

YACIMIENTOS MESOTERMALES DE ORO EN LAS REGIONES DE ATACAMA Y COQUIMBO, CHILE

F. Henríquez*; M.A. Skewes**; L. Vergara°; H. Aguirre° y J. Villagrán°

Introducción

En la Cordillera de la Costa entre la III y IV Región de Chile, existe un gran número de yacimientos vetiformes de oro con o sin otros metales asociados, los que en el pasado han constituido una fuente importante de recursos. Sobre ellos existen pocos estudios geológicos publicados^{1,2,3,4} y se les ha clasificado como yacimientos de oro-pirita u oro-especularita^{1,4} y también como epitermales³.

Los estudios realizados principalmente en los yacimientos Faro, Costa Rica, Rescatada, Capote, Carrizal Alto (III Región) y Burladora, Colluntahua, Jote, en la IV Región, han incluido geología de detalle, estudios mineralógicos (microscopía y microsonda), geoquímica de rocas y minerales e inclusiones fluidas. Los resultados obtenidos permiten clasificarlos como del tipo veta mesotermal, de acuerdo a la definición original⁵ y a trabajos recientemente publicados⁶.

Marco Geológico

Todos los yacimientos estudiados corresponden a vetas de relleno emplazadas en fallas normales de dirección general N-S y con una posición vertical a subvertical. Ellos se emplazan en dos ambientes geológicas diferentes, sin que ello signifique diferencias significativas en cuanto a las características de los yacimientos mismos.

Los yacimientos Carrizal Alto, Burladora, Colluntahua y Jote se ubican en el contacto entre un intrusivo

granítico de edad jurásica y rocas paleozoicas, o bien dentro del intrusivo pero próximo al contacto. Por otra parte, los yacimientos Faro, Costa Rica, Rescatada y Capote, se encuentran en rocas volcánicas de edad cretácica, asignadas a la Formación Bandurrias y próximos al contacto con intrusivos cretácicos. En el contacto mismo entre estas dos unidades se encuentran los depósitos Faro y Costa Rica. Rescatada se emplaza en el intrusivo mismo, el cual tiene una composición tonalítica a granodiorítica. Todas las vetas aparecen espacialmente relacionadas con diques andesíticos porfídicos (ocóiticos).

Los yacimientos están afectados por fallamiento normal, que genera un movimiento diferencial de bloques que a su vez, y como resultado de la erosión, ha determinado la exposición de distintos niveles de la mineralización.

Mineralización

Las dimensiones de las vetas estudiadas es bastante variable y a modo de ejemplo se puede mencionar las características publicadas de Capote³. Allí la longitud de las estructuras mineralizadas alcanza hasta 4.000 m, los tamaños de los cuerpos de mena oscilan entre una longitud de 140 a 200 m, una profundidad entre 350 y 400 m, potencia de hasta 15 m, con un promedio de 1 a 2 m y una ley de oro entre 15 y 20 gr/t.

Las características estructurales, texturales y mineralógicas de todos los yacimientos son similares, sólo con pequeñas variaciones propias de la individualidad de cada uno. En ellos la mineralización es de relleno, y se presenta con una estructura de rosario. La mineralización se presenta diseminada, en vetillas y en forma maciza, presentando una clara zonación vertical, con una parte superior en la que predomina sulfuros de textura maciza y cuarzo subordinado, la cual gradúa en

* Departamento Ingeniería de Minas, Universidad de Santiago de Chile.

** Casilla 970, Correo Central, Santiago.

° Departamento de Geología, Compañía Minera del Pacífico S.A.

escasos sulfuros en vetillas y disseminados.

En la zona superior de sulfuros los minerales más abundantes corresponden a pirita, calcopirita y arsenopirita; en un segundo lugar de abundancia se presenta melnikovita, pirrotita (la cual en algunos yacimientos es escasa), rutilo y en tercer lugar y no en todos los yacimientos, se encuentra esfalerita, calcosina, covelina. En cantidades traza se ha detectado magnetita, hematita, esfeno, ilmenita, rutilo. La secuencia para-

genética establecida para esta zona, corresponde a: arsenopirita-pirita-pirrotita-calcopirita (esfalerita)-melnikovita (calcosina, covelina).

