

Estudio de los procesos de septarización, cementación y reemplazamiento de las concreciones carbonatadas asociadas al yacimiento de piritas de Navajún. Cuenca de Cameros (La Rioja)

Study of septarization, cementation and replacement processes of carbonate concretions associated to Navajun pyrite ore deposit. Cameros basin (La Rioja)

J. Alonso-Azcárate(*), M.I. Benito(**), J.R. Mas(**) y M. Rodas(*)

(*) Dpto. Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias Geológicas. 28040 Madrid

(**) Dpto. Estratigrafía. Instituto de Geología Económica C.S.I.C. Facultad de Ciencias Geológicas. 28040 Madrid.

ABSTRACT

Associated to the Navajún pyrite deposits (Cameros basin, North Spain), it appears a lutite horizon with decimetric carbonate concretions normally septarized. This septarization occurred during early diagenesis, and it provided a suitable place for precipitation of a quite complex cement sequence. This sequence evolves from calcitic cements precipitated during diagenesis to minerals such as pyrite, chlorite, quartz, barite and calcite precipitated during hydrothermal metamorphism that affected this area.

Key words: Septarized concretions, pyrite, diagenesis, hydrothermal metamorphism, Navajún, Cameros basin.

Geogaceta, 20 (3) (1996), 635-638
ISSN: 0213683X

Introducción

En la cuenca finijurásica-eocretácica de Cameros, en las provincias de Soria y La Rioja, se encuentran algunos de los yacimientos de piritas ornamentales más importantes del mundo debido a su tamaño, brillo y perfecto hábito cristalino.

Los yacimientos de pirita aparecen en todas las secuencias deposicionales del sector oriental de la cuenca, pero es en la Secuencia 4 de Mas *et al.*, (1993) de edad Barremiense donde encontramos las mineralizaciones de mayor importancia (Fig. 1). Se trata de depósitos de carácter fluvio-lacustre donde las piritas aparecen generalmente asociadas a materiales lutíticos sobre los que se disponen cuerpos canalizados de areniscas. Estos yacimientos han sido interpretados recientemente por Alonso-Azcárate *et al.*, (1995a) como producto del metamorfismo hidrotermal de bajo grado que afectó fundamentalmente al sector oriental de la cuenca.

Asociados al yacimiento de Navajún, que contiene la mineralización más importante por su calidad y volumen, aparecen una serie de concreciones carbonatadas de tamaño decimétrico. Estas concre-

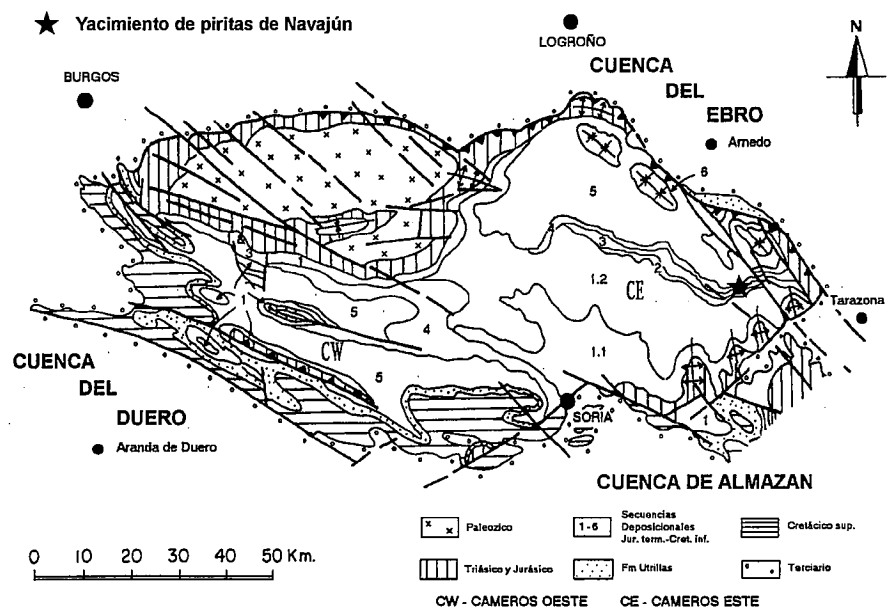


Fig. 1.- Mapa de situación de la Cuenca de Cameros y del yacimiento de piritas de Navajún.

