

GEOLOGIA Y YACIMIENTOS METALICOS DEL DISTRITO TALCUNA, IV REGION DE COQUIMBO

R. BORIC P.

Servicio Nacional de Geología y Minería, Casilla 1347, Santiago, Chile.

RESUMEN

En el distrito minero Talcuna, 35 km al este de La Serena, afloran rocas volcánicas y sedimentarias, de la Formación Quebrada Marquesa (Neocomiano superior - Aptiano), plegadas en un amplio anticlinal de rumbo norte-sur, y afectadas por numerosas fallas normales de rumbo NS-N40° W. En esas rocas se encajan mantos y vetas de sulfuros de cobre, con contenidos menores de plata y un manto con minerales de manganeso.

Los mantos de cobre se localizan en dos niveles de la Formación Quebrada Marquesa: el Manto Talcuna (areniscas y tobas de lapilli) y el Manto Delirio (andesitas amigdaloidales). Las vetas cupríferas corresponden a fallas menores y fracturas mineralizadas que cortan los diversos niveles de la formación.

En los yacimientos cupríferos, los minerales de mena más importantes son calcopirita y bornita, encontrándose, en forma subordinada, calcosina, galena, blenda y escasa pirita. El manto de manganeso sobreyace a los mantos cupríferos; está formado principalmente por braunite y forma parte de un horizonte mineralizado que se extiende por muchos kilómetros al sur del río Elqui.

Las rocas del distrito están débilmente alteradas a calcita, baritina, albita, ceolita (analcima, analcima-wairakita), epidota, prehnita, clorita, sericita y arcilla, minerales que, con excepción de los tres últimos, se encuentran relacionados con los sulfuros de mena en los mantos cupríferos. Esta asociación de minerales secundarios se interpreta como el producto de una débil alteración hidrotermal propilítica de carácter local, sobreimpuesta a un metamorfismo de carga de muy bajo grado.

Los diferentes yacimientos cupríferos del distrito Talcuna serían de tipo epigenético hidrotermal y se habrían formado a bajas temperaturas y cerca de la superficie. El cobre podría haber sido lixiviado de la secuencia volcánica neocomiana, durante el metamorfismo de carga, pero también es probable que provenga, al menos en parte, de fluidos hidrotermales relacionados con intrusivos del Cretácico Superior - Terciario inferior, que afloran en las cercanías. El manto de manganeso constituye, en cambio, un depósito singenético-sedimentario. El manganeso habría sido aportado por el volcanismo que generó la Formación Quebrada Marquesa y se habría concentrado y depositado en una cuenca lacustre.

ABSTRACT

Volcanic and sedimentary rocks of the Quebrada Marquesa Formation (Upper Neocomian-Aptian) crop out at the Talcuna mining district, 35 km east of La Serena. They are folded in a wide open anticline and affected by a number of normal faults striking NS to N40° W. These rocks host strata-bound and vein-type copper sulfide deposits, and a manganese-rich layer.

The strata-bound copper deposits are located at two levels of the Quebrada Marquesa Formation: 1) Manto Talcuna (sandstones and lapilli tuffs); 2) Manto Delirio (andesites). Copper veins correspond to minor mineralized faults and fractures which cut across different levels of the formation. Main ore minerals are chalcopyrite and bornite, subordinate chalcocite, sphalerite, and scarce pyrite. The manganese-rich layer overlies the copper deposits; it is mainly composed of braunite, and extends for several kilometers south of the Elqui river.

The host rocks are weakly altered to calcite, barite, albite, zeolite (analcime, analcime-wairakite), epidote, prehnite, chlorite, sericite, and clay. All these minerals (excepting the three latter ones) are also related to the copper mineralization; they are interpreted as the products of a weak propylitic hydrothermal alteration, superimposed on a very low-grade burial metamorphism. Copper could have been leached from the Neocomian volcanic sequence, but it is also probable that, at least part of it, could be related to hydrothermal fluids associated with the Upper Cretaceous-Tertiary intrusives which crop out in the neighborhood.

INTRODUCCION

El distrito minero de Talcuna se ubica en la Cordillera de la Costa de la Provincia de Elqui, IV Región de Coquimbo, 35 km al este de La Serena. Comprende una superficie rectangular de 4 km², cuyo centro tiene las coordenadas geográficas 29°53' Lat. S y 70°55' Long. W (Fig. 1).

Los yacimientos del distrito Talcuna son vetas y mantos de sulfuros de cobre, con contenidos menores de plata, los cuales se han trabajado desde el siglo pasado, en una docena de minas independientes. Al comienzo, la explotación se limitó a las vetas de mejor ley, pero, a partir de la década de los 60, con la construcción de cuatro pequeñas plantas de flotación, la producción aumentó considerablemente, alcanzando un máximo de 350 t/día y se centró en los mantos cupríferos. La producción total del distrito se calcula superior a 1.200.000 t de mineral, con leyes que han fluctuado entre 1,1 y 1,9% Cu y 15-18 gr/t Ag para los mantos y entre 3 y 12% Cu para las vetas. Las reservas potenciales del distrito se han estimado, como mínimo, en siete millones de toneladas con 1,5% Cu (Peebles, 1966) y como máximo, en quince millones de toneladas, con 1,5% Cu (Llaumett y Zeballos, 1975). En la actualidad, sólo se mantienen en operación las minas Andacollo y Delirio, con una producción conjunta de 250 t/día.

En el distrito Talcuna existe, además, un manto con mineralización de manganeso, sin mayor importancia económica y que ha sido escasamente explotado en un par de minas menores, actualmente paralizadas. Al sur del distrito, este mismo manto alcanza gran desarrollo y ha sido intensamente explotado en los distritos El Romero, La Liga, Arrayán y Fragua, que son los que poseen las mayores reservas de manganeso del país.

En Chile, los yacimientos tipo manto (o estratoligados) de sulfuros de cobre encajados en secuencias volcánicas con características similares a las del distrito Talcuna, son muy numerosos y, a partir de la segunda mitad del presente siglo, han alcanzado gran relevancia económica ocupando, en la actualidad, el segundo lugar en cuanto a producción de cobre, después de los pórfidos cupríferos.

La génesis de estos yacimientos ha suscitado controversias no resueltas del todo hasta la fecha. En la década de los 60, fueron globalmente clasificados como **singenéticos** (Ruiz *et al.*, 1965); o como **epigenéticos hidrotermales**, ligados a intrusivos (Carter, 1961). Sin embargo, con posterioridad, se ha establecido que estos yacimientos pueden agruparse en diferentes tipos y, consecuentemente, sus orígenes han sido interpretados de diversas maneras, entre otras, como **epigenéticos hidrotermales**, ligados a cuerpos subvolcánicos (depósito Cerro Negro, Espinosa, 1969; distrito Michilla, Espinoza, 1981, 1982); como producto de la **superimposición de procesos metamórficos e hidrotermales** (yacimiento Buena Esperanza, Losert, 1972; Palacios y Definis, 1981); como **volcanogénicos exhalativos subaéreos** (yacimientos Amolanas y Jardín, Lortie y Clarck, 1974); como **volcanogénicos submarinos** (distrito Punta El Cobre, Camus, 1980); como **volcanogénicos ligados a actividad fumarólica** (yacimiento Mantos Blancos, Chávez, 1983); o como **epigenéticos hidrotermales**, relacionados al decaimiento de la actividad volcánica ácida (yacimiento El Soldado, Holmgren, 1985). Por último, recientemente, Sato (1984a, b) ha postulado un origen **diagenético hidrotermal** o de **metamorfismo de carga**, para la mayoría de los depósitos tipo manto de Chile.

En este estudio se describen la litología, estructura, metamorfismo, alteración hidrotermal y los yacimientos metálicos presentes en el distrito Talcuna; se discute la génesis de estos depósitos y se hace una breve comparación con otros yacimientos de características similares.

El estudio del distrito Talcuna se efectuó en el período Septiembre 1981 - Marzo 1982, con Hisashi Kamono¹, gracias a un convenio entre JICA-CORFO-SERNAGEOMIN². La labor de terreno consistió en el mapeo del distrito (escala 1:2.500), de sus alrededores (1:25.000) y del interior de las minas Delirio y Andacollo (1:200). Conjuntamente, se estudiaron 23 cortes transparentes, 6 cortes pulidos, 99 difractogramas de Rayos X y se efectuaron 49 análisis químicos de mena.

¹ Geólogo de la Dow Mining Company, Tolyo, Japón.

² Japan International Cooperation Agency-Corporación de Fomento de la Producción-Servicio Nacional de Geología y Minería.

