



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



Geología
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

S11_060

Yacimientos de óxidos de Hierro-cobre-oro en Chile.

Vivallo, W.¹

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería, Av. Santa María 0104, Providencia, Chile

wvivallo@sernageomin.cl

Introducción

Los yacimientos de óxidos de hierro-cobre-oro corresponden a depósitos ricos en magnetita y/o hematita y que junto con los yacimientos de hierro tipo Kiruna constituyen los miembros extremos de un continuo. En Chile, este tipo de yacimiento se distribuye, principalmente, en la Cordillera de la Costa, entre los 22° y 30° S, como una franja continua que se superpone con la bien definida Franja Ferrífera de la Cordillera de la Costa.

El objetivo de este trabajo es presentar las principales características de los yacimientos de óxidos de hierro cobre oro en Chile, su distribución y probable origen. Este trabajo es una contribución al programa de la Carta Metalogénica de Chile del Servicio Nacional de Geología y Minería.

Ambiente geológico

La Cordillera de la Costa del norte de Chile se extiende en dirección norte-sur, paralela a la actual línea de costa. Entre los 22° y 30° S está constituida, principalmente, por rocas plutónicas (gabro-granito) y volcánicas (andesitas) cuyas edades se extienden desde el Jurásico al Cretácico Inferior [1,2]. Este conjunto de rocas ígneas ha sido interpretado como un arco magmático desarrollado sobre un basamento de rocas pre-jurásicas, en respuesta a la implantación del sistema de subducción al comienzo del Jurásico. El principal rasgo estructural de este segmento de la Cordillera de la Costa lo constituye el sistema de fallas de Atacama (SFA), que se extiende por más de 1.000 km a lo largo de toda la franja que concentra los yacimientos de óxidos de hierro-cobre-oro y afecta tanto a las rocas jurásicas como a las cretácicas.

La Cordillera de la Costa constituye una provincia metalogénica, que en el segmento considerado en este estudio está constituida por abundantes yacimientos del tipo magnetita-apatita, yacimientos de óxidos de hierro-cobre-oro, mesotermales de oro u oro-cobre, pórfidos cupríferos y yacimientos estratoligados de cobre.



Geología
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

Yacimientos de óxidos de hierro-cobre-oro

Los yacimientos de óxidos de hierro-cobre-oro de la Cordillera de la Costa [2 y referencias ahí citadas] se presentan como vetas, cuerpos de brechas, cuerpos de mena con forma irregular y depósitos estratoligados. Las vetas (e.g. distritos Mineros Guanillo, Monte Cristo, Ojancos) tienden a ocurrir, de preferencia, alojadas en rocas plutónicas dioríticas. Su tamaño es variable, desde pequeños depósitos de algunas decenas de metros de largo y potencias que no superan 0,5 m, hasta vetas que presentan varios kilómetros de longitud y anchos máximos superiores a 10 m. Comúnmente, en sección vertical alcanzan 300 m, pero pueden superar los 600 m. Las brechas, de origen hidrotermal y/o tectónico, presentan formas variables, desde aproximadamente circulares a tabulares. Sus dimensiones son también variables con largos de varias centenas de metros y espesores del orden de un metro hasta varias decenas de metros. Sus profundidades alcanzan alrededor de 300 metros como máximo. La roca de caja puede corresponder a rocas intrusivas dioríticas (Mina Julia) o rocas volcánicas andesíticas, (Mantoverde). Los cuerpos de forma irregular son, en general de pequeñas dimensiones (decenas a centenas de miles de toneladas) y están constituidos por cuerpos ricos en magnetita con sulfuros de cobre diseminados, alojados tanto en rocas volcánicas como en intrusivas. Los yacimientos estratoligados son los de mayor importancia económica, a este grupo pertenecen los del distrito Punta del Cobre, incluyendo La Candelaria. Corresponden a depósitos hospedados en rocas volcánicas andesíticas, en los cuales la mineralización dio origen a cuerpos concordantes y discordantes con la estratificación. La mayor parte de este tipo de depósitos no muestra una relación directa con rocas intrusivas.

De acuerdo al registro de edades se puede reconocer dos grupos principales de yacimientos, uno de edad Jurásico Medio a Jurásico Superior (160-140 Ma) y otro del Cretácico Inferior (135-110 Ma). Desde el punto de vista económico los yacimientos del Cretácico Inferior son los más importantes [1, 2].

Mineralogía de mena y alteración hidrotermal de la roca de caja

La mineralogía primaria de la mena en estos yacimientos está caracterizada por la asociación magnetita/hematita-calcopirita-pirita. En algunos yacimientos aparece, además, bornita; en este caso se ha descrito para algunos yacimientos (e.g. distrito Tamaya) una zonación con calcopirita en las zonas más profundas y bornita hacia las zonas más superficiales. Un zonación similar se observa respecto a los óxidos de hierro, con hematita en las zonas más cercanas a la superficie seguida en profundidad por magnetita (e.g. Mina Julia). Localmente, como en el caso del distrito punta del cobre, esfalerita puede ser un mineral abundante. Uraninita, danaita, niquelina, arsenopirita, pirrotina, cobaltita y molibdenita son minerales que se pueden presentar de manera subordinado en este tipo de depósito. Cuarzo, calcita, actinolita, apatito, son los minerales



