

EL COMPLEJO CERROS BRAVOS: MARCO VOLCANOLOGICO PARA LA ALTERACION Y MINERALIZACION EN LA FRANJA DE MARICUNGA, COPIAPO, CHILE

Ramón Moscoso, Lucía Cuitiño, Victor Maksaev
Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile
Casilla, 10465 Santiago, Chile

Robert Koeppe
U. S. Geological Survey
Reston, Virginia 22092
U. S. A.

INTRODUCCION

La franja de Maricunga ha sido objeto de intensas exploraciones desde hace más de una década, pues en ella se encuentran más de una docena de prospectos y zonas de alteración hidrotermal (sistemas epitermales del tipo ácido-sulfato) alojados en volcanitas calcoalcalinas neógenas que representan un arco pluto-volcánico (Kay et al., 1987; Vila, 1991; Sillitoe et al., 1991; Moscoso et al., 1991; Davidson y Mpodozis, 1991; Cuitiño y Moscoso, 1991), desarrollado discordantemente sobre un basamento constituido por unidades paleozoicas, mesozoicas y paleógenas (Figs. 1 y 2).

EL paleozoico está representado por una secuencia sedimentaria devónico-carbonífera (Fm. Sierra Aragonese; Cisternas, 1977; Muñoz, 1984; Cuitiño y Moscoso, 1991; Fm. Chinchos, Bell, 1985; Mpodozis en prep.) intruída por el Batolito de Pedernales (Muñoz, 1984; Moscoso et al. 1991) de edad pérmica (270 Ma., U/Pb, Tosdal este proyecto) y, volcanitas riolíticas permotriásicas (Fm. La Tabla, Muñoz, 1984; Moscoso et al., 1991, Cuitiño y Moscoso 1991).

El mesozoico está representado por secuencias sedimentarias y volcánicas concordantes cuya edad varía entre el Triásico y el Cretácico Superior. La serie se inicia en el Triásico con la depositación de una secuencia sedimentaria continental (Estratos de El Mono, Mercado, 1982; Bell, 1985; Cornejo y Mpodozis, en prep.; Moscoso et al., en prep.; o Fm. La Ternera, Muñoz, 1984; Moscoso et al., 1991; Cuitiño y Moscoso, 1991; Zamora y Vila, 1991), seguida por la depositación de secuencias marinas del Lias -Dogger (Fms. Montandón y Asientos), volcanitas del Jurásico Superior (Estratos de Quebrada Vicuña), sedimentitas marinas (Fm. Pedernales) y areniscas rojas (Fm. Quebrada Monardes) del Cretácico Inferior, culminando con volcanitas (Fm. Quebrada Seca) del Cretácico Superior (Cornejo y Mpodozis, en prep.).

El Paleógeno ocupa fundamentalmente el sector occidental de la hoja Salar de Maricunga y está representado por volcanitas de tendencia calcoalcalina (Estratos del Cerro Los Carneros, Muñoz, 1984), intrusivos dioríticos y gábricos, y un conjunto de domos tobas y brechas (Estratos de Agua Amarga; Cornejo y Mpodozis, en prep.).

EL VOLCANISMO DE CERROS BRAVOS Y LA FRANJA DE MARICUNGA

La cadena volcánica neógena (Franja de Maricunga) comprende numerosos aparatos volcánicos y domos monogenéticos multiductos, de composición dacítico-andesítica calcoalcalina, con edades comprendidas entre 26 y 10 Ma. Sus principales exponentes son: el Complejo Volcánico Cerros Bravos (25-21), el Complejo La Coipa (24-20), Cerros de la Sal-Los Corrales (26-23), Ojos de Maricunga (15), Santa Rosa, Pastillitos (13); Villalobo (12), Copiapó (10), Nevado Jotabeche (16), Co. Cadillal (14-13), que son las rocas huésped de más de una docena de zonas de alteración hidrotermal y depósitos epitermales de tipo ácido-sulfato (Vila, 1991; Vila y Sillitoe, 1991; Vila et al. 1991; Sillitoe et al.;1991; Moscoso et al., 1991, Davidson y Mpodosis,1991; Cuitiño y Moscoso, 1991). En general, las dimensiones de los complejos eruptivos son del orden de 5 a 12 km. de diámetro, destacándose claramente entre ellos el Complejo Volcánico Cerros Bravos (25 km) y el Complejo del Volcán Copiapó (24 km).

COMPLEJO VOLCANICO CERROS BRAVOS

El Complejo Volcánico Cerros Bravos y el Prospecto Esperanza, son un ejemplo característico del estilo de volcanismo y mineralización en la Franja de Maricunga, en el sentido que presenta un esquema regional caracterizado por centros monogenéticos, con varios ductos centralmente agrupados (en este caso, en un diámetro de 3 a 5 km) pero, a diferencia de los demás, el complejo presenta grandes dimensiones (25 km de diámetro), distinguiéndose en él una serie de centros dacíticos-andesíticos orientados en dirección NW. El sistema hidrotermal se desarrolló centrado en una zona de colapso volcánico de aproximadamente 3,5 por 3,5 km controlada por estructuras de orientación NW y NS; la alteración afectó principalmente a domos que fueron extruidos en la periferia de la zona colapsada.

