

# Las Mineralizaciones de Cu de Cabildo, Cordillera de la Costa, Chile central

/ VERONICA MORENO RODRIGUEZ (1,\*), SALVADOR MORALES RUANO (1, 2), FRANCISCO JAVIER CARRILLO ROSUA (3), DIEGO MORATA CESPEDES (4), ELISA RAMIREZ SÁNCHEZ (5)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología. Facultad Ciencias. Universidad de Granada. Avda. Fuentenueva, s/n. 18002. Granada (España)

(2) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, UGR-CSIC, Facultad Ciencias. Universidad de Granada. Avda. Fuentenueva, s/n. 18002. Granada (España)

(3) Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada. Granada (España)

(4) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile

(5) Minera Las Cenizas, Avenida Humeros 1501, Cabildo, V Región de Valparaíso, (Chile)

## INTRODUCCION.

Las mineralizaciones de cobre en la Cordillera de la Costa de Chile central están principalmente hospedadas en secuencias volcano-sedimentarias del Cretácico Inferior, conformando lo que se conocen como depósitos de Cu "tipo manto" y siendo, quizá, el más importante de ellos el depósito de El Soldado, ubicado unos 100 km al norte de la ciudad de Santiago (Maksaev y Zentilli, 2002). Asimismo existen otros tipos de mineralizaciones de Cu albergadas en secuencias volcano-sedimentarias del Cretácico Inferior que presentan características distintivas y cuya génesis aún no ha sido bien entendida. En las proximidades de Cabildo (Cordillera de la Costa, Chile central) aparecen tanto mineralizaciones de Cu de "tipo manto", como mineralizaciones asociadas a procesos de skarn, observándose una zona de transición entre ambos tipos de mineralizaciones. El presente estudio presenta los primeros datos mineralógicos y geoquímicos de estas mineralizaciones, apuntando algunas indicaciones sobre el origen de ambas mineralizaciones.

## CONTEXTO GEOLOGICO.

El distrito minero de Cabildo está localizado en la Cordillera de la Costa de Chile central, V región, entre 70°55'W-32°30'S. En este distrito, la secuencia estratigráfica del Cretácico Inferior está conformada por la Formación Pachacama, Formación Lo Prado y Formación Veta Negra. Esta secuencia se encuentra intruída por cuerpos plutónicos dioríticos a sienograníticos. En las proximidades del distrito, Rivano et al (1993) obtuvieron una edad K/Ar en biotita de 96±3 Ma. La deformación presente en el distrito consiste en un plegamiento homoclinal de dirección NS-N15°W con una inclinación entre

20°-40° hacia el este y numerosas fallas N-S y NNE de naturaleza variable.

La Formación Pachamama se define como una secuencia volcanoclástica continental, cuya litología consiste en brechas, tobas y lavas andesíticas. La Formación Lo Prado consiste en una secuencia volcano-sedimentaria transgresiva, con una litología consistente en intercalaciones de calcilitas negras, calcarenitas grises, niveles de brechas y/o conglomerados andesitas afaníticas, porfídicas y niveles de tobas rojizas. A esta formación se le ha asignado una edad Berriasiense-Valanginiense según el material fosilífero. La Formación Veta Negra consiste en una serie volcánica andesítica con algunas intercalaciones de volcarenitas, conglomerados y brechas. Se ha obtenido una edad plateau  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en plagioclasa de  $118.7 \pm 0.6$  Ma (Fuentes et al., 2005), interpretada como la edad de emplazamiento de estas andesitas.

La evolución geológica del distrito minero de Cabildo durante el Cretácico Inferior comenzaría con una gran acumulación volcánica, producto de la formación de un arco volcánico (Formación Pachacama), subsidencia posterior y acúmulo de una secuencia transgresiva sedimentaria (Formación Lo Prado) y, finalmente, la colmatación de la cuenca con una gran producción volcánica (Formación Veta Negra). Asociado a la subsidencia de la cuenca se desarrolla un metamorfismo de muy bajo grado del paquete infrayacente y, de forma casi coetánea, se produce el emplazamiento de cuerpos plutónicos (Fuentes et al., 2005). Esta historia geológica culmina con la formación de depósitos minerales, principalmente de cobre. Estos yacimientos han sido clasificados hasta el momento como de tipo skarn y tipo manto, concentrándose principalmente en rocas sedimentarias

marinas de la Formación Lo Prado.

