

Episodios de mineralización únicos en los yacimientos epigenéticos de mercurio de Almadén: evidencias isotópicas en el yacimiento de Las Cuevas.

Single mineralizing episodes in the epigenetic mercury ore deposits of Almadén: Isotopic evidence from the Las Cuevas deposit.

P. Higuera^(*); F. Saupé^(**) y J. C. Tena^(***)

(^{*}): Dpto. Ingeniería Geológica y Minera. Universidad de Castilla-La Mancha. 13400 Almadén, Ciudad Real. e-mail: phiguera@igem-al.ucm.es

(^{**}): Centre de Recherches Péetrographiques et Géochimiques, CNRS. BP 20. 54501 Vandoeuvre-lès-Nancy, France.

(^{***}): Ave María 19. 13500 Puertollano, Ciudad Real.

Abstract

Nine new S isotope analyses are presented of which 8 are from the Las Cuevas deposit. They are compared with data from literature. The different deposits of the district (and the three orebodies of the Almadén deposit) are characterised by a specific range of $\delta^{34}\text{S}$ values.

Key Words: sulphur isotope data. pyrite and cinnabar. Las Cuevas. Almadén. mercury deposits. Hercynian.

Geogaceta, 25 (1999), 107-110
ISSN: 0213683X

Introducción

En el presente trabajo se exponen los datos del análisis isotópico de azufre de diversas muestras de mineralización de mercurio y pirita de la mina de Las Cuevas, así como un análisis de una muestra procedente de la mina de La Concepción, yacimientos ambos pertenecientes al tipo de mineralizaciones epigenéticas diferenciadas por Higuera *et al.* (1995, 1999). A estos datos se acompaña una síntesis y discusión de los análisis de este tipo existentes hasta la fecha para los distintos yacimientos del distrito.

Encuadre geológico

Los yacimientos de mercurio del distrito de Almadén se encuentran localizados en el sinclinal de Almadén, estructura de plegamiento hercínica situada en el sector meridional de la zona Centro Ibérica. La secuencia estratigráfica de este sinclinal se aparta de la característica de otros sinclinales centroibéricos, caracterizados por un predominio casi absoluto de materiales detríticos (pizarras y cuarcitas), por la abundancia de intercalaciones magmáticas, predominantemente básicas, que son escasas entre los materiales ordovícicos, frecuentes entre los materiales del Silúrico y Devónico Inferior, y predominantes entre los materiales del Devónico superior.

Las mineralizaciones se caracterizan por presentar una relación espacial conspicua con estas rocas magmáticas, que probablemente es también genética. Entre las mineralizaciones, se pueden diferenciar dos grandes tipos: i) mineralizaciones estratoligadas (Almadén y El Entredicho como principales ejemplos), confinadas a la "cuarcita de Criadero", de edad Rudoniense-Aeriniense Inferior (García Palacios *et al.*, 1996), en la que constituyen diseminaciones, y con distribución de leyes en Hg que parece controlada por la presencia de materiales volcánicos piroclásticos básicos con fragmentos lavicos fuertemente alterados (la "fraillesca"), y ii) mineralizaciones epigenéticas (Las Cuevas, La Nueva Concepción, y posiblemente El Nuevo Entredicho, como más importantes), encajadas en rocas de edades y litologías diversas, si bien resulta evidente que las que presentan mayor tamaño y contenidos en mercurio son las encajadas en rocas volcánicas básicas, debido a la reactividad de éstas frente a los fluidos mineralizadores (Higuera *et al.*, 1995 y 1999). Dataciones Ar/Ar (Hall *et al.*, 1997) y Rb/Sr (Higuera *et al.*, 1998) ponen en evidencia que los procesos hidrotermales asociados a las mineralizaciones estratoligadas se produjeron penicontemporáneamente con el depósito de la cuarcita de Criadero (+427 Ma.),

mientras que los asociados a las mineralizaciones epigenéticas ocurrieron a finales del Frasnense (361±2 Ma.).

