

# Aproximación Genética de los Depósitos de Barita del Suroeste del Macizo Ibérico (España)

/ ADOLFO MIRAS (\*) / EMILIO GALÁN / MARIA JESÚS HERNÁNDEZ

Dpto. Cristalografía, Mineralogía y Q. Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla. Campus de Reina Mercedes. C/ Prof. García González nº 1, 41012 - Sevilla (España)

## INTRODUCCIÓN

En el Suroeste del Macizo Ibérico existen numerosos indicios y yacimientos de barita que figuran en los mapas metalogenéticos de España como filonianos de carácter epitermal o mesothermal, o bien en otros muchos casos con origen y morfología desconocidos. Su importancia económica potencial se estima en unas 700000 t (IGME, 1987), constituyendo una de las acumulaciones más importantes de España en este mineral industrial.

Según nuestras observaciones, existen diversas manifestaciones epigenéticas fáciles de reconocer, así como afloramientos estratiformes de barita con aparente carácter singenético, que encajan en materiales diversos, tanto por su litología, como por su edad y contexto geológico. Todo ello justifica su investigación desde un punto de vista descriptivo y genético, por lo que el objetivo de este trabajo es aportar nuevos datos geoquímicos y exponer una interpretación de los procesos que han dado lugar a la formación y actual disposición de estas mineralizaciones de barita.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

El Macizo Ibérico es la parte más occidental de la Cadena Hercínica Europea y se extiende por el Oeste de la Península Ibérica. Está constituido por rocas del Precámbrico hasta el Pérmico, que han sido plegadas intensamente durante la Orogenia Hercínica y también localmente por orogénias más antiguas (Herranz, 1984).

Las mineralizaciones de barita que aquí se estudian aparecen en la parte central de la Zona de Ossa-Morena en el Dominio de Zafra-Alanís. Córdoba (Quesada, 1983) (Fig. 1), que constituye uno de los segmentos más complejos del Macizo Ibérico. Se caracteriza por la

presencia de formaciones detríticas y vulcanosedimentarias del Rifeense-Vendiense, intensamente deformadas y metamorizadas (Complejo Esquistograuváquico, Fm. Loma del Aire y Fm. Malcocinado), sobre las que descansan en discordancia materiales detríticos (Fm. Torreárboles) que marcarían el tránsito Precámbrico-Cámbrico (Liñán, 1974). Encima se depositan diversas series detrítico-carbonatadas del Cámbrico inferior de ambiente de plataforma marina, compartimentada en pequeñas cuencas (Fm., Pedroche, Fm. Santo Domingo, Fm. Alconera), localmente con carácter arrecifal (biohermos de arqueocytidos). El resto del Cámbrico está constituido por una serie detrítica del Mariariense inferior-medio rica en fauna de trilobites (Fig. 2).

El resto del Paleozoico apenas aflora, asociado a grandes fracturas que lo han preservado de la erosión. También son comunes los afloramientos de rocas plutónicas ácidas y básicas y una densa red de fracturas y zonas de cizalla subverticales hercínicas, que producen una

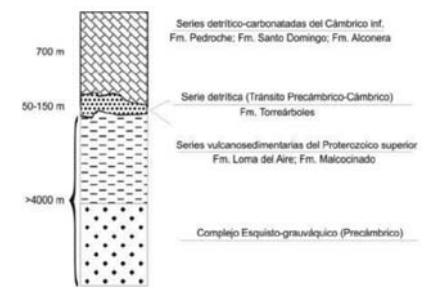


Fig. 2. Sección estratigráfica sintética del Dominio Zafra-Alanís-Córdoba.

compartimentación en bloques a todas las escalas y dificultan el establecimiento de la estratigrafía de la región. El metamorfismo regional de la zona sólo ha alcanzado condiciones de muy bajo grado o anquimetamorfismo, siendo en cambio significativos, los procesos relacionados con el hidrotermalismo (silicificación, oxidación de sulfuros, albitización, propilitización, ankeritización, etc).

## CARACTERIZACIÓN DE LAS MINERALIZACIONES

Las observaciones realizadas sobre las mineralizaciones de barita permiten establecer la siguiente agrupación en base a la edad y litología de los encajantes y en algunos casos según las relaciones tectónicas barita-encajantes: 1.- Barita en relación con formaciones detrítico-carbonatadas del Cámbrico inferior. Presentan tipologías muy variadas (pequeños cristales de barita detrítica, barita diseminada en la roca carbonatada, cementando suturas estilolíticas, lechos de barita masiva, barita laminar, nódulos de barita y barita en rellenos kársticos).

