

EXISTENCIA DE ESTRUCTURAS NODULOSAS DE CELESTINA AFECTADAS POR SILICIFICACION EN EL VALLE DE LOSA (N. DE BURGOS)

J. Elorza (*) y J. Rodríguez-Lázaro (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se describen unos nódulos de celestina que aparecen concentrados en un nivel de margas arcillosas pertenecientes al Cretácico superior (Santonense) del Valle de Losa (N. de Burgos). Gran parte de los nódulos se encuentran parcial o totalmente sustituidos por cuarzo en las formas fibrosas de cuarzina y lutcita (length-slow chalcedony).

Estos nódulos, no mencionados hasta ahora en los trabajos realizados en la Cuenca Vasco-Cantábrica, se caracterizan por su aspecto alargado, a veces subsférico. Interiormente presentan una estructura radial constituida por pirámides apretadas entre sí, de sección rómbica, que parten de un núcleo compacto. Su formación es claramente diagenética, con crecimiento expansivo desde el núcleo hacia el exterior. En este crecimiento son englobadas espinas de equinidos, restos de lamelibranchios, briozoos, etc., que existían en el sedimento y que conservan sus características morfológicas y mineralógicas. La pureza de la celestina es muy alta y no aparecen trazas de barita. Para los iones de la celestina se sugiere el siguiente origen. El aporte de sulfato parece estar conectado a la migración lateral de fluidos ricos en sulfatos procedentes de los yesos del Trías (Keuper). Esta hipótesis está apoyada en datos regionales. Admitimos como fuente principal del Sr la aportada por la liberación de éste durante la transformación del sedimento aragonítico a calcita, sin despreciar el Sr suministrado por el proceso de dolomitización parcial que sufre la serie sedimentaria.

En el mismo nivel, asociadas a los nódulos de celestina, aparecen formas irregulares de sílex que encierran restos de espículas de esponjas silíceas (¿litisteidas?) reemplazadas por carbonato espático. Esto nos indica una fuente biogénica para la sílice de los nódulos. El proceso de silicificación ha permitido testimoniar la existencia de los nódulos de celestina, puesto que la solubilización posterior de ésta ha sido muy fuerte, perdiéndose casi completamente.

PALABRAS CLAVE: «nódulos», diagénesis, celestina, silicificación.

ABSTRACT

The present work describes some nodules of celestite, which appear in a marly clay level of the Upper Cretaceous (Santonian) in Losa Valley (North of Burgos). A great number of nodules have been in some extent, or totally pseudomorphized by quartzine and lutcite (length-slow chalcedony).

These nodules have not been mentioned up to now in the research works carried out in the Basque Cantabric Basin; some nodules present elongated shapes, while some others are subspherical. In the inside, the radial arrangement shows pyramidal shapes with rhombic sections, emerging from a compact nucleus. These nodules are diagenetic structures growing expansively from the nucleus towards the periphery. In this action echinoid spines, pelecypods fragments, bryozoans, etc., are enclosed. Celestite here is highly pure; there is no barite at all. For the celestite ions the following origin is proposed. The sulphate was supplied by fluids which laterally migrate from the Triassic gypsum (Keuper). Sr seems to have been released along the transformation process of aragonite sediments to calcite. Although it can't be forgotten the amount of Sr furnished in the partial dolomitization process suffered by the sedimentary sequence.

In the same level, irregular cherts appear associated to celestite nodules. These cherts have a considerable amount of siliceous sponge spicules (litisteids?) replaced by sparry carbonate what doubtless shows the biogenic origin of the silica. The silicification process has allowed the preservation of the nodules, in spite of the strong celestite solution which afterwards originated a great loss celestite.

KEY WORDS: nodules, diagénesis, celestite, silicification.

(*) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco, Apartado 644, Bilbao.

Introducción

En determinados puntos del Valle de Losa (norte de Burgos), perteneciente a la región suroccidental de la cuenca vasco-cantábrica, se encuentran estructuras nodulosas de celestina, afectadas por un fuerte proceso de silicificación.



Fig. 1.—Situación geográfica y geológica del Valle de Losa (N. de Burgos). Localidades y diapiros mencionados en el texto. C=Colina; S=San Pantaleón de Losa; H=Hozalla; B=Berberana. 1. Diapiro de Orduña; 2. Diapiro de Murguía; 3. Diapiro de Villasana de Mena; 4. Diapiro de Salinas de Rosio; 5. Diapiro de Salinas de Añana.

