



ASPECTOS MINERALOGICOS Y TERMOMETRICOS DEL PROSPECTO ESPERANZA -  
CERROS BRAVOS. MARICUNGA, III REGION, CHILE

L. Cuitiño\*; R. Moscoso\*; V. MaksaeV\*

## INTRODUCCION

En la franja volcánica de Maricunga se encuentran más de una docena de prospectos y zonas de alteración hidrotermal alojados en rocas volcánicas calcoalcalinas neógenas que representan un arco pluto-volcánico de margen continental activo (1, 2, 3, 4, 5, 6), desarrollado discordantemente sobre un basamento constituido por unidades de rocas paleozoicas, mesozoicas, y paleógenas.

El Complejo Volcánico de Cerros Bravos y el Prospecto Esperanza, son un ejemplo característico del estilo de vulcanismo y mineralización en la Franja Maricunga siguiendo el esquema regional caracterizado por centros monogenéticos, con ductos centrales (6).

## MARCO GEOLOGICO

En el sector del Prospecto Esperanza el Paleozoico está representado por una secuencia sedimentaria devónico-carbonífera (7, 8, 9, 10, 11), intruída por granitoides pérmicos (4, 5, 8) y volcanitas riolíticas permo-triásicas (4, 8, 9). El Mesozoico está constituido por secuencias sedimentarias y volcánicas concordantes entre sí, cuya edad varía entre el Triásico y el Cretácico superior (4, 5, 10, 10a, 11).

El Terciario inferior está constituido fundamentalmente por rocas volcánicas intermedias de tendencia subcalalina de edad paleocena (8) y cocena (11). Durante el Oligoceno-Mioceno se desarrollan numerosos estrato-volcanes, complejos de domos y secuencias piroclásticas que corresponden a la parte meridional del eje volcánico de los Andes Centrales (CVZ) que se extiende hasta la latitud 28°S (12 y 13). En este sector se le ha denominado Franja

de Maricunga, en forma análoga al término empleado por (2) para la franja metalogénica que incluye los depósitos epitermales, prospectos y zonas de alteración hidrotermal asociadas al vulcanismo.

Numerosas fallas inversas de dirección N a NNE, de alto ángulo, surcan la región de Maricunga (4, 13, 14, 15, 16). En el sector Esperanza-Maricunga este sistema aparece controlando la distribución de algunos centros volcánicos (Cerros Bravos, Carachapampa) y zonas de alteración hidrotermal (5, 6).

## ALTERACION HIDROTHERMAL DEL PROSPECTO ESPERANZA

El prospecto Esperanza (Fig. 1) se encuentra en una zona de alteración hidrotermal de 6 x 5 kms, caracterizada por una notable anomalía de color amarillo-rojizo. La alteración consiste en una intensa silicificación con alunita, jarosita y limonitas, de fuerte control estructural (2, 4, 5, 6, 9), que afecta tanto a metasedimentitas paleozoicas (Formación Chinchos), sedimentitas cuarcíferas triásicas (Estratos del Mono) y a las volcanitas del Complejo Volcánico Cerros Bravos (Domo Carachitas). Las rocas alteradas presentan color blanquecino con frecuentes pátinas amarillas (jarosita), rojizas (goethita) y marrón (hematita). El tipo de alteración dominante en la zona es silicificación-argilización y se caracteriza por un grado variable de silicificación de las rocas, argilización de sus feldespatos y minerales máficos. Las características texturales se preservan parcialmente en la mayoría de las rocas, siendo posible inferir su litología original, predominantemente dacítica (6).

Una alteración más intensa se presenta en zonas de fractura y niveles brechosos, orientados N-S, dentro de la zona de alteración, donde se presentan cuerpos de sílice oquerosa («vuggy sílica») de color marrón. En estos cuerpos de sílice la mineralogía primaria de las rocas se ha perdido totalmente y preservándose solo el cuarzo primario de su textura original. Se caracterizan por una masa de sílice con

\*: Servicio Nacional de Geología y Minería,  
Avda. Santa María 104, Santiago, Chile.