Datos previos

El análisis isotópico de azufre de muestras de mineralizaciones de mercurio del distrito ha sido objeto de diversos trabajos:

Rytuba *et al.* (1988) obtienen la composición de cinabrio y pirita de los principales yacimientos del distrito. La Tabla 1 muestra el rango de valores obtenidos por estos autores para éstos. Destaca la homogeneidad de los valores para Las Cuevas en ambos minerales, homogeneidad que es muy inferior para los yacimientos de El Entredicho y Almadén. En su interpretación de estos datos, consideran que el azufre de los yacimientos estratoligados procedería de la mezcla de azufre magmático y sedimentario.

Saupé y Arnold (1992) obtienen nuevos datos sobre el azufre en cinabrio y pirita en el yacimiento de Almadén (Tabla 1). Sus resultados son sensiblemente más homogéneos que los obtenidos por Rytuba *et al.* (1988). Es de destacar el hecho de que, a pesar de que a nivel global los valores muestran una alta dispersión, los resultados obtenidos en el análisis de secciones locales de cada banco sean bastante homogéneos.

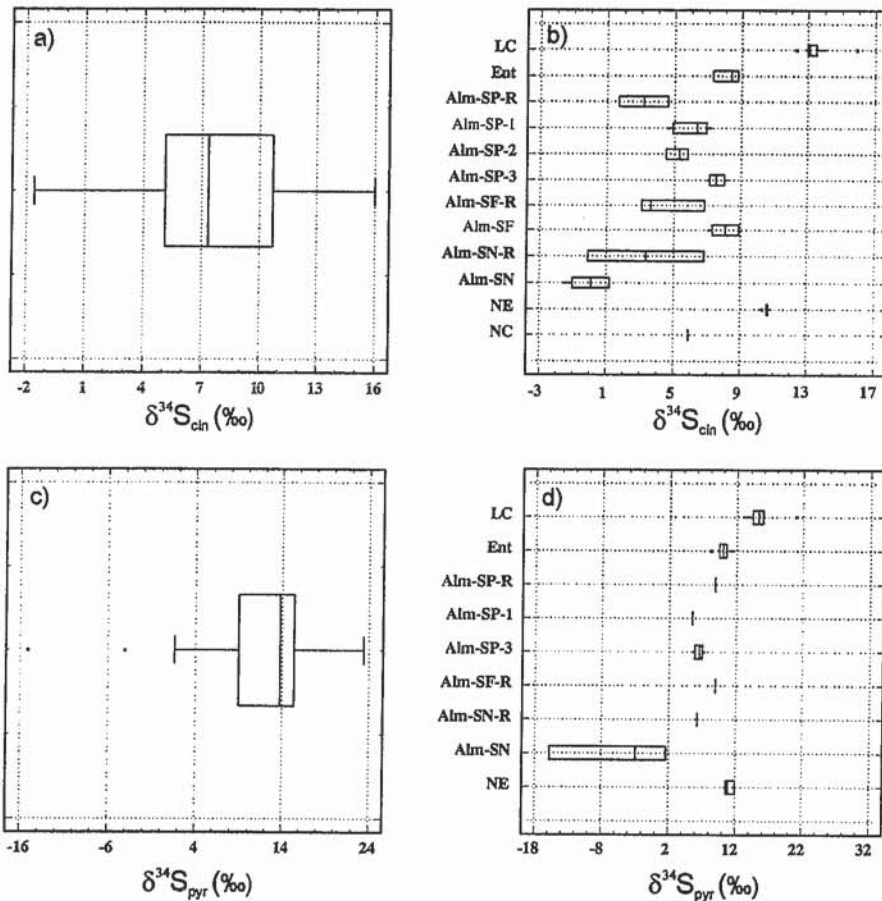


Figura 1.- Gráficos box-and-whisker referidos a los datos isotópicos. a) para la totalidad de los datos de $\delta^{34}\text{S}$ en piritas. b) para los datos de $\delta^{34}\text{S}$ de piritas separados por yacimientos y bancos mineralizados del yacimiento de Almadén. c) para la totalidad de los datos de $\delta^{34}\text{S}$ en cinabrio. d) para los datos de $\delta^{34}\text{S}$ de cinabrio separados por yacimientos y bancos mineralizados del yacimiento de Almadén. Abreviaturas: NE: Nuevo Entredicho (Jébrak et al., 1997); NC: Nueva Concepción (este trabajo); LC: Las Cuevas (este trabajo + Rytuba et al., 1988); Ent: El Entredicho (Rytuba et al., 1988); Alm-SP-1: Mina de Almadén, banco de San Pedro, planta 17, perfil I (Saupé y Arnold, 1992); Alm-SP-2: Idem anterior, perfil II (Saupé y Arnold, 1992); Alm-SP-3: Idem anterior, perfil IV (Saupé y Arnold, 1992). Alm-SP-R: Mina de Almadén, banco de San Pedro, situación indefinida (Rytuba et al., 1988). Alm-SF: Mina de Almadén, banco de San Francisco, perfil III (Saupé y Arnold, 1992); Alm-SF-R: Idem anterior, situación indefinida (Rytuba et al., 1988). Alm-SN: Mina de Almadén, banco de San Nicolás, perfil II (Saupé y Arnold, 1992); Alm-SN-R: Idem anterior, situación indefinida (Rytuba et al., 1988).