A partir de tres cortes realizados con detalle en Colina, San Pantaleón de Losa y Berberana-Hozalla (fig. 1) se pone de relieve cómo los nódulos de celestina, parcial o totalmente silicificados, están situados en un mismo nivel. Este nivel está constituido por margas arcillosas finamente estratificadas, correlacionables entre sí (fig. 2) y es datado como Santoniense medio-terminal en las publicaciones regionales y bioestratigráficas.

No son muchos los estudios realizados con este tipo de estructuras consideradas de origen diagenético que muestran varios episodios dentro de la diagénesis hasta alcanzar las características finales que actualmente observamos en lámina delgada. En la cuenca vasco-cantábrica han pasado desapercibidas en los trabajos regionales y esta es la primera vez que son estudiadas.

Aparición y caracteres morfológicos

Los nódulos de celestina silicificada presentes en el Valle de Losa son formas alargadas y cerradas que en raras ocasiones llegan a ser esféricas. Mantienen unos tamaños relativamente constantes, no superiores a los 10 centímetros de diámetro, y aparecen generalmente agrupados en un único nivel de margas arcillosas de edad Santoniense medio-superior.

En sección, los nódulos presentan un núcleo central (0,5 centímetros de diámetro) ocupado parcialmente por crista-

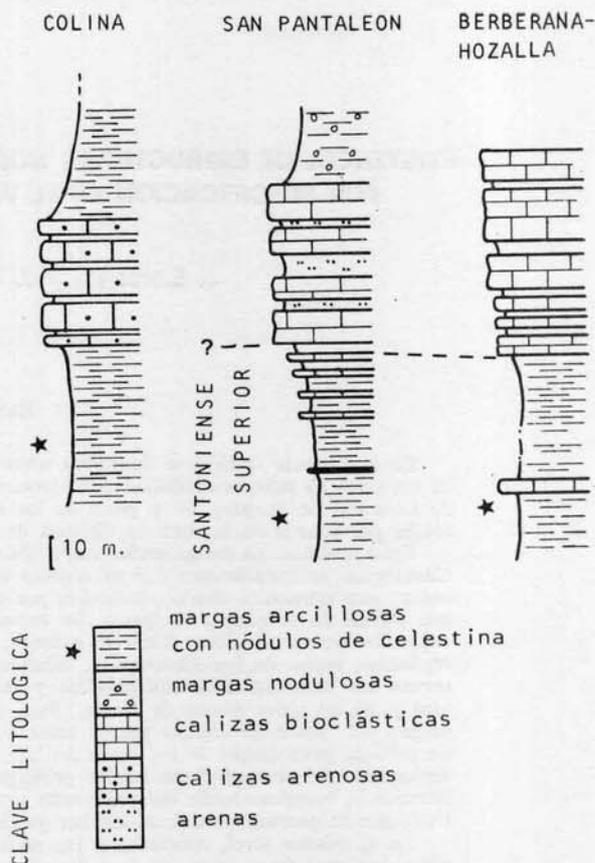


Fig. 2.—Columnas de los cortes realizados en Colina, San Pantaleón de Losa, Berberana-Hozalla, donde han sido encontrados los nódulos de celestina parcial o totalmente silicificados.



Fig. 3.—Sección de un nódulo de celestina donde se aprecia una zona central a partir de la cual se disponen en crecimiento radial, pirámides de sección rómbica. Nótese en la mayor parte de las pirámides la presencia de huecos por disolución selectiva de la celestina y mantenimiento del cuarzo.

les bien formados de cuarzo o completamente masivo. A partir de este núcleo se realiza un crecimiento continuo y radial de formas piramidales con secciones rómbicas que alcanzan la periferia del nódulo sin ningún relevo (fig. 3).

Estas pirámides se disponen apretadamente entre sí, dejando tan solo unas finas películas de sedimento carbonatado entre caras contiguas. En otros nódulos algunas pirámides muestran un crecimiento desigual y separado, produciéndose formas estrelladas. En todos los nódulos el crecimiento se efectuó desde el núcleo hacia la periferia, invadiendo el sedimento carbonatado débilmente consolidado y fácilmente desplazable. Entre las pirámides de celestina quedan, incluso, restos de espinas de equinodermos, fragmentos de lamelibranquios, briozoos, etc., contenidos originalmente en el sedimento, que atestiguan su formación diagenética.

