

## Capítulo 2 Geología económica

### 2.1 Generalidades

En el área estudiada se presentan dos tipos de mineralización: el Prospecto Otué con pirita, calcopirita y algo de molibdenita en forma diseminada y en venillas en el intrusivo granodiorítico, y otro tipo de mineralización, semejante al Prospecto Curacarel (IIG-MMAJ, 1977) con bornita y óxidos de cobre en forma de manto en las lavas de la Formación Abanico. Además, en el sector suroeste, se reconoció una veta con hematita y cuarzo, que no reviste interés económico.

### 2.2 Mineralización y alteración hidrotermal

#### 1) Prospecto Otué

Este prospecto está ubicado principalmente en una angosta franja a lo largo del estero Quilmahue. El ancho máximo de dicha franja es de 250 m en el sector norte del prospecto y hacia el sur se va angostando; en la parte intermedia la franja presenta digitaciones, hacia el sur se amplía levemente, para adelgazarse nuevamente más al sur. El largo total de esta franja es de 2,5 km.

El prospecto se sitúa en el borde oriental del cuerpo central de granodiorita, siendo la roca huésped principal el intrusivo y localmente andesitas basálticas y andesitas de hornblenda de la Formación Abanico.

La mineralización hipógena en orden de abundancia es: pirita, calcopirita, molibdenita, pirrotina y esfalerita. Los minerales de ganga son ilmenita, magnetita y cuarzo. La mineralización se presenta principalmente en forma diseminada, en vetillas de 1 cm de ancho y en forma de stockwork (con venillas de 0,2 a 0,3 mm); además se producen reemplazos en minerales máficos de la roca huésped.

La pirita ocurre en cristales. La calcopirita se presenta asociada a la pirita,



ya sea rodeando los cristales de pirita, o bien, cruzándolos en forma de venillas; de acuerdo a lo anterior, la calcopirita sería posterior a la pirita. La magnetita y esfalerita se observan en forma de puntos en los cristales de pirita. Los óxidos son crisocola, malaquita, limonita y hematita, que se presentan diseminados y en pequeñas fracturas. No se observa enriquecimiento secundario.

En la quebrada inmediatamente al este del estero Quilmahue se presentan valores anómalos de zinc en sedimentos, como se explicará posteriormente; en dicha quebrada no se observó mineralización de zinc y las leyes de cobre y molibdeno resultaron ser muy bajas, de lo que se desprende que en dicho lugar existiría mineralización muy débil de zinc. Las leyes de Cu y Mo son bajas (PL. III-3). Existe un solo valor con ley de Cu total sobre 1 % (muestra E-86). La ley mas alta de Mo es 0,040 % (muestra A-114). Comparativamente, las leyes más altas de Cu y Mo se presentan en los extremos norte y sur del prospecto. El sector del extremo norte tiene 500 m de largo y 200 m de ancho, la ley promedio de Cu es 0,20 % y de Mo 0,004 % y corresponde al área del prospecto con sericitización y silicificación más intensa. El extremo sur cubre un área de 200 m de largo y 100 m de ancho, su ley promedio de Cu es 0,18 % y Mo 0,008 %, presentado alteración más débil que el sector norte.

La alteración hidrotermal está representada por sericitización, silicificación y cloritización; en algunos sectores se presenta epidotización, carbonatización, caolinización, arcillización y zeolitización.

La silicificación y sericitización son más intensas en el extremo norte del prospecto, en este sector la roca huésped está casi completamente reemplazada a cuarzo y sericita y en algunas parte a calcita. Hacia el sur, la silicificación y cloritización y sericitización disminuyen en cambio se observa epidotización, cloritización y carbonatización. En el sector central del prospecto, donde la mineralización presenta digitaciones, la alteración es zeolitización en pequeñas fracturas y fallas de



este sector se observan vetillas de laumontita de 0,3 a 0,4 mm de espesor, con espesamiento de 5 a 10 cm en las partes más densas, que poseen dos rumbos preferenciales: N 70° E/50° W y N 20° W/70° E.

densas, que poseen dos rumbos preferenciales: N 70E/50W y N 20W/70E.

En el sector sur la silicificación y sericitización es poco fuerte, distribuyéndose en una franja angosta.

En el Prospecto Otué no se observa zonación de la alteración.

La mineralización y alteración recién mencionadas se distribuyen a lo largo de los sistema de fallas enumerados en el punto 1.4 del capítulo 1.

## 2) Zona mineralizada mantiforme del tipo mina Curacarel

Se ubica en el extremo suroeste del área estudiada y al lado norte del río Otué, donde existe un socavón aterrado en la entrada y abandonado.

La mineralización se presenta en un manto de sílice de 40 cm de espesor que se aloja en andesitas de hornblenda de la Formación Abanico. Los minerales observados son bornita, calcopirita, especularita, malaquita y crisocola, los que se presentan diseminados y en venillas. Al microscopio, una muestra recolectada en el desmonte mostró, además de los minerales antes mencionados, calcosina y covelina, los cuales se presentan en forma de guías, con cuarzo en la parte central, cruzando los cristales de calcopirita y bornita.

El rumbo del manto es N 66° W/33° N y es aparentemente concordante con la estratificación de las lavas.

Por similitud morfológica y mineralógica con la mina Curacarel, situada 2 km al sur, se les considera genéticamente similares.

Este manto mineralizado fue reconocido en un solo lugar lo que hace pensar en un cuerpo lenticular de pequeñas dimensiones.



### 2.3 Consideraciones

De acuerdo a lo observado en terreno, la mineralización de Otué se habría desarrollado del siguiente modo:

La mineralización y alteración se relacionan con el intrusivo granodiorítico emplazándose en el borde oriental del cuerpo o próximo a él, donde hay fracturas con dirección N-S y NE - SW.

Posteriormente se producen dos fallas con rumbo N-S y NE-SW las cuales cortan a la roca mineralizada (las fallas feneran una brecha tectónica cuyos clastos silificados corresponden a la granodiorita mineralizada; la mineralización no es vetiforme y tampoco hay evidencias de alteración a partir de la falla).

Exite una segunda fase de mineralización, posterior a las fallas principales, representadas por diseminación débil pirita en la salbando arcillosa y por la presencia de venillas de hasta 4 cm de potencia, paralelas a las fallas con cuarzo, calcita, epidota y clorita y venillas de 0,3 cm de potencia con laumontita:

La edad en mineralización fluctuaría entre el Cretácico Superior y el Terciario Inferior como lo señalan las edades radiométricas del intrusivo.

Geneticamente la mineralización coresponde a un stockwork con diseminación y alteración débil (principalmente silicificación) lo cual le diferencia de un pórfido cuprífero sensu stricto.

En consideración a la fuerte silicificación reconocida y a la no existencia de minerales alta temperatura se estima que el nivel de erosión del cuerpo mineralizado es alto.



## Capítulo 3 Geoquímica

### 3.1 Generalidades

Debido a la intensa vegetación que aparece en el área del Prospecto Otué, se consideró interesante utilizar el muestreo de sedimentos de drenaje como método de exploración geoquímica, con el objetivo de localizar áreas de interés económico no detectadas durante el levantamiento geológico.

