UNIVERSITÉ DE GENÈVE

Archive ouverte UNIGE
https://archive-ouverte.unige.ch

Chapitre d'actes 2012

Published version Open Access

This is the published version of the publication, made available in accordance with the publisher's policy.

Mineralogía de la mineralización exótica en Chuquicamata: nuevos avances

Pinget, Marie-Caroline; Dold, Bernhard; Fontboté, Lluís; Vergara, Manuel; Rojas de la Rivera, José

How to cite

PINGET, Marie-Caroline et al. Mineralogía de la mineralización exótica en Chuquicamata: nuevos avances. In: 13th Congreso geológico chileno. Antofagasta (Chile). [s.l.] : [s.n.], 2012. p. 37–39.

This publication URL: https://archive-ouverte.unige.ch/unige:22666

© This document is protected by copyright. Please refer to copyright holder(s) for terms of use.

Pinget MC, Dold B, Fontboté L, Vergara M, Rojas de la Rivera J. 2012. Mineralogía de la mineralización exótica en Chuquicamata: nuevos avances. Proceedings 13th Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, Chile: 37-39.

Mineralogía de la mineralización exótica en Chuquicamata: nuevos avances

Marie-Caroline Pinget M.*[1], Bernhard Dold[2], Lluís Fontboté[1], Manuel Vergara[3], José Rojas de la Rivera[3]

[1]*University of Geneva, Section of Earth Science and Environment, rue des Maraîchers 13, 1205 Geneva, Switzerland*

[2]*Geology Department, University of Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago de Chile*

[3]*CODELCO, Chuquicamata, Chile*

** email: marie-caroline.pinget@unige.ch*

Resumen. La mineralización exótica del pórfido cuprífero de Chuquicamata está constituida por minerales bien identificados como atacamita, crisocola, pseudomalaquita, paracoquimbita, paratacamita, lebethenita, sampleita y óxidos de manganeso, y otros menos bien estudiados, llamados genéricamente "copper-wad" y "copper-pitch". Estos dos últimos términos sugieren mineralogías habitualmente descritas en la mineralización exótica, pero que no hacen referencia a estructuras cristalinas y rangos de composición definidos. El estudio de la composición química de las muestras de "copper-wad" y "copper-pitch" indica contenidos variables principalmente en sílice, hierro, manganeso, aluminio, cobre y azufre, pero no se diferencian entre ellos. La difracción de rayos X pone de manifiesto estructuras débilmente cristalinas (incluso amorfas), con presencia de pequeñas fases cristalinas, principalmente yeso y atacamita.

Keywords: Chuquicamata, mineralización exótica, Mina Sur, copper-wad.

1 Introducción

El yacimiento exótico desarrollado aguas abajo del sistema porfiríco de Chuquicamata es uno de los más grandes en el mundo (Fam y Rojas, 1997). Durante los procesos supergénicos, los fluidos ácidos y ricos en cobre, no solo percolaron verticalmente dentro del mismo pórfido (Pinget et al., 2011), sino también escurrieron hacia el sur en forma de flujo subterráneo, formando un yacimiento secundario dentro de las gravas y en las rocas subyacientes (Ossandón et al., 2001; Fig. 1).

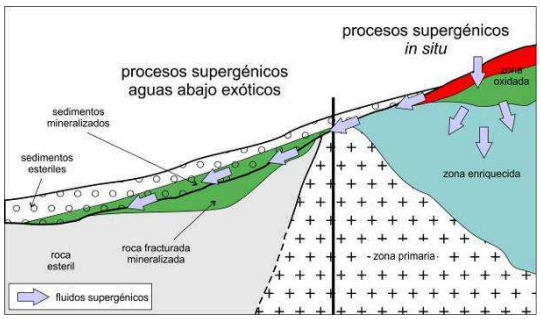

Figura 1. Ilustración esquemática del yacimiento exótico y su relación con el pórfido.

Dentro de las gravas, la mineralización está principalmente presente como un cemento entre los clastos, y en menor medida impregnando ciertos clastos. En la roca subyaciente, la mineralización está concentrada en las fracturas preexistentes.

Los minerales principales del yacimiento exótico de Chuquicamata fueron descritos por Mortimer et al. (1978), y Münchmeyer (1996). Pincheira et al. (2003) trabajaron específicamente sobre las fases "copper-wad" y "copper-pitch". El presente estudio pretende entrar más en detalle en la descripción los minerales exóticos, incluyendo los denominados "copper-wad" o "copper-pitch", a fin de permitir en el futuro un estudio hidroquímico de la formación del yacimiento.

2 Método y resultados

El muestreo en el tajo fue realizado en 2010 2011 y completado por un muestreo de los sondajes previos a la explotación. El estudio se concentra principalmente en la parte norte de la mineralización exótica, entre las coordenadas locales N1800 y N500, con toma de muestras complementarias en su parte sur (Fig 2).