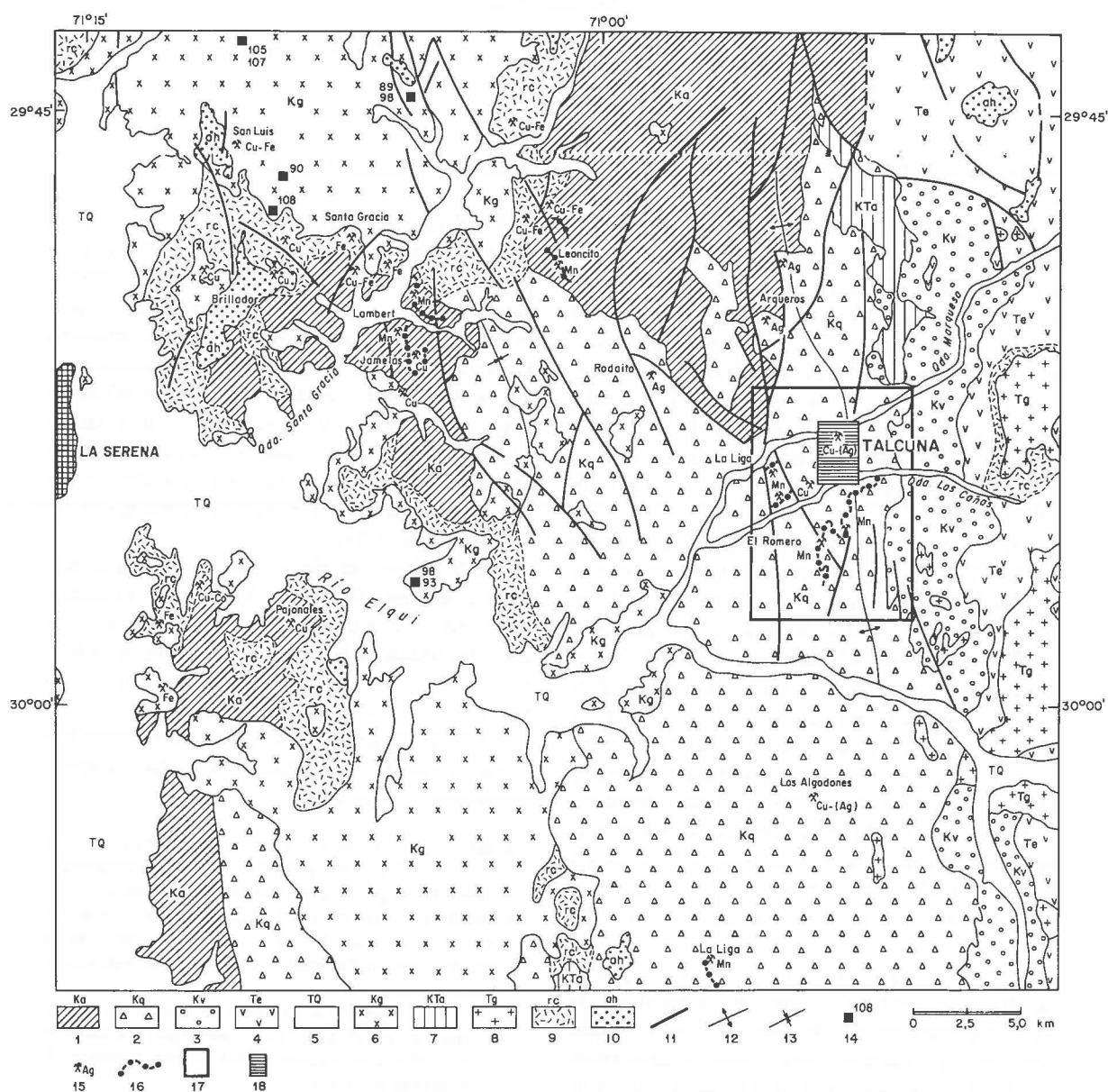


FIG. 1. Ubicación y marco geológico del distrito Talcuna (basado en Aguirre y Egert, 1965, 1970; Thomas, 1967; Moscoso *et al.*, 1982). 1. Formación Arqueros (Neocomiano); 2. Formación Quebrada Marquesa (Neocomiano superior-Albiano); 3. Formación Viñita (Cretácico Superior); 4. Formación Los Elquinos (Terciario inferior); 5. Sedimentos marinos y continentales (Mioceno-Cuaternario); 6. Granitoides del Cretácico Superior; 7. Intrusivos andesítico-basálticos (¿Cretácico Superior-Terciario inferior?); 8. Granitoides (¿Terciario inferior?); 9. Rocas córneas; 10. Zonas de alteración hidrotermal; 11. Fallas; 12. Anticlinal; 13. Sinclinal; 14. Datación K-Ar; 15. Distrito minero o yacimientos, con indicación de mena; 16. Horizontes con manganeso; 17. Ubicación de figura 2; 18. Ubicación distrito Talcuna (Fig. 3).

GEOLOGIA

A continuación se describirá tanto la litología de las rocas estratigráficas e intrusivas aflorantes

en el distrito Talcuna, como las estructuras que las afectan.

MARCO REGIONAL

Los yacimientos del distrito Talcuna están emplazados en la Formación Quebrada Marquesa. Esta unidad fue definida por Aguirre y Egert (1962) en el cuadrángulo homónimo, donde se ubica el distrito Talcuna y corresponde a una secuencia de lavas andesíticas y rocas epi y piroclásticas continentales, que cerca de su base presenta intercalaciones de areniscas calcáreas marinas. Por su contenido fosilífero y posición estratigráfica, se la ha asignado al Neocomiano superior - Aptiano (Aguirre y Egert, 1965).

De acuerdo con el esquema geotectónico de los Andes chilenos (Mpodozis, 1984), la Formación Quebrada Marquesa se habría generado en un dominio cercano a un arco magmático y, durante su depositación, se produjo la transición desde un ambiente marino-volcánico, representado por la Formación Arqueros, que la subyace, concordantemente, hacia un ambiente continental, representado por la Formación Viñita, que la sobreyace, en discordancia (Aguirre y Egert, 1965; Moscoso, 1984; Rivano, 1984). Estas tres unidades litoestratigráficas tienen amplia distribución en el Norte Chico de Chile, entre los 29° y 32° sur (Thomas, 1967; Moscoso *et al.*, 1982; Rivano y Sepúlveda, en prensa).

Intruyen a las formaciones Arqueros y Quebrada Marquesa, un batolito granítico a diorítico, del Cretácico Superior (K-Ar: 89-108 Ma) y pequeños "stocks" andesítico-basálticos y graníticos-granodioríticos asignados al Cretácico Superior-Terciario inferior; estos últimos intruyen, además a la Formación Viñita (Moscoso *et al.*, 1982; Chávez, 1974). Asociados a estas rocas intrusivas existen extensas zonas de rocas córneas y áreas afectadas por alteración hidrotermal.

ROCAS ESTRATIFICADAS

En el distrito Talcuna, la Formación Quebrada Marquesa está constituida por brechas, tobas de lapilli, andesitas, areniscas tobáceas y escasas intercalaciones de areniscas calcáreas y lutitas. Estas rocas se presentan bien estratificadas y conforman una secuencia de 500 m de espesor, sin base expuesta, formada por siete unidades litoestratigráficas de rango menor, concordantes entre sí y cubiertas, en discordancia, por la Formación Viñita, del Cretácico Superior (Fig. 2). Estas siete unidades continúan hacia el sur, hasta el distrito de manganeso El Romero (Figs. 2, 3).

En la figura 4 se presenta una columna estratigráfica esquemática de la Formación Quebrada Marquesa y se indican, además, las equivalencias entre las unidades litológicas observadas en Talcuna y los diferentes miembros en que Aguirre y Egert (1965) dividieron a la citada formación.

La columna generalizada de la Formación Quebrada Marquesa en Talcuna presenta las siguientes unidades, de techo a base:

Unidad 7 (50 m): andesitas porfídicas, grises, macizas, que cerca de su base presentan dos delgadas intercalaciones de conglomerados y areniscas volcánicas.

Unidad 6 (120 m): tobas de lapilli y areniscas tobáceas, con intercalaciones de lutitas y andesitas afaníticas. De acuerdo con su litología y su contenido metálico, se subdivide en:

6-1 (120 m): alternancia rítmica de tobas de lapilli y areniscas tobáceas, de color gris-rojizo, en capas de 10-100 cm de espesor. Escasas intercalaciones de andesitas afaníticas.

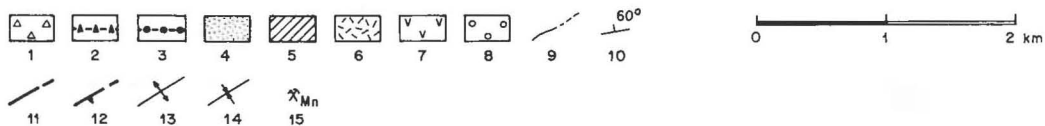
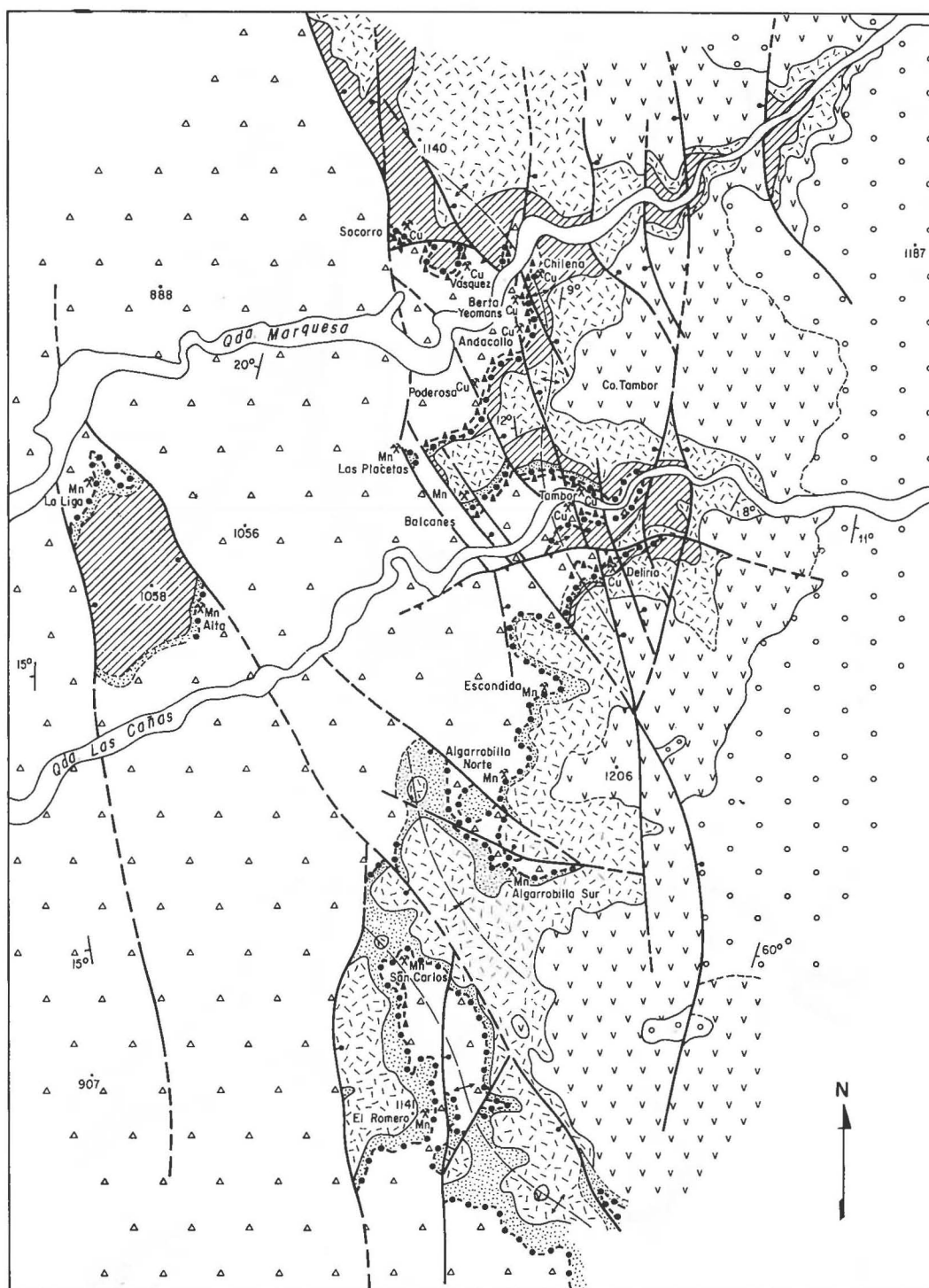
6-2 (0-25 m): nivel lenticular, similar a la Unidad 6-1, pero con débil mineralización de cobre (óxidos en superficie).

