

GEOLOGIA DEL YACIMIENTO EPITERMAL DE ORO Y PLATA CAN CAN, FRANJA DE MARICUNGA, PRECORDILLERA DE COPIAPO, CHILE

ALEJANDRO J. CECIONI

LAWRENCE A. DICK

Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, Suecía 178, Santiago, Chile

RESUMEN

Can Can es un depósito epitermal de Au-Ag, del tipo ácido-sulfato, ubicado en las coordenadas 26°48'30"S y 69°16'W, 140 km al noreste de Copiapó, y a 4.100 m s.n.m. Junto a La Coipa, Marte y otros yacimientos de metales preciosos, Can Can está comprendido en la Franja de Maricunga. La roca de caja de la mineralización y alteración corresponde a lutitas y areniscas conglomerádicas del Triásico Superior, cubiertas, discordantemente, por unidades volcanoclásticas subhorizontales del Mioceno inferior. El depósito se ubica en una falla de dirección noreste-suroeste, en la intersección con otra, norte-sur. La alteración y mineralización tiene forma de embudo abierto hacia la superficie; en las lutitas, el cuerpo tiene aproximadamente 70 m de diámetro, está inclinado levemente hacia el este y parcialmente controlado por la estratificación. Sobre la discordancia, la zona de alteración se ensancha, alcanzando un diámetro de 400 m. Se identificaron dos fases principales de alteración y mineralización: 1. Silicificación penetrativa temprana y lixiviación ácida, acompañada por argilización avanzada, con depositación de Au y Ag diseminado; y 2. Desarrollo tardío de un 'stockwork' de vetas de sílica-alunita y una brechización hidrotermal con altos contenidos de Au-Ag. El cuerpo mineralizado está oxidado entre los 4.360 y 3.800 m de altitud. La asociación mineralógica en el yacimiento Can Can consiste en oro nativo y cerarginita, asociados con sílice, alunita, caolín, jarosita y hematita. Las leyes y la razón Au/Ag son altas en las lutitas y decrecen hacia la superficie. Se estima que las temperaturas de depositación de las menas fluctuaron entre 200° y 300°C. El nivel de erosión ha sido establecido en aproximadamente 100 m bajo la paleosuperficie. El descubrimiento de metales preciosos de alta ley en lutitas del Triásico Superior abre nuevas posibilidades de exploración en la Franja de Maricunga, así como en otros distritos de Chile.

Palabras claves: Oro, Epitermal, Can Can, Franja de Maricunga, Chile.

ABSTRACT

GEOLOGY OF THE CAN CAN GOLD AND SILVER EPITHERMAL DEPOSIT, MARICUNGA BELT, PRECORDILLERA DE COPIAPO, CHILE. Can Can is an acid-sulphate-type Au-Ag epithermal deposit located at 26°48'30"S and 69°16'W, 140 km northeast of Copiapó, at 4,100 m of altitude. Along with La Coipa, Marte, and other recently discovered precious metal deposits, Can Can occurs within the Maricunga Metallogenic Belt. The altered and mineralized host rocks at Can Can are Upper Triassic shales and conglomeratic sandstones, unconformably covered by subhorizontal volcanoclastic Lower Miocene tuffs. The deposit occurs at the intersection of a northeast-southwest fault, with a north-south trending fracture zone. The altered and mineralized body is funnel-shaped, and wider towards the surface. In the shales, it is approximately 70 m wide and steeply south-plunging. At the unconformity, the altered zone broadens, reaching a width of 400 m. Two principal phases of alteration and mineralization were identified: 1. An early pervasive silicification and 'acid leaching' accompanied by intense argillic and advanced-argillic alteration, with deposition of disseminated Au-Ag; and 2. A late fracturing with the formation of stockwork of silica-alunite veins and hydrothermal brecciation, both with high contents of Au-Ag. Oxidation of the entire mineralized body, from 4,360 down to at least 3,800 m elevation postdates the mineralization. The ore assemblage at Can Can consists of native gold, and cerarginite, both associated with silica, alunite, kaolinite, jarosite, and hematite. The ore grade and the Au/Ag ratio is high in the shales and decreases towards the surface. The temperature of ore deposition has been estimated between 200° and 300°C. The erosion level of the deposit has been established at about 100 m below the paleosurface. The discovery of high-grade precious metals in Upper Triassic black shales opens new possibilities for explorations in the Maricunga Belt, and other districts in the Chilean Andes.

Key words: Gold, Epithermal, Can Can, Maricunga Belt, Chile.

INTRODUCCION

El yacimiento Can Can se ubica en la Cordillera de Domeyko, 140 km al noreste de Copiapó, a los 69°16'W y 26°48'S (Fig.1). Cuando la propiedad fue adquirida por Chevron Minera Corporation of Chile, a comienzos de 1987, sólo existían algunos trabajos de exploración efectuados por la empresa minera Sierra Morena. Desde entonces y durante los si-

guientes tres años, Chevron efectuó una intensa campaña de exploración, realizando un levantamiento geológico detallado, estudios geofísicos y petrográficos, 21.000 m de sondajes de aire reverso, 1.500 m de sondajes de diamantina desde superficie, 7.000 m de sondajes de diamantina desde el interior, 2.100 m de túneles y una chimenea de 100 m. Fue analizado