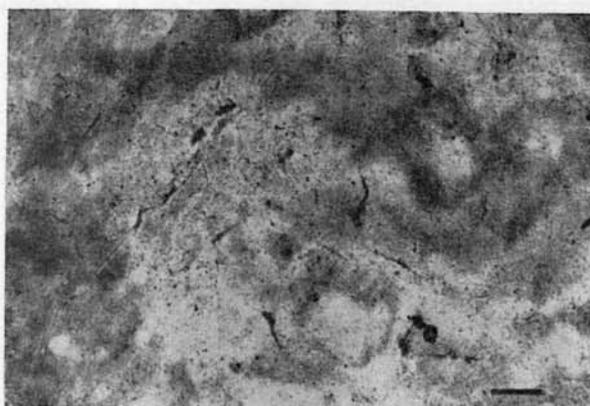
En la actualidad se aprecia cómo una gran parte de las pirámides han sufrido un proceso de solubilización y sólo conservan su entramado en cuarzo, quedando el interior de la pirámide prácticamente vacío.

Petrografía

Cada nódulo en sección muestra dos partes perfectamente diferenciables y constantes en todos los ejemplares estudiados:



A



B

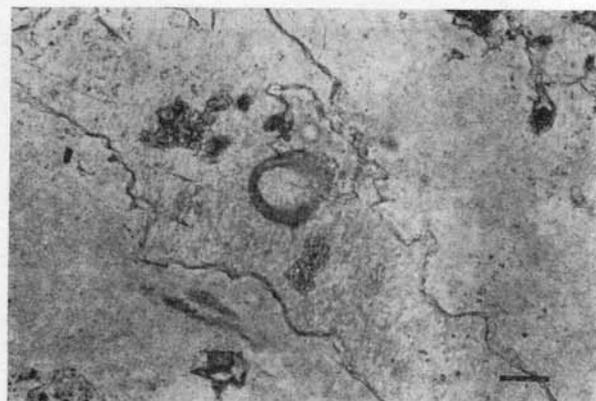
Fig. 4.—Núcleo de los nódulos: A. Aspecto general de las fibras de cuarzina/lutecita (N. x.); B. *Idem.* mostrando los flecos fibrosos, (N. //). Escala = 30 μ .

a) Núcleo del nódulo. En lámina delgada se percibe que está formado exclusivamente por cuarzina y lutecita (length-slow chalcedony) en formas tendentes a ser esferulíticas, pero no definidas completamente. No presenta inclusiones de carácter yesífero o anhidrítico.

Hacia la periferia le sigue una banda de lutecita de unos pocos milímetros con gran cantidad de inclusiones en forma de flecos entrecruzados, de tonos marrones, que terminan al inicio de las pirámides de celestina (fig. 4).



A



B

Fig. 5.—A. Cristal de celestina sustituido parcialmente por cuarzina/lutecita (N. x.); B. *Idem.* con N. //). Nótese la inclusión de un resto fósil de composición carbonatada en el cristal de celestina. Escala = 30 μ .

b) Banda de celestina sustituida. Inmediatamente después se disponen las formas piramidales de celestina (determinada ópticamente; por difracción de R. X. y por análisis EDAX), prácticamente monocristalinas, limitadas por tabiques de carbonato micrítico-microesparítico que señalan el paso de una pirámide a otra.

Los cristales de celestina están sustituidos, en grado notable, por fibras de cuarzina y lutecita, con tendencia a formar esferulitos, controlados morfológicamente por la estructura anterior (fig. 5). Quedan pequeños relictos de celestina rodeados por cuarzina-

lutecita que marcan los límites primitivos de los cristales e indican que la sustitución selectiva por la sílice se produce desde los tabiques de carbonato hacia el interior.

La celestina que permanece inafectada se presenta monocristalina y con numerosas inclusiones de carbonato microespático que corresponde a fragmentos fósiles no sustituidos. También los tabiques micríticos-microespáticos que se mantienen entre las pirámides de celestina muestran un contenido apreciable de restos de microorganismos no identificados, así como fragmentos de cuarzo detríticos sin señales de disolución ni crecimiento (fig. 6).

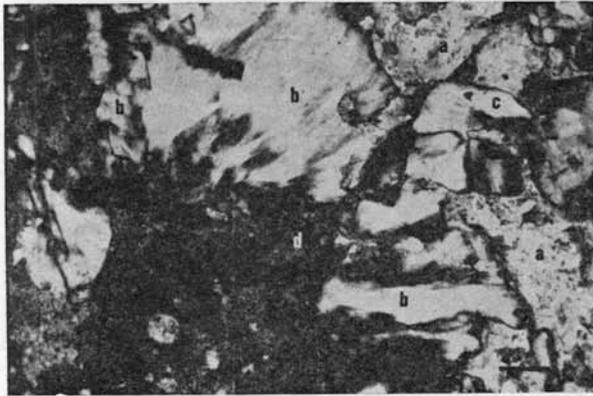


Fig. 6.—Detalle del contacto celestina (a); cuarcina/lutecita (b) mostrando el golfo de avance y la textura esferulítica (c). Nótese también la presencia de una porción de microesparita conteniendo larvas de microfósiles de caparazón carbonatado (d). Escala = 30 μ .