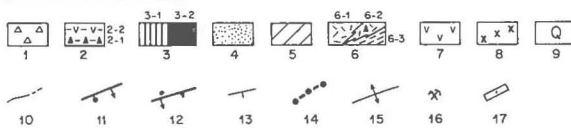
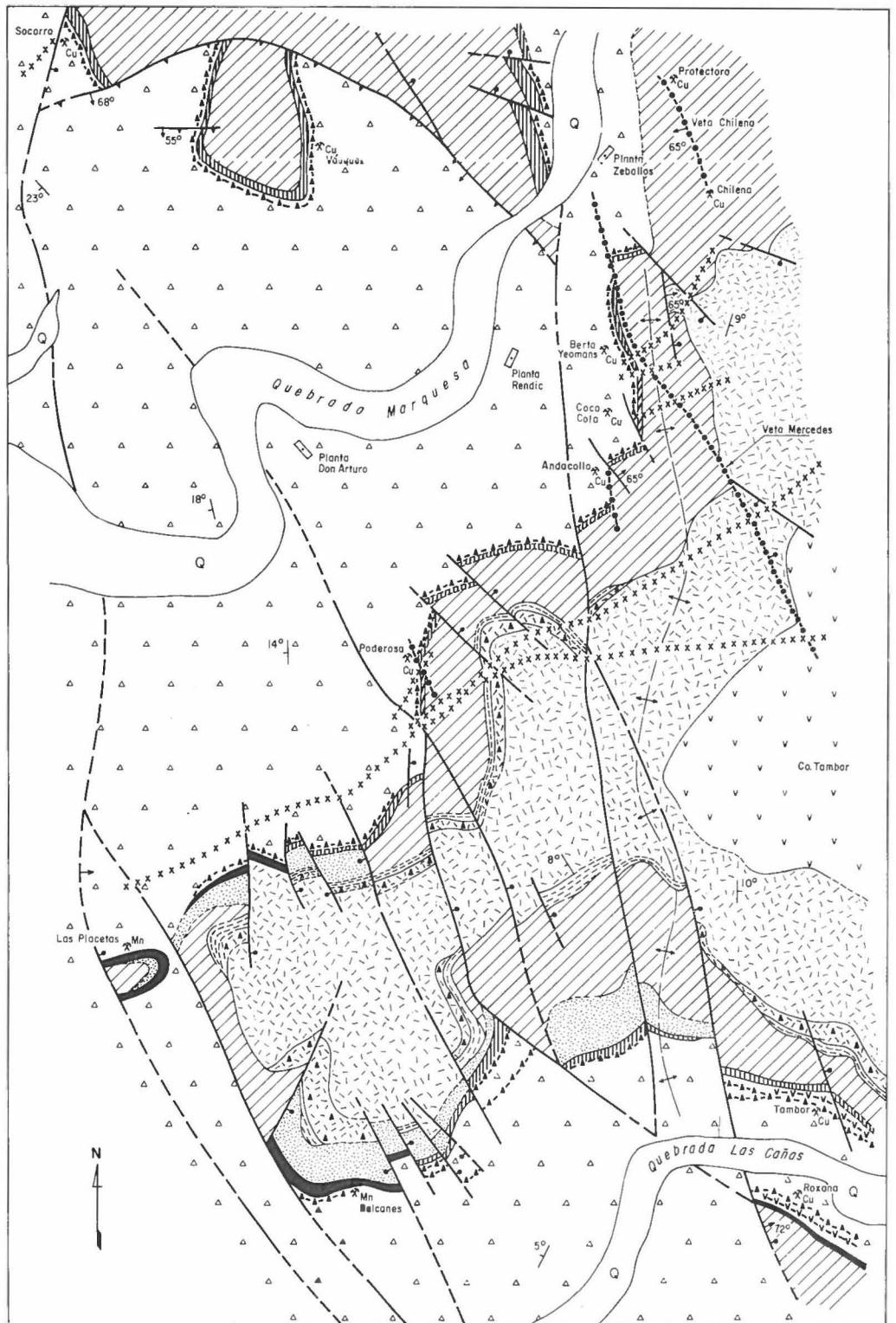
6-3 (0-20 m): nivel lenticular de lutitas y areniscas tobáceas de color rojizo, bien estratificadas.

Unidad 5 (140 m): tobas brechosas y lavas andesíticas de

FIG. 2. Geología del distrito Talcuna y áreas adyacentes (1-7: Formación Quebrada Marquesa). 1. (U₁)* Tobas brechosas, tobas de lapilli y andesitas; 2. (U₂) Tobas de lapilli, areniscas tobáceas y andesitas amigdaloidales; 3. (U₃) Lutitas y areniscas tobáceas, con mineralización de manganeso; 4. (U₄) Areniscas tobáceas y calcáreas, lutitas y andesitas; 5. (U₅) Tobas brechosas y andesitas; 6. (U₆) Tobas de lapilli, areniscas tobáceas y lutitas; 7. (U₇) Andesitas. (Las Unidades 1, 2 y 3 constituyen el Miembro 1 de la formación; (U₄), el Miembro 2; (U₅) y (U₆), el Miembro 3 y (U₇) el Miembro 4); 8. Formación Viñita: conglomerados y areniscas; 9. Contacto; 10. Rumbo y manto de la estratificación; 11. Fallas normales; 12. Fallas inversas; 13. Eje anticlinal; 14. Eje sinclinal; 15. Mina con indicación de mena. (Según Kamono y Borić, 1982.)

* Unidad





0 100 200 300 m

color gris-violáceo y macizas, con escasas intercalaciones de areniscas tobáceas.

Unidad 4 (0-50 m): nivel lenticular, constituido por una alternancia de areniscas calcáreas, areniscas tobáceas y lutitas, en capas de 5-10 cm de potencia, de color amarillento.

Unidad 3 (1-14 m): nivel sedimentario que, de acuerdo con su contenido metálico, se divide, lateralmente, en:
3-1 (1-12 m): areniscas tobáceas y lutitas de un característico color rojizo, bien estratificadas, en capas lenticulares de 5-60 cm de espesor.

3-2 (1-14 m) (manto de manganeso): similar a la Unidad 3-1, pero con intercalaciones lenticulares de minerales de manganeso de 5-100 cm de espesor; aflora sólo en el sector sureste del distrito.

Unidad 2 (0-20 m): horizonte volcanoclástico con sulfuros de cobre. De acuerdo con su litología se subdivide en:

2-2 (0-20 m) (Manto Delirio): nivel lenticular de andesitas amigdaloidales, gris a gris-verdosas, que afloran en el extremo sureste del distrito.

2-1 (0-15 m) (Manto Talcuna): areniscas tobáceas y tobas de lapilli, andesíticas, de color verdoso, bien estratificadas, en capas de 5-50 cm de potencia.

Unidad 1 (200 m): tobas brechosas, tobas de lapilli y lavas andesíticas, con intercalaciones de areniscas tobáceas, de color gris-violáceo y con mala estratificación, en capas lenticulares de 20-200 cm de espesor.

DIQUES Y FILONES-MANTO

Las únicas rocas intrusivas observadas en Talcuna son escasos diques y filones-manto andesíticos.

Los diques, que son los más numerosos, cortan a todas las unidades estratificadas, a las fallas y a las vetas mineralizadas. Se orientan, de preferencia, con rumbo N50-60°E y N80-90°E, es decir, en forma perpendicular a las fallas, y sus manteos son cercanos a la vertical (Figs. 3, 5). Sus espesores varían entre 0,7 y 6 m y alcanzan, en algunos casos una longitud superior a 1.500 m. Estos diques son rocas duras, de color gris-verdoso y con una pátina de meteorización amarillenta, lo que los distingue de las rocas estratificadas más blandas y rojizas. Su textura es porfídica, con fenocristales de plagioclasa y piroxeno, en un mesostasis microfanerítica a

afanítica.

El único filón-manto reconocido en este trabajo, aparece intercalado entre tobas de lapilli de la Unidad 2-1, en el sector de la mina Vásquez. Tiene 2 m de potencia, una corrida visible de 30 m y se encuentra conectado a uno de los diques subverticales. Su color es gris-verdoso y su textura porfídica, con fenocristales de andesina y clinopiroxeno, en una mesostasis intergranular. Según Peebles (1966), existirían otros filones similares, los que no fueron reconocidos por el autor.

ESTRUCTURA

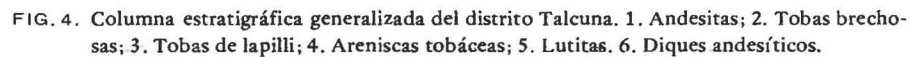
En el distrito Talcuna, la Formación Quebrada Marquesa está afectada por pliegues amplios y cortada por numerosas fallas normales. El pliegue de mayor importancia es un anticlinal simétrico ("Anticlinal de Talcuna"; Aguirre y Egert, 1965), cuyo eje pasa a corta distancia de la cumbre del cerro Tambor, con un rumbo local norte-sur y cuyos limbos tienen suaves manteos de 5-20° (Fig. 3). A escala menor, las areniscas calcáreas de la Unidad 4 se encuentran deformadas en pliegues apretados, cuya longitud de onda no excede de 1 m. Estos pliegues disarmónicos se habrían generado debido a la menor competencia de las areniscas durante el mismo evento de deformación que afectó, a gran escala, a la formación.

Las fallas normales son las estructuras más numerosas e importantes del distrito. Sus rumbos se orientan, de preferencia, entre N40°W y NS, y sus manteos oscilan entre 50 y 90°, tanto al este como al oeste (Figs. 3, 5). Las fallas mayores atraviesan todo el distrito y pueden seguirse fuera de él, hasta por 7,5 km (Fig. 2); mantean al este y han hecho descender en forma escalonada los bloques orientales, con saltos de hasta 100 m.

