

# El origen del azufre en mineralizaciones filonianas en el centro de la Península Ibérica

## Origin of sulphur in vein-type deposits in central Iberian Peninsula

J. Lillo (\*), R. Oyarzun (\*\*), L. Ortega (\*\*)

(\*) CGS, Corazón de María, 15, 28002 Madrid

(\*\*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de CC. Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid

### ABSTRACT

Sulphur isotope data from several base metals-Ba-(F)-(Ag) and Ag-base metals vein-type deposits in the Central Iberian Zone of the Hesperian Massif suggest a magmatic and/or metasedimentary origin of this ore-forming component. Deposits exclusively hosted in metasediments (p.e. Alcudia Valley, type IV) display a magmatic signature. Even those lodes and stratabound deposits hosted by Permian-Triassic terrigenous and andesites (Las Torrecillas-Linares y Atienza) are formed by "igneous" sulphur.

**Key words:** Pb-Zn, Ag, vein-type mineralizations, Spanish Central System, Linares-La Carolina, Alcudia Valley, central Iberian Zone.

Geogaceta, 19 (1996), 59-62  
ISSN: 0213683X

### Introducción

Las mineralizaciones filonianas de metales de base-Ba-(F)-(Ag) y Ag-metales de base-(Ba) son frecuentes en la Zona Centroibérica del Macizo Hésperico. Se encuentran rellenando fracturas de orientaciones tardihercínicas que afectan a las series precámbricas y paleozoicas y a granitoides

(fundamentalmente monzogranitos) tardihercínicos. En el límite oriental del Macizo, se encuentran filones de barita encajados en andesitas y sedimentos continentales detríticos de edad Estefaniense-Pérmico (Atienza, Guadalajara) y mineralizaciones en niveles dolomíticos y conglomeráticos datar situados sobre la discordancia carbonífera, a la base de la serie triásica (Las To-

recillas, Palazuelos, Cañada Incosa, en La Carolina y Linares).

En la presente comunicación se comparan los datos isotópicos de azufre de los filones Ba-(F)-metales de base en el área centrooccidental del Sistema Central (Lillo *et al.*, 1992) y de los filones Ag-(Ba)-metales de base en el sector oriental del Sistema Central (Concha *et al.*, 1992), con

AREA	TIPO ASOCIACION	ENCAJANTE	FUENTE	ORIGEN DEL AZUFRE	RELACION ISOTOPICA MINERALES	RANGO $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ (o/oo)		
						BaSO <sub>4</sub>	PbS	ZnS
SISTEMA CENTRAL CENTROOCC. <sup>¶</sup>	Ba-(F)-metales de base	monzogranitos	homogénea	magmático	equilibrio	+16,5 a +12,2	+0,4 a -4,4	-1,6 a -1,9
SISTEMA CENTRAL ORIENTAL <sup>§</sup>	Ag-(Ba)-metales de base	metasedimentos ortogneises (andesitas) <sup>¶</sup>	heterogénea	(meta)-sedimentario y magmático	desequilibrio <sup>a</sup>	+26,1 a +18,0 (+6,6 a +6,1) <sup>¶</sup>	n.a.	+6,7 a +6,3
CENTENILLO-STA. ELENA <sup>‡</sup>	Ba-metales de base-(Ag)	metasedimentos (monzogranitos)	heterogénea	(meta)-sedimentario y magmático	desequilibrio <sup>a</sup> (equilibrio) <sup>¶</sup>	+14,1 a +6,2	+5,1 a -4,8	+11,5 a +7,5
LINARES-LA CAROLINA-LA NUBE <sup>‡</sup>	Ba-metales de base-(Ag)	monzogranitos (metasedimentos)	homogénea	magmático	desequilibrio <sup>k</sup> (equilibrio) <sup>¶</sup>	+12,9 a +7,1	-1,0 a -6,9	-4,1
LAS TORRECILLAS <sup>‡</sup>	Ba-metales de base-(Ag)	sedimentos: dolomías y conglomerados	homogénea	magmático	desequilibrio <sup>k</sup>	+9,4 a +7,0	-1,6 a -3,1	n.a.
VALLE ALCUDIA <sup>†</sup> (IV)	(Ba)-metales de base-(Ag)	metasedimentos	homogénea	magmático	---	n.a.	-2,7 a -9,8	-4,6 a -5,9

