570

IREN

RELACION ENTRE ALTERACION HIDROTERMAL Y MINERALIZACION CUPRIFERA, ASOCIADAS A ROCAS VOLCANICAS ANDESITICAS CHILENAS*

*Luis Oleay V.***

INTRODUCCION

Los yacimientos de cobre tipo manto o estratiformes representan una fuente importante en reservas y producción de este metal en nuestro país.

En Chile es común encontrar mineralización cuprífera asociada a rocas volcánicas y sedimentarias marinas y continentales. La forma de los depósitos es tabular, limitados por planos de estratificación, con espesores que varían de uno a veinte metros o más, y de extensiones areales de hasta varios miles de metros cuadrados. En este trabajo sólo se consideran los yacimientos estratiformes asociados a rocas volcánicas andesíticas.

Algunos autores como Ruiz *et al.* (1971), han clasificado estos yacimientos como singenéticos y relacionados a efusiones de lavas, por no presentar alteración hidrotermal y por su forma tabular.

La revisión de la literatura existente, en especial la que se refiere a los yacimientos Buena Esperanza (Losert, 1974) y El Soldado (Oleay y Alarcón, 1975), unida a la experiencia del autor en este tipo de yacimientos, permite comprobar la existencia de una relación entre alteración y mineralización.

Además yacimientos asociados a volcanismo, con mineralización y alteración hidrotermal semejante, dentro de un ambiente geotectónico similar, han sido descritos por Hutchinson y Hodder (1972).

DISTRIBUCION Y MARCO GEOLOGICO DE LOS YACIMIENTOS

Estos yacimientos estratiformes se distribuyen a lo largo de Chile y los ejemplos tomados se ubican desde Toropilla por el norte, hasta el interior de Rancagua, en la cordillera de los Andes, por el sur. La distribución de estos yacimientos podría extenderse más allá de los límites señalados (Fig. Nº 1). Geográficamente se ubican tanto en la Cordillera de la Costa como en la Cordillera de los Andes.

Estos depósitos están encajados en rocas volcánicas andesíticas cuyas edades varían desde el Jurásico (formación La Negra) en minas Buena Esperanza y Mantos de la Luna: Cretácico Inferior (formación Lo Prado, Neocomiano) en mina El Soldado; Cretácico Medio (formación Veta Negra, Aptiano-Albiano) en mina El Salado; Cretácico Superior (formación Abanico) en mina Peladeros, hasta Terciario Inferior (formación Farellones) en mina Juanita (Fig. Nº 1), teniendo una posición marginal alejada de cuerpos intrusivos intermedios (minas Buena Esperanza, Mantos de la Luna y Peladeros) o aparentemente sin relación con alguno de ellos (El Soldado y El Salado).

Los intrusivos cercanos a estos yacimientos estratiformes son variables en composición y edad. El intrusivo que aflora en Toropilla es una granodiorita de edad Cretácico Inferior (Palacios, 1974); en mina Peladeros es una granodiorita del Cretácico Superior-Terciario Inferior (Araya, 1974); en minas El Soldado y El Salado se tienen, como intrusivos más cercanos, dioritas del Campaniano (Cretácico Superior, Thomas, 1958) y en mina Juanita se presentan granodioritas terciarias (Klohn, C., 1960). Se debe destacar la presencia de diques andesíticos en las cercanías de todos estos yacimientos cuya relación con la alteración y mineralización no es clara.

Aparentemente, no existe una relación entre este tipo de depósitos y estructuras mayores o lineamientos.

ALTERACION Y MINERALIZACION

De un número considerable de yacimientos estratiformes en rocas volcánicas, sólo en Buena Esperanza y El Soldado se ha estudiado con cierto detalle la alteración hidrotermal y sus relaciones con la mineralización. Los otros depósitos se estudiaron desde el punto de vista minero, pero sus descripciones permiten asociarlos a los anteriores.

