

Geoquímica de los fluidos asociados a estructuras filonianas mesozoicas del anticlinal de Talayuelas (Cordillera Ibérica, Cuenca)

Geochemistry of fluids associated to Mesozoic veins of the Talayuelas anticline (Cuenca, Iberian Ranges)

J. Tritilla (*), E. Cardellach (**) y J. Huerta (***)

(*) Depto. Cristalografía, Mineralogía i Dipòsits Minerals. Universidad de Barcelona. Martí i Franques s/n. 08028 Barcelona.

(**) Depto. de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona. 08193 Bellaterra.

(***) CGS-OGDEN. Corazón de María 15. 28002 Madrid.

ABSTRACT

In the Talayuelas anticline (Cuenca province, Iberian Ranges) many quartz-siderite and barite \pm quartz veins associated to Mesozoic faulting are found. They reflect an intense hydrothermal activity dominated by upwelling hot fluids of ultimate surficial origin (150 to 160 °C and up to 25% NaCl eq. salinity) that mixed with colder, less saline, descending solutions. Barite sulfate is related to the leaching of evaporites of Triassic to Jurassic age. The fluid circulation was probably enhanced by the high geothermal gradient related to the graben stage during the development of the Iberian rift.

Key Words: Iberian Ranges, hydrothermal fluids, stable isotopes, fluid inclusions, barite, Mesozoic.

Geogaceta, 20 (7) (1996), 1563-1566
ISSN: 0213683X

Introducción

El estudio de los filones hidrotermales de sarrollados en fracturas es de gran interés por cuanto permite conocer no sólo el origen y las condiciones de formación de los mismos sino también porque ponen de manifiesto el alcance de la actividad hidrotermal durante el período de deformación.

En el sector suroriental de la Cordillera Ibérica aparecen numerosos depósitos filonianos de Ba-Cu-(Hg-Sb) encajados tanto en el zócalo Paleozoico como en la cobertera Triásica (Buntsandstein y Muschelkalk). Ejemplo de ellos son los de la Sierra de Espadán (Castellón; Tritilla y Cardellach, 1993), Sierra Calderona (Valencia) o Cerro de la Plata (Teruel). Depósitos similares aparecen en el anticlinal de Talayuelas (provincia de Cuenca), donde en un conjunto de estructuras de dirección E-W y NW-SE, que afectan tanto al basamento Paleozoico como a la cobertera Mesozoica, se emplazan filones de cuarzo (\pm siderita) y ocasionalmente de baritina (Huerta, 1996).

En este trabajo se presentan datos de microtermometría de inclusiones fluidas, análisis mediante "crush-leach" de los fluidos en las inclusiones y datos de isótopos estables de oxígeno en muestras de cuarzo y de azufre en baritinas con el fin de conocer el origen y composición de los fluidos, las condiciones de formación de los minerales filonianos y su relación con la evolución estructural de este sector de la Cordillera Ibérica. origen y composición de los fluidos, las condi-

