



401  
c.2

E.S.E  
C

Cruzat

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION -----	1
GEOLOGIA DE LOS YACIMIENTOS DE COBALTO-----	1
Principales especies minerales -----	2
Tipos de yacimiento y génesis -----	2
COBALTO EN CHILE -----	5
Generalidades-----	5
Distribución -----	6
Descripción de los yacimientos -----	7
Mina Don Rigoberto -----	7
Mina Adelinda -----	8
Sierra Ladrillos -----	9
Mina Pabellón -----	10
Areas de Tres Puentes y Los Loros -----	10
Area Carrizal -----	10
Mina Germán Riesco-----	11
Distrito de San Juan -----	12
Sierra de Totorita -----	14
Minas Teresita y Vicuña -----	15
Mina Varilla-----	15
Minas Buitre y Minillas -----	16
Mina Boldo-----	18
Cajón del Rio Blanco-----	19
Cajón del Maipo -----	20
Paredones-----	21
Reservas -----	22
CONCLUSIONES -----	23
REFERENCIAS -----	26



## INTRODUCCION

La presente monografía <sup>ha</sup> ~~ha~~ sido confeccionada como parte de la asesoría que presta el IIG <sup>de</sup> un proyecto que el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo se encuentra realizando en cooperación con la Corporación de Fomento de la Producción.

Este informe se basa en la compilación de los antecedentes existentes respecto a los yacimientos de cobalto chilenos, habiéndose enfocado el trabajo, principalmente, en lo que se refiere a las características geológicas más importantes de estos yacimientos, información que permitiría obtener conclusiones respecto a la potencialidad futura de este tipo de minerales.

## GEOLOGIA DE LOS YACIMIENTOS DE COBALTO

El cobalto es un elemento relativamente abundante, estimándose en 22 ppm el contenido promedio de este elemento en la corteza terrestre. Su geoquímica es muy semejante a la del níquel y en general se encuentra disperso en la naturaleza, sin formar concentraciones de importancia. En su mayor parte se asocia a menas de cobre, níquel, plata, hierro, manganeso, plomo y zinc.

Se obtiene actualmente como subproducto de la explotación de minerales de cobre y níquel, siendo escasos los yacimientos que se explotan para extraer este elemento como único producto.



### Principales especies minerales

Existen tres tipos importantes de minerales de cobalto en la naturaleza : sulfuros, arseniuros y óxidos. Las principales especies minerales son :

<u>Mineral</u>	<u>Contenido en Co</u>
Linneita ( $\text{Co}_2\text{S}_4$ )	40 - 57 % Co
Esmaltina ( $\text{Co, Ni})\text{As}_2$	28% Co
Safflorita ( $\text{Co, Fe})\text{As}_2$	18% Co
Skuteruditta ( $\text{Co, Ni})\text{As}_3$	28% Co
Cobaltita ( $\text{CoAsS}$ )	35,4% Co
Danita ( $\text{Co, Fe})\text{AsS}$	12% Co
Eritrina ( $3\text{CoO} \cdot \text{As}_2\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )	9,5% Co
Asbolana ( $\text{CoO} \cdot 2\text{MnO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )	variable
Esferocobaltita ( $\text{CoCO}_3$ )	55-63% Co

Además, frecuentemente se encuentra cobalto en proporciones variables en pirrotina ( $\text{FeS}$ ) y löllingita ( $\text{FeAs}_2$ )

### Tipos de yacimiento y génesis

Durante la diferenciación magmática, el cobalto se separa del magma en dos etapas diferentes :

a) Conjuntamente con níquel, cromo y otros metales, en las fases de alta temperatura que dan origen a los depósitos de segregación. En esta etapa se formarían agregados de pirrotina y pentlandita ( $\text{Fe, Ni})_9\text{S}_8$ , incorporándose el cobalto a la estructura interna de la pirrotina, y posteriormente, al disminuir la temperatura y formarse pirita, se incorporaría a la estructura de ésta.



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

Cabe considerar, que el cobalto tiene una mayor afinidad por la fase silicatada residual que por la fase sulfúrica que se separa en esta primera etapa de alta temperatura y en consecuencia, las rocas básicas y ultrabásicas formadas, generalmente no contienen cobalto en proporciones comercialmente explotables.

b) En las fases finales de la cristalización magmática, el cobalto se separa constituyendo parte de los fluidos hidrotermales, depositándose normalmente en yacimientos vetiformes epigenéticos. Estos depósitos, que normalmente se asocian a rocas intrusivas básicas (diabasas u otras), son generalmente polimetálicos, tratándose de yacimientos de cobre, plata, etc. en los que el cobalto se encuentra en proporciones subordinadas; por excepción, se puede encontrar yacimientos formados exclusivamente por minerales cobaltíferos.

En estos yacimientos hidrotermales, el cobalto se asocia a azufre y arsénico, cristalizando como sulfuros, sulfoarseniuros y arseniuros. Desde el punto de vista de su temperatura de formación, estos yacimientos pueden subdividirse en dos grupos: (1) hipotermiales; vetas con gangas de cuarzo, formadas a altas presiones y temperaturas de 300 - 500 °C. Estas vetas no son importantes desde un punto de vista económico y en ellas el cobalto se encuentra incluido en la estructura de pirrotina, arsenopirita y töllingita o constituyendo sulfoarseniuros y arseniuros (cobaltita, esmaltina, etc.) y (2) mesotermiales, vetas con gangas carbonatadas (calcita, dolomita, baritina, etc.) formadas a presiones intermedias y temperaturas de 200 - 300 °C.



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

En estas vetas, los minerales de cobalto más frecuentes son cobaltita, kuterudita y safflorita, los cuales cuando existen son de los primeros minerales de la paragénesis de estos depósitos. Usualmente se asocian a calcopirita, pirita, blenda, galena y sulfuros de plata. Es frecuente en estas vetas, que a profundidad se observe un aumento en el contenido en cobalto, debido a diferenciaciones primarias. También es frecuente observar en estos depósitos que los minerales de cobalto han sido depositados en una primera etapa de mineralización, depositándose en etapas posteriores otros sulfuros metálicos; esto determina que las diferentes menas se presenten separadas y que existan concentraciones locales ricas en cobalto, sin impurezas, aprovechables económicamente.

