



SGP
FUNDADA 1924

Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe

ISSN 0079-1091

Génesis de la calcosita de Marcapunta Oeste

Samuel Canchaya, César E. Vidal, y Juan Sarmiento

Cía. de Minas Buenaventura S.A.A., Av. Las Begonias 415, San Isidro, Lima, Perú

1. Introducción

Sociedad Minera El Brocal S. A. A. (SMEB) es una empresa minera dedicada a la extracción, concentración, y comercialización de minerales polimetálicos de Zn, Pb, Cu, y Ag. Sus operaciones mineras en Colquijirca y su planta concentradora en Huaracaca se encuentran en el distrito de Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco. SMEB explota dos minas contiguas: Tajo Norte (Pb y Zn) y la mina subterránea Marcapunta Norte (Cu). Su planta concentradora de Huaracaca tiene una capacidad actual de 18,000 tpd.

Marcapunta Oeste es considerado como un sistema epitermal de alta sulfuración donde la mineralización, esencialmente cuprífera y con oro subordinado, se emplaza en dacitas, brechas y aglomerados calcáreos eocenos, y areniscas-pelitas del Grupo Mitu, alrededor de una diatrema asociada con domos dacíticos miocénicos.

2. Las menas calcosíticas de Marcapunta Oeste

En Marcapunta Oeste, se ha reportado en anteriores publicaciones y reportes internos para SMEB (Vidal & Ligarda, 2004), la ocurrencia de un tipo de mena calcosítico como "cobre no arsenical", para diferenciarlo de las menas de cobre comunes de la Zona Norte, que son esencialmente arsenicales o enérgicas.

Canchaya (2014) ha definido cuatro tipos de Cobre No-Arsenical en Marcapunta Oeste.

- Calcosita de tipo 1: *Calcosita primaria, de origen hipógeno, diseminada en dacitas porfíricas*. Ocurre como relleno de moldes lixiviados de fenocristales de feldespatos primarios, acompañada de piritita subordinada y trazas de rutilo. Ocurre principalmente en sílice oquerosa ("vuggy") o en facies de alteración argílica-avanzada.

- Calcosita de tipo 2: *Calcosita en fracturas cortando cuerpos masivos de cuarzo-piritita*. La calcosita rellena o tapiza delgadas fracturas; también recubre piritita y algunas veces ocurre pulverulenta ("sooty chalcosite"); es de origen hipógeno. Generalmente corta brechas de piritita-cuarzo y lentes u horizontes silicificados y piritizados del Fanglomerado Shuco, algunas veces englobando dacitas silicificadas.

- Calcosita de tipo 3: *Calcosita en areniscas Mitu*. Rellenando fracturas, diseminada, y como dendritas en horizontes pelíticos y de arenisca fina del Grupo Mitu. Los sedimentos de esta unidad donde ocurre este tipo de calcosita se encuentran blanqueados y con silicificación débil.

- Calcosita de tipo 4: *Calcosita supérgena*. Ocurre como relleno descendente, producto de enriquecimiento supérgeno, a partir de la descomposición de sulfuros de cobre primarios. Presencia de limonitas, óxidos de manganeso, y sulfatos de Cu y Fe; ocurre en la parte superior del yacimiento y está acompañada de otros sulfuros secundarios, como covelita y djurleita; además de sulfatos de Cu y Fe.

Marcapunta Oeste, a diferencia de las otras zonas de Marcapunta, se caracteriza por la presencia mayoritaria de cobre no arsenical o Cu calcosítico. Ligarda et al. (2004) estimaron en Marcapunta Oeste 7.98 MT de cobre no arsenical, con 2.1 % Cu y 0.1 % As. En la Memoria Anual de SMEB del 2012, se estimó 17.7 MT de cobre no arsenical (zona de calcosita), con 1.45 % Cu y 0.06 % As. Sarmiento & Canchaya (2014) estiman 7.2 MT de cobre no arsenical, en categoría "indicado-inferido", con 2.44 % Cu y 0.15 % As.