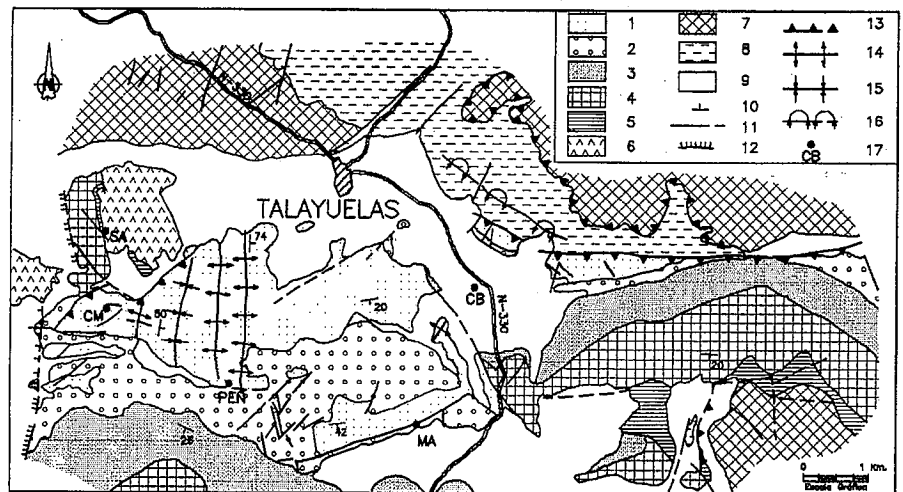


Fig. 1.- Mapa geológico del anticlinal de Talayuelas. Leyenda: (1) Ordovícico inferior. Cuarzitas y pizarras; (2) Conglomerados de Boniches; (3) Limos y areniscas de Alcotas; (4) Areniscas del Cañizar; (5) facies Muschelkalk; (6) facies Keuper; (7) Jurásico (Lías); (8) Cretácico inferior; (9) Cuaternario; (10) estratificación; (11) falla; (12) falla normal; (13) falla inversa o cabalgamiento; (14) anticlinal; (15) sinclinal; (16) sinclinal tumbado; (17) indicios estudiados reflejados en Tabla 1.

Fig. 1.- Geological map of the Talayuelas anticline. Legend: (1) Lower Ordovician. Quartzites and slates; (2) Boniches Conglomerates; (3) Alcotas Silts and Sandstones; (4) Cañizar Sandstones; (5) Muschelkalk facies; (6) Keuper facies; (7) Jurassic (Lias); (8) Lower Cretacic; (9) Quaternary; (10) bedding; (11) fault; (12) normal fault; (13) thrust and reverse faults; (14) anticline; (15) syncline; (16) overturned syncline; (17) ore deposits referred on Table 1.

ciones de formación de los minerales filonianos y su relación con la evolución estructural de este sector de la Cordillera Ibérica.

Situación geológica

La zona estudiada se localiza en el extremo suroccidental del anticlinorio de la Serranía de Cuenca (Viallard, 1971). Esta estructura regional consiste en una serie discontinua de áreas antiforcales de orientación ibérica (NW-SE). Cada una de ellas está formada por un núcleo paleozoico y una cobertera permotriásica más o menos desarrollada.

El anticlinal de Talayuelas es una estructura de dirección E-W con inmersión axial hacia el ESE (Fig. 1). En su núcleo aparece el Paleozoico formado por un tramo inferior de cuarcitas y pizarras (Tremadoc), una unidad intermedia de cuarcitas masivas y una superior de cuarcitas y pizarras (Arenig). Estos materiales están cubiertos por sedimentos permotriásicos en facies Buntsandstein y Muschelkalk, formando un tegumento del zócalo. El resto de la cobertera mesozoica está despegada a favor del Keuper.

En esta área, la deformación hercínica consiste en el desarrollo de una primera fase durante la que se generan pliegues de dirección N-S vergentes al E con clivaje pizarroso en pelitas y espaciado en las cuarcitas. Durante el Terciario, la deformación alpina provoca la formación de un pliegue que involucra al zócalo. En su núcleo, el zócalo y el tegumento tienen un comportamiento rígido, presentando numerosas fracturas. El resto de la cobertera mesozoica está afectada por una tectónica de pliegues y cabalgamientos controlada por niveles de despegue evaporíticos ubicados en el Muschelkalk medio y sobre todo, en el Keuper.

Las estructuras alpinas más importantes son grandes fallas de dirección WNW-ESE y E-O que hundren el flanco septentrional del anticlinal. Por el oeste, este anticlinal queda limitado por la falla de La Pasadera, de dirección NNE-SSO, que marca el borde oriental de la depresión de Teruel-Mira. Estos accidentes han jugado probablemente desde tiempos tardihercínicos. Los filones de baritina y cuarzo estudiados son subparalelos a las fallas de dirección WNW-ESE.

Mineralogía y muestreo

La mineralogía de los filones es sencilla y consiste en rellenos de cuarzo y carbonatos (siderita y dolomita), o de baritina acompañada por óxidos de hierro y ocasionalmente por cuarzo. Estos filones presentan potencias variables, desde centimétricas a decimétricas.

