

Fábricas cristalinas del yeso secundario de reemplazamiento de glauberita: aplicación en prospección de sulfato sódico

Crystalline fabrics of secondary gypsum after glauberite replacement: utility for sodium sulphate prospection

F. Orti, L. Rosell y A. Lascorz

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica; Universitat de Barcelona; Zona Universitària de Pedralbes; Barcelona 08071.

ABSTRACT

Many sodium sulphate formations deposited during the Miocene in the sedimentary basins of the Iberian Peninsula are currently exposed to the weathering action on the surface or close subsurface. A common replacement product of glauberite in these formations is secondary gypsum. This type of gypsum very frequently preserves extensive pseudomorphic lithofacies inherited from the glauberite precursors, and also typically displays some particular crystalline fabrics (reticulate, acicular) which characterize this replacement process. Both the pseudomorphic (macroscopic) lithofacies and the microscopic textures may be used together as diagnostic features in geological prospecting of surficially weathered sodium sulphate formations.

Key words: *glauberite, secondary gypsum, pseudomorphs, crystalline fabrics, Miocene, Iberian Peninsula.*

Geogaceta, 17 (1995), 49-52
ISSN:0213683X

Introducción

Bajo el término "yeso secundario" la literatura evaporítica hace referencia a las rocas de yeso que proceden de la hidratación de formaciones anhidríticas preexistentes. El proceso de hidratación asociado forma parte del ciclo diagenético del sulfato cálcico, consistente en: 1) sedimentación de yeso primario, 2) transformación de éste en anhidrita de reemplazamiento con la subsidencia, y 3) exhumación final y reconversión de la anhidrita en yeso secundario en condiciones de meteorización.

La petrología de la transformación de la anhidrita (ya sea anhidrita de reemplazamiento profundo o anhidrita primaria/ sinsedimentaria) en yeso secundario es de gran complejidad y el proceso, en sí mismo, suele ser multietápico. Entre otros, los trabajos de Holliday (1970) y Mossop y Shearman (1973) distinguieron claramente entre texturas alabastrinas y porfiroblásticas en este yeso. Estudiando formaciones evaporíticas de la Península Ibérica, Ortí (1977) destacó la gran riqueza en componentes de las fábricas alabastrinas (matriz microcristalina, cristales eu- y subhedrales, componentes de extinción no uniforme, etc.) y distinguió la variedad megacristalina como una tercera variedad textural del yeso secundario.

En la presente nota se describen las características petrológicas más relevantes de un segundo tipo de yeso secundario, el precedente del reemplazamiento de formaciones glauberíticas precursoras tras su exhumación. Aunque este tipo de yeso es mucho menos frecuente que el proveniente de la anhidrita, puede tener gran importancia en la prospección de yacimientos de sulfato sódico. Además de las texturas ya reconocidas en el yeso secundario que procede de la anhidrita, arriba citadas, en este otro tipo de yeso secundario se desarrollan otras fábricas alabastrinas que parecen específicas de la transformación de la glauberita en yeso, como ya fue apuntado en las observaciones de Mendiña *et al.*, (1984).

Litofacies yesíferas heredadas de la glauberita

En las formaciones continentales del Terciario de la Península Ibérica se conocen unidades evaporíticas de baja concentración o "sistemas lacustres marginales", y de alta concentración o "sistemas lacustres centrales" (Ortí *et al.*, 1989). La existencia de sal y sulfatos sódicos se localiza en los grandes sistemas evaporíticos centrales de las cuencas del Ebro y del Tajo, donde estos sulfatos son explotados desde hace

tiempo (Ortí y Salvany, 1991). También en la cuenca de Calatayud, donde la sal era conocida por sondeos antiguos, se ha puesto de manifiesto recientemente el carácter glauberítico original del núcleo de la unidad Yesos de Calatayud (Ortí y Rosell, 1994).