Figure 1.- Box-and whisker graphs for the sulphur isotope data in Almaden deposits: a) for the whole $\delta^{34}\text{S}$ data from pyrites; b) for the $\delta^{34}\text{S}$ data from pyrites, separated by deposits, and in the Almadén deposit, separating the different mineralised orebodies ('bancos'); c) for the whole $\delta^{34}\text{S}$ data from cinnabar; d) for the $\delta^{34}\text{S}$ data from cinnabar, separated by deposits, and in the Almadén deposit, separating the different mineralised orebodies. Abbreviations: NE: Nuevo Entredicho (Jébrak et al., 1997); NC: Nueva Concepción (this work); LC: Las Cuevas (this work + Rytuba et al., 1988); Ent: El Entredicho (Rytuba et al., 1988); Alm-SP-1: Almadén mine, San Pedro orebody, 17th level, profile I (Saupé y Arnold, 1992); Alm-SP-2: as previous, profile II (Saupé y Arnold, 1992); Alm-SP-3: as previous, profile IV (Saupé y Arnold, 1992). Alm-SP-R: Almadén Mine, San Pedro orebody, situation not defined (Rytuba et al., 1988). Alm-SF: Almadén mine, San Francisco orebody, profile III (Saupé y Arnold, 1992); Alm-SF-R: as previous, situation not defined (Rytuba et al., 1988). Alm-SN: Almadén mine, San Nicolás orebody, profile II (Saupé y Arnold, 1992); Alm-SN-R: as previous, situation not defined (Rytuba et al., 1988).

Jébrak et al. (1997) analizan la composición isotópica del azufre del yacimiento de Nuevo Entredicho. Los valores que obtienen (Tab. 1) son muy homogéneos y di-

ferentes de los obtenidos en el resto de yacimientos del distrito, en concreto superiores a los obtenidos en los yacimientos estratoligados, e inferiores a los obtenidos en Las Cuevas.

Datos aportados

En el presente estudio, los datos que se aportan corresponden a análisis realizados en el Laboratorio de Geoquímica Isotópica del CRPG/CNRS, en Vandœuvre-lès-Nancy (Francia), sobre 8 muestras, 7 procedentes del yacimiento de Las Cuevas, y una correspondiente al de La Nueva Concepción.

Las muestras de Las Cuevas corresponden a tipologías diversas. Por eso se busco la mayor heterogeneidad posible que pudiera tener un reflejo también en una máxima heterogeneidad isotópica. La Tab. 2 relaciona los datos analíticos obtenidos.

La muestra de La Nueva Concepción es una muestra de interior del yacimiento, aunque no recogida in situ, debido a la extrema dificultad de localizar muestras de mineralización en los frentes de esta mina (Crespo, 1988).

La tabla 2 muestra los resultados analíticos. Destaca la gran homogeneidad composicional, con un valor medio de 15.25‰ para pirita y 12.75‰ para cinabrio, y una desviación estándar de 0.83 y 0.33 respectivamente para el caso de Las Cuevas, mientras que el valor obtenido en La Nueva Concepción es sensiblemente diferente (5.9‰). Otro hecho a destacar es la similitud de nuestros datos con los aportados para el yacimiento de Las Cuevas por Rytuba et al. (1988).

