

Alteración Supergénica de las Mineralizaciones Pb-Zn-(Ag) de la Sierra de Aracena (Huelva). Implicaciones Edafogeoquímicas

/ JUAN CARLOS FERNÁNDEZ-CALIANI (1*), MARÍA BELÉN RIVERA (1), MARÍA INMACULADA GIRÁLDEZ (2)

(1) Departamento de Geología. Campus de El Carmen s/n. Universidad de Huelva. 21071, Huelva (España)

(2) Departamento de Química y Ciencia de los Materiales. Campus de El Carmen s/n. Universidad de Huelva. 21071, Huelva (España)

INTRODUCCIÓN

La Sierra de Aracena, al norte de la provincia de Huelva, es uno de los espacios naturales mejor conservados de España y un enclave geológico privilegiado para el estudio de la evolución tectono-metamórfica del Macizo Ibérico meridional.

En su sector central, entre las localidades de Aracena y Jabugo (Fig. 1), afloran rocas carbonatadas atribuidas al Cámbrico inferior que hospedan mineralizaciones SEDEX de Pb-Zn-(Ag) (Fernández-Caliani et al., 1989; Arribas et al., 1990). La mineralización primaria fue modificada por el metamorfismo regional y la fracturación tardihercínica, y posteriormente alterada por procesos supergénicos.

Estos depósitos fueron minados en tiempos de Felipe II (siglo XVI) para beneficiar la plata, aunque las labores más modernas que se conservan en la zona datan del primer tercio del siglo

XX. Más recientemente, en la década de 1980 la empresa Charter Exploraciones presentó un proyecto minero para extraer la plata contenida en el suelo, pero fue desestimado por motivos ambientales (Fernández-Caliani, 1995).

Este trabajo se centra en determinar la abundancia de elementos traza en el suelo y cuantificar el enriquecimiento producido por los procesos supergénicos y edafogénicos. Con este propósito se seleccionaron 8 muestras típicas de la mineralización primaria y 24 muestras del suelo superficial (0-20 cm) y otros productos de meteorización. Las menas se examinaron por microscopía electrónica de barrido (SEM-BSE) y fueron analizadas con una microsonda de electrones (EPMA). Los minerales del suelo fueron identificados por DRX usando las técnicas habituales, y las concentraciones totales de elementos traza (Ag, As, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Se, Sb, Pb, Tl y Zn) en la fracción <2mm del suelo fueron analizadas por ICP-MS.

MINERALIZACIÓN PRIMARIA

La mineralización primaria está constituida esencialmente por pirita, galena y esfalerita (Fig. 2). En general, estos sulfuros se presentan diseminados en niveles o lentejones de tamaño centimétrico, que confieren a la mineralización un aspecto estratiforme, si bien existen zonas de removilización tardía donde la galena y diversas sulfosales de plata y/o plomo, tales como pirargirita (Ag_3SbS_3), estefanita (Ag_5SbS_4), freibergita ($\text{Ag}_6\text{Cu}_4\text{Fe}_2\text{Sb}_4\text{S}_{13}$), diaforita ($\text{Ag}_3\text{Pb}_2\text{Sb}_3\text{S}_8$) y semseyita ($\text{Pb}_9\text{Sb}_8\text{S}_{21}$), se disponen en pequeñas venas de las rocas encajantes.

Las rocas encajantes son dolomías marmóreas impuras, compuestas por dolomita y menor proporción de calcita, cuarzo, anfíbol de la serie actinolita-tremolita y talco. Como fases accesorias se han identificado feldespato alcalino rico en bario, plagioclasa, biotita, clorita, barita y titanita.

