

**EL DEPÓSITO DE Au-Cu DE PALAI-ISLICA, CARBONERAS
(ALMERIA): EJEMPLO DE LA COEXISTENCIA DE DOS TIPOS DE
MINERALIZACIÓN (DE ALTA Y DE BAJA SULFURACIÓN) EN UN
AMBIENTE EPITERMAL**

F. J. Carrillo Rosúa*, S. Morales Ruano*, A. J. Boyce**, P. Fenoll Hach-Ali* y A. E. Fallick**

* Dpto. Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencias, Avda Fuentenueva s/n, 18002 Granada.

** Scottish Universities Environmental Research Centre, East Kilbride, Reino Unido.

El depósito de Palai-Islica se encuentra situado en el cinturón volcánico de Cabo de Gata, encajado en rocas volcánicas calcoalcalinas (andesitas-dacitas) de edad Miocena que han sufrido una fuerte alteración hidrotermal (Morales *et al.*, 2000). En dicho depósito se han caracterizado fundamentalmente dos tipos de mineralización de posible potencial económico: venas y venillas de cuarzo con sulfuros y silicificación masiva.

Venas y venillas de cuarzo con sulfuros. Esta es la mineralización volumetricamente más abundante. Presenta una mineralogía muy variada que mayoritariamente está constituida por piritita y en menor medida por calcopiritita, esfalerita y galena. Minerales minoritarios son: aleaciones de Au-Ag (la principal fase portadora de Au), cobres grises, sulfosales de Ag-Bi-Pb-(Cu), acantita, pirargirita, polibasita, telururos de Ag, bismutinita, tetradimita, marcasita, pirrotina, bornita, calcosina, covellita, estannita, niquelina y distintos óxidos de Ti, Fe y Sn son también comunes. Como minerales de la ganga, es muy frecuente que, además de cuarzo, las venas contengan abundante sericita y clorita. También son frecuentes los sulfatos (barita y yeso) y carbonatos (dolomita y siderita), comúnmente de carácter tardío.

La roca volcánica en la que encajan estas venas presenta un grado de alteración variable, que está caracterizada por una transformación de la roca volcánica a cuarzo, sericita y clorita fundamentalmente. También son comunes dolomita, albita (formada a partir de plagioclasas) y en menor medida epidota. Destaca pues la ausencia de minerales, como la caolinita, que indican condiciones de alta acidez. Estas rocas alteradas hidrotermalmente presentan diseminaciones de fases sulfuradas, casi siempre piritita, aunque en las zonas más profundas aparecen otras fases como bornita, calcopiritita y marcasita indicando un cambio notable en las condiciones del depósito que hacen pensar en la posibilidad de una transición en profundidad hacia una mineralogía propia de un ambiente de tipo "porphyry".

Se han podido obtener datos microtermométricos a partir de inclusiones fluidas mayoritariamente en *cuarzo* (Th entre 120-435°C y salinidades entre 0.2-41.9% peso eq. NaCl; modificado de Morales *et al.*, 2000). Las inclusiones fluidas son mayoritariamente bifásicas existiendo una pequeña población de inclusiones polifásicas con cristales de halita, hematites e incluso fases opacacas. En menor medida se han estudiado inclusiones bifásicas en *esfalerita* (Th entre 134-251°C y salinidades entre 3.5-7.9 eq. NaCl), *dolomita* (Th entre 118-199°C y salinidades entre 1.6-7.2 % peso eq. NaCl), *barita* (Th entre 109-465°C y salinidades entre 0.2-16.9% peso eq. NaCl) e incluso en *yeso* (salinidades entre 0.7-2.4% peso eq. NaCl). Cabe destacar que asociado al oro visible y a anomalías geoquímicas en Au y otros metales existen fluidos que presentan un cambio brusco de salinidad (entre 2.0-29.3% peso eq. NaCl) en un rango de temperatura estrecho (25-50°C) situado entre 200-300°C. Este fluido no aparece nunca en zonas estériles (Morales *et al.*, 2000).