Otros yacimientos como Mantos del Pacífico y Santo Domingo en Antofagasta, Poderosa en Coquimbo, Penuco y Guayacán en Aconcagua y Carmencel en Biobío, no han sido estudiados en detalle, pero tienen características similares en cuanto a mineralización y roca encajadora.

Muchos autores han encontrado en la roca huésped mineralizada de otros yacimientos minerales como albita, clorita, calcita, epidota y cuarzo, pero no los asociaron a una alteración hidrotermal (Ruiz *et al.*, 1971). En mina

* Trabajo presentado al Primer Congreso Geológico Chileno, 2 al 7 de agosto de 1976, Santiago.

** Investigador, Departamento de Geología, Universidad de Chile.

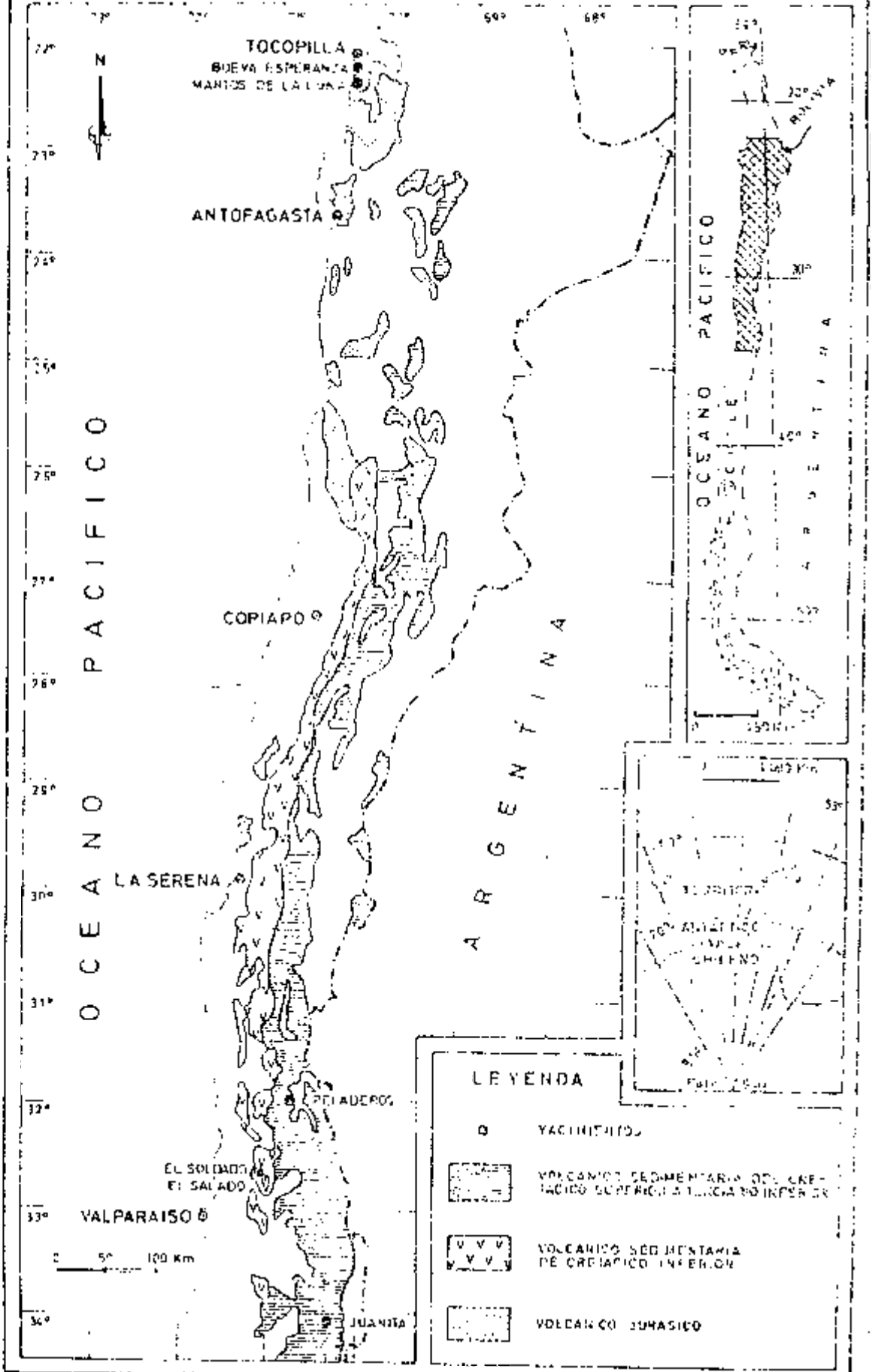

FIG. 1- MAPA DE UBICACION DE YACIMIENTOS.

El Soldado esta alteración fue interpretada como un "propilito arquítico" (Bassi, 1958). Sin embargo, otros autores tentativamente incluyeron estos minerales como de alteración hidrotermal (Hume, 1958; Oleay, 1963; Narváez, 1971 y Araya, 1971).

Losert (1974) en la mina Buena Esperanza determina una alteración epigenética hidrotermal de baja temperatura, asociada a mineralización importante de cobre estratiforme y venitorme.

En la mina El Soldado, Oleay y Alarcón (1975) señalan una alteración hidrotermal sódica, relacionada directamente con la mineralización cuprífera. La alteración aparece formando cuerpos aislados que poseen un control litológico estructural, presentando las siguientes variaciones químicas con respecto a la roca fresca (Oleay y Alarcón, *op. cit.*):

a) La sílice, el sodio y potasio aumentan con el grado de alteración.
b) El aluminio, hierro, calcio y magnesio decrecen bruscamente con el grado de alteración.
c) El contenido de estroncio decrece debido a la expulsión del calcio.
d) El rubidio aumenta coincidiendo con el aumento de sodio y potasio.

Losert (1971) determina parámetros similares en rocas alteradas de mina Buena Esperanza, sin diferenciar evidencias muy marcadas en ambos yacimientos.