¶ Lillo *et al.*, 1992

§ Concha *et al.*, 1992

‡ Lillo, 1992 a

† Palero *et al.*, 1992

¶ corresponden a filones de barita en Atienza

¶ localmente, relaciones próximas al equilibrio

<sup>a</sup> sistema abierto a H<sub>2</sub>S

<sup>k</sup> m metales >> mH<sub>2</sub>S

Tabla 1. Síntesis comparativa de los datos isotópicos de azufre de mineralizaciones filonianas en el centro de la península Ibérica.

Table 1. Comparative data of  $\delta^{34}\text{S}$  from several vein-type ore deposits in central Iberian Peninsula.

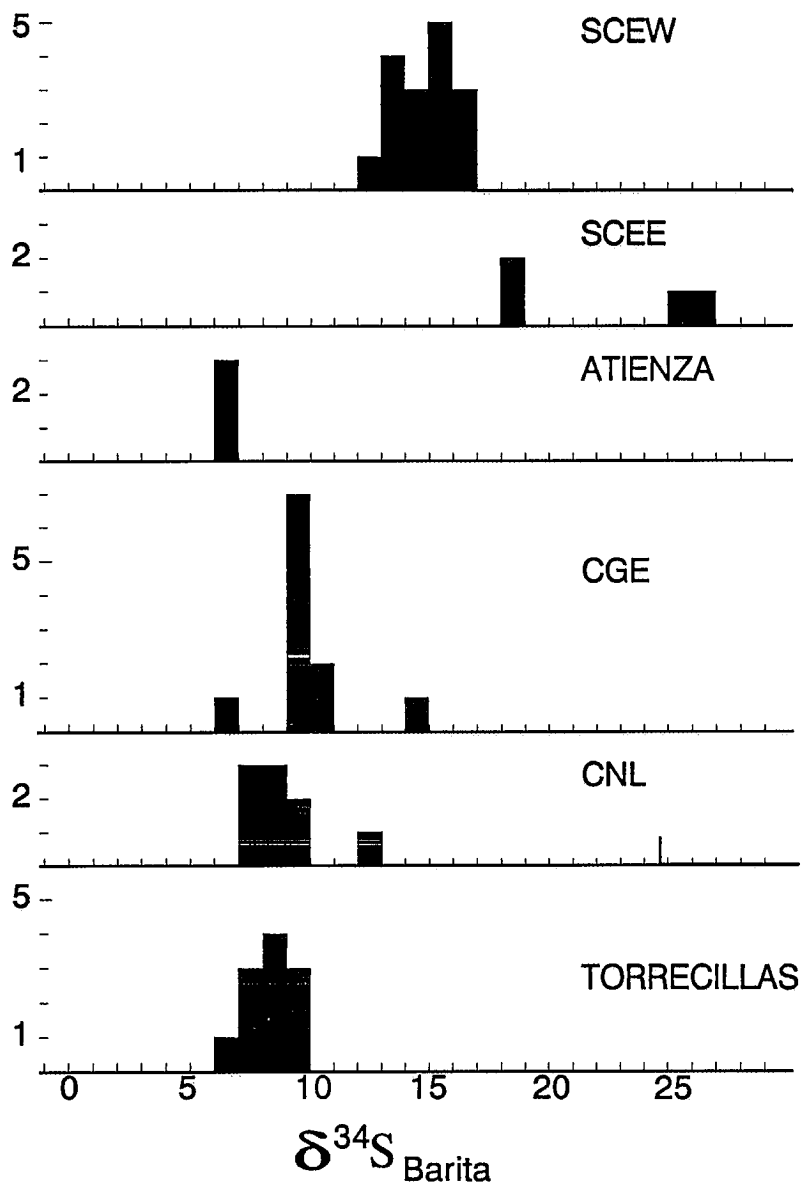


Fig. 1. Distribución de valores δ³⁴S en baritas en distintas mineralizaciones del centro peninsular. (SCEW: sector centrooccidental del Sistema Central, SCEE: sector oriental del Sistema Central, CGE: El Centenillo-Los Guindos-Santa Elena, CNL : La Carolina-La Nube-Linares).

