



ASPECTOS GEOMETALÚRGICOS DE LA TETRAEDRITA-TENANTITA MERCURIAL DEL PÓRFIDO CUPRÍFERO MINA CARMEN DE ANDACOLLO, IV^a REGIÓN, CHILE

Santiago Collao¹, Hernando Pavez², José Sandoval² y Cristian Sepúlveda²

¹Depto. Cs., de la Tierra, Casilla 160-C. U. de Concepción, Chile. scollao@udec.cl

²Compañía Minera Carmen de Andacollo. hernando_pavez@aurresources.cl;

jose_sandoval@aurresources.cl

RESUMEN

La mina Carmen de Andacollo, a 55 Km al SE de la ciudad de La Serena, IV^a Región, Chile, forma parte de yacimientos de pórfidos cupríferos de edad Cretácico.

La mena de cobre hipógena del depósito, en evaluación para explotación, consiste esencialmente en calcopirita, en menor grado: bornita, calcosina, digenita, tetraedrita, tenantita, además de molibdenita. Contenidos anómalos de Hg en concentrados de pruebas metalúrgicas de flotación, consideraron evaluar a minerales portadores de Hg, ya que en la normativa ambiental y beneficio metalúrgico, el Hg es considerado nocivo. Investigación preliminar, indica que el Hg en la mena hipógena primaria, estaría ligado a tenantita y tetraedrita mercurial (schwazita). Estos minerales de la serie tetraedrita-tenantita, también incorporaron otros elementos, que se expresan en las siguientes composiciones químicas: $\text{Cu}_8\text{As}_3\text{HgS}_{13}$ (con trazas de Fe y Sb), $\text{Cu}_{7,4}\text{Sb}_{2,5}\text{HgAsS}_{13}$ (con trazas de Fe y Ag) y $\text{Cu}_{7,6}\text{As}_3\text{FeS}_{13}$ (con trazas de Hg, Zn y Sb). El contenidos anómalo de Hg, incorporado en la tetraedrita-tenantita, varía entre 4 a 12.6 % en peso.

INTRODUCCIÓN

La Mina Carmen de Andacollo, pertenece en un 70% a Aur Resources Inc., y en un 30% a la Compañía Minera del Pacífico. El yacimiento, ubicado en la periferia del pueblo de Andacollo y a 55 Km al sureste de la ciudad de la Serena (Fig. 1), es explotado a rajo abierto, con más de 19.5 millones de toneladas de reservas, y ley de 0.77% de Cu (Brace, 2003). El depósito, es parte de escasos yacimientos de pórfidos cupríferos cretácicos, dispersos en una franja N-S (Camus, 2003)

(Fig. 1), con una edad entre 104 a 98 Ma, temperaturas de formación entre 220 a 420 °C y salinidades entre 1.5 a 55 % en peso de NaCl equivalente (Guzmán et al, 2000). El mineral, lixiviado en pilas por acción bacteriana con Cu soluble en ácido, bordea las 22.000 tons de cátodos de Cu de alta pureza por año. En este trabajo, se describen resultados mineralógicos, relativos a concentrados de cobre de la mena hipógena del yacimiento, en proceso de evaluación como futura explotación, con contenidos anómalos de Hg (85 ppm). El Hg, al igual que el As y Sb, son considerados nocivos, en la normativa ambiental y beneficio metalúrgico (Pérez, 2002; Higuera et al, 2005; Oyarzun et al, 2004). El propósito de este estudio, es investigar los minerales que hospedan estos elementos, lo que también, puede ser de interés, para otros depósitos de cobre, con mineralogía similar. El Hg, comúnmente ligado al cinabrio (HgS) y menos frecuentemente a: metacinabrio, livingstonita, coloradoita (Klein y Hurlbut, 1998), en este estudio, no fueron detectados, lo que motivó efectuar estudios de detalle. Análisis con microscopía electrónica, indican que la tetraedrita y tenantita, en parte, asociadas a la calcopirita, presentan contenidos anómalos de Hg. La tetraedrita ($Cu_{12}SbS_{13}$) y tenantita ($Cu_{12}AsS_{13}$), son minerales isoestructurales que forman una serie completa de soluciones sólidas, pudiendo ser reemplazados el Cu, As y Sb, por múltiples elementos (Picot y Johan, 1982). Cuando la tetraedrita incorpora Hg, se denomina “schwazita” (Ramdohr, 1980; Arlt y Diamond, 1998), o bien tetraedrita, tenantita mercurial. Para evaluar la mineralogía y presencia de elementos nocivos, se realizó análisis microscópicos cuantitativos, de compósitos representativos de concentrados, con microscopía de luz reflejada-transmitida (microscopio Zeiss Universal) y electrónica (microscopio JEOL JSM-6380 LV).