Ambiente sedimentario

Diversos autores que han estudiado esta área (Olivé y Ramírez del Pozo, 1978; Ramírez del Pozo y Aguilar Tomás, 1979; Ramírez del Pozo y Del Olmo, 1979) consideran que el conjunto margoso que contiene los nódulos de celestina se depositó en un ambiente de plataforma interna (20-60 m. de profundidad) para los cortes de Colina y San Pantaleón, que sería superior (> 100 m.) en el caso del corte Berberana-Hozalla, encontrándose ya en un medio de plataforma externa. En el marco morfo-estructural establecido por Rat *et al.* (1982), todo el conjunto de alternancias margoso-calcáreas se encuentra comprendido en el dominio circalitoral de la cuenca navarro-cántabra, formada durante el Cretácico superior.

Por nuestra parte, se han estudiado las microfaunas de foraminíferos y ostrácodos que aparecen en el tramo margoso con silicificaciones, encontrándose lo siguiente:

Los cortes de Colina y San Pantaleón de Losa presentan cierta semejanza entre sí, con valores reducidos de los índices de foraminíferos planctónicos (2-4 %), siendo predominantes los Rotálidos frente a los Textuláridos, mientras que los Miliólidos están

presentes en Colina (9 %) y no aparecen en San Pantaleón. Los ostrácodos son algo más abundantes en este último, estado su asociación caracterizada por los géneros *Parakrithe*, *Cytherella*, *Mauritsina*, *Trachyleberidea* y *Oertliella*; en el caso de Colina, *Parakrithe*, *Asciocythere*, *Bairdia*, *Mauritsina* y *Schuleridea* son los géneros más abundantes.

Estas agrupaciones son típicas de un ambiente marino de plataforma interna, conclusión apoyada por los bajos porcentajes de foraminíferos planctónicos. No encontramos ningún indicio por las faunas estudiadas de que existiera un ambiente con fuertes variaciones de salinidad.

El corte de Berberana-Hozalla (Rodríguez-Lázaro y Lamolda, 1982) presenta ciertas diferencias respecto de los dos anteriores. Los valores de los foraminíferos planctónicos son sensiblemente superiores (25 %) para los niveles margosos que consideramos; los ostrácodos son de una abundancia parecida a la existente en San Pantaleón, si bien los géneros más característicos son *Bairdoppilata*, *Bythocypris*, *Pontocyprilla*, *Oertliella* y *Mauritsina*, que indican unas condiciones de plataforma más externa para este corte.

Los mencionados autores indican un progresivo acercamiento a la costa para los últimos niveles de este tramo margoso, aunque para el nivel concreto de los nódulos de celestina todavía las condiciones serían de plataforma externa. Tal cambio de las condiciones deposicionales puede deberse a la presencia de discontinuidades en el conjunto margoso infrayacente a las calizas con *Lacazina* del Valle de Losa, hecho apoyado por otro tipo de datos actualmente en estudio.

Las espículas de esponjas, aunque presentan una distribución amplia, son más abundantes y se conservan mejor en ambientes más profundos (Martín, 1982), que el de plataforma interna que es, en parte, nuestro caso. Sin embargo, las evidencias petrográficas que han quedado conservadas en el interior de las masas irregulares de sílex, prueban su existencia en este ambiente. Tengamos presente que el océano en este momento geológico ofrece un máximo de fertilidad biosilíceica (Steinberg, 1981).

Origen de la celestina

Algunos ejemplos conocidos de celestina formada en contextos sedimentarios

Las manifestaciones más importantes de celestina, en ocasiones asociada con barita, aparecen en rocas de diferentes edades y lugares. Las más importantes corresponden a lechos de considerable potencia y con un indudable interés geológico-minero, lo que les confiere la categoría de menas. Las concentraciones minoritarias, generalmente nodulosas, han pasado a un segundo plano y son menos tratadas.

El origen de la celestina formando lechos de po-

tencia notable (varios metros) y continua, es considerado como singenético. Está relacionada con ambientes evaporíticos, según las evidencias petrográficas encontradas, siendo admitido generalmente que el Sr se encuentra en el agua del mar, previamente aportado por las aguas continentales.