En el Complejo Volcánico Cerros Bravos se pueden distinguir las siguientes unidades de acuerdo a sus características petrográficas, químicas y relaciones de contactos (la nomenclatura no implica sucesión cronológica):

- Grupo I** : **C° 4186 (C° Carachapampa Chico)**. Domo extrusivo constituido por dacita de biotita y anfíbola, grano grueso; microscópicamente presenta una textura porfídica con masa fundamental hialopilítica; los fenocristales de biotita predominan sobre los de hornblenda pardo-rojiza. Forman parte de esta unidad daci-andesitas y dacitas porfídicas ubicadas inmediatamente al E; localmente presentan ojos de cuarzo y fenocristales de sanidina.
- Grupo II** : **C° Carachapampa**. Es un conjunto de domos dacíticos (con estructuras de flujo), lavas y tobas, de forma sub-elíptica. Los domos están constituidos por dacitas porfídicas gruesas con masa fundamental vítrea y fenocristales de hornblenda y biotita subordinada. A este grupo puede asignarse también el complejo del cerro La Ola.
- Grupo III** : **C° Pastos Largos-Esperanza (Figs. 2 y 3)**. Es un conjunto de domos dacíticos, andesitas y tobas, intensamente alterados, los cuales hospedan

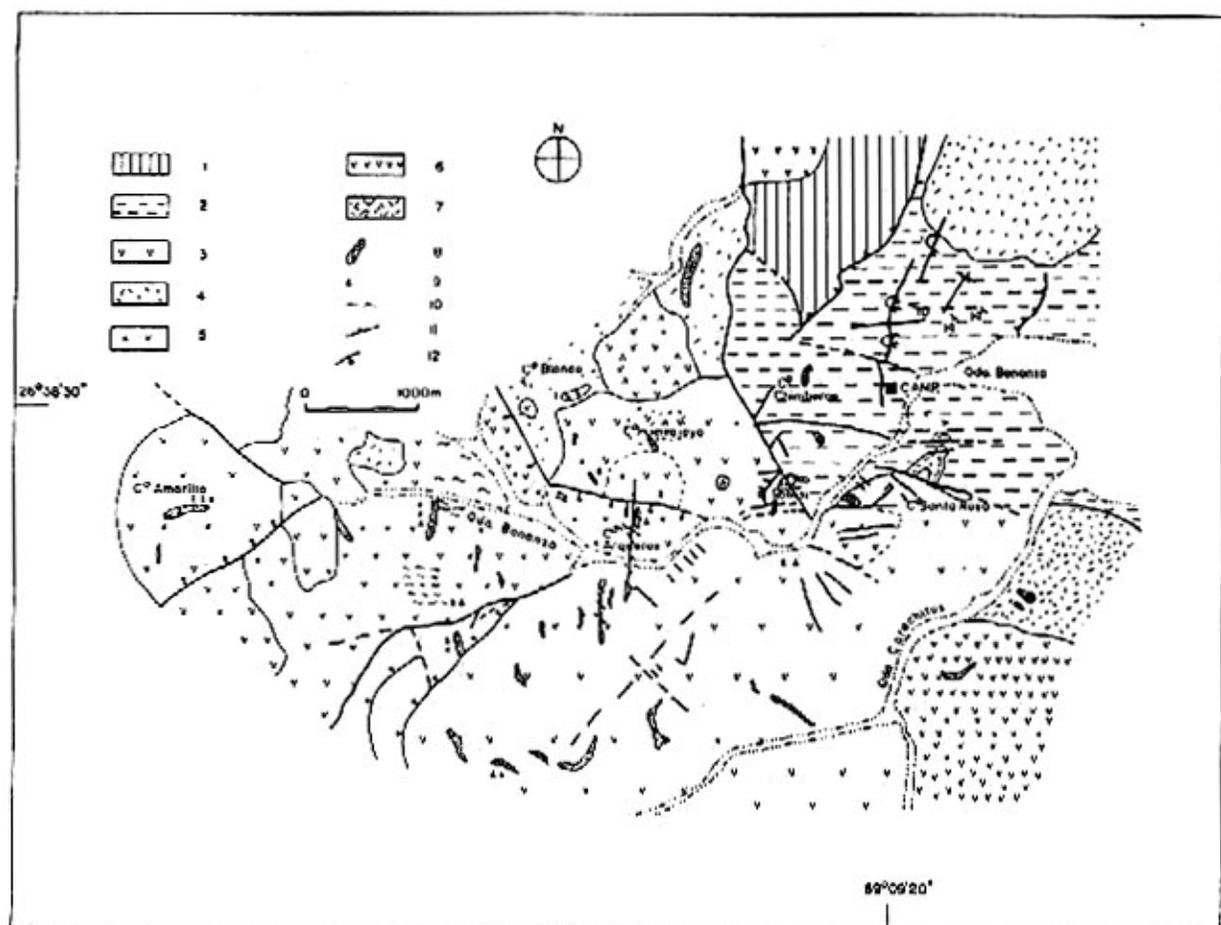


Fig.3 MAPA GEOLOGICO SIMPLIFICADO DEL PROSPECTO ESPERANZA.