RESULTADOS RELEVANTES

La composición mineralógica, de los compósitos de concentrados, tiene abundante gangas no metálicas (62.9 a 63.9 % en peso), en relación, a las gangas metálicas (18.7 a 21.2 % en peso), las que son superiores a la ocurrencia de minerales de mena de cobre (18.4 a 14.5 % en peso), y a trazas de molibdenita (0.02 a 0.09 % en peso). La mineralización de mena cuprífera, está compuesta esencialmente de calcopirita (17.1 a 13 % en peso), menos bornita, (0.4 a 0.8 % en peso), calcosina (0.5 % en peso), tetraedrita-tenantita mercurial (0.4 a 0.7 % en peso), además de covelina y digenita. La ganga metálica, consiste en abundante pirita (13.3 a 14.7 % en peso), menos hematita (3.2 % en

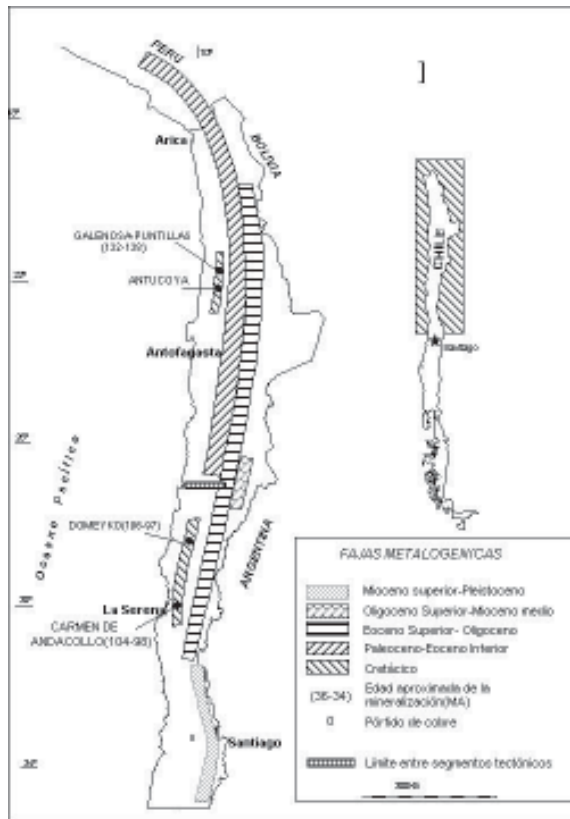


Fig. 1. Ubicación de Mina Carmen de Andacollo, en la Faja Metalogénica del Cretácico.

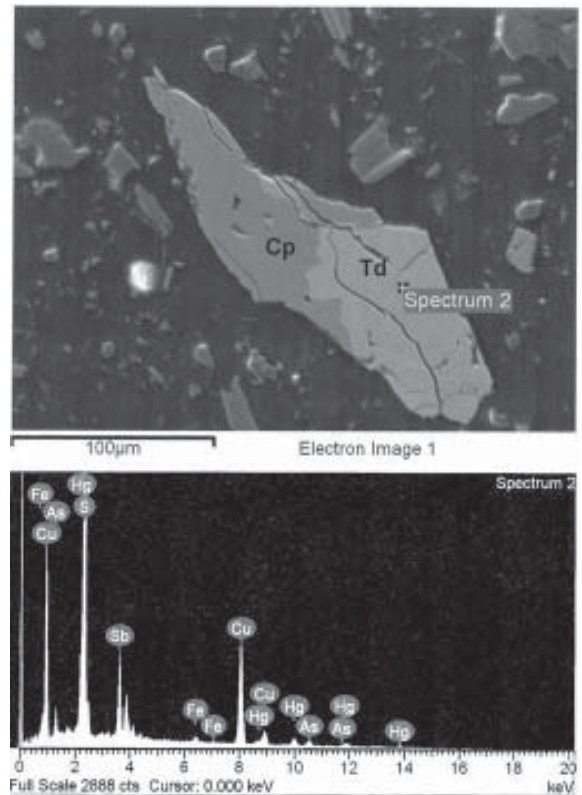


Fig. 2. Calcopirita (Cp)-tetraedrita mercurial (Td) y elementos químicos detectados en Spectrum 2. Datos cuantitativos, en punto 2, Cuadro 1.

peso), rutilo (1.9 a 2.5 % en peso) y trazas de goetita, magnetita e ilmenita. La ganga no metálica comprende biotita, menos cuarzo, ortoclasa, sericita, escasas arcillas, clorita y plagioclasas. De los resultados obtenidos, con microscopía electrónica, se concluye que el Hg en muestras de concentrados de la mena hipógena de Mina Carmen de Andacollo, se encuentra incorporado a la tetraedrita (Fig. 2) y tenantita, en contenidos de 4 a 12.6 % en peso de Hg (Cuadro 1). Otros elementos detectados, en estos minerales, indican variaciones entre los miembros extremos de la serie, reflejados en las composiciones: $\text{Cu}_8\text{As}_3\text{HgS}_{13}$ (con trazas de Fe y Sb), $\text{Cu}_{7,4}\text{Sb}_{2,5}\text{HgAsS}_{13}$ (con trazas de Fe y Ag) y $\text{Cu}_{7,6}\text{As}_3\text{FeS}_{13}$ (con trazas de Hg, Zn y Sb).