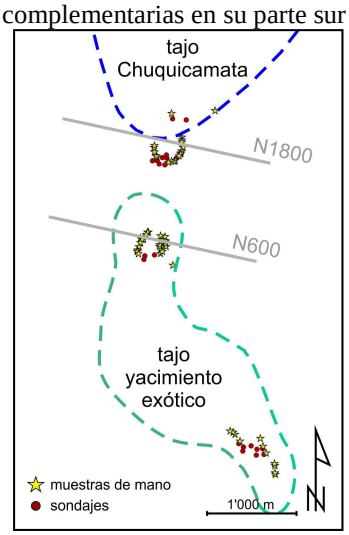

Figura 2. Ubicación de las muestras ocupadas para el presente estudio.

La estructura y la composicón química de los minerales fue estudiada con métodos de difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos X (FRX), y microfluorescencia. Para aplicar los métodos de DRX y XRF, es necesario ser capaz de separar les minerales de la ganga, lo que no es siempre posible con los minerales muy finos, o muy íntimamente mezclados, en un cemento por ejemplo. En estos casos, la microfluorescencia permite estudiar la repartición de los elementos químicos en un corte de muestra.

2.1 Difracción de rayos X

La difracción de rayos X permite la identificación de forma rápida y confiable de los minerales de alteración como de los minerales de cobre y manganeso, siempre que estos estén bien cristalizados. Así se identificaron los minerales siguientes: atacamita, crisocola, pseudomalaquita, paracoquimbita, paratacamita, lebethenita, sampleita y óxidos de manganeso; yeso, caolinita, clinocloro, ilita, montmorilonita, hematita y goethita. Los análisis indican también en muchas muestras una fracción importante de material no o débilmente cristalizado. La crisocola forma parte de los minerales débilmente cristalizados. Se observa que los picos de diffracción son remplazados por una señal más difusa, y que el ruido de fondo es muy importante, lo que indica una baja cristalinidad (Fig. 3a). Si muestras de crisocola pura son analizadas, la DRX permite una identificación clara. Sin embargo, si la muestra presenta una mezcla de este mineral poco cristalino con un mineral bien cristalizado, la señal característica puede estar oculta en el ruido, y no ser identificada a la hora de interpretar el difractograma. En la Figura 3b, la presencia de crisocola y copper-pitch es visualmente evidente, pero no aparece en el difractograma. Este ejemplo demuestra los límites de la DRX como herramienta para el estudio de los minerales supergénicos.

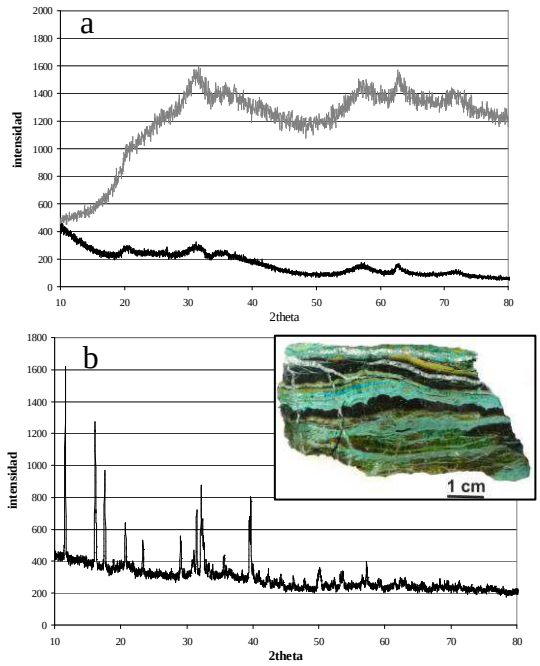

Figura 3. a. Dos ejemplos de difractograma sobre muestras de crisocola; b. Ejemplo de difractograma (muestra MC27) sobre una muestra de “copper-pitch” mezclado con minerales cristalinos (atacamita y yeso).

