

## MINERALIZACION SULFURADA DE HIERRO, COBRE Y ZINC EN LA CORDILLERA DE LA COSTA, SUR DE CHILE

SANTIAGO COLLAO  
GUILLERMO ALFARO

Univ. de Concepción, Depto. de Geociencias, Casilla 2407, Concepción, Chile.

### RESUMEN

Se describen las características geológicas y mineralógicas de algunos de los depósitos sulfurados de Fe, Cu y Zn, interbandeados en los "esquistos verdes" del Basamento Metamórfico de la Cordillera de la Costa, sur de Chile. La mineralización consiste en pirita, calcopirita, pirrotina y blenda, con trazas de covelina y bornita.

La litología de la roca huésped, posiblemente metabasitas, y la estructura, mineralogía y morfología de los cuerpos, permiten asignarlos a los denominados yacimientos Besshi (Japón) o Kieslager (Europa). Finalmente, se presenta una discusión genética, en el contexto geológico regional, para este nuevo tipo de mineralización encontrado en Chile, proponiéndose, tentativamente, su asociación a volcanismo submarino, que se habría desarrollado en el Paleozoico.

### ABSTRACT

The geological and mineralogical characteristics of some Fe, Cu and Zn sulphide ore deposits, interbanded in the green schists of the Metamorphic Basement in the Coast Range of Southern Chile are described. The mineralization is formed by pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite and sphalerite with traces of covellite and bornite.

The lithology of the host rock, and the mineralogical and morphological structure of the sulphide bodies, allow to relate them with Besshi or Kieslager ore deposits. Finally, a genetical interpretation in the regional geological framework is presented, and their association with submarine volcanism, probably developed during the Paleozoic, is tentatively proposed.

### ANTECEDENTES

La presencia de mineralización sulfurada, asociada a esquistos verdes del Basamento Metamórfico de la Cordillera de la Costa, al sur de Arauco, ha sido mencionada en la bibliografía geológica más bien como una curiosidad mineralógica que como un tipo de depósito en relación al contexto metalogénico general.

Illies (1960) mencionó una "brecha de porfirita" con cuarzo y pirita, ubicada al sur de Corral (Provincia de Valdivia), que habría sido explotada por cobre.

Alvarez (1970) y Vergara (1970) describieron la presencia de pirita y calcopirita al sur de Tirúa, en

Mina Vieja, y señalaron las características mineralógicas principales: estos minerales constituyen lentes intercalados en los "esquistos verdes" del Basamento Metamórfico.

Alvarez y Rivera (1970) mencionaron los afloramientos con pirita y calcopirita próximos al estero Traiguén, afluente del río Pirén (Provincia de Cautín), dejando abierta la posibilidad que la mineralización haya sido producida por la diorita que intruye los "esquistos verdes" en esa zona.

El presente trabajo se refiere a nuevos antecedentes geológicos de Mina Vieja de Tirúa y al hallazgo de dos zonas mineralizadas con sulfuros en

la costa de las provincias de Arauco y Cautín.

Se propone, tentativamente, una interpretación genética de los cuerpos mineralizados en el ámbito regional, ellos son asignados al conocido tipo Beshi de Japón, o Kieslager de Europa (Watanabe, 1895; Arai, 1911; Watanabe, 1957 in Yamaoka, 1962; Imai, 1963; Kamehiya y Tatsumi, 1970; Mitchell y Garson; 1976, Imai, 1978) en consideración a sus características mineralógicas, morfológi-

cas y a la litología de la roca huésped.

Parte de la información presentada en este trabajo fue obtenida por los autores, durante el desarrollo del proyecto 2.08.81 de la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción (S. Collao) y durante los estudios efectuados en la zona, por el Instituto de Investigaciones Geológicas (G. Alfaro).