Müller (1962) establece la secuencia de precipitación en el siguiente orden: carbonato-carbonato más celestina-celestina-alternancia de celestina-anhidrita y, por último, anhidrita.

Sanz de Galdeano *et al.* (1976) describen en Granada (sur de España) un yacimiento de celestina lenticular con diferentes texturas, asociada con yesos lacustres formados singenéticamente. Parte de la celestina es removilizada posteriormente por aguas termales formando geodas. La fuente del Sr proviene del continente que pasa a las aguas del medio.

Este yacimiento ha sido reinterpretado por Martín *et al.* (*in press*) considerando que la celestina reemplaza sinsedimentariamente a un carbonato estromatolítico, que lateralmente pasa a yesos seleníticos de edad Tortoniense-Messiniense inferior. Los estromatolitos se desarrollaron en el margen costero de una cuenca marina en desecación, debido a la existencia allí de lentes de agua dulce. En ellos abundan los filamentos de *Scytonema*. La mineralización aconteció sub-superficialmente en la zona de mezcla de aguas de los acuíferos costeros. El Sr e ión sulfato provienen ambos de las aguas de la cuenca.

Brodtkorb *et al.* (1982) consideran que los lechos de celestina y barita de Neuquen (oeste-centro de Argentina), asociados a evaporitas, son de origen singenético, según criterios estratigráficos y de análisis de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. También encuentran removilizaciones posteriores que rellenan cavidades o se disponen en forma de venas claramente epigenéticas.

Otros autores estudian la celestina y la consideran formada durante un proceso diagenético más o menos dilatado en el tiempo, aunque el contexto sea también evaporítico.

Así, Chabout-Mosfai *et al.* (1978) y Fuchs (1979) describen en Túnez central y Argelia, un tipo de nódulos de celestina cuyo aspecto es semejante al encontrado por nosotros en el Valle de Losa. No obstante, su celestina presenta una mayor diversidad de formas y se dispone en capas o nódulos (de edad infra-Montiense) o bien en geodas asociadas a fluorita (supra-Montiense). Dicha celestina se considera diagenética y formada sinsedimentariamente, o en la diagénesis temprana, en un medio muy litoral, incluso supramareal evaporítico, lo que le confiere carácter de indicador paleogeográfico de un dominio árido a semiárido. Este tipo de materiales dan paso a formaciones fosfatadas. También muestran en un determinado afloramiento (Raas el Ain) la sustitución gradual de la celestina por sílex hasta constituir un lecho continuo de sílex.

Olaussen (1981) describe al sureste de Noruega,

en materiales carbonatados y margosos del Silúrico, dos tipos de celestina diagenética que es considerada como evidencia de condiciones evaporíticas. El primer tipo, de origen diagenético temprano, se presenta en forma de nódulos constituidos por agregados de pequeños cristales dentro de una dolomicrita. El segundo tipo, diagenético tardío, como cristales anhedrales relleno intraporos e interporos.

En resumen, la celestina aparece generalmente en contextos sedimentarios evaporíticos como mineral: a) singenético, generalmente formando lechos continuos; b) diagenético temprano; c) diagenético tardío (por removilización).

Si la diagénesis continúa en un medio rico en bicarbonato, la celestina puede pasar a calcioestronciana (Salter y West, 1965). La celestina puede ser sustituida por cuarzo, de una variedad que generalmente corresponde a cuarcina (length-slow chalcedony). La existencia de cuarcina y minerales de estroncio es considerado como evidencia de un previo depósito evaporítico (West, 1973).

Origen de los nódulos estudiados

El proceso de silicificación producido se debe enmarcar dentro de una secuencia más amplia de procesos diagenéticos, donde es necesario la previa formación de los nódulos de celestina.

Los problemas a resolver son la procedencia de los sulfatos y del Sr y la fuente de la sílice, que reemplaza a la celestina una vez formada. Por otra parte, es necesario explicar la formación de los nódulos de celestina en un ambiente sedimentario que no parece propicio para la existencia de fluidos ricos en sulfatos capaces de reaccionar con el Sr liberado.

Fuente de sulfatos

Por todo lo expresado anteriormente, respecto al ambiente de depósito, no parece que los materiales que albergan los nódulos de celestina se hayan formado en un medio propicio para suministrar ellos mismos los fluidos ricos en sulfatos para la constitución de la celestina.

Por tanto, este suministro se debió producir con posterioridad a la sedimentación de los materiales, durante el proceso diagenético, siendo transportados de una fuente rica en sulfatos relativamente cercana.