Además de estos yacimientos de origen magmático, existen algunas concentraciones de cobalto de origen residual, las que se han producido al afectar los agentes atmosféricos a peridotitas u otras rocas básicas con un cierto contenido disperso del elemento. En estos depósitos, el cobalto normalmente se asocia a níquel y cromo.

Los minerales oxidados de cobalto son frecuentes, aunque raramente se encuentran en concentraciones apropiadas para una explotación comercial. Los más abundantes son eritrina y asbolana, encontrándose comúnmente como productos de oxidación de menas sulfuradas, en la parte superior de los yacimientos hidrotermales y produciendo un pequeño enriquecimiento local en la ley del mineral.



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

## COBALTO EN CHILE

### Generalidades

Existen en el país numerosos yacimientos de cobalto, los que dieron lugar a una explotación entre mediados del siglo pasado y 1942, totalizándose una producción cercana a 6.500 t de minerales de alta ley (6-15% Co). Los principales depósitos explotados fueron los de los distritos de San Juan (Atacama) y Tambillos (Coquimbo), además de algunos yacimientos que se encuentran en los valles de El Volcán y Maipo (Santiago). Actualmente todos estos yacimientos se encuentran paralizados.

Los depósitos de cobalto chilenos corresponden a yacimientos hidrotermales vetiformes, excepto los del distrito de Tambillos que constituyen mantos. Son vetas en general de alta temperatura (hipotermiales), constituidas por cobaltita y löllingita cobaltífera como únicos minerales metálicos o constituidos por danaita y cobaltita que se presentan como minerales accesorios en menas cupríferas, argentíferas o níquelíferas.

Estas vetas normalmente tienen potencias menores que un metro y sus leyes medias no son superiores a 2% (en general las leyes son del orden de 1% Co). En su mayoría presentan estrangulaciones y lentes, aumentando en éstos la ley del mineral y la potencia explotable. De este modo, en la mayor parte de los casos las zonas explotables económicamente se reducen a estos lentes o bolones, los que normalmente tienen dimensiones pequeñas especialmente en sentido horizontal.



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

En la mayor parte de los yacimientos se observa el desarrollo de una zona de oxidación de reducidas proporciones, en la que predominan asbolana y eritrina, normalmente acompañados de limonita. En estas zonas puede producirse un enriquecimiento secundario local, aumentando las leyes del mineral a 6 u 8 % Co.

En ciertos casos, por efecto de una diferenciación primaria, los yacimientos cobaltíferos gradan en sus niveles superiores a yacimientos cupríferos y aún argentíferos con indicios de cobalto. Este hecho debe considerarse al evaluar las perspectivas de los diferentes depósitos, ya que por su mecanismo genético cabe esperar que estos yacimientos tengan buena profundización y que sus leyes mejoren a profundidad.

Finalmente, debe mencionarse que además de estos yacimientos existen algunos depósitos de cobre, plata, y níquel con indicios de cobalto; entre estos se encuentran los yacimientos de Gatico y Carrizal (cobre), Tres Puntas y Chimberos (plata) y Los Pozos, San Pedro de Atacama etc. (níquel)

### Distribución

Los yacimientos de cobalto chilenos se distribuyen en las provincias de Atacama, Coquimbo, Aconcagua, Santiago y O'Higgins, entre los 25° y 35° de latitud sur (ver mapa adjunto). Si bien su mecanismo genético indicaría que pueden encontrarse en áreas geológicamente muy diferentes, se observa que los yacimientos más importantes se ubican en una faja costanera comprendida entre las latitudes de La Serena y Taltal.



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

Esta faja, coincide con un alineamiento de yacimientos hipotermiales de cobre, (tipo paragenético N° 3, Ruiz 1965). Estos yacimientos son vetas asociadas a fallas caracterizadas por poseer una dirección general noreste o noroeste, transversal a la mayor parte de las estructuras del país. Es importante considerar esta asociación, ya que los yacimientos de cobre del tipo 3 se extienden hacia el norte hasta la latitud de Tocopilla y en consecuencia cabe considerar como muy posible la existencia de yacimientos de cobalto en la zona costera comprendida entre Taltal y Tocopilla, área en la que actualmente no se conoce yacimientos de este tipo

### Descripción de los yacimientos

#### Provincia de Antofagasta

##### Mina Don Rigoberto

Se ubica en el departamento de Taltal, a 50 km al sur de este puerto, en Sierra Esmeralda, a 3,5 km al oeste de la Carretera Panamericana y 4 km al norte de la quebrada Cachina ( $25^{\circ}51,6' - 70^{\circ}31,4'$ )

Corresponde a una veta de calcita con minerales de cobalto y níquel. Su actitud es  $N70^{\circ}W/73^{\circ}NE$  y su potencia 0.5-0.6 m. Se encuentra encajada en una serie calcárea liásica, en las proximidades del contacto con un racilizo tonalítico que lo intruye. Por efectos metamórficos las rocas encajadoras se han transformado a rocas córneas. La mineralogía del yacimiento está constituida por arsenopirita, pirita, calcopirita, skuterudita, breithauptita, níquelina y covelina





CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

No hay estimación respecto a las reservas de este yacimiento. Se desconocen las posibilidades del yacimiento.

Provincia de Atacama

Mina Adelinda

Se ubica en el departamento de Chañaral, en Sierra Goyenechea, a 45 km del empalme 1 del camino Chañaral-Taltal. Correspondería a la antigua mina Descubridora Goyenechea (25°54' - 70°21').

Se trata de una veta argentífera con sulfoarseniuros de cobalto que fué explotada a fines del siglo pasado y comienzos de este siglo. Su actitud es N22W/70°E y su potencia 0.80 m. Encaja en una serie sedimentario-volcánica jurásica, habiendo sido reconocida en una profundidad de 100 m. La veta no es regular, ya que se encontraría formada por una serie de lentes o bolsones de alta ley, separadas por zonas de baja ley y poca potencia.