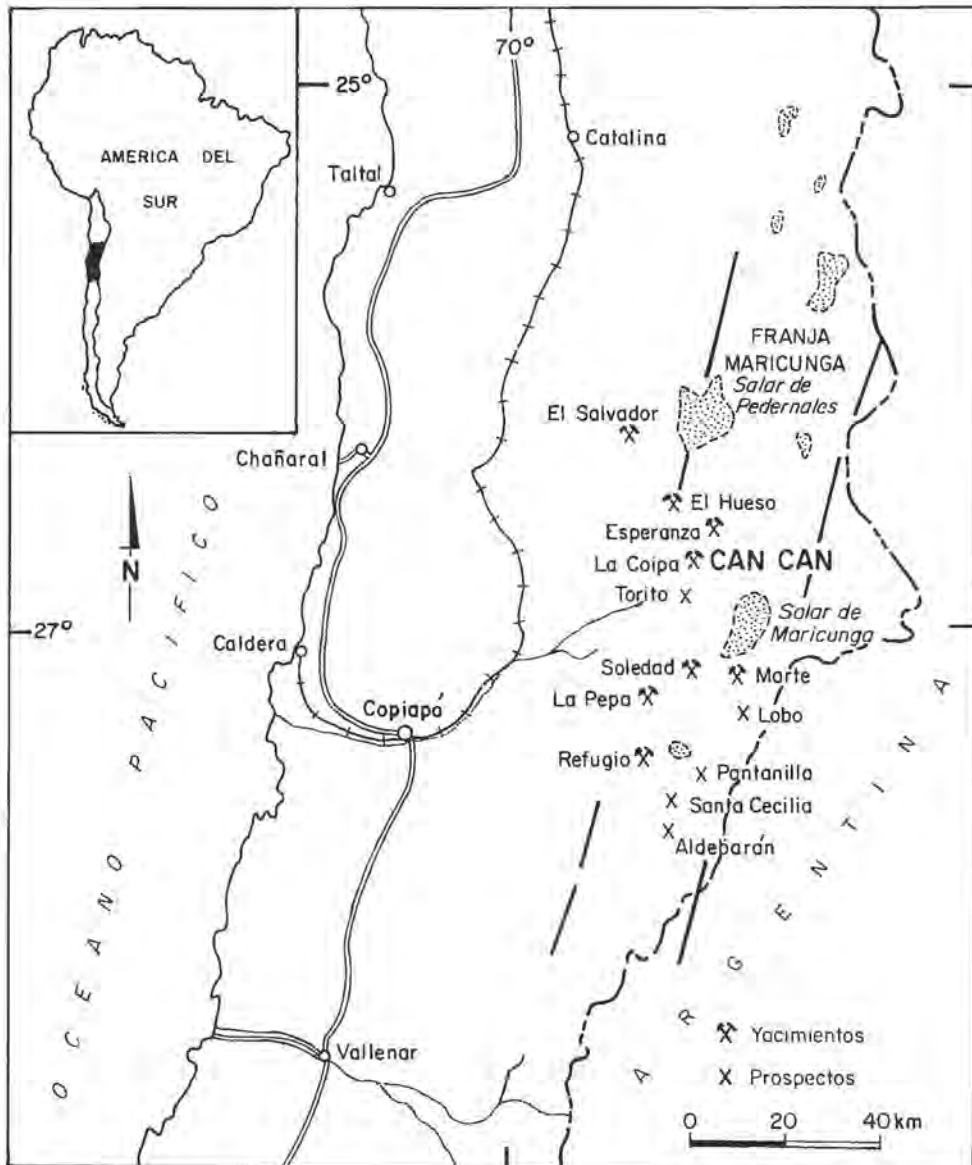


FIG. 1. Ubicación del yacimiento Can Can, otros depósitos y prospectos de la Franja Maricunga, Chile.

por oro y plata un total cercano a 36.000 muestras. Estas provienen de los testigos de sondajes, canaletas de superficie e interior y de marinas.

El yacimiento Can Can forma parte integral del sistema epitermal La Coipa, que incluye, además, los cuerpos mineralizados de Coipa Norte, ubicado 1 km al norte de Can Can, y Ladera-Farellón, localizado 1,5 km al sur de éste. Los tres cuerpos constituyen un lineamiento estructural de 3-4 km, elongado en sentido norte-sur a noreste-suroeste, que se localiza en la parte norte de la Franja de Maricunga, en donde se ha descubierto una serie de yacimientos de metales preciosos, asociados al volcanismo cenozoico, como Esperanza, Marte, Refugio, Lobo y La Pepa (Vila y

Sillitoe, 1991).

El yacimiento Can Can se destaca por ser el único depósito, junto a Farellón (La Coipa), cuyas leyes de mena más altas ocurren en el basamento de lutitas negras del Triásico, bajo una discordancia que las separa de rocas volcánoclasticas terciarias, evidenciando un nuevo y potencialmente importante ambiente para depósitos de metales preciosos, tanto aquí como en otros distritos de Chile.

En el presente trabajo, se entrega una descripción del yacimiento y su entorno geológico con énfasis en el control estructural de mineralización y alteración.

MARCO GEOLOGICO REGIONAL

En el área del yacimiento Can Can, afloran unidades litológicas cuyas edades oscilan desde el Paleozoico Superior hasta el Reciente (Fig. 2). Las rocas más antiguas se ubican al este del yacimiento (Quebrada Caballo Muerto). Estas comprenden areniscas y lutitas de la Formación Chinchas (Mercado, 1982) de edad devónico-carbonífera, cubiertas por riolitas, tobas, ignimbritas y brechas volcánicas, pertenecientes a la Formación Pantanoso (Mercado, 1982). Las unidades mesozoicas, que se disponen en discordancia sobre el basamento paleozoico, están compuestas por lutitas y areniscas de edad triásica asignadas a la Formación La Ternera (Brüggen, 1918), las cuales albergan la mayor parte de la mineralización del yacimiento Can Can; areniscas y calizas (Formación Lautaro, Segerstrom, 1959) y areniscas y conglomerados rojos y lavas de edad jurásico superior-cretácica inferior (formaciones Quebrada Monardes y Quebrada Seca, Mercado, 1982).

Las unidades del Terciario se distribuyen en discordancia sobre el Mesozoico. Estas comprenden secuencias volcánoclasticas riolíticas, tobas dacíticas y brechas, como asimismo rocas subvolcánicas dacíticas, del Paleoceno (Estratos del Cerro Los Carneros; J. Muñoz¹) - Mioceno inferior

(25-20 Ma). Esta última unidad es roca de caja de parte de la mineralización del yacimiento Can Can y, según Aguilar (1984), también la de La Coipa. Sobreyaciendo a ésta, se dispone parte del complejo volcánico Cerros Bravos-Maricunga (Muñoz¹), formado por lavas y piroclastos posteriores al evento de alteración y mineralización. Depósitos de gravas e ignimbritas pertenecientes a la Formación San Andrés (Clark *et al.*, 1967) corresponden a los depósitos más recientes de la región.

Los intrusivos más antiguos consisten en granitoides del Paleozoico Superior que afloran en la parte noreste y sureste del área. Afloramientos de pórfidos tonalíticos, domos dacíticos y andesíticos con algunos 'sills', que están relacionados al volcanismo terciario, ocurren en las inmediaciones de los yacimientos Can Can y La Coipa.

Las estructuras más importantes corresponden a fallas inversas NNE-SSW, que limitan una serie de 'horsts' y 'grabens'; un segundo sistema de fallas se orientan en dirección noreste-suroeste y norte-sur. El yacimiento Can Can se encuentra en uno de los bloques elevados limitados por fallas inversas y está asociado directamente con una falla normal de dirección noreste-suroeste.

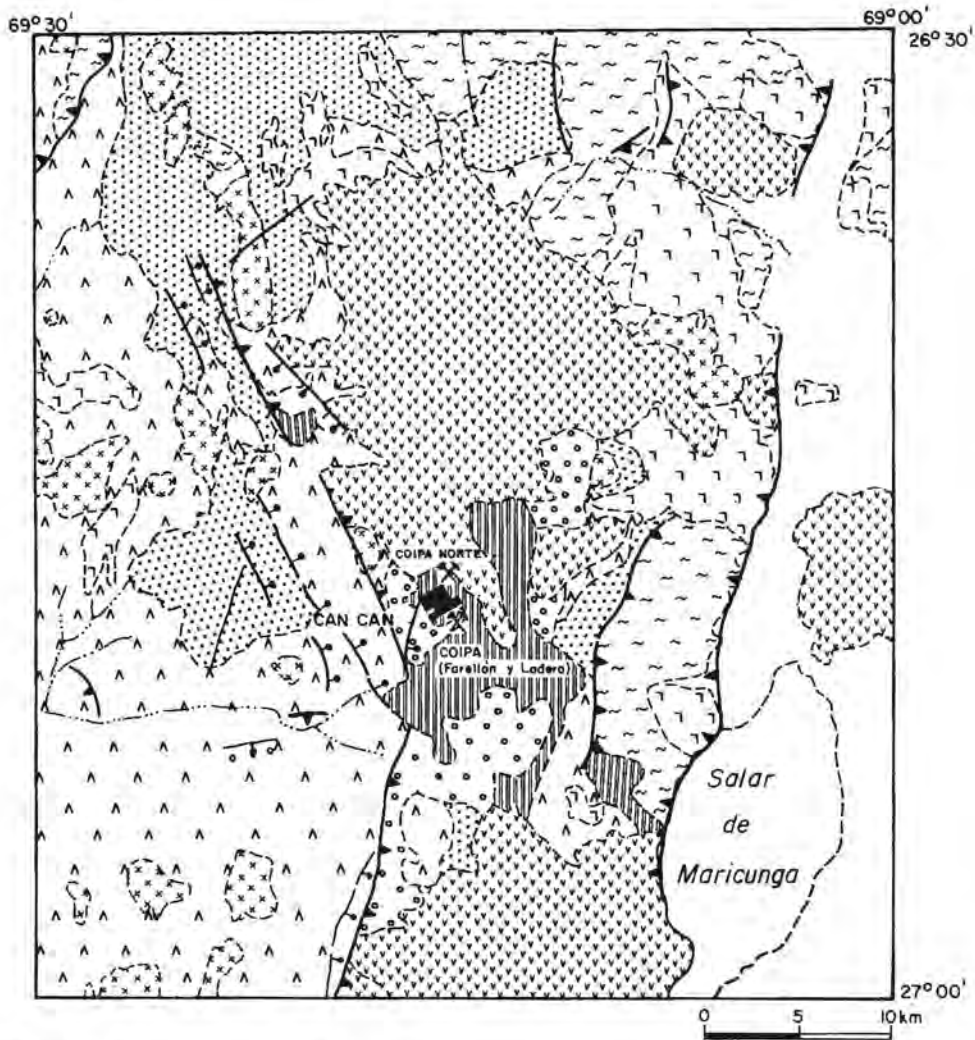
EL YACIMIENTO CAN CAN

GEOLOGÍA

Las principales unidades geológicas que afloran en el área del yacimiento Can Can y sirven como roca