De tal manera, que simultáneamente al levantamiento geológico a escala 1:10.000 se recolectaron muestras de sedimentos fluviales con un espaciamiento de aproximadamente 250 m.

Las muestras fueron analizadas por: Cu, Zn, Mn, Mo, As y Ag, en base a los antecedentes geológicos de que se disponía y al tipo de mineralización que se presenta en el área del prospecto.

### 3.2 Recolección de muestras

En los cursos de agua del área se recolectaron muestras de sedimentos de drenaje cuya granulometría varía entre arcilla y arena. La densidad del muestreo fue mayor a lo largo del estero Quilmahue, que corresponde al principal lugar del prospecto con mineralización a la vista.

Se recolectaron 88 muestras en un área de 25 km<sup>2</sup>, con una densidad promedio de 3,52 muestras por km<sup>2</sup>. Se estimó un espaciamiento ideal de 250 m entre muestras, siempre que las posibilidades de acceso lo permitieran.

Se tomaron alrededor de 200 gr de muestra, los que fueron tamizados en terreno a aproximadamente 50 mallas, para ser enviadas húmedas al laboratorio.

Para la ubicación de las muestras en terreno se empleó un mapa a escala 1:10.000, el que se obtuvo de una restitución aerofotogramétrica realizada en el I. G. M.



### 3.3 Análisis de las muestras

Los análisis de las muestras de sedimentos se realizaron en el Laboratorio Químico del IIG en Santiago. Las muestras fueron secadas y tamizadas a 80 mallas y sometidas posteriormente a un ataque químico parcial con:  $HCl$ ,  $HNO_3$  y  $HClO_4$ .

Los elementos Cu, Zn, Mn y Ag fueron analizados en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 403.

Los análisis de Mo se efectuaron por el método colorimétrico del tiocianato de amonio con cloruro estanoso. El complejo coloreado se midió a una longitud de onda de  $4.700 \text{ \AA}$ .

El As se determinó por el método de Gutzeit. Este método consiste en formar una evolución de arsina en un medio ácido con zinc. Posteriormente, la evolución se fija en una papel de bromuro de mercurio, que adquiere una coloración característica de acuerdo a la concentración de arsénico.

### 3.4 Tratamiento estadístico de los datos

Con el objeto de efectuar una adecuada interpretación de los datos analíticos entregados por el laboratorio, éstos fueron procesados en el computador IBM 360/50 de la Empresa Nacional de Computación e Informática Ltda. (ECOM), mediante programas GESTAT y FACTOR ANALISIS que posee el IIG.

### 3.5 Resultados y discusión

En este punto se presenta el comportamiento de cada uno de los elementos analizados y posteriormente las relaciones que existen entre ellos (análisis de multivariantes).

#### 1) Distribución espacial de los elementos

Los estadígrafos básicos obtenidos para las muestras de sedimentos fluviales



en el área del Prospecto Otué se indican en la Tabla II-1 y Figura II-2. Las respectivas clases de mapeo se obtuvieron mediante un tratamiento estadístico simple, al igual que en el caso de las muestras de Coihueco-Recinto. Se consideró anomalía probable los valores  $>\bar{X} + 3S$  y anomalía posible los valores comprendidos entre  $\bar{X} + 2S$  y  $\bar{X} + 3S$ .

Tab. II-1 ESTADIGRAFOS BASICOS DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES, AREA DEL PROSPECTO OTUE

(Población Tamizada)

Elemento	Media (ppm)	Desviación standard (ppm)	$\bar{X} + S$ (ppm)	$\bar{X} + 2S$ (ppm)	$\bar{X} + 3S$ (ppm)	Skew	Kurtosis
Cu	127,40	216,94	344,34	561,28	778,22	1,44	0,88
Zn	72,40	20,48	92,88	113,36	133,84	0,86	3,15
Mn	693,33	143,31	836,64	979,95	1.123,26	- 0,28	- 26,21
Mo	3,49	2,75	6,24	8,99	11,74	0,24	- 0,59

#### Cobre

Los valores de cobre poseen buena correspondencia con los valores de molibdeno en el prospecto, ya que en el resto del área no se presentan valores anómalos (PL. II-4). El contenido de cobre más alto alcanza 1350 ppm; en general, los valores absolutos son bajos, a excepción de algunos contenidos moderados a altos que se presentan a lo largo del estero Quilmahue.

Las muestras anómalas reflejan la mineralización del Prospecto Otué, situándose los valores anómalos más altos (anomalía probable) en el curso superior del estero Quilmahue, lo que explicaría que la fuente de mineralización se ubicaría en dicha zona. En el curso medio se detectaron valores anómalos menos importantes.