Sugerimos que la situación favorable a este aporte pudo producirse de dos maneras: a) que en la serie, de carácter regresivo, se alcanzaran estadios de llanura de marea/sabkha, y con ello concentraciones de evaporitas, principalmente de sulfatos. Estas evaporitas pudieron ser posteriormente solubilizadas por aguas superficiales, que percolaron, ya cargadas de estas sales, a través del sedimento infrayacente en vías de diagenitización.

Este mecanismo propuesto por Olausen (1981) y Elorza-Rodríguez Lázaro (*in press*), es el que intenta explicar la existencia de celestina y anhidrita en sus respectivos trabajos.

b) Por lixiviación de los yesos del Keuper aflorantes en los diapiros de Orduña, Murguía, Villasana de Mena, Salinas de Rosío y Salina de Añana (fig. 1). La migración lateral, en condiciones favorables, de fluidos ricos en sulfatos a través del sedimento pudo favorecer la formación de celestina al hacer reaccionar a aquéllos con el Sr.

Existen datos (Stackelberg, 1960) que indican que el movimiento halocinético de los materiales del Keuper en esta región se inició ya en el Albiense y prosigue durante el Cenomanense, alcanzando un máximo de actividad en el Turonense, lo cual queda reflejado en un hiato estratigráfico. Sin embargo, es en el Campaniense superior cuando llega a aflorar, para seguir su actividad en el Eoceno y Oligoceno.

En nuestro caso la primera hipótesis no parece factible, pues en esta área sólo hay registro de un ambiente de plataforma marina, sin modificaciones importantes. Sin embargo, a nuestro juicio, parece factible que la actividad de los diapiros y la fácil solubilidad de los yesos del Keuper en su ascenso y salida al exterior en el Campaniense superior sea la principal fuente de sulfatos.

Fuente del estroncio

La distribución del Sr en rocas carbonatadas ha sido estudiada por numerosos autores y recopilada por Veizer y Demovic (1974). Según estos últimos autores el Sr presenta una distribución bimodal, con una alta concentración en rocas tanto de ambientes hipersalinos como de alta profundidad, frente a una baja concentración en rocas de ambientes litoral, nerítico y batial poco profundo. Sugieren que la alta concentración pudiera ser explicada porque los sedimentos presentan una mineralogía rica en aragonito, mientras que el bajo contenido en Sr se debe al predominio de calcita.

Respecto a la fuente del estroncio, es generalmente aceptado que puede provenir de dos formas principalmente: a) como liberado durante la transformación de aragonito a dolomicrita (Wood y Shaw, 1976; Illing *et al.*, 1965; Olausen, 1981). b) durante la transformación de aragonito a calcita (Kinsman, 1969; Veizer y Demovic, 1974; Olausen, 1981; Longman y Mench, 1978).

Aceptación basada principalmente en los datos de Kinsman (1969), que muestra cómo un sedimento aragonítico llega a poseer una concentración media en Sr de 8.000 p. p. m. y cómo éste, al pasar a dolomita, pierde gran parte del Sr, quedando entre 600-700 p. p. m. Asimismo, las calizas que proceden de un sedimento aragonítico rico en Sr pueden pasar a contener tan solo 350 p. p. m.

En nuestro caso, pensamos que es más probable la segunda manera, aunque no debemos descartar completamente la primera, ya que en la serie sedimentaria existen procesos de dolomitización parcial, que pueden también aportar parte del Sr necesario.

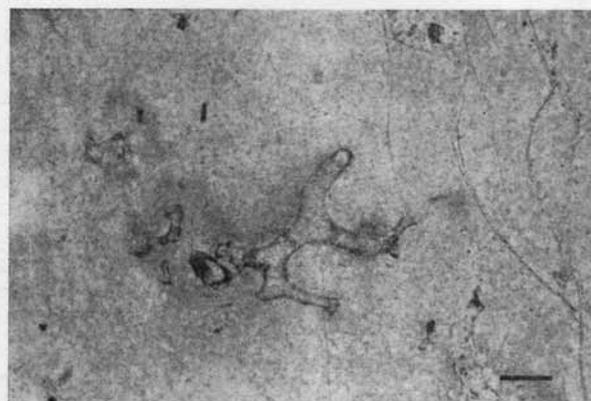
Fuente de la sílice

Los nódulos de celestina en gran medida sustituidos por cuarcina-lutecita, precisan de una fuente suficientemente próxima de sílice. Según Upchurch *et al.* (1981) las posibles fuentes de sílice en contextos sedimentarios son: a) por diagénesis de sílice biogénica (ópalo A); b) por diagénesis de sílice volcánicas; c) por meteorización de arcillas; d) por precipitación directa del agua del mar.

