

# Mineralogía de los depósitos de cobre del Cretácico inferior de la cordillera de la costa de Chile Central. Datos preliminares

F.J. CARRILLO ROSÚA (1), S. MORALES RUANO (1), D. MORATA (2), BELMAR M. (2), P. FENOLL HACH-ALÍ (1)

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

(2) Departamento de Geología, Universidad de Chile, P. Ercilla 803, Santiago de Chile, Chile.

Las mineralizaciones filonianas y estratoligadas de Cu (y Cu-Ag) de la Cordillera de la Costa de Chile central en la región de Melipilla, 50 km al suroeste de Santiago, se encuentran alojadas en niveles carbonatados de la *Formación Lo Prado* (Berriasiense Superior-Hauteriviense) y en rocas volcánicas de la *Formación Veta Negra* (Hauteriviense-Barremiense). Ambas unidades están intruidas por granitoides del Cretácico Superior y presentan paragénesis minerales metamórficas propias de la facies prehnita-pumpellyita.

Se han distinguido dos tipos de mineralizaciones según la paragénesis mineral característica:

**Tipo A** Es la mineralización más escasa constituida por una densa diseminación de bornita, calcosina siendo accesoria la covellina, asociada con materia orgánica. La bornita, que comienza a cristalizar previamente a la calcosina, presenta con ésta intercrecimientos simplectíticos (Fig. 1a). En cuanto a los minerales de la ganga, éstos son fundamentalmente cuarzo granular y prehnita, siendo menos abundantes pumpellyita, epido-

ta calcita y clorita. La prehnita presenta pequeñas cantidades de Fe (1.93 – 2.53% at.), mientras que la calcita posee pequeños contenidos en Mg (0.14 – 0.16% at.) y prácticamente nulos de Mn y Fe.

**Tipo B:** Es la mineralización más frecuente, variando desde finas diseminaciones de sulfuros a agregados muy ricos en éstos en venas. La mineralogía metálica mayoritaria está constituida por calcopirita y pirita. Entre las fases minoritarias destacan cobres grises, esfalerita, galena, arsenopirita, marcasita y cobaltina (aunque debido al pequeño tamaño de sus cristales no se ha podido corroborar con exactitud su naturaleza). La pirita se presenta con textura de grano grueso, con Cu como único elemento accesorio, o con textura framboidal. La calcopirita posee zonaciones de enriquecimiento en As de hasta 0.2% at. Los cobres grises corresponden a términos muy ricos en tenantita (porcentaje en tetraedrita entre 0 y 19%, media: 4%), y Zn/(Fe+Zn) entre 0.50 y 0.68. El Zn (y lo inverso para el Fe) presenta una buena correlación directa con el Sb e inversa con el As. El con-

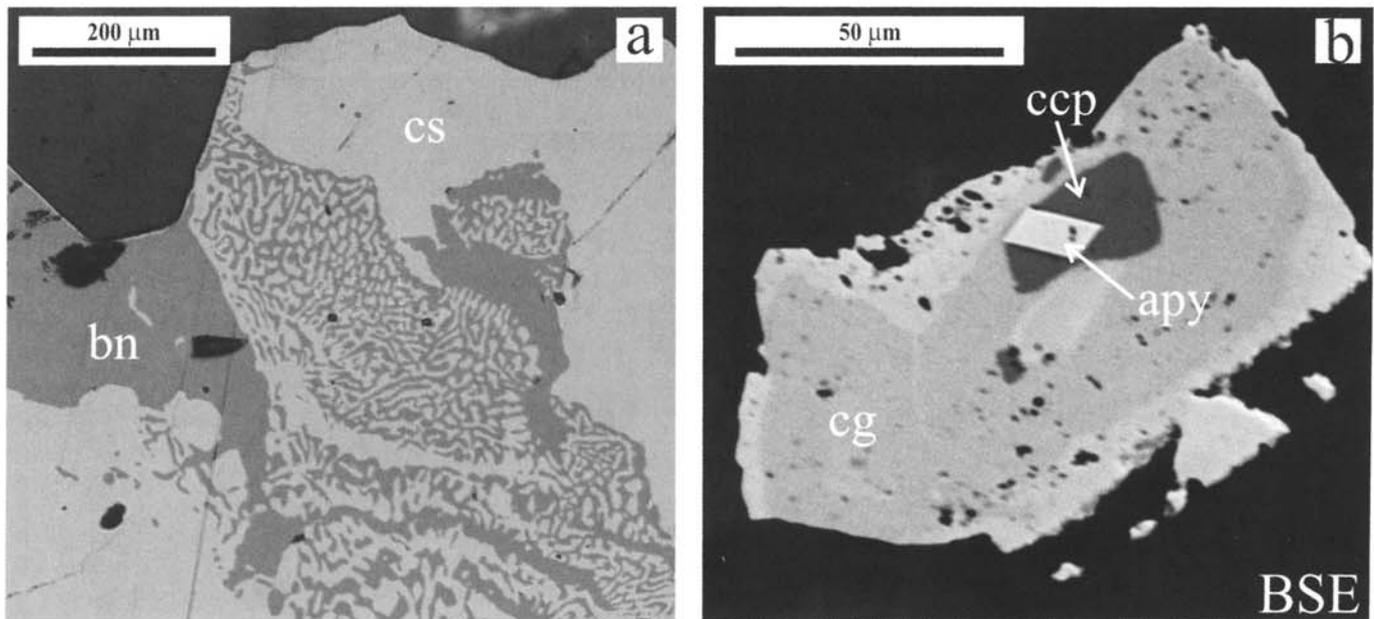


FIGURA 1. (a) Fotomicrofotografía de luz reflejada de un intercrecimiento simplectítico de bornita (bn) con calcosina (cs). (b) Imagen de electrones retrodispersados de arsenopirita (apy), calcopirita (ccp) y cobre gris (cg). Este último está zonado con borde (más rico en Sb y Zn y empobrecido en As) más claro que el núcleo