El análisis de tres muestras procedentes del yacimiento dió los siguientes resultados :

Mta.	1	2	3
Co	0.3%	1.60%	Ind.
Ag	10 gr/ton	40 gr/ton	10gr/ton

Existirían 20.000 t. de desmonte, cuya ley máxima puede estimarse en 2%. Las posibilidades de la mina misma se desconocen.



### Sierra Ladrillos

Se ubica en el flanco este del valle del río Copiapó, a pocos kms al sur-sureste de la ciudad del mismo nombre, entre Quebrada Paipote y Tierra Amarilla ( $27^{\circ}25' - 70^{\circ}25'$ ). En esta área existen numerosos yacimientos de cobre con cobalto en pequeñas proporciones y además existe una mina en que se trabajó menas cobaltíferas (Mina Deseada). Los yacimientos encaban en tobas, calizas y otros sedimentos cretácicos, los que por metamorfismo de contacto se han transformado en rocas corneas y mármoles.

Mina Deseada : Ubicada en Hacienda Florida. Se trata de calizas que localmente muestran reemplazos por danaita, observándose algunas delgadas guilecillas que las atraviesan, las que podrían representar conductos de ascenso de las soluciones mineralizadoras. En general se observa que los minerales de cobalto han sido oxidados formándose fajas de heterogenita, lo que también se observa diseminada en las calizas. Habría cuatro matos de 1.0 a 1.5 m de espesor, separados entre sí por estéril de varios metros de espesor. El mineral escogido tiene leyes de 2,5% Co pudiendo suponerse una ley media general de cerca de 1%. No hay reservas estimadas.

Minas Vulcano y Elisa : En los desmontes de estas minas habría danaita asociada a calcopirita, tetraedrita y pirita, en ganga de cuarzo y calcita. Parte de la danaita se habría oxidado a eritina. El escogido del desmonte daría 1,5% Co y en el común puede estimarse una ley de 1%. No hay estimaciones respecto a las reservas de estos yacimientos.



CASILLA 10463 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 59 PIBO

SANTIAGO

### Mina Pabellón

Ubicada a 30 km al SE de Copiapó ( $27^{\circ}39,5'$  -  $70^{\circ}14,9'$ ). Veta N20W/30W, encajada en pórfidos dioríticos y otros intrusivos marginales, existiendo rocas metamórficas en ciertas áreas. En esta mina habría safflorita, esmaltina, y óxidos de manganeso y cobalto, asociados a magnetita, specularita, pirita, calcopirita, etc. Probable ley hasta 8% de Co. No hay estimación de reservas

### Areas de Tres Puentes y Los Loros

Ubicadas al sur de la mina Pabellón, en el valle del río Copiapó ( $27^{\circ}49'$  -  $70^{\circ}01'$ ) Habría varias vetas angostas encajadas en calizas y lavas que presentan lentes de minerales de cobalto. Sólo se observan óxidos de cobalto. Al W de Los Loros, en la mina Matecillos existiría veta cobaltífera de 20-30 cm de potencia, encajada en granodiorita; sus minerales tendrían 7-10% de Co. A 4 Km al E de Los Loros, en las minas Los Carros y La Loca, habría vetas cobaltíferas de 20-40 cm de potencia y leyes de 4 -6% Co. No hay estimaciones de reservas, pero considerando el ancho de las vetas no serían adecuadas para una explotación comercial.

### Area Carrizal

En esta área existen numerosos yacimientos de cobre y algunos cobaltíferos. Los principales yacimientos con cobalto son :

Cóndor : En Sierra del Cóndor, departamento de Huasco, a 5 km al este de Carrizal Alto ( $28^{\circ}05'$  -  $70^{\circ}55'$ ). Varias vetas de dirección norte-sur



CASILLA 10485 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

y casi verticales, encajadas en un gabro que forma parte del complejo intrusivo de Carrizal Alto. La mena es principalmente esmaltina, asociada a chloantita, niquelina y pirita, en ganga de calcita. Análisis de muestras seleccionadas de este yacimiento han dado leyes de hasta 1,6/Co; la mayor parte de las vetas sólo tienen indicios de cobalto.

Mondaca : A 25 km al noreste del puerto de Carrizal; se encontraría cobaltita en los niveles inferiores de la mina, la que se presentaría constituyendo algunos lentes aislados. Los desmontes tienen pequeña proporción de cobaltita, pero se encuentra demasiado dispersa como para que sea explotada.

Vulcano : A 3 km del mineral Carrizal Alto. En los desmontes se ha observado danaita, asociada a calcopirita y pirita, en ganga cuarzosa. El contenido de cobalto en la danaita debe ser bajo, ya que una muestra escogida dió una ley de 1.1 % Co.

No existen estimaciones de las reservas de estos yacimientos, pero dadas sus bajas leyes pueden descartarse.

#### Mina Germán Riesco

Ubicada al pie occidental de la Sierra Caminada, departamento de Huasco, 25 km al oeste de Vallenar, frente al río Huasco ( $28^{\circ}29'S/70^{\circ}59,5'$ ). Veta de actitud  $N55W/75^{\circ}SW$ , encajada en una serie de rocas córneas y meta-andesitas, que han sufrido efectos metamórficos de contacto por la intrusión de un macizo diorítico que aflora al este de la mina.

La potencia de la veta es 0.5-0.8 m y está rellena por material caolinitizado, cuarzo y calcita. El mineral de mena es lollingita cobaltífera



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

que forma ojos o lentes aislados con estructura bandeada. Hay falla de dirección norte-sur, en la que se encuentra una escasa mineralización. Los planes de la mina se encuentran a 55 m de profundidad y en ellos aparece löllingita mezclada con asbolana; los restantes labores se encuentran en la zona de oxidación, en la que existe eritrina asbolana, heteroginita y limonita.

No hay estimaciones de reservas del yacimiento, las que a juzgar por la potencia de la veta deben ser pequeñas. Además, debe suponerse que la ley de cobalto es baja, ya que la löllingita usualmente posee cobalto en pequeña proporción. Aparentemente las labores efectuadas se habrían hecho en base a resultados obtenidos en la zona de oxidación, en la que se podría haber producido un pequeño enriquecimiento secundario.