3. Génesis de la calcosita de Marcapunta Oeste

Este trabajo se circunscribe a la génesis de la calcosita de tipo 1, de la cual existe suficiente información para discutir y sustentar su génesis. A continuación se enumeran los principales argumentos que sustentan un origen hipógeno para esta calcosita de tipo 1:

1. Ocurre en lentes o cuerpos dentro de la secuencia de dacitas y por debajo de los lentes enargíticos.
2. No se observan otros minerales típicos de ensamblajes supergénicos, como limonitas, óxidos de manganeso, sulfatos de cobre y hierro, etc.
3. Se observan características micro-estructurales que demuestran su emplazamiento como relleno ascendente, no descendente.
4. No se observa ningún caso de reemplazamiento y/o alteración de calcosita a cuenta de sulfuros de cobre primarios como calcopirita, enargita, o cobres grises.
5. Los únicos minerales co-genéticos con la calcosita primaria son covelita primaria, pirita, alunita, caolinita, y rutilo-anatasa.

Por otro lado, la ocurrencia de esta mineralización, prácticamente confinada a horizontes de sílice oquerosa ("vuggy"), así como su asociación con óxidos de Ti

primarios (anatasa y rutilo), sugiere un origen epitermal de tipo alta sulfuración. Hacia los bordes de la sílice oquerosa, se observa la ocurrencia de alunita, pirofilita, y arcillas kandíticas (principalmente caolinita), típicas de los ensamblajes argílicos avanzados de los sistemas epitermales de alta sulfuración. Finalmente, hacia los bordes más externos se puede observar la ocurrencia de esmectitas.

La Figura 1, compilada y modificada por Canchaya (2001), muestra los diferentes campos de estabilidad de minerales y fases de interés, marcados por líneas de diferente color. Las líneas horizontales de color magenta corresponden a los principales minerales de origen meso-epitermal; las líneas violetas separan los campos de estabilidad de los iones acuosos; las líneas negras separan los óxidos y sulfuros de Fe; y finalmente las líneas verdes separan los campos de estabilidad de los minerales de alteración, con su pH característico. En base a los campos de estabilidad mencionados, Meyer & Hemley (1967) han señalado la ubicación aproximada de los principales tipos de yacimientos (elipses de colores).