Fig. 1. Distribution histograms of δ³⁴S in barites from some vein-type ore deposits in central Iberian Peninsula (SCEW: Spanish Central System, central-western sector; SCEE: Spanish Central System, eastern sector; CGE: El Centenillo-Los Guindos-Santa Elena, CNL : La Carolina-La Nube-Linares).

aquellos relativos a las mineralizaciones filonianas (Ba)-metales de base-(Ag) del Valle de Alcudia (Palero, 1991; Palero *et al.*, 1992) y del distrito Linares-La Carolina (Lillo, 1992a y b). Por sus implicaciones en cuanto a la edad Permo-Triásica de las mineralizaciones, por una parte, y por lo relativo a origen del azufre incorporado en las mineralizaciones, por otra, se incluyen datos isotópicos del azufre en sulfuros y barita de las mineralizaciones de Atienza y Las Torrecillas.

**Filones Ag-(Ba)-metales de base en el sector centro occidental del Sistema Central.**

Las muestras de barita analizadas (n = 16) procedentes de este sector (SCEW) presentan un rango de valores δ³⁴S comprendidos entre +16,5 y +12,2‰ (media, +14,8 ‰). El rango de valores δ³⁴S en las galenas (n = 6) es +0,4 - 4,4‰. Dos muestras de esfalerita dieron valores δ³⁴S de -1,9 y -1,6‰ (tabla 1, Figs. 1 y 2). Según Lillo *et al.* (1992), las estimaciones termométricas a partir de los pares barita-sul-

furo (324-337 °C) son coherentes con las condiciones térmicas propias de la primera etapa de mineralización (etapa principal), reflejando fraccionamiento isotópico en condiciones próximas al equilibrio (Fig. 3). El equilibrio isotópico de un par esfalerita-galena indica un exceso de H₂S sobre la concentración de metales en el sistema, por lo que se puede aproximar δ³⁴S<sub>sph</sub> δ³⁴S<sub>H2S</sub>, lo que sugiere un origen magmático del azufre. Las relaciones de equilibrio y la escasa dispersión de valores δ³⁴S de sulfuros y barita ponen de manifiesto una fuente homogénea del azufre.