En nuestro estudio pensamos que el principal aporte de sílice proviene por disolución de la sílice biogénica, ya que dentro del nivel de margas arcillosas que contiene a los nódulos de celestina, aparecen



A



B

Fig. 7.—A. Resto de espícula de esponja sustituida por carbonato (a) englobada en un conjunto de esferulitos de cuarcina/lutecita. (N. x.); B. *Idem.* con N. // . Escala = 30 μ .

masas de sílex irregulares en contacto con estos nódulos, que presentan un sílex microcristalino con restos evidentes de espículas de esponjas silíceas (¿lilitisteadas?) sustituida selectivamente por carbono (figura 7).

Esta fuente es también admitida para las geodas de cuarzo (cauliflower-like) de Tubilla del Agua (norte de Burgos) interpretadas como resultado de un proceso de silicificación con cuarcina, de antiguos nódulos de anhidrita formados en una diagénesis temprana (Elorza y Rodríguez-Lázaro, en prensa).

La solubilidad de la sílice biogénica (ópalo A) correspondiente a los caparzones de las espículas, etc., es de 210 p. p. m. en un medio con un pH < 9 a 25°C, lo cual favorece una fácil disolución de éstas, y su reemplazamiento por carbonato. En el ejemplo estudiado la sílice liberada migró hasta sustituir parcial o totalmente a la celestina precipitando en forma de cuarzo fibroso (cuarcina-lutecita), cuya solubilidad resulta ser de 6 p. p. m. en las mismas condiciones (Krauskopf, 1979).

A lo largo de la diagénesis tuvo, pues, lugar el encuentro de los fluidos ricos en sulfato con el Sr liberado, formándose los nódulos de celestina en una primera etapa. Posteriormente aconteció el proceso de silicificación. En la mayoría de los nódulos encontrados, la celestina que no ha sido sustituida sufre posteriormente un proceso de removilización que produce un vaciado selectivo muy importante, quedando solamente el entramado de las paredes formadas por cuarcina-lutecita.

Conclusiones

- Los nódulos de celestina se encuentran dentro de un único nivel de margas arcillosas (Santonense medio-terminal) en el Valle de Losa.
- El crecimiento de estos nódulos se produjo durante la diagénesis temprana, de manera expansiva con inclusión de restos de lamelibranquios, espinas de equínidos, briozoos, etc. La pureza de la celestina es muy alta; no se encuentran restos de barita.
- El Sr pudo ser liberado durante la transformación del componente aragonítico, existente en el sedimento, a calcita. Como fuente adicional de Sr se sugiere el liberado durante el proceso de dolomitización parcial de la serie.
- Se sugiere como fuente del sulfato a los yesos del Keuper. Los fluidos ricos en sulfatos al migrar lateralmente a través del sedimento en vías de diagenetización y reaccionar con el Sr liberado produjeron los nódulos de celestina.
- Posteriormente la celestina fue sustituida por cuarzo (cuarzina-lutecita). La fuente de la sílice debió ser principalmente biogénica, ya que po-

seamos evidencias petrográficas sobre la existencia de espículas de esponjas en clara proximidad con los nódulos de celestina.

Agradecimientos

Los autores agradecen sinceramente a la doctora M. A. Bustillo (C. S. I. C. de Madrid) y al doctor J. M. Martín (Universidad de Granada) las sugerencias y lectura crítica efectuada del manuscrito. A la doctora M. I. Arriortua (Dpto. de Cristalografía, Universidad del País-Vasco) por los análisis efectuados a las muestras de celestina según la técnica EDAX, en la Universidad de Toulouse. La responsabilidad de las ideas vertidas en el trabajo recaen exclusivamente en los autores. Agradecemos también a B. Bernedo por el mecanografiado cuidadoso del manuscrito.