Entre las minas Socorro y Vásquez, existe una falla inversa, de rumbo este-oeste y manteo hacia el sur (68° en la mina Socorro), tiene 1 km de largo y ha levantado el bloque sur entre 150 y 225 m

FIG. 3. Geología del distrito Talcuna. Formación Quebrada Marquesa: 1. (U₁) * Tobas brechosas, tobas de lapilli y andesitas; 2. (U₂) (2-1) Tobas de lapilli y areniscas tobáceas, con sulfuros de cobre; (2-2) Andesitas amigdaloidales con sulfuros de cobre; 3. (U₃) (3-1) Lutitas y areniscas; (3-2) Similar a 3-1, con lentes de minerales de manganeso; 4. (U₄) Areniscas tobáceas, areniscas calcáreas y lutitas; (U₅) Tobas brechosas y andesitas; 6. (U₆) (6-3) Tobas de lapilli y areniscas tobáceas; (6-2) Similar a 6-1, con escasos minerales de cobre; (6-1) Lutitas y areniscas tobáceas; 7. (U₇) Andesitas; 8. Diques andesíticos; 9. Sedimentos cuaternarios; 10. Contacto; 11. Fallas normales; 12. Fallas inversas; 13. Rumbo y manteo de la estratificación; 14. Vetas; 15. Eje de anticlinal inferido; 16. Mina con indicación de mena; 17. Planta de tratamiento de minerales. (Según Peebles 1966; modificado por Kamono y Borić, 1982).

* Unidad



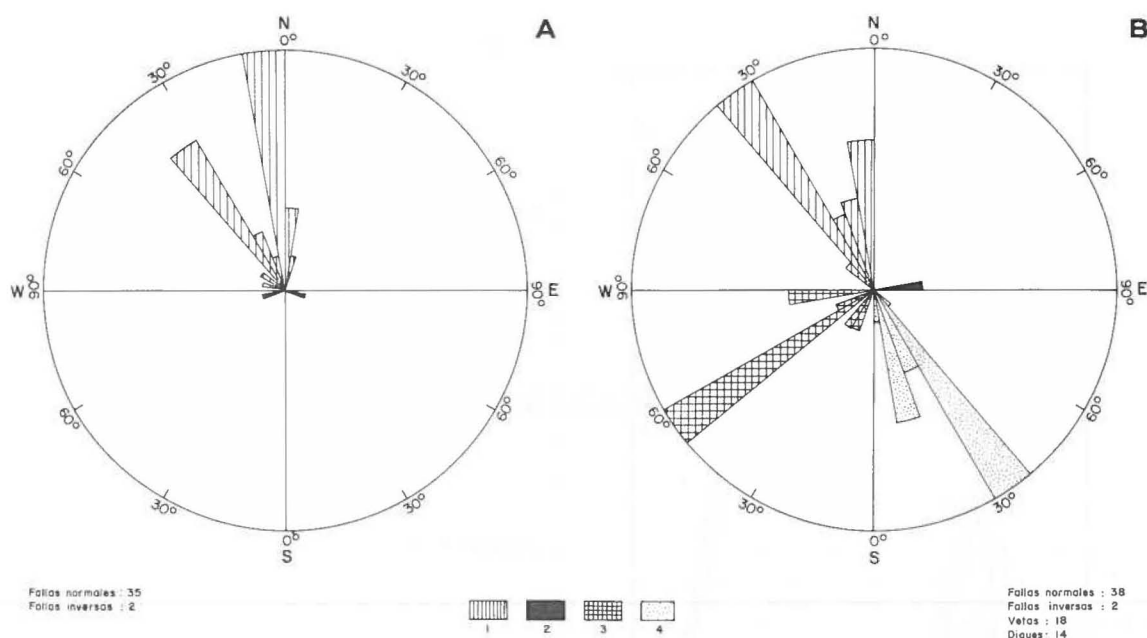


FIG. 5. Orientación de estructuras. 1. Fallas normales; 2. Fallas inversas; 3. Vetas; 4. Diques; A. Zona en torno al distrito Talcuna (Fig. 2); B. Distrito Talcuna (Fig. 3).

(Fig. 3). Otra gran falla inversa, de rumbo este-oeste y manteo suave hacia el sur, se localiza al sur del distrito entre las minas Roxana y Delirio; esta falla,

con más de 3 km de largo, levantó el bloque sur entre 100 y 150 m y corta a las fallas normales del distrito (Fig. 2).

YACIMIENTOS METÁLICOS

En el distrito Talcuna existen yacimientos mantiformes y vetiformes de sulfuros de cobre, con contenidos menores de plata, y un depósito estratiforme, con minerales de manganeso; todos los cuales se representan en forma esquemática en la figura 6.

Los mantos cupríferos, que son los yacimientos de mayor potencial económico, se localizan en la Unidad 2 de la Formación Quebrada Marquesa, tanto en el Manto Talcuna (Unidad 2-1), constituido por areniscas tobáceas y tobas de lapilli, como en el Manto Delirio (Unidad 2-2), formado por andesitas amigdaloidales. También se han detectado minerales de cobre en la Unidad 6-2; sin embargo, las leyes obtenidas en superficie son muy bajas, por lo que es poco probable que en este nivel se encuentren yacimientos de importancia (Fig. 6).

Las vetas de cobre corresponden a fallas menores y fracturas mineralizadas, que cortan a los diversos niveles de la Formación Quebrada Marquesa (Fig. 6).

El manto con mineralización de manganeso, corresponde a la Unidad 3-2, formada por areniscas tobáceas y lutitas, y sobreyace directamente, a los mantos cupríferos (Fig. 6).

VETAS

Corresponden a un conjunto de fallas menores y fracturas mineralizadas, subverticales, de rumbo NS-N40°W (Fig. 3). La veta principal (Mercedes) alcanza 1.500 m de corrida, una potencia media de 2 m y ha sido reconocida hasta los 80 m de profundidad (Kuntz, 1925). Otras vetas importantes son Chilena, Ilusión, Andacollo, Poderosa y Socorro, las que tienen corridas que oscilan entre 60 y 315 m, potencias medias menores a 1 m, y han sido explotadas, como máximo, hasta los 75 m de profundidad (Kuntz, 1925). Existen, además, numerosas vetas menores y vetillas, de algunos centímetros de espesor, subparalelas a las principales. Con excepción de la veta Socorro, que aflora en el

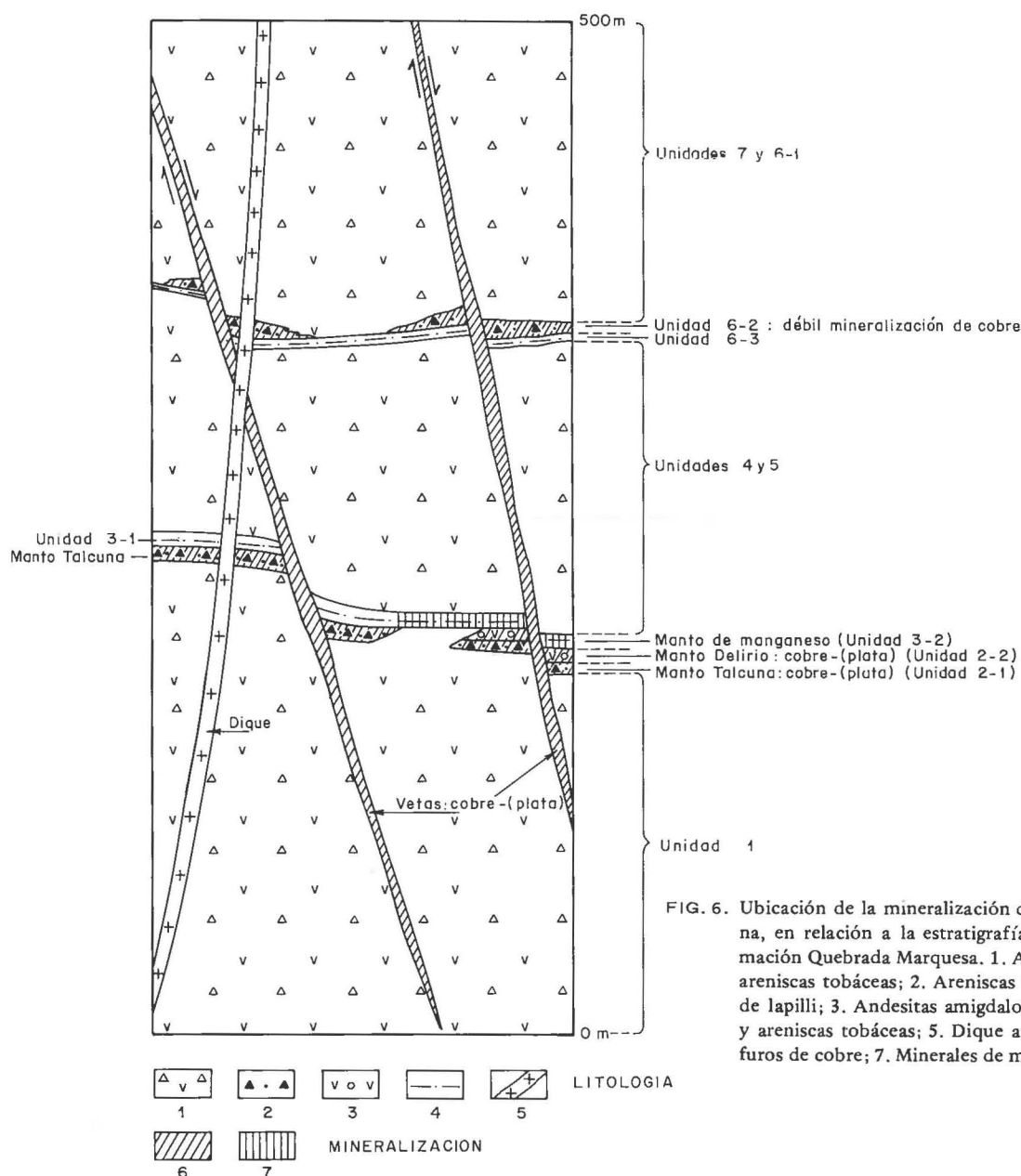


FIG. 6. Ubicación de la mineralización del distrito Talcuna, en relación a la estratigrafía local de la Formación Quebrada Marquesa. 1. Andesitas, tobas y areniscas tobáceas; 2. Areniscas tobáceas y tobas de lapilli; 3. Andesitas amigdaloidales; 4. Lutitas y areniscas tobáceas; 5. Dique andesítico; 6. Sulfuros de cobre; 7. Minerales de manganeso.

vértice noroeste del distrito, las demás se ubican en el sector nororiental de éste, en las proximidades de una falla de rumbo norte-sur (Fig. 3), lo que sugiere que dicha estructura controló sus emplazamientos.

