaxial cement, 6- Clear columnar and *bladed* cement, 7- *Equant* cement, 8- *Syntactical* cement. 9 to 14 are color patterns in CL. 9- Dull, 10- Dull with no-luminiscent patches, 11- Dull with bright patches, 12- No-luminiscent, 13- Zoned bright, 14- Bright with no-luminiscent patches.

centes, naranja brillantes o marrón rojizos.

**Interpretación:** La disolución de carbonato cálcico se debe a infrasaturación del agua en  $CO_2Ca$  en medio vadoso, meteorico o de mezcla meteorico-marino. La disposición isopaca del cemento *bladed* sugiere relleno total de los poros por agua, lo que descarta el medio vadoso para su formación. Se sugiere un etapa en ambiente diagenético intermedio, primero con mayor influencia de agua dulce (disolución) y despues con mayor influencia de agua marina (sedimento interno geotepal y cemento *bladed*). El color de luminiscencia *dull* no-homogeneo del cemento *bladed* sugiere alteración posterior diagenética, ya que este

cemento debió ser en origen no-luminiscente, al formarse en condiciones oxigenadas. Los parches naranjas brillantes y rojizos corresponden a las inclusiones de microdolomita. Harwood (1988) propone para este cemento un ambiente diagenético freático de mezcla marino-meteorico, aunque otros autores encuentran también estos cementos en arrecifes modernos.

**Etapas 4: Zona freática meteorica.**

**Características observadas:** Neomorfismo de corales a calcita *equant* baja en Mg; reemplazamiento de placas de equinodermo y partículas de calcita alta en Mg a calcita baja en Mg; disolu-

ción de partículas esqueléticas aragoníticas; relleno de nueva porosidad móldica creada y porosidad remanente con calcita *equant*, de color claro, sin inclusiones; cementos *sintaxiales* en placas de equinodermos. Los cementos *equant* y *sintaxiales* se subdividen en dos tipos: 1) no-luminiscentes, y 2) luminiscentes zonados. Los segundos presentan la siguiente zonación hacia el centro del poro: no luminiscente-brillante, y dentro del brillante la subzonación: brillante-no luminiscente o *dull*. Los corales neomórficos son no-luminiscentes.

**Interpretación:** Las aguas meteoricas disuelven el aragonito y crean porosidad móldica, y la calcita alta en Mg

sufre reemplazamiento y neomorfismo. La primera fase no luminiscente de los cementos zonados, la calcita neomórfica no luminiscente de los corales y los cementos *blocky* y sintaxiales no luminiscentes, se formaron a partir de aguas oxigenadas en el medio freático meteórico oxidante. La siguiente etapa de crecimiento del cemento con luminiscencia brillante (y subzonas no luminiscentes o *dull*), se produjo en el medio freático meteórico suboxico.

#### **Etapas 5: Zona vadosa y vadosa-marina.**

*Características observadas:* Creación de *grikes* y *vugs* de disolución centimétricos que afectan a cementos meteóricos previos, rellenos por al menos 6 generaciones de cementos espeleotémicos que alternan con 4 etapas de sedimento interno calcarenítico, micrítico o siliciclástico. Se distinguen dos tipos de cementos espeleotémicos que normalmente aparecen alternantes: 1) calcita columnar fibrosa radiaxial con extinción ondulante, con inclusiones de microdolomita que le da un aspecto turbio y estructura en empalizada (*palisade*), que presentan luminiscencia naranja brillante con parches irregulares *dull* o no luminiscentes; y 2) calcita columnar de color claro y limpia, extinción normal, estructura *palisade* y no luminiscente.