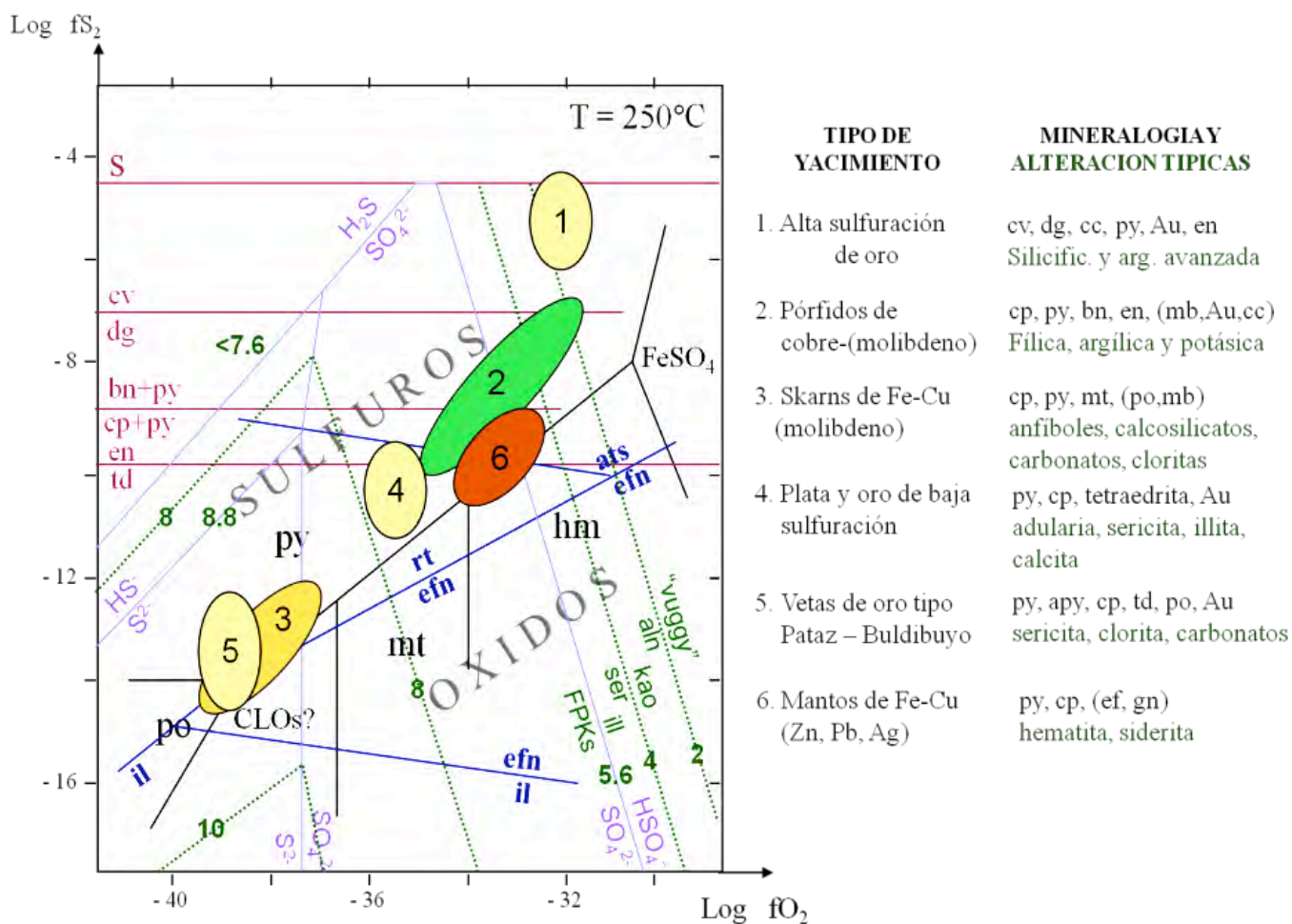


Figura 1. Diagrama fS_2 vs. fO_2 mostrando los campos de estabilidad de minerales típicos y la ubicación de los principales yacimientos asociados. Sulfuro acuoso total 0.1 molal. Compilado y modificado por Canchaya (2001) a partir de: Hayba et al. (1985), Udubasa (1982) para los óxidos de Ti, y Meyer & Hemley (1967). Abreviaturas: aln = alunita, apy = arsenopirita, ats = anatasa, bn = bornita, cc = calcosita, CLOs = cloritas, cp = calcopirita, cv = covelita, dg = digenita, ef = esfalerita, efn = esfena, en = enargita, FPKs = feldespatos potásicos, il = ilmenita, ill = illita, kao = caolinita, mb = molibdenita, mt = magnetita, po = pirofilita, py = pirita, rt = rutilo, ser = sericita, td = tetraedrita.

LAMINA DE FOTOS



Foto 1. Muestra de mano de dacita porfírica silicificada con cavidades generadas por lixiviación de fenocristales de feldespato, rellenos por calcosita. Notar el micro-fracturamiento subvertical, por donde circularon las soluciones esencialmente neumatogénicas que depositaron la calcosita.

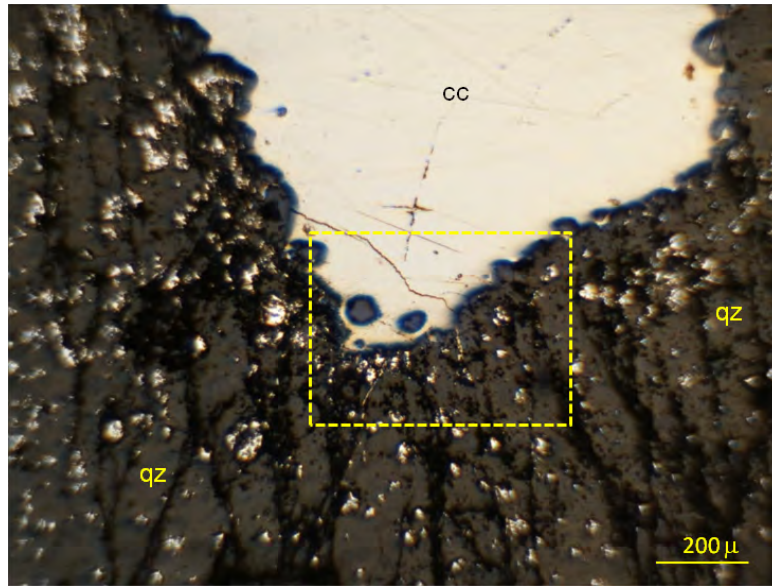


Foto 2. Microfotografía de la muestra 1, en luz reflejada y nicoles paralelos. Se observa parte de una cavidad generada por la lixiviación de un feldespato (parte superior) totalmente relleno por calcosita (cc) y el microfracturamiento sub-vertical del cuarzo (qz) por donde circularon las soluciones, esencialmente neumatogénicas, antes de depositar a la calcosita.