En la mayoría de las vetas del distrito, la mineralización no se distribuye en forma regular, ni presenta cajas bien definidas. Los minerales de mena se presentan rellenando espacios entre los fragmentos de las rocas de caja, formando estructuras tipo

cocardas (Peebles, 1966); en vetillas irregulares y, en menor cantidad, como una fina diseminación. Consecuentemente, el contenido metálico de las vetas es variable, encontrándose "clavos" o "bolsones" ricos y/o de mayor potencia, separados por tramos pobres y/o angostos. Esta situación ocurre en la veta Chilena, que fue explotada sólo en dos "bolsones" mineralizados de 12 m de potencia, separados 100 m el uno del otro (Kuntz, 1925; Peebles, 1966).

Los minerales de mena hipógenos de estas vetas son calcopirita y bornita y, en menor cantidad, calcosina, galena y blenda. La ganga, también hipógena, es calcita, con cantidades menores de baritina y hematita. Como minerales supérgenos se identifican crisocola y malaquita, sólo en los niveles más superficiales de las vetas (menores a 10 m de profundidad) (Kuntz, 1925; Little, 1926; Cortés, 1929; Peebles, 1966).

La veta Socorro se diferencia del resto porque está formada por bandas simétricas de calcita y baritina, con una fina diseminación de calcopirita, bornita, galena y escasa calcosina (Peebles, 1966).

No existen datos precisos acerca de la producción y leyes de estos depósitos vetiformes, sin embargo, los antecedentes disponibles indican que ellas comenzaron a ser explotadas alrededor de 1880 (Brown, 1929). Desde aquél año y hasta las primeras décadas de este siglo, la extracción fue artesanal y se centró en las vetas Mercedes e Ilusión. El mineral se seleccionaba a mano y se obtenían leyes del orden de 8-10% Cu y sobre 200 gr/t Ag (Domeyko, 1926; Kuntz, 1925; Veyl, 1948). Alrededor de 1930, las faenas paralizaron debido al empobrecimiento de las vetas, al anegamiento de las labores y a la baja en el precio del cobre (Brown, 1929; Cortés, 1929). Con posterioridad, las vetas fueron trabajadas muy esporádicamente, hasta que, en la década de los 60, con la construcción de las plantas de flotación, diversas compañías menores las explotaron de manera más industrial, obteniendo leyes del orden de 3-5% Cu (Peebles, 1966; Llaumett y Zeballos, 1975). En la actualidad, la única veta en producción es la Andacolillo, la cual es trabajada en conjunto con el Manto Talcuna. Considerando la magnitud de las labores y los datos parciales disponibles, la producción total de las vetas del distrito puede estimarse superior a las 200.000 t de mineral.

MANTOS

Manto Talcuna (Unidad 2-1)

Está constituido por areniscas tobáceas y tobas de lapilli andesíticas, con mineralización de sulfuros de cobre. Este manto aflora en forma casi continua y en una posición subhorizontal, entre las minas Socorro y Roxana, alcanzando una longitud de 3.000 m, en el sentido NNW-SSE, y un ancho de 1.500 m, en el sentido ENE-WSW. Se encuentra

desplazado por numerosas fallas normales que lo hacen descender, en forma escalonada, hacia el este; además, en el sector norte del distrito, está cortado por una falla inversa de rumbo este-oeste (Fig. 3).

El espesor del Manto Talcuna alcanza valores máximos de 10-15 m, en la zona norcentral del distrito, donde se ubican las minas Socorro (12 m), Vásquez (12 m) y Berta Yeomans (15 m). Alejándose de este sector, el espesor disminuye progresivamente, hasta que el manto se acuña.

Las tobas de lapilli y areniscas tobáceas que forman el manto, aparecen bien estratificadas en capas de 5-50 cm de espesor, observándose tanto una gradación vertical como una alternancia rítmica entre ambas (Figs. 7, 8). Las tobas de lapilli están constituidas por fragmentos de andesitas, angulosos a subangulosos, de hasta 15 mm de tamaño, alterados a clorita; el cemento es escaso y corresponde a calcita y sulfuros de cobre. Las areniscas tobáceas presentan una fina laminación definida por bandas de 1-3 cm de espesor, de diferentes coloraciones y granulometría; tienen mala selección y están formadas por clastos angulosos (0,2-0,4 mm) de andesita y, en menor proporción, por fragmentos cristalinos de plagioclasa; el cemento corresponde a calcita y sulfuros de cobre.

Los minerales de mena hipógenos presentes en el Manto Talcuna son, principalmente, calcopirita y bornita, los que se reconocen en forma macroscópica en todas las minas del distrito. Calcosina, galena, blenda y escasa pirita, han sido también identificados al microscopio (Peebles, 1966; NUENAMI, 1971; Kamono y Borić, 1982). Estos minerales se distribuyen en el cemento de las tobas y areniscas, rodeando a los fragmentos líticos; en vetillas (< 1 cm de espesor), que cortan a la estratificación y, en mucho menor grado, como una fina diseminación en los clastos líticos.

La ganga, también hipógena, consiste fundamentalmente, en calcita. Al microscopio, se han identificado, además, clorita, albita, ceolita (analcima, analcima-wairakita¹), sericita, epidota, arcilla (posiblemente montmorillonita), hematita y magnetita. Estos minerales, salvo la clorita, sericita y arcilla, están directamente asociados con los de mena ya que, junto a ellos, se presentan en el cemento y en vetillas del Manto Talcuna.

Los minerales de mena supérgenos son muy escasos y corresponden a crisocola y malaquita, que se observan en zonas cercanas a la superficie y a

¹ El mineral analcima-wairakita es un término medio de la solución sólida existente entre las ceolitas analcima y wairakita. Fue identificado mediante observación microscópica y difractogramas de Rayos X, siguiendo el método de Seki (1971).

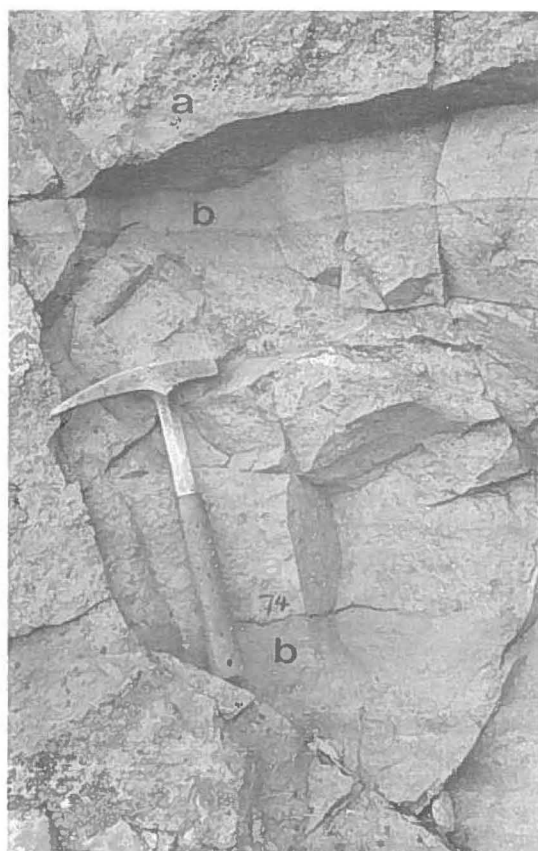


FIG. 7. Afloramientos del Manto Talcuna. Obsérvese la alternancia entre las tobas de lapilli (a) y las areniscas tobáceas (b)

calcosina y covelina, que, en pequeñas cantidades, reemplazan a sulfuros primarios.

El contenido metálico del Manto Talcuna varía según la granulometría de las rocas que lo constituyen, de modo que las capas más gruesas y porosas de tobas de lapilli tienen mejores leyes que las capas más finas y compactas de areniscas tobáceas. Debido a ello, en las minas donde el manto tiene mayor espesor, se han identificado tres niveles con diferentes grados de mineralización (Peebles, 1966). De arriba hacia abajo, los niveles son:

Castellano (5-8 m): alternancia de tobas de lapilli y areniscas tobáceas. Mineralización abundante.

Intermedio (3-4 m): areniscas finas, escasas tobas de lapilli. Mineralización débil.

Ilusión (4 m): alternancia de areniscas y tobas de lapilli. Mineralización intermedia.

De igual modo, diversos autores (Kuntz, 1925; Little, 1926; Peebles, 1966; Llaumett y Zeballos, 1975) indicaron que las leyes del manto aumentan en los sectores adyacentes a las vetas cupríferas que precisamente, han sido los tramos más explo-

tados. El manto se ha trabajado en las minas Socorro, Vásquez, Coca-Cola, Berta Yeomans, Poderosa y Tambor, con leyes que han fluctuado entre 1,2-1,9% Cu y 30-80 gr/t Ag. En la actualidad, es explotado sólo en las minas Coca-Cola y Andacollo. La producción total del manto se estima que ha superado el millón de toneladas. Las reservas potenciales del Manto Talcuna fueron estimadas en seis millones de toneladas, con 1,5% Cu por Peebles (1966) y en quince millones de toneladas con 1,5% Cu y 38 gr/t Ag por Llaumett y Zeballos (1975).