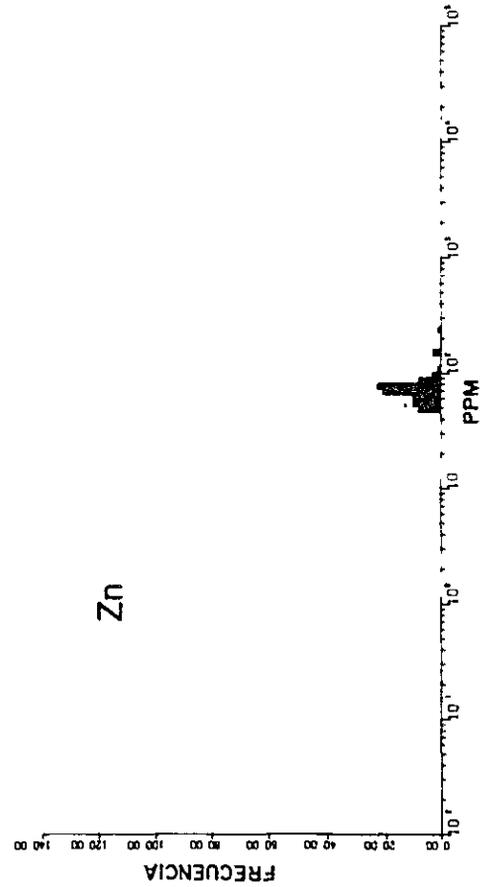
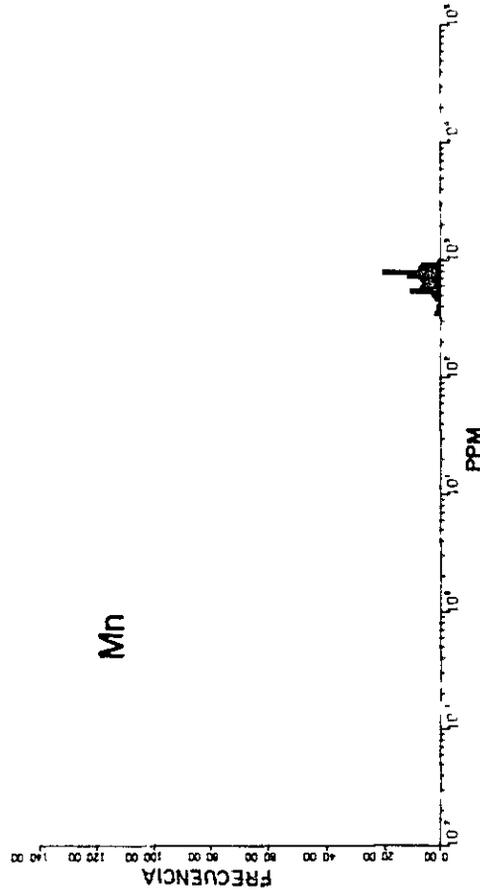
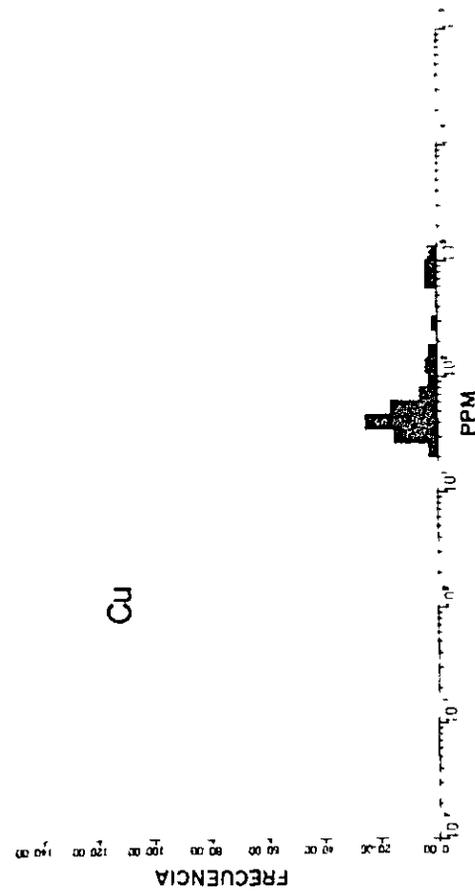
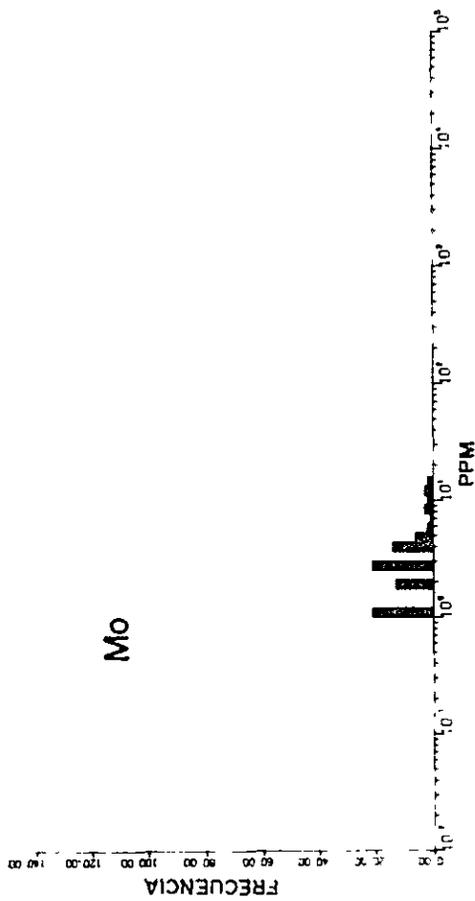


Fig II - 2 HISTOGRAMA DE DISTRIBUCION DE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS, AREA OTUE



## Zinc

De acuerdo a lo que se observa en el mapa geoquímico, este elemento no se asocia con ningún elemento en particular. El contenido más alto es de 252 ppm; en general, representa contenidos normales para el sustrato granodiorítico, con excepción de algunas muestras que escapan ligeramente al promedio.

Los valores anómalos provienen de una quebrada situada inmediatamente al este del estero Quilmahue, afluente de este último. Los valores se sitúan en la parte inferior del rango 110 a 600 ppm de Zn, que según Ginzburg (1960) corresponde a contenidos en áreas con mineralización dispersa de este elemento.

## Manganeso

Los valores de manganeso representan contenidos geoquímicos normales, siendo el elemento que más se aproxima a una distribución gaussiana.

El único valor anómalo es de 1.010 ppm (muestra GE-80), se sitúa en el curso superior del estero Quilmahue y corresponde a un valor errático.

## Molibdeno

El molibdeno se correlaciona muy bien con el cobre. Los valores absolutos son bajos, con excepción de algunos que superan ligeramente el promedio. El valor más alto es 16 ppm (muestra GE-77).

Al igual que el cobre, las anomalías más fuertes de Mo se ubican en el curso superior del estero Quilmahue y secundariamente en su curso medio, en sectores en que aflora mineralización a la vista. De acuerdo a lo anterior, existiría mineralización de Mo acompañando la mineralización de Cu del prospecto.

## Arsénico y Plata

Los contenidos de arsénico y plata se presentan bajo 5 ppm y 0,5 ppm, que



representan los respectivos límites de detección. La muestra GE-61 posee 5 ppm de As.

## 2) Análisis de multivariables

El análisis de multivariables incluyó, al igual que para el área Coihueco-Recinto, análisis de correlaciones y análisis de factores.

Los coeficientes de correlación más significativos obtenidos en Otué se indican en la Tabla II-2.

Tab. II-2 COEFICIENTES DE CORRELACION, MUESTRAS DE SEDIMENTOS FLUVIALES, AREA DEL PROSPECTO OTUE

Valores de (r)

N	(r) Significativo*	>0,8	0,6 a 0,8	0,4 a 0,6	0,2 a 0,4
88	0,21	Cu - Mo			Zn - Mn

\* Valor de (r) significativo al nivel de confianza de 95 %.

El par Cu-Mo posee el más alto coeficiente de correlación ( $r = 0,83$ ) y se relacionaría con la mineralización en el intrusivo granodiorítico que aparece expuesta en el estero Quilmahue. Otra asociación significativa, pero que posee muy bajo coeficiente de correlación es Zn-Mn.

El análisis de factores entregó las mismas asociaciones significativas, según se indica en la Tabla II-3. Ambas asociaciones explican en conjunto poco más de 80 % de la varianza total del sistema.



Tab. II-3 ASOCIACIONES DE ELEMENTOS DEL ANALISIS DE FACTORES, AREA DEL PROSPECTO OTUE

Elementos	Factor 1	Factor 2
Cu	0,913	- 0,167
Zn	- 0,000	0,930
Mn	- 0,476	0,625
Mo	0,958	- 0,083
% de varianza explicada por cada factor	56,7 %	25,1 %
Varianza total explicada	81,8 %	

(\*) Los elementos subrayados son aquéllos con las más altas cargas en cada factor.

Finalmente, en base a las dos principales asociaciones de elementos se definieron valores factoriales ponderados para todas las muestras del área. El Factor 1 (Cu-Mo) se presenta en el curso superior y medio del estero Quilmahue; esta asociación está ligada a los sectores con mineralización más intensa del Prospecto Otué. El Factor 2 (Zn-Mn) se distribuye en forma dispersa; los valores más fuertemente asociados están en la quebrada inmediatamente al este del estero Quilmahue, en el curso superior e inferior de este último y valores aislados se obtuvieron en el río Otué y sector noreste del área.

Con el objeto de analizar la importancia que revestirían los valores anómalos de zinc obtenidos en las muestras recolectadas en la quebrada situada inmediatamente al este del estero Quilmahue, se analizaron dichas muestras por Pb y Cd, arrojando bajos resultados. De obtenerse buenos resultados de Pb y Cd, podríamos suponer la existencia de mineralización de Zn, pero como la distribución de los valores anómalos de Zn es local y sus contenidos son ligeramente superiores a lo normal, podemos suponer que existe mineralización de Zn en forma débil.