Se han estudiado muestras procedentes de los siguientes afloramientos: (1) Cerro de las Minas (CM), consistentes en rellenos de cuarzo con siderita, encajados en la Cuarcita Ar-

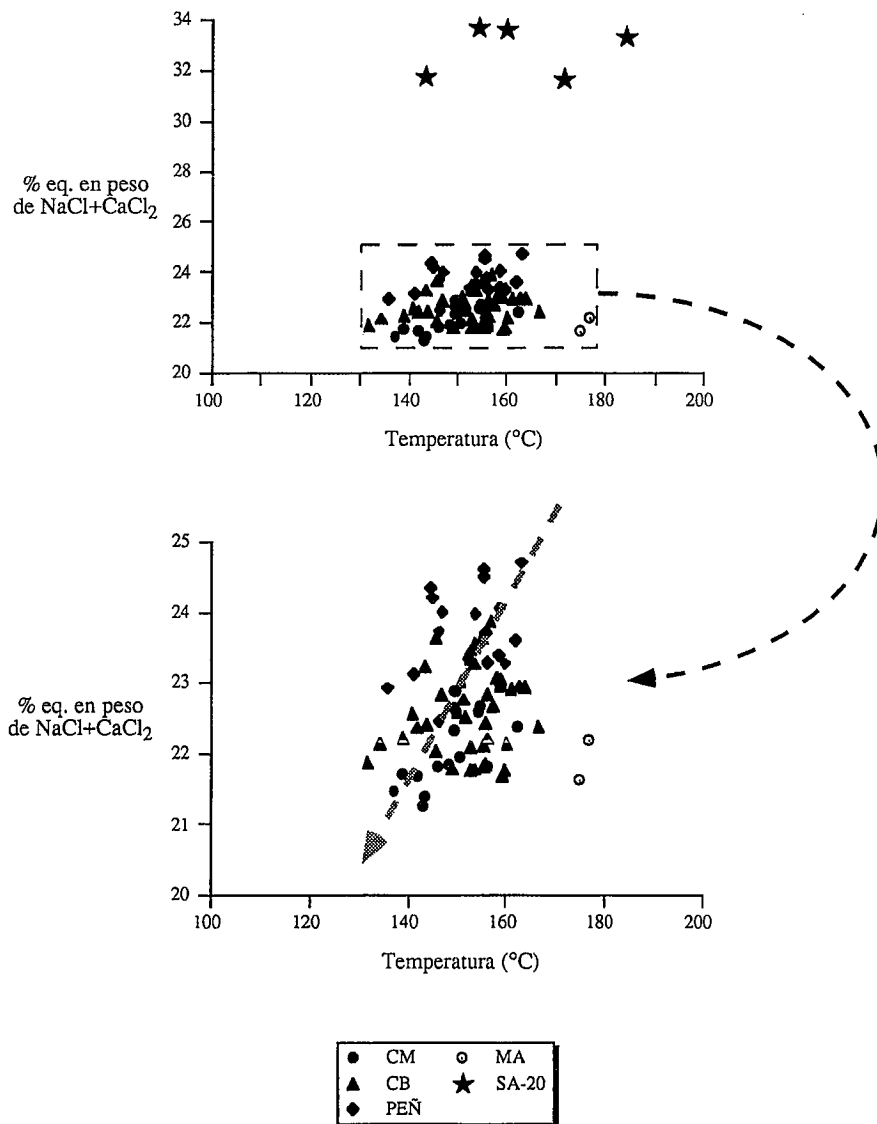


Fig.2.- (a) Datos de temperatura de homogeneización (°C) y salinidad (% eq. en peso de NaCl+CaCl₂) de las inclusiones fluidas en cuarzo; (b) Detalle del gráfico anterior de las inclusiones bifásicas; la disposición de estos datos sugiere una mezcla de soluciones (ver texto). CM: Cerro de las Minas; CB: Cerrito Baeza; PEÑ: Peña Roya; MA: Madroñerales; SA: Salaobreja.