2.- Barita asociada a materiales vulcanosedimentarios del Proterozoico superior. Constituyen los yacimientos más importantes desde el punto de vista económico, ya que pueden aparecer lechos subverticales de barita masiva estratiforme y barita laminar de hasta



Fig. 1. Mapa geológico de la zona central de Ossa-Morena, indicando los principales depósitos de barita.

**palabras clave:** Barita, Macizo Ibérico, Geoquímica, Isótopos, Génesis.

**key words:** Barite, Iberian Massif, Geochemistry, Isotopes, Genesis.

una decena de kilómetros, alcanzando 3 m de potencia localmente.

3.- Barita en relación con fracturas posthercínicas. Encajan en rocas muy diversas (granitoides, vulcanitas, tobas, metacineritas, calizas, etc) y se disponen en filones que cortan la disposición general de los materiales encajantes. Predominan los filones subverticales, N170-190°E, N75°E, N30°E y N120°E (Fig. 3) con contactos netos, localmente brechificados y con grandes cristales tabulares de barita no deformados. El cuarzo es el principal mineral acompañante, aunque a veces también se pueden encontrar sulfuros y sus minerales de alteración y localmente siderita, calcita, hematites y goethita.

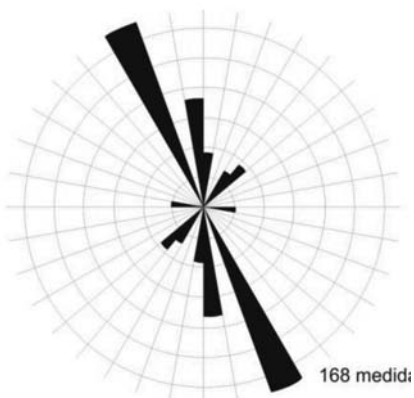


Fig. 3. Diagrama de las principales direcciones de fracturación posthercínica de la zona central de Ossa-Morena.

### GEOQUÍMICA DE LAS BARITAS/ROCAS ASOCIADAS

Se realizaron análisis químicos de 82 muestras de barita y 51 rocas encajantes y regionales. Los mayoritarios en baritas ( $\text{SO}_4(\text{Ba},\text{Sr})$  y  $\text{SiO}_2$ ) se determinaron por métodos gravimétricos (precisión  $\pm 1\%$ ), con disgregación de fusión alcalina. Los elementos Sr, Fe, Al, Cu, Pb y Zn se midieron por espectrofotometría de absorción atómica (precisión  $\pm 5\%$ ) tras ataque triácido (FH,  $\text{ClO}_4\text{H}$  y agua regia) y K, Ti, Zr, Cr, Sn, P y Cl mediante FRX con precisión similar.

La sílice es la impureza más importante de estas mineralizaciones, presentando una excelente correlación inversa con el  $\text{SO}_4(\text{Ba},\text{Sr})$ , lo que confirma las observaciones mineralógicas de campo y la silicificación como alteración predominante en las mineralizaciones.

Los valores medios están próximos al 0.4% lo que es de interés desde el punto de vista de su aplicación. En general, las baritas filonianas suelen tener menos sílice que las estratiformes, y las que tienen menor proporción

son las kársticas.

Los valores de SrO están próximos al 1%, aunque descienden cuando se incrementa la silicificación. Las proporciones en SrO en baritas filonianas son menores que en estratiformes y más aún que en kársticas. La escasa sustitución isomórfica de Sr/Ba en las baritas filonianas puede deberse a la baja temperatura de formación (Church, 1979; Barbieri et al., 1984), postulándose un origen por recristalización de barita preexistente (dispersa o estratiforme), de modo que el Ba es extraído preferentemente de la disolución de cristales previos, mientras el Sr que es más móvil, puede lixiviarse, dándose el bajo contenido en SrO señalado. En Cerro del Hierro, los valores de SrO son algo más elevados y presentan zonaciones locales debido a la formación en diversas etapas de recristalización tras la disolución kárstica de calizas. Además la correlación inversa del Sr frente al Cl permite incluir la participación de aguas meteóricas, poco salinas, en la formación de baritas kársticas.

Sobre la composición química de las rocas encajantes merece la pena destacar el elevado contenido en sílice, incluso de las rocas carbonatadas, en relación a otras rocas similares en la región, lo que evidencia la silicificación antes mencionada, y el elevado contenido en SrO de las calizas, lo que junto con la presencia de barita diseminada nos señalan a estas rocas como portadoras de elementos mineralizantes.