De acuerdo a lo anterior, pueden establecerse las siguientes conclusiones:

- i) Los valores absolutos de todos los elementos son en general bajos, con excepción de algunos valores de cobre moderados a altos que se presentan en el curso superior del estero Quilmahue.
- ii) Los elementos Cu y Mo conforman claras anomalías a lo largo del estero Quilmahue, que corresponde al área mineralizada del Prospecto Otué. El Zn ofrece un área anómala en un estero situado inmediatamente al este del estero Quilmahue, cuyos valores son bajos en sentido geoquímico; a lo anterior cabe agregar que análisis adicionales por Pb y Cd también arrojaron bajos resultados, por lo que el área carece de interés económico.
- iii) Dos asociaciones de elementos se desprenden del análisis de correlaciones y de factores con distintos grados de significancia: Cu-Mo y Zn-Mn. El factor Cu-Mo refleja la mineralización del Prospecto Otué y el factor Zn-Mn, que posee un coeficiente de correlación débil, se presenta disperso y sin relación con el área del Prospecto, reflejando posiblemente fenómenos de meteorización.

•

## Capítulo 4 Conclusiones y recomendaciones

### 1) Prospecto Otué

El Prospecto Otué consiste en una franja mineralizada de ancho promedio 150 m y máximo 300 m, que posee inclinación del orden de 70° a 90°, por lo cual no sería motivo de explotación en gran escala; por otra parte, para ser explotada como veta, las leyes de Cu y Mo son muy bajas.

No es posible esperar aumento de las áreas mineralizadas en profundidad, debido a que la mineralización está restringido a las fractura de borde del intrusivo.

La mineralización y alteración hidrotermal son débiles, además no existe enriquecimiento secundario, por lo cual el Prospecto Otué no ofrece expectativas económicas. Por consiguiente, se recomienda no efectuar nuevos estudios en el área del prospecto.

### 2) Mineralización mantiforme tipo mina Curacarel

La zona mineralizada mantiforme tipo mina Curacarel es muy pequeña y la mineralización débil, por lo que se recomienda no efectuar nuevos trabajos de detalle.

3) Fuera de las áreas mencionadas en los puntos anteriores, no se detectaron otras manifestaciones de mineralización en el área del Prospecto Otué, de lo que se desprende que existen muy pocas posibilidades de descubrir nuevos yacimientos.



## PARTE III

# EXPLORACION DEL PROSPECTO GALLETUE



Capítulo 1 Antecedentes sobre el Prospecto Galletué

El Prospecto Galletué fue descubierto por el IIG el año 1973, durante la ejecución de estudios geológicos y geoquímicos en la región andina de la provincia de Malleco, IX Región. Posteriormente se realizó en forma sistemática el levantamiento geológico de detalle, exploración geofísica (IP, magnetometría y radiometría) y exploración geoquímica de detalle mediante muestreo de suelo. El año 1977, durante el desarrollo del programa de exploración conjunta JICA-IIG se incluyó el remapeo geológico del prospecto y área circundante.

Los resultados obtenidos permitieron delimitar una zona con alteración hidrotermal, a la cual se asocia mineralización hipógena de cobre y molibdeno; dicha zona mineralizada fue reconocida durante la campaña de terreno del año 1978 con sodajes diamantinos, cuyos resultados se exponen en el presente informe.



## Capítulo 2 Geografía y bosquejo de la geología y mineralización

### 2.1 Ubicación

El Prospecto Galletué se ubica a 3 km de la ribera sur del lago Galletué, en el borde sur de la quebrada Trufquenilahue; su cota media es de 1200 m s n m. Las coordenadas geográficas del hito Galletué (pertenencias mineras Gonzalo 1-200), ubicado junto a la zona mineralizada son: 38°42'01", 3" lat. S y 71°18'34", 14" long. W.

En la división administrativa de Chile se encuentra en la Comuna de Lonquimay, Provincia de Malleco, IX Región de la Araucanía.

### 2.2 Topografía

Al área que circunda el Prospecto Galletué se caracteriza morfológicamente por dos rasgos distintivos:

- 1) Cordones montañosos disectados por quebradas que toman el nombre local de "Cordillera" (p. ej. Cordillera Litrancura, Cordillera Galletué, etc.); estas unidades están formadas principalmente por granitoides y rocas sedimentarias y volcánicas sobre las cuales se ha desarrollado abundante vegetación autóctona.
- 2) Relieve de rasgos suaves modelado en rocas sedimentarias asignadas al Terciario (p. ej. extensión noreste del prospecto y lago Galletué).

Emplazado en este paisaje destaca el lago Galletué, el rasgo más conspicuo de la zona y lugar de nacimiento del río Bío-Bío. Otro rasgo distintivo es la quebrada Trufquenilahue, de origen glacial, que se elonga en dirección este-oeste, con un ancho de aproximadamente 1 km frente al prospecto.

Las alturas principales esporádicamente sobrepasan los 2000 m s n m (Cerros Litrancura: 2.070 m, Lolén: 2.093 m; Los Truenos: 1.950 m; Pacunto: 1.960 m. El lago Galletué, que constituye un nivel local tiene una cota media de 1.150 m s n m y el valle del río Trufquenilahue 1.155 m s n m.



### 2.3 Bosquejo de la geología y mineralización

El Prospecto Galletué es un stockwork de cobre y molibdeno alterado hidrotermalmente. La roca huésped es una tonalita asignada al Cretácico Superior (edad K-Ar: 69 millones de años), con textura de grano medio variable entre porfírica y fanerítica. La mineralización es más intensa en la tonalita porfírica.

Los minerales corresponden principalmente a calcopirita, pirita y molibdenita, en menor proporción aparece magnetita, pirrotina, blenda y titanita. Los minerales secundarios son malaquita, hematita, limonita y raramente covelina reemplazando a calcopirita.

La alteración hidrotermal está representada por silicificación, sericitización, cloritización, epidotización y carbonatización. Estos tipos de alteración permiten definir cuatro zonas de acuerdo a la ocurrencia de los minerales de alteración y su combinación:

- a) Zona cuarzo-sericita
- b) Zona sericita-clorita
- c) Zona clorita-epidota
- d) Zona con alteración vetiforme

Cubriendo la mayor parte del prospecto se reconoce una capa de lapilli y escoria proveniente de erupciones recientes.



### Capítulo 3 Método de trabajo

La secuencia seguida en terreno fue la siguiente:

- 1) Preparación (corte de la vegetación y levantamiento topográfico) de 26 km de perfiles para hacer medidas IP, en la prolongación norte de la antigua cuadrícula IG (líneas cada 100 m y puntos cada 50 m).
- 2) Medidas de polarización inducida (método frecuencia variable) con disposición de electrodos dipolo-dipolo.
- 3) Simultáneamente con la exploración geofísica se hicieron dos sondajes diamantinos verticales de 150 m cada uno en los siguientes puntos (coordenadas UTM):

	Norte	Este
S-1	5.712.647,00	297.687,53
S-2	5.712.807,00	298.307,67

- 4) Interpretación de la información obtenida en terreno (IP y Sondajes).