Cuadro 1. Cuadro resumen de la composición de tetraedrita-tenantita, limonitas y calcopirita.

Mineral y asociación	Muestras analizadas	Elementos Analizados (% en peso)												
		Cu	S	Fe	Hg	As	Sb	Si	O	C	Cl	Zn	Ag	Total
Tenantita (Tn) entremezclada con Calcopirita (Cp)	T-1 A. 1.	Tn	35.99	30.03	1.72	11.36	18.28	2.62						100.0
	T-1 A. 2.	Tn	36.13	32.42	2.78	7.53	19.30	1.83						100.0
	T-1 A. 3.	Tn	35.07	29.94	1.51	12.58	17.66	3.24						100.0
	T-1 A. 4.	Cp	31.26	40.12	28.63									100.0
	T-1 A. 5.	Cp	31.42	40.19	28.39									100.0
Tenantita (Tn)- Calcopirita (Cp)	T-1 A. 2.	Tn	36.39	33.34	7.33	3.96	17.20	0.70				1.09	100.0	
	T-1 A. 3.	Cp	32.97	41.14	24.25		1.65						100.0	
Goetita (Gt) -	T-1 A. 3. Gt			47.85				0.22	51.93				100.0	
Tetraedrita (Td) en mixto con Calcopirita (Cp)	T-1. 1. Td		32.59	29.10	1.39	10.38	5.08	20.57					0.90	100.0
	T-1. 2. Td		32.74	29.49	0.88	10.64	4.77	21.49					100.0	
	T-1. 1. Cp		29.99	42.54	27.47								100.0	
Limonita	T-1. 1 Lm		0.50	37.81					53.87	7.51	0.31		100.0	

REFERENCIAS

- Arlt, T. Diamond, L. 1998. Composition of tetrahedrite-tennantite and “schwazite” in the Schwaz silver mines, North Tyrol, Austria. *Mineralogical Magazine*. UK, v. 62, p. 801-820
- Brace, D. 2003. Quebrada Blanca y Carmen de Andacollo, 100.000 ton de Cu fino. *Aur Resources, Chile. Minería Chilena*. Santiago. Nº 269, p. 137-145
- Camus, F. 2003. *Geología de los Sistemas Porfíricos en los Andes de Chile*. Ed. SERNAGEOMIN, Santiago, Chile. 267 p.
- Guzmán, J. Collao, S. Oyarzun, R. 2000. Andacollo copper-gold district, La Serena, Chile: preliminary data from the porphyry copper and possible relationships between Cu and Au mineralization. *Transactions of The Institution of Mining and Metallurgy (IMM). Section B, Applied Earth Science*, vol. 109, p. B121-B125.
- Higueras, P. Oyarzun, R. Lillo, J. Oyarzún, J. Maturana, H. 2005. Atmospheric mercury data for the Coquimbo region, Chile: influence of mineral deposits and metal recovery practices. *Atmospheric Environment* vol. 39, p. 7587-7596.
- Klein, C., y Hurlbut, C. Jr. 1998. *Manual de Mineralogía*. 4ª Ed. Basado en la obra de Dana, J. Ed. Reverté, S.A. Barcelona. 679 p.
- Oyarzun, R. Lillo, J. Higueras, P. Oyarzún, J. Maturana, H. 2004. Strong arsenic enrichment in sediments from the Elqui watershed, Northern Chile: industrial (gold mining at El Indio-Tambo district) vs. geologic processes. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 84, p. 53-64
- Pérez, E. 2002. Contribuciones de minerografía a los procesos industriales de recuperación de minerales. *Publicación de la Academia de Ingeniería, A.C. México*. http://www.ai.org.mx/revista/numero_cuatro/minerografia/minerografia.htm
- Picot, P. Johan, Z. 1982. *Atlas of ore minerals*. Ed. BRGM. Elsevier. Amsterdam. 458 p.
- Ramdohr, P. 1980. *The ore minerals and their intergrowths*. 2ª Ed. Pergamon Press. New York. 1205 p.