En superficie, las sales sódicas (halita, thenardita/mirabilita) de todas estas formaciones se disuelven, mientras que los sulfatos con calcio (anhidrita, glauberita, polihalita) son reemplazados en diverso grado por el yeso secundario, tras el lixiviado de sulfato con Na, K y Mg. La distinción precisa y sistemática entre formaciones de yeso secundario provenientes de anhidrita o de glauberita ha sido un problema genético difícil de resolver (fig. 1A). No obstante, en los últimos años los numerosos trabajos de extracción en canteras y de ampliación de la red viaria han permitido el estudio de cortes nuevos a través de las formaciones centrales que ahora nos ocupan y la resolución parcial del referido problema.

Así, el carácter pseudomórfico del yeso secundario según glauberita precursora ha sido ya observado por varios autores en algunas formaciones yesíferas centrales de las cuencas del Ebro (Mendiña *et al.*, 1984; Salvany, 1989), del Tajo (Calvo *et al.*, 1992; Lascorz y Ortí, 1993) y de Calatayud (Ortí y Rosell,

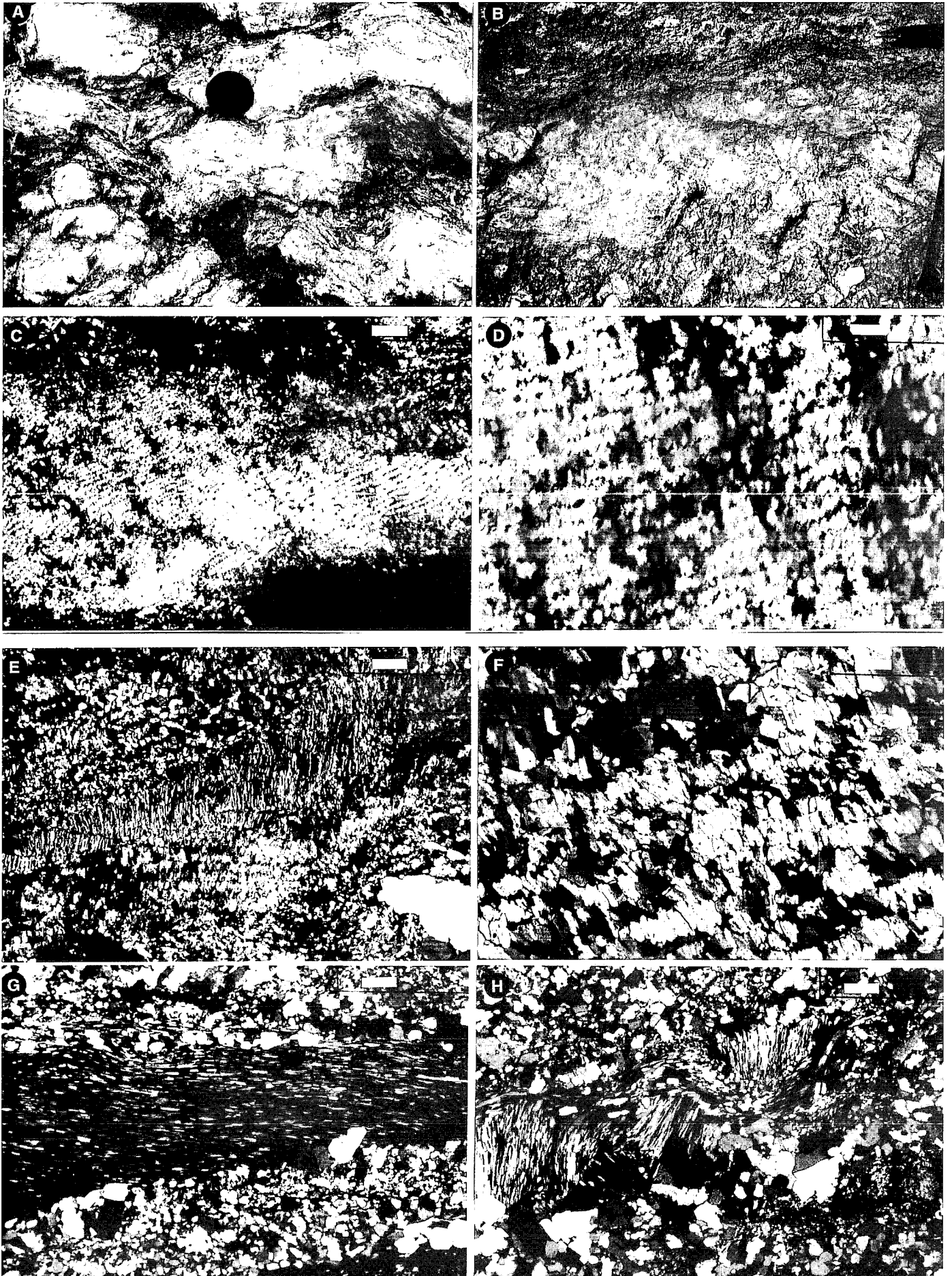


Fig. 1. Litofacias y fábricas del yeso secundario alabastrino proveniente del reemplazamiento de glauberita. Yesos de Calatayud (Mioceno), corte de la Autovía de Aragón (Km. 237). Todas las microfografías (e-h) están tomadas en nicóles cruzados.

A) Litofacias bandeado-nodular, heredada de la glauberita precursora, mostrando deformación; la mayoría de contornos cristalinos pseudomórficos se han perdido; diámetro de la escala: 6 cm.

B) Litofacias masiva-pseudomórfica, heredada de glauberita precursora; obsérvese el aplastamiento y encurvamiento de muchos pseudomorfos; el martillo (parte derecha) sirve de escala.

C) Fábrica reticular correspondiente a un área pseudomórfica de una sección tabular de glauberita, elongada paralelamente a la micrografía, mostrando el microbandeado. Posición de máxima iluminación; barra: 0.32mm.

D) Detalle del microbandeado de un área reticular que muestra extinción óptica de los prismas poco homogénea. Posición de máxima iluminación; barra: 80 μ m.