Discusión e implicaciones

La composición isotópica del azufre de pirita y cinabrio de los yacimientos de mercurio del distrito de Almadén muestra una gran variabilidad en su conjunto, con valores que oscilan desde fuertemente negativos hasta valores positivos igualmente altos (-16/+16 para pirita, -1,6/+16 para cinabrio). Sin embargo, esta variabilidad es mucho menor cuando se analiza de forma focalizada: los yacimientos menores presentan rangos de variabilidad pequeños, mientras que en los yacimientos mayores (Almadén), el análisis de cortes seriados muestra que las variaciones dentro de éstos son igualmente muy limitadas. La figura 1 muestra estas variaciones de forma gráfica:

El gráfico 1a muestra los valores de $\delta^{34}\text{S}_{\text{pyr}}$ sobre un diagrama de box-and-whisker. Se aprecia como el rango principal de variación se encuentra entre 9 y 15‰, con un valor medio próximo a 14‰.

En el gráfico 1b se muestra la distribución de valores de $\delta^{34}\text{S}_{\text{pyr}}$ por yacimientos, y dentro del de Almadén se ha dife-

Procedencia	Mineral	Nº anál.	Min.	Max.	Media	σ	Referencia
Las Cuevas	Cinabrio	9	12,2	16,0	13,6	1,0	Rytuba et al.
Las Cuevas	Pirita	19	12,8	16,1	14,8	0,9	Rytuba et al.
El Entredicho	Cinabrio	3	7,3	9,1	8,4	0,8	Rytuba et al.
El Entredicho	Pirita	7	9,0	11,6	10,0	0,7	Rytuba et al.
Almadén	Cinabrio	8	-0,1	8,6	4,3	2,8	Rytuba et al.
Almadén	Pirita	4	-2,1	8,9	5,5	4,5	Rytuba et al.
MA, BSP, P.I	Cinabrio	4	5,2	7,3	6,4	0,8	Saupé y Arnold
MA, BSP, P.I	Pirita	4	6,9	8,3	7,6	0,5	Saupé y Arnold
MA, BSP, P.IV	Cinabrio	6	4,5	7,2	6,1	1,0	Saupé y Arnold
MA, BSP, P.IV	Pirita	1			5,4		Saupé y Arnold
MA, BSP, P.VI	Cinabrio	3	4,5	5,8	5,2	0,5	Saupé y Arnold
MA, BSF, P.III	Cinabrio	11	7,0	9,0	8,1	0,7	Saupé y Arnold
MA, BSN, P.II	Cinabrio	6	-1,6	1,2	0,2	1	Saupé y Arnold
MA, BSN, P.II	Pirita	4	-15,8	1,6	-4,5	6,7	Saupé y Arnold
Nuevo Entredicho	Cinabrio	5	10,3	10,8	10,6	0,2	Jébrak et al.
Nuevo Entredicho	Pirita	2	10,6	11,9	11,3	0,7	Jébrak et al.

Tabla 1.- Síntesis de datos anteriores referidos a la composición isotópica de cinabrio y pirita de los yacimientos de mercurio del distrito de Almadén. Abreviaturas: N anál.: número de análisis disponibles; Min: valor mínimo; Máx: valor máximo; MA: Mina de Almadén. BSP: Banco de San Pedro; BSF: Banco de San Francisco; BSN: Banco de San Nicolás; P.: Perfil.

Table 1.- Abstract of previous data on the isotopic composition of cinnabar and pyrite from the mercury deposits of the Almadén district. Abbreviations: N anál.: Number of analyses; Min: Minimum value; Máx: Maximum value; MA: Almadén mine; BSP: San Pedro orebody; BSF: San Francisco orebody; BSN: San Nicolás orebody; P.: Profile.