#### Distrito de San Juan

Se encuentra a 25 km al sur de Freirina, departamento de Freirina, (28°41,3 'S - 71°12,2 ). En esta zona aflora un complejo metamórfico constituido por cuarcitas, filitas, micaesquistos, etc. atravesado por filones andesíticos y aplíticos y afectado por la intrusión de un macizo diorítico. Las principales minas del distrito son : Blanca, Despreciada, Alianza, Rosa Amelia, y Prosperidad.

La zona cobaltífera, de 10 km<sup>2</sup>, está ubicada entre los yacimientos de cobre Quebradita y Fragueta. Hay dos sistemas de vetas (1) Norte-Sur a Noroeste-Sureste y (2) Noreste-Suroeste, manteniendo las vetas hacia el oeste con inclinaciones variables. La mineralización en parte se asocia a los filones mencionados y en parte se ha depositado en los clivajes de las



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

rocas encajadoras. Las vetas son discontinuas existiendo frecuentemente lentes constituidos por una serie de guías o vetillas individuales de 10 a 15 cms. de potencia; estos lentes tienen buen desarrollo en sentido vertical pero horizontalmente se extienden solo por unos pocos metros.

La potencia explotable varia entre 0,3 y 2,0 m y las cajas son poco definidas. Son frecuentes las ramificaciones laterales y las impregnaciones, dependiendo la intensidad de éstas de la naturaleza de la roca encajadora. La mineralización consiste en cobaltita con cuarzo y turmalina, siendo escasa la calcita; en algunas vetas aparece calcopirita y pirita, pero se presentarían en guías separadas de los minerales de cobalto (debido probablemente a una diferenciación primaria) permitiendo explotar las menas separadamente.

La ley media de los clavos alcanza hasta 1,6%, descendiendo considerablemente fuera de ellos. Hay una zona de oxidación de buen desarrollo (30-40 m de profundidad), en la que se encuentra eritrina y asbolana; en ella se han producido concentraciones muy locales con leyes de hasta 6,37% Co.

Las vetas han sido reconocidas en las diferentes minas a lo largo de 400 m y por 100 m en profundidad en la mina Despreciada que es la mas profunda. Se supone que la mineralización tiene buenas expectativas a profundidad, ya que en la mina Socavón, que se encuentra a una cota mucho mas baja que las restantes se han explotado minerales de leyes comerciales.

Un análisis típico del mineral escogido es el siguiente :

Co : 1,64%

Cu : 7,36%

Ag : 6,8 gr/ton

Ni : 0,04%

Au : 2gr/ton



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

Se ha estimado la existencia en el distrito de 17.000 ton. de mineral con una ley máxima de 1,64 % Co. Las tres principales minas tendrían los siguientes tonelajes :

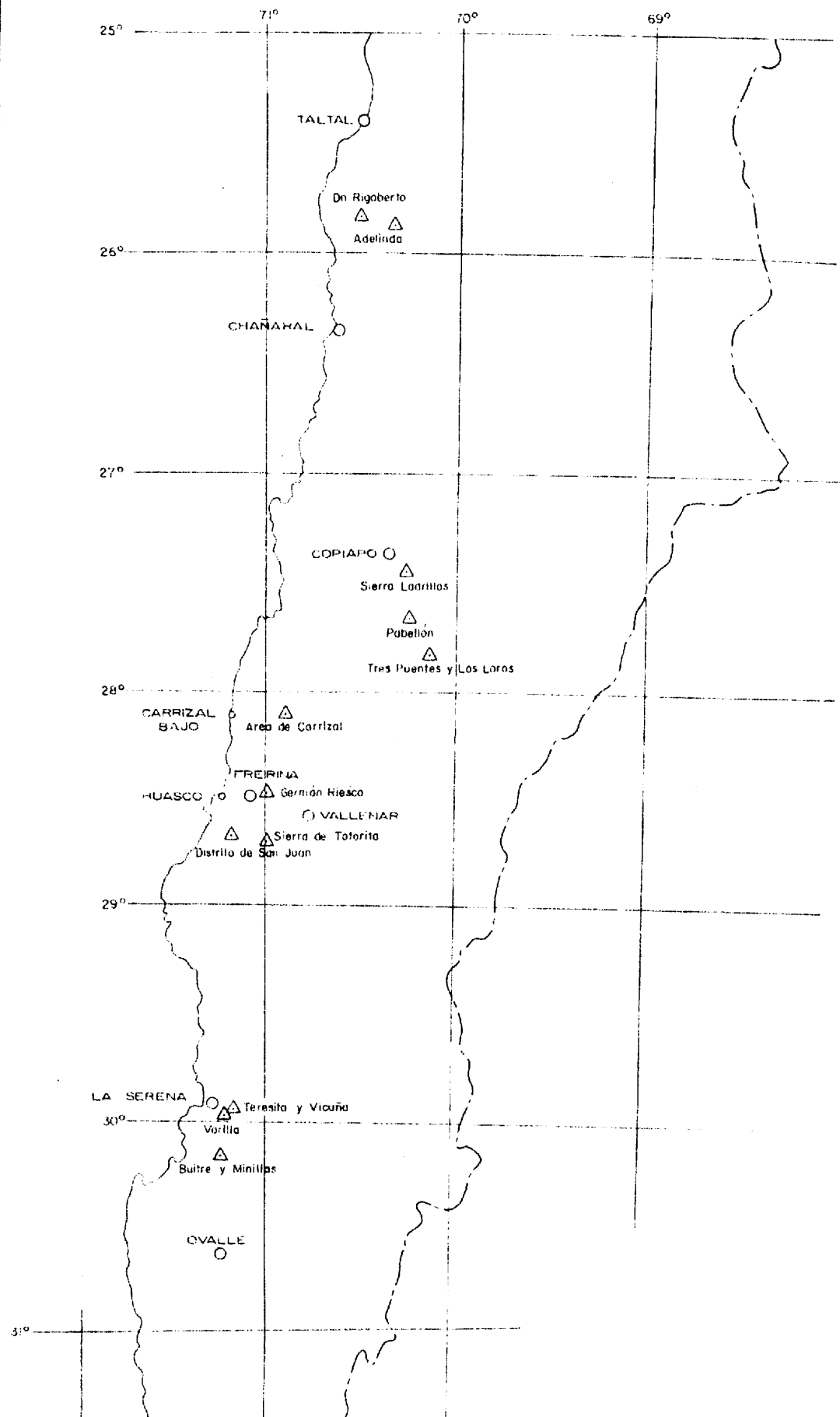
MINA	BLANCA	DESPRECIADA	PROSPERIDAD
Mineral a la vista .....	4.000 t. 0,58%	790 t. 1.07%	-----
Probable ...	600 t 0.83%	1110 t. 1.00%	400 t. 1.00 %
Disfrutes ...	800 t 1.00%	1110 t. 1.05%	100 t. 1.00%
Desmontes ..	1.080 t 1.08%	2480 t 1.00%	400 t. 1,20%
TOTAL .....	2.880 0.93%	5.490 1.14%	900 1,09%