E) Fábricas alabastrinas: matriz microcristalina (extremos superior izquierdo e inferior derecho), reticular (centro de la mitad inferior) y reticular de prismas con tendencia acicular (franja central oblicua); barra: 0.32 mm.

F) Fábrica reticular con tendencia a la definición de bloques de prismas y a la desorganización de las microbandas (extremo superior izquierdo); barra: 0.32 mm.

G) Fábrica acicular (franja central) intercalada entre matriz alabastrina; barra: 0.16 mm.

H) Bloques y áreas fusiformes con fábrica acicular (zona central) correspondientes a un pseudomorfo glauberítico, rodeados por matriz alabastrina; barra: 0.32 mm.

Fig. 1 Lithofacies and crystalline fabrics of alabastrine secondary gypsum rocks from glauberite replacement. Calatayud Gypsum unit (Miocene); section in the Autovía de Aragón (km 237). All photomicrographs (e-h) were taken under cross polars.

A) Nodular-banded lithofacies inherited from glauberite precursor, displaying deformation; most pseudomorphous boundaries have been lost; scale diameter: 6 cm.

B) Pseudomorphous-massive lithofacies inherited from glauberite precursor; many pseudomorphs are flattened and bent; the hammer (right side) is used for scale.

C) Reticulate fabric showing microbanding in a pseudomorphous tabular section of glauberite precursor. Position of maximum illumination; scale bar: 0.32 mm.

D) Detail of microbanding in a reticulate area displaying an unhomogeneous optical extinction pattern in the individual prisms. Position of maximum illumination; scale bar: 80 μ m.

E) Alabastrine fabrics: microcrystalline matrix (upper left and lower right parts), reticulate area (centre of the lower half) and reticulate band with prisms displaying an acicular tendency (central oblique band); scale bar: 0.32 mm.

F) Reticulate fabric in which a tendency to individualize prismatic blocks appears, as well as a progressive disorganization of the microbands (upper right part); scale bar: 0.32 mm.

G) Acicular fabric (central band) intercalated between alabastrine matrix; scale bar: 0.16 mm.

H) Spindle-shaped areas with acicular fabric, corresponding to a glauberite pseudomorph, enclosed in an alabastrine matrix; scale bar: 0.32 mm.