Capítulo 1 Generalidades

1.1 Objeto del trabajo

El resultado del trabajo IIG-MMAJ del año 1977 señaló la posible continuación de la zona mineralizada debajo del relleno cuaternario. Para reconocer dicha zona se realizó exploración geofísica.

1.2 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico partió desde la línea base hecha por el IIG en 1974. El punto de partida tiene las coordenadas Cero Norte-Cero Este (NO-EO). A partir del punto 00 se hicieron 7 perfiles hacia el este y 6 perfiles hacia el oeste (total 13 perfiles). La longitud de cada perfil es de 2 km. Durante la realización de este trabajo se detectó una anomalía al sur de la línea base 00, por lo cual se prolongaron entre 400 y 500 m los perfiles 0-100 E - 200 E y 600 E. La distancia entre los perfiles es de 200 m con puntos de medición cada 100 m. La prolongación de algunos perfiles al sur de la línea base coincide con perfiles geofísicos medidos por el IIG en 1974.

La ubicación de los perfiles y sus características se indica en la tabla III-1.

(PL. III-1).



Tab. III-1 CARACTERISTICAS Y UBICACION DE LOS PERFILES MEDIDOS

Perfil	Número de puntos	Longitud (km)	Cantidad de puntos medidos	Distancia entre los puntos (m)
1400 E	0 a 2000 N	2,0	80	100
1200 E	0 a 2000 N	2,0	80	100
1000 E	400 S a 2000 N	2,4	100	100
800 E	0 a 2000 N	2,0	80	100
600 E	400 S a 2000 N	2,4	100	100
400 E	0 a 2000 N	2,0	20	100
200 E	500 S a 2000 N	2,5	105	100
0 E	500 S a 2000 N	2,5	105	100
200 W	0 a 2000 N	2,0	80	100
400 W	0 a 2000 N	2,0	80	100
600 W	0 a 2000 N	2,0	80	100
800 W	0 a 2000 N	2,0	80	100
1000 W	0 a 2000 N	2,0	80	100
400 W*	1250 N a 1550 N	0,3	58	25
Total		28,1	1.182	

(\*) Esta línea se hizo con más detalle, con distancia entre puntos de 25 m.



## Capítulo 2 Método de exploración

El método IP empleado en este trabajo es comúnmente usado en exploración de "pórfidos cupríferos" (método IP de frecuencia variable y disposición de electrodos dipolo-dipolo); la distancia de polos:  $a = 100$  m y  $n = 1$  a  $5$ .

La parte japonesa trabajó con una frecuencia de 3HZ y 0,3 HZ, la parte chilena con 2,5 HZ y 0,31 HZ.

La relación de los valores de Efecto Frecuencia (EF) para las distintas frecuencias usadas es la siguiente:

$$EF_{(2,5 - 0,31)} = 0,91 EF_{(3 - 0,3)}$$

La diferencia de los valores EF es pequeño por lo cual son comparables sin problemas.

EF es el efecto frecuencia de la resistividad aparente, por lo cual, es independiente de la topografía, pero la resistividad en sí es afectada por la topografía, por ej., en el valle Trufquenlahue la resistividad aparente es baja, pero en el punto 0 es alta; como la topografía del área es relativamente suave, no fue necesario hacer corrección topográfica.



La longitud (a) del dipolo adoptado fue de 100 m y el factor de distancia n varió entre 1 y 5 (Fig. III-1).

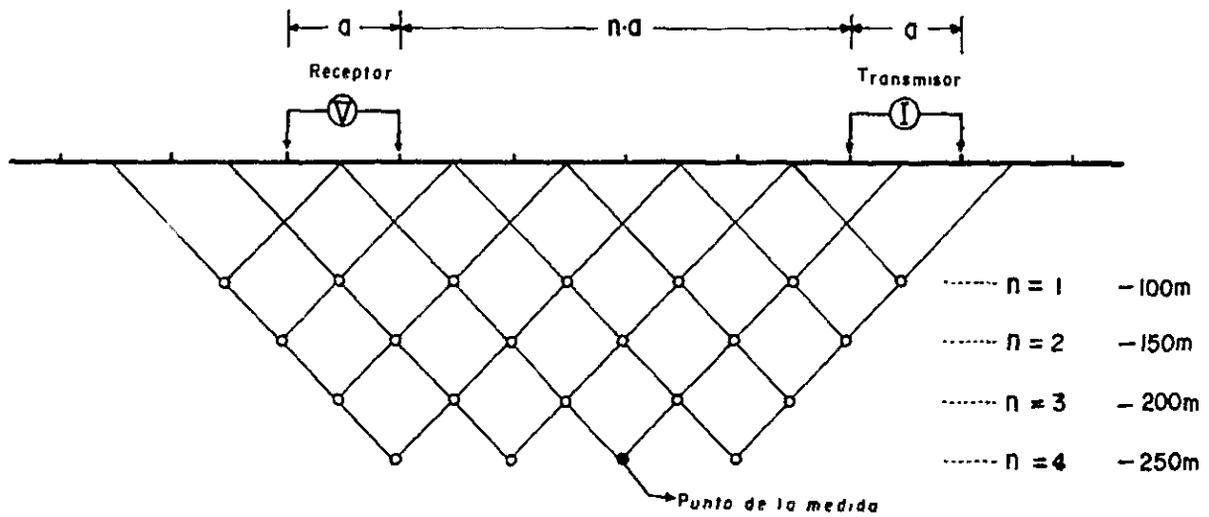


Fig. III-1 ESQUEMA DE LA UBICACION DE DIPOLOS EN METODO DE I.P. EN FRECUENCIA VARIABLE

El método mencionado se aplica haciendo circular una corriente alterna ( $I_{ac}$ ) entre un par de electrodos de corriente ( $C_1, C_2$ ), y midiendo la diferencia de potencial  $V_{ac}$  entre otro par de electrodos ( $P_1, P_2$ ) (Fig. III-2).

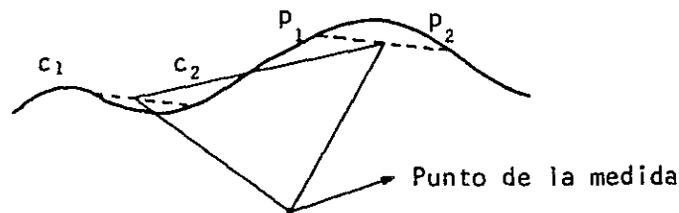


Fig. III-2 ESQUEMA DE APLICACION DEL METODO DIPOLO - DIPOLO

En este caso, la resistividad ( $\rho_{ac}$ ) de la tierra se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\rho_{ac} = K \frac{V_{ac}}{I_{ac}}$$



E es un factor geométrico que tiene dimensiones de longitud (m). Si el tamaño del dipolo es "a", entonces:

$$K = 2 \pi \sqrt{\frac{1}{D_1 P_1 - C_1 P_2 - C_2 P_1 - C_2 P_2}}$$

Como todos los perfiles se suponen rectos, entonces:

$$K = 2 \pi a \cdot n \cdot (n + 1) (n + 2)$$

Después de leer la diferencia de potencial (Vac) y manteniendo la corriente constante, se aproxima la frecuencia a la corriente continua y se puede leer directamente la diferencia de la resistividad aparente debida al cambio de frecuencia.