#### Sierra de Totorita

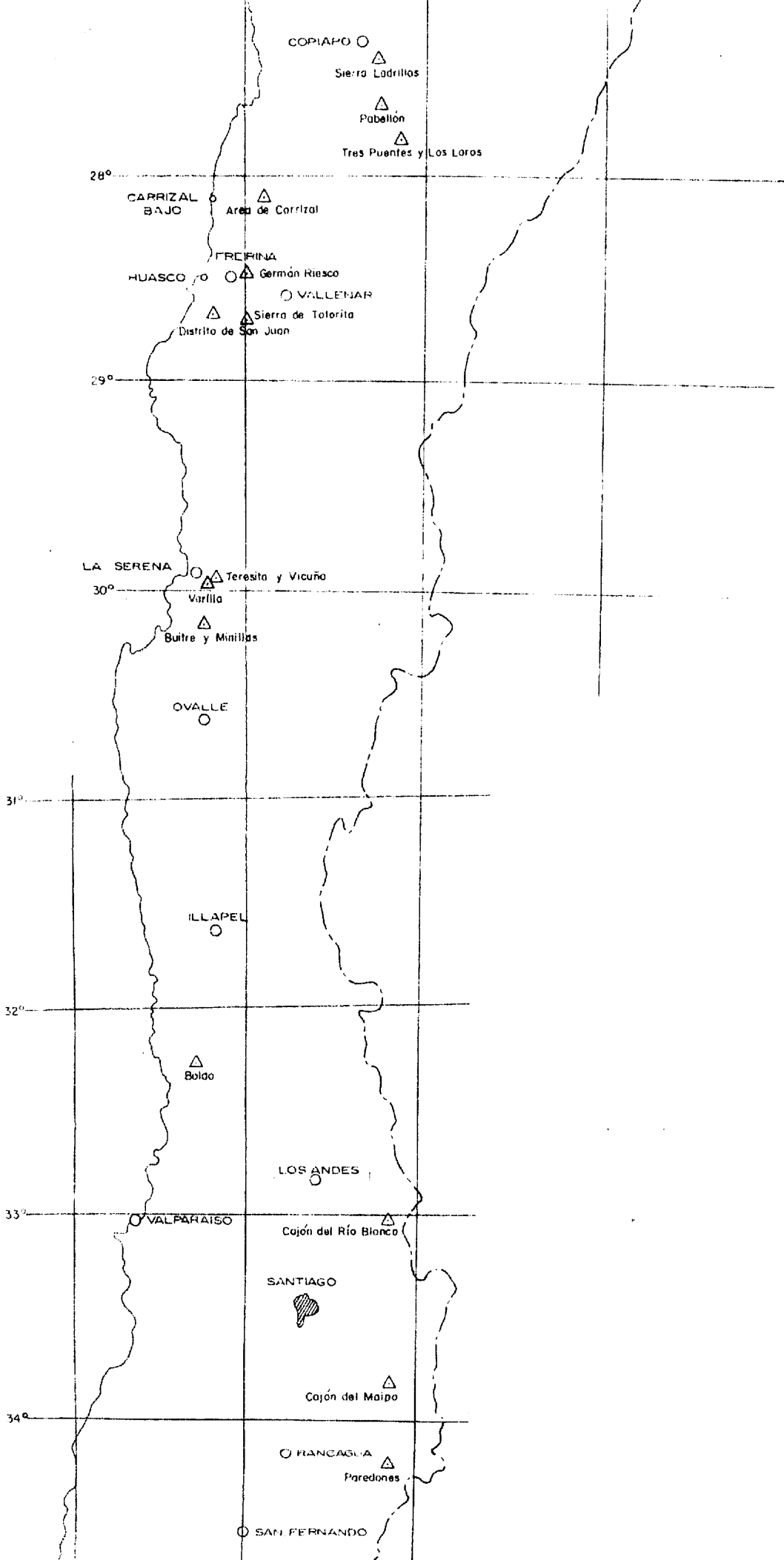
A 25 km al suroeste de Vallenar, departamento de Huasco (28°42'-70°59,3'). Las rocas del área forman un complejo intrusivo constituido por pórfidos dioríticos, bostonitas y spessartitas, atravesadas por filones lamprofíricos. Existen numerosas vetas que atraviesan este complejo, las que son irregulares y de poca corrida. Su actitud es N25°W a N70°W/60°SW vertical y están rellenas por calcita, escaso cuarzo y olingita cobaltífera. Por oxidación de olingita se ha formado heterogenita, asbolana y eritrina.

La olingita contiene 3-6 %Co, por lo que la ley media del mineral no debe ser superior a 0.4%, salvo algunos puntos de mayor ley en la veta Inesita. La mena tiene además 10 gr/ton Ag y 1 gr/ton Au.

# MAPA DE DISTRIBUCION DE LOS YACIMIENTOS DE COBALTO CHILENOS









CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

Las labores que hay en las diferentes minas (Descarpada, Estela, Inesita, San Remo, etc.) son poco profundas y de poca extensión en corrida.

No hay estimaciones del tonelaje existente en esta área. La baja ley en cobalto y lo errático de la distribución de la löllingita, hacen que estos yacimientos no sean explotables comercialmente.