Fig. 1.- Situation map of Cameros Basin and Navajún pyrite ore deposit.

ciones se localizan en el contacto entre uno de los niveles lutíticos mineralizados y los depósitos de canal suprayacentes y

aparecen frecuentemente septarizadas. La formación de estas septarias ha favorecido la precipitación de una secuencia bas-

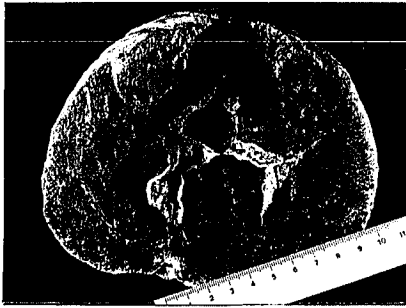


Fig. 2.- Concreción carbonatada septarizada en la que se aprecia la distribución de las septarias y algunos cementos que las rellenan. Barra de escala en centímetros.

Fig. 2.- Carbonatic septarized concretion showing the distribution of septarias and some of the cement filling them. Scale bar in centimetres.

tante compleja de cementos, calcílicos fundamentalmente, cuyo estudio ha sido de gran utilidad a la hora de esclarecer la historia postsedimentaria de los materiales de este yacimiento.

Estudio petrográfico de las concreciones septarizadas.

Las concreciones carbonatadas objeto de este estudio aparecen de forma dispersa a lo largo de un reducido horizonte dentro de la matriz lutítica. Tienen forma subsférica a esferoidal, presentan un tamaño variable de 8 a 30 cm en su diámetro máximo y están formadas por carbonato cálcico de grano fino de color oscuro.

Estas concreciones aparecen a menudo septarizadas formando generalmente un sistema interconectado de grietas, desde menores de 1 mm hasta 1 cm, que se

van estrechando a medida que se van acercando al exterior, presentando un aspecto poligonal (Fig. 2). Estas grietas aparecen cementadas fundamentalmente por calcita y en menor medida por cuarzo, clorita chamosítica y baritina, que generalmente no ocluyen toda la porosidad creada.

Se han reconocido varias generaciones de cementos que aparecen rellenando estas septarias:

La primera generación consiste en una franja muy continua de calcita marrón oscura de aproximadamente 0,4 a 1 mm de espesor, que se va haciendo más clara y con cristales de mayor tamaño hacia el interior de la cavidad. Su hábito es fibroso radiaxial y muestra la típica orientación de los cristales perpendiculares y divergentes y con los planos de exfoliación curvados (Fig.3;A-1) y Figs. 4a y 5a). Asimismo, presenta luminiscencia mate y terminaciones en zig-zag. Esta etapa de calcita oscura aparece siempre como la primera generación de cemento en la mayoría las septarias citadas en la bibliografía (Lindholm, 1974, Hudson, 1978; Dix y Mullins, 1985; Thyne y Boles, 1986; Siegel, *et al.*, 1987; Scotchman, 1991).

La segunda generación está formada por calcita de aspecto sucio y luminiscencia brillante que contiene gran cantidad de piritas de 10 a 100µm (Fig. 3;B-2, Figs. 4b y 5b). Esta calcita generalmente aparece en contacto con la calcita fibrosa radiaxial, con la que está comúnmente en continuidad cristalográfica, aunque otras veces aparece cementando pequeñas fracturas que cortan a la generación radiaxial previa (Fig. 3(F)).

La siguiente etapa aparece de manera muy discontinua en el interior de las septarias. Se halla comúnmente asociada a la presencia de estilolitos desarrollados en el contacto entre las septarias y la matriz (Fig. 3(E) y Fig. 5E), y en ocasiones se encuentran en pequeñas fracturas aisladas. Estos rellenos están formados por una primera etapa de clorita, que también reemplaza a la matriz y a los minerales precipitados anteriormente (Fig. 3;C-4 y Fig. 6b), y una posterior de cuarzo euhédrico (Fig. 3;C-5 y Fig. 5d). Este cuarzo está asociado a la presencia de las cloritas, a las que engloba, conteniendo a su vez numerosas inclusiones de pirita.