## MINERALIZACIONES.

Los resultados que se disponen hasta el momento nos han permitido determinar cuatro tipos de mineralizaciones:

1.- Mineralización de cobre de carácter estratoligado y encajada fundamentalmente en rocas carbonatadas con niveles volcano-sedimentarios. Consiste en venillas y diseminaciones de sulfuros, en muchas ocasiones paralelas a la laminación de la caliza. Mineralógicamente se caracteriza por la presencia de bornita y calcopirita como fases metálicas mayoritarias. La piritita es también muy abundante, aunque como fase diagenética restringida a diseminaciones de finos cristales dentro de la caliza pobre en Cu. Entre las fases accesorias se ha encontrado esfalerita, galena, cobaltina y hawleita (CdS). Los minerales de la ganga corresponden fundamentalmente a calcita, con cantidades menores de prehnita, e intercrecimientos de diversos filosilicatos (clorita, mica...). Además, en los niveles volcano-sedimentarios asociados se encuentran los feldespatos reemplazados por albita. Esta mineralogía de la ganga es compatible con una alteración de muy bajo grado.

2.- Mineralización de cobre de tipo skarn, con bolsadas muy ricas en sulfuros de grano grueso. La mineralogía metálica mayoritaria es sencilla: piritita y calcopirita, siendo arsenopiritita, pirrotina, esfalerita, magnetita y hematites fases accesorias de grano fino. En cuanto a las asociaciones de la ganga se puede distinguir una primera etapa paragenética, con presencia de granate (grossularia-andradita), epidota, anfíboles (actinolita, ferrihorblenda), piroxenos (diópsido-hedembergita) y

**palabras clave:** depósitos de cobre, skarn, Cordillera de la Costa, Chile

**key words:** Copper deposits, skarn, Coastal Range, Chile

feldespatos, así como cantidades menores de apatito y titanita. En una etapa más tardía, se forma clorita férrica, calcita, feldespato (albita y feldespato potásico), cuarzo (con diferentes morfologías asociadas a diferentes posiciones paragenéticas) y rutilo.

3.- Mineralizaciones de tipo skarn con molibdenita. En este caso los sulfuros no llegan a ser tan voluminosos. Las fases metálicas corresponden a calcopirita, pirita, pirrotina como fases mayoritarias. Entre las fases accesorias destacan pequeños agregados tabulares de cristales de molibdenita. Por lo que se refiere a los minerales no metálicos se encuentra granate (grosularia-andradita), piroxeno (diópsido-hedbergita), apatito, cuarzo y allanita como los minerales de la ganga. Feldespato potásico y clorita aparecen también como fases más tardías.

4.- Mineralizaciones ricas en arseniuros de níquel y cobalto. Las características observadas indican un carácter vetiforme. Las fases metálicas identificadas corresponden con distintos términos: clinosafflorita-safflorita-lollingita. La mineralogía de la ganga consiste en calcita, siendo fases accesorias feldespato potásico y cuarzo



fig 1. Nivel rico en sulfuros de cobre (doble flecha) dentro de la mineralización estratoligada de cobre.

En estas mineralizaciones (especialmente en la 2 y en la 3) se observa una compleja historia prograda y retrógrada, que refleja diferentes estadios paragenéticos, con una gran variedad textural y mineralógica.