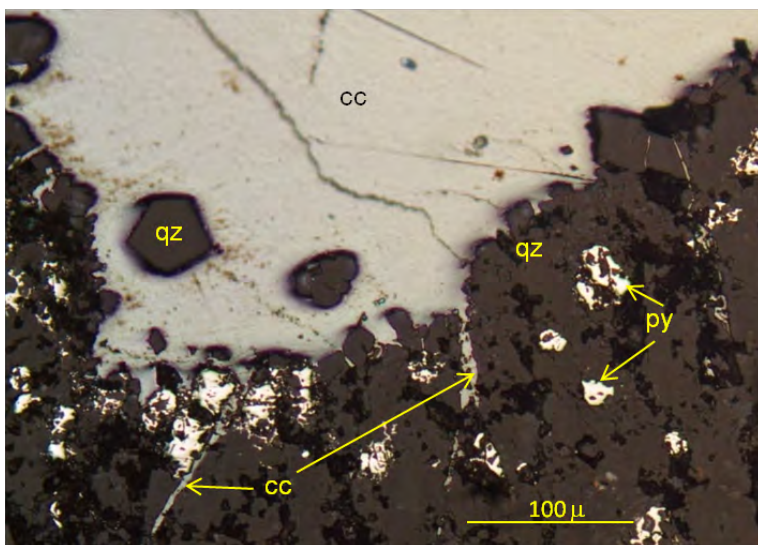


Foto 3. Vista ampliada del recuadro amarillo de la foto anterior, mostrando detalles de la deposición de la calcosita (cc) a partir de microfracturas. Se observa un halo de cristales aislados de pirita (py). Notar que la calcosita se empieza a depositar en las micro-fracturas algunas decenas de micrones antes de que éstas lleguen a comunicarse con las cavidades.

Usando la Figura 1 y en base a la mineralogía presente, incluyendo calcosita-covelita-pirita-anatasa (rutilo) y a los ensambles de alteración predominantes (sílica de tipo "vuggy"), se deduce que la mena calcosítica de Marcapunta Oeste corresponde al tipo epigenético de alta sulfuración (elipse amarilla).

Por otro lado, yendo al tema específico del tipo de fluidos y al mecanismo de deposición, se puede indicar que las observaciones de campo, principalmente el micro-fracturamiento subvertical asociado, así como las observaciones megascópicas y microscópicas, indican claramente que la calcosita primaria de Marcapunta Oeste se ha formado a partir de los siguientes procesos:

1. Lixiviación ácida de las dacitas porfiríticas, con erosión selectiva de los fenocristales primarios de feldespatos.
2. Sellamiento silíceo de las emanaciones volcanogénicas.
3. Desgasificación del aparato volcánico.
4. Ruptura del sello silíceo, cuando la presión de gases superó la presión litostática.
5. Micro-fracturamiento subvertical.
6. Deposición de la calcosita en las cavidades de los moldes exhumados de feldespato primario, por descompresión volumétrica.

Hay que señalar que la deposición de la calcosita se produce a partir de soluciones esencialmente gaseosas o neumatogénicas, las cuales viajaron bastante rápido por la red de microfracturas, para finalmente depositar calcosita en las cavidades dejadas por la lixiviación de los feldespatos (Fotos 1 a 3), debido al aumento del espacio disponible. Es por eso que se observa que las fracturas micrométricas terminan en cavidades milimétricas rellenas principalmente por calcosita.