El hecho que la alteración forme cuerpos aislados regionalmente pequeños (0,03 Km²), relacionados con mineralización cuprífera, variaciones químicas notables y con un control litológico estructural bien definido en los depósitos El Soldado (Fig. Nº 3) y Buena Esperanza, lleva a pensar que corresponde a una alteración hidrotermal y no a una facie metamórfica de baja temperatura como la descrita por Levi (1969) para rocas similares en la zona central, ya que además, existe una diferencia grande en intensidad asociada a andesitas.

Esta asociación cuarzo-clorita-calcita-albita y epidota se encuentra también en la facie de esquistos verdes del metamorfismo regional y dados como típicos de la epizona por Niggli (1963). Por otra parte, Deer, Howie and Zussman (1962) consideran estos minerales también como productos de alteración hidrotermal de relativa baja temperatura.

Las características relevantes de los depósitos son las siguientes:

Relación con rocas intrusivas

Este tipo de yacimientos estratiformes emplazados en rocas estratificadas volcánicas no presenta cuerpos intrusivos mayores en sus estructuras. Cuerpos menores como cuellos volcánicos, diques y filones-mantos de composición andesítica a basáltica se ubican dentro o en las márgenes del yacimiento. No existe una relación entre la mineralización y alteración con intrusivos menores de composición básica.

Estos depósitos tienen un control estructural y litológico y están relacionados en superficie con los intrusivos mayores con distancias variables entre 200 m (mina Juanita) y varios kilómetros (mina El Soldado). Estos intrusivos muestran composiciones desde granodioritas a dioritas y edades variables entre el Cretácico Inferior y Terciario Inferior.

Alteración hidrotermal

Afecta a rocas volcánicas andesíticas de textura porfírica en su parte superior amigdalinidal y/o en su parte basal maciza. Los minerales de alteración son cuarzo, clorita, calcita, albita y epidota. Estos se presentan alterando fenocristales de plagioclasas y la masa fundamental. En vetillas se observan clorita, calcita, cuarzo y epidota.