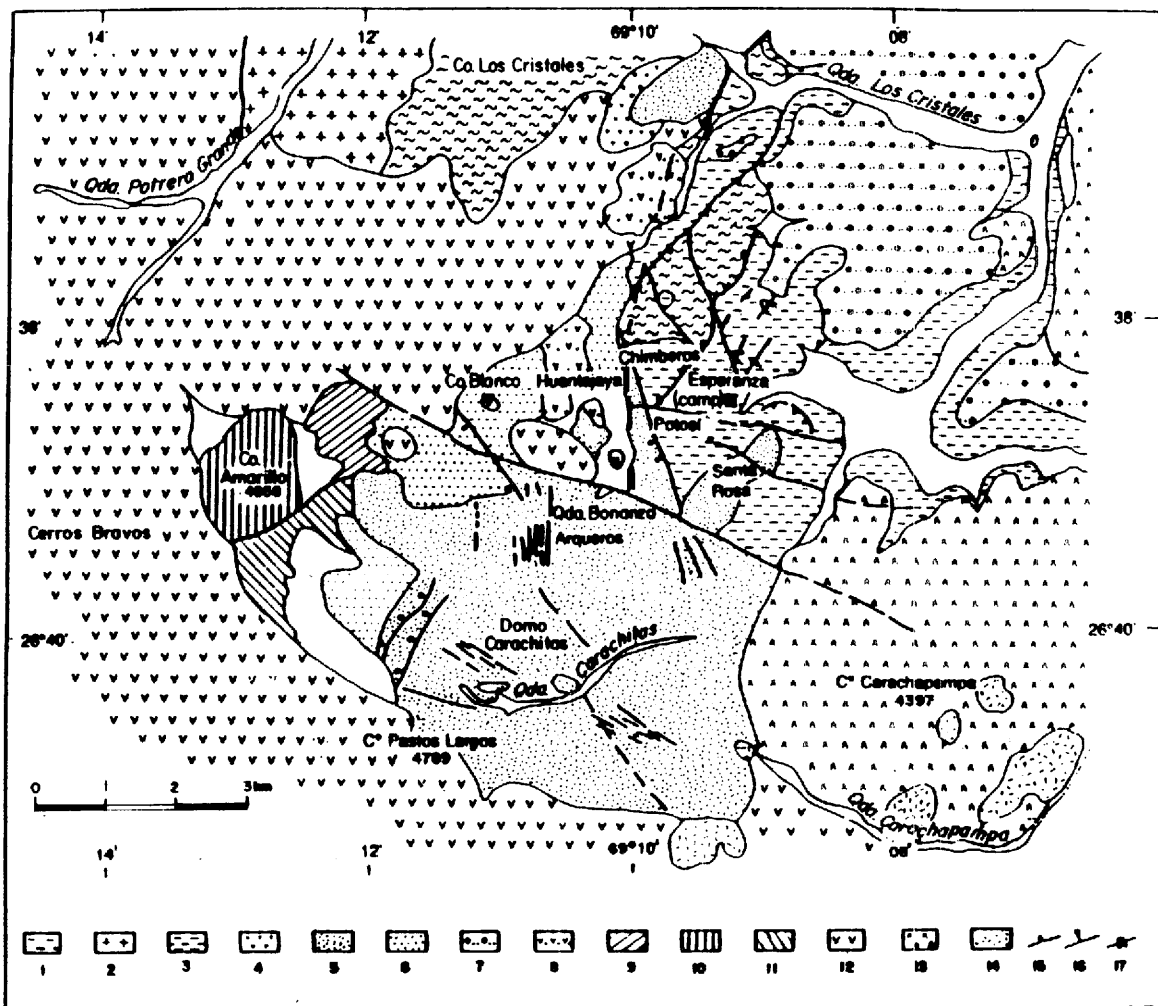


FIGURA 1. MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DEL PROSPECTO ESPERANZA, según (6). (1) Formación Chinchos: cuarcitas y metaconglomerados. (Devónico-Carbonífero). (2) Batolito Pedernales: Monzogranito (Pérmico). (3) Estratos de El Mono: areniscas, conglomerados, lutitas (Triásico Medio a Superior). (4) Formación Quebrada Seca: lavas andesíticas (Cretácico Superior). 5-14. Complejo Cerros Bravos: (5) Domo Carachitas: dacitas con ojos de cuarzo y dacita brechosa con inclusiones tobáceas, con alteración hidrotermal en todos sus afloramientos que le confiere color blanquecino. (6) Cerro Blanco: tobas riolíticas con bloques de pómez, lahar y brechas dacíticas fuertemente alteradas y blanqueadas en el sector del prospecto Esperanza. (7) Secuencia Los Cristales: depósitos de avalancha de bloques y cenizas con intercalaciones de ignimbritas; incluye cubierta de gravas y restos de tobas más jóvenes. (8) Domo Verde: dacita porfírica gris verdosa de anfíbola y biotita (fresco). (9) Domo Cerro Negro: dacita porfírica de hornblenda de color marrón con márgenes vítreos de color negro y porciones brechosas (fresco). (10) Domo Cerro Amarillo: riolita porfírica de biotita con alteración hidrotermal que le confiere color blanquecino amarillento. (11) Dacita de hornblenda y biotita marrón oscuro, localmente con alteración hidrotermal. (12) Cerros Bravos: dacitas y andesitas porfíricas de color marrón y gris, incluye lavas, brechas y depósitos de cenizas y tobas más jóvenes. (13) Domo Carachapampa: dacitas porfíricas de hornblenda de color marrón oscuro y tobas dacíticas. (14) Pórfidos dacíticos y andesíticos. (15) Fallas inversas. (16) Fallas, indica bloque hundido. (17) Sinclinal volcado.