1. Areniscas y conglomerados paleozoicos (Fms Sa. Aragoneses o Churches).
2. Sedimentos trácicos (Estratos del Mono).
3. Lavas y domos dacíticos de biotita y hornblenda, miocénicos con estructuras de flujo y andesitas de anfibola, piroxeno y olivino, con diversos grados de alteración (Grupo III).
4. Tobas, tobas soldadas con pómez (Grupo III).
5. Domos dacíticos frescos (Grupo III).
6. Domos y lavas dacíticas de hornblenda y biotita (Grupo II).
7. Tobas (Grupo II).
8. Cuerpos silicificados con azurita y jarosita.
9. Brechas hidrotermales.
10. Sínter.
11. Falla inversa.
12. Falla normal.

gran parte del prospecto Esperanza (Arqueros, Huantajaya, Cerro Amarillo). El domo dacítico principal de aproximadamente 2.5 por 4.5 km de superficie se extiende entre la quebrada Carachitas por el sur y Arqueros - Cerro Blanco por el norte, presenta bandas de fluidez y márgenes brechosos. Petrográficamente es dacita porfídica gruesa con abundantes glomerocristales de plagioclasa, biotita, hornblenda y escasos piroxenos. Al norte de Arqueros y Huantajaya, se distribuyen tobas líficas y vítreas, soldadas, con abundantes pómez, reconociéndose también relictos de este protolito en las zonas próximas al núcleo de alteración; más al norte (Quebrada Los Cristales) los flujos de tobas con abundantes pómez y tobas soldadas, frescas o levemente argilizadas, se presentan como depósitos de relleno de paleovalles junto con brechas de avalanchas calientes; los flujos piroclásticos aparecen como uno de los depósitos más antiguos del complejo Cerros Bravos (25 Ma.; Tabla 1; Fig. 4) y probablemente se asocian genéticamente al colapso del sector ubicado entre el cerro Amarillo y Arqueros.

En el cerro Pastos Largos, coladas andesíticas frescas de color marrón-negruzco cubren al domo dacítico alterado; al microscopio presentan textura porfídica moderada a gruesa con masa fundamental pilotaxítica y fenocristales de plagioclasa (glomerocristales), biotita, hornblenda, piroxeno y olivino.

Entre Potosí y Huantajaya afloran restos de un domo constituido por dacita verde fresca de biotita y hornblenda, (Grupo III-B, Fig. 3), que cubren las tobas alteradas; petrográficamente presentan textura porfídica gruesa con masa fundamental microfelsítica. Dataciones K-Ar de esta dacita han dado edades de 20.2 ± 1.0 (Sillitoe et al., 1991) y en este trabajo $22,4 \pm 1.7$ (muestra RKCM-43; Tabla 1).

Grupo IV :

Cerros Bravos-Potrero Grande. Corresponde a un conjunto de domos dacíticos de hornblenda, marrón-rojizos, que coronan las alturas más prominentes de la zona; al microscopio presentan textura porfídica gruesa con glomerocristales de plagioclasa, hornblenda zonada y biotita subordinada; la masa fundamental, hialopilítica, se encuentra levemente desvitrificada. Estratigráficamente se disponen sobre las unidades descritas en los grupos anteriores. Edades K/Ar en biotita y roca total dieron 24 y 22 Ma para la base y la cumbre respectivamente (muestras FES-150 y FES-152, Tabla 1; Fig. 4).

QUIMICA

El diagrama $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{SiO}_2$ (Irvine y Baragar, 1971) permite señalar que las rocas volcánicas del Complejo Cerros Bravos son subalcalinas (Fig. 5) y, de acuerdo al diagrama AFM, claramente calcoalcalinas (Fig. 6), lo cual es consistente con un arco volcánico relacionado en

