

Origen de los Metales en Depósitos Tipo “Manto” y Skarn. Isótopos de Pb y Cu (Cabildo, Chile Central)

/ VERÓNICA MORENO-RODRÍGUEZ (1,*), JAVIER CARRILLO-ROSÚA (2,3), SALVADOR MORALES-RUANO (1,2), MAURICIO RUIZ (4), JUAN FIGUEROA (1), RAFAEL DEL RIO SALAS (5), JOHN CHESLEY (5), JOAQUIN RUIZ (5)

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

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

(3) Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Fac. de Ciencias de la Educación, Campus de Cartuja. 18071, Granada (España)

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

(5) Dpto. de Geociencias, Universidad de Arizona, Gould-Simpson Building #77, 1040 E 4th St., Tucson, AZ 85721 (USA)

INTRODUCCIÓN.

El distrito minero de Cabildo, situado en la Cordillera de la Costa de Chile Central, constituye un área minera de especial interés, dado que en la misma confluyen dos tipos de depósitos minerales: mineralizaciones de Cu-(Ag) de tipo “manto” chileno y depósitos de tipo skarn. Los depósitos de tipo skarn son bien conocidos a nivel mundial, pero poco frecuentes en la Cordillera de la Costa, siendo el skarn de Cu de Cabildo el único en producción para el Cu en la región. Los depósitos tipo “manto”, presentan aún bastantes incógnitas respecto a su génesis a pesar de su importancia económica y abundancia en la zona (Maksaev y Zentilli, 2002). En este estudio se aportan datos isotópicos de Pb y Cu de las mineralizaciones principales del distrito minero de Cabildo. Los resultados presentados ofrecen la oportunidad de discutir el origen y el comportamiento de los metales en estos depósitos.

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. La secuencia estratigráfica del Cretácico Inferior en la región está conformada por la Formación Lo Prado (consiste en una secuencia volcánico-sedimentaria-marina con intercalaciones de calcilitas negras, calcarenitas grises, niveles de brechas y/o conglomerados, andesitas afaníticas, porfídicas y niveles de tobas rojizas), la Formación Veta Negra (serie volcánica andesítica-continental con algunas intercalaciones de volcarenitas, conglomerados y brechas) y la Formación Las Chilcas (serie volcánica - continental-lagunal con brechas, conglomerados, volcarenitas, tobas, y

escasos niveles de lavas andesíticas). Esta secuencia estratigráfica concordante se encuentra intruída por grandes cuerpos plutónicos dioríticos a sienograníticos (Rivano et al., 1993). Las unidades del Cretácico Inferior en Cabildo son el producto de la formación de un arco volcánico y cuencas de tras arco, reflejado con el acúmulo de una secuencia transgresiva sedimentaria (Formación Lo Prado). Posteriormente se produce un cambio en el régimen, pasando de distensivo a compresivo, provocando la colmatación de la cuenca con una gran producción volcánica y secuencia regresiva (Formación Veta Negra) (Rivano et al., 1993).

En el distrito minero de Cabildo los depósitos minerales de mayor importancia están encajados en la Formación Lo Prado, cerca del contacto con la Formación Veta Negra.

MINERALIZACIONES.

Se han determinado dos tipos de mineralizaciones en el distrito minero de Cabildo:

Mineralización de Cobre de Carácter Estratoligado.

Denominadas regionalmente como tipo “manto” chileno, encajadas bien en roca sedimentaria o en roca volcánica. Consisten en venillas y diseminaciones de sulfuros, siendo estratoligada a macroescala. Mineralógicamente se caracterizan por la presencia de bornita y calcopirita como fases metálicas mayoritarias. En la roca sedimentaria no mineralizada la piritita framboidal es muy abundante como fase diagenética. Entre las fases accesorias se ha encontrado esfalerita, galena, cobaltina, hawleita (CdS), tetraedrita-tenantita y

arsenopirita. Los minerales de la ganga relacionados con la alteración corresponden fundamentalmente a calcita, con cantidades menores de prehnita, e intercrecimientos de diversos filosilicatos (clorita, mica). Además, en los niveles volcánico-sedimentarios asociados aparecen feldespatos reemplazados por albita (Carrillo et al., 2009).

Mineralizaciones de Tipo Skarn.