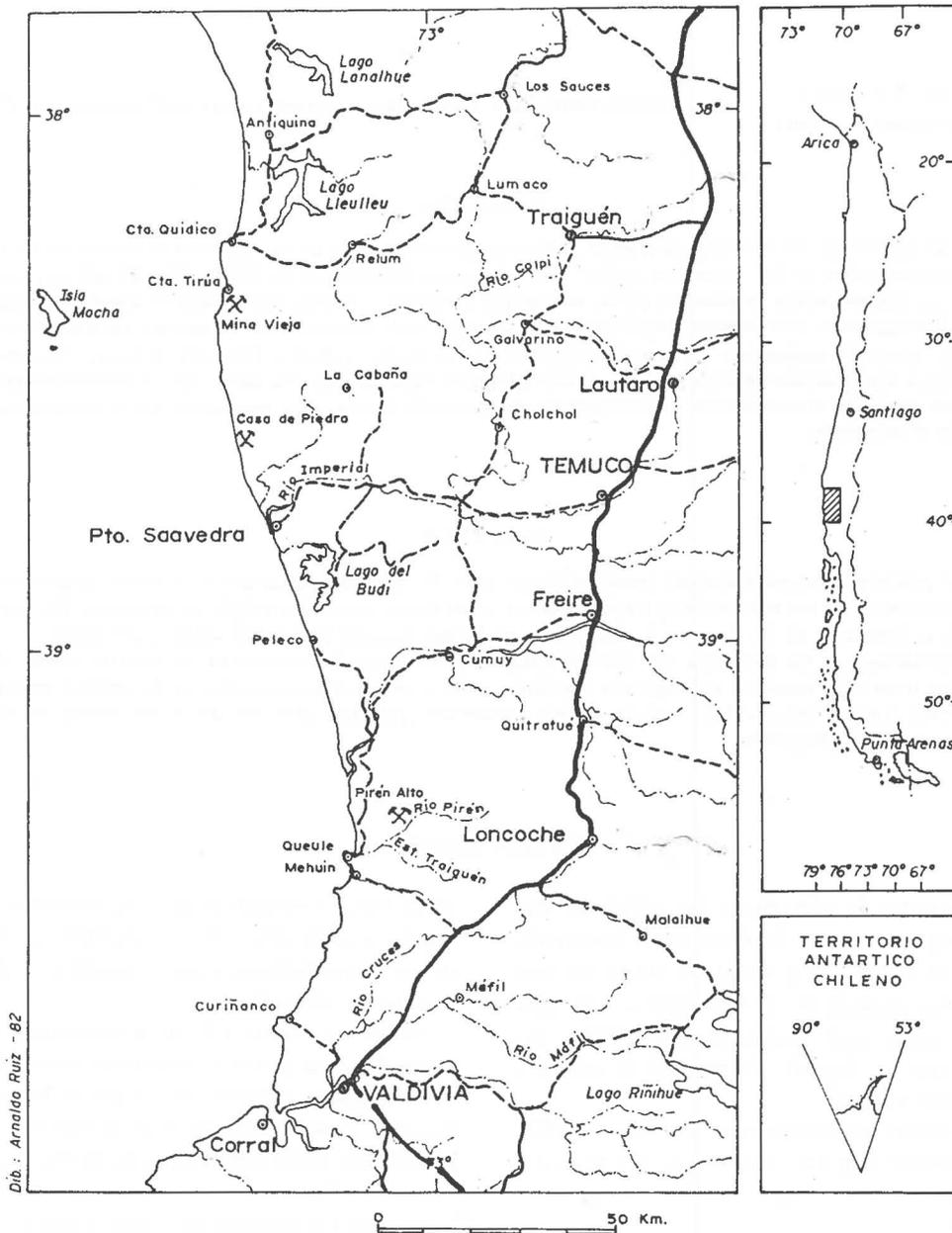


FIG. 1. Mapa de ubicación.

## UBICACION Y ACCESO

Las áreas estudiadas se ubican en la costa de las Regiones del Bío-Bío y de la Araucanía.

Las coordenadas geográficas se indican en la Tabla 1.