huésped a la alteración hidrotermal y a la mineralización de oro y plata, corresponden a lutitas, areniscas y conglomerados triásicos y a rocas volcánoclasticas subhorizontales del Oligoceno superior a Mioceno

¹ 1984. Geología de la Hoja Salar de Maricunga (1:100.000). Informe de Avance de la Hoja El Salvador, Región de Atacama, Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería (Inédito), 64 p. En Biblioteca Sernageomin, Santiago.















	CUATERNARIO	Aluvio
	MIOCENO SUPERIOR	Gravas e ignimbritas (Formación San Andrés)
	MIOCENO	Flujos volcánicos dacíticos y andesíticos (Complejo Volcánico Cerros Bravos-Maricunga)
	OLIGOCENO SUPERIOR-MIOCENO INFERIOR	Domos, brechas y tobas dacíticas
	PALEOCENO	Pórfido tonalítico
	CRETACICO	Flujos volcánicos andesíticos y areniscas rojas (formaciones Quebrada Monardes Y Quebrada Seca)
	JURASICO	Calizas y flujos andesíticos (Formación Lautaro)
	TRIASICO	Lutitas, areniscas y conglomerados (Formación La Ternera)
	PALEOZOICO	Volcanitas, sedimentos clásticos y granitoides (formaciones Pantanoso y Chinchos)
	Fallas Inversas	
	Fallas normales	
	Proyecto Can Can	

FIG. 2. Marco geológico regional del área de la Franja de Maricunga. Geología modificada de Aguilar (1984); Oviedo *et al.* (1991).

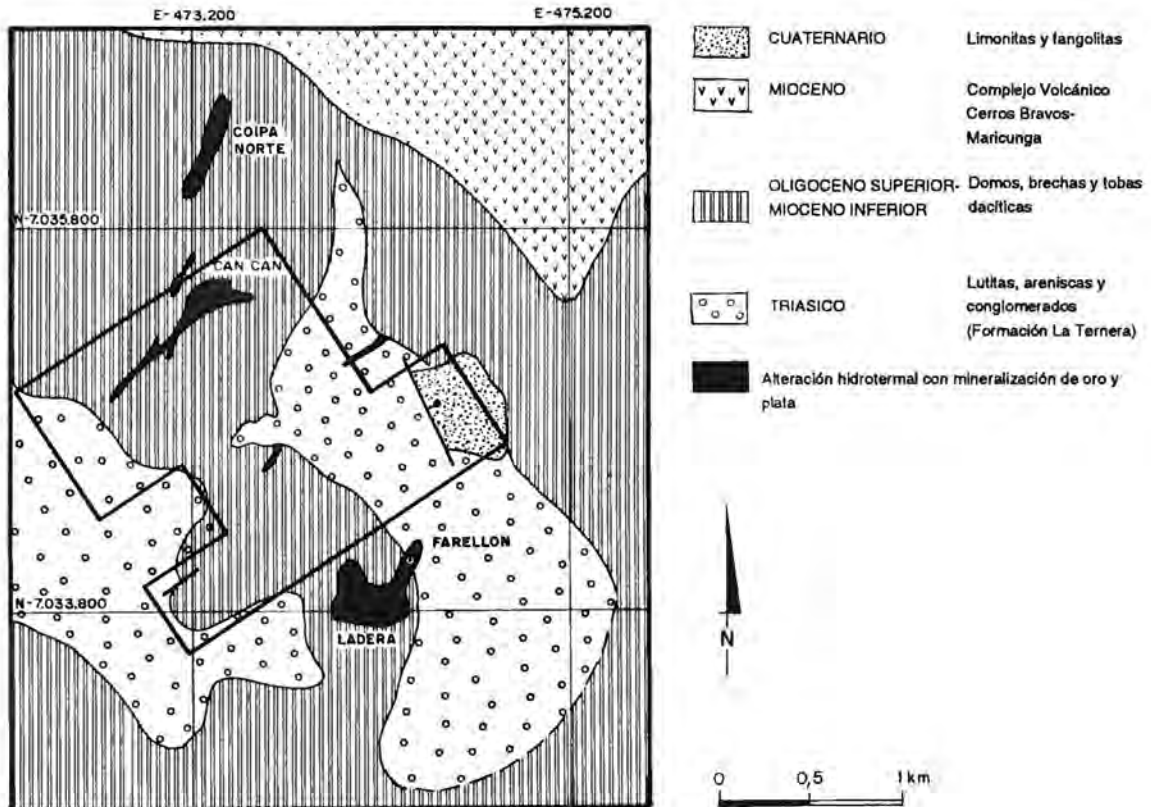


FIG. 3. Geología simplificada del distrito Can Can-Coipa

inferior, que cubren, discordantemente, a las anteriores (Figs. 3-5).

En el área del yacimiento Can Can, el Triásico está representado por dos niveles. El inferior corresponde a una secuencia de más de 200 m de lutitas negras, carbonosas, muy fisibles, con restos de flora fósil y constituida, principalmente, por fragmentos de grano muy fino de cuarzo y feldespato. Las lutitas presentan intercalaciones de hasta 70 cm de espesor de areniscas de grano fino, grises, compuestas por fragmentos de cuarzo y feldespatos; contienen pirita y trazas de cobre singenético, las que se presentan en finos niveles interestratificados, indicando una depositación en ambiente reductor. Sobre las lutitas se dispone un nivel superior de 50 m de areniscas conglomerádicas grises, constituidas por fragmentos de cuarzo y feldespatos, cuya matriz presenta, generalmente, argilización incipiente y pirita singenética. Hacia su base, las areniscas contienen intercalaciones de lutitas negras. En el área de Can

Can, la base de esta formación no ha sido reconocida, mientras que el techo del nivel superior (areniscas y conglomerados) corresponde a la discordancia de erosión y angular entre esta unidad y las rocas terciarias.