La mineralogía metálica mayoritaria del skarn consiste en piritita y calcopirita, con cristales que llegan a ser centímetros. Como fases accesorias aparecen pirrotina, molibdenita, esfalerita, magnetita y hematites generalmente de grano fino. La ganga consiste en granate (grosularia-andradita), piroxeno (diópsido-hedembergita), anfíbol (actinolita, ferrihornblenda), y epidota, así como feldespato (albita y feldespato potásico), clorita férrica, calcita, cuarzo y cantidades menores de rutilo, apatito y titanita (Carrillo et al., 2009). En función de la mineralogía metálica se han definido tres zonas dentro del skarn de Cabildo: skarn rico en calcopirita (Skarn de Cu), skarn rico en calcopirita-hematites-magnetita (Skarn de Cu-Fe) y skarn con molibdenita (Skarn de Cu-Mo).

ISÓTOPOS DE Pb Y Cu.

Los sulfuros de los depósitos tipo “manto” y de tipo skarn del distrito minero de Cabildo presentan una signatura isotópica de Pb con un rango de valores entre 18,344 y 18,778 para $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; entre 15,588 y 15,618 para $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ y entre 38,163 y 38,672 para $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. El rango de valores para $\delta^{65}\text{Cu}$ que presentan los sulfuros de Cabildo varía entre -2,20 y -0.02‰ (Tabla 1).

palabras clave: Skarn de Cobre, Mineralizaciones tipo “Manto” Chileno, Cordillera de la Costa, Isótopos Pb, Isótopos de Cu.

key words: Copper skarn, Chilean “Manto” Type Deposits, Coastal Range, Pb Isotopes, Cu Isotopes.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Los datos obtenidos se agrupan en dos campos principales en los diagramas $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$; uno menos radiogénico y de extensión más reducida frente a otro campo más radiogénico y más extenso (fig. 1).

Las firmas de Pb de los sulfuros de los depósitos tipo "manto" en rocas sedimentarias apuntan a una fuente del Pb similar a los sulfuros del skarn de Cu. Ambos grupos coinciden, a *grosso modo* con los campos definidos por Tosdal y Munizaga (2003) para sulfuros de depósitos del Cretácico Inferior en la Cordillera de la Costa Central, Chile. El origen del Pb de las mineralizaciones de tipo "manto" en rocas volcánicas, del skarn de Cu-Fe y del skarn de Cu-Mo, presentan sulfuros con firmas de Pb variables y en general más radiogénicas, corresponde a una fuente heterogénea, y con un componente adicional al de las rocas del Cretácico Inferior según lo establecido por Tosdal y Munizaga (2003), posiblemente rocas Jurásicas. Por tanto, si esto se confirmara se podría afirmar que existe una circulación de fluidos mineralizadores a diversa escala, existiendo un componente de dicha circulación que implica la lixiviación de rocas que no afloran en el distrito.

En cuanto a los isótopos de Cu, es interesante destacar que es la primera vez que se publican datos de este tipo en mineralizaciones pertenecientes a la Cordillera de la Costa. Los primeros resultados muestran variaciones significativas del $\delta^{65}\text{Cu}$ en sulfuros primarios entre los dos tipos de depósitos definidos en este estudio, con valores $\delta^{65}\text{Cu}$ en sulfuros de skarn (entre -0,20 y -0,02‰) más altos que en sulfuros de tipo "manto" (entre -2,20 y -0,40‰). Estos resultados podrían indicar una fuente diferente de metales entre las mineralizaciones de tipo skarn de Cu y las de tipo "manto" en rocas sedimentarias, no bien identificada con los análisis de isótopos de Pb debido al solapamiento en la firma isotópica del Pb en las distintas tipologías de rocas del Cretácico Inferior.