**Filones Ag-metales de base-(Ba) y de barita en el sector oriental del Sistema Central.**

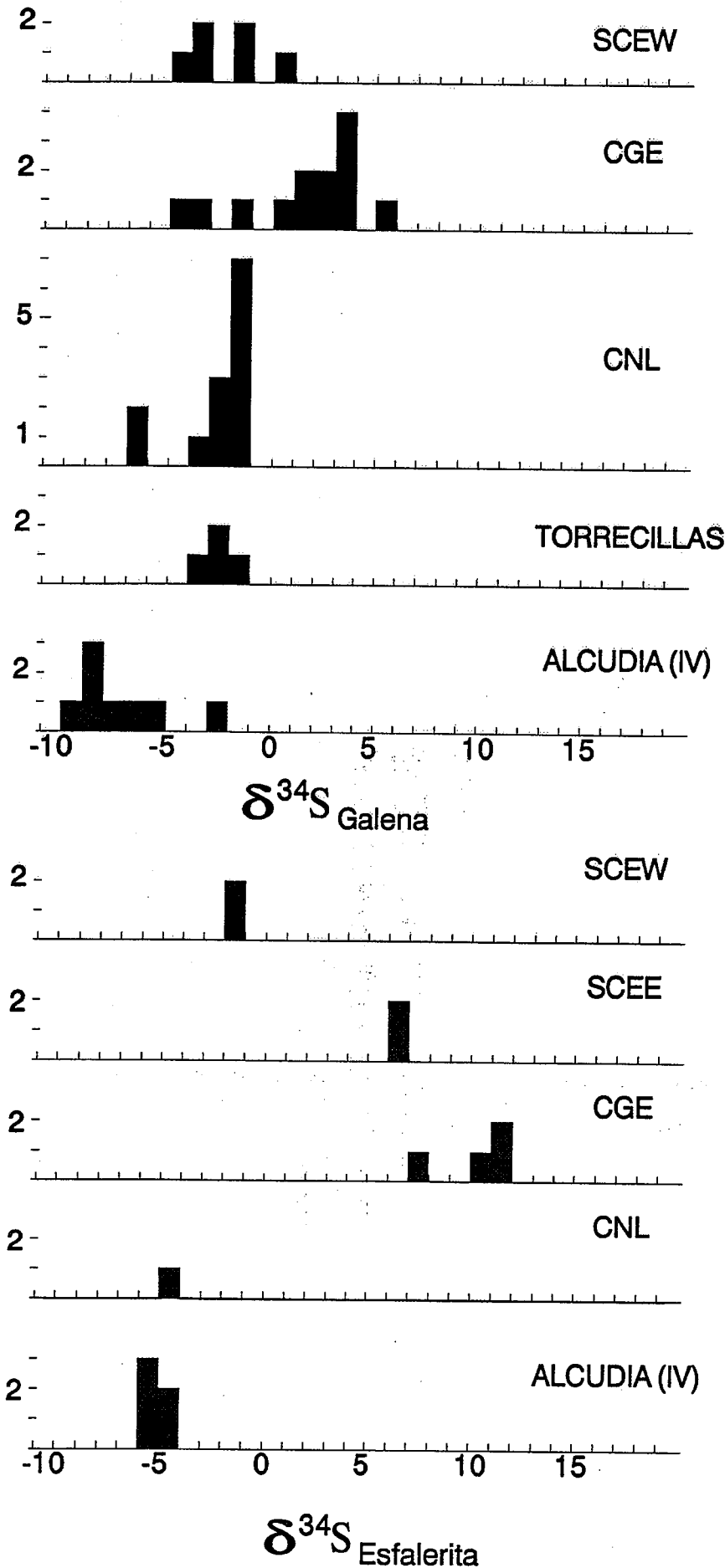
Las muestras de barita analizadas procedentes de las mineralizaciones de Ag-metales de base-(Ba) de Hiendelaencina y La Bodega (SCEE) (n = 4) muestran un rango de valores δ³⁴S comprendidos entre +26,1 y +18,0 ‰. Dos muestras de esfalerita dieron valores δ³⁴S de +6,7 y +6,3 ‰ (Tabla 1, Figs. 1 y 2).

En este caso, la termometría del par barita-esfalerita indica una relación isotópica mineral de desequilibrio (Fig. 3), lo que se interpreta como indicativo de un sistema abierto al azufre durante la deposición mineral (Concha *et al.*, 1993), lo que explicaría igualmente la gran dispersión de δ³⁴S en la barita. Esta dispersión y la propia existencia de algunos de estos valores δ³⁴S anormalmente pesados si se comparan con los valores δ³⁴S de baritas procedentes de filones encajados en las andesitas de Atienza (+6,6-+6,1 ‰, n = 3), reflejan una fuente heterogénea de azufre. Así, el origen del azufre en los filones Ag-metales de base-(Ba) sería mixto, con proporciones variables de azufre derivado de los metasedimentos encajados y de azufre de origen ígneo, en relación a rocas andesíticas (Concha *et al.*, 1992, 1993).