Manto Delirio (Unidad 2-2)

Está formado por andesitas amigdaloidales con mineralización cuprífera. Aflora, en forma subhorizontal, sólo en el sector sureste del distrito, entre las minas Tambor, por el norte, y Delirio, por el sur (Figs. 2, 3), y se encuentra desplazado por una importante falla inversa de rumbo este-oeste, que lo divide en dos bloques:

S E

S.W. DE PODEROSA (I)

S.W. DE PODEROSA (II)

N W

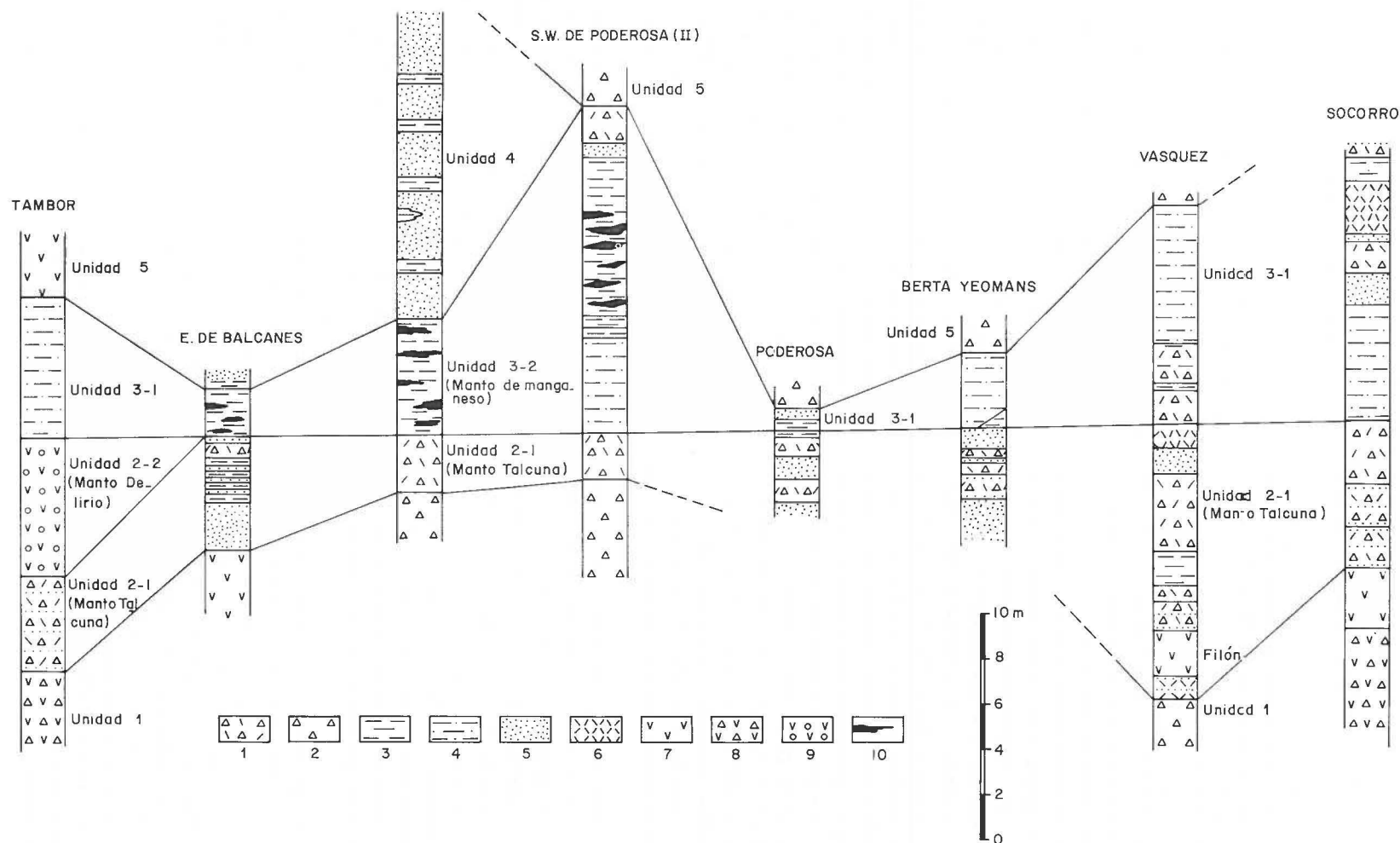


FIG. 8. Correlación litológica de los mantos mineralizados en el distrito Talcuna 1. Tobas de lapilli; 2. Tobas brechosas; 3. Lutitas; 4. Lutitas arenosas; 5. Areniscas tobáceas; 6. Tobas cineríticas; 7. Andesitas; 8. Andesitas brechizadas; 9. Andesitas amigdaloidales; 10. Lente con minerales de manganeso.

El inferior (825-850 m s.n.m.) en el cual se ubican las minas Tambor y Roxana, tiene un espesor de 5-8 m y una extensión lateral de 300 m, en sentido este-oeste (Fig. 3).

El superior (920-930 m s.n.m.) en el cual se localiza la mina Delirio, alcanza un espesor máximo de 20 m y ha sido reconocido en una corrida de 300 m, en sentido este-oeste (Fig. 2).

Las andesitas que forman el Manto Delirio son rocas de color gris-violáceo-verdoso, con textura afanítica intergranular. Las amígdalas ocupan un 10-20% en volumen, son irregulares a elipsoidales y su diámetro alcanza hasta 2 cm.

La mineralización metálica aparece como relleno de las amígdalas y formando vetillas de algunos centímetros de espesor, presentándose en menor cantidad como una fina disseminación en la mesotaxis de las andesitas. Los minerales de mena hipógenos son bornita y calcopirita. Al microscopio, se identifican, además, pequeñas cantidades de calcosina y covelina, posiblemente, supérgenas. Crisocola y malaquita aparecen reemplazando a los sulfuros, en los afloramientos superficiales del manto.

El mineral de ganga más abundante es calcita. Al microscopio y mediante difracción de Rayos X, se reconocen, además, baritina, prehnita, albita, epidota, ceolita (analcima y analcima-wairakita) y hematita. Todos los minerales de ganga aparecen junto a los de mena rellenando las amígdalas y las vetillas.

El contenido metálico del Manto Delirio varía fuertemente de acuerdo a la cantidad de amígdalas y vetillas mineralizadas, y al igual que en el caso del Manto Talcuna, aumenta considerablemente, en las cercanías de las vetas-fallas donde existen "bolsones" de mejor ley, que han sido los únicos tramos trabajados. En efecto, el Manto Delirio ha sido explotado sólo en las minas Tambor, Roxana y Delirio, todas las cuales se encuentran adyacentes a vetas-fallas que también se han explotado como tales.

En las minas Tambor y Roxana, actualmente paralizadas, se extrajeron sólo algunos miles de toneladas de mineral. Las leyes medias de la mina Tambor fueron de 1,1% Cu y 53 gr/t de Ag (Peebles, 1966). En la mina Delirio, que es la más importante, la explotación sistemática comenzó recién en 1979 y se ha mantenido en forma casi constante hasta la actualidad. La producción ha oscilado entre 80 y 180 t/día, con leyes de 1,1-1,4% Cu y 30-60 gr/t Ag. Las reservas del Manto Delirio se desconocen.

Manto de Manganeso (Unidad 3-2)

Está constituido por areniscas tobáceas y lutitas con intercalaciones lenticulares de minerales de manganeso. Aflora en el extremo suroeste del distrito, en una posición subhorizontal, cubriendo un área de 700 m en sentido NW-SE, por 800 m en sentido NW-SW y con un espesor variable entre 1 y 14 m. En el resto del distrito, el mismo nivel estratigráfico no contiene mineralización importante de manganeso (Unidad 3-1) (Figs. 3, 8).

Las areniscas tobáceas y lutitas que forman este manto tienen un característico color rojizo y aparecen bien estratificadas, en capas lenticulares de 5-60 cm de espesor. Las areniscas tobáceas son finas a gruesas, tienen mala selección y están formadas por clastos angulosos (0,04-4,5 mm) de andesita y, en menor cantidad, por fragmentos de plagioclasa y minerales ferromagnesianos, cementados por hematita, limonita y calcita. Las lutitas, que aparecen intercaladas irregularmente, en las areniscas, presentan una fina laminación (láminas de 0,5-2,0 mm) y están constituidas por escasos clastos mayores (hasta 1 cm) de andesita y plagioclasa, insertas en una matriz limo-arcillosa, con abundante cemento de hematita, limonita y calcita. Las láminas están definidas por diferencias de granulometría y por el mayor o menor contenido de óxidos de hierro.

La mineralización de manganeso se presenta en dos o tres capas lenticulares, paralelas a la estratificación, de 5-100 cm de espesor, intercaladas entre las areniscas y lutitas (Fig. 8). La mena de manganeso es negra, con brillo metálico, dura y maciza. Mediante difracción de Rayos X se han identificado braunita ordenada ($\text{Mn, Fe, Ca, Ba} \text{SiO}_{12}$) y braunita desordenada ($\text{MnO } 3\text{Mn}_2\text{O}_3 \text{SiO}_2$), como componentes principales. En otros distritos, donde se ha explotado este mismo horizonte de manganeso, se han reconocido, además, pirolucita, psilomelano, manganita y transmantita como minerales de mena (Aguirre y Mehech, 1964; Peebles y Klohn, 1970).

En Talcuna, los lentes de manganeso alcanzan mayor espesor y continuidad en las minas Balcanes y Las Placetas (Fig. 3), únicos lugares en que fueron hipótesis más probable, que en Talcuna haya existentes mineralizados de 0,6 y 1,0 m de potencia máxima, los cuales fueron explotados en una longitud de 300 m. En la mina Las Placetas, existe un lente de 0,6 m de potencia máxima, el cual fue trabajado en una corrida de 60 m. No se dispone de

antecedentes concretos acerca de la producción y leyes de estas minas, las que, aparentemente, fueron explotadas a pequeña escala en la década de los 50, en un período de auge del precio del manganeso. Como dato ilustrativo, puede indicarse que una muestra de los lentes mineralizados de la mina Balcanes dio una ley de 38% Mn (Kamono y Borić, 1982) y que muestras recolectadas por Leiding (1941) en el mismo sector dieron leyes de 24 y 23% Mn.

El horizonte con manganeso se extiende fuera del distrito Talcuna y en él se localizan los yacimientos de manganeso más importantes del país (Aguirre y Egert, 1965; Thomas, 1967; Peebles y Klohn, 1970). En efecto, hacia el sur, el manto continúa, en forma ininterrumpida, por 7 km, hasta el distrito El Romero, donde fue intensamente explo-

tado (Fig. 2). Doce kilómetros más al sur, el mismo nivel aflora en una franja de 35 km de largo (en sentido norte-sur), por 5 km de ancho, en la cual se ubican los importantes distritos de La Liga, Arrayán, Corral Quemado y Fragua (Fig. 1) (Thomas, 1967; Peebles y Klohn, 1970). Además, 3 km al oeste de Talcuna, el mismo manto se reconoce en las minas Alta y La Liga (Fig. 2). En todos estos distritos, el manganeso se presenta en capas lenticulares, paralelas a la estratificación, intercaladas en el nivel de areniscas y lutitas. La explotación de estos yacimientos se efectuó en forma discontinua, desde fines del siglo pasado, hasta el comienzo de la década del 60, extrayéndose minerales con leyes de 35-50% (Biese, 1956; Aguirre y Egert, 1965; Peebles y Klohn, 1970).