Posteriormente y rellenando los huecos remanentes tanto en las septarias como en las fracturas rellenas de clorita y cuarzo, aparece una última etapa de calcita de luminiscencia mate en ocasiones zonada. Esta calcita presenta una morfología en mosaico cuando rellena por completo las cavidades. Sin embargo, en las

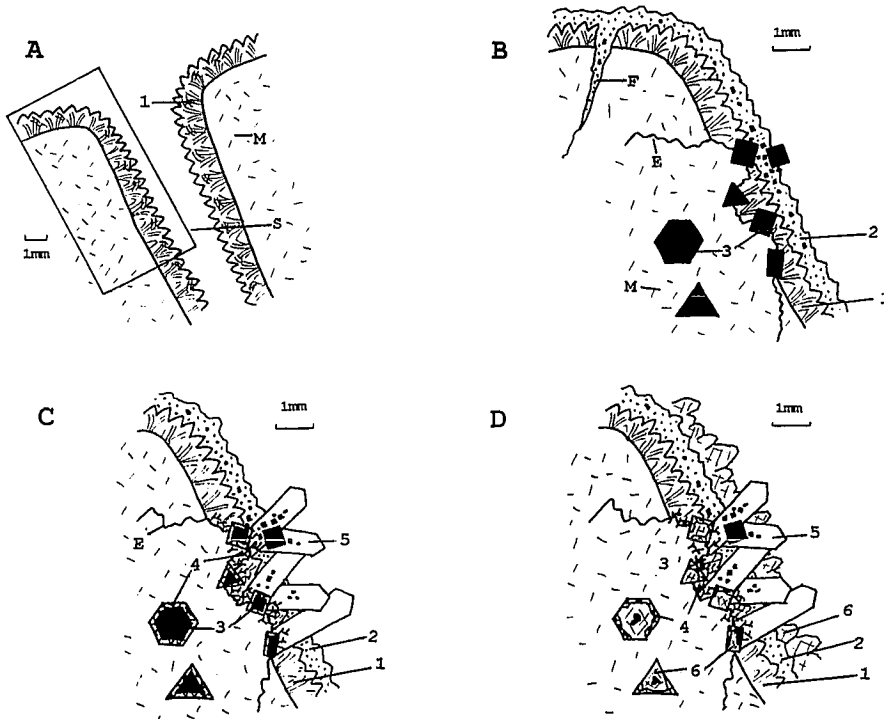


Fig. 3.- Secuencia de precipitación en el interior de las septarias (S) A. Desarrollo en el interior de las septarias de la primera generación de cemento calcítico fibroso radiaxial (1) B. Desarrollo de estilolitos (E) en el contacto entre la matriz (M) y la septaria; estos estilolitos van asociados a la precipitación calcita de aspecto sucio (2) y de pirita (3) C. Precipitación de clorita (4), que también reemplaza a la pirita, y de cuarzo (5). Ambos precipitan en el interior de las septarias a favor de los estilolitos desarrollados entre éstas y la matriz. D. Precipitación de calcita (6) con terminaciones en diente de perro que también reemplaza a las piritas y a las cloritas que las estaban sustituyendo.

Fig. 3.- Precipitation sequence inside septarias (S) A. Development inside septarias of brown dark radiaxial fibrous calcitic cement of the first generation (1) B. Stylolite development in the contact of matrix (M) and septarias. This stylolites are associated to dirty calcite (2) and pyrite (3) precipitation. C. Chlorite precipitation (4), which replace to pyrite as well, and quartz (5) precipitation. Both of them precipitate inside septarias in favour of stylolites developed between matrix and septarias. D. Dog tooth shape calcite precipitation (6) which replace as well pyrites and chlorites that were substituting them before.