TABLA 1. EDADES K/Ar CERROS BRAVOS - MARICUNGA

MUESTRA	GRUPO	LOCALIDAD	MATERIAL	K%	Ar rad (ni/g)	Ar Atm.	EDAD Ma	ERROR (2 σ)
RCB-94	II	Carachapampa	Biotita	7.135	6.919	26	24.9	± 1.0
RCB-87	III	Pastos Largos	Roca Total	1.62	1.09	46	24	± 1.4
RKCM-75	III	Los Cristales	Biotita	6.968	6.907	49	25.5	± 0.9
LES-47	III	Cerro Negro	Roca Total	1.362	1.312	65	24.6	± 1.4
RKCM-43	III	Huantajaya	Biotita	6.975	6.11	35	22.4	± 0.7
C-22	III	W Esperanza	Biotita	6.578	6.053	48	23.5	± 0.9
C-23	III	NW Esperanza	Roca Total	1.176	1.094	35	23.8	± 1.1
FES-146	III	Esperanza	Biotita	7.041	6.232	36	22.6	± 0.9
FES-152	IV	C' Bravos	Roca Total	1.201	1.129	43	22.5	± 1.0
FES-150	IV	C' Bravos	Biotita	6.46	6.121	42	24.2	± 1.0
FD-RID-9	IV	NE Barr. Negros	Roca Total	1.116	1.035	31	23.7	± 1.1
RCB-47		C' La Olla	Roca Total	1.535	1.426	55	25.7	± 1.1
LES-112		Esp. Arqueros	Jarosita	4.69	3.413	64	18.6	± 1.1
LES-216		Esp. Arqueros	Alunita	7.099	5.958	50	19.3	± 0.7
RKCM-22		Pastos Largos	Roca Total	1.38	1.235	29	22.9	± 0.9
RKCM-41		La Coipa	Biotita	7.479	6.976	28	23.8	± 0.7
FD-14		Can Can	Alunita	6.159	4.418	51	18.4	± 0.7
V-22		Caballo Muerto	Biotita	6.006	5.288	65	22.5	± 1.2
RCB-12		Vn. Maricunga	Roca Total	1.59	0.988	64	15.9	± 0.8

TABLA 2. ANALISIS QUIMICOS DE ELEMENTOS MAYORES NORMALIZADOS COMPLEJO CERROS BRAVOS

	GRUPO I	GRUPO II		GRUPO III				GRUPO IV	
	RCB100 Caracha- pampa Chico	RCB90 C' Cara- chapampa	RKCM53 Caracha- pampa W	RCB87 Pastos Largos	LES48 C' P. Largos	FES143 Huanta- jaya	RKCM76 Los Crie- tales	FES152 C' Bra- vos	RKCM32 C' Bra- vos
SiO2	63.34	61.05	65.43	61.72	58.50	66.88	65.33	57.34	63.56
TiO2	0.69	0.84	0.53	0.76	0.88	0.51	0.56	0.91	0.66
Al2O3	16.64	17.67	16.86	17.43	17.94	16.77	16.26	18.12	16.25
Fe2O3	4.01	4.10	3.15	3.17	4.04	2.28	4.49	3.51	3.12
FeO	0.59	1.42	1.07	2.16	2.60	0.66	0.13	2.91	0.95
MnO	3.07	0.10	0.11	0.10	0.11	0.04	0.06	0.09	0.06
MgO	2.26	2.37	1.70	2.93	3.30	1.74	1.86	4.01	1.62
CaO	5.64	6.40	4.79	8.10	7.05	4.66	4.73	7.60	4.90
Na2O	4.04	3.76	3.51	3.77	3.53	3.80	2.85	3.74	4.31
K2O	2.52	1.87	2.71	1.68	1.84	2.49	3.42	1.51	2.14
P2O5	0.19	0.31	0.14	0.19	0.21	0.17	0.28	0.25	0.22
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
K2O/Na2O	0.62	0.50	0.77	0.50	0.52	0.66	1.20	0.50	0.50
FeO*/MgO	1.03	2.12	2.23	1.63	1.81	1.52	2.23	1.44	4.01

un margen continental activo.

En muestras representativas de los diferentes grupos (Tabla 2), la razón K_2O / Na_2O dió valores entre 0.5 y 1.2, desglosados de la siguiente manera: Grupo I : 0.6, Grupo II : 0.5-0.8, Grupo III : 0.5-1.2 y, Grupo IV : 0.5, valores que se consideran moderadamente enriquecidos en potasio, y que podrían indicar una tendencia shoshonítica, característica señalada por Dostal et al. (1977) para las volcanitas miocenas en este sector de los Andes Centrales.

Considerando los límites y nomenclatura de Gill (1981) para andesitas-dacitas orogénicas, las volcanitas de complejo Cerros Bravos se ubican en los campos con contenido de potasio medio-alto.

En cuanto a las razones FeO^*/MgO , se observan valores entre 1.5 y 2.2, consideradas también mayores que el promedio, lo cual indicaría un fraccionamiento avanzado que es consistente con la petrografía y mineralogía observadas en el complejo (cristalización fraccionada de plagioclasa, biotita y hornblenda).

ALTERACION HIDROTHERMAL

El prospecto Esperanza se encuentra en el sector norte de la Franja Maricunga (Figs. 2 y 3) aproximadamente a 150 km al NE de Copiapó, a 4000 m s.n.m., asociado al Complejo Volcánico Cerros Bravos, en una zona de alteración hidrotermal de 6 x 5 km, caracterizada por una notable anomalía de color amarillo-rojizo, la cual corresponde a una intensa silicificación con alunita, arcillas, jarosita y limonitas (Vila, 1991; Moscoso et al. 1991, Cuitiño y Moscoso, 1991). La alteración afecta tanto a metasedimentitas paleozoicas (Fm. Sierra Aragonese), sedimentitas cuarcíferas triásicas (Estratos del Mono) y sobre todo a volcanitas del Complejo Volcánico Cerros Bravos.