METAMORFISMO DE CARGA - ALTERACION HIDROTHERMAL

El estudio petrográfico de las rocas del distrito Talcuna ha indicado la existencia de minerales secundarios tales como calcita, clorita, albita, coelita (analcima, analcima-wairakita), baritina, epidota, prehnita, sericita y arcilla (posiblemente montmorillonita), los cuales reemplazan sólo parcialmente a los componentes primarios, sin llegar a borrar las texturas originales. Estos minerales secundarios se presentan en todas las unidades litológicas, siendo más abundantes en las rocas porosas y permeables (Unidades 2 y 6) y muy escasos en las rocas más compactas (Unidades 3 y 4), lo que indica que la permeabilidad primaria controló, en gran medida, su desarrollo.

El mineral secundario más común es la calcita, mientras que la epidota, prehnita, sericita y arcilla son comparativamente más escasos. En las brechas, tobas y areniscas, la calcita, albita, coelita y epidota, aparecen tanto en los fragmentos como en el cemento, oquedades y vetillas; en cambio, la clorita, sericita y arcilla se presentan, principalmente, en los fragmentos siendo más escasos como relleno de espacios abiertos. En las andesitas y diques, se observa una situación similar, ya que la calcita, albita, coelita, epidota y prehnita aparecen tanto en las amígdalas y vetillas como en la mesostasis y en los fenocristales, mientras que la clorita, sericita y arcilla alteran sólo a los fenocristales y a la masa fundamental. La baritina aparece sólo como relleno de espacios en el cemento y vetillas de tobas y areniscas de Manto Talcuna, en amígdalas del Man-

to Delirio y, en forma muy escasa, en vetillas del Manto de Manganeso.

La mayor parte de los minerales de neoformación está directamente asociada a los minerales de mena de los mantos Talcuna y Delirio. Específicamente, en el cemento, oquedades y vetillas del Manto Talcuna se ha identificado la asociación: calcopirita + bornita + calcita + baritina $\pm$ coelita (analcima y analcima-wairakita) $\pm$ epidota y, a su vez, en las amígdalas del Manto Delirio, se ha reconocido la asociación: calcopirita + bornita + calcita + baritina + epidota + prehnita $\pm$ coelita (analcima y analcima-wairakita).

La asociación de minerales secundarios presente en Talcuna, podría ser el resultado de un metamorfismo de carga de muy bajo grado (Winkler, 1978), particularmente por la presencia de prehnita, pero también, ella podría derivar de una alteración hidrotermal local, de tipo propilítico (Evans, 1980).

Apoyan la primera posibilidad trabajos anteriores efectuados fuera del distrito, en los que se ha reconocido que la Formación Quebrada Marquesa presenta un débil metamorfismo caracterizado por el desarrollo de calcita, clorita, epidota, albita, sericita, cuarzo, calcedonia, y/o arcillas (Aguirre y Egert, 1965; Chávez, 1974). Sin embargo, esta hipótesis no explica el por qué los minerales secundarios aparecen asociados con sulfuros de cobre sólo en el distrito de Talcuna.

Favorecen la segunda idea, la existencia de baritina (no reportada como mineral metamórfico en

trabajos previos), el abundante desarrollo de calcita, el hecho que estos dos minerales sean las gangas de las vetas cupríferas del distrito (lo que sugiere un aporte de las vetas hacia la secuencia estratificada) y, fundamentalmente, la directa asociación entre la mayor parte de los minerales secundarios con los sulfuros de cobre, en los yacimientos estratiformes.

Si bien los antecedentes no permiten llegar a una conclusión definitiva, el autor considera como

hipótesis más probable, que en Talcuna haya existido una débil alteración hidrotermal de carácter local, sobreimpuesta a un metamorfismo de carga de muy bajo grado.

Cabe destacar que, independiente de cual haya sido su origen, la asociación de minerales secundarios presentes en Talcuna es indicadora de condiciones de temperatura y presión bajas (Winkler, 1978).

RELACION ENTRE LOS YACIMIENTOS METALICOS Y DISCUSION SOBRE SU GENESIS

Existe una estrecha relación entre los diferentes yacimientos cupríferos del distrito Talcuna (Manto Talcuna, Manto Delirio, vetas), ya que ellos presentan similares minerales de mena y de ganga, como se puede apreciar en la tabla 1.

Las vetas son de origen epigenético ya que corresponden al relleno de fallas y fracturas que cortan a la secuencia estratigráfica. Por otra parte, el contenido metálico de los mantos Talcuna y Delirio, aumenta en forma considerable en las zonas adyacentes a las vetas cupríferas, y dentro de ellos, gran parte de la mineralización aparece en vetillas, oquedades y/o amígdalas mineralizadas. Lo anterior sugiere que las vetas y mantos se originaron en un evento mineralizador hidrotermal común, durante el cual existió aporte de mineralización desde las vetas hacia los mantos, lo cual se reafirma por el hecho que éstos se localizan en rocas porosas permeables, que subyacen a un nivel de areniscas y lutitas que habría actuado como barrera impermeable para los fluidos provenientes de las vetas.

En conclusión, tanto los mantos como las vetas cupríferas corresponderían a yacimientos epigenéticos hidrotermales, cuyas características mineralógicas y texturales (bandeamientos, cocar-

das), señalan que se formaron a escasa profundidad y bajas temperaturas. Cabe señalar que, con anterioridad, Peebles (1966), Ruiz (1983) y Ruiz y Peebles (1983) sugirieron que parte de la mineralización del Manto Talcuna sería singenética; sin embargo, en el presente trabajo no se han encontrado evidencias que sustenten dicha hipótesis.

Cabe destacar que el origen propuesto en este artículo es similar al indicado para los distritos cupríferos de Algodones (Peebles, 1982) y Cerro Negro (Espinosa, 1969; Olcay, 1979), cuyos depósitos tienen características muy semejantes a los de Talcuna. En efecto, en Algodones, ubicado 16 km al sur de Talcuna (Fig. 1), existen cuerpos irregulares ("lentes") y vetas encajados en andesitas del Miembro 1 de la Formación Quebrada Marquesa, con mineralización de calcopirita y bornita, en ganga de clorita, calcita, cuarzo, ceolita y epidota. De acuerdo con Peebles (1982) estos yacimientos serían epigenéticos hidrotermales y se habrían formado, probablemente, a temperaturas de 200°C, existiendo un aporte de mineralización desde las vetas hacia los mantos. A su vez, en Cerro Negro (32°34' Lat. sur - 70°51' Long. oeste), la mineralización está alojada en la Formación Las Chilcas (Cretácico Superior) y se presenta en un manto de

TABLA 1. MINERALOGIA DE LOS YACIMIENTOS CUPRIFEROS DEL DISTRITO TALCUNA

Yacimientos	Mena	Ganga
Manto Talcuna	Calcopirita + bornita ± galena ± blenda ± calcosina ± pirita	Calcita + baritina + albita ± ceolita ± hematita ± magnetita ± (clorita) ± (sericita) ± (arcilla)
Manto Delirio	Calcopirita + bornita	Calcita + baritina + albita + ceolita + epidota + prehnita ± hematita ± (clorita) ± (arcilla)
Vetas	Calcopirita + bornita + galena ± blenda ± calcosina	Calcita + baritina ± hematita

brechas y areniscas que subyacen a un nivel de lutitas y areniscas calcáreas. Los minerales de mena son bornita y calcopirita, con cantidades subordinadas de calcosina, covelina, galena, blenda, pirita, hematita y magnetita, y las gangas son calcita, clorita, cuarzo, arcilla y epidota. Este depósito, cuya similitud con el Manto Talcuna es notable, ha sido considerado epigenético hidrotermal, formado a temperaturas de 250-300°C (Espinosa, 1969) o de 200°C (Olca, 1979).

Determinar la fuente de los metales y el tipo de fluidos involucrados en la mineralización cuprífera del distrito Talcuna, escapa a las posibilidades de este trabajo. Sin embargo, una hipótesis que resulta atractiva y que concuerda con los antecedentes expuestos, es que el cobre provenga de la secuencia volcánica neocomiana y que haya sido removilizada por el metamorfismo regional de muy bajo grado y concentrado, mediante una alteración hidrotermal local, en sitios estructural y/o químicamente favorables. Apoyan esta idea, los datos aportados por Chávez y Nisterenko (1974), en el área de Santa Gracia, ubicada 17 km al noroeste de Talcuna (Fig. 1), quienes indicaron que las andesitas de la Formación Arqueros tienen un contenido primario anormalmente alto de cobre (promedio de 250 ppm), y que este elemento fue altamente removili-

zado por el metamorfismo regional, con la posible participación de aguas connatas, meteóricas y magmáticas. A pesar de ello, otra posibilidad, que no puede ser descartada, es que el cobre y los fluidos provengan, al menos en parte, de los intrusivos del Cretácico Superior - Terciario inferior, teoría que fue postulada por Díaz (1978), para las vetas de plata-cobre del distrito Arqueros, localizado 10 km al noroeste de Talcuna (Fig. 1).

Por otra parte, el manto de manganeso aflorante, tanto en Talcuna como al sur del distrito, ha sido considerado de origen singenético sedimentario por diversos autores, quienes postularon que el manganeso habría sido aportado por la actividad volcánica (fuentes termales, fumarolas), que generó la Formación Quebrada Marquesa y habría sido concentrado y depositado en cuencas lacustres continentales (Biese, 1956; Aguirre y Egert, 1962, 1965; Aguirre y Mehech, 1964; Klohn y Aguirre *in* Ruiz *et al.*, 1965; Peebles y Klohn, 1970).

En consecuencia, el manto con manganeso tendría un origen diferente al de los mantos cupríferos, con los que estaría relacionado sólo de manera indirecta, ya que habría sido una barrera impermeable para los fluidos hidrotermales ricos en cobre que circularon con posterioridad a la depositación de la Formación Quebrada Marquesa.

