

Las Mineralizaciones de Pb-Zn-Cu-Mn-(Au)- (Ag) de San José (Almería, España): Mineralogía y Geoquímica

IÑAKI ESTEBAN ARISPE (1,*), JAVIER CARRILLO ROSÚA (2), SALVADOR MORALES RUANO (1, 3), IÑAKI YUSTA ARNAL (4), ADRIAN J. BOYCE (5), FRANCISCO VELASCO ROLDÁN (4)

(1) Dpto. de Mineralogía y Petrología. Fac. de Ciencias, Universidad de Granada. Fuentenueva s/n. 18002, Granada (España)

(2) Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Fac. de Ciencias de la Educación, Campus de Cartuja. 18071, Granada (España).

(3) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC/UGR), Fac. de Ciencias, Fuentenueva s/n. 18002, Granada (España).

(4) Dpto. de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencia y Tecnología, Barrio Sarriena s/n. Universidad del País Vasco. 48940, Lejona (España).

INTRODUCCIÓN: MARCO GEOLÓGICO.

Contexto Regional.

El presente estudio se ha realizado en el área de San José (Níjar, Almería). La zona se sitúa en el extremo S-SW del cinturón volcánico Cabo de Gata-Cartagena (SE de España), de edad neógena y que se presenta zonada en dirección N-NE a S-SW. El vulcanismo calcoalcalino, el más abundante, se sitúa en el extremo SW, presentando las unidades ígneas más antiguas de la región (Fernández Soler, 1996). Ligados a este vulcanismo funcionaron sistemas hidrotermales, dando lugar a la formación de depósitos minerales, clasificados como epitermales, de metales base (Pb, Zn, Cu) y preciosos (Au, Ag), tales como los de Carboneras (e.g. Morales Ruano et al., 2000), Rodalquilar (e.g. Arribas et al., 1995) y San José (e.g. Esteban et al., 2008).

Geología de la Zona de Estudio.

Los materiales aflorantes son dacitas, riolitas y andesitas, dando lugar a una compleja litoestratigrafía. El vulcanismo viene representado por dos sistemas piroclásticos (fig. 1), con una unidad de domos intercalado. El vulcanismo finaliza con un último episodio, que en superficie da lugar a la elevación conocida como Cerro Martos, causante del proceso hidrotermal que dio lugar a un sistema epitermal (Fernández Soler, 1996). Este sistema se refleja como amplias áreas alteradas, con una serie de núcleos silicificados, donde la alteración hidrotermal es más intensa. Las silicificaciones muestran mineralizaciones metálicas en forma de diseminaciones. Las zonas de mayor alteración son cortadas por un sistema de venas de sulfatos de Fe-Al.

Toda la región está cortada por venas de espesores métricos, compuestas por

cuarzo y, en menor medida, por barita, explotadas en el pasado siglo por su contenido en sulfuros de metales base.

encontrado agregados de dickita, pirofilita y cristales de alunita y feldespatos potásico neoformado.



fig 1. Afloramiento de roca piroclástica hidrotermalmente alterada, donde los clastos volcánicos se encuentran cementados por una matriz reemplazada por cuarzo.

Venas de cuarzo con sulfuros polimetálicos.

La mineralización consiste en esfalerita, galena y calcopirita. La mineralogía no es igual en todas las venas, cambiando de una a otra, e incluso dentro de la misma vena.

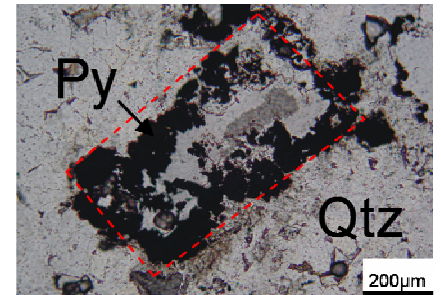


fig 2. Cristales de pirita rellenando la oquedad dejada por la disolución de un cristal de feldespatos en una roca silicificada (Py=pirita, Qtz=cuarzo).

ESTUDIO MINERALÓGICO Y TEXTURAL.

La mineralización ligada a la silicificación y la presente en venas de cuarzo coinciden en la misma zona, pero presentan diferencias notables.

Silicificación (Diseminaciones).