1994). Los pseudomorfos según glauberita, de tamaño desde milimétrico a centimétrico (fig. 1B), se agrupan definiendo algunas de las litofacias conocidas en las formaciones glauberíticas originales (nodular, nodular-bandeada, bandeada, laminada, masiva-fluidal, macrocristalina intersticial, etc.) resumidas en Salvany y Ortí (1992). En general, en los cortes frescos la apreciación del carácter pseudomórfico es cómoda cuando se trata de yeso secundario alabastrino de grano fino y tono claro, y más dificultosa cuando se trata de yeso megacristalino integrado por cristales transparentes de centimétricos a decimétricos. Con frecuencia se pone de manifiesto el carácter marcadamente tabular de los pseudomorfos y su deformación, apreciándose que éstos están estirados, curvados e incluso plegados. Tales signos de deformación cristalina nunca han sido observados en las formaciones glauberíticas originales (muestras de mina, sondeo o afloramiento), por lo que estos hechos sugieren que en la yesificación de los cristales de glauberita éstos pierden volumen

y rigidez, obteniéndose unos pseudomorfos más o menos aplastados y deformados, debido a la compactación por la cobertera.

Fábricas cristalinas

Se ha realizado un estudio petrográfico de muestras de yeso secundario procedentes del reemplazamiento de glauberita seleccionadas de tres formaciones evaporíticas: 1) unidad Salina del Mioceno de la cuenca del Tajo, en la zona de Esquivias-Borox-Añover; 2) unidad Yesos de Calatayud, del Mioceno de la misma cuenca, en los cortes de la autovía, de la ermita de San Roque y otros próximos; 3) unidad de sulfatos sódicos perteneciente a la Formación Kirmir, del Mioceno de la cuenca Bepazari (Anatolia Central, Turquía) (Yagmurlu y Helvacı, 1994).

Además de los típicos componentes y fábricas cristalinas que constituyen el amplio grupo alabastrino (Ortí, 1977), en las tres formaciones estudiadas se ha identificado al menos estas dos fábricas alabastrinas:

A) **Reticular**. Esta fábrica, inicialmente citada como "estructura reticulada" en Mendiña et al., (1984) en la unidad glauberítica de Cerezo de Río Tiron (prov. de Burgos), se caracteriza por la presencia de unas áreas de contornos irregulares y tamaños variables (orientativamente: 300 x 400 μ m) con aspecto general de malla o retículo laminar (fig. 1C). Estas áreas están integradas por una sucesión de microbandas dispuestas paralelamente entre sí. Cada microbanda viene definida por un alineamiento de pequeños cristales rectangulares o prismático-hexagonales (30-50 μ m) elongados perpendicularmente al microbandeado y con extinciones ópticas muy próximas entre sí (fig. 1D). La separación entre microbandas viene dada tanto por la presencia de microcristales de yeso (10-15 μ m) con extinciones ópticas claramente diferentes de las de los cristales de las microbandas, como por pequeñas partículas de material encajante (arcilla, micrita carbonatada, óxidos de Fe detríticos, etc.).

Cada área reticular se ilumina y extingue de un modo relativamente homogéneo, pero es perceptible la individualidad de los numerosos cristales que componen las microbandas. Otras veces, sin embargo, la extinción se da por franjas oblicuas e incluso perpendiculares al microbandeado. Ello es particularmente apreciable cuando las microbandas se encuentran deformadas o plegadas.

En algunas microbandas los prismas se hacen muy estrechos (unas 15 μ m) y muestran tendencia acicular (fig. 1E). Igualmente, los prismas pueden hacerse mayores, alcanzando longitudes de más de 100 μ m. En otras áreas los prismas se desorientan progresivamente y constituyen bloques prismáticos formados por un número variable de individuos (fig. 1F); finalmente, los prismas llegan incluso a desorganizarse dando individuos con orientaciones al azar.