Las rocas terciarias en el área de La Coipa-Can Can corresponden, predominantemente, a rocas volcanoclásticas dacíticas. Dataciones K-Ar en cuerpos subvolcánicos y niveles volcanoclásticos, asociados al yacimiento La Coipa indican edades de $25,1 \pm 0,8$ Ma y $20,4 \pm 1,1$ Ma (Oligoceno superior - Mioceno inferior; Oviedo *et al.*, 1991) que coinciden con las dataciones $23,1 \pm 0,8$ y $22,3 \pm 0,8$ Ma, determinadas por Zentilli (1974) en cuerpos subvolcánicos. En el depósito Can Can, esta unidad se separó en tres subunidades que, de arriba hacia abajo, corresponden a: 1. Tobas líticas, dacíticas, y brechas con clastos y pómez de hasta 25 cm de diámetro, en una matriz pulverulenta de grano fino de color pardo claro, con un espesor máximo de 100 m;

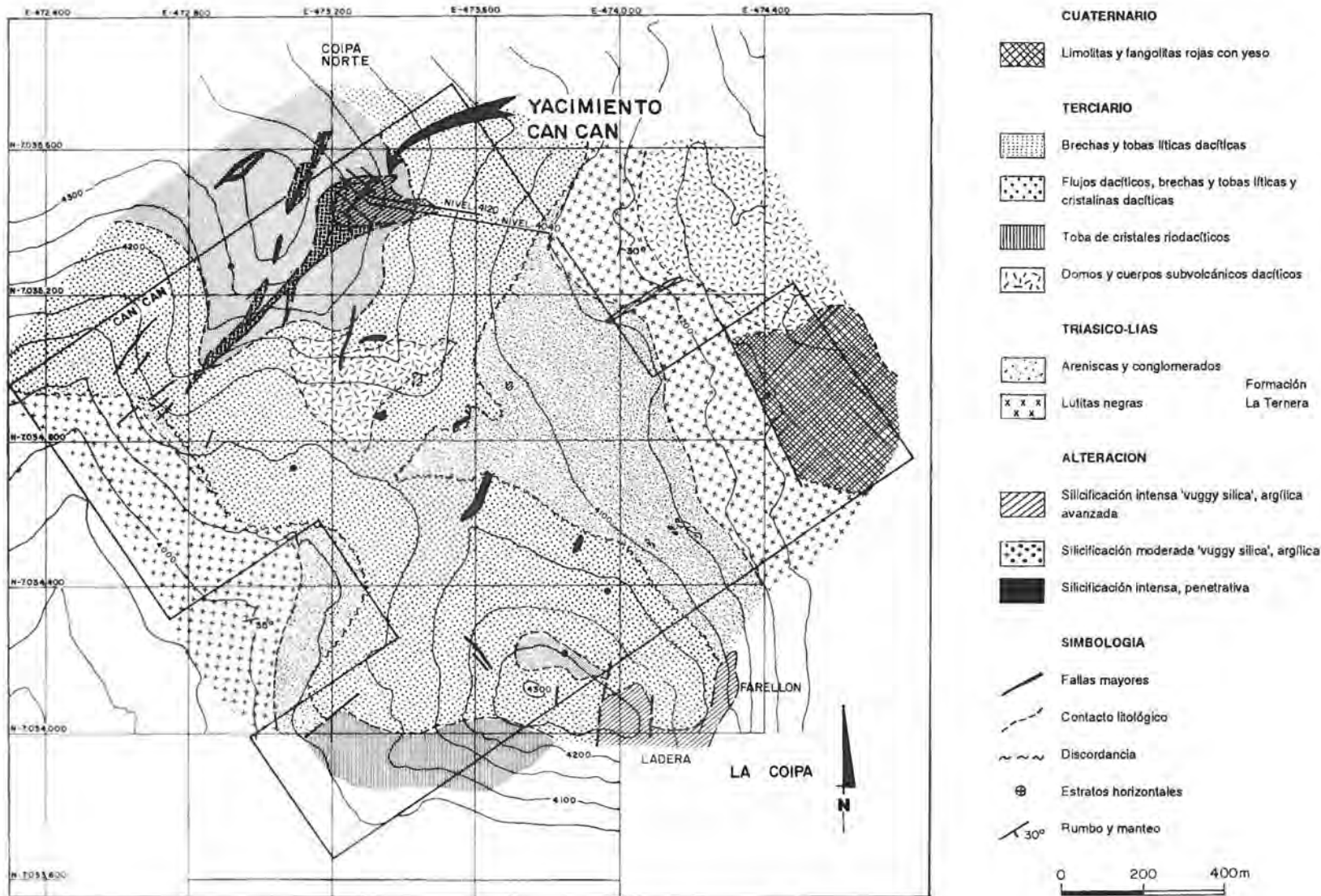


FIG. 4. Geología del área del yacimiento Can Can.



FIG. 5. Vista general del cerro Can Can, observándose en la parte superior (zona blanca) la unidad volcánoclastica terciaria e inmediatamente abajo, rocas pertenecientes al basamento triásico.



FIG.6. 'Stockwork' de vetas de sílice negra con sutura central de alunita, en lutitas.



FIG. 7. Zona de brechas. Se observan, en la parte inferior, brecha asociada a estructura preexistente y, en la parte superior, asociada a la estratificación de las lutitas.

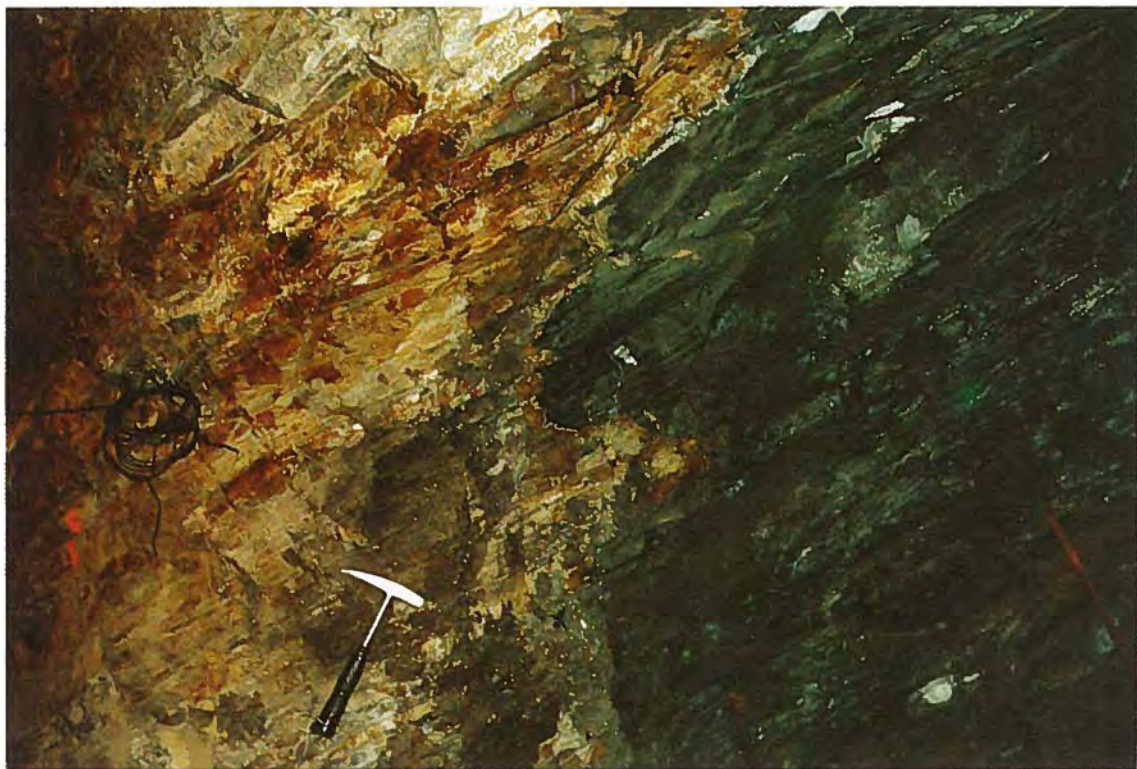


FIG. 8. Zona blanqueada del nivel lutítico, con alteración y limonitización incipiente, que adquiere, parcialmente, forma mantiforme.

2. Tobs dacíticas de cristales y líticas con pómez de hasta 7 cm de diámetro, brechas dacíticas y domos dacíticos de textura porfídica, con ojos de cuarzo, y fenocristales de biotita, que afloran en la parte central de la propiedad; 3. Toba de cristales de composición riódacítica.