Marcapunta Oeste no es el único caso de una deposición por condensación inversa. Scher et al. (2013) dieron cuenta de deposición de Au, Ag, Cu, y As a partir de gases magmáticos condensados del volcán Kawah en Java, Indonesia. Migdisov & Williams-Jones (2013) propusieron un modelo predictivo para el transporte de cloruros de plata por vapor acuoso, en sistemas de formación de menas magmático-hidrotermales. King et al. (2014) dieron cuenta de la formación de piritas con Au, Ag, y Cu a partir de vapores magmáticos condensados, en un ambiente epitermal de alta sulfuración. Migdinson et al. (2013) también esbozaron un modelo predictivo para el transporte de cobre por vapores acuosos conteniendo HCl, en sistemas formadores de menas, y sus implicancias en la formación de pórfidos de cobre. Hurtig & Williams-Jones (2014) difundieron el estudio experimental que realizaron del transporte del oro a través de la hidratación de AuCl en vapores acuosos y fluidos de tipo vapor. Finalmente se tiene el aporte de Williams-Jones (2013) quien dio cuenta de sus últimos experimentos que sustentan la deposición de minerales hipógenos primarios por sublimación inversa.

Referencias

- Canchaya, S. 2001. Ensamblajes de alteración en yacimientos epitermales de alta sulfuración. IV Seminario Internacional de Alteraciones Hidrotermales, Guías de Exploración, UNI, Lima.
- Canchaya, S. 2014. Caracterización mineralógica de las menas calcosíticas de Marcapunta Oeste. Reporte interno, Buenaventura, 8 p.
- Hayba, D.O., Bethke, M., Heald, P., Foley, N.K. 1985. Geologic, mineralogic, and geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal precious-metals deposits. In: *Geology and geochemistry of epithermal systems*, B.R. Berger & P.M. Bethke (eds.), p. 129–167.
- Hurtig, N.C., Williams-Jones, A.E. 2014. An experimental study of the transport of gold through hydration of AuCl in aqueous vapor and vapour-like fluids. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 127, p. 305–325.
- King, J., Williams-Jones, A.E., Van Hinsberg, V., Williams-Jones, G. 2014. High-sulfidation epithermal pyrite-hosted Au (Ag-Cu) ore formation by condensed magmatic vapors on Sangihe Island, Indonesia. *Economic Geology*, v. 109, p. 1705–1733.
- Ligarda, R., Rosas, R., Sarmiento, J. 2004. Informe ejecutivo 2003, Proyecto Marcapunta. Reporte interno, Buenaventura, 6 p.
- Meyer, C., Hemley, J.J. 1967. Wall rock alteration. In: *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, H.L. Barnes et al. (eds.), p. 166–232.
- Migdison, A.A., Williams-Jones, A.E. 2013. A predictive model for metal transport of silver chloride by aqueous vapor in ore-forming magmatic-hydrothermal systems. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 104, p. 123–135.
- Migdison, A.A., Bychkov, A.Y., Williams-Jones, A.E., Van Hinsberg, V.J. 2013. A predictive model for the transport of copper by HCl-bearing water vapour in ore-forming magmatic-hydrothermal systems: Implications for copper porphyry ore formation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 129, p. 33–53.
- Sarmiento, J.C., Canchaya, S. 2014. Marcapunta Oeste: Inventario de recursos de alta ley de Cu. Reporte interno, Cía de Minas Buenaventura.
- Scher, S., Williams-Jones, A.E., Williams-Jones, G. 2013. Fumarolic activity, acid-sulfate alteration, and high sulfidation epithermal precious metal mineralization in the crater of Kawah Ijen volcano, Java, Indonesia. *Economic Geology*, v. 108, p. 1099–1118.
- Udubasa, G. 1982. Rutile of postmagmatic mineral formation. In: *Ore genesis: The state of the art*, G.C. Amstutz et al. (eds.), Special Publications of the Soc. Geol. Applied Mineral Deposits, v. 2, p. 784–793.
- Vidal, C., Ligarda, R. 2004. Enargite-gold deposits at Marcapunta, Colquijirca mining district, central Peru: Mineralogic and geochemical zoning in subvolcanic limestone-replacement deposits of high-sulfidation epithermal type. *Economic Geology Special Publ.* 11, p. 231–241.
- Williams-Jones, A.E. 2013. The vapour-transport of metals in epithermal systems. 3rd International Seminar on Geology for the Industry (GEOMIN 2013), Santiago de Chile.