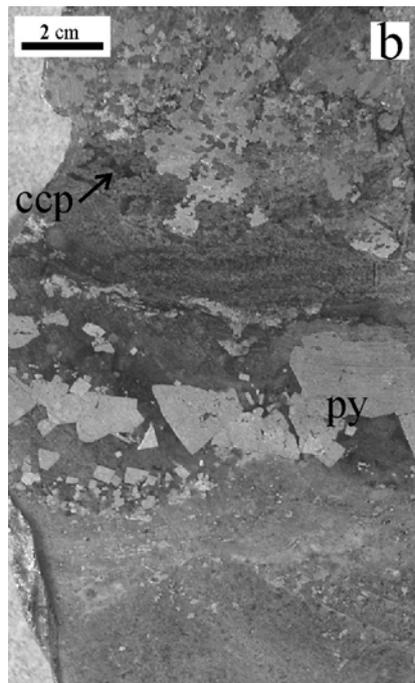


fig 2. Muestra de mano de la mineralización de Cu de tipo skarn con pirita-calcopirita de grano grueso.

#### GEOQUIMICA.

En lo referente al estudio geoquímico, se han realizando análisis mediante ICP-MS de separados minerales procedentes de venas mineralizadas, especialmente de calcita. De ellos se desprende que hay un enriquecimiento anómalo en Co, Ni y Mo, y se intuyen dos tipos de calcitas en función del contenido total de REE y del contenido en LREE vs. HREE.

En cuanto a los isótopos de S, las muestras de sulfuros procedentes de la mineralización de cobre de tipo skarn tienen una signatura muy homogénea ( $\delta^{34}\text{S} \sim -2\text{‰}$ ), que podría ser indicativo de una fuente magmática para este azufre. Por otro lado, en las mineralizaciones de cobre de carácter estratoligado, los valores de  $\delta^{34}\text{S}$  están en el rango de -15 y -20‰, sugiriendo una fuente primaria bacteriogénica para el azufre.

#### CONCLUSIONES.

El distrito de Cabildo en la Cordillera de la Costa de Chile central se caracteriza por su complejidad en cuanto a los tipos de mineralizaciones, paragénesis minerales y fluidos/procesos que han podido intervenir en diferentes momentos de su génesis. Del estudio mineralógico y geoquímico se deduce la intervención de diferentes fuentes de elementos y de tipos de fluidos

(magmáticos, metamórficos...). Cabe destacar que el azufre presenta una fuente poligénica. En la mineralización de Cu de tipo skarn el S provendría directamente de fluidos liberados por intrusiones graníticas s.l., mientras que en las tipo manto, el azufre es de origen bacteriogénico, posiblemente por removilización de pirita (tal vez durante un evento metamórfico de muy bajo grado) de las calizas, formada por procesos sedimentarios/diagenéticos en los que estuvo implicada actividad bacteriana.

#### AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto CGL2006-02594 (Ministerio de Educación y Ciencia y FEDER). Verónica Moreno agradece al MEC la financiación recibida a través de una beca FPU. Agradecemos a todo el equipo de geología de Minera Las Cenizas (en especial a los geólogos Ximena Pérez, Juan Figueroa, Mauricio Ruiz, Cesar Contreras) y, en general, a todo el personal de la empresa las facilidades prestadas para el desarrollo de esta investigación (acceso a interior de mina, sondajes, información geológica, etc.), así como todo el apoyo logístico prestado durante el trabajo de campo.

#### REFERENCIAS.

- Fuentes, F., Féraud, G., Aguirre, L., Morata, D. (2005):  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of volcanism and subsequent very low-grade metamorphism in a subsiding basin: example of the Cretaceous lava series from central Chile. *Chemical Geology*, **214**, 157-177.
- Maksaev, V. & Zentilli, M. (2002): Chilean strata-bound Cu-(Ag) deposits: an overview In: Porter, T.M. (Ed.), *Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related Deposits: A Global Perspective*. PGC Publishing, Adelaide, p. 185-205.
- Rivano, S., Sepúlveda, P., Boric, R., Espiñeira, D. (1993): *Hojas Quillota y Portillo, V Región*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile No. 73 (escala 1: 250.000). Santiago.