El tipo de alteración más pervasiva es la de sílice oquerosa ("vuggy silica"), ésta se presenta a lo largo de fracturas NW, EW y NS en las que las rocas han perdido completamente sus minerales primarios, a excepción del cuarzo, y que incluye en los huecos alunita y jarosita con cantidades menores de caolinita, pirofilita, dickita, montmorillonita, hematita y goethita. Sílice también se presenta en vetillas de cuarzo crustificado y relleno de cavidades como ópalo y calcedonia (Cuitiño y Moscoso, 1991). Las estructuras silicificadas alcanzan hasta 20 m de potencia y están flanqueadas por zonas blanqueadas ricas en alunita, las que a su vez dan paso a rocas con alteración de sílice-arcillas dominante en el área del prospecto.

En los sectores de Chimberos y Potosí, las rocas alteradas corresponden a sedimentitas triásicas, fuertemente plegadas, con una mineralización oxidada consistente en cloruros y yoduros de plata (cerargirita, yodargirita, argentojarosita, acantita y trazas de plata nativa) (Vila, 1991; Cuitiño y Moscoso, 1991).

En los sectores de Arqueros, Huantajaya y Cerro Amarillo, el protolito corresponde a dacitas y tobas soldadas de la unidad Pastos Largos-Esperanza. La sílice oquerosa se presenta en cuerpos macizos (vetas) con alunita y jarosita de hasta 600 m de corrida, controlados

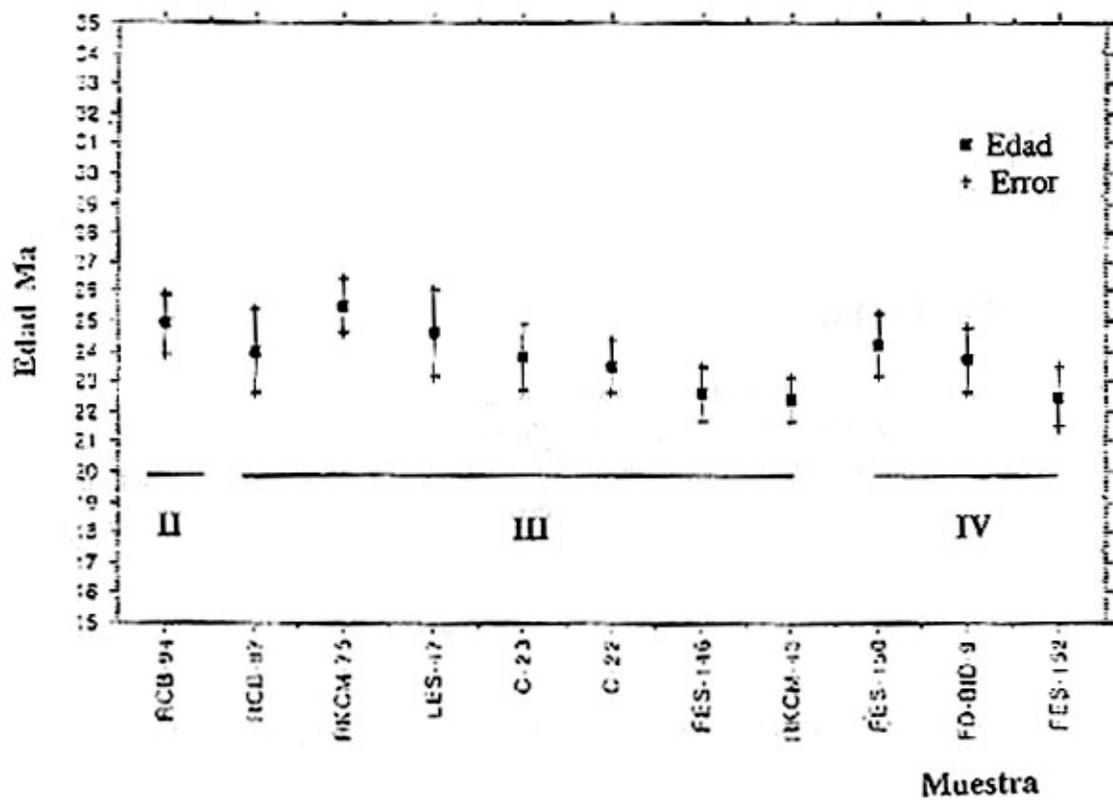


Fig.4 EDADES RADIOMETRICAS K/Ar EN COMPLEJO VOLCANICO CERROS BRAVOS.
 Grupo II (Carachapampa). Grupo III (Pastos Largos-Esperanza)
 Grupo IV (Cerros Bravos).

estructuralmente (NS y NW); entre estos cuerpos domina una moderada silicificación con caolinita-profilita-dickita-zunyita-baritina-limonita. La mineralización consiste en oro nativo, con cantidades menores de argentojarosita, electrum y trazas de plata nativa (Vila, 1991); localmente (Huantajaya, NW Arqueros) se ha reconocido trazas de proustita-pirargirita y, asociado a terrazas con sínteres silíceos (W Arqueros, Fig. 3), cinabrio y metacinnabarita.