Geología
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

de ganga más comunes. También ocurren, aunque con menor frecuencia, yacimientos que presentan tanto en la ganga como en las rocas de cajas alteradas mineralogías de skarn. Aquellos yacimientos que han sido afectados por alteración supergénica, presentan un perfil con una zona superior oxidada, una estrecha zona de enriquecimiento secundario y una zona inferior con mena primaria. La zona de oxidación puede ser muy importante desde el punto de vista económico, como es el caso de Mantoverde. La zona de enriquecimiento secundario es, en general, restringida y de poca importancia económica. Alteración sódica-cálcica con actinolita-albita-magnetita; alteración a albita/feldespato-K-cuarzo; alteración sericítica con sericita-clorita-hematita y alteración silícica son los tipos de alteración hidrotermal más común asociados con los yacimientos de óxidos de hierro-cobre-oro presentes en la Cordillera de la Costa. Estos se pueden presentar zonados en torno a la mena con una zona interna sódica-cálcica, rodeada por alteración de albita-cuarzo, sericítica y finalmente alteración silícica que representa un evento tardío y se sobrepone a todas las anteriores.

Desde un punto de vista geoquímico estos yacimientos se caracterizan por la asociación Fe – Cu – Au – Ni – Co – U - Tierras Raras – P - As. Sólo Cu-Au presenta interés económico y el resto de los elementos, con la excepción del Fe, se presentan como contenidos anómalos en la mena.

Condiciones de formación

Datos de inclusiones fluidas indican un amplio rango de temperatura de formación, variable entre 180° C y > 400° C y salinidades que superan 30% peso NaCl equivalente. La composición isotópica del S en los sulfuros de la mena, con valores para $\delta^{34}\text{S}$, de alrededor de 0 por mil, indica un aporte de azufre desde una fuente magmática [2 y referencias ahí citadas]. También la composición isotópica del oxígeno es compatible con la participación de aguas magmáticas en los fluidos hidrotermales responsables del origen de estos yacimientos.

Origen y relación con otros tipos de yacimientos

La asociación de yacimientos de hierro tipo Kiruna, estratoligado de cobre, yacimientos de óxidos de hierro-cobre-oro y mesotermiales de oro o cobre-oro es una de las características de la provincia metalogénica de la Cordillera de la Costa. En general, algunos de estos yacimientos tienden a presentarse juntos en distintos distritos mineros o sectores restringidos de esta provincia metalogénica. La información geocronológica permite mostrar que además de la relación espacial con las rocas ígneas, existe una relación temporal de los yacimientos de este tipo con los eventos magmáticos reconocidos en la Cordillera de la Costa del Norte de Chile. Las relaciones de campo y forma de presentación de los yacimientos sugieren, además, un fuerte control estructural



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009

durante su emplazamiento. La mayor parte de ellos se ubican en el área de influencia del SFA y a nivel de yacimiento se emplazan a lo largo de fallas.

La relación temporal y espacial observada entre los yacimientos de óxidos de hierro-cobre-oro, de cobre tipo manto y de magnetita apatita, apoyada, además, por información geoquímica e isotópica (C, O, S, Pb, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) sugieren un origen común (2, 3]

Una génesis común entre los yacimientos de óxidos de hierro-cobre-oro y los de hierro es sugerida, además, por la transición observada en el yacimiento de hierro El Romeral, donde la mena maciza de magnetita, que constituye la parte central del yacimiento, presenta una gradación hacia mena diseminada en los bordes del depósito, parte de la cual presenta contenidos subeconómicos de cobre. Una transición entre mena de hierro y mineralización de óxidos de hierro-cobre-oro es, también, posible de observar en el yacimiento Cerro Negro Norte, localizado al norte de la ciudad de Copiapó. Una clara relación espacial y temporal entre yacimientos de hierro, yacimientos de óxidos de hierro-cobre-oro y mesotermales de oro y cobre-oro ha sido señalada por Vivallo et al. [3] en el segmento de la Cordillera de la Costa de la Región de Atacama, lo cual ha sido interpretado como evidencia de un origen común relacionado al magmatismo del Jurásico- Cretácico Inferior.

En resumen, la información geológica, geoquímica y geocronológica disponible sugiere que los yacimientos de hierro tipo Kiruna, los de óxidos de hierro-cobre-oro, estratoligados de cobre y mesotermales de oro y cobre-oro forman parte de un mismo sistema mineralizador relacionado con el magmatismo del arco magmático del Jurásico-Cretácico Inferior, en el cual los yacimientos de magnetita-apatita constituyen la parte central o más profunda del sistema.

Referencias

- [1] Boric, R., Díaz, F., Maksaev, J., 1990. Geología y yacimientos metalíferos de la región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería-Chile. Boletín No. 40, 246p.
- [2] Vivallo, W.; Díaz, A., Jorquera, R. 2008. Yacimientos metalíferos de la Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie recursos Minerales y Energético, No27, 72 p.
- [3] Vivallo, W., Henríquez, F., 1997. Relación genética entre los yacimientos estrato ligados de cobre (Tipo Manto), de Cu-Fe-Au y de Fe Tipo Kiruna. In Congreso Geológico Chileno, No. 8, Actas, Vol. 2, p. 1189-1193.