tenido en Ag es bajo en todos los casos, generalmente inferior a 0.45 a.p.f.u. Se constata que los cobres grises pueden presentar zonaciones químicas (Fig. 1b). En cuanto a la esfalerita, es siempre incolora y con Fe < 1% at. La secuencia paragenética deducida del estudio petrográfico para las fases metálicas es: arsenopirita + pirita + marcasita + cobaltina  $\Rightarrow$  calcopirita + esfalerita + cobre gris + galena  $\Rightarrow$  cobre gris + esfalerita. Respecto a la mineralogía de la ganga, los filosilicatos y la calcita son los más abundantes, siendo más escasos el cuarzo y la calcedonia. El estudio de microscopía óptica y electrónica de los filosilicatos ha mostrado que existen dos variedades: a) intercrecimientos de mica y clorita, que son los más abundantes, ligados estrechamente con las fases metálicas, que precipitarían directamente por los fluidos hidrotermales; b) pequeños cristales de clorita, muy escasos, con Al<sub>total</sub> entre 1.77 y 2.08 a.p.f.u., Si entre 3.24 y 3.30 a.p.f.u. y Fe/(Fe+Mg) entre 0.40 y 0.47. La calcita asociada a la mineralización presenta contenidos altos de Mn (0.01 - 1.92% at.) y en menor medida de Mg (0.03 - 0.63% at.) y Fe (0.00 - 0.16% at.), estando Fe y Mn aproximadamente en relación directa, mientras que el contenido en Mg presenta un comportamiento "antitético" con el de Fe+Mg. Este significativo contenido en elementos minoritarios se ve también reflejado en la existencia de zonaciones químicas de carácter complejo. En cuanto a la calcita de la roca encajante, ésta presenta una composición diferente, con contenidos menores de Mn (< de 0.3% at.) y en menor medida de Mg (< de 0.2% at.). También es diferente la composición de la calcita encontrada en venillas sin apenas mineralización, que atraviesan la roca hidrotermalmente alterada, con muy bajos contenidos en Mn, Mg y Fe (menores de 0.1% at.). Los feldespatos de clastos de roca volcánica encontrados en la mineralización corresponden a pseudomorfos de plagioclasa cálcica albitizados o transformados a feldespato potásico (con hasta 0.07 a.p.f.u. de Ba). También se ha observado en estas rocas hidrotermalmente alteradas la presencia de masas de clorita, posiblemente correspondientes a antiguas vacuolas, con características químicas diferentes a las de las encontradas en la mineralización (Al<sub>total</sub> = 2.25 - 2.61 a.p.f.u., Si = 2.79 - 2.98 a.p.f.u. y Fe/(Fe+Mg) = 0.59 - 0.75).

Las características mineralógicas de los depósitos de Cu (Cu-Ag) de este sector de la Cordillera de la Costa

en Chile central indican la existencia de dos tipos de mineralizaciones. La formada en primer lugar, tal como indica el estudio petrográfico, es la de **tipo A**. Es la mineralógicamente más pobre, y la que se pudo haber originado por procesos ligados a un metamorfismo de muy bajo grado, tal como pone de manifiesto las relaciones texturales entre los minerales metamórficos (prehnita, pumpellita, clorita y epidota) y los sulfuros. También es coherente con esta hipótesis la existencia de intercrecimientos simplectíticos de bornita y calcosina, ligados a procesos de exsolución por cambios lentos de temperatura y la presencia de materia orgánica que provendría de la removilización desde las rocas sedimentarias durante el proceso metamórfico. La mineralización más abundante en volumen y cantidad de sulfuros, la de **tipo B**, tiene una mineralogía relativamente variada. Podría estar originada por fluidos epitermales de moderada o baja temperatura, tal como sugiere la presencia de pirita frambooidal y calcedonia. Dichos fluidos presentarían, en las etapas iniciales de la mineralización, un pH relativamente bajo (marcasita "hidrotermal" pH < 5, Murowchick y Barnes (1986)) y alta  $f_S$  (presencia de arsenopirita). No obstante, para corroborar esta hipótesis preliminar, sería necesario disponer de estudios mineralógicos, isotópicos y de inclusiones fluidas actualmente en curso.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de cooperación CSIC-Universidad de Chile 2001-CL-00015 y CSIC/2001/02-08, los proyectos BTE 2001-3308 y 2003-06265 de la DGICYT, el "Plan Propio de la Universidad de Granada" (Programa 17, Convenio 680), el proyecto de la Universidad de Chile DID I001-99/2 y el Grupo de Investigación RNM 131 de la Junta de Andalucía. Se agradece a Compañía Minera "Las Abuelitas" su apoyo y facilidades en los trabajos de terreno.

#### REFERENCIAS

Murowchick J.B. y Barnes H.L. (1986) *Geochem. Cosmochim. Acta*, 50, 2615-2629.