Las características del sistema hidrotermal de Esperanza son comparables a las descritas por Oviedo et al. (1991) para La Coipa.

EDAD DE LA ALTERACION. Las edades radiométricas K-Ar obtenidas para las rocas alteradas del prospecto Esperanza (Tabla 1, Fig. 4) se encuentran comprendidas en el rango 20-18 Ma. Los trabajos previos de Sillitoe et al. (1991) y Vila (1991) citan edades en alunita entre 23 y 20 Ma, levemente más antiguas. Este conjunto de edades radiométricas son similares a las obtenidas por los autores mencionados para La Coipa. Además, en el presente trabajo se obtuvo una edad de 18 Ma para una vetilla de alunita de Can Can (Tabla 2). Todos estos datos indican la contemporaneidad de los sistemas epitermales de La Coipa y Esperanza.

ESTRUCTURA

Numerosas fallas inversas de alto ángulo surcan el área con dirección N-S a NNE definiendo estrechos pilares de basamento y grábenes ocupados por las secuencias mesozoicas y los depósitos volcanoclásticos terciarios (Mercado, 1982; Moscoso y Mpodozis 1988; Davidson y Mpodozis, 1991; Moscoso et al., 1991; Cuitiño y Moscoso, 1991). Otro sistema de fallas de dirección NW que corta al anterior aparece claramente definido en el sector occidental de la hoja Salar de Maricunga (Muñoz, 1984).

En el área del Prospecto Esperanza, se observan al menos cuatro sistemas de estructuras (Figs. 2 y 3): el más antiguo (N-S a NNE) corresponde al de fallas inversas de alto ángulo que eleva la formación Sierra Aragonese sobre los Estratos del Mono, induciendo en éstos, pliegues isoclinales apretados de limbos casi verticales como los que se observan en el Sector Chimberos y la quebrada inmediatamente al N del Campamento (Zamora y Vila, 1991). Las rocas volcánicas miocenas del Complejo Volcánico Cerros Bravos y el Complejo La Coipa cubren este sistema de fallas, aunque en el Prospecto Esperanza parte de la mineralización está controlada por una de estas fallas inversas del basamento pre-volcánico.

Un segundo sistema (NW) corresponde a fallas verticales que cortan a las fallas inversas anteriores y desplazan a las volcanitas del Complejo Volcánico Cerros Bravos (Unidad Pastos Largos-Esperanza); este sistema está relacionado al patrón general del área (NNW) y parece haber controlado el desarrollo del Complejo Volcánico Cerros Bravos. Este sistema de fallas controlaría también las alteraciones hidrotermales del sector Codochedo-Los Terneros y Torito, así como, aquellas ubicadas entre las quebradas Cerros Bravos y La Coipa. Estas estructuras podrían corresponder a fallas de desplazamiento en el rumbo de sentido dextral.

El tercer sistema (N-S) es un conjunto de fracturas locales de tensión que controlan