### DATOS ISOTÓPICOS DE AZUFRE Y ESTRONCIO

Las razones isotópicas de azufre se determinaron en Geochron Laboratories (USA). Han sido expresadas como  $\delta^{34}\text{S}\%$  relativas al estándar TCD ( $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}=0.450045$ ) oscilando los valores obtenidos entre 17.5 - 32.7‰, correspondiendo los valores más elevados a las tipologías estratiformes, mientras que las baritas filonianas y kársticas no superan 26‰

La mayor parte de los valores en  $\delta^{34}\text{S}\%$  en baritas estratiformes y diagenéticas están próximos a los establecidos para el agua del mar durante el Proterozoico superior-Cámbrico inferior (Claypool et al., 1980 ( $x=31$ , según Maynard & Okita, 1991), mientras que en las rocas encajantes los valores obtenidos son muy dispersos (2.3 - 42.3.). En las baritas filonianas, los datos isotópicos de azufre, ligeramente inferiores a 30‰, ponen de manifiesto una fuente mixta asociada a la disolu-

ción de baritas estratiformes previas y al lixiviado de las rocas encajantes. De todas maneras, en esta zona las razones isotópicas de las soluciones mineralizantes originales han debido sufrir desviaciones significativas por la actuación de procesos de diagénesis, recristalización y alteración.

Las determinaciones de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fueron realizadas en un espectrómetro de masas VG Micromass® 54E, normalizando las medidas a la razón del estroncio natural  $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$  y corregidas con el estándar N.B.S. SRM 987 ( $\text{SrCO}_3$ ), cuyo valor obtenido condujo a valores medios de  $0.71024 \pm 3$  ( $2\sigma$ ).

Los datos de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $1/\text{Sr}$  (Fig. 4) no manifiestan un relación que permita interpretar una historia simple en la precipitación de la barita, sino que parecen indicar la participación de diversos fluidos mineralizantes con diferentes composiciones isotópicas, complicadas con procesos de alteración, recristalización, etc.

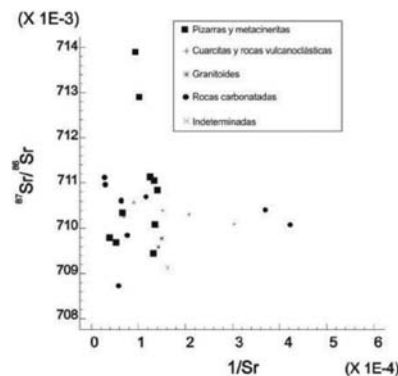


Fig. 4. Diagrama de razones isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $1/\text{Sr}$ , agrupando los datos por la naturaleza de las rocas encajantes.

En las baritas que encajan en pizarras y metacineritas se da la mayor dispersión de estas razones isotópicas debido al enriquecimiento en  $^{87}\text{Sr}$  producido por la desintegración del rubidio contenido en los materiales metapelíticos. Las baritas que encajan en otros materiales (granitoides, cuarzitas, rocas vulcanoclásticas groseras, etc) no muestran razones isotópicas de estroncio especialmente elevadas.

Los datos isotópicos de Sr obtenidos en baritas y en las rocas encajantes carbonatadas de la Fm. Santo Domingo muestran una clara filiación entre sí, mientras que los valores en las pizarras del Proterozoico son netamente inferiores y podrían descartarse como portadores del Ba necesario para formar las mineralizaciones.

Los valores obtenidos en muestras carbonatadas ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7092 \pm 4$ ) están próximos a los estimados para el agua

del mar durante el Cámbrico inferior (Knoll, 1991), y su elevado contenido en Sr (>2000 ppm) es congruente con los datos medios de aguas subsuperficiales marinas (Durum & Haffty, 1963). La comparación de estos datos con los de las baritas estratiformes permite estimar un origen del aporte de elementos mineralizantes procedentes de las rocas carbonatadas, por la disolución mediante fluidos superficiales procedentes de un ambiente sedimentario marino.

Los valores isotópicos de Sr en las baritas filonianas son relativamente homogéneos (Fig. 5), mostrando un rango de  $0.7105 \pm 5$ , concordante con los datos referidos para baritas de origen hidrotermal en numerosos yacimientos (Barbieri et al., 1984). El solapamiento de estos valores con algunos de los datos obtenidos en baritas estratiformes parece confirmar el modelo genético de formación de filones de barita a partir de mineralizaciones previas.