Muestra	Descripción	$\delta^{34}S_{cin}$	$\delta^{34}S_{pyr}$
LC-PL2-35	Piroclasto de grano fino con pirita diseminada y concentrada en nodulillos.		16,2
LC-PL3-36	Mineralización de cinabrio en venas muy irregulares en roca volcánica.	13,0	
LC-PL3-37	Mineralización de cinabrio en venas muy irregulares, en cuarcita negra con abundante pirita, diseminada y en nodulillos.	13,0	15,1
LC-PL1-39	Nódulos de pirita de grano fino, en piroclasto.		14,2
LC-R-38	Pirita procedente de zona de falla.		16,2
LC-56	Venas de cinabrio con salbandas de pirofilita, en roca piroclástica.	12,2	14,5
2-pow	Mineralización semimasiva de cinabrio en roca volcánica.	12,8	

Tabla 2.- Datos analíticos de muestras de cinabrio y pirita del yacimiento de Las Cuevas.

Table 2.- Analytical data for cinnabar and pyrite samples from the Las Cuevas deposit.

renciado en lo posible por bancos y por cortes realizados en cada banco. Se aprecia que, salvo para la sección realizada por Saupé y Arnold (1992) en el banco de San Nicolás, que ofrece una gran variabilidad, con valores entre -16 y +2‰, los demás yacimientos o bancos muestran distribuciones relativamente homogéneas, mostrando los valores más bajos el banco de San Pedro en la mina de Almadén, seguidos por los del banco de San Francisco en la misma, los de El Entredicho, y de Nuevo Entredicho, alcanzándose los valores más altos, con cierta diferencia, en el yacimiento de Las Cuevas.

En el gráfico 1c se muestra la distribución general de valores de $\delta^{34}S_{cin}$, apreciándose como la mayor parte de los valores se sitúan entre 5,5 y 11‰, con un valor medio próximo a 7,5‰.

El gráfico 1d muestra la distribución de valores de $\delta^{34}S_{cin}$ por yacimientos, y, al igual que para la pirita, dentro del yacimiento de Almadén se ha diferenciado los distintos bancos y secciones realizadas sobre los mismos. Los valores que se obtienen aparecen como característicos para cada yacimiento, para los casos de El Entredicho (7,5-9‰), Las Cuevas (13-13,5‰), Nuevo Entredicho (10,5-11‰), y con variaciones

menores dentro de cada banco para cada sección concreta realizada; por ello los valores obtenidos por Rytuba *et al.* (1988), que no corresponden a secciones concretas dentro del banco correspondiente, son los que muestran mayor variabilidad.

Conclusión

Este trabajo indica que cada uno de los yacimientos del distrito de Almadén (y de los bancos mineralizados de la mina de Almadén) se caracteriza por un grupo de valores de rango bastante estrecho. Distintos episodios de mineralización son la explicación más sencilla de estos datos, puesto que todavía no disponemos de las temperaturas de formación de cada uno de ellos.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido parcialmente subvencionado por el Programa "Financiación Interna" de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Referencias

- Crespo, J.L. (1988): *Informe interno. Minas de Almadén*. 19 pg.
- García Palacios, A., Gutiérrez Marco, J.C., Herranz, P. (1996): *Geogaceta* 20-1, 19-22.
- Hall, C.M., Higuera, P., Kesler, S.E., Lunar, R., Dong, H., Halliday, A.N. (1997): *Earth Planet. Sci. Letters*, 148, 287-298.
- Higuera, P., Munhá, J., Oyarzun, R., Morata, D. (1998). *Bol. Soc. Esp. Min.*, 21A: 110-111.
- Higuera, P., Oyarzun, R., Lunar, R., Sierra, J., Parras, J. (1999): *Mineral. Deposita*, 34: 211-214.
- Higuera, P., Parras, J. y Sánchez, C.J. (1995): *Bol. Soc. Esp. Min.*, 18, 191-200.
- Jébrak, M., Higuera, P., Hernández, A. y Marcoux, E. (1997): *Bol. Soc. Esp. Min.*, 20A, 87-88.
- Rytuba, J.J., Rye, R.O., Hernandez, A.M., Dean, J.A. y Arribas Sr. A. (1988): *Abstract Intern. geol. Congress*, Washington.
- Saupé, F., Arnold, M. (1992): *Geochim. Cosmochim. Acta*, 56, 3765-3780.