En Portezuelo Codocedo, al este del yacimiento

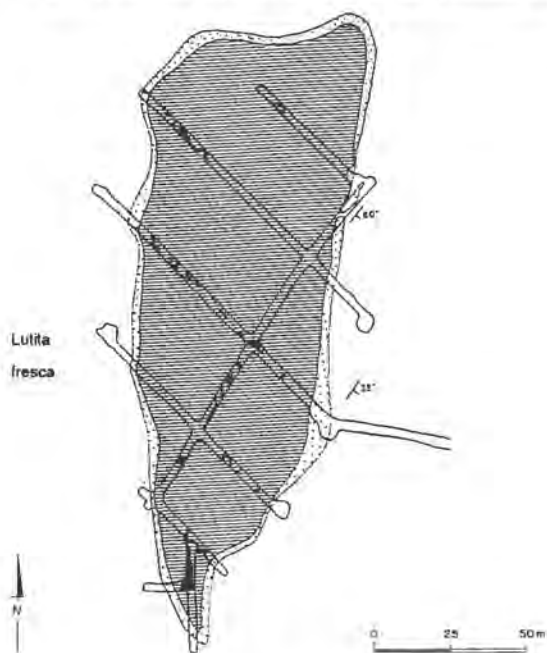
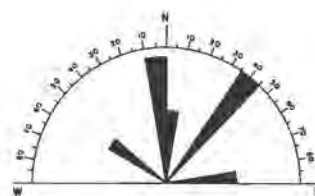


FIG. 9. Alteración y orientación de las estructuras mineralizadas del Nivel 4040 de Can Can.
n = 110




ESTRUCTURA

Las rocas triásicas que constituyen la roca huésped de la mineralización epitermal de Au-Ag de algunos yacimientos de la Franja de Maricunga (Esperanza, Coipa Norte, Can Can, La Coipa), se encuentran afectadas por fallas inversas de rumbo variable, pero con tendencia NNE-SSW. El yacimiento Can Can se encuentra ubicado entre los yacimientos La Coipa (Farellón-Ladera) y Coipa Norte (Fig. 3), alineados en dirección norte-sur, en la intersección con una falla de dirección noreste. En la superficie del yacimiento Can Can, las principales zonas silicificadas están espacialmente asociadas a fallas y fracturas de dirección noreste y algunas norte-sur (Fig. 4). La mayor de ellas, de dirección N45°E y corrida de 1 km, aproximadamente, se

Can Can, existen varios depósitos de azufre asociados a las rocas volcánicas del Mioceno inferior. Estos depósitos, que se encuentran aproximadamente a 100 m sobre el nivel actual de la superficie del yacimiento Can Can, evidencian la actividad hidrotermal asociada al volcanismo mioceno.



Orientación de las estructuras mineralizadas en unidad triásica (lutitas)

-  Zona blanqueada: remoción de pirita y grafito, con silicificación incipiente
-  Zona silicificada: silicificación moderada a fuerte, con alunita, limonita
-  Zona de brecha: brechas hidrotermales, con silicificación intensa

ubica en la parte norte, y se caracteriza por presentar silicificación penetrativa. En su extremo suroccidental presenta valores muy altos en Ag, y en su extremo nororiental, alta porosidad ('vuggy silica'). Esta última zona corresponde a la expresión de superficie del yacimiento Can Can y está rodeada por rocas afectadas por alteración argílica (y/o argílica avanzada). Asimismo, ella es interceptada por otras fallas de dirección norte-sur, en las cercanías de las cuales las rocas están intensamente lixiviadas.

En los túneles de exploración, desarrollados en el Nivel 4.040 y el 4.120 (Figs. 9, 10), se reconocieron fallas, un 'stockwork' de vetas de sílice negra con alunita (Fig. 6) y brechas hidrotermales (Fig. 7). Las fallas se caracterizan por zonas fracturadas en parte asociadas con limonita. Las vetas de sílice negra son porosas, con trazas de pirita y una sutura central de

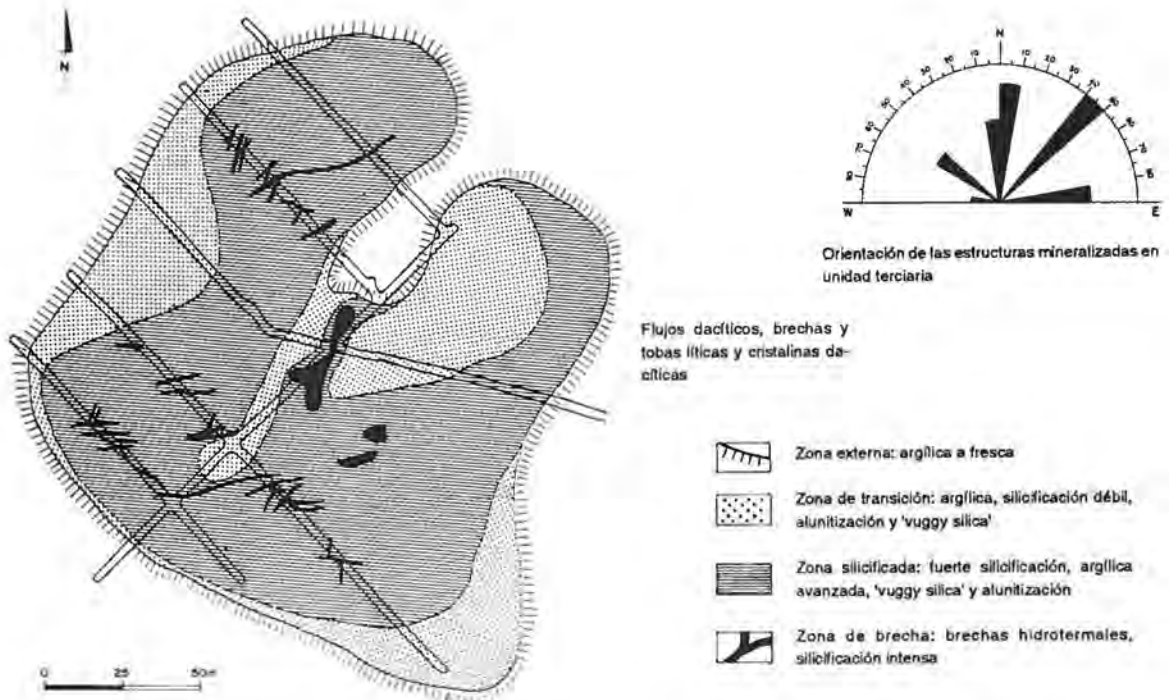


FIG. 10. Alteración y orientación de las estructuras mineralizadas del Nivel 4120 del yacimiento Can Can.
n = 79

alunita y/o natroalunita; alcanzan hasta 8 cm de ancho y algunos metros de corrida, formando un 'stockwork' de aproximadamente dos vetas por metro, cuyo mejor desarrollo se observa en el Nivel 4.040 (Fig. 6). Las fallas y vetas de sílice negra se formaron en una etapa temprana y presentan una tendencia principal noreste y otra norte-sur. Las

brechas hidrotermales, formadas en una etapa posterior, cortan las fallas y el 'stockwork' y corresponden a cuerpos irregulares, formados por clastos fuertemente silicificados, con escasa pirita, en una matriz porosa compuesta por sílice de grano fino, limonita y alunita deleznable.

ALTERACION Y MINERALIZACION

En los afloramientos de superficie (Fig. 4), se han definido tres tipos o asociaciones de alteración hidrotermal: 1. Silicificación intensa con argilización avanzada y 'vuggy silica' (sílice residual porosa), asociada a fallas y brechas hidrotermales, a la que se asocian los valores anómalos de Au-Ag de interés, que fluctúan entre 0,5 y 2,5 ppm Au (aunque hay valores en vetas de sílice de hasta 65 ppm) y entre 5 y 45 ppm Ag; 2. Silicificación moderada con argilización y 'vuggy silica' y mineralización de Au-Ag incipiente, <0,1 ppm Au y <5 ppm de plata; y 3.