La mineralización consiste en una diseminación de fases metálicas, fundamentalmente pirita y en menor medida esfalerita. Además se ha encontrado pirrotina en el núcleo de cristales de pirita, así como oro nativo. Estas fases aparecen en las oquedades dejadas por fenocristales volcánicos disueltos en el proceso de alteración (fig. 2). Por su parte, la ganga consiste en un reemplazamiento casi total de la roca por cuarzo. Además se han

En cantidades menores aparecen pirita, sulfosales con Ag (tetraedrita, freibergita, pirargirita) incluidas en galena, acantita y óxidos de Mn y Zn (calcofanita: $(Zn,Fe,Mn)Mn_3O_7 \cdot 3H_2O$ - hetaerolita: $ZnMn_2O_4$). En estos dos últimos casos, junto con la barita, sólo aparecen en la parte superior de algunas de las venas, no observándose en profundidad. La barita y el cuarzo conforman la ganga principal, y de forma accesoria aparece carbonato, en el interior de cristales de cuarzo. Cuarzo y óxidos de Zn-Mn se presentan pseudomorfizando cristales tabulares y romboédricos, posiblemente carbonatos, sugiriendo que éstos fueron abundantes en etapas iniciales de la mineralización. También se han encontrado cantidades menores de filosilicatos, procedentes de la roca de caja, arrancados y arrastrados durante

palabras clave: Mineralizaciones metálicas, Depósitos epitermales, Sistemas hidrotermales, Signatura isotópica.

key words: Metallic mineralizations, Epithermal deposits, Hydrothermal systems, Isotopic signature.

resumen SEM 2009

* corresponding author: lesteban@ugr.es

la actividad hidrotermal.

Son comunes las texturas brechoideas y en puzzle, lo que sugiere que debieron producirse procesos de reactivación hidrotermal ligados a varios pulsos mineralizadores. Asimismo, se han observado minerales supergénicos (e.g. malaquita, azurita, atacamita).

GEOQUÍMICA ISOTÓPICA.

Con el fin de establecer el origen y las principales características de los fluidos hidrotermales, así como de los procesos mineralizadores que se han podido desarrollar en esta zona, se ha realizado un estudio mediante geoquímica isotópica (isótopos de S, O, Rb/Sr).

Sulfuros.

Se han detectado significativas diferencias entre los valores isotópicos de los sulfuros de las silicificaciones y de las venas. Así, los sulfuros de las silicificaciones muestran un rango de $\delta^{34}\text{S}$ ente +2 y +6‰ (mismo rango que los sulfuros de Rodalquilar, ente +2 y +7‰; Arribas et al., 1995), mientras que en el caso de las venas de cuarzo arrojan unos valores más altos de $\delta^{34}\text{S}$ (+6+12‰). Por otro lado, la signatura del azufre magmático en rocas volcánicas de este cinturón volcánico oscila ente +1y +7‰ (Arribas et al., 1995). De este modo, la signatura de las silicificaciones sería compatible con una fuente magmática del S (con la intervención de procesos de hidrólisis de SO_2 magmático y procesos de fraccionamiento isotópico incluidos). Sin embargo, en el caso de los sulfuros de las venas, una sola fuente magmática no explicaría todo el rango de $\delta^{34}\text{S}$, especialmente el azufre de carácter más pesado. Así, parte del azufre que dio lugar a las venas de cuarzo con sulfuros polimetálicos provendría de la reducción inorgánica de sulfato marino.

Sulfatos.

Se han realizado análisis de O y S en la barita, que es el único sulfato primario presente en las venas de cuarzo. Los resultados obtenidos indican signaturas de $\delta^{34}\text{S}$ entre +19 y +21‰, y de $\delta^{18}\text{O}$ entre +9 y +15‰. Estos valores coinciden con los observados para los sulfatos formados a partir de aguas marinas durante el Neógeno (Claypool et al., 1980), apoyando por tanto la intervención de fluidos marinos. Los valores isotópicos de la alunita y jarosita que forman las venas de sulfatos muestran signaturas de

empobrecimiento relativo tanto en azufre como en oxígeno ($\delta^{34}\text{S}$: 3-7‰; $\delta^{18}\text{O}$: 5-10‰), sugiriendo un ambiente supergénico de formación.

Cuarzo.

Se han realizado análisis de O en muestras de cuarzo de diferentes venas y silicificaciones, las cuales muestran un rango de $\delta^{18}\text{O}$ entre +8- y +18 ‰. Estos valores serían compatibles con la participación en los fluidos hidrotermales de aguas marinas, sin que se pueda descartar tampoco la participación de fluidos magmáticos.