**Filones (Ba)-metales de base-(Ag) en el distrito de Linares-La Carolina.**

Los datos isotópicos de baritas y sulfuros permiten definir dos sectores bien diferenciados (Lillo, 1992a y 1992b). Un sector se sitúa en la parte noroccidental del distrito, entre El Centenillo-Los Guindos y Santa Elena (CGE). En su mayor parte, son filones encajados en metasedimentos de edad ordovícica, aunque también se incluyen la mayoría de aquellos encajados en el monzogranito de Santa Elena. El otro sector, más extenso, incluye los filones del grupo Araceli en La Carolina y los del área de Linares, encajados en los sedimentos en facies «Culm» carboníferos y en el monzogranito de Linares. En este sector (CNL) se incluyen además los filones situados en la parte oriental del granito de Santa Elena (p.e. filón La Nube).

En el sector CGE, las baritas analizadas (n = 11) muestran un rango de valores δ³⁴S =



+14,1 a +6,2‰. El rango de valores  $\delta^{34}\text{S}$  en las galenas analizadas ( $n = 13$ ) está entre +5,1 y -4,8‰. Las esfaleritas ( $n = 4$ ) muestran valores  $\delta^{34}\text{S} = +11,5$ -+7,52‰ (Tabla 1, Figs. 1 y 2).

En el sector CNL, las baritas ( $n = 10$ ) presentan valores  $\delta^{34}\text{S} = +12,9$ -+7,1‰. El rango de valores  $\delta^{34}\text{S}$  en las galenas analizadas ( $n = 13$ ) está entre -1,0 y -6,9‰, más restringido que el observado en el sector CGE. Una muestra de esfalerita procedente de La Nube dió una relación  $\delta^{34}\text{S} = -4,1$ ‰ (Tabla 1, Figs. 1 y 2).

Con excepción de las muestras procedentes de la Nube, en ambos sectores, la termometría de los pares barita-sulfuro indican relaciones isotópicas minerales en desequilibrio (Fig. 3). Los escasos pares galena-esfalerita disponibles señalan que, al menos localmente, existen relaciones de equilibrio isotópico. Resulta notable la mayor dispersión de valores  $\delta^{34}\text{S}$  y la tendencia a relaciones isotópicas más pesadas que se observan en las baritas y sulfuros del sector CGE, en contraste con el sector CNL. Esto se interpreta como consecuencia de una fuente heterogénea de azufre en el sector CGE, donde tendría un origen mixto, ígneo y derivado de los metasedimentos encajantes. Alternativamente, la homogeneidad de los valores  $\delta^{34}\text{S}$  observados en el sector CNL, sugieren una fuente homogénea de azufre que es, en este caso, de origen mágnico. El desequilibrio isotópico se explicaría por causas cinéticas, en un sistema con exceso de metales en relación a  $\text{H}_2\text{S}$  (Lillo, 1992a, 1992b).

#### Mineralizaciones estratoligadas (Ba)-metales de base-(Ag) en el distrito de Linares-La Carolina.

Las composiciones isotópicas observadas en estas mineralizaciones (Las Torrecillas, Palazuelos, Cañada Incosa) no difieren de aquellas en los filones del sector CNL del distrito. Así, los valores  $\delta^{34}\text{S}$  de las baritas (+9,4-+7,0‰,  $n = 11$ ) se sitúan dentro del rango de  $\delta^{34}\text{S}$  de baritas procedentes de dicho sector. Los valores  $\delta^{34}\text{S}$  de galenas (-1,6-3,1‰,  $n = 4$ ) se hallan, igualmente, incluidos en el rango de  $\delta^{34}\text{S}$  de galenas CNL (Tabla 1, Fig 1 y 2). Por ello, se asume para estos depósitos una fuente homogénea de azufre de origen mágnico (Lillo, 1992a, 1992b).

#### Filones (Ba)-metales de base-(Ag) en el Valle de Alcudia.

En estos filones (tipo IV, Palero *et al.*, 1992), las galenas ( $n = 8$ ) presentan un rango de valores  $\delta^{34}\text{S} = -2,7$ -9,8‰. En las esfale-

Fig. 2. Distribución de valores  $\delta^{34}\text{S}$  en galenas y esfaleritas de distintas mineralizaciones filonianas en el centro peninsular.