Fig. 2.- (a) Homogeneization temperature (°C) vs salinity (wt % eq. NaCl+CaCl₂) plot for quartz-hosted fluid inclusions; (b) Enlargement of the previous plot for the bi-phase fluid inclusions field; the arrangement of data suggests a mixing between solutions (see text). CM: Cerro de las Minas; CB: Cerrito Baeza; PEÑ: Peña Roya; MA: Madroñerales; SA: Salaobreja.

moricana (Arenig), de espesor decimétrico rellenando fallas de desgarre N51E, sinestrales y N80E dextrales, de probable edad tardihercínica. En la misma zona y encajando en los mismos materiales existe una antigua explotación de Cu. (mina Santa Filomena), consistente en filones brechificados rellenos de tetraedrita y ganga de cuarzo con la misma dirección que los del Collado de las Minas; (2) Cerrito Baeza (CB), (3) Peña Roya (PEÑ) y (4) Madroñerales (MA): filones de siderita con cuarzo, de espesor decimétrico y dirección N120E asociados a fallas normales de dirección N110E-N120E y que cortan la formación Boniches

(Thuringiense, Pérmico superior, López *et al.*, 1985); y (4) Salaobreja (SA): filones de baritina con cuarzo de dirección N110E en el contacto entre el Buntsandstein y el Muschelkalk inferior de espesor no superior a los 30 cm. Es de destacar la intensa alteración desarrollada alrededor de los filones puesta de manifiesto por una decoloración de los materiales rojos permotriásicos.

Resultados analíticos

Microtermometría de inclusiones fluidas: Para el estudio microtermométrico se ha utilizado una platina Linkam THMS600. Los errores esti-

mados son de $\pm 0.2^\circ\text{C}$ a bajas temperaturas y $\pm 2^\circ\text{C}$ a altas temperaturas.

Se han distinguido dos tipos de inclusiones fluidas primarias en cristales de cuarzo: (1) bifásicas, constituidas por una solución salina y una burbuja de vapor no condensable (muestras CM, CB, PEÑ y MA); y (2) trifásicas, constituidas por una solución salina, un cubo de halita y una burbuja de vapor no condensable (muestra SA). El tamaño de las mismas se halla comprendido entre 15 y 100 μ , mostrando en ocasiones evidencias de estrangulamiento. Algunas muestras presentan abundantes sólidos atrapados identificados como carbonatos (muestra PEÑ) y moscovita (muestra CB).

Tanto la composición como la temperatura de homogeneización de las inclusiones fluidas bifásicas es muy constante. La hidrohalita funde a temperaturas comprendidas entre -27 y -25.5°C mientras que el hielo funde entre -23 y -21°C , indicando la presencia de importantes cantidades de cloruro cálcico en la solución. Se ha calculado la salinidad utilizando la ecuación de Oakes et al. (1990) para el sistema $\text{NaCl}-\text{CaCl}_2-\text{H}_2\text{O}$, obteniéndose valores totales comprendidos entre 21 y 25% en peso ($\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$) y cantidades de cloruro cálcico comprendidas entre 2.3 y 9.8 % en peso. La burbuja de vapor es incondensable y no se ha detectado CO_2 a partir de la fusión de clatrato. Las temperaturas de homogeneización varían entre 130 y 165°C (Fig. 2), observándose una cierta dispersión de los datos en una misma muestra que puede ser debida a pequeños fenómenos de estrangulamiento no detectados.

Las inclusiones trifásicas del inicio de baritina-cuarzo de Salaobreja (SA) presentan relaciones líquido+halita/vapor variables y una gran dispersión tanto de las temperaturas de disolución de la halita (T_s) como de las temperaturas de desaparición de la burbuja de vapor (T_b). No se han observado evidencias de estrangulamiento en estas inclusiones. En todos los casos la T_b es inferior a la T_s , hecho que podría indicar, en ausencia de estrangulamiento, bien el atrapamiento inhomogéneo de estas inclusiones a partir de una solución sobresaturada en cloruro sódico, con la presencia de cristales de halita en suspensión, bien la recristalización del cuarzo con la consiguiente pérdida de fluido por parte de las inclusiones, sin conservarse las relaciones volumétricas iniciales.

La representación de los datos obtenidos para las inclusiones fluidas bifásicas en un diagrama $\text{Th}/\text{Salinidad}$ (Fig. 2) sugiere la existencia de una mezcla entre una solución caliente y salina y una más fría y de menor salinidad. Asimismo, se observa una correlación positiva entre la temperatura de homogeneización y la cantidad de CaCl_2 presente en las salmueras.