A lo anterior se le conoce como Efecto de Frecuencia (EF) y está definido por la siguiente ecuación:

$$EF = \frac{V_{0,3} - V_3}{V_3} \times 100 (\%) = \frac{\rho_{0,3} - \rho_3}{\rho_3} \times 100 (\%)$$



## Capítulo 3 Resultados del trabajo

### 3.1 Generalidades

#### 3.1.1 Efecto Frecuencia (EF)

Se encontraron dos anomalías de EF en las siguientes áreas:

- (1) Alta Anomalía de EF (3,0 a 13,6 % de EF) en los perfiles 0, 200 E, 400 E, 600 E, 800 E, 1000 E, 1200 E, 1400 E. Esta anomalía será denominada "anomalía SE".
- (2) Anomalía débil a media en la parte NW del área estudiada; será llamada "anomalía NW".

La anomalía SE corresponde al área del pórfido Galletué, en parte bajo el relleno cuaternario; esta anomalía señalaría una zona mineralizada con sulfuros que, por datos geológicos, se estima son calcopirita y pirita; corresponde a una anomalía importante. El centro de esta anomalía se extiende con dirección este-oeste; hacia el norte la anomalía se hace bruscamente débil, hacia el sur ha quedado abierta.

La anomalía NW tiene muy poca continuidad, el valor de EF es más bajo que la anomalía NE, por lo cual, en relación a ésta última, tiene menor importancia. Sin embargo, la anomalía NW, en el perfil 100 E, presenta valores de EF altos e indicaría mineralización próxima a la superficie.

En la mayor parte del área estudiada, no se encontró anomalías bajo el relleno cuaternario, por lo cual disminuye la posibilidad de encontrar una zona mineralizada de interés.

#### 3.1.2 Resistividad

La anomalía SE corresponde al área de resistividad bajo 1000 ohm.m, por lo cual en esta área hay bastante posibilidad de encontrar mineralización y alteración importante.



La anomalía NW corresponde a un área de medianamente alta resistividad (sobre 1000 ohm.m). Comparando ambas anomalías, la NW tendría mineralización y alteración débil.

Bajo el relleno cuaternario se distinguieron 2 zonas de diferente resistividad:

- zona de resistividad baja (300 ohm.m)
- zona de resistividad alta (sobre 1000 ohm.m).

La zona de resistividad alta está ubicada al norte del área estudiada y corresponde a los afloramientos de tonalita.

### 3.2 Interpretación en perfiles

Al interpretar los perfiles se determinó como background de EF 3%. Sobre 3% de EF se considera anomalía. En base a los valores de EF, se clasificaron 3 tipos de anomalías:

3,0 a 5,0 % EF	anomalía débil
5,0 a 10,0 %	anomalía media
sobre 10,0 % EF	anomalía alta

A continuación se interpretarán cualitativamente las anomalías; más adelante, en la interpretación del modelo se darán las características cuantitativas de ellas.

La forma de las curvas iso EF de los perfiles 400 E hasta 1100 E es similar. En la parte sur de cada perfil se detectaron EF de 3,0% a 13,6%, el resto del área tiene menos de 3% de EF. La anomalía SE es la más importante.

#### a) Perfil 1400 E (plano III-2)

La anomalía media a alta se ha reconocido en los puntos 0 a 500 N. El centro de la anomalía corresponde a los puntos 300 N a 100 N. Esta anomalía correspondería a una zona mineralizada. Hacia el sur disminuyen bruscamente los valores de EF.



Desde el punto 500 N a 600 N no hay anomalía IP. La resistividad del área no presenta variación. Las curvas de resistividad baja, menores que 600 ohm.m, que tienen forma de "mena" representan el relleno cuaternario. Los límites norte y sur del relleno cuaternario están representados por un cambio en la resistividad. La resistividad en la parte sur tiene bajo 1000 ohm.m, mientras que en la parte norte es mayor que 1000 ohm.m; el "factor metálico" (FM) en esta zona es mayor que 5. La zona con resistividad bajo 600 ohm.m que se encuentra al sur de los puntos 1700 N y 1850 N, correspondería a sedimentos del Cuaternario.

b) Perfil 1200 E (plano III-2)

Un área de anomalía media a alta se reconoce entre los puntos 0 a 500 N. El valor de EF es más alto próximo a la superficie; hacia el norte disminuye. Entre los puntos 500 N a 600 N desaparece la anomalía IP. La resistividad también cambia entre los puntos 500 N y 600 N; al norte de dichos puntos los valores son mayores que 1000 ohm.m y al sur, menores que 1000 ohm.m. Una anomalía EF bajo 3 % a 4 % aparece entre los puntos 1500 N a 1850 N, ella correspondería a una zona con sulfuros debilmente diseminados. La resistividad baja, menos que 400 ohm.m próximo a la superficie entre 0 y 300 N, correspondiendo a una anomalía alta de EF, la cual, se presenta también claramente en la sección de FM. Esta resistividad baja estaría indicando una posible zona mineralizada. Entre los puntos 700 N y 1300 N hay una distribución de resistividad en forma de cuenca, con valores altos y bajos, los cuales corresponderían a sedimentos cuaternarios. Resistividades sobre 1000 ohm.m se midieron entre los puntos 1500 N y 1800 N, ellos corresponderían a la distribución de tonalitas. En esta zona hay una anomalía débil de EF que podría corresponder a una débil mineralización de sulfuros diseminados.



c) Perfil 1000 E (plano III-3)

Una zona de anomalía media a alta se reconoce entre los puntos 100 S y 600 N. En esta zona hay 2 anomalías altas, una de ellas entre los puntos 200 N a 300 N, cerca de la superficie, y la otra entre los puntos 0 y 200 S. La primera se hace gradualmente débil hacia el norte, entre los puntos 600 N a 700 N corresponde a roca sin mineralización. Las dos anomalías corresponden a una zona con resistividad menor que 500 ohm.m, lo cual indicaría mineralización y alteración. El mismo fenómeno se aprecia claramente en la sección de FM. La resistividad que aparece entre los puntos 600 N y 1100 N crece gradualmente hacia el sur, este hecho indicaría la proximidad a la superficie de una zona de resistividad que aumenta en profundidad. La resistividad alta (mayor que 1500 ohm.m) entre 1700 N y 1800 N, correspondería a la distribución de la tonalita.

d) Perfil 800 E (plano III-3)

La anomalía alta que se reconoció en el perfil 1000 E, entre los puntos 200 N y 300 N, se trasladó a los puntos 300 N y 400 N. Esta línea es semejante a la 1000 E.

e) Perfil 600 E (plano III-4)

Las 2 anomalías altas del perfil 1000 E, situadas entre los puntos 200 N a 300 N y 0 a 200 S se trasladaron en el perfil 600 E, a los puntos 300 N a 400 N y 100 S a 100 N respectivamente. Los valores de EF son relativamente bajos, por lo cual se consideran generados por mineralización débil. No se reconoció en este perfil la relación resistividad baja-EF alta como en los perfiles 800 E, 1000 E y 1200 E. La resistividad al sur del punto 600 N baja; desde el punto 600 N al norte, la resistividad es alta (mayor que 1000 ohm.m). La forma de la distribución de la resistividad es similar a los perfiles mencionados anteriormente.