### Provincia de Coquimbo

#### Minas Teresita y Vicuña

Ubicadas a 8 km de La Serena, departamento de La Serena, en el faldeo oriental del cerro La Varilla, y a 100-200 m s.n.m. ( $29^{\circ}56,5'S - 71^{\circ}09'$ )

En esta zona aflora una serie de vetas que encajan en dioritas. Las actitudes son variables, siendo la dirección de la veta principal N80W y su inclinación  $60-70^{\circ}$  al sur. Sus potencias son variables y la zona de oxidación reducida.

La mineralización se presenta como fina diseminación de cobaltita en una ganga de calcita, existiendo además eritrina en los niveles superiores.

Existirían en esta área 2700 t de mineral probable con leyes del orden de 0,4% Co.

#### Mina Varilla

Ubicada 7 km al este de La Serena, departamento de La Serena, en los faldeos del cerro La Varilla ( $29^{\circ}57' - 71^{\circ}11,9'$ ) Se trata de una serie de vetas encajadas en una faja de lavas que se encuentra entre dos macizos



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

dioríticos. La serie está atravesada por filones dioríticos y lamprofíricos que en parte controlan la mineralización. Los rumbos y manteos son variables y las corridas son pequeñas; la veta principal tiene actitud N55-60W/70-75°SW. La mineralización corresponde a un relleno con calcita, acompañada por safflorita; en menor proporción se encuentra calcopirita, bornita, galena, blenda y tetraedrita.

Los minerales de cobalto se presentarían constituyendo lentes pequeños, de poca profundización y en general estarían separados de los minerales de cobre, permitiendo una explotación selectiva. No hay antecedentes acerca de las leyes del mineral, ni del posible tonelaje existente en el yacimiento.

#### Minas Buitre y Minillas

Ubicadas 7 km al sureste de la estación Tambillos y 30 km al sur de Coquimbo, distrito minero de Tambillos, departamento de Coquimbo (32° 12,8'S - 71° 13'W).

Aflora en el área una serie neocomiana de lavas anfibolitizadas, rocas córneas y limolitas silicificadas de actitud N15-35W/45-50°E. A lo largo del plano de separación entre las rocas córneas y las limolitas silicificadas, se depositaron minerales de cobre y cobalto, formando guías, impregnaciones y reemplazos irregulares, originándose un manto de potencia variable; la caja pendiente se encuentra bien definida, no así la caja yacente, pasando paulatinamente el manto a ésta al disminuir gradualmente la impregnación hacia el oeste.



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

Los minerales metálicos corresponden a cobaltita, que se encuentra constituyendo impregnaciones finas y algunos bolsones de importancia, danaita, pirita, calcopirita, tetraedrita, blenda y galena. Los minerales de cobre y plomo se encuentran normalmente separados de cobaltita (que sería el mineral más antiguo de la paragénesis) y con una distribución más regular, apareciendo generalmente cerca de la capa pendiente en forma de guías bien definidas.

Los minerales de cobalto (cobaltita y danaita) corresponden a dos generaciones diferentes, las que determinan que se encuentren separadas, pudiendo explotarse independientemente ambas menas. Al respecto debe considerarse que la explotación comercial de danaita es dudosa.

En la zona existen numerosos laboreos en forma de socavones, los que hoy en día se encuentran en su mayor parte aterrados y rellenos con disfrutes. En ambas minas se habría explotado el mismo manto, el cual por efecto de una falla transversal se encontraría desplazado hacia el oeste en el área de la mina Minillas.

La ley media total de los minerales explotados era de 4 a 5% Co, con algunas leyes parciales algo mayores. Se estima que los minerales actualmente existentes tienen una ley no superior a 1% Co. Las expectativas del distrito de reducirían a la explotación de desmontes, disfrutes y algunos lentes ricos en cobaltita que existirían en los niveles superiores de la mina Buitre. A profundidad se desconocen las posibilidades, aunque cabe suponer que estas pueden ser favorables, por encontrarse las labores de la mina Minillas a una



CASILLA 10405 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

cota mucho mas baja que las de la mina Buitre. La única estimación de reservas de que se dispone, fue hecha en 1926 en la mina Buitre y arrojó los siguientes resultados :

Mineral posible	44.600 t (menor que 1% Co)
Desmontes	21.300 t (0,7% Co)
Disfrutes	16.700 t (0.46% Co)
<hr/>	
Total . . . . .	82.600 t.

### Provincia de Aconcagua

#### Mina Boldo

Ubicada al este de Longotoma, departamento de Petorca, en el cerro El Boldo, a 700 m s.n.m. (32°18' S - 71° 19' W).

Aflora en el área una serie sedimentaria urfásica con intercalaciones de rocas córneas, las que han sido intruidas por macizos dioríticos cuyos afloramientos constituyen la mayor parte de las rocas de la zona.

El yacimiento consiste en una serie de vetas de hasta 80 cm de potencia, a partir de las cuales se ha producido una impregnación de algunos niveles de rocas córneas, encontrándose en éstas los minerales metálicos en forma de fina diseminación o formando lentes algo mayores. El relleno de las vetas es cuarzo arcilloso, con turmalina alterada, y los <sup>minerales</sup> ~~minerales~~ metálicos presente son: cobaltita, löllingita cobaltífera, pirita y calcopirita. En las cercanías de la superficie se encuentra eritrina y asbolana, las que han producido localmente un enriquecimiento secundario.



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

Muestras escogidas han dado una ley de hasta 3,2% Co, pero puede considerarse como ley media del yacimiento 1% Co. Cabe considerar al respecto, que durante la explotación que se hizo a comienzos de este siglo, se prestó preferente atención a un manto de roca córnea con impregnaciones metálicas no habiéndose desarrollado una explotación de importancia en torno a las vetas, las que por encontrarse muy próximas entre sí podrían constituir reservas de cierta importancia.

### Cajón del Rio Blanco

En esta área existirían varios yacimientos cobaltíferos, ubicados a 20 km al sureste de la estación Rio Blanco, departamento de Los Andes, en las vecindades del estero de La Filomena (33°02'S - 70°10'W). Las principales minas del área son: Casa de Troya, Salvadora, Filomena y San José.