**TABLA 1. UBICACION DE LAS ZONAS MINERIALIZADAS**

Nombre	Latitud S	Longitud W	Altura (m s.n.m.)	Región
Mina Vieja	38°23'	73°31'	5	VIII
Playa Casa de Piedra	38°29'	73°31'	5	VIII
Pirén Alto	39°21,5'	73°05,5'	250	IX

El acceso a Mina Vieja es posible, desde la localidad de Tirúa, por un camino de tierra que bordea la costa hasta Trovolhue. La distancia por este camino es 6 km y luego, debe seguirse por un sendero de 1 km que llega a la mina. El mismo camino conduce a Playa Casa de Piedra, situada 15,4 km al sur de Tirúa.

El acceso a Pirén Alto se hace mediante un camino que, partiendo de Queule, bordea el río Pirén; después de 6 km, en el sector El Molino, hay un sendero que conduce a Pirén Alto.

## MARCO GEOLOGICO REGIONAL

Las rocas más antiguas de la región se agrupan bajo el nombre de Basamento Metamórfico. Esta unidad ha sido dividida en dos series, en base a sus características de metamorfismo (Aguirre *et al.*, 1972).

a. **Serie Occidental.** Comprende micaesquistos, metabasitas, metacherts, intercalaciones de óxidos de hierro e intrusivos máficos y ultramáficos, serpentinizados, fuertemente deformados, afectados por metamorfismo de alta presión y baja temperatura.

Estudios geoquímicos efectuados en las metabasitas (de esta serie), indican que ellas provienen del metamorfismo de rocas volcánicas, químicamente afines con basaltos toleíticos abisales (Hervé *et al.*, 1976; Godoy, 1980).

b. **Serie Oriental.** Está compuesta principalmente por esquistos, filitas, neises y metareniscas, cuyo grado de metamorfismo varía entre facies de esquistos verdes y granulitas; se caracteriza por la aparición sucesiva, de oeste a este, de biotita, an-

dalucita y sillimanita, en grado creciente de metamorfismo. El límite entre ambas series sería estructural, y cruza el lago Lanalhue con rumbo aproximado N45°W-S45°E.

La edad que diferentes autores han asignado al Basamento Metamórfico, fundamentada en similitudes petrográficas y estructurales con otras series conocidas, ha variado desde precámbrica hasta paleozoica. Las determinaciones cronológicas mediante el método Rb-Sr indican una edad paleozoica superior (González-Bonorino, 1970; González-Bonorino y Aguirre, 1970; Munizaga *et al.*, 1973). La misma edad fue determinada por Nishimura (1971, *in* Hervé, 1974). En base a los antecedentes expuestos, puede asignarse el Basamento Metamórfico al Paleozoico medio.

Sobre el Basamento Metamórfico se disponen, en discordancia de erosión y plegamiento, rocas del Mesozoico y Cenozoico.

La mineralización sulfurada a que se refiere este trabajo se emplaza en la Serie Occidental.

## CARACTERISTICAS DE LA MINERALIZACION

### SECTOR MINA VIEJA Y PLAYA CASA DE PIEDRA

La mineralización sulfurada de hierro, cobre y zinc, en los sectores de Mina Vieja y Playa Casa de

Piedra, comprende cuerpos lenticulares u horizontes, de hasta 30 m en corrida y 0,20 m de espesor, que tienen fundamentalmente pirita, con contenidos menores de calcopirita, blenda, covelina y

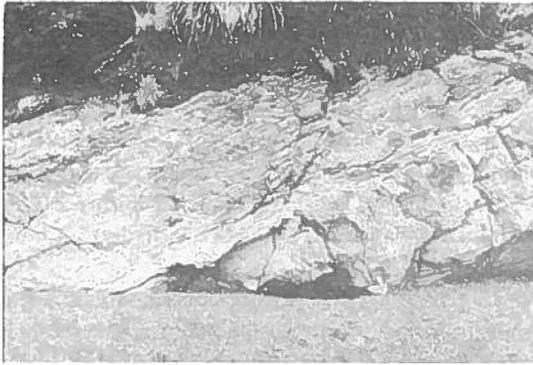


FIG. 2. Contacto de "esquistos grises" (arriba) y "esquistos verdes" (abajo). Mina Vieja, Tirúa.