Silicificación intensa que reemplaza completamente la roca original y no presenta valores de oro y plata. Las variaciones de la alteración en intensidad y mineralogía dependen del tipo litológico que las alberga. La zona de alteración hidrotermal relacionada directamente con el yacimiento Can Can tiene una forma semicircular, elongada oeste-este en superficie (Fig. 4), y, en profundidad, una forma de cono invertido, levemente inclinado hacia el este (Fig. 11).

La edad de esta alteración y mineralización se estima similar a la del yacimiento La Coipa, donde

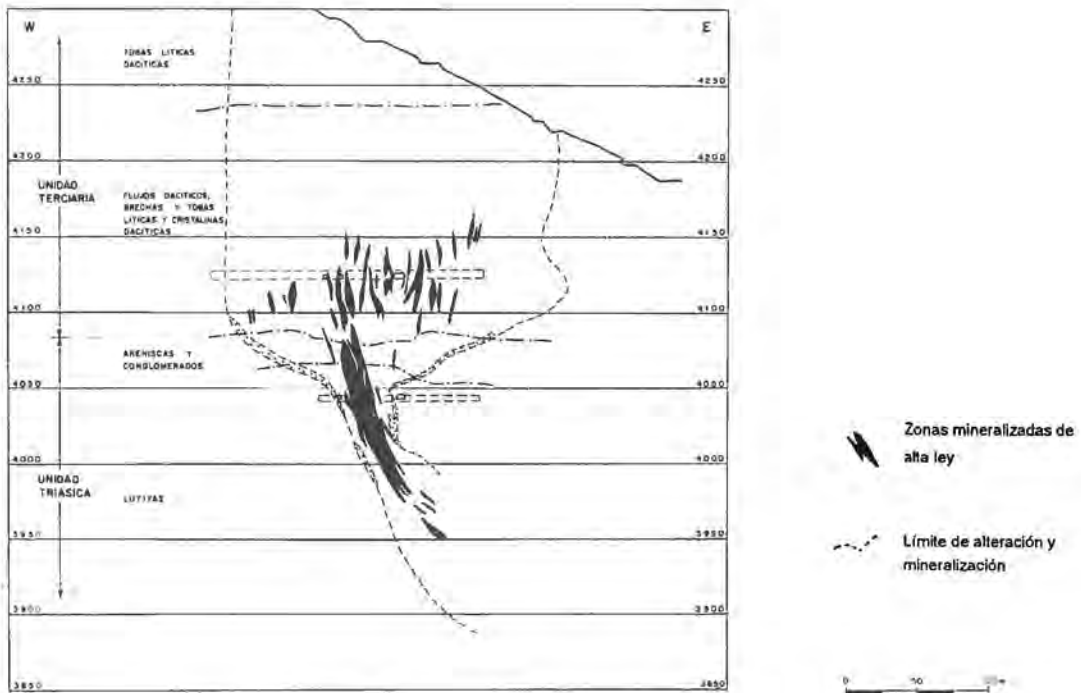


FIG. 11. Geología y alteración del yacimiento Can Can. Sección 5.

tiene entre 22 y 23 Ma, de acuerdo a dataciones K-Ar (Oviedo *et al.*, 1991), lo que corresponde a la parte occidental de la Franja Maricunga (Sillitoe *et al.*, 1991).

Según la clasificación de depósitos epitermales de metales preciosos descrita por Heald *et al.* (1987), Can Can corresponde a un yacimiento epitermal de oro-plata del tipo ácido-sulfato.

La mineralización de oro-plata se distribuye en todo el cuerpo o cono invertido, afectado por alteración hidrotermal y mostrando una razón de Au-Ag muy alta ($> = 2/1$) en el Triásico y baja en la unidad volcanoclástica terciaria. La mineralogía reconocida en el cuerpo mineralizado corresponde a: alunita, natroalunita, caolinita, cuarzo, hematita, jarosita, yeso y, en menor proporción, pirita, enargita, cobre nativo, calcopirita, baritina, calcita y trazas de sericita. La mineralización económica corresponde a oro nativo, escaso electrum, haluros de plata como cerargirita (Ag_2C) >> embolita (AgClBr) >> yoderita (AgI) y escasa plata nativa (Dick *et al.*, 1990). Tanto las partículas

de oro como las de plata se presentan en forma libre y con una granulometría de grano fino del orden de 10 micrones. Ellas están asociadas directamente con limonitas (jarosita y hematita), sílice y, parcialmente, alunita hipógena (\pm natroalunita). El oro y la plata se presentan en forma libre y, ocasionalmente, encapsulados en sílice.

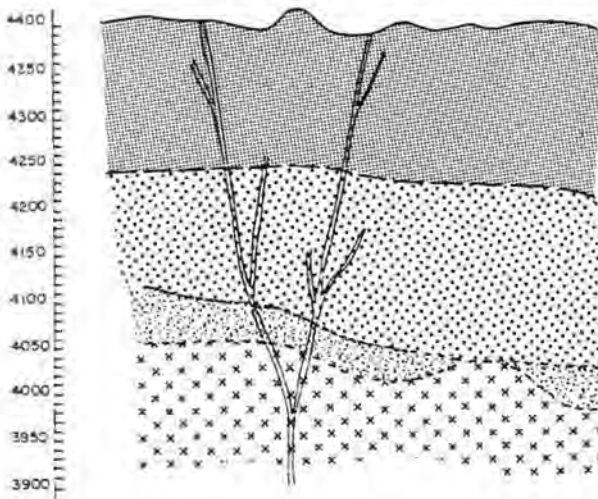
Mediante estudios de inclusiones fluidas en cuarzo (B. Townley²), se determinó un intervalo de temperaturas de homogenización entre 200° y 300°C con salinidades (NaCl) entre 1 y 40%. Se estima que la depositación del oro y la plata ocurrió en ese intervalo de temperatura.

ALTERACION Y MINERALIZACION EN LAS LUTITAS TRIASICAS

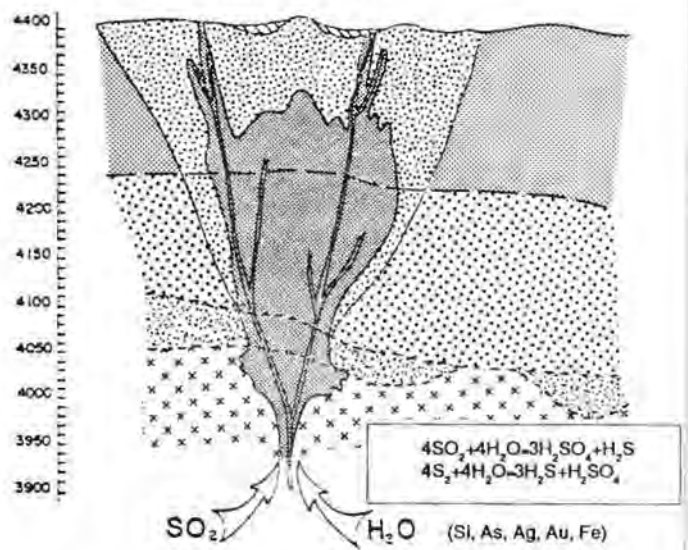
El Nivel 4.040 fue excavado en rocas triásicas, donde la alteración afecta a un sector de las lutitas

²1991. Petrografía de inclusiones fluidas en el sistema epitermal de Au-Ag Can Can. Proyecto III (Informe Inédito). Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago.