Los valores isotópicos (Carrillo *et al.*, 2001) para sulfuros son muy variables, $\delta^{34}\text{S}$ entre -8.3 y 12.5‰, aunque el máximo de frecuencias se sitúa a 8‰. Para la barita los valores de $\delta^{34}\text{S}$ oscilan entre 19.3-22.1‰. Cabe reseñar que posiblemente no existe equilibrio isotópico sulfuro-sulfato. En cuanto a la fuente principal del azufre de los sulfuros, éste parece

ser azufre hidrotermal reducido con un origen inicialmente magmático, mientras que para el caso de la barita el origen del azufre parece ser marino. Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ para el cuarzo de las venas oscilan entre 10,1 y 14,1‰ y el $\delta^{18}\text{O}_{\text{fluido}}$ calculado oscila entre -0.4 y 5.5‰ (considerando los valores de Th medios). Estos resultados indican que los fluidos que dan lugar a las venas mineralizadas son mezclas de aguas magmáticas y aguas superficiales, probablemente marinas dado los valores isotópicos y el ambiente marino costero del vulcanismo (Fernandez Soler, 1996).

Silicificación masiva. Aparece exclusivamente en las zonas más altas del depósito por encima de la zona de venas y venillas de cuarzo con sulfuros. Este tipo de mineralización consiste en finas diseminaciones de sulfuros y oro en la roca volcánica completamente transformada a cuarzo que se suelen concentrar en los espacios dejados por antiguos fenocristales volcánicos. La mineralogía metálica es simple, estando constituida principalmente por pirita, siendo el oro nativo, calcosina, covellita y cobre nativo fases minoritarias. Cabe destacar también la presencia de venas de distintos sulfatos (barita, yeso, jarosita±natrojarosita y natroalunita). Rodeando a la silicificación masiva aparecen zonas con alteración argilitica y argilitica avanzada, caracterizadas por la presencia de caolinita, esmectita, interstratificados ilita-esmectita e ilita.

Las inclusiones fluidas encontradas en los cristales de cuarzo son bifásicas, aunque ocasionalmente se han encontrado alguna inclusión trifásica con cristales posiblemente de silvita y halita. Los datos microtermométricos de estas inclusiones fluidas indican Th entre 222 y 375°C y salinidades mayoritariamente entre 0.4 y 11.2 eq. NaCl, aunque puntualmente puede llegar hasta 41.1% peso eq. NaCl.

La pirita en esta mineralización presenta $\delta^{34}\text{S}$ entre 2.8-5.7‰, mientras que la barita entre 23.4-24.2‰. Estos valores indican equilibrio isotópico entre sulfuro-sulfato a una temperatura en torno a 300°C y que se han formado por un proceso de “*disproportion*” de SO_2 de origen directamente magmático. Este proceso explicaría la alta acidez del fluido que provocaría la silicificación masiva de la roca y que, con una mayor tasa de neutralización del fluido por reacción con la roca, daría lugar a la alteración arcillítica. Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ para el cuarzo oscilan entre 12,2 y 17,8‰ y el $\delta^{18}\text{O}_{\text{fluido}}$ calculado oscila entre 4,2 y 8,9‰ (considerando los valores de Th medios). Estos valores de isótopos de oxígeno también son congruentes con un origen esencialmente magmático para los fluidos que dan lugar a esta mineralización.

Del presente estudio se concluye que existen dos partes bien diferenciadas en el depósito de Palai-Islica. Por una parte están las venas y venillas de cuarzo con sulfuros que presentan características de una mineralización de tipo epitermal de alta temperatura con intervención de fluidos magmáticos y superficiales (tal como indican los datos de inclusiones fluidas e isotópicos) y de una baja sulfuración (como señalan las características mineralógicas). Por otro lado está la silicificación masiva, que presenta características de un depósito epitermal también de alta temperatura pero, en este caso, de alta sulfuración con intervención de fluidos fundamentalmente magmáticos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PB-97-1211, y BTE 2001-3308 de la DGCYT y el Grupo de Investigación RNM 131 de la Junta de Andalucía. Los autores agradecen a SERRATA RESOURCES S.A. por facilitar parte de las muestras de este estudio.

Carrillo Rosúa F.J., Morales Ruano S., Boyce A.J., Fenoll Hach-Alí, P. y Fallick A.E. (2001) Bol. de la Soc. Esp. de Mineralogía, 22-A, 25-26.
 Fernández Soler, J.M. (1996) Tesis doctoral, Univ. Granada. Soc. Alm. Hist. Nat., 295 pp.
 Morales Ruano S., Carrillo Rosúa, F.J., Fenoll Hach-Alí, P., de la Fuente Chacón, F. y Contreras López, E. (2000) Can. Mineral., 38, 553-566.