B) **Acicular**. Esta fábrica, inicialmente citada en Ortí y Rosell (1994), se compone de láminas o áreas irregulares integradas por numerosos cristales prismático-elongados de tendencia acicular, con anchuras próximas a 10 μ m. Las acículas están orientadas paralelamente entre sí y a las láminas (fig. 1G); estas últimas pueden describir engrosamientos y ondulaciones dando áreas fusiformes y organizaciones aciculares de aspecto fluidal.

Además de estas dos fábricas, es frecuente observar en la matriz alabastrina cierta tendencia a una morfología y orientación cristalina preferente, ofreciendo el aspecto de un mosaico de microcristales equigranulares con extin-

ciones ópticas más o menos comunes.

Las fábricas descritas pueden coexistir en una misma lámina delgada y realizar tránsitos graduales entre sí; igualmente se mezclan con las fábricas alabastrinas típicas conocidas en el yeso secundario procedente de la hidratación de la anhidrita. En particular, es frecuente el tránsito entre áreas reticulares y áreas de extinción no uniforme, así como la presencia de generaciones de cristales eu- y subhedrales de yeso crecidos sobre las fábricas reticulares y aciculares. Igualmente, es frecuente observar que todo el conjunto textural da muestras de deformación (rotura, flexión de las exfoliaciones, encurvamiento de las microbandas, etc.) y de recristalización. En general, la presencia de inclusiones relictas de glauberita es muy limitada en todas estas fábricas de yeso secundario.

Relación entre pseudomorfos y fábricas

En algunas láminas delgadas es posible observar una relación entre áreas reticulares y pseudomorfos de glauberita. Las primeras muestran sus microbandas paralelamente, o con bajo ángulo, respecto a las secciones prismático-tabulares de estos últimos. El estiramiento y deformación de los pseudomorfos se manifiesta en una desorganización progresiva de las áreas reticulares. En ocasiones también puede observarse que algunos pseudomorfos están constituidos por áreas de fábrica acicular (fig. 1H). En las láminas correspondientes a pseudomorfos glauberíticos de pequeño tamaño (de inframilimétricos a pocos mm) la distinción de estas fábricas se hace más dificultosa.

La relación observada entre grandes pseudomorfos y áreas típicamente reticulares sugiere que existe un control cristalográfico -difícil de precisar- de la glauberita precursora sobre el crecimiento, orientación espacial y desarrollo de la fábrica reticular.

Similitud con otras fábricas de yeso

Las fábricas descritas (reticular, acicular) nunca han sido observadas en las rocas de yeso secundario procedentes de la hidratación de la anhidrita. Sin embargo, la presencia de microcristales prismáticos y aciculares de yeso, dispuestos tanto de un modo desorganizado como mostrando una tendencia a formar bloques o láminas, es conocida por los autores en los nódulos de yeso primario encontrados en la unidad Yesos de Calatayud (Rosell y Ortí, 1992). Aunque las fábricas en sí mismas no son equiparables, los elementos prismáticos que las integran sí muestran una similitud de hábito y tamaño cristalino.

Relaciones volumétricas entre las transformaciones de anhidrita y de glauberita en yeso secundario

En la hidratación de la anhidrita en yeso secundario:

$\text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
(100 vol. de anhidrita) (163 vol. de yeso)
las relaciones volumétricas molares (fase sólida) muestran un aumento teórico de volumen próximo al 63 % respecto al inicial. Este hecho ha llevado a muchos autores a interpretar que las fábricas cristalinas del yeso secundario están afectadas por deformación/recristalización debido a un hinchamiento. Otros autores (Shearman *et al.*, 1972) han comprobado que el proceso opera isovolumétricamente, siendo eliminado el exceso de sulfato cálcico; éste puede precipitar, eventualmente, como venas fibrosas cementantes (ver discusión en Ortí, 1977).