huecos irregulares que contienen pátinas de jarosita, alunita y limonitas; su potencia oscila entre 5 a 25 m y alcanzan corridas de hasta 500 m. Halos blanquecinos de rocas fuertemente alunitizadas flanquean a los cuerpos de sílice oquerosa. La potencia de estos halos es muy variable pero, habitualmente, no superan una decena de metros, dando paso a rocas fuertemente caolinizadas de color gris claro, las que, a su vez, hacia sus márgenes, gradan a las rocas silicificadas-argilizadas que dominan en la mayor parte del prospecto Esperanza. Se reconocen cuerpos de brechas hidrotermales, generalmente elongados en dirección NW, en las cuales los fragmentos están completamente silicificados con espacios abiertos entre los fragmentos con goethita y hematita como cemento lo cual le confiere un notable color marrón rojizo. Depósitos de brechas volcánicas y tobas del sector noroeste de la zona de alteración presentan un remplazo casi completo por sílice opalina (5, 6).

Hacia el sector occidental del prospecto Esperanza, en el flanco oriental del Domo Cerro Amarillo, se conservan restos de terrazas de vertientes termales. Los bloques irregulares de sínteres silíceos presentan características diagnósticas de estos depósitos hidrotermales superficiales, como son tubos de circulación hidrotermal, burbujas de barro, grietas de secamiento, y marcas de algas filamentosas, características típicas de la porción superficial de un sistema hidrotermal. Asociado a estas terrazas con sínteres se reconoció cinabrio y metacinabriobarita (5 y 6). La preservación de estas terrazas con sínteres indica escasa erosión desde el tiempo de su formación.

En el prospecto Esperanza las características de la alteración hidrotermal, su control estructural y zonación son similares a los descritos como típicos de sistemas epitermales de tipo sulfato-ácido (17) o de alta sulfuración en el sentido de Hedenquist (18), características reconocidas por (2, 4, 5, 6, 9, 24).

Según (19), en el yacimiento La Coipa la alteración predominante es silicificación con alteración argílica avanzada (alunita- caolinita) con cantidades subordinadas de dickita; la alunita está en vetillas tipo stockwork asociada a jarosita y escorodita. Estas características resultan claramente comparables con las del Prospecto Esperanza (5 y 6).