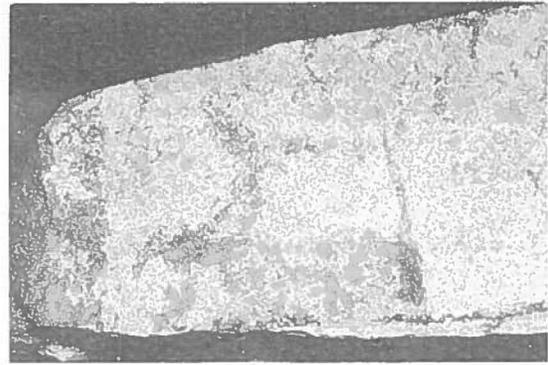


FIG. 3. Pirita maciza. Mina Vieja, Tirúa.

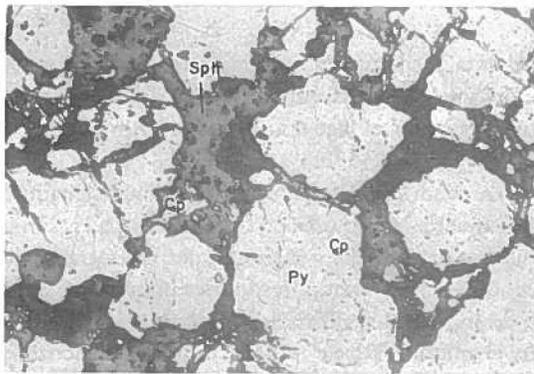


FIG. 4. Pirita rodeada por blenda y calcopirita, Mina Vieja, Tirúa (X 40).

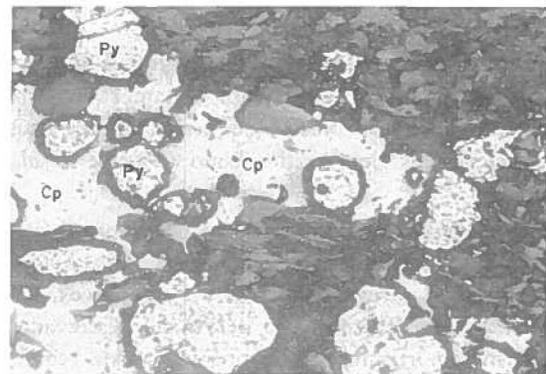


FIG. 5. Pirita y calcopirita. Playa Casa de Piedra (X 40).

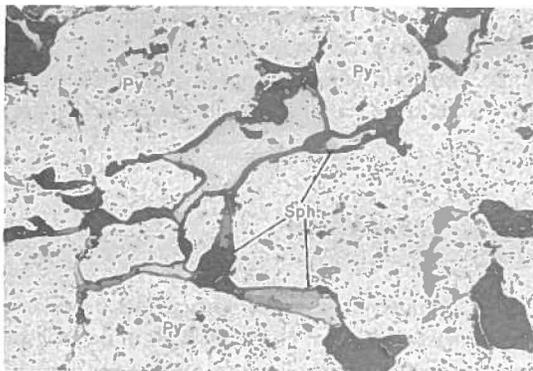


FIG. 6. Blenda, pirita y pirrotina. Pirén Alto (X 40).