2.2 Fluorescencia de rayos X

La fluorescencia de rayos X permite conocer la composición química de una muestra. El método elegido para el presente estudio ofrece composiciones semi-cuantitativas de la química total de las muestras. El conocimiento de la composición química es útil como complemento de la DRX para confirmar las interpretaciones. Además, sirve para investigar las muestras que no pueden ser descritas de forma satisfactoria por la DRX, como las muestras poco cristalinas. La crisocola, aunque poco cristalina, es un mineral reconocido como tal (McKeown, 1994). No es el caso del “copper-wad” o del “copper-pitch para los que su definición es solo visual (Fig. 4). El “copper-wad” es negro o marrón oscuro, presente en forma de pátina, y con textura polvorienta. El “copper-pitch” es de textura masiva, con fractura concoidea, de aspecto parecido a la crisocola pero de color oscuro. Como lo demostraron los análisis químicos (Fig. 5), las muestras descritas en terreno como "copper-wad" corresponden más a una mezcla de minerales que a un mineral. La muestra MC27 fue analizada por DRX (Fig. 3b) y por FRF (Fig. 5). La DRX muestra la presencia de atacamita y yeso, pero de ningún otro mineral; por su parte, el análisis químico muestra la presencia de calcio y azufre (que corresponden al yeso), de cobre (contenido en la atacamita), pero también de manganeso, de silicio, de hierro y de aluminio, que tienen que estar contenidos en una fase poca o no cristalina o de bajos concentraciones, ya que no es visible en el difractograma.

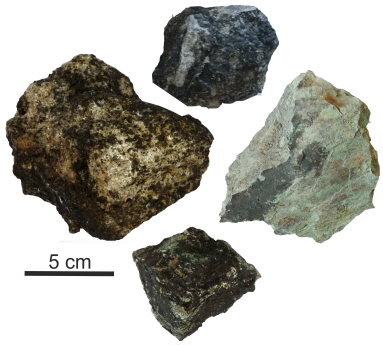

Figura 4. Ejemplos de muestras con “copper-wad”.

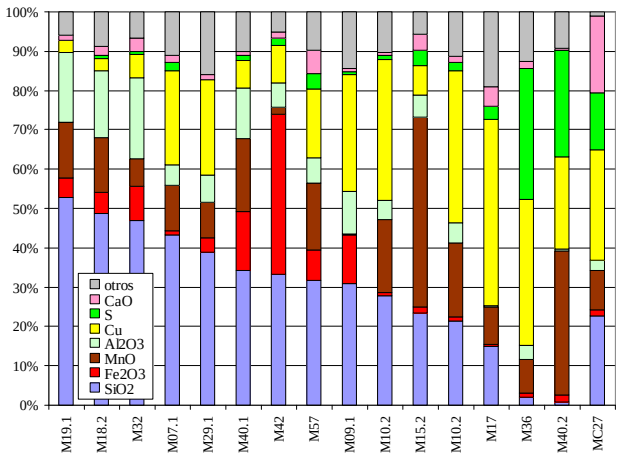

Figura 5. Variaciones químicas de las muestras de “copper-wad” (y “copper-pitch” en muestras M10.2 y MC27)..

2.3 Microfluorescencia

Para estudiar las condiciones de formación de un yacimiento, es indispensable conocer los minerales que lo constituyen. Sin embargo, esto no es siempre posible, o al menos con métodos convencionales. La microfluorescencia permite estudiar la repartición de los elementos químicos en un corte de muestra, sin ninguna preparación especifica. El método no es cuantitativo. La Figura 6 muestra el resultado sobre una muestra de

sedimentos cementados con “copper-wad”, en la cual es imposible separar los diferentes minerales, especialmente observando la repartición de aquellos dentro de la muestra. La repartición concordante del calcio con el azufre indica la presencia de yeso en el centro de los espacios intergranulares, mientras que el manganeso, el cobre y el hierro están concentrados en los bordes de los granos. En esta muestra, el silicio no está relacionado con la mineralización, estando presente solo en los granos.

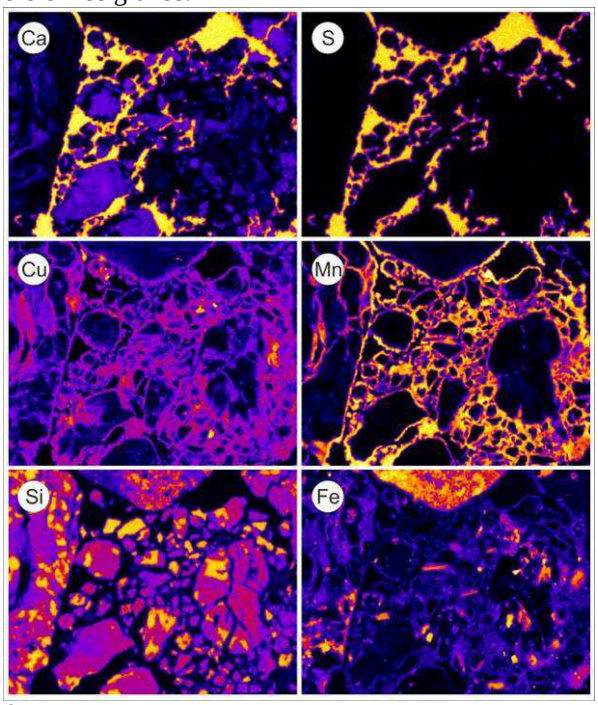

Figura 6. Microfluorescencia en una muestra de gravas cementadas con “copper-wad” (el ancho del área es de 1.2 cm).