Fig. 2. Distribution histograms of  $\delta^{34}\text{S}$  in galenas and sphalerites from some vein-type ore deposits in central Iberian Peninsula.

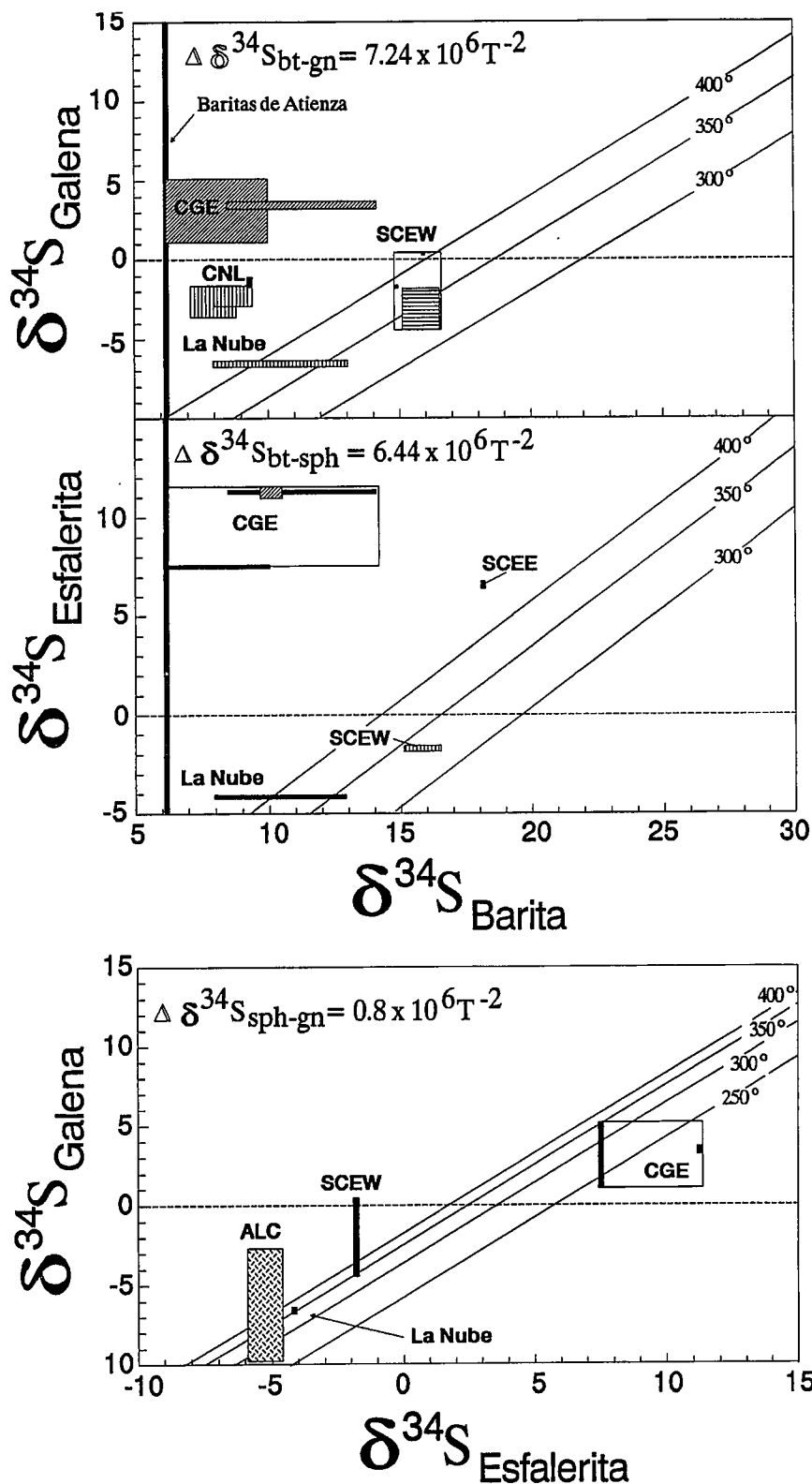


Fig. 3. Relación de valores  $\delta^{34}\text{S}$  en pares minerales. Los factores de fraccionamiento para el cálculo de isotermas de equilibrio se han obtenido de Kajiwara y Krouse (1971), y Sakai y Dickson, 1978.