La zona inferior contiene pocos sulfuros correspondiendo a calcopirita y pirita, principalmente, los cuales se presentan en diferente proporción relativa entre ellos, en los diferentes yacimientos. En esta zona inferior existe un claro predominio de cuarzo, con calcita subordinada, la cual aumenta en profundidad.

Tabla 1. Valores promedios de temperaturas de homogenización (T_H , en °C) y salinidad (% en pesos de NaCl equivalente) en inclusiones fluidas de yacimientos mesotermales chilenos.

Yacimientos	Inclusiones tipo $H_2O-CaCl_2-NaCl$		Inclusiones tipo $NaCl-H_2O$		Inclusiones tipo H_2O-CO_2-NaCl	
	TH	Salinidad	TH	Salinidad	TH	Salinidad
Faro	190	1,7-37,5	267	32,2	-	-
	231	< 9	-	-	-	-
Viviana	228	2,7-36,8	-	-	-	-
	263	<16	-	-	-	-
Carrizal Alto	260	16,5	218	6,9-32,0	180-390	0,5-6,1
Rescatada	164	13	-	-	-	-
San Juan	192	12,9	237	4,1	180-340	< 5
Capote						
Resurgimiento	-	-	213	32	-	-
Burladora	178	11,0	-	-	-	-
Jote	192	14,0	-	-	-	-
Colluntahua	186	18	-	-	-	-

Notas: 1. Las temperaturas están sin corrección de presión; 2. Los dos grupos de valores para los yacimientos Faro y Viviana, corresponden a dos sectores de diferente profundidad; 3. Las mediciones fueron realizadas en inclusiones contenidas en cristales de cuarzo, excepto en Resurgimiento (Capote), las cuales corresponden a inclusiones en calcita.

El oro en la zona superior se encuentra frecuentemente asociado a arsenopirita en la forma de inclusiones o en fracturas y en forma menos frecuente en fracturas e inclusiones en pirita y él corresponde a electrum. En la zona inferior el oro se encuentra preferentemente asociado a cuarzo y calcita y en menor proporción a pirita.

La presencia de distintos tipos de vetillas y asociaciones mineralógicas en estos yacimientos, sugieren un proceso de mineralización complejo, con varios eventos sobreimpuestos, lo cual lleva a una distribución heterogénea de los elementos de interés económico, con diferentes niveles de concentración, tanto en el sentido vertical como horizontal.

Uno de los rasgos más sobresalientes de estos yacimientos es la ausencia de alteración en la roca de caja. Los bloques de roca incluidos en las vetas presentan alteración intensa, que corresponde a silicificación, cloritización, sericitización y presencia relativamente abundante de feldespato potásico.

Los yacimientos ubicados en la III Región presentan zonas de oxidación-enriquecimiento secundario, las que alcanzan diferente intensidad y extensión vertical en los diversos depósitos, probablemente controlado, en su extensión vertical, por la tectónica de bloques presente. Sin embargo, los que se ubican en la IV Región, prácticamente no muestran los efectos de estos procesos, seguramente debido a los efectos de clima y posición del nivel de agua subterránea.

Inclusiones Fluidas

Se estudiaron inclusiones fluidas en cristales de cuarzo y calcita, provenientes de los yacimientos Bur-ladora, Jote, Colluntahua, Rescatada, Faro, Viviana, Capote (San Juan y Resurgimiento) y Carrizal Alto.

En las inclusiones se midieron temperaturas de homogenización (T_H) y de fusión (T_S), para determinar salinidad. Además se estimaron, en inclusiones apropiadas, presiones de atrapamiento basados en el diámetro de inclusiones que decrepitan⁷.

Las medidas se efectuaron en inclusiones primarias y los resultados promedios se presentan en la Tabla 1, correspondiendo a un total de 732 medidas.