f) Perfil 400 E (plano III-4)

La anomalía media a alta que se reconoció en los perfiles 600 E, 800 E, 1000 E, 1200 E y 1400 E no existe; solo hay anomalía entre los puntos 200 N y 400 N. El valor de EF disminuye bruscamente en profundidad, por lo cual, la mineralización debería estar próxima a la superficie. La resistividad tiene valor 500 ohm.m en los puntos con anomalía de EF media, el resto supera los 1000 ohm.m.

g) Perfil 200 E (plano III-5)

La anomalía media a alta que se reconoció en la parte sur se perdió bruscamente, los valores de EF están comprendidos entre 3,0 % a 4,6 % (anomalía baja). Esta anomalía baja puede separarse en dos: entre los puntos 400 S y 100 S y entre 200 S y 300 S, lo cual puede atribuirse a la presencia de mineralización vetiforme. La resistividad entre los puntos 200 S y 400 S es inferior a 400 ohm.m, en el resto varía entre 500 y 1000 ohm.m.

h) Perfil 0 (plano III-5)

La anomalía de 3 a 3,8 % que se presenta entre los puntos 0 a 100 S, está generada por un posible cuerpo mineralizado situado entre los puntos 100 S y 200 S. El perfil de resistividad se presenta en forma de montura entre los puntos 0 y 100 N, indicando una capa de alta resistividad entre dichos puntos. Entre los puntos 200 E y 1400 E la resistividad se presenta con forma de cuenca; esta posición señala un desplazamiento en relación a los perfiles 200 E y 1400 E. La anomalía débil de 3,0 a 4,8 % de EF que se presenta en el punto 1500 N a 1850 N correspondería a una zona con sulfuros diseminados de poca profundidad.

i) Perfil 200 W (plano III-6)

La anomalía que se reconoció entre el perfil 0 y 1400 E se perdió completamente. Sin embargo, en la parte norte, se reconoció una anomalía baja con valores 3,0 % a



4,5 % de EF; esta anomalía se sitúa en los puntos 1300 N a 1500 N y correspondería a una zona con mineralización diseminada. La resistividad de este perfil es 100 ohm.m; la resistividad alta (mayor que 200 ohm.m) entre los puntos 700 N y 1400 N señalaría la distribución de la tonalita. La resistividad con forma de cuenca que se reconoció entre los puntos 150 N y 600 N correspondería a los sedimentos cuaternarios.

j) Perfil 400 W (plano III-6)

Se observa una anomalía con valor 3 % a 7,5 % con forma de "montura" que correspondería a mineralización tipo veta, próxima a la superficie. En la parte sur de este perfil no se reconoce anomalía de EF. La distribución de la resistividad es similar al perfil 200 W.

k) Perfil 600 W (plano III-7)

Una anomalía baja, con valores de 3,0 % a 3,6 % se reconoce entre los puntos 1500 N y 1850 N, la cual se corresponde con la detectada en los perfiles 0, 200 W y 400 W. Este hecho indicaría la presencia de una zona con mineralización diseminada. La parte sur del perfil no presenta anomalía de EF. La resistividad es similar a la del perfil 400 W con valores sobre 200 ohm.m entre los puntos 600 N y 1100 N, señalando la distribución de tonalita.

l) Perfil 800 W (plano III-7)

No se reconoce anomalía de EF. La resistividad próxima a la superficie es levemente baja.

m) Perfil 1000 W (plano III-8)

Una anomalía de EF baja, con valores comprendidos entre 3,0 a 3,4 %, se reconoce entre los puntos 1500 N y 1800 N. Correspondería a mineralización diseminada. En la parte sur del perfil no aparece anomalía de EF. La resistividad es alta, con forma de "montura" próxima al punto 700 N.



### 3.3 Interpretación en planta

En base a los perfiles IP, con valores  $n = 1, 3$  y  $5$ , se confeccionaron 3 planos; en ellos se presenta la información a 100 m, 200 m y 300 m. El objeto de esta interpretación es conocer la extensión de la zona mineralizada, su forma y prolongación. Los puntos de anomalía de EF y resistividad no indican por sí mismos anomalías, este hecho se debe a la configuración dipolo-dipolo usada, por lo cual, con un mapa en planta no se puede interpretar correctamente, debiendo por lo tanto hacerse planos a 100 m, 200 m y 300 m.

#### 3.3.1 Resistividad (plano III-9)

Los planos de resistividad son muy semejantes. Dos sistemas de estructura son dominantes, el primero E-W el segundo NE-SW.

Desde el punto de vista de la resistividad se distinguieron 3 zonas (planos para  $n = 3$ ):

- a) mitad norte del área estudiada con resistividad mayor que 1000 ohm.m.
  - b) parte central, con forma de cruz, con 600 a 1000 ohm.m.
  - c) extremo SE con resistividad menor que 600 ohm.m.
- a) La primera área corresponde a la distribución de tonalita y a los altos topográficos (relación de la resistividad y los contenidos de agua). Al eliminar la influencia de la topografía y contenido de agua, la resistividad de la tonalita varía entre 2000 y 3000 ohm.m.
- b) La resistividad de la segunda área tiene relación con los sedimentos cuaternarios. En el plano para  $n = 1$ , la distribución de los valores de resistividad menor que 1000 ohm.m es amplia, pero en los planos para  $n = 3$  y  $n = 5$ , la resistividad es más alta, por lo cual, se estima que debajo de los sedimentos del cuaternario existiría una roca con esa característica.



c) La tercera zona de resistividad se extiende donde existe tonalita porfírica, tonalita de grano medio y escoria volcánica; en el plano para  $n = 1$ , la resistividad menor que 400 ohm.m coincide con la distribución de la tonalita intensamente alterada.

### 3.3.2 Efecto Frecuencia (EF) (planos III-10)

La zona con anomalía mayor que 3% de EF, que se reconoce en el SE del área estudiada, se presenta en los mapas para  $n = 1$ ,  $n = 3$  y  $n = 5$ . La anomalía corresponde a una zona mineralizada. El centro de la mineralización es de poca profundidad (menor que 100 m) y en ella se sitúa el nivel de anomalía de 10% de EF. A mayor profundidad el centro de la mineralización se traslada hacia el sur. La elongación de la zona mineralizada es aproximadamente este-oeste. Hacia el oeste la orientación de la zona mineralizada cambia a dirección norte-sur. El centro de anomalía que se presenta en el plano para  $n = 5$  con más de 5% EF, está trasladado más al norte, en relación al centro de anomalía que se reconoció en los planos para  $n = 1$  y  $n = 3$ ; esto no indica que la zona mineralizada se trasladó al norte, sino que representa una falsa anomalía producida por la mineralización próxima a la superficie.

La anomalía débil que se reconoce en la parte norte, se extiende en dirección E-W (planos para  $n = 1$ ,  $n = 3$  y  $n = 5$ ); esta anomalía correspondería a la distribución de la tonalita con diseminación de sulfuros. La anomalía se hace más evidente hacia el NW.