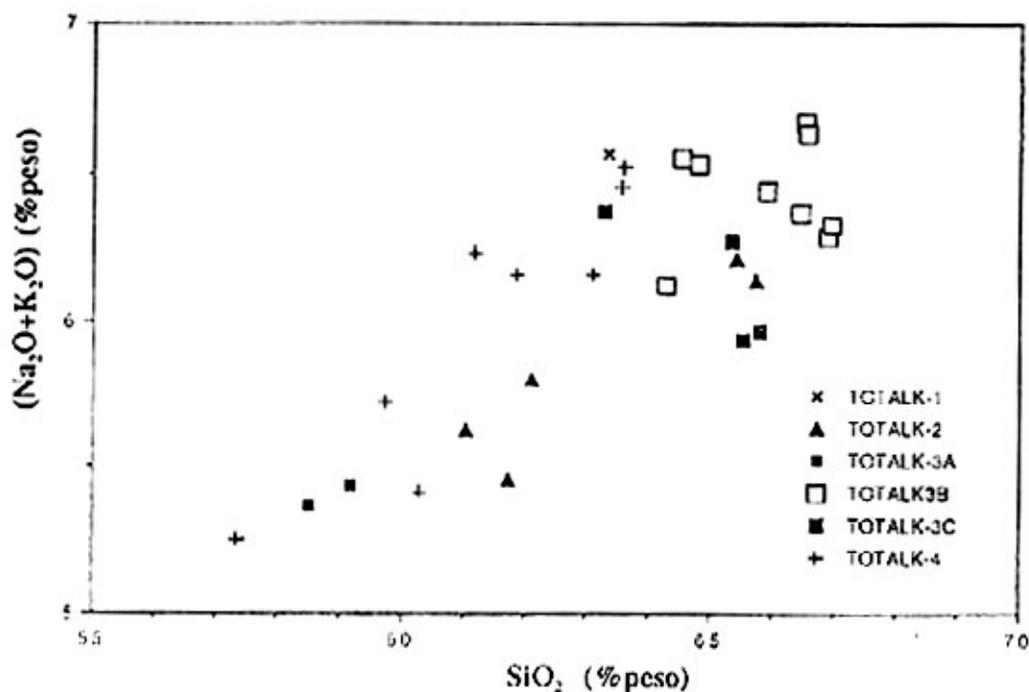


Fig.5 Diagrama $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ versus SiO_2 de las volcánicas del Complejo Volcánico Cerros Bravos (en campo subcalcalino, Irvine y Baragar 1971). 1: Grupo I (Carachapampa Chico). 2: Grupo II (C^o Cara-chapampa). 3A-B-C: Grupo III (3A: Domo Esperanza, 3B: Domo verdes no alterados, 3C: Tobas). 4: Grupo IV (Cerros Bravos).

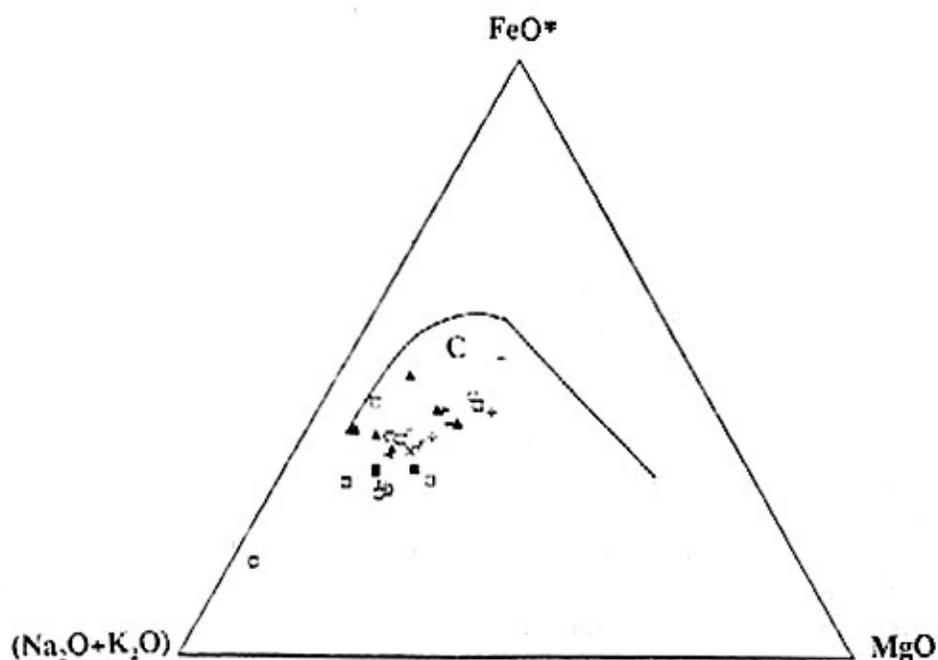


Fig.6 Diagrama AFM para las volcánicas del Complejo Volcánico Cerros Bravos. C: campo calcoalkalino (Irvine y Baragar, 1971). Símbolos según figura 5.

claramente la alteración y mineralización del sector Arqueros-Huantajaya; este sistema ya fue reconocido por Vila (1991). Este sistema de fracturas podría corresponder a la tensión resultante del movimiento en sentido dextral del sistema de fallas de orientación NW.

El cuarto sistema (E-W), aparentemente el más joven, son fallas y fracturas de poco desplazamiento que afectan preferentemente al sector Arqueros-Santa Rosa y parecen estar relacionados a movimientos de bloques.

Los sistemas de fallas y fracturas antes mencionados son similares a los descritos por Oviedo et al. (1991) en La Coipa.

CONCLUSIONES

EL prospecto Esperanza representa un típico sistema epitermal de tipo ácido-sulfato, con mineralización de plata y oro. Este sistema muestra gran similitud y es contemporáneo con el sistema de La Coipa. Ambos sistemas epitermales se asocian a zonas de colapso de origen volcánico y a complejos de domos extruídos principalmente en los márgenes de dichas zonas. Sin embargo la superficie de la zona alterada de Esperanza es aproximadamente la mitad de la de La Coipa.

El Complejo Volcánico Cerros Bravos y el Complejo Volcánico La Coipa son similares en cuanto a su litología, relaciones y edad, aunque los productos más jóvenes (?) de este último (Cordillera de Domeyko) en parte cubren a las dacitas del Grupo IV en el portezuelo Cerros Bravos.