Fig. 3. Relationship of  $\delta^{34}\text{S}$  values in mineral pairs. Equilibrium expressions from Kajiwara and Krouse (1971), and Sakai and Dickson, 1978.

ritas, el rango de valores  $\delta^{34}\text{S}$  ( $n = 5$ ) es más restringido, entre -4,6 y -5,9‰ (Tabla 1, Figs. 1 y 2). Palero *et al.* (1992) han mostrado que no existe relación en la variabilidad de los valores  $\delta^{34}\text{S}$  de ambos sulfuros, lo que interpre-

tan como indicativo de una relación de desequilibrio isotópico, sobre todo si se tiene en cuenta que han precipitado en etapas diferentes. Sin embargo, los estrechos rangos (sobre todo en la esfalerita), permiten considerar una

fuerza relativamente homogénea de azufre que, dados los valores  $\delta^{34}\text{S}$  en ambos sulfuros, es de origen magmático.

**Conclusiones.**

El azufre incorporado en este conjunto de mineralizaciones es de origen ígneo y/o derivado de los metasedimentos encajantes o (en el caso de las mineralizaciones estratoligadas de La Carolina-Linares) infrayacentes. En general, parece existir una acusada relación encajante metasedimentario-origen mixto, si bien esta relación no se cumple en el caso de los filones tipo IV del Valle de Alcudia. Independientemente de la edad asignada a las distintas mineralizaciones (en algún caso, como en Linares-La Carolina, determinada por criterios estratigráficos como pre-Ladiniense, según Lillo, 1992a), no existen evidencias que indiquen la participación de azufre «sedimentario» procedente de cuencas mesozoicas, ni siquiera en las mineralizaciones en materiales Permo-Triásicos. Con los datos isotópicos disponibles no es posible precisar si el azufre «ígneo» está en relación con fluidos magmáticos, o bien se deriva de las rocas ígneas encajantes. Sin embargo, los datos de mineralizaciones como las del Valle de Alcudia o Las Torrecillas, sin relación espacial alguna con rocas ígneas, ponen de manifiesto que el sistema hidrogeológico de fluidos hidrotermales con azufre de origen ígneo fue, en ocasiones, de mayor escala que el sistema de fluidos con azufre derivado de los metasedimentos, aparentemente de escala más local, lo que podría estar en relación con una mayor participación de azufre ígneo «primario».

**Referencias.**

Concha, A.; Oyarzun, R.; Lunar, R.; Sierra, J.; Doblas, M. y Lillo, J. (1992): *Mineral. Deposita*, 27, 83-89.  
 Concha, A.; Oyarzun, R.; Lunar, R.; Sierra, J.; Doblas, M. y Lillo, J. (1992): *Mineral. Deposita*, 28, 219-221.  
 Kajiwara, Y. y Krouse, H.R. (1971): *Can. J. Earth. Sci.*, 8, 1397-1408.  
 Lillo, J. (1992a): *Ph. Thesis, Univ. of Leeds*, 377 pp.  
 Lillo, J. (1992b): *III Cong. Geol. de España, Salamanca*, Actas 3, 383-388.  
 Lillo, J.; Oyarzun, R.; Lunar, R.; Doblas, M.; Gonzalez, A. y Mayor, N. (1992): *Trans. Instn. Min. Metall. (Sect. B)*, 101, B24-B32.  
 Palero, J.; Ross, A. Both; Mangas Viñuela, J.; Martín-Izard, A.; y Reguillón Bragado, R. (1992): *En: Los Recursos Minerales de España*, 1--027-  
 Sakai, H. y Dickson, R. (1978): *Earth Planet. Sci. Lett.*, 39, 151-161.