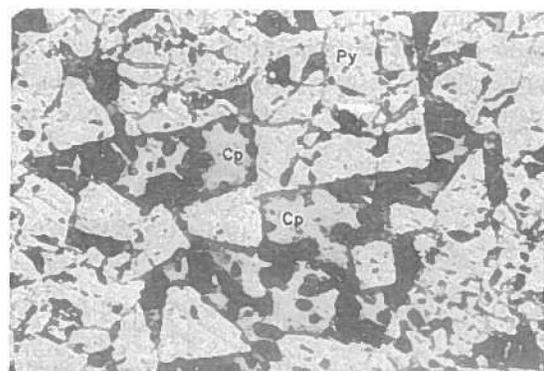


FIG. 7. Calcopirita y pirita. Pirén Alto (X 40).

bornita, interbandeados, concordantemente, en los esquistos verdes de epidota-albita-clorita. Estos esquistos verdes están, a su vez, intercalados en los esquistos micáceos ("esquistos grises") acordes a la foliación (Fig. 2), de rumbo y manteo N80°E/40-50°SE en Mina Vieja y N36°E/20°SE en Playa Casa de Piedra. En Mina Vieja, la razón pirita-calcopirita es más baja que en Playa Casa de Piedra. En Mina Vieja, la pirita aparece en forma granular, maciza (Fig. 3), con cristales subhedrales y más raramente idiomorfos, de hábito cúbico, con tamaño promedio de 0,25 mm. El mineral no corta ni reemplaza a otros, generalmente, es rodeado por calcopirita, la cual penetra, ocasionalmente, en sus cristales (Fig. 4).

La calcopirita es el segundo mineral en orden de abundancia. Los granos son anhedrales y, junto con blenda, rodean los cristales de pirita y la penetran a través de microfracturas. Aparecen también escasamente diseminadas (granos menores que 50 micrones).

La blenda aparece junto a calcopirita, intergranularmente respecto a los granos de pirita, como agregados macizos, anhedrales. Excepcionalmente está sola rodeando la pirita. El contenido de blenda en Mina Vieja es mayor al que se detecta en Playa Casa de Piedra.

La covelina se encuentra, en granos anhedrales, en los bordes de calcopirita. Se ha identificado bornita en inclusiones menores que 50 micrones de diámetro.

El espesor de las bandas con sulfuros, en Mina Vieja, es inferior a 0,5 m y en Caleta Casa de Piedra es de algunos centímetros, disponiéndose la

mineralización en forma de cadena (Fig. 5). La longitud en el rumbo visible, en la primera zona, alcanza a 20 m, con inclusiones de calcopirita y pirrotina. La calcopirita aparece englobando la pirita o rellenando microfracturas de ésta.

La blenda también aparece rodeando los cristales de pirita o rellenando fracturas, asociada con calcopirita. La covelina es escasa y sólo se observó un cristal junto a blenda. La calcosina aparece como pequeñas venillas de reemplazo, en algunos cristales de calcopirita o en los bordes de algunos de ellos.

El espesor del manto superior, medido en una pequeña quebrada, alcanza a 1,5 m; su longitud en el rumbo fue imposible de determinar, por la tupida vegetación y gran desarrollo de suelo que existe en el área.

Los resultados del análisis químico del muestreo de fragmentos, tomados cada 0,5 m en el manto mineralizado superior, incluyendo intercalaciones estériles, se indican en la Tabla 3.

La Tabla 2 indica la composición química de una muestra común de los horizontes mineralizados en Mina Vieja y Caleta Casa de Piedra.

TABLA 2. COMPOSICION QUIMICA DE LOS HORIZONTES MINERALIZADOS DE MINA VIEJA Y CALETA CASA DE PIEDRA

	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
Mina Vieja	0,97	6,20	40,2
Caleta Casa de Piedra	1,40	0,30	8,72

TABLA 3. ANALISIS QUIMICO EN PIREN ALTO\*

Muestra	1	2	3	4	5	6
Cu (%)	0,21	1,83	0,57	1,56	0,79	0,83
Mo (ppm)	20	18	48	17	47	10
Fe (%)	57,3	42,1	41	37	41,7	43,6
Pb (ppm)	2	5	37	29	77	7
Ag (ppm)	11	5,5	2,9	4,8	5,7	3,6
Zn (ppm)	27	414	525	1.100	26	1.100
Au (ppb)	180	60	20	20	20	20
S (%)	0,33	46,3	42,4	39,9	32	45,4
As (ppm)	5	30	38	17	5	5
Sb (ppm)	5	5	5	5	5	5
Co (ppm)	34	64	71	76	54	52

\* Análisis efectuados en el Laboratorio Químico del Instituto de Investigaciones Geológicas.