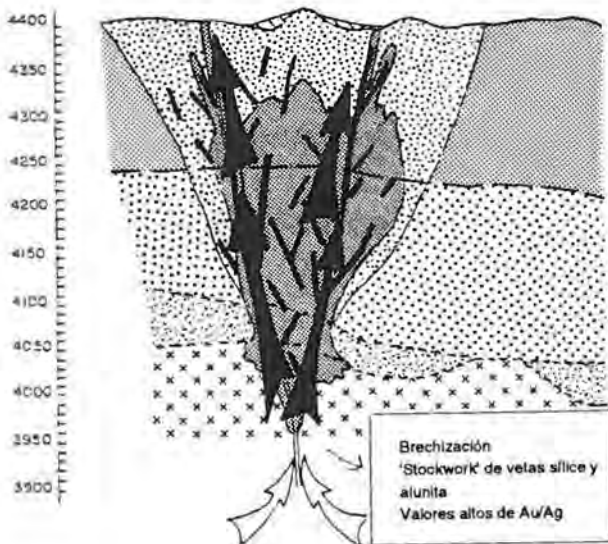
A PREPARACION ESTRUCTURAL



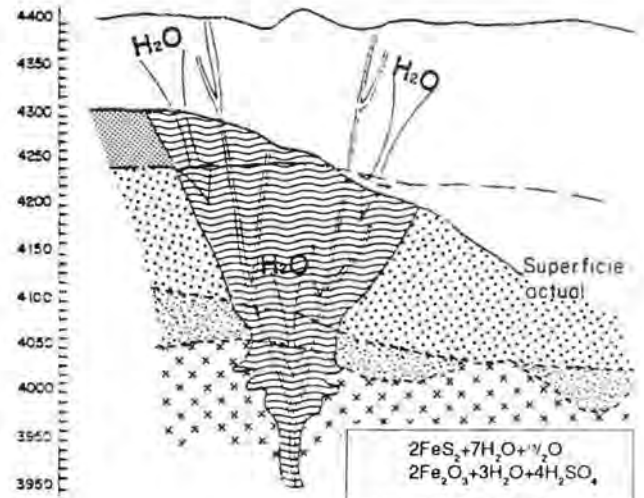
B ETAPA HIDROTHERMAL PRINCIPAL ALTERACION ACIDO-SULFATO



C ETAPA HIDROTHERMAL TARDIA SILICIFICACION Y BRECHIZACION



D ALTERACION SUPERGENA EROSION



Litología	
	Calcedonia y azufre nativo
	Brechas y tobas ílficas dacíticas
	Lavas dacíticas, brechas y tobas ílficas y cristalinas dacíticas
	a: Areniscas, conglomerados
	b: Lutitas negras

OLIGOCENO SUPERIOR-
MIOCENO INFERIOR

TRIÁSICO
Formación
La Ternera

Alteración	
	Argilización
	'Vuggy sílice' (sílice residual porosa)
	Silicificación
	Limonización y alunización

FIG. 12. Modelo genético para el yacimiento Can Can.

originando un cuerpo ovalado y alargado, norte-sur, que se acuña hacia abajo e inclina al este. Dentro de este cuerpo se reconocen tres zonas (Fig.9):

1. Zona blanqueada; corresponde al margen del cuerpo mineralizado y se caracteriza por la remoción casi completa de la pirita y grafito de la roca fresca, cambiando el color de negro a gris, silicificación incipiente y limonita que aparecen en los niveles más porosos junto a trazas de alunita (Fig. 8). En esta zona se presentan pequeñas cantidades de cobre (calcosina, chalcantita, enargita, cobre nativo y calcopirita), como producto de la remobilización del cobre asociado a la pirita singénica en las lutitas por medio de las soluciones hidrotermales. La mineralización de Au-Ag se presenta en pequeña cantidad (< 0,5 ppm Au y < 3 ppm Ag).

2. Zona silicificada; corresponde a la zona mineralizada principal, caracterizada por silicificación moderada a fuerte y alunitización (incluyendo natroalunita) que alcanza hasta un 10% en volumen de la roca. De la roca original se ha lixiviado totalmente el material carbonoso, la pirita y los feldspatos. La alunita se presenta en forma maciza y en lentes de alunita hipógena, con cristales bien desarrollados. Una segunda generación de alunita supérgena rellena espacios abiertos productos de la lixiviación ácida tardía. Limonita, jarosita y hematita, también son abundantes en esta zona silicificada, especialmente en áreas muy fracturadas, porosas y brechosas. La mineralización de Au-Ag presenta valores de interés económico (de 5-35 ppm Au y 15-45 ppm Ag).

3. Zona de brechas; formada por cuerpos irregulares de brechas hidrotermales, caracterizadas por una fuerte silicificación de los clastos lutíticos cementados por una matriz porosa parcialmente rellena con material pulverulento constituido por natroalunita, alunita, jarosita y cuarzo (Fig. 7). Estas brechas presentan las concentraciones más altas de oro y plata (25-210 ppm Au y 20-85 ppm Ag). Asimismo, en este grupo se incluye el 'stockwork' de vetas de sílice con sutura central de alunita (y natroalunita como en la zona anterior) que, junto a las brechas hidrotermales, están cortando la zona de silicificación del punto 2 anterior.

En los bordes del cuerpo mineralizado se reconoce un halo de cobre (calcosina) y trazas de enargita relacionados exclusivamente con las lutitas de la unidad triásica. Este cobre se habría formado singénicamente en las lutitas y remobilizado por las soluciones hidrotermales. Asimismo, en el cuerpo

alterado se presentan trazas de calcosina, enargita, esfalerita, calcopirita, bornita, cinabrio y arsenopirita, los que se encuentran diseminados y asociados a sílice y limonita.

ALTERACION Y MINERALIZACION EN LAS ROCAS VOLCANOCLASTICAS DEL OLIGOCENO SUPERIOR-MIOCENO INFERIOR

El Nivel 4.120 corta al nivel intermedio de la unidad volcánoclastica terciaria (flujos dacíticos, brechas y tobas líticas y cristalinas dacíticas). En este nivel, la alteración hidrotermal principal presenta una forma aproximadamente circular y afecta un mayor volumen de roca que en la unidad triásica (Fig. 11). La alteración hidrotermal en el Nivel 4.120 presenta una zonación que desde los márgenes hacia el centro, incluye (Fig.10):

1. Zona externa; rodea al cuerpo mineralizado y se caracteriza por una alteración argílica incipiente a fresca, con valores bajo el límite de detección de Au-Ag, aunque con trazas en algunas estructuras menores de dirección noreste-suroeste y este-oeste.

2. Zona de transición; ubicada adyacente a la zona anterior, con argilización (caolinita), alunita y trazas de sílice. La porosidad, producto de la lixiviación de fragmentos líticos y cristalinos de las tobas, es incipiente y asociada a los niveles piroclásticos más gruesos. Los valores de Au y Ag son bajos (<0,5 ppm Au y < 15 ppm Ag).

3. Zona silicificada; fuerte porosidad y silicificación intensa, caolinita y alunita. En esta zona incluye valores de oro y plata económicamente importantes (0,5-30 ppm Au y 10-120 ppm Ag).

4. Zona de brechas; corresponde a la alteración de los cuerpos irregulares de brechas hidrotermales, con clastos intensamente silicificados, en una matriz porosa parcialmente rellena de alunita, sílice y limonitas. En esta zona se presentan las leyes más altas, para este nivel de rocas volcánoclasticas, variando entre 25 y 45 ppm Au y entre 35 y 250 ppm Ag.