#### **Edad de la alteración**

Las edades radiométricas K-Ar obtenidas (5, 6) para las rocas alteradas del sector Arqueros del prospecto Esperanza se encuentran comprendidas en el rango 20-18 Ma, sin embargo, (2, 3) citan edades

más antiguas en alunita entre 23 y 20 Ma. Para el caso del yacimiento La Coipa, los autores mencionados obtuvieron edades entre 20 y 18 Ma en alunita, mientras que Oviedo (19), obtuvo edades entre 20 y 15 Ma en alunita. Moscoso (6) menciona una edad de 18 Ma en una vetilla de alunita en Can Car.

#### **MINERALIZACION**

Las exploraciones realizadas por Minera Anglo American Chile en el prospecto Esperanza (2) permitieron identificar la presencia de cuerpos mineralizados con plata y oro. La mineralización argentífera principal se presenta en el flanco sur del Cerro Chimberos (según (2)), donde se identificó un cuerpo brechoso elongado en dirección NE, con 300 m de corrida, 150 m de extensión vertical, y 80 m de potencia.

Este cuerpo mineralizado se encuentra totalmente oxidado, la plata se encuentra sólo en los minerales oxidados como cerargirita, yodargirita, argentojarosita y en trazas de plata nativa (2). Cabe señalar que Vila (2) atribuyó a rocas sedimentarias triásicas como las huéspedes de la mineralización argentífera en Chimberos; sin embargo, (6) reconoce que la mayor parte del cuerpo de brecha se desarrolló en cuarcitas y metaconglomerados paleozoicos que subyacen discordantemente a las rocas triásicas.

La mena aurífera en el prospecto Esperanza es vetiforme y se asocia a los cuerpos de sílice oquerosa hospedados por rocas volcánicas alteradas del Mioceno Inferior, particularmente en el sector denominado Arqueros según (2) donde se presentan una serie de vetas verticales de sílice oquerosa de rumbo N a NNE. Estas vetas muestran contenidos de oro de 1-3 g/t en superficie y de 10 g/t Au a profundidades de 20-40 m bajo la superficie. Los contenidos de plata oscilan entre 15 y 20 g/t aunque localmente alcanzan a 90 g/t. Los minerales de plata se encuentran en un cuerpo subhorizontal de aproximadamente 40 m de potencia, consisten en argentojarosita, electrum y plata nativa y el contenido de plata varía entre 20 - 100 g/t, (2). Este cuerpo argentífero fue referido como estratiforme por Vila (2) e interpretado como una capa de ignimbrita dacítica permeable que localizó la alteración hidrotermal y destruyó la textura original. Moscoso, (6) indica que el nivel subhorizontal de sílice oquerosa en Arqueros corresponde a brechas dacíticas marginales de un domo dacítico que se formó centrado en la quebrada Carachitas. Por lo tanto, se trata de una bolsónada irregular mas que de un nivel estratigráfico.

## TERMOMETRIA DEL PROSPECTO ESPERANZA

Este sistema epitermal presenta escasas y pequeñas inclusiones fluidas, la mayor parte < 5 micrones. Después de una exhaustiva búsqueda de inclusiones apropiadas para mediciones confiables de valores de temperatura de homogenización y fusión (Th y Tf), se encontraron inclusiones primarias de 8 a 12 micrones, en cuarzo microcristalino relacionado a la mineralización, entrecrecido con óxidos y cloruros de Ag. Las mediciones de inclusiones fluidas se efectuaron en una platina calentadora y congeladora Linkam Th-600 usando sustancias calibradoras Signotherm Merck 9670 para +70°C y N-Decano para -29.68°C.

Las inclusiones fluidas estudiadas son bifásicas (líquido y vapor), con evidencias de ebullición, es decir, coexistencia de inclusiones ricas en vapor y otras en las que predomina la fase líquida. La mayoría de estas inclusiones presentan un grado de llenado («filling degree») entre 0.5 - 0.8 (20). Los valores de temperatura de homogenización obtenidos varían entre 237°C y 360°C, con un promedio de 280°C y salinidades comprendidas entre 1 y 14% en peso equiv. de NaCl según (21 y 22).