## SECTOR PIREN ALTO

La mineralización en Pirén Alto consiste en dos horizontes con pirita, calcopirita, pirrotina y blenda, separados entre sí por aproximadamente 120 m de roca estéril (esquistos); el horizonte inferior, adyacente al estero Traiguén, fue mencionado por Alvarez y Rivera (1970).

El horizonte superior es el más importante, consiste en un lente macizo con rumbo N40°E/33°S, intercalado, concordantemente, en "esquistos verdes" con cuarzo. La mineralización principal es pirita, seguida por calcopirita, blenda, pirrotina y trazas de calcosina y covelina (Fig. 6 y Fig. 7).

## DISCUSION

En el primer intento de interpretación global de la mineralización emplazada o asociada a rocas del Basamento Cristalino en la Cordillera de la Costa de las provincias de Arauco y Cautín, Collao *et al.* (1980), distinguieron dos franjas mineralizadas: la más occidental contiene la mineralización sulfurada de Fe, Cu y Zn y, hacia el este, se distribuye la franja con óxidos de hierro bandeados e intrusiones máficas y ultramáficas, fuertemente serpentinizadas.

La posición de las franjas de mineralización señaladas, de acuerdo a la interpretación preliminar de dichos autores, estaría relacionada a un proceso volcánico-sedimentario, marino, de modo que las facies sulfuradas se habrían formado cerca de los centros volcánicos; en tanto que la franja con óxidos de hierro bandeados correspondería a una depositación más lejana respecto del centro volcánico (yacimientos "proximales" y "distales", *sensu* de Plimer, 1978). La posición de las intrusiones máficas y ultramáficas es aún desconocida.

La distribución espacial, tentativa, que se ha indicado, concuerda con la mineralización conocida entre el lago Lanalhue, por el norte, y Nueva Im-

perial, por el sur; sin embargo, en la región costera de la provincia de Valdivia, este esquema se complica por la presencia de horizontes con minerales de manganeso en rocas paleozoicas.

Manteniendo la idea expresada por Collao *et al.* (1980) se sugiere, tentativamente, que el origen de los sulfuros polimetálicos, descritos en Mina Vieja de Tirúa, Caleta Casa de Piedra y Pirén, estaría asociada al desarrollo de facies sulfuradas "proximales" de un complejo proceso de mineralización asociada a volcanismo submarino, que se habría desarrollado en el Paleozoico, representado por los "esquistos verdes".

Se requieren mayores estudios de detalle para demostrar esta hipótesis, entre otros, analizar la deformación experimentada por horizontes mineralizados. Sin embargo, ella parece explicar, en buena forma, la distribución y génesis de los minerales en la Cordillera de la Costa del sur de Chile. Otras áreas con sulfuros de hierro y cobre conocidas en el sur, tales como Trovolhue, Corral, etc. (Alfaro, 1981) coinciden, en las características generales, con las descritas.