Los datos aquí presentados ponen de manifiesto relaciones entre tipos de mineralizaciones apuntándose a fuentes poligenéticas para el Pb y el Cu (y por ende, para el metal), así como posiblemente también, procesos de

	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$\delta^{65}\text{Cu}$ (‰)
Tipo "manto" (s)	18,344-18,377	15,588-15,583	38,222-38,238	-1,82 a -0,40
Tipo "manto" (v)	18,495-18,619	15,604-15,591	38,386-38,539	-2,20 a -0,44
Skarn de Cu	18,326-18,469	15,566-15,602	38,163-38,345	-0,20 a -0,02
Skarn de Cu-Fe	18,379-18,624	15,566-15,612	38,250-38,533	-0,54 a -0,02
Skarn de Cu-Mo	18,189-18,778	15,584-15,618	38,244-38,672	-0,48 a -0,17

Tabla 1. Datos isotópicos de Pb y de Cu en sulfuros primarios de depósitos del distrito minero de Cabildo. Tipo "manto" (s): tipo "manto" en roca sedimentaria. Tipo "manto" (v): tipo "manto" en roca volcánica. Skarn de Cu: zona del skarn con calcopirita mayoritaria. Skarn de Cu-Fe: zona del skarn con calcopirita-hematites mayoritarias. Skarn de Cu-Mo: zona del skarn con molibdenita abundante.

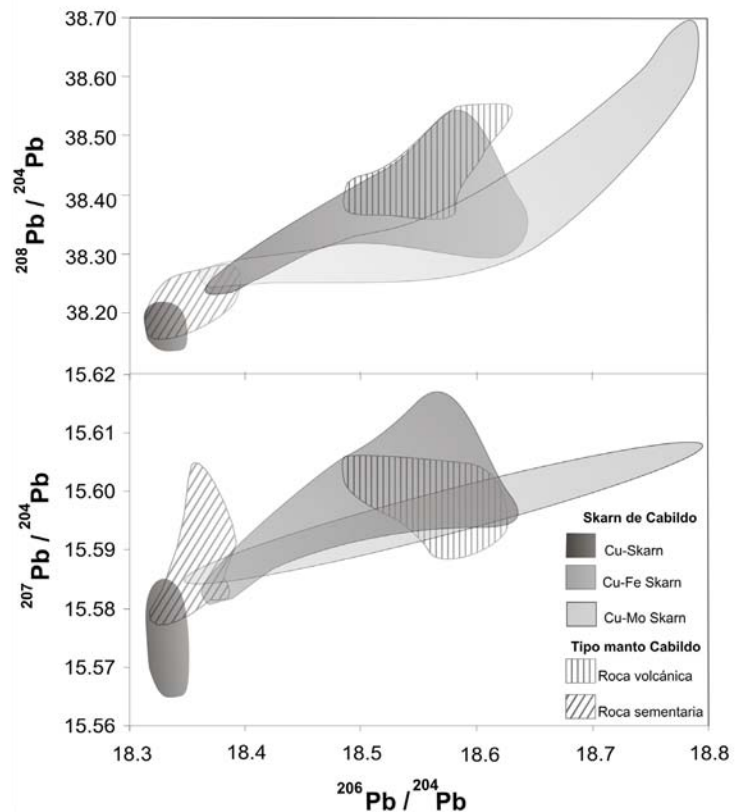


fig. 1. Relaciones isotópicas de $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ de los sulfuros pertenecientes a los principales depósitos del distrito minero de Cabildo, Cordillera de la Costa Central, Chile.

mezcla de fluidos.

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 y Elisa Ramírez) y, en general, a todo el personal de la empresa, las facilidades prestadas para el desarrollo de esta investigación. También agradecer a Mark Baker y Sergio Salgado por la ayuda ofrecida en los laboratorios de la Universidad de Arizona.

REFERENCIAS.

- Carrillo-Rosúa, F., Moreno, V., Morales, S., Morata, D., Figueroa, J., Ramírez, E., Boyce, A.J. (2009): Mineralizaciones de Cu de tipo skarn y de tipo "manto" en Cabildo, V Región, Cordillera de la Costa: datos preliminares sobre su mineralogía y geoquímica. XII Congreso Geológico de Chile abstract book, S11_024.
- Maksaev, V. & Zentilli, M. (2002): Chilean strata-bound Cu-(Ag) deposits: an overview in: "Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related Deposits: A Global Perspective". T.M. Porter, ed. PGC Publishing, Adelaide, 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.
- Tosdal, R.M. & Munizaga, F. (2003): Lead sources in Mesozoic and Cenozoic Andean ore deposits, north-central Chile (30-34_S). *Mineralium Deposita*, **38**, 234-250.