La mayor parte de los valores corresponden al sector Chimberos (túnel, cota 4096 m) y coinciden con el rango obtenido en Can Can (Sector La Coipa) por Townley (23), el que indica temperaturas de homogenización entre 170° y 350°C, con ebullición a 234°C (16% peso equiv. NaCl) en cota 4035 m. Comparando con otros sistemas epitermales del tipo ácido sulfato como es Guanaco (sur de Antofagasta), este último presenta valores de Th variables entre 120 y 290°C y salinidades ostensiblemente menores (0.8 - 3.6% equiv. NaCl. (25).

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo de terreno se efectuó entre 1990 y 1991, durante el Proyecto BID/TC-88-02-32-5. Los autores agradecen a la Cía Minera de Mantos Blancos, en especial al Sr. Tomas Vila, Gerente de Exploraciones, por las facilidades logísticas otorgadas durante las campañas de terreno.

## REFERENCIAS

(1) Kay, S. M., Maksaev, V., Mpodozis, C., Moscoso, R. y Nasi, C., 1987, Probing the Andean lithosphere: Mid-Late Tertiary magmatism in Chile (29-30°S) over the zone of subhorizontal subduction: *Journal of Geophysical Research*, v. 92, p. 6173-6189.

- (2) Vila, T., 1991, Epithermal silver-gold mineralization at the Esperanza area, Maricunga Belt, high Andes of northern Chile: *Revista Geológica de Chile*, v. 18, p. 37-54.
- (3) Sillitoe, R.H., McKee, E.H., y Vila, T., 1991, Reconnaissance K-Ar geochronology of Maricunga gold-silver belt, northern Chile: *Economic Geology*, v. 86, p. 1261-1270.
- (4) Moscoso, R., Díaz, F., Cuitiño, L., y Maksaev, V., 1991, Mineralización de metales preciosos y volcanismo neógeno en los Andes del Norte de Chile (26°-28°L.S): el Prospecto Esperanza: Lima, Seminario-Taller Procesos Formadores de Depósitos Minerales en Ambientes Volcánicos, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Resúmenes, Lima, Perú, 130 p.
- (5) Moscoso, R., Cuitiño, L., Maksaev, V., y Koepfen, R., 1992, El Complejo Cerros Bravos: marco volcanológico para la alteración y Mineralización en la Franja de Maricunga, Copiapó, Chile, in Seminario Taller Procesos Formadores de Depósitos Epitermales de Metales Preciosos, R. Moscoso ed.: Santiago, Servicio Nacional de Geología y Minería, Resúmenes Expandidos, p. 53-63.
- (6) Moscoso, R.; Maksaev, V.; Cuitiño, L.; Díaz, F.; Koepfen, R.; Tosdal, R.; Cunningham, C.; McKee, E.; Rytuba, J. 1993, El Complejo volcánico Cerros Bravos, Región de Maricunga, Chile: Geología, Alteración Hidrotermal y Mineralización. Investigaciones de Metales Preciosos en los Andes Centrales. Proyecto BID/TC-88-02-32-5.
- (7) Cisternas, M.E., 1977, Estudio geológico del flanco occidental de la Cordillera Claudio Gay: El sector de La Ola, al sur de Pedernales (26°30'S), III Región, Chile: Santiago, Universidad de Chile, Departamento de Geología, Memoria de Título, inédito, 152 p.
- (8) Muñoz B., J., 1984, Geología de la Hoja Salar de Maricunga (1:100.000): informe de avance de la Hoja El Salvador (1:250.000), Región de Atacama, Chile: Servicio Nacional de Geología y Minería, Inédito, 65 p.
- (9) Cuitiño, L., y Moscoso, R., 1991, Aplicación de Sensores Remotos en Prospecto Esperanza, Franja Maricunga Norte de Chile: La Paz, Seminario Taller Percepción Remota Aplicada a la Investigación Geológica, Resúmenes, 231 p.
- (10) Bell, M., 1985, The Chincos Formation. An early Carboniferous lacustrine sucesion in the Andes of Northern Chile: *Revista Geológica de Chile*, v. 24, p. 29-48.
- (10a) Zamora, R. y Vila, T., 1991, El Triásico del área de Esperanza, alta cordillera de la Región de