## REFERENCIAS

- AGUIRRE, L.; HERVE, F.; GODOY, E. 1972. Distribution of metamorphic facies in Chile. An outline. *Kristalinikum*, No. 9, p. 7-19.
- ALFARO, G. 1981. Mapa de yacimientos minerales de la provincia de Valdivia. *Inst. Invest. Geol.* (inédito), 1 mapa, sin texto.
- ALVAREZ, O. 1970. Estudio geológico de los yacimientos de hierro de la Cordillera de Nahuelbuta, provincias de Arauco, Malleco y Cautín. Memoria de Título, Univ. Chile, Depto. Geol., 2 Vols. Santiago.
- ALVAREZ, O.; RIVERA, A. 1970. Informe preliminar de la primera etapa de estudios de anomalías magnéticas y radiométricas detectadas en la región de la Cordillera de la Costa, entre el río Imperial y el extremo sur de la Isla de Chiloé. *Inst. Invest. Geol.* (inédito), 25 p. Santiago.
- ARAI, K. 1911. The Besshi deposits. *J. Min. Metal. Inst. Jap.*, p. 27-30 (en japonés).
- COLLAO, S.; MONTECINOS, P.; OYARZUN, R.; *et al.* 1980. Estudio genético de las mineralizaciones de fierro de Mahuilque. Univ. Concepción, Depto. Geocienc., *Contrib.*, No. 4, 160 p.
- GODOY, E. 1980. Zur Geochemie der Grünschiefer des Grundgebirges in Chile. *Muenster. Forsch. Geol. Palaeontol.*, Vol. 51, p. 161-182.

- GONZALEZ-BONORINO, F. 1970. Series metamórficas del basamento cristalino de la Cordillera de la Costa, Chile Central. Univ. Chile, Depto. Geol., Publ., No. 37, 68 p.
- GONZALEZ-BONORINO, F.; AGUIRRE, L. 1970. Metamorphic facies series of the crystalline basement of Chile. Geol. Rundsch., Vol. 59, No. 3, p. 979-994.
- HERVE, F. 1974. Petrology of the crystalline basement of the Nahuelbuta Mountains, South-Central Chile. Ph. D. Thesis, Univ. Hokkaido, 53 p. Japan.
- HERVE, F.; GODOY, E.; DEL CAMPO, M.; *et al.* 1976. Las metabasitas del basamento metamórfico de Chile central y austral. In Congr. Geol. Chileno, No. 1, Actas, Vol. 2, p. F175-F187. Santiago.
- ILLIES, H. 1960. Geologie der Gegend von Valdivia, Chile. Neues Jahrb. Geol. Palaeontol., Vol. 3.
- IMAI, H. 1963. Besshi Mine, Ehime Prefecture. In Pre-Tertiary igneous activity, metamorphism and metalogenesis (Takai, F.; *et al.*; eds.), Univ. Tokyo Press, p. 197-222. Tokyo.
- IMAI, H. 1978. Geological studies of the mineral deposits in Japan and East Asia. Univ. Tokyo Press, 392 p. Tokyo.
- KANEHIRA, K.; TATSUMI, T. 1970. Bedded cupriferous iron sulphide deposits in Japan; a review. In Volcanism and ore genesis (Tatsumi, T.; ed.). Univ. Tokyo Press, p. 51-76. Tokyo.
- MITCHELL, M.S.; GARSON, J.T. 1976. In Mineral. Sc. Engineering, Vol. 8, p. 129-169.
- MUNIZAGA, F.; AGUIRRE, L.; HERVE, F. 1973. Rb-Sr ages of rocks from the Chilean metamorphic basement. Earth Planet. Sci. Lett., Vol. 18, No. 1, p. 87-91.
- PLIMER, I.R. 1978. Proximal and distal stratabound ore deposits. Miner. Deposita, Vol. 13, p. 345-353.
- VERGARA, L. 1970. Prospección de yacimientos de cromo y hierro en La Cabaña, Cautín. Memoria de Título, Univ. Chile, Depto. Geol., 96 p. Santiago.
- WATANABE, T. 1957. Genesis of bedded manganese deposits and cupriferous pyrite deposits in Japan. Min. Geol., Vol. 7, p. 87-97 (en japonés).
- WATANABE, W. 1895. An introduction to the study of mineral deposits. In Volcanism and ore genesis (Tatsumi, T.; ed.), Univ. Tokyo Press, 1970, 448 p. (en japonés). Tokyo.
- YAMAOKA, K. 1962. Studies on the bedded cupriferous iron sulphide deposits occurring in the Sambagawa metamorphic zone. Tohoku Univ., Sc. Rep., Ser. 3, Vol. 8, No. 1, 63 p. Sendai, Japan.