La intensidad de la alteración está relacionada con el tipo litológico, presentando las coladas andesíticas un grado mayor que tobas y brechas.

Esta alteración hidrotermal se presenta en terreno con un color verdoso. Cuando la alteración albítica predomina, la roca tiene un color rosado que permite distinguirla a distancia.

En la mina El Soldado existe una zonación horizontal de los minerales de alteración a partir de fallas por el estrato de andesita porfírica alterada (Oleay y Alarcón, 1975). La zona interior corresponde a un arreglo de minerales de alteración de albita-cuarzo; marginal a ella una asociación albita-cuarzo-clorita y rodeando a ésta, un arreglo de albita-clorita. Alrededor de los minerales anteriores se ubica una asociación de clorita-calcita, que pasa transicionalmente a andesita fresca (Fig. Nº 2). Algunas de estas asociaciones pueden tener un pequeño desarrollo o estar ausentes (Oleay y Alarcón *op. cit.*). Algunas características texturales como aglomerocúmulos de fenocristales, bordes corroídos de ellos y masa fundamental desvitrificada, están relacionadas directamente con el grado de alteración, correspondiendo una mayor intensidad a un mayor cambio textural.

En las minas El Salado y Juanita la silicificación se destaca dentro de la alteración hidrotermal. En las minas Buena Esperanza, Mantos de la Luna y El Soldado es importante la albitización.