En el otro ejemplo (Fig. 7), la microfluorescencia está aplicada a una muestra ya estudiada con DRX y XRF, indicando la presencia de precipitados no cristalinos que contienen cobre, manganeso, y hierro. El análisis muestra ciertas zonas con una asociación de cloruro y cobre que corresponde a la presencia de atacamita. En otras zonas, el cobre está asociado con hierro o con manganeso, con texturas concrecionales, que no corresponden a ningún mineral identificado con DRX. No hay evidencia de silice en esta parte de la muestra.

4 Conclusiones

Los análisis de DRX de la mineralización exótica en Chuquicamata confirman las descripciones previamente publicadas, con presencia de atacamita, crisocola, pseudomalaquita, paracoquimbita, paratacamita, lebethenita, sampleita y óxidos de manganeso, y de varios minerales de alteración relacionados con la circulación de fluidos ácidos.

Los análisis de FRX indican que el “copper-wad” y el “copper-pitch”, a pesar de tener características visuales bien definidas, no son dos minerales, sino dos compuestos de minerales, con importantes variaciones en la composición química. Adicionalmente, la DRX apunta a que la estructura cristalina no es un criterio confiable para la identificación de ambos tipos. Los análisis sobre muestras de “copper-wad” o “copper-pitch”, visualmente homogéneas, representan en realidad una mezcla de minerales cristalizados (principalmente yeso y atacamita) en una masa amorfa o muy débilmente cristalizada.

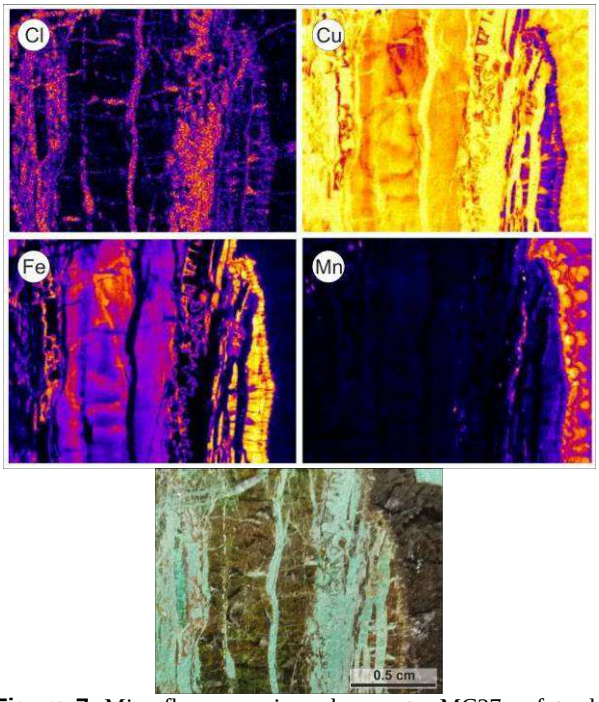

Figura 7. Microfluorescencia en la muestra MC27, y foto de la misma muestra.

Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias a la colaboración con CODELCO en Chuquicamata, y a la financiación del Swiss National Science Foundation (Project No. FN129988).

Referencias

Fam R, Rojas O. 1997. Eventos de mineralización exótica de Cu en el distrito de Chuquicamata, II Región – Chile. En XIII Congreso Geológico Chileno,, Actas 3: Antofagasta, 1923-1927

McKeon DA. 1994. X-ray absorption spectroscopic study of copper in an amorphous copper silicate: chrysocolla. Journal of non-crystalline solides 180 (1): 1-10.

Mortimer B, Münschmeyer C, Urqueta I. 1978. Emplazamiento del yacimiento Exótica, Chile. Revista Geológica de Chile 6: 41-51.

Münschmeyer C. 1996. Exotic deposits – Products of lateral migrationof supergene solutions from porphyry copper deposits. In: Andean copper deposits: new discoveries, mineralization, styles and metallogeny (Camus F, Sillitoe RH, and Petersen R, eds.) Society of Economic Geologists Special Publication 5: 43-58.

Ossandón G, Fréraut R, Gustafson LB, Lindsay DD, Zentilli M. 2001. Geology of the Chuquicamata Mine: A progress report. Economic Geology 96: 351-366.

Pincheira, M., Kelm, U., Helle, S., Dagnino, A. y Osses, K. (2003) Las fases de cobre negro en yacimientos Exóticos: Nuevos antecedentes mineralógicos, texuras y composicionales. Minerales, Vol. 58 (253), 13-18.

Pinget MC, Fontboté L, Dold B, Ramirez F, Vergara M. 2011. The supergne enrichment at Chuquicamata revisited. In SGA Biennal Meeting No 11. Antofagasta.