Las rocas del área corresponden a coladas de andesitas porfíricas de actitud este-oeste/ 30°S, las que han sido afectadas por la intrusión de macizos dioríticos. Existirían en el área dos corridas de vetas: (1) vetas cobaltíferas subverticales y dirección N50E, con ganga de baritina y mena de löllingita cobaltífera, esmaltina y arsenopirita y (2) Vetas cupríferas subverticales y rumbo este-oeste, con ganga de lavas alteradas, pirita y siderita y mena de calcopirita.

Las vetas son irregulares, constituyendo clavos y lentes de 1 a 6 m de corrida, separados entre sí por finas guiecitas prácticamente estériles. Los diferentes cuerpos (14 fueron reconocidos en 1943) se encuentran



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

separados entre si por 10 a 20 m de materiales estériles, aunque suelen cambiar de rumbo localmente, tendiendo a unirse y produciendo intensas impregnaciones de las rocas encajadoras en estas zonas. Las potencias son en general menores que 1 m, observándose en los niveles inferiores de las vetas cobaltíferas una intensa alteración hidrotermal, manifestada por la presencia de cuarzo, magnetita y epidota.

Las leyes son en general bajas (del orden de 0.06-0.35% Co), pues el contenido en cobalto de löllingita es pequeño (4.7-8.6%) Apparently, se habría producido en estos yacimientos una diferenciación primaria, depositándose localmente minerales de mejor ley (hasta 2%) en las zonas superiores de las vetas, zonas en que aumenta la proporción de cobre de la mena.

No existe estimación de reservas de estos yacimientos. Considerando la pequeña potencia que tienen las vetas y las bajas leyes del mineral, puede decirse que estos depósitos no tienen expectativas futuras.

### Provincia de Santiago

#### Cajón del Maipo

En esta área existen varios yacimientos de cobalto, ubicados en el flanco este del valle del río Maipo, aproximadamente 9 km al sur de la confluencia con el río Volcán (33°49S - 70°10'W).

Se trata de una serie de vetas (Mecceditas, Cobaltita, Coranal y otras) con rumbos variables y casi verticales, encajadas en lavas, tobas,



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

brechas y conglomerados afectados por intrusiones granodioríticas. La mena está constituida por löllingita, cobaltífera, danaita, calcopirita, bornita, tetraedrita y blenda, acompañadas de pirita, magnetita, pirrotina, cuarzo y calcita. Existe una pequeña zona de oxidación en la que se ha desarrollado asbolana y eritrina, además de óxidos e hidróxidos de hierro y minerales oxidados de cobre. Las potencias explotables normalmente no son superiores a 30 cm salvo en la veta Merceditas donde algunos clavos permitirían explotar un espesor mayor.

Las leyes obtenidas a través de numerosos análisis son las siguientes :

	<u>Veta Covahal</u>	<u>Veta Cobaltita</u>	<u>Veta Merceditas</u>
Co	2,4 %	2,58 %	0.5 - 0.7 %
Cu	1,2 %	0.32 %	1,4 - 1,6 %
Ag	91 gr/ton	24 gr/ton	
Au	7 gr/ton	0.5 gr/ton	

La única estimación disponible de reservas corresponde a la veta Merceditas, donde se han cubicado los siguientes tonelajes :

Mineral probable : 11.800 t (0.5 % Co)

Mineral posible : 16.000 t (0.5 - 0.7 % Co)

### Provincia de O'Higgins

#### Quebrada Paredones

Este yacimiento se ubica en el cajón del río Pangal, departamento de Rancagua, en el faldeo sur del río Paredones (34°14,6 'S - 70°10,9'W)





CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

En el área aflora una secuencia plegada de lavas, areniscas y pizarras, cortada por diques lamprofíricos y riolíticos. Existe una serie de vetas en parte controladas por los diques, que suelen presentar lentes o bolsones de 3 a 4 m de longitud. La mineralización está constituida por danaita, tetraedrita, safflorita, calcopirita y esmaltina, en una ganga de cuarzo, calcita, baritina y pirita.

La ley del mineral de los clavos es de 2.3 - 2.4 % Co y presentan además un contenido en níquel de hasta 0.42%. La ley media del mineral puede estimarse en 1,75 % Co.

La única estimación de reservas existente, se refiere a una de las vetas, donde existirían 3800 t de mineral posible.

### Reservas

Tal como se desprende de la descripción de los yacimientos, las estimaciones de reservas existentes son escasas. Esto se debe, principalmente, al poco interés general que ha existido por este rubro de la minería y al hecho de que los laboreos existentes en la mayoría de los depósitos son antiguos, encontrándose en gran parte aterrados e inundados.

El total de las reservas estimadas hasta el presente ascienden a 153.900 t. de mineral con una ley variable entre 0.46 y 2% Co, cifra que puede desglosarse de la siguiente manera :

Mineral a la vista	4.790 t
Mineral probable	16.610 t
Mineral posible	68.530 t
Desmontes	45.260 t
Disfrutes	18.710 t



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 59 PISO

SANTIAGO

### CONCLUSIONES

- 1.- En Chile existen numerosos yacimientos de cobalto, distribuidos entre los 25° y 35° sur de latitud. Los principales depósitos se encuentran en una faja costanera que se extiende entre La Serena y Taltal, faja que coincide con una alineación de yacimientos vetiformes de alta temperatura de cobre.
- 2.- Estos yacimientos de cobalto son vetiformes, excepto los del distrito de Tambillos que constituyen un manto. Encajan en rocas de diferentes tipos y edades; los minerales metálicos principales son safflorita, cobaltita y danaita, frecuentemente asociados a calcopirita, pirita y tetraedrita.
- 3.- Es frecuente observar en estos yacimientos la presencia de mena de cobre, las que usualmente se encuentran separadas de las menas cobaltíferas permitiendo una explotación selectiva del mineral.
- 4.- Las leyes medias de los yacimientos son bajas (inferiores a 1% Co), aunque suelen presentarse pequeños lentes o bolsones de alta ley, comercialmente explotables. Además, localmente, se puede producir por oxidación un enriquecimiento secundario, aumentando la ley de la mena a 6 u 8% Co.