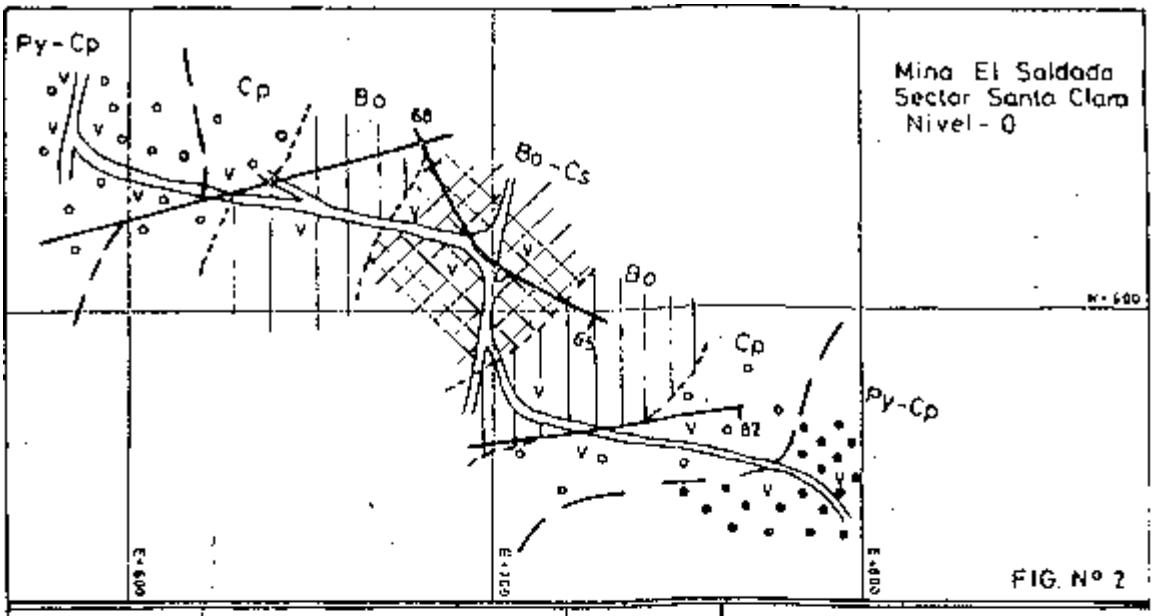

FIG. Nº 2

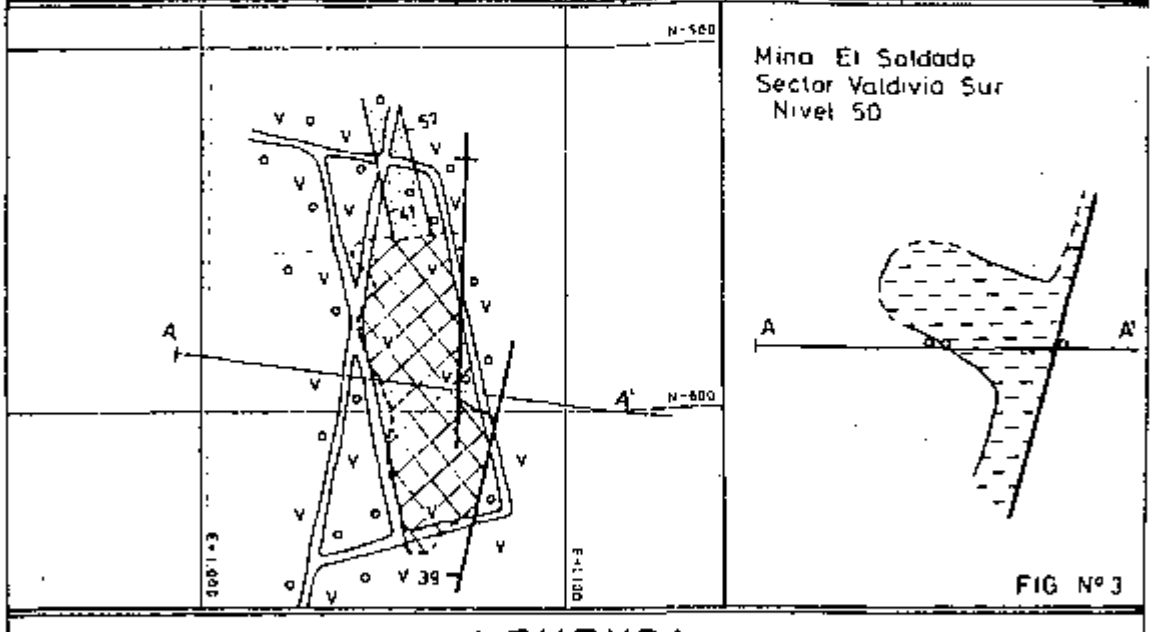

FIG Nº 3

LEYENDA

LITOLOGIA

- V V ANDESITA
- TOBA
- CONTACTO OBSERVADO
- CONTACTO INFERIDO

ALTERACION (ASOCIACION)

- ALBITA-CUARZO
- ALBITA-CUARZO CLORITA
- ALBITA – CLORITA
- CLORITA – CALCITA

- LIMITE MINERAL COMERCIAL
- FALLA
- MINERAL COMERCIAL

ESCALA 1: 2 000

En síntesis, estamos ante la presencia de una alteración hidrotermal de relativa baja temperatura caracterizada por la asociación cuarzo, albita, clorita, calcita y epidota.

Mineralización

La mineralización primaria consiste principalmente de calcosina, digenita, bornita y hematita, con cantidades menores de calcopirita y pirita. Se presenta rellenando amígdalas de las lavas (Buena Esperanza, Mantos de la Luna, Peladeros y El Salado), diseminada en la roca (Peladeros, El Soldado y Juanita) y en venillas finas (no superior a un 5%) en todos los depósitos.

En El Soldado se ha definido una zonación horizontal de los minerales cupríferos. La parte central posee los valores más altos de cobre y se distingue por la asociación bornita-calcosina y coincide con la asociación albita-cuarzo; rodeando a esta se ubican sucesivamente las asociaciones bornita-calcopirita, calcopirita y pirita, relacionadas directamente con albita-cuarzo-clorita, albita-clorita y clorita-calcita, respectivamente (Fig. Nº 2).