Análisis mediante "crush-leach": Se han realizado análisis de la composición en halógenos (Br, Cl) en cuarzo de las muestras PEÑ, CM, MA y CB según el método de Bottrell et al.,

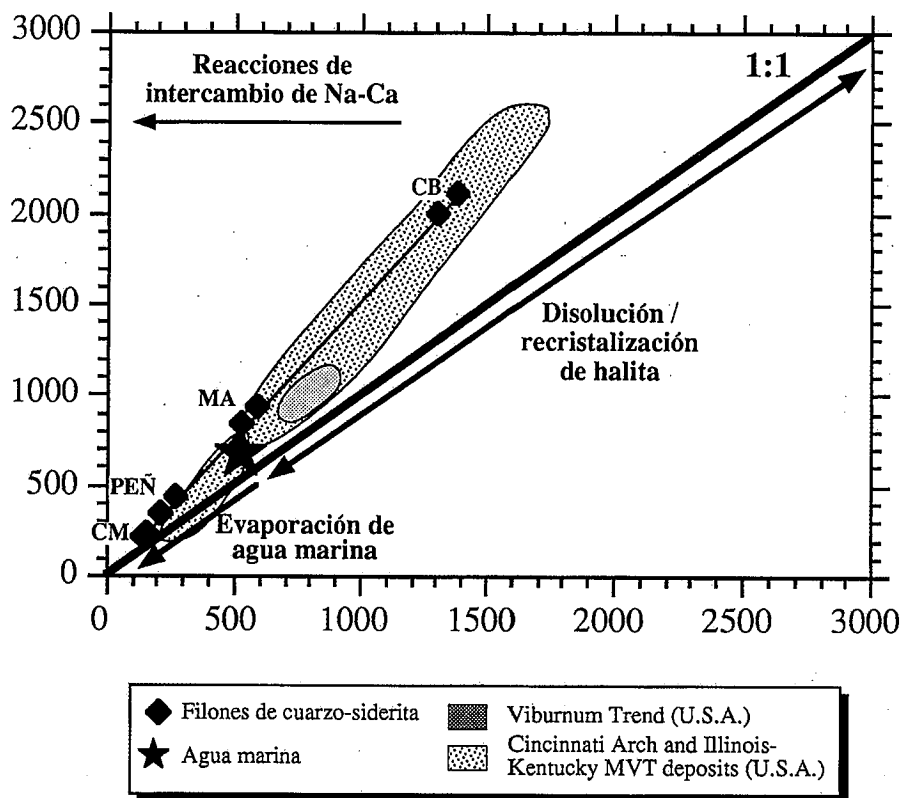


Fig. 3.- Composición en halógenos (Br, Cl) y Na de las inclusiones fluidas bifásicas. Asimismo se han representado como referencia las composiciones típicas en algunos yacimientos tipo MVT (datos de Kesler et al., 1995).

Fig. 3.- Halogen (Br, Cl) and Na compositions for the bi-phase fluid inclusions. Some MVT brine compositions have also been plotted as a reference (data taken from Kesler et al., 1995).

(1988) utilizando las mejoras introducidas por Yardley et al., (1993). Las muestras fueron limpiadas con ácido, desionizadas en células electro-líticas, lixiviadas mediante agua bidestilada y analizadas utilizando un cromatógrafo de líquidos Dionex 4500A.

Las muestras de Cerro de la Minas (CM), Peña Roya (PEÑ) y Madroñerales (MA) presentan relaciones Br/Cl de 0.011, 0.005 y 0.0027 respectivamente. Los valores de Br/Cl hallados en las muestras de Cerrito Baeza (CB) son mucho menores, situándose alrededor de 0.0011. Estos análisis representados en un diagrama de relaciones molares Na/Br vs CVBr (Fig. 3) muestran una gran similitud con la composición de las salmueras asociadas a algunos depósitos tipo MVT, reportados por Kesler et al., (1995). Nuestros datos muestran una fuerte correlación positiva que sugiere la mezcla de una solución empobrecida en Br, probablemente en relación con la disolución de evaporitas, con otra muy enriquecida en Br que representaría un agua de origen marino fuertemente evaporada.