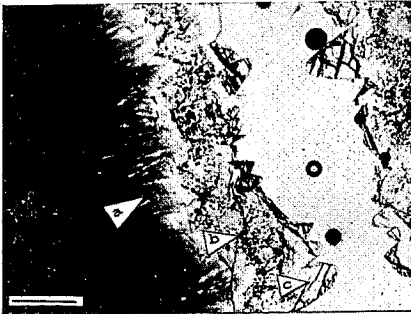


Fig. 4.- Primera generación de calcita oscura radiaxial fibrosa (a). (b) Segunda generación de calcita de aspecto sucio con inclusiones de pirita. c) Calcita con terminaciones en diente de perro. Barra de escala: 0,4mm.

Fig. 4.- First generation of brown dark fibrous radial calcite (a). (b) Second generation of dirty calcite with very small pyrite inclusions. c) Calcite with dog tooth shape. Scale bar: 0,4mm.

septarias mayores no termina por ocluir toda la porosidad presentando terminaciones en diente de perro (dog tooth)(Fig. 3;D-6 y Figs. 4c, 5e).

En el conjunto de la concreción se reconocen una serie de piritas de un tamaño que generalmente no supera los 2 mm. Estas piritas se encuentran por un lado de modo aleatorio en la matriz, y por otro asociado a los estilolitos que ponen en contacto a la matriz con las septarias (Fig. 3;B-3 y Fig. 5c). Cuando precipitan en el interior de las septarias generalmente se encuentran junto a la calcita de aspecto sucio de la segunda generación.

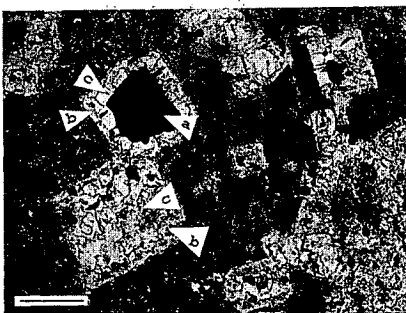


Fig. 6.- Piritas (a) precipitadas en la matriz que están sustituidas en gran parte por clorita (b) y carbonato cálcico que sustituye a ambos (c). Barra de escala: 0,4mm

Fig. 6.- Pyrites (a) precipitated in matrix. This pyrites are mostly replaced by chlorite (b) and calcium carbonate which replace both minerals (c). Scale bar: 0,4mm

Estas piritas presentan en su mayor parte los bordes muy corroídos, y aparecen englobando tanto a la matriz como a los cementos fibrosos de la primera etapa. A su vez, están sustituidas en parte por clorita y por calcita de luminiscencia mate que reemplaza a ambos minerales (Fig. 3;C-3,D3 y Fig. 6).

Por último, en algunas septarias y de forma muy dispersa aparecen cristales de baritina en forma de abanico (Fig. 7). Esta baritina se encuentra en contacto con los carbonatos de la primera y segunda generación de cementos a los que reemplaza en el contacto.

Discusión y conclusiones

El origen de estas concreciones carbonatadas se ha considerado comúnmente como muy temprano, habiéndose formado en el interior de los sedimentos cuando éstos todavía no estaban compactados (Coleman y Raiswell, 1981; Siegel, et al., 1987).

La formación de las septarias, posiblemente se produjo por deshidratación del núcleo, previamente blando, con la subsecuente formación de grietas de retracción (Raiswell, 1971; Pettijohn, 1975; Duck, 1995). Sin embargo otros autores (Astin, 1986; Astin y Scotchman, 1988) consideran que las septarias se forman como fracturas tensionales durante el enterramiento rápido y compactación de las arcillas que albergan a las concreciones.

La primera generación de cementos (Fig. 3;A1) comenzaría a precipitar durante la diagénesis temprana poco después de la formación de las septarias (Desrochers y Al-Aasam, 1991), pudiendo deber su color marrón oscuro a inclusiones de materia orgánica (Lindholm, 1974; Scotchman, 1991). Estos cementos habrían continuado creciendo durante el enterramiento perdiendo progresivamente el color oscuro y aumentando el tamaño de los cristales, aunque en todo momento habrían precipitado en condiciones reductoras. Esto lo pone de manifiesto su luminiscencia mate que implica la existencia de Fe²⁺ (inhibidor de la luminiscencia) y de Mn²⁺ (activador) sustituyendo al Ca²⁺ en la red de la calcita (Machel, et al., 1991).