Por el contrario, en la disolución incongruente de la glauberita en yeso secundario:

$\text{CaNa}_2(\text{SO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Na}^+$
(100 vol. de glauberita) (75 vol. de yeso)
las relaciones volumétricas molares (fase sólida) muestran una pérdida de volumen próxima al 25 % respecto al inicial. En consecuencia, es de esperar la creación de porosidad para el caso de material encajante rígido, como carbonato litificado, o la reducción volumétrica y compactación del macizo para el caso de material encajante no rígido, del tipo arcilla en general. Esta última posibilidad es la más común en las formaciones glauberíticas de las cuencas terciarias que nos ocupan, pudiendo ser la causa de la pérdida de volumen y de la deformación de los pseudomorfos durante la yesificación ("aspecto migmatítico" de Menduiña *et al.*, 1984). Todos estos hechos también parecen quedar reflejados en los signos de distorsión y recristalización singenética de las fábricas cristalinas, antes referidos. La salida de sulfato sódico del sistema y su eventual precipitación como venas fibrosas es difícilmente observable, debido a la alta solubilidad de thenardita y mirabilita.

Interés del estudio petrográfico

Las observaciones petrográficas anteriores, junto con la diversidad geológica de las muestras estudiadas, indican que las fábricas citadas (reticular, acicular, tendencia al micromosaico orientado, etc.) son características del proceso de transformación de la glauberita en yeso secundario y, en este sentido, pueden usarse como diagnóstico.

Asociadamente a la inspección macroscópica de litofacies, el estudio petrográfico de muestras de yeso secundario en formaciones yesíferas en las que

se sospeche un paso en profundidad hacia glauberita (o sulfatos sódicos, en general), puede ser un sistema rápido y económico de investigación, complementario de otras metodologías de prospección. Ello es particularmente interesante porque el intento de distinguir geoquímicamente (principalmente por los contenidos en Sr) los dos tipos de yeso secundario, procedentes de anhidrita o de glauberita, no han dado por el momento resultados satisfactorios (Lascorz y Ortí, 1993).

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto DGICYT PB90-0485. Los autores agradecen al Dr. J.P. Calvo las observaciones y comentarios al manuscrito original.

Referencias

- Calvo, J. P., Alonso, A. M., García del Cura, M. A., Ordóñez, S., Rodríguez Aranda, J. P. y Sanz Montero, E. (1992): *Excursion Guidebook*, IGCP-324/GLOBALS Annual Meeting, Madrid (Spain), Junio 1992: 34 p.
- Holliday, D. W. (1970): *Jour. Sedim. Petrol.*, 40: 734-744.
- Lascorz, A. y Ortí, F. (1993): *Bol. Soc. Esp. Mineralogía*, 16-1: 45-46.
- Menduiña, J., Ordóñez, S. y García del Cura M.A. (1984): *Bol. Geol. Min.*, 95(1):33-51.
- Mossop, G.D. y Shearman, D. J. (1973): *Inst. Mining Metallurgy Transactions*, 82(804): B147-B154.
- Ortí, F. (1977): *Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, 32: 87-152.
- Ortí, F., Salvany, J. M., Rosell, L. y Inglés, M. (1989): *Geogaceta*, 6:103-104.
- Ortí, F. y Salvany, J. M. (1991): *Génesis de formaciones evaporíticas. Modelos andinos e ibéricos* (J. J. Pueyo, Ed.) Universitat de Barcelona:193-230.
- Ortí, F. y Rosell, L. (1994): II Congreso del G. E. T., Jaca, Resúmenes de Comunicaciones
- Rosell, L. y Ortí, F. (1992): IGCP-324 GLOBALS, *Annual Meeting*, Madrid 1992, Abstracts: 39-41.
- Salvany, J. M. (1989): *Tesis Doctoral*, Universitat de Barcelona, 397 p.
- Salvany, J. M. y Ortí, F. (1992): *Recursos minerales de España* (J. García Guinea y J. Martínez Frías, Eds.), Textos Universitarios C. S. I. C.: 1251-1274.
- Shearman, D. J., Mossop, G. D., Dunsmore, H. y Martin, M. (1972): *Inst. Mining Metallurgy Transactions*, 81(789): B149-B155.
- Yagmurlu, F. y Helvacı, C. (1994): *Sedimentology*, 41 (en prensa).
- Yagmurlu, F. y Helvacı, C. (1994): *Sedimentology*, 41: 847-860