- 5.- Las estimaciones de reservas existentes son escasas. El total de reservas cubicadas hasta la fecha es de 153.900 toneladas.
- 6.- De acuerdo a los antecedentes recogidos en el transcurso del presente trabajo, la gran mayoría de los yacimientos chilenos no serían explotables en las actuales condiciones, debido a sus bajas leyes y al escaso volumen de reservas que presentan. En la opinión de este autor, sólo tendrían interés económico bajo condiciones favorables los depósitos que se encuentran en los distritos de San Juan (Minas Blanca, Despreciada, etc.) y Tambillos (minas Buitre y Minitas). Esta opinión se basa fundamentalmente en las reservas cubicadas en estos yacimientos, en las leyes del mineral presente y en los antecedentes que permiten suponer que en estos depósitos la mineralización tiene buenas expectativas a profundidad.
- 7.- El mecanismo genético de los yacimientos de cobalto chilenos indica que se asociarían a rocas muy diversas y en consecuencia no se puede establecer pautas definidas para la prospección. A pesar de esto, debe considerarse que la asociación de los depósitos más importantes a la alineación de yacimientos hipotermales de cobre, indicaría que es posible encontrar yacimientos de cobalto en toda la faja costanera que se encuentra entre La Serena y Tocopilla. En consecuencia, cabe prestar preferente



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

atención a esta zona, siendo muy probable que se encuentren nuevos yacimientos entre Taltal y Tocopilla y en la zona costanera que se extiende entre el distrito de San Juan y la mina Adelinda, donde se conocen yacimientos de cobre de alta temperatura (distritos de Las Animas, El Roble y Algarrobo) .



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 5º PISO

SANTIAGO

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, L., 1962, Informe sobre la mina Varilla, (Informe inédito) IIG
- Anónimo, 1924, "Productos de Chile: El Cobalto, Riqueza Minera," año II, p. 351
- Flores, H., 1939, Informe sobre las minas de la Cia. Minera La Cobaltera (Informe inédito), Dep. de Minas y Petróleo
- Fuenzalida, J.C., 1909, Monografía minera del departamento de Chañaral Bol. Inspec. de Geografía y Minas
- Gonzalez, H., 1956, Prospección minera en la provincia de O'Higgins (Informe inédito) CORFO
- x Hornkohl, H., 1941 a, Informe geológico sobre algunos yacimientos de cobalto en el Cajón del Maipo (Informe inédito) CACREMI
- \_\_\_\_\_, 1941 b, Informe sobre la mina San Bartolo (Informe inédito) CACREMI
- x \_\_\_\_\_, 1942, El cobalto de Chile, An. Cong. Pan. Ing. de Minas, t. 4 p. 1602-1625
- \_\_\_\_\_, 1952, Los yacimientos de cobalto chilenos, (Informe inédito) CACREMI
- Jander, H., Informe sobre la mina Casa de Troya, (Informe inédito), CACREMI
- Kausel, E., 1943, Memorandum sobre la Cia. Minera Mercedistas (Información inédita), CORFO
- Klohn, C., 1953 Informe geológico y minero de la Cordillera de la provincia de O'Higgins al este de Rancagua (Informe inédito).
- Michel, L., 1941, Breve exposición técnico-económica sobre el yacimiento de cobalto de Longotoma (Informe inédito) privado
- Pizarro, B., 1943, Informe sobre reservas de minerales del yacimiento cobaltífero de la Cia. Minera Mercedistas (Informe inédito) CORFO
- Rodriguez, M., 1957, Informe sobre la Cia. minera Mercedistas, (Informe inédito), privado.



CASILLA 10465 - TELEFONO 30121

AGUSTINAS 785 - 59 PISO

SANTIAGO

- Ruiz, C., 1965, *Geología y yacimientos metalíferos de Chile*, Inst. de Invest. Geológicas.
- Serrano, M y Ortiz, F., 1962, *Antecedentes geológicos sobre algunas minas del Depto. de Taltal*, (Informe inédito), IG.
- Thomas H., 1953, *Informe de la comisión geológica Thomas-Junge sobre la alta cordillera entre el río Aconcagua y el río Colorado* (Informe inédito) CORFO.
- Vallejos, R. 1928, *Informe preliminar sobre la mina Buitte del señor Santiago Marey* (Informe inédito) CACREMI
- von Vacano, O. 1943, *Informe sobre las minas de cobalto del Sr. Manuel Losada T.* (Informe inédito), CACREMI



LISTA DE MINAS ANEXA A LA MONOGRAFIA SOBRE LOS YACIMIENTOS DE COBALTO CHILENOS

MINA	PROVINCIA	PAG.
Don Rigoberto . . .	Antofagasta . . . . .	7
Adelinda . . .	Atacama . . . . .	8
Deseada . . .	Atacama . . . . .	9
Vulcano y Elisa . . .	Atacama . . . . .	9
Pabellón . . .	Atacama . . . . .	10
Matecillos . . .	Atacama . . . . .	10
Los Carros y La Loca . . .	Atacama . . . . .	10
Condor . . .	Atacama . . . . .	10
Mondaca . . .	Atacama . . . . .	11
Vulcano . . .	Atacama . . . . .	11
Germán Riesco . . .	Atacama . . . . .	11
Blanca . . .	Atacama . . . . .	12 - 14
Despreciada . . .	Atacama . . . . .	12 - 14 - 13
Alianza . . .	Atacama . . . . .	12
Rosa Amelia . . .	Atacama . . . . .	12
Prosperidad . . .	Atacama . . . . .	12- 14
Descarpada, Inesita etc . . .	Atacama . . . . .	15
Teresita y Vicuña . . .	Coquimbo . . . . .	15
Varilla . . .	Coquimbo . . . . .	15
Buitre y Minillas . . .	Coquimbo . . . . .	16 - 17- 18
Boldo . . .	Aconcagua . . . . .	18
Casa de Troya . . .	Aconcagua . . . . .	19
Salvadora . . .	Aconcagua . . . . .	19
Filomena . . .	Aconcagua . . . . .	19
San Jose . . .	Aconcagua . . . . .	19
Merceditas . . .	Santiago . . . . .	20 - 21
Cobaltita . . .	Santiago . . . . .	20 - 21
Coraval . . .	Santiago . . . . .	20 - 21
Quebrada Paredones . . .	O'Higgins . . . . .	21 - 22