Isótopos estables: Se han analizado un total de 6 muestras de cuarzo de las localidades Cerro de las Minas (CM), Peñarroya (PEÑ) y Cerrito Baeza (CB) obteniéndose unos valores medios de $\delta^{34}\text{S}$ para cada una de ellas de 15.5, 18.8 y 16.8‰ respectivamente (Tabla 1). Tomando la media de las temperaturas de homogeneización de

las inclusiones fluidas en estos filones (150°C para PEÑ y CM y 160°C para CB), se ha calculado la $\delta^{34}\text{S}$ del fluido a partir de la ecuación de Clayton et al., (1972) obteniéndose unos valores entre -0.5 y $+3.7\%$. Estos valores son claramente indicativos de un origen superficial de las soluciones hidrotermales (aguas meteóricas y/o marinas).

La composición isotópica del azufre de la baritina de los filones de Salaobreja (SA) varía entre 15.2 y 17.2‰ (8 análisis; tabla 1). Estos valores, así como el estrecho rango de los mismos, reflejan una fuente de azufre homogénea e isotópicamente pesada, de probable origen marino y compatibles con los reportados por Clappool et al., (1980) para evaporitas de edad Triásica y Jurásica. Dado que los materiales Triásicos de esta zona presentan una cierta abundancia de evaporitas, esta podría ser la fuente más razonable para explicar el origen del sulfato. Valores similares han sido descritos en baritinas filonianas de la Sierra de Espadán (Tritlla, 1994).

Conclusiones

En la zona del anticlinal de Talayuelas se emplazan un conjunto de filones asociados a fracturas que afectan tanto al zócalo paleozoico como a la cobertera permotriásica. Estos filones presentan direcciones dominantes N110E a

Muestra	Mineral	T (°C)	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$	$\delta^{34}\text{S}$
PEN-1	Cuarzo	150	+15.7‰	-0.3‰	
PEN-2	Cuarzo	150	+17.7‰	+1.7‰	
PEN-3	Cuarzo	150	+17.4‰	+1.4‰	
CM-1	Cuarzo	150	+14.9‰	-1.1‰	
CM-2	Cuarzo	150	+16.8‰	+0.8‰	
CB-1	Cuarzo	160	+18.8‰	+3.7‰	
SA-2	Baritina				+15.7‰
SA-8	Baritina				+15.2‰
SA-9	Baritina				+16.2‰
SA-10	Baritina				+17.2‰
SA-11	Baritina				+15.5‰
SA-12	Baritina				+15.9‰
SA-14	Baritina				+16.0‰
SA-17	Baritina				+15.2‰

Tabla 1.- Temperatura de formación y composición isotópica del oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) del cuarzo y del agua en equilibrio ($\delta^{34}\text{S}$).

Table 1.- Formation temperatures and oxygen isotopic compositions ($\delta^{18}\text{O}$) of quartz and water in equilibrium and barite sulfur isotopic compositions ($\delta^{34}\text{S}$).

N120E y están rellenos por cuarzo (\pm siderita) y/o baritina. Estos últimos sólo se encuentran encajados en los materiales de la Fm. "Areniscas del Cañizar" (Buntsandstein) mientras que los primeros aparecen tanto en los materiales del Paleozoico como del Permotriásico.

Las temperaturas de formación y las salinidades de los fluidos asociados a los filones de cuarzo (\pm siderita) son similares en todas las zonas estudiadas (entre 150 y 160°C y entre 21 y 25% en peso equivalente de $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$) con una cantidad de CaCl_2 de hasta un 8% en peso. En la única localidad donde cuarzo y baritina coexisten, las inclusiones fluidas halladas son hipersalinas, con presencia de halita. Es de destacar que en un diagrama Th/salinidad los datos obtenidos claramente delinean una mezcla entre un fluido de temperatura elevada y alta salinidad con otro de menor temperatura y menor salinidad. Los datos obtenidos mediante **crush-leach** sugieren un origen superficial de las soluciones y corroboran la existencia de dicha mezcla y que la misma se realizó entre una solución empobrecida en Br, producto del lavado de evaporitas, y otra muy enriquecida en Br probablemente relacionada con agua marina fuertemente evaporada. Esta última habría circulado en profundidad, calentándose debido al gradiente geotérmico y habría as-

cendido por el sistema de fallas de la zona. La composición isotópica del oxígeno de los fluidos ($\delta^{18}\text{O}$ entre -0.5 y +3.5‰) apoya la hipótesis sobre el origen superficial, meteórico y/o marino, de dichas soluciones.