*Interpretación:* Las distintas fases de formación de *grikes* parecen directamente relacionadas con esfuerzos tectónicos que produjeron elevación, fracturación, emersión y carstificación de la plataforma. Los cementos luminiscentes de calcita fibrosa radiaxial fueron originalmente de calcita alta en Mg (Kendall, 1985), formados en ambiente marino con circulación de aguas. En esas condiciones el color de luminiscencia original debió ser no luminiscente, por lo que el color naranja brillante

que presentan se explica por su transformación posterior a calcita baja en Mg. Por otro lado, la no luminiscencia de la calcita columnar clara indica una composición original ya de calcita estable (baja en Mg), y por tanto precipitada en las cavidades a partir de un ambiente meteórico o marino con fuerte influencia meteórica. Estudios en curso de análisis de isótopos estables de C y O apuntan hacia esa hipótesis. En relación con este tema, Jiménez de Cisneros et al. (1991), han interpretado las alternancias de cemento luminiscente y no luminiscente en espeleotemas como el resultado de fluctuaciones del nivel del mar. En el caso aquí descrito, los cementos no luminiscentes se habrían formado en ambiente meteórico o de mezcla de aguas, y los cementos luminiscentes procederían de entradas marinas en el medio durante subidas relativas del nivel del mar, acompañadas de aportes de sedimento interno marino.

#### **Conclusiones**

La historia diagenética temprana en la plataforma de Arenillas muestra una secuencia de somerización desde el ambiente diagenético marino al vadoso. Los procesos diagenéticos en el ambiente marino son micritización de bordes (etapa 1) y cemento acicular isopaco circungranular de aragonito (etapa 2). Se han reconocido dos etapas de disolución de carbonato. La primera se produce durante el cambio de agua de ambiente marino a meteórico (etapa 3). En este medio de mezcla de aguas, la disolución tiene lugar en momentos de mayor influencia de agua dulce, mientras que en períodos con mayor influencia de agua marina precipita calcita *bladed*. Estos cementos son recubiertos por cemento *equant* formado en ambiente diagenético freático meteórico (etapa 4). A continuación, esfuerzos tectónicos condicionan la fracturación y

elevación de la plataforma sobre el nivel del mar, produciéndose la segunda etapa de disolución, más intensa, con formación de *grikes* y *vugs* (etapa 5). Estos se rellenan con cementos espeleotémicos de calcita fibrosa radiaxial (luminiscente) y calcita columnar clara (no luminiscente) alternando con sedimento interno. La aparición rítmica de espeleotemas luminiscentes y no luminiscentes se debe, probablemente, a oscilaciones relativas del nivel del mar. Los primeros se formaron en condiciones de mar alto (cementos marinos) y los segundos durante caídas relativas del nivel del mar (cementos meteóricos).

#### **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto 121.310-E148/91 de la Universidad del País Vasco, y con la ayuda de una beca del programa EL-CANO, en PRIS (Universidad de Reading, U.K.) (I.R.)

#### **Referencias**

- Harwood, G. (1988). In: M. E. Tucker (Ed.) *Techniques in Sedimentology*. Blackwell. p. 108-173.
- Jiménez de Cisneros, C.; Mas, J.R. and Vera, J.A. (1991). *Sedimentary Geology*. 73, p. 191-208.
- Kendall, A.C. (1985). In: N. Schneidermann and P.M. Harris (Eds.) *Carbonate Cements*. SEPM Spec. publ. 36, p. 59-77.
- Longman, M.W. (1980). *Bull. Am. Ass. petrol. Geol.* 64, p.461-487.
- Loucks, R.G. and Folk, R.L. (1976). *Jour. Sed. Petrology*. 46, p. 483-485.
- Machel, H. G. (1985). *Geoscience Canada*. 12, p. 139-147.
- Rosales, I., Fernández- Mendiola, P.A. and García-Mondéjar, J. (1991a). *Dolomieu Conference on Carbonate Platforms and Dolomitization*. Ortisei. Abstracts, p. 227-228.
- Rosales, I., Fernández- Mendiola, P.A. y García-Mondéjar, J. (1991b). *Geogaceta*. Madrid. 10, p. 124-127.