Bibliografía

- BRODTKORB, M. K.; RAMOS, V.; BARBIERI, M. y AMETRANO, S. 1982. The evaporitic celestite-barite deposits of Neuquén Argentina. *Mineral Deposita*, 17, 423-436.
- CHAUBOUT-MOSTEFAL, S.; DEVOLVE, J. J.; FUCHS, Y.; MENANT, G. y RIVIERE, M. 1978. Sur les niveaux a célestite de Tunisie Centrale et du Sud-Constantinois. *Sci. de la Terre*, 22, 291-300.
- ELORZA, J. J. y RODRÍGUEZ-LÁZARO, J. Late Cretaceous quartz geodes after anhydrite from Burgos, Spain. *Geological Magazine* (in press).
- FUCHS, Y. 1979. Über Erzlagerstätten im Tertiär von Tunesien und Constantinois. *Verh. Geol. B.-A.*, 3, 311-319.
- ILLING, L. V.; WELLS, A. J. y TAYLOR, J. C. M. 1965. Penecontemporary quartz geodes in the Persian Gulf. *Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Publ.*, 13, 89-111.
- KINSMAN, D. J. 1969. Interpretations of Sr²⁺ concentrations in carbonate minerals and rocks. *J. Sediment. Petrol.*, 39, 486-508.
- KRAUSKOPF, K. B. 1979. *Introduction to Geochemistry*. (2nd Ed). Mc Graw Hill, New York, 617 págs.
- LONGMAN, M. W. y MENCH, P. A. 1978. Diagenesis of Cretaceous limestones in the Edwards aquifer system of South-Central Texas: A Scanning electron microscope study. *Sedimentary Geology*, 21, 241-246.
- MARTÍN, J. M. 1982. Caracterización ambiental de los carbonatos marinos fósiles. *Bol. Geol. Minero* 93-2, 99-114.
- MARTÍN, J. M.; ORTEGA HUERTAS, M. y TORRES RUIZ, J. Genesis and evolution of strontium deposits of the Granada basin (SE. Spain). Evidence of diagenetic replacement of a stromatolite belt. *Sedimentary Geology* (in press).
- MÜLLER, G. 1962. Zur Geochemie des Strontiums in ozeanen Evaporiten unter besonderer Berücksichtigung der se-

- dimentären Coelestin-Lagerstätten von Hemmelte West. *Geologie, Beiheft*, 35 págs.
- OLAUSSEN, S.
1981. Formation of celestite in the Wenlock, Oslo Region Norway. Evidence for evaporitic depositional environments. *Jour. Sediment. Petrol.*, 51 (1), 37-46.
- OLIVE, A. y RAMÍREZ DEL POZO, J.
1978. Memoria, Hoja 1:50.000, "Villasana de Mena". Servicio de publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, 32 págs.
- RAMÍREZ DEL POZO, J. y DEL OLMO ZAMORA, P.
1979. Memoria, Hoja 1:50.000, "Orduña". *Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía*, 35 págs.
- RAMÍREZ DEL POZO, J. y AGUILAR TOMÁS, M.
1979. Memoria, Hoja 1:50.000, "Medina de Pomar". *Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía*, 42 págs.
- RAT, P.; AMIOT, M.; FEUILLEE, P.; FLOQUET, M.; MATHEY, B.; PASCAL, A. y SALOMON, J.
1982. Etapes et style de l'évolution de la marge cantabrique et de son arrière-pays (Espagne) au Crétacé. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 295, 247-250.
- RODRÍGUEZ-LÁZARO, J. M. y LAMOLDA, M. A.
1983. El Senoniense inferior del Valle de Losa (N. de Burgos) y sus microfaunas. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 9 (en prensa).
- SALTER, D. L. y WEST, I. M.
1965. Calciostrotrianite in the basal Purbeck Beds of Durlston Head, Dorset. *Mineralog. Mag.*, 35, 146-150.
- SANZ DE GALDEANO, C.; ORTEGA HUERTAS, M. y ARANA CASTILLO, R.
1976. Nuevo yacimiento de celestina en la Depresión de Granada. Estudio geológico y mineralógico. *Estudios geol.*, 32, 435-442.
- STACKELBER, U.
1960. *Der diapir von Munguia (Nordspanien)*. Tesis. Universidad de Bonn (inédito).
- STEINBERG, M.
1981. Biosiliceous sedimentation, radiolarite periods and silica budget fluctuations. *Oceanol. Acta. Actes 27^o Congress International de Geologie*, 149-154.
- UPCHURCH, S. B.; STROM, R. N. y NUCKELS, M. G.
1981. *Silicification of Miocene rocks from central Florida*. Symp. on the Miocene of the Southeastern United States.
- VEIZER, J. y DEMOVIC, R.
1974. Strontium as a tool in facies analysis. *J. Sediment. Petrol.*, 44, 93-115.
- WEST, I. M.
1973. Vanished evaporites. Significance of Strontium minerals. *J. Sediment. Petrol.*, 43 (1), 278-279.
- WOOD, M. W. y SHAW, H. F.
1976. The geochemistry of celestites from the Yate area near Bristol (U. K.). *Chem. Geol.*, 17, 179-193.

Recibido el 12 de septiembre de 1983.
Aceptado el 16 de enero de 1984.