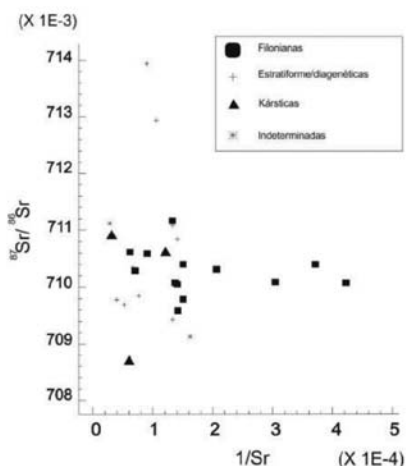


Fig. 5. Diagrama de razones isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $1/\text{Sr}$ , agrupando los datos por la tipología de las mineralizaciones.

En la representación de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  (Fig. 6) se obtiene una gran acumulación de valores por debajo de 0.1 en  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ , lo que indica valores en Rb homogéneos y además no se ajustan a ninguna línea isócrona que pudiera trazarse en este tipo de diagramas, por lo que no se puede establecer la composición isotópica inicial y por tanto es imposible realizar dataciones en estas muestras (sistema isotópicamente abierto).

## CONCLUSIONES

Destacar la existencia de una importante anomalía geoquímica positiva en Ba en la parte central de la Zona de Ossa-Morena, que se manifiesta mediante numerosas mineralizaciones y yacimientos explotables de barita con diversas tipologías (estratiformes, filonianas y kársticas) y

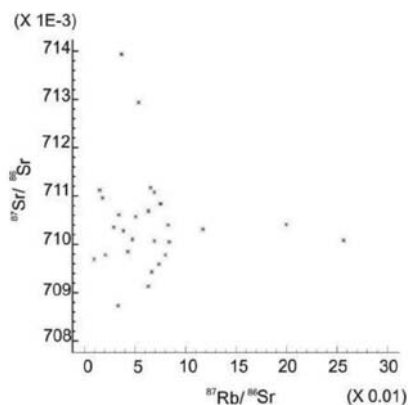


Fig. 6. Diagrama de razones isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  en las muestras estudiadas por el enriquecimiento en Ba de las rocas encajantes.

Se ha puesto de manifiesto una clara relación entre el contenido en Sr y la tipología de la barita (filonianas < estratiformes < kársticas), congruente con una génesis para las mineralizaciones filonianas por movilización y recristalización de baritas preexistentes. Esto parece confirmarse con los datos isotópicos de azufre y estroncio. La procedencia del Ba es incierta en las mineralizaciones estratiformes precámbricas, mientras que en el Cámbrico parece claramente ligada a los materiales carbonatados del Cámbrico inferior.

## AGRADECIMIENTOS

A todos los compañeros del Dpto. de Cristalografía de la U.S. en el homenaje al Prof. Galán

## REFERENCIAS

- Barbieri, M., Masi, U., Tolomeo, L. (1984): Strontium Geochemical Evidence for the Origin of the barite deposits from Sardinia, Italy. *Econ. Geol.*, 79, 1360-1365.
- Church, T.M. (1979): Marine Barite. In: R.G. Burns (Ed.), *Marine Minerals. Reviews in Mineralogy*, 7, Mineral. Soc. Am., 175-209.
- Claypool, G.E., Holser, W.T., Kaplan, I.R., Sakai, H. Zak, I. (1980): The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation. *Chem. Geol.*, 28, 99-260.
- Durum, W.H. & Haffty, J. (1963): Implications of the minor element content of some major streams of the world. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 27, 1-11.
- Herranz, P. (1984): El Precámbrico y su cobertura Paleozoica en la región centro-oriental de la provincia de Badajoz. Ph. D.

Thesis, Complutense University, Madrid. 1220 pp.

IGME (1987): *Minerales no metálicos*. Bol. Inf. Econ.-Min., Ministerio de Industria y Energía.

Knoll, A.H. (1991): El final del Eón Proterozoico. *Scientific American* (Spanish ed.), 12, 26-34.

Liñan, E. (1974): Las formaciones cámbricas del norte de Córdoba. *Acta. Geol. Hispanica*, 9 (1), 15-20.

Maynard, J.B. & Okita, P.M. (1991): Bedded barite deposits in the United States, Canada, Germany, and China: Two major types based on tectonic setting. *Econ. Geol.*, 86, 364-376.

Quesada, C. (1983): El Carbonífero de Sierra Morena. En: C. Martínez (Ed.), *Carbonífero y Pérmico de España*. IGME. 243-278.