- Atacama, Norte de Chile: Viña del Mar. Congreso Geológico Chileno N°6. Actas. v. 1. p. 806-810.
- (11) Cornejo, P., y Mpodozis, C., Ramirez, C.F., and Tomlinson, A.J., 1993, Estudio Geológico de la región de Potrerillos y El Salvador (26°-27° Lat. S): Santiago, Chile, Servicio Nacional de Geología y Minería-CODELCO, informe inédito, p.258.
- (12) Thorpe, R.S.; Francis, P.W. and O'Callaghan, L.J., 1984, Relative roles of source composition, fractional crystallization and crustal contamination in the petrogenesis of Andean volcanic rocks. Phil. Trans. R. Soc. London, Ser. A 310:673-692.
- (13) Davidson, J., y Mpodozis, C., 1991. Regional setting of epithermal gold deposits. Chile: Economic Geology, v. 86, p. 1174-1186.
- (14) Jensen, O., 1976. Geología de las nacientes del río Copiapó entre los 27°53' y 28°20' Lat. sur, provincia de Atacama, Chile: Santiago, Universidad de Chile, Departamento de Geología, Memoria de Título, inédito, 299 p.
- (15) Godoy, E. y Davidson, J., 1976. Pilares tectónicos en compresión de edad Mioceno Superior en los Andes del Norte de Chile (22°-30° Latitud Sur): Santiago, Congreso Geológico Chileno N°1, Actas. v.1. p. B87-B103.
- (16) Moscoso, R., y Mpodozis, C., 1988. Estilos estructurales en el Norte Chico de Chile. regiones de Atacama y Coquimbo: Revista Geológica de Chile, v. 15 (2), p. 151-166.
- (17) Heald, P., Foley, F., y Habyba, D.O., 1987. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: acid-sulfate and adularia-sericite types: Economic Geology, v. 82, p. 1-26.
- (18) Hedenquist, J.W., 1987. Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the circum-Pacific basin: Singapore Circum-Pacific Energy Mineral Resources Conference, 4th, Transactions, p. 513-524.
- (19) Oviedo, L., Fuster, N., Tschischow, N., Ribba, L., Zuccone, A., Grez, E., y Aguilar, A., 1991. General geology of La Coipa precious metal deposit, Atacama, Chile: Economic Geology, v. 86, p. 1287-1300.
- (20) Shepard, T.J., Rankin, A.N.; Alderton, D.H.M., 1985. A Practical Guide to Fluid Inclusion studies. Blackie, London.
- (21) Potter, R.W.; Il Clynne, M.A. and Brown, D.L., 1978, Freezing point depression of aqueous sodium chloride solution. Ec. Geol., Vol. 73 p. 284-285.
- (22) Haas, J.L., 1971, The effect of Salinity of the Maximum Thermal Gradient of Hydrothermal System at Hydrostatic Pressure. Ec. Geol. vol 66, p.940-946.
- (23) Townley, B., 1991. Evolución y zonación de la mineralización de Au y Ag, en el Sistema epitermal Can. Can. III Región. Memoria para Título de Geólogo. Depto. de Geología de la Universidad de Chile, 143 p.
- (24) Sillitoe, R.H., 1991, Gold metallogeny of Chile-an Introduction: Economic Geology, v. 86, p. 1187-1205.
- (25) Cuitiño, L.; Díaz, S.; Puig, A., 1998. Aspectos de la Mineralogía, Geoquímica y Geotermometría de los Yacimientos Epitermales Guanaco y Cachinal de la Sierra, Antofagasta, Chile. V Congreso geológico Chileno. Tomo I. B273-298.