La mineralización presenta generalmente una débil lixiviación y oxidación, reflejo de una baja proporción de pirita, y por lo tanto un enriquecimiento secundario incipiente con espesores, formas y posiciones irregulares.

En otros yacimientos no se ha estudiado la distribución de los minerales de cobre ni su relación de zonación con la alteración.

No existen estudios calcográficos para determinar minerales como idaita, cubanita, tipos de calcosina, djurleita y otros que permitan con más propiedad dar un rango de temperatura de deposición a esta asociación cuprífera. Si hacemos una revisión de los sistemas ternarios Cu-Fe-S, podemos concluir que los rangos de temperatura donde se presentan dos o más de estos minerales metálicos varían entre 75°C y 480°C. La digenita aparece desde los 120°C hasta aproximadamente los 200°C. (Barnes y Skinner, 1967, pp. 272-278). Toda esta asociación (calcosina, bornita, digenita, calcopirita, pirita) se presenta a 200°C en el sistema Cu-Fe-S (Barnes y Skinner, p. 301), desapareciendo la digenita a los 400°C.

Carlos Ruiz (1965) clasifica estos yacimientos como tipo paragenético Nº 12 y los considera de baja temperatura, siendo la secuencia paragenética pirita-calcopirita-bornita, calcosina, semejante a lo descrito anteriormente en El Soldado.

Tentativamente podemos decir que esta asociación se depositó entre 120°C y 200°C, en base al estudio del sistema Cu-Fe-S ya mencionados.

CONCLUSIONES

1. Los yacimientos estratiformes asociados a rocas volcánicas andesíticas presentan una alteración hidrotermal sódica de baja temperatura. La mineralogía de ella es cuarzo, clorita, calcita, albita y epidota. En algunos casos se ha determinado zonación de ellos.

2. La mineralización cuprífera consiste en calcosina, digenita, bornita y hematita, acompañados de cantidades menores de calcopirita y pirita. También se ha observado en algunos yacimientos una zonación de la mineralización, donde el núcleo lo forma bornita-calcosina, rodeado sucesivamente por bornita-calcopirita, calcopirita y pirita. Esta paragénesis correspondería a una asociación de baja temperatura (120°C-200°C).

3. La relación directa entre la intensidad de mineralización y el grado de alteración, ambas de baja temperatura, nos permiten clasificarlos como desarrollos epigenéticos e hidrotermales, por la relación existente entre mineralización y alteración con fallas antes descritas.

4. Estos yacimientos estarían relacionados especialmente en profundidad con intrusivos, teniendo una posición alejada de ellos en superficie. Aparentemente, no estarían relacionados con estructuras mayores o lineamientos.

5. Dos de los yacimientos hasta ahora conocidos son importantes especialmente por su tonelaje y sus leyes (sobre 2% Cu): Buena Esperanza y El Soldado.

6. El hecho que la alteración hidrotermal esté ligada a mineralización cuprífera y a un control litológico estructural, permitirá dar una orientación diferente a las prospecciones y exploraciones en terrenos volcánicos donde estén ausentes o alejados los intrusivos.

REFERENCIAS

1. Araya M. M. 1971. "Geología del Distrito Minero Bellavista y Estudio Geológico Minero del Yacimiento Peladeros". Memoria, Biblioteca del Depto. de Geología, U. de Chile, Santiago de Chile.

2. Barnes H. Paul and Skinner J. Brian 1967, "Sulphide mineral stabilities" en "Geochemistry of hydrothermal ore deposits" Editado por Hubert L. Barnes, The Pennsylvania State University, U.S.A.

3. Deer W., Howie and Zussman J. 1967. "Rock forming minerals". Longmans, Green and Co, Ltda. London Sexta edición. Vol. I, II, III, IV.

4. Hurtz L. G. 1969. "Geología del distrito minero de Carena y de la mina El Salado". Memoria. Biblioteca del Depto. de Geología de la U. de Chile. Santiago de Chile.

IREN