La segunda generación (Fig. 3;B-2) también habría precipitado bajo condiciones reductoras. Este hecho se manifiesta no sólo por la presencia de piritas en su interior, sino por su luminiscencia brillante que implica una baja relación Fe²⁺/Mn²⁺ en la calcita (Machel, et al., 1991) y que se debería a que parte del hierro dis-

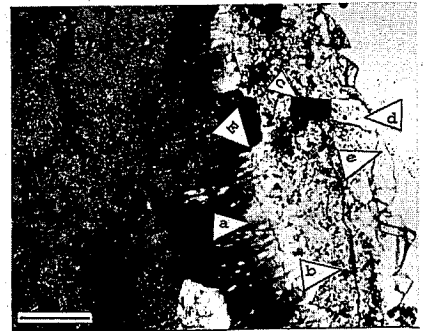


Fig. 5.- Estilolito (E) desarrollado en el contacto de la matriz con los cementos radiaxiales de la septaria (a). b) Cemento de calcita de aspecto sucio. c) Piritas. d) Cuarzo. e) Calcita en diente de perro. Barra de escala: 0,2mm

Fig. 5.- Stylolite (E) developed between matrix and fibrous cement of septaria (a). Dirty calcite cement, b) Pyrites. c) Quartz. d) Dog tooth shape calcite. Scale bar: 0,2mm

ponible estaría formando las piritas asociadas a este carbonato.

La existencia de estas piritas micro-métricas en el interior de la calcita, junto con el hecho de que comúnmente es esta segunda etapa de calcita la que se encuentra en contacto con las piritas de mayor tamaño del interior de las septarias, nos lleva a pensar que ambos minerales precipitaron conjuntamente.

Estas piritas mayores cercanas al milímetro (Fig. 3;B-3), también crecerían reemplazando a la matriz, y a favor de los estilolitos que se comportarían como zonas de discontinuidad que permitirían el paso de fluidos. Estos estilolitos se estarían formando durante esta etapa al igual que las fracturas que se rellenaron con la calcita brillante de aspecto sucio.

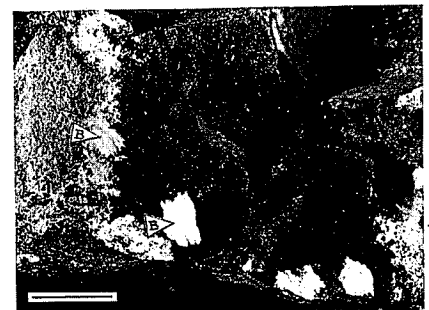


Fig. 7.- Baritina (B) en forma de abanico dentro de la septaria. Barra de escala: 1 cm.

Fig. 7.- Fan shape baryte (B) inside septaria. Scale bar: 1cm.

Todo lo anteriormente expuesto implicaría que durante esta etapa se produjo una variación en las condiciones del medio, que probablemente estaría relacionada con la etapa de metamorfismo hidrotermal que afectó a esta zona, dando origen a estas piritas (Alonso-Azcárate, *et al.*, 1995a). Este metamorfismo fue definido en base a inclusiones fluidas, asociaciones minerales y determinación de los parámetros cristaloquímicos en filosilicatos por Casquet *et al.* (1992), Barrenechea *et al.* (1995), y Alonso-Azcárate *et al.*, (1995b).

Tras esta etapa se habría producido la precipitación de los minerales silicatados, generalmente en relación a la presencia de los estilolitos desarrollados en el contacto entre la matriz y las septarias, y que posiblemente continuaran siendo activos. En primer lugar habría precipitado la clorita (Fig. 3;C-4), que además reemplaza a los minerales previamente formados, y tras ella habría precipitado el cuarzo (Fig. 3;C-5) que englobaría y sustituiría en parte a las cloritas. En cualquier caso, la formación de estos minerales se habrían producido también durante la etapa del hidrotermalismo (Alonso-Azcárate, *et al.*, 1995a).