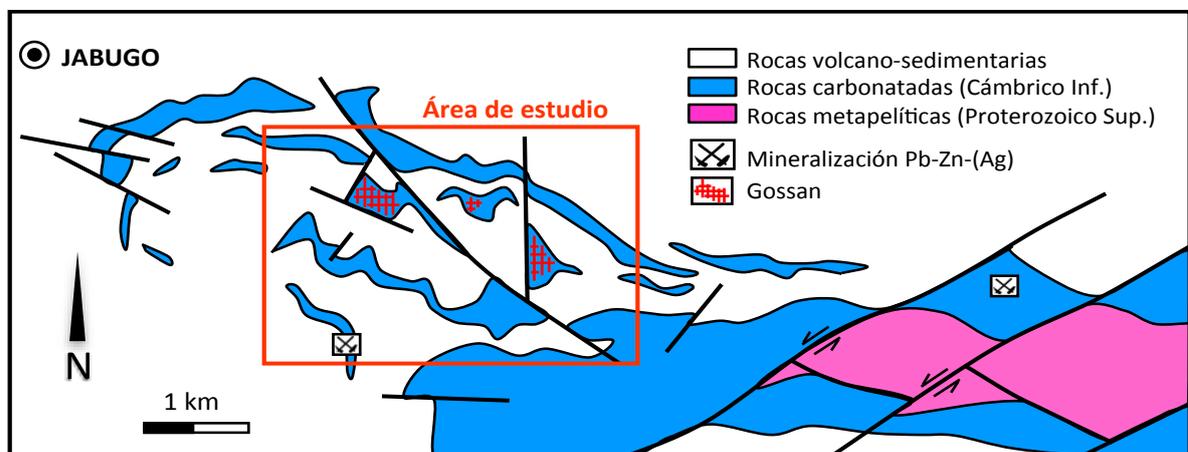


fig 1. Mapa geológico simplificado del sector central de la Sierra de Aracena (basado en Apalategui et al. 1984) y localización del área de estudio.

palabras clave: Alteración supergénica, Enriquecimiento geogénico, Metales pesados, Suelo, Sierra de Aracena.

key words: Supergene alteration, Pedogenic enrichment, Heavy metals, Soil, Sierra de Aracena.



fig 2. Mineralización de sulfuros ligada a rocas carbonatadas (Py: pirita; G: galena; Sph: esfalerita).

ALTERACIÓN SUPERGÉNICA

La exposición subaérea de la mineralización provocó la oxidación de los sulfuros primarios y la formación de depósitos residuales (gossan) constituidos por concreciones y masas botrioidales de goethita con abundante barita y cuarzo, así como minerales secundarios de zinc (Fig. 3) que aparecen rellenando las cavidades cavernosas del gossan, como hemimorfita ($Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$) e hidrozincita ($Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$).

El suelo desarrollado sobre las rocas encajantes de las mineralizaciones (Cambisol éutrico) está compuesto casi invariablemente por cuarzo (30-50%), feldespatos (<10%) y filossilicatos (>50%), con predominio de vermiculita, mica y algo de caolinita. La vermiculita es trioctaédrica y aloja hasta 0,52 apfu de zinc (Fernández-Caliani et al., 2013). Algunas muestras también contienen cantidades subordinadas de óxidos e hidróxidos de hierro (hematites, goethita), y otros minerales accesorios heredados de la roca madre como talco, anfíbol, barita y dolomita.

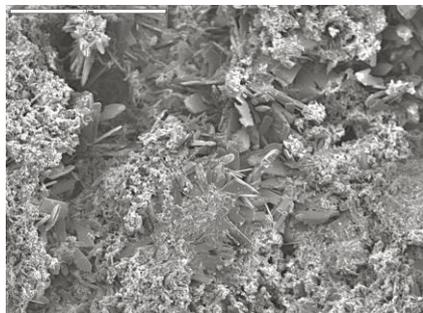


fig 3. Grupos de cristales de hemimorfita (barra de escala: 1 mm).

IMPLICACIONES EDAFOGEOQUÍMICAS

El suelo presenta altas concentraciones totales de los elementos traza que originalmente se encontraban geo-disponibles en la roca madre (Tabla 1),