La presencia de sínteres silíceos con cinabrio y metacinnabarita indica que en Esperanza está expuesto el techo (paleosuperficie) del sistema epitermal. Esto implica que el prospecto tiene buenas posibilidades de contener mineralización de metales preciosos en subsuperficie, además de la reconocida por Minera Anglo American, especialmente en el basamento subvolcánico, aunque, probablemente, a niveles relativamente profundos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al "Programa de Adiestramiento para la Investigación de Recursos Auro-Argentíferos en Rocas Volcánicas del Terciario Superior - Cuaternario de los Andes Centrales" (ATN/SF-3427-RE), financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en el cual participan los Servicios Geológicos de Bolivia (GEOBOL), Chile (SERNAGEOMIN), Perú (INGEMMET) y el United States Geological Survey (USGS).

REFERENCIAS

Aguilar., A., 1984. Geología de los cuadrángulos Cerro Vicuña y Salar de Maricunga, III región de Atacama-Chile. Memoria de Título, Universidad del Norte, Departamento de Geociencias, 164 p. Antofagasta, inédito.

- Bell, M., 1985. The Chinchex Formation, An early Carboniferous lacustrine sucesion in the Andes of Northern Chile: *Revista Geológica de Chile*, v. 24, p. 29-48.
- Cisternas, M.E., 1977. Estudio geológico del flanco occidental de la Cordillera Claudio Gay: El sector de La Olla, al sur de Pedernales (26°30'S), III Región, Chile. Memoria de título, Universidad de Chile, Departamento de Geología. 152 p., inédito.
- Cuitiño, L. y Moscoso, R., 1991. Aplicación de Sensores Remotos en Prospecto Esperanza, Franja Mancunga Norte de Chile. Seminario Taller "Percepción Remota Aplicada a la Investigación Geológica. Resúmenes. Proyecto BID/USGS/GEOBOL, La Paz, Bolivia.
- Davidson, J. y Mpodozis, C., 1991. Regional setting of epithermal gold deposits, Chile. *Economic Geology*, Vol. 86, pp. 1174-1186.
- Dostal, J.; Zentilli, M.; Caelles, J.C., and Clark, A.H. 1977. Geochemistry and origin of volcanic rocks of Andes (26-28°S). *Contrib. Mineral. Petrol.*, v. 63, pp. 161-173.
- Gill, J.B., 1981. *Orogenic andesites and plate tectonics*, Springer Verlag, Berlin, 387 p.
- Heald, P.; Folcy, Hayba, D.O.; 1987. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: Acid-sulfate and adularia-sericite types. *Economic Geology*, Vol. 82, p.1-26.
- Irvine, T.N., and Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8, p. 523-548.
- Kay, S., MaksaeV, V., Mpodozis, C., Moscoso, R., and 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.
- Mercado, M., 1982. Geología de la Hoja Laguna del Negro Francisco. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, N°56, 73 p.
- 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), pag. 151-166.
- Moscoso, R.; Díaz, F.; Cuitiño, L.; y MaksaeV, 1991. Mineralización de Metales Preciosos y Volcanismo Neógeno en los Andes del norte de Chile (26°-28°L.S): El Prospecto Esperanza. Seminario-Taller "Procesos Formadores de Depósitos Minerales en Ambientes Volcánicos", INGEMMET, Lima-Perú.
- Muñoz, B., J., 1984. Geología de la Hoja Salar de Mancunga (1:100.000): informe de avance de la Hoja El Salvador (1:250.000), Región de Atacama, Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, 65 p., inédito.
- Oviedo, L., Fuster, N., Tschischow, N. Ribba, L., Zuccone, A., Grez, E. and Aguilar, A. 1991. General Geology of La Copa Precious Metal Deposit, Atacama, Chile. *Economic Geology*, Vol. 86, pp. 1287-1300.
- Sillitoe, R., McKee, E.H., and Vila, T., 1991. Reconnaissance K-Ar Chronology of Mancunga gold-silver belt, northern Chile. *Economic Geology*, Vol. 86, pp. 1261-1270.
- Vila, T.; 1991. Epithermal Silver-Gold mineralization at the Esperanza area, Mancunga Belt, high andes of northern Chile. *Revista Geológica de Chile*, Vol. 18, N°1, p.37-54.
- Vila, T., Sillitoe, R., Betzhold, J., and Viteri, E. 1991. The Porphyry Gold Deposit at Marte, Northern Chile. *Economic Geology*, Vol. 86, pp. 1271-1286.
- Vila, T. and Sillitoe, R., 1991. Gold-Rice Porphyry Systems in the Mancunga Belt, Northern Chile. *Economic Geology*, Vol. 86, pp. 1238-1260.
- Zamora, R. y Vila, T., 1991. El Tránsito del Area de Esperanza, Alta Cordillera de la Región de Atacama, Norte de Chile. in 6° Congreso Geológico Chileno. Actas. Servicio Nacional de Geología y Minería, p. 806-810.
- Zentilli, M., 1974. Geological evolution and metallogenic relationships in the Andes of northern Chile between 26° and 29° South. Unpub. Ph.D. Thesis. Queen's University, Kingston, Ontario, Canada, 446 p.