La composición isotópica del azufre de la baritina es compatible con un origen a partir del lavado de evaporitas de edad triásica jurásica. La baritina se pudo formar por mezcla entre las soluciones calientes de origen profundo, ricas en Ba, y aguas ricas en sulfato, superficiales. Su presencia, restringida a los filones que cortan los tramos superiores de la facies Buntsandstein, parece indicar que las aguas sulfatadas saturarían preferentemente las partes superiores de los sistemas de fracturas en zonas cercanas a la fuente del sulfato.

Los indicios filonianos del área ponen de manifiesto una importante actividad hidrotermal que se puede asociar a las etapas distensivas de formación del "rift" ibérico y el adelgazamiento cortical acompañante, descrito por Salas y Casas (1993) para la Cordillera Ibérica. Dicho adelgazamiento habría originado una importante anomalía geotérmica, con volcanismo basáltico asociado, que actuaría como "motor térmico" para la movilización de dichas soluciones. En base a los criterios de campo (dirección de las fracturas),

geoquímicos ($\delta^{34}\text{S}$ de las baritinas) y a la similitud con el origen y composición de las soluciones en otros depósitos de características parecidas tanto en la Cordillera Ibérica como en los Catalánides (Cardellach *et al.*, 1990), la edad de estos filones podría estar comprendida entre la etapa de "rift" (Pérmico tardío-Hettangiense) y la de "post-rift" de edad Jurásico basal-medio (Sinemuriense-Oxfordiense) descrita por Salas y Casas (1993).

Agradecimientos

Queremos agradecer al Dr. D. Banks del Dept. of Earth Sciences de la University of Leeds la ayuda prestada en el análisis e interpretación de los datos de «crush-leach», y a G. Alemany, al Dr. Antonio Teixell por la revisión crítica del manuscrito. Este trabajo ha sido financiado a través del Proyecto PB92-0597 de la DGI-CYT.

Referencias

- Bottrell, S.H.; Yardley, B.W.D y Buckley, F. (1988): *Bull. Mineral.*; 11:279-290.
- Cardellach, E., Canals, A. y Tritlla, J. (1990): *Acta Geol. Hisp.*; 1-2: 75-81.
- Claypool, G.E.; Holser, W.T.; Kaplan, I.R.; Sakai, H. y Zak, I. (1980): *Chem. Geol.*; 28: 199-260.
- Clayton, R.N.; O'Neil, J.R. y Mayeda, T.K. (1972): *Jour. Geophys. Research*; 77(17): 3057-3067.
- Huerta, J.J. (1996): *Cuad. Geol. Iber.*; 20:85-107.
- Kesler, S.E.; Appold, M.S.; Martini, A.M.; Walter, L.M.; Huston, T.J. y Kyle, J.R., (1995). *Geology*. 23 (7), 641-644.
- López, J.; Arche, A. y Doubinger, J. (1986): *Rev. Esp. Mircopal.*; 17:93-112.
- Oakes Ch. S.; Bodnar, R.J. and Simonson, J.M. (1990): *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 54: 603-610
- Salas, R. y Casas, A. (1993): *Tectonophysics*; 228:33-55.
- Tritlla, J. (1994): Tesis Doctoral. UAB. *Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona*. 235 p.
- Tritlla, J. y Cardellach, E. (1993): *Current Research in Geology Applied to Ore Deposits*. Hach-Ail, Torres-Ruiz & Gervilla (eds): 265-268.
- Viallard, P. (1973): *Tesis Doctoral*. Universidad de Toulouse. 445 p.
- Yardley, B.W.D; Banks, D.A.; Bottrell, S.H. y Diamond, L.W. (1993): *Min. Mag.*; 57:407-422.