PROCESOS DE ALTERACION Y MINERALIZACION

Basado en las relaciones de alteración hidrotermal-mineralogía, se detectaron por lo menos dos etapas principales de alteración (Cecioni y Dick, 1991), y se propone aquí un modelo genético que se ilustra en la figura 12. La etapa hidrotermal principal

o fase temprana, se caracteriza por soluciones hidrotermales ascendentes, ricas en gases de H_2S , con un pH de 2-3 (Browne, 1987). Estas soluciones produjeron silicificación, especialmente en las lutitas y en el contacto con el nivel freático; en los niveles volcánoclasticos superiores, las soluciones se oxidan formándose H_2SO_4 . Estas soluciones extremadamente ácidas produjeron una fuerte lixiviación ('vuggy silica'), silicificación y alteración argílica avanzada. En esta etapa se habría depositado calcedonia en las partes altas del sistema (ya erosionadas en el área del yacimiento Can Can, pero evidente hacia el sureste) y sílice-alunita, yeso y trazas de baritina como relleno de fracturas, en las partes bajas. La alteración se expande macizamente en la unidad volcánoclastica terciaria (más porosa), siendo más restringida en las lutitas triásicas, donde sigue, localmente, la estratificación. El cuerpo adquiere una forma de embudo inclinado al este (Fig.

11) y levemente hacia el noreste.

La etapa hidrotermal tardía está representada por el ascenso de fluidos que dieron origen al 'stockwork' de vetas de sílice con alunita; inmediatamente después, fluidos ricos en gases formaron las brechas hidrotermales con matriz porosa. Las brechas se formaron a lo largo de estructuras preexistentes y se expanden en algunos niveles lutíticos, dando origen a brechas mantiformes con clastos fuertemente silicificados y escasa matriz porosa, parcialmente constituida por cuarzo, alunita, jarosita y hematita. En estas brechas se encuentran los valores más altos de Au y Ag.

Posteriormente a estas dos fases de alteración, se produce la infiltración de aguas meteóricas, formando una alteración supérgena, caracterizada por la presencia de limonitas (principalmente por la oxidación de los sulfuros singenéticos), alunita supérgena, yeso, arcillas y sulfatos.

CONCLUSIONES

1. El yacimiento Can Can y otros yacimientos y prospectos (Esperanza, Coipa Norte, La Coipa, Torito, La Pepa, Soledad) de la Franja de Maricunga se emplazan en unidades triásicas y terciarias que se encuentran afectadas por fallas inversas. En el caso de Can Can, la alteración y mineralización se emplazan en lutitas y areniscas conglomerádicas del Triásico y en lavas, brechas y tobas líticas y de cristales dacíticos del Oligoceno superior-Mioceno inferior.
2. Can Can corresponde a un yacimiento epitermal de Au-Ag del tipo ácido-sulfato, en el cual se reconocen dos eventos principales de alteración y mineralización: a. Durante la fase temprana, soluciones ácidas ascendieron lixiviando las rocas, especialmente las tobas del Mioceno inferior, removiendo el K, Na y Ca y dejando un residuo de sílice amorfa; el pH y el estado de oxidación varió a medida que la solución ascendía, modificando la solubilidad del oro y la plata, lo cual resultó en su precipitación; b. Fase tardía: se caracteriza por la formación de vetas de cuarzo-alunita ('stockwork') seguido de una brechización explosiva, con clastos silíceos y

matriz de alunita-sílice-limonita; esta fase está acompañada por concentraciones altas de Au-Ag.

3. Posteriormente a estas dos fases se produjo percolación de aguas meteóricas, oxidando todo el cuerpo desde la cota de 4.350 hasta 3.800 m s.n.m. sin que se tenga conocida aún su base.
4. Las zonas de altas leyes (> 25 g/T de oro y > 35 g/T de plata) están asociadas principalmente a brechas hidrotermales y vetas de sílice-alunita en los niveles de lutitas, areniscas y conglomerados triásicos.
5. La mineralización corresponde a oro nativo (>> electrum) y cerargirita (>> Ag nativa) asociados a sílice y limonitas >> alunita. Se encuentran menores cantidades de embolita y yoderita. Rodeando al cuerpo alterado y mineralizado, en las lutitas triásicas (zona blanqueda), se presenta un halo no mayor que 1,5 m de cobre con calcosina, chalcantita, enargita, cobre nativo y calcopirita; el cobre habría estado presente en las lutitas y habría sido removido por las soluciones hidrotermales que lo depositaron en el borde externo del área alterada.

AGRADECIMIENTOS

A Chevron Minera Corporation of Chile por permitir la publicación de este artículo y a los geólogos que participaron en el estudio y evaluación del yacimiento Can Can. Asimismo, al personal que trabajó en el Proyecto, cumpliendo una incondicio-

nal y excelente labor. Los autores desean, también, expresar su reconocimiento a los geólogos F. Camus (CODELCO), V. MaksaeV, C. Mpodozis y P. Cornejo (SERNAGEOMIN) por sus valiosas sugerencias, las que contribuyeron a mejorar el manuscrito.

REFERENCIAS

- Aguilar, A. 1984. Geología de los Cuadrángulos Cerro Vicuña y Salar de Maricunga, III Región, Atacama. Memoria de Título (Inédito), *Universidad Católica del Norte*, 150 p. Antofagasta, Chile.
- Browne, P. 1987. Hydrothermal alteration processes and their recognition. In Precongress workshop notes (Mineralization and volcanicity); *Pacific Rim Congress, University of Queensland*, p. 98-148. Auckland, New Zealand.
- Brüggen, J. 1917. Informe sobre el carbón de La Ternera (Copiapó). *Sociedad Nacional de Minería, Boletín*, No. 29, Serie 3, p. 486-496. Santiago.
- Cecioni, A.J.; Dick, L. 1991. Geología del yacimiento Can Can, Distrito de Maricunga, Región de Atacama, Chile. *In Congreso Geológico Chileno, No. 6, Actas*, Vol. 1, p. 697-699.
- Clark, A.H.; Mayer, A.E.S.; Mortimer, C.; Sillitoe, R.H.; Cooke, R.U.; Snelling, N.J. 1967. Implications of the isotopic ages of ignimbrite flows, Southern Atacama Desert, Chile. *Nature*, Vol. 215, No. 5102, p. 723-724.
- Dick, L.; Cecioni, A.; Téllez, C. 1990. Can Can epithermal acid-sulfate Au-Ag Deposit, Maricunga District, Chile. *In Joint Annual Meeting of the Geological Association of Canada and Mineralogical Association of Canada, Abstracts*, Vol. 15, p. 32.
- Heald, P.; Foley, N.; Hayba, D. 1987. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: acid sulfate and adularia-sericite types. *Economic Geology, Bulletin*, Vol. 82, No. 1, p. 1-26.
- Mercado, M. 1982. Hoja Laguna del Negro Francisco. Región de Atacama. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile 1:100.000*, No. 56, 73 p. Santiago.
- Oviedo, L.; Fuster, N.; Tschischow, N.; Ribba, L.; Zuccone, A.; Grez, E.; Aguilar, A. 1991. General geology of La Coipa, precious metal deposit, Atacama, Chile. *Economic Geology*, Vol. 86, No. 6, p. 1287-1300.
- Segerstrom, K. 1959. Cuadrángulo Los Loros, Provincia de Atacama. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile*, No. 1, 32 p. Santiago.
- Sillitoe, R.H.; Mckee, E.; Vila, T. 1991. Reconnaissance geochronology of the Maricunga gold-silver Belt, Northern Chile. *Economic Geology*, Vol. 86, p. 1261-1270.
- Vila, T.; Sillitoe, R.H. 1991. Gold-rich porphyry systems in the Maricunga Belt, Northern Chile. *Economic Geology*, Vol. 86, No. 6, p. 1238-1260.
- Zentilli, M. 1974. Geological evolution and metallogenetic relationship in the Andes of Northern Chile between 26° and 29° lat. south. Ph.D. Thesis (Unpublished). *Queen's University*, 446 p. Kingston, Canada.