Por último estas concreciones habrían estado afectadas por una última etapa de carbonato con morfología en mosaico y terminaciones en diente de perro, que además de cementar algunos huecos remanentes, reemplazarían a los minerales formados anteriormente (Fig. 3;D-6). Esto se pone de manifiesto por el hecho de que tanto las piritas como las cloritas, e incluso el cuarzo, se encuentran reemplazados por este carbonato, que además

por sus características luminiscentes habría precipitado en un ambiente reductor. En este caso no podemos asegurar el hecho de si existían condiciones hidrotermales durante su precipitación, o si por el contrario precipitó durante el retrometamorfismo.

Con respecto a la aparición de baritina, y aunque dada su posición dentro de las secuencias cabe considerarlas de origen hidrotermal como sugieren Desrochers y Al-Aasam (1991), no podemos establecer exactamente el momento de su precipitación, ya que en ningún momento aparece en contacto con la pirita, cuarzo, clorita o última generación de carbonato. De cualquier forma consideramos que la hipótesis más plausible es que sea coetánea con estos minerales precipitados durante la etapa del metamorfismo hidrotermal.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PR- 179/91-3469 y PB-94-0054 de la UCM y DGICYT respectivamente. Queremos agradecer la colaboración de Pedro Ansorena y Antonio Ross por habernos facilitado la entrada a la mina de Navajún y habernos suministrado amablemente parte del material estudiado, y a Jose Luis González por haber realizado el trabajo fotográfico.

Referencias

- Alonso-Azcárate, J.; Rodas, M.; Mas, R.; Velasco, F. (1995a). *Geogaceta*, 18, 180-183.
- Alonso-Azcárate, J.; Barrenechea, J.F.; Rodas, M.; Mas, R. (1995b). *Clay Minerals*, 30, 407-419.
- Astin, T. R. (1986). *Clay Minerals*, 21, 617-631.
- Astin y Scotchman, 1988. *Sedimentology*, 35, 349-368.
- Barrenechea, J.F.; Rodas, M.; Mas, R. (1995). *Clay Minerals*, 30, 89-103.
- Casquet, C.; Galindo, C.; González Casado, J.M.; Alonso, A.; Mas, R.; Rodas, M. Barrenechea, J.F. (1992). *Geogaceta*, 11, 22-25.
- Coleman, M.L.; Raiswell, R. (1981). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 45, 329-340.
- Desrochers, A.; Al-Aasam, I.S. (1991). *Jour. Sed. Petrol.*, Vol. 63, nº 2, 282-294.
- Dix, J.R.; Mullins, H.T. (1985). *Jour. Sed. Petrol.*, Vol. 57, nº 1, 140-152.
- Duck, R.W. (1995). *Jour. Geol. Soc. (London)*, 152, 151-156.
- Hudson, J.D. (1978). *Sedimentology*, 25, 339-379.
- Lindholm, R.C. (1974). *Jour. Sed. Petrol.*, vol. 44, nº 2, 428-440.
- Machel, H.G. Mason, R.A.; Mariano, A. N.; Micci, A. (1991). *SEPM Short Course*, 25, 9-25.
- Mas, J.R.; Alonso, A., Guimerá, J. (1993). *Rev. Soc. Geol. España*, 6 (3-4), 129-144.
- Pettijhon, F. J. (1975). *Sedimentary rocks* (3rd edition).
- Raiswell, R. (1971). *Sedimentology*, 17, 147-171.
- Scotchman, I.C. (1991). *Sedimentology*, 38, 79-106.
- Siegel, D.I.; Chamberlain, S.C.; Dossert, W.P. (1987). *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v.99, 385-394.
- Thyne, G.D.; Boles, J.R. (1986). *Jour. Sed. Petrol.*, vol. 59, nº 2, 272-279.