CONCLUSIONES

Los yacimientos cupríferos, tanto mantiformes como vetiformes, del distrito Talcuna, se consideran depósitos epigenéticos hidrotermales, que se habrían formado a bajas temperaturas y cerca de la superficie. El cobre podría haber sido lixiviado de la secuencia volcánica neocomiana, durante procesos de metamorfismo de carga por la acción de aguas connatas meteóricas y/o magmáticas, pero también es probable que provenga, al menos en parte, de fluidos hidrotermales relacionados con

intrusivos del Cretácico Superior - Terciario inferior.

Por el contrario, el manto con mineralización de manganeso sería singenético sedimentario y habría favorecido indirectamente a la formación de los mantos cupríferos, al actuar como barrera impermeable para los fluidos hidrotermales ricos en cobre. El manganeso habría sido aportado por el volcanismo que generó la Formación Quebrada Marquesa y se habría concentrado y depositado en una cuenca lacustre.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Dr. Takeo Sato por sus comentarios y observaciones entregados acerca de los yacimientos tipo manto chilenos y al geólogo Ví-

tor Makshev por la revisión y aporte de ideas al texto.

REFERENCIAS

- AGUIRRE, L.; EGERT, E. 1962.** Las formaciones manganesíferas de la región de Quebrada Marquesa, Provincia de Coquimbo. *Minerales*, Vol. 17, No. 76, p. 25-37.
- AGUIRRE, L.; EGERT, E. 1965.** Cuadrángulo Quebrada Marquesa, Provincia de Coquimbo. *Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile*, No. 15, 92 p.
- AGUIRRE, L.; EGERT, E. 1970.** Cuadrángulo Lambert (La Serena), Provincia de Coquimbo. *Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile*, No. 23, 14 p.
- AGUIRRE, L.; MEHECH, S. 1964.** Stratigraphy and mineralogy of the manganese sedimentary deposits of Coquimbo Province, Chile. *Econ. Geol.*, Vol. 59, p. 428-442.
- BIESE, W. 1956.** Los yacimientos de manganeso de Chile. *In* Simposium sobre Yacimientos de Manganeso Congr. Geol. Internacional, No. 20, América del Sur, Actas, Vol. 3, p. 377-416.
- BROWN, Q. 1929.** Informe sobre el grupo minero Talcuna. ENAMI (Inédito), Rol. 4201.
- CAMUS, F. 1980.** Distrito Punta del Cobre. Modelo de interpretación. *Rev. Geol. Chile*, No. 11, p. 51-76.
- CARTER, W. 1961.** Yacimientos de cobre tipo manto, su distribución en fajas mineralizadas, Provincia de Aconcagua (distrito Cabildo). *Inst. Invest. Geol., (Chile)*, Bol., No. 10, 30 p.
- CORTES, J. 1929.** Informe sobre las minas Talcuna de la Compañía Minera Marquesa. ENAMI (Inédito), Rol. 4201.
- CHAVEZ, W. 1983.** The geologic setting of disseminated copper sulfide mineralization of the Mantos Blancos copper-silver district, Antofagasta Province, Chile. AIME Annual Meeting, Geology Section, AIME Preprint No. 193, 20 p. Atlanta.
- CHAVEZ, L. 1974.** Metamorfismo de contacto y alteración regional de rocas volcánicas andesíticas en Santa Gracia. *In* Coloquio sobre Fenómenos de Alteración y Metamorfismo en Rocas Volcánicas e Intrusivas. Univ. Chile., Depto. Geol., Publ. No. 41, p. 139-196.
- CHAVEZ, L.; NISTERENKO, G. 1974.** Algunos aspectos de la geoquímica de las andesitas de Chile. *In* Coloquios sobre Fenómenos de Alteración y Metamorfismo en Rocas Volcánicas e Intrusivas. Univ. Chile, Depto. Geol., Publ. No. 41, p. 97-127.
- DIAZ, F. 1978.** Exploración geoquímica en el distrito argentífero de Arqueros, Provincia de Elqui, IV Región. Memoria de Título. Univ. Chile, Depto. Geol., 123 p. Santiago.
- DOMEYKO, C. 1926.** Informe sobre el grupo minero de Talcuna de la Compañía Minera de Talcuna. ENAMI (Inédito) Rol. 4201.
- ESPINOSA, W. 1969.** Geología del distrito cuprífero Cerro Negro. Memoria de Título, Univ. Chile., Depto. Geol., 148 p. Santiago.
- ESPINOZA, S. 1981.** Esbozo metalogénico del distrito Carolina de Michilla, II Región de Chile. *In* Coloquio sobre el Volcanismo y Metalogénesis, No. 1, Actas, Univ. del Norte, Depto. Geociencias, p. 71-81. Antofagasta.
- ESPINOZA, S. 1982.** Definición del tipo diseminado infravolcánico de sulfuros de cobre. *In* Congr. Geol. Chileno, No. 2, Actas, Vol. 2, p. E201-E219. Arica.
- EVANS, A. 1980.** An introduction to ore geology. Blackwell Scientific Publ., 231 p. Oxford.
- KAMONO, H.; BORIC, R. 1982.** Inventario polimetálicos y estudio geológico distrito minero Talcuna, Mapa Metalogénico Pronóstico, IV Región. Serv. Nac. Geol. Miner.-CORFO (Inédito), 144 p. Santiago.
- KUNTZ, J. 1925.** Monografía minera de la Provincia de Coquimbo. Publicaciones del Cuerpo de Ingenieros de Minas (Chile), Folleto No. 13, 112 p. Santiago.
- LEIDING, B. 1941.** Estudio general sobre manganeso en Chile. Soc. Nac. de Minería (Chile) (Inédito), 64 p., Santiago.
- LITTLE, J. 1926.** The Geology and Metal Deposits of Chile. Branwell Co., 188 p. New York.
- LORTIE, R.; CLARK, A. 1974.** Strata-bound fumarolic copper deposits in rhyolitic lavas and ash-flow tuffs, Copiapó district, Atacama, Chile. *In* Problems of ore deposits. IAGOD Symposium, No. 4, Vol. 1, p. 256-264. Varna.
- LOSERT, J. 1971.** Genesis of copper mineralizations and associated alterations in the Jurassic rocks of the Buena Esperanza mining area. Antofagasta, Northern Chile. Univ. Chile, Depto. Geol., 104 p.
- LLAUMETT, C.; ZEBALLOS, J. 1975.** Geología, mineralización y evaluación del depósito cuprífero Talcuna, Provincia de Coquimbo. ENAMI (Chile) (Inédito) Rol. 4201.
- MOSCOSO, R. 1984.** El Mesozoico Superior y Paleógeno de la Región de Atacama. *In* Seminario de Actualización de la Geología de Chile. Serv. Nac. Geol. Miner., Misc., No. 4, p. G1-G21.
- MOSCOSO, R.; NASI, C.; SALINAS, P. 1982.** Hoja Valles y parte norte de La Serena, Regiones de Atacama y Coquimbo. Serv. Nac. Geol. Miner., Carta Geol. Chile, No. 55, 100 p.
- MPODOZIS, C. 1984.** Dinámica de los márgenes continentales activos. *In* Seminario de Actualización de la Geología de Chile. Serv. Nac. Geol. Miner., Misc., No. 4, p. A1-A22.
- NACIONES UNIDAS; ENAMI. 1971.** Investigación detallada de minerales en áreas seleccionadas de las Provincias de Atacama y Coquimbo, Chile. Informe Técnico No. 14. Talcuna. 57 p. Santiago.
- OLCAY, L. 1979.** Geología, alteración hidrotermal y mineralización cuprífera del yacimiento estratiforme de Diablo Sur, distrito minero Cerro Negro. Univ. Chile, Depto. Geol., Comun., No. 27, p. 1-18.

- PALACIOS, C.; DEFINIS, A. 1981.** Petrología del yacimiento Buena Esperanza, II Región, norte de Chile. *In* Coloquio sobre Volcanismo y Metalogénesis, No. 1, Univ. del Norte, Depto. Geociencias, p. 48-67. Antofagasta.
- PEEBLES, F. 1966.** Estudio geológico del distrito cuprífero de Talcuna. Inst. Invest. Geol. (Inédito), 100 p. Santiago.
- PEEBLES, F. 1982.** Geología y distribución de la mineralización en el distrito cuprífero Algodones, IV Región. *In* Congr. Geol. Chileno, No. 3, Actas, Vol. 2, p. E.364-E374. Concepción.
- PEEBLES, F.; KLOHN, E. 1970.** Geología de los yacimientos de manganeso de Corral Quemado, Arrayán y Fragua, Provincia de Coquimbo. Inst. Invest. Geol. (Chile), Bol., No. 27, 56 p.
- RIVANO, S. 1984.** Geología del Meso-Cenozoico entre los 31° y 33° de latitud sur. *In* Seminario de Actualización de la Geología de Chile. Serv. Nac. Geol. Miner., Misc., No. 4, p. K.1-K17.
- RUIZ, C. 1983.** Curso Depósitos Minerales II. Primera Parte. Univ. Chile. Depto. Geología y Geofísica, 87 p. Santiago.
- RUIZ, C.; AGUIRRE, L.; CORVALAN, J.; et al. 1965.** Geología y yacimientos metalíferos de Chile. Inst. Invest. Geol., Publ. Espec., 285 p.
- RUIZ, C.; PEEBLES, F. 1983.** Geología y génesis del distrito cuprífero de Talcuna, IV Región, Chile. *In* Congr. Geol. Econ. Argent., No. 2, Actas, p. 125-136.
- SATO, T. 1984a.** Manto-type copper deposits in Chile. *In* Report of research and development cooperation ITIT Project, No. 7911. Geol. Surv. Japan, p. 57-72.
- SATO, T. 1984b.** Manto-type copper deposits in Chile. A Review. Geol. Surv. Japan, Bull., Vol. 35, No. 11, p. 565-582.
- SEKI, Y. 1971.** Wairakite analcime solid solution as an indicator of water pressures in low grade metamorphism. Geol. Soc. Jap., J., Vol. 77, No. 10, p. 667-674.
- THOMAS, H. 1967.** Geología de la Hoja Ovalle, Provincia de Coquimbo. Inst. Invest. Geol. (Chile), Bol., No. 23, 58 p.
- VEYL, C. 1948.** Informe sobre la planta de flotación de Talcuna y sus minas base, Andacollo y Berta Yeomans. ENAMI (Chile) (Inédito), Rol 4200.
- WINKLER, H. 1978.** Petrogénesis de rocas metamórficas. Blume Edic., 346 p. Madrid.

Trabajo recibido: 01-08-85; aceptado 10-04-86