Las inclusiones encontradas son pequeñas, en general, inferior a 15 micrones. No se observaron evidencias

de ebullición en las inclusiones estudiadas. En todos los yacimientos predominan las inclusiones en las que los fluidos atrapados corresponden a soluciones del sistema $H_2O-CaCl_2-NaCl$; en algunos yacimientos existen inclusiones correspondientes al sistema $H_2O-NaCl$ y en Capote y Carrizal Alto se estudiaron inclusiones del sistema H_2O-CO_2-NaCl , con CO_2 líquido (Tabla 1).

Las presiones de formación estimadas en muestras de Capote (Mina San Juan) y Carrizal Alto, están entre 1,4 y 2,5 kbar, indicando profundidades de atrapamiento entre 4,6 y 8,6 km.

Conclusiones

Las características que presentan estos yacimientos en cuanto a ambiente estructural de emplazamiento, naturaleza de las zonas de mena en relación a mineralogía, texturas y zonación, como también la ausencia de alteración en las rocas de caja, constituyen evidencias claras del carácter mesotermal de ellos.

Además, la información con que se cuenta de los estudios de inclusiones fluidas, permiten concluir que los fluidos involucrados en su génesis, han sido de un carácter complejo, de diversos tipos, con un gran intervalo de salinidad, con presencia de $CaCl_2$ en todos los yacimientos y CO_2 líquido en algunos, lo que sugiere un origen común para todos ellos. Las medidas termométricas, de salinidad y de presión, de las inclusiones con CO_2 , son similares a las de yacimientos mesotermales. Al comparar sólo las temperaturas de homogenización en inclusiones con $CaCl_2$ en los diferentes yacimientos, se puede observar zonación en estas temperaturas, la cual coincide con la zonación de la mineralización. Esta zonación, en conjunto con la presencia de inclusiones con CO_2 líquido en algunos depósitos, sugiere diferentes profundidades de la mineralización en los diversos yacimientos, lo que se puede interpretar como un nivel de exposición y erosión diferente, debido a la tectónica de bloque que los ha afectado. Esto, sin duda, es determinante en cuanto a la potencialidad de recursos que ellos pueden presentar.

Agradecimientos

El estudio integral de estos yacimientos ha formado parte de un programa de exploración de la Compañía

Minera del Pacífico, a quien se agradece su autorización para publicar estos resultados y a W. Vivallo su crítica al manuscrito. F. Henríquez, agradece además el apoyo de la Universidad de Santiago de Chile, a través del Proyecto DICYT 05-87-15HB.

Referencias

1. Ruiz, C.; Aguirre, L.; Corvalán, J.; Klohn, E.; Levi, B. 1965. Geología y Yacimientos Metálferos de Chile. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Editorial Universitaria*, 305 p. Santiago.
2. Olivares, I.; Henríquez, F. 1976. Distribución y correlación del oro en algunas minas de los distritos Sierra Las Norias y Ligas Negras, III Región. *In Congreso Geológico Chileno, No. 1, Actas*, p. E101-E113. Santiago.
3. Camus, F.; Duhalde, M.A. 1982. Geología de los yacimientos hidrotermales de oro de Chile. *Revista Geológica de Chile*, No. 17, p. 47-70.
4. Ruiz, C.; Peebles, F. 1988. Geología, distribución y génesis de los yacimientos metálferos chilenos. *Editorial Universitaria*, 334 p. Santiago.
5. Lindgren, W. 1933. *Mineral Deposits. McGraw-Hill*, 930 p. New York.
6. Shelton, K.L.; So, C-S; Chang, J.S. 1988. Gold-rich mesothermal vein deposits of the Republic of Korea: Geochemical studies of the Jungwon gold area. *Economic Geology*, Vol. 83, p. 1221-1237.
7. Bodnar, R.J.; Brinns, P.R.; Hall, D.L. 1989. Synthetic fluid inclusions VI. Quantitative evaluation of the decrepitation behaviour of fluid inclusions in quartz at one atmosphere confining pressure. *Journal of Metamorphic Geology*, Vol. 7, p. 229-242.
8. Goldfarb, R.J.; Leach, D.L.; Miller, M.L.; Pickthorn, W.J. 1987. Geology, metamorphic setting and genetic constraints of epigenetic lode-gold mineralization within the Cretaceous Valdez Group, South-Central Alaska. *Geological As-*