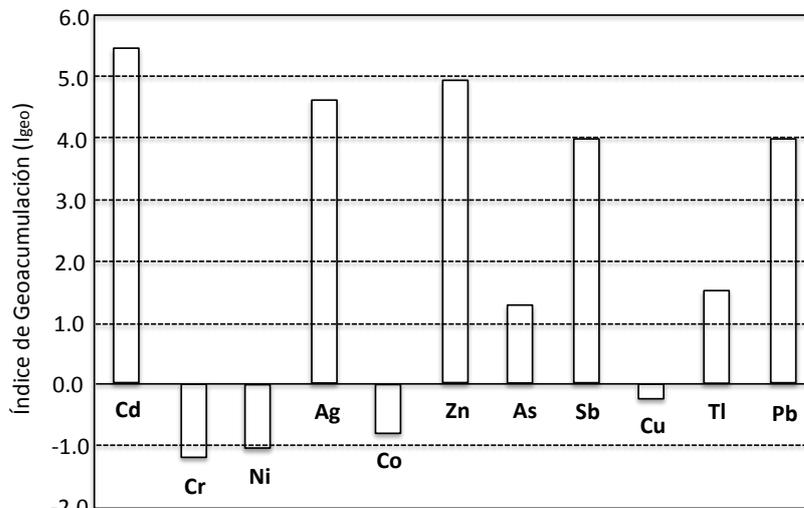


fig 4. Cuantificación del índice de geoacumulación de los elementos traza ($I_{geo} = \log_2 (C_n/1.5C_b)$, siendo C_n la concentración medida en el suelo, y C_b el valor de fondo regional). Los índices comprendidos entre 4 y 6 sugieren un fuerte enriquecimiento geogénico.

particularmente Zn (hasta 2,6%), Pb (>0,5%), Cd (hasta 319 $mg\ kg^{-1}$), Ag (hasta 154 $mg\ kg^{-1}$) y Sb (hasta 109 $mg\ kg^{-1}$). En comparación con los valores de fondo regional (Galán et al., 2008), el suelo se encuentra fuertemente enriquecido en estos metales, alcanzando elevados índices de geoacumulación (Fig. 4).

Elemento ($mg\ kg^{-1}$)	Rango	Mediana
Cd	0,6 - 319	7,9
Cr	19,3 - 158	54,1
Ni	10,5 - 44,2	28,4
Ag	1,37 - 154	8,38
Co	4,4 - 138	18,2
Bi	0,19 - 1,20	0,55
Se	1,1 - 3,0	1,7
Zn	370 - 26000	2640
As	24,2 - 346	73,8
Sb	1,8 - 109	14,2
Cu	4,9 - 197	37,3
Tl	0,86 - 82,8	2,52
Pb	124 - (>5000)	>634

Tabla 1. Rango y mediana de las concentraciones totales de los elementos traza analizados en el suelo.

La fracción móvil y potencialmente móvil de los elementos traza es muy discreta, según los datos preliminares obtenidos a partir de extracciones químicas con sales neutras y agentes complejantes.

metales liberados durante la alteración supergénica de los sulfuros y sulfosales de la mineralización primaria, dando lugar a una importante anomalía edafogeoquímica.

REFERENCIAS

Apalategui, O., Barranco, E., Contreras, F., Delgado, M., Roldán, F.J. (1984): Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja nº 917 (Aracena). IGME, Madrid.

Arribas, A., Bechstadt, T., Boni, M., (1990): Stratabound ore deposits related to synsedimentary tectonics: SW Sardinia (Italy) and Sierra de Aracena (Spain); a comparison. *Geol. Rund.*, **79**, 373-386.

Fernández-Caliani, J.C. (1995): La explotación de los recursos minerales y sus repercusiones en el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche (Huelva). *Actas I Jornadas Transfronterizas sobre la Contienda Hispano-Portuguesa*, Moura (Portugal), p. 237-252.

Fernández-Caliani, J.C., Requena, A., Sáez, R., Ruiz de Almodóvar, G. (1989): Las mineralizaciones Pb-Zn asociadas a rocas carbonatadas en el sector de Fuenteheridos, Huelva. *Stvd. Geol. Salmant.*, **4**, 7-15.

Fernández-Caliani, J.C., Timón, V., Rivera, M.B., Giráldez, I., Pérez-López, R. (2013): Experimental and theoretical evidence of zinc structurally bound in vermiculite from naturally metal-enriched soils. *Clay Min.*, **48**, 529-541.

Galán, E., Fernández-Caliani, J.C., González, I., Aparicio, P., Romero, A. (2008): Influence of geological setting on geochemical baselines of trace elements in soils. Application to soils of South-West Spain. *J. Geochem. Explor.*, **98**, 89-106.