Filosilicatos y Roca Total.

Los análisis geoquímicos en rocas alteradas revelan un enriquecimiento en Rb respecto a la roca sin alterar, mientras que el Sr se empobrece. Por otro lado, la razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ es relativamente uniforme, oscilando entre 0,711 y 0,713. Este intervalo coincide con el correspondiente a las rocas volcánicas de Cabo de Gata (Fernández Soler, 1996). Así, se interpreta que los fluidos hidrotermales lixiviaron importantes volúmenes de rocas volcánicas, pero también que estos fluidos pudieron tener un componente marino, explicándose así los valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ menos radiogénicos pertenecientes a la alteración propilítica.

GEOCROLOGÍA (K/Ar).

Se han realizado dataciones de concentrados de filosilicatos formados por los procesos hidrotermales en distintos tipologías de alteración. Los valores obtenidos oscilan entre 13,6 \pm 0,7 Ma y 11,7 \pm 1,3 Ma. Estas edades sugerirían que las mineralizaciones de Cabo de Gata (o al menos, las mineralizaciones asociadas con la silicificación), son las más antiguas de las presentes en todo el cinturón volcánico (Arribas et al., 1995). Por otro lado, se originarían en un intervalo de tiempo muy similar al de la formación de las propias rocas encajantes.

CONCLUSIONES.

Los datos obtenidos avalan el desarrollo en una primera etapa de un sistema epitermal de alta sulfuración, dando lugar a una alteración hidrotermal pervasiva. La irrupción de un fluido con SO_2 magmático provocaría, tras un proceso de hidrólisis, la alteración de carácter muy ácido y posteriormente,

cuando el pH se hubiera incrementado, la mineralización rica en pirita y con cantidades accesorias de oro. Este sistema funcionaría a continuación de la formación de las rocas encajantes, tal vez relacionado con el mismo ciclo magmático. En las etapas terminales del sistema hidrotermal, los sulfuros previamente formados pudieron ser lixiviados (quizás ligado a una acidificación puntual de estos fluidos), dando lugar a la formación de los sulfatos de Fe-Al. Con posterioridad a estos procesos, tuvo lugar un segundo evento mineralizador de baja sulfuración a favor de fracturas, fruto del cual se formaron las venas con sulfuros polimetálicos. En este caso el fluido mineralizador principal (ascendente) podría tener una significativa componente magmática, si bien también se deduce la participación de un fluido marino de carácter descendente que pudo aportar parte del azufre integrante de las menas metálicas.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto de Excelencia RNM736 (Junta de Andalucía) y del Proyecto CGL2006/02594/BTE (Ministerio de Ciencia e Innovación y FEDER).

REFERENCIAS.

- Arribas, A. Jr., Cunningham, C.G., Rytuba, J.J., Rye, R.O., Kelly, W.C., Podwysocki, M.H., McKee, E.H. y Tosdal, R.M. (1995): *Geology, geochronology, fluid inclusions, and isotope geochemistry of the Rodalquilar gold alunite deposit, Spain. Econ. Geol.*, **90**, 795-822.
- Claypool, G.E., Holser, W.T., Kaplan, I.R., Sakai, H. y Zak, I. (1980): *The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation. Chem. Geol.*, **28**, 199-260.
- Esteban, I., Velasco, F., Carrillo-Rosúa, F. J., Yusta, I. y Morales-Ruano, S. (2008): *Alteración Hidrotermal en el Depósito Epitermal de San José (Almería): Quimismo y Mineralogía. Macla*, **9**, 89-90.
- Fernández Soler, J. M. (1996): *El vulcanismo calco-alcalino en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería). Estudio volcanológico y petrológico. Tesis Doctoral, Universidad de Granada. Sociedad Almeriense de Historia Natural*, 295 pp.
- Morales Ruano, S., Carrillo Rosúa, F.J., Fenoll-Hach-Alí, P., de la Fuente Chacón, F. y Contreras López, E. (2000): *Epithermal Cu-Au mineralisation in the Palai-Islica deposit, Almería, Southeastern Spain, fluid inclusion evidence of mixing of fluids as guide to gold mineralisation. Can. Miner.*, **38**, 553-566.