El centro de la anomalía con forma de "montura" que se reconoce en el perfil 400 W se separa en profundidad, por lo cual, próximo a la superficie, existe una zona mineralizada que sería el centro de la anomalía. La zona con menos de 3% de EF corresponde a la distribución de sedimentos cuaternarios, por lo tanto, bajo los sedimentos no existiría mineralización.



### 3.3.3 Factor metálico (FM) (planos III-11)

Los planos de FM dan énfasis a las zonas con resistividad baja y alto EF. Este tipo de planos es útil para conocer zonas con alteración y mineralización (resistividad baja). Los valores superiores a 5 se reconocen como anomalía de FM. Dichos valores están situados sólo en el sector SE del área estudiada, especialmente en el perfil 800 E hasta 1200 E. Los valores de FM están próximos a la superficie indicando mineralización y alteración a poca profundidad. La zona mineralizada se extiende en dirección este-oeste y se pierde bruscamente en el perfil 200 E.

### 3.4 Medición de las características físicas en las rocas

Las características físicas que se midieron directamente en terreno no indican las características de las rocas o yacimientos; en ellas influyen en gran medida las características del suelo, agua subterránea, etc. Es muy importante para la exploración geofísica conocer la naturaleza de las rocas; para ello hay 2 métodos:

- a) medir las características de las rocas que afloran en terreno (in situ).
- b) medir las características en laboratorio con rocas poco meteorizadas.

En este trabajo no se pudo introducir un polo eléctrico en la roca, por eso no se midió "in situ", utilizándose testigos de los sondajes S-1 y S-2 (total 30 muestras) que se midieron en el laboratorio. Antes de medir las muestras se colocaron en agua hasta su impregnación; en esta condición se midió la resistividad y el efecto frecuencia; en nuestro caso se montó el aparato señalado en la fig. III-3.

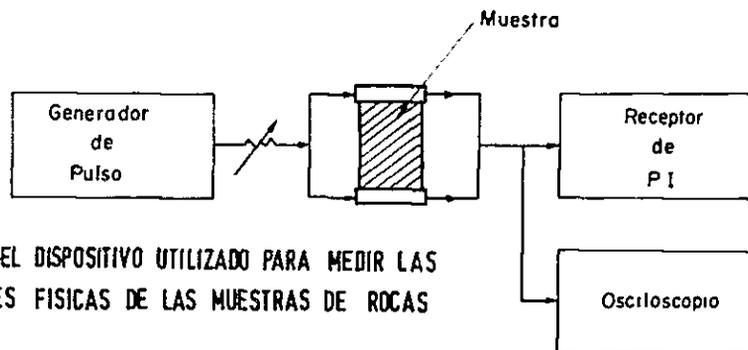


Fig III - 3 ESQUEMA DEL DISPOSITIVO UTILIZADO PARA MEDIR LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS MUESTRAS DE ROCAS



El transmisor que se usó es un Chiba Electric Laboratory de IP Checker y un receptor de tipo CH-R 7802. La resistividad ( $\rho$ ) se midió de acuerdo a la siguiente

fórmula:

$$\rho = \frac{S}{\ell} \cdot \frac{V}{I}$$

S = sección

$\ell$  = longitud

V = voltaje

I = intensidad

El valor de EF se midió directamente. Los resultados de las medidas se indican en la tabla III-2.

Tab. III-2 RESULTADOS DE MEDICIONES IP EN MUESTRAS DE ROCAS

Muestra No.	Profundidad (m)	Tipo de roca	Resistividad ( $\Omega$ -m)	EF (%)
S1-1	8,8	Cuarzo-sericita	0,6 $\times 10^3$	2,9
2	12,8	Roca alterada	1,8	5,0
3	19,0	"	3,4	5,3
4	25,8	"	2,3	4,6
5	28,7	"	2,5	4,3
6	37,5	"	2,7	4,9
7	46,8	"	4,3	5,6
8	51,5	"	1,0	7,8
9	52,3	Roca porfirica	1,8	2,5
10	58,2	"	6,6	3,3
11	67,6	"	1,3	2,0
12	78,8	Granodiorita	0,23	1,3
13	87,6	"	1,8	2,0
14	95,0	"	2,8	2,4
15	105,3	"	7,0	4,5
16	117,0	"	7,7	4,0
17	128,4	"	0,49	2,2
18	149,4	"	4,9	3,5
S2-1	8,5	"	0,4	6,3
2	18,2	"	0,47	6,5
3	30,2	"	1,7	33,1
4	40,1	"	2,7	2,1
5	50,4	"	1,4	1,7
6	60,9	"	1,2	2,8
7	80,6	"	0,62	9,1
8	91,6	"	2,4	5,7
9	101,1	"	0,88	2,7
10	121,2	"	5,3	4,1
11	135,0	"	5,7	3,7
12	148,5	"	0,2	1,7



### 3.4.1 Resistividad

La resistividad de las muestras varió entre 0,2 y 7,65 k ohm.m\*. La resistividad cambia debido a meteorización, fracturas, porosidad, pero en general, indica una zona alterada hidrotermalmente cuando baja, pudiendo distinguirse la diferencia de resistividad entre roca alterada y sin alteración.

Los testigos de los sondeos se distinguen por su alteración en 4 clases:

- a) alteración cuarzo-sericita
- b) alteración sericita débil-clorita
- c) cloritización
- d) cloritización débil

Se hicieron determinaciones de resistividad para cada tipo de alteración. Muestras con alteración sericita-clorita y clorita tienen menos de 1 k ohm.m; las muestras con alteración fílica corresponden a 1,0 a 3,0 k ohm.m; la roca con alteración clorítica débil y roca fresca tienen más que 3,0 k ohm.m. La resistividad media en laboratorio es generalmente más alta que la medida en terreno, por lo cual no se puede usar directamente este valor.

### 3.4.2 Correlación de los resultados de laboratorio y terreno

Se hicieron análisis por Cu, Mo, Fe, S y se compararon con los valores de EF (tabla III-3). En base a los resultados de los análisis se calcularon los contenidos de calcopirita y pirita (tabla III-4). Los resultados obtenidos se graficaron en papel log-log (relación sulfuros vs EF) (Figuras III-5 a III-8). Cada gráfico indica la relación entre los valores de EF y sulfuros. Generalmente existe una relación directa entre ambas variables (a mayor sulfuros, mayor EF). Las variaciones en el laboratorio de EF se deben a los diferentes grados de meteorización, fracturamiento,

\* k ohm.m: kolo ohm. metro



Tab. III-3 RESULTADOS DE MEDICIONES IP MUESTRAS  
DE ROCAS SEGUN TIPO DE ALTERACION

Tipo de alteración	Muestra N°	Profundidad (m)	Resistividad ( $\Omega$ -m)	EF (%)
Silicificación y sericitización	S1-1	8,8	$0,6 \times 10^3$	2,9
	S1-2	12,8	1,8	5,0
	S1-3	19,0	3,4	5,3
	S1-4	25,8	2,3	4,6
	S1-5	28,7	2,5	4,3
	S1-7	46,8	4,3	5,6
	S1-8	51,5	1,0	7,8
	S2-2	18,2	0,47	6,5
	Promedio		2,05	5,25
Sericitización y cloritización	S1-6	37,5	2,7	4,9
	S1-9	52,3	1,8	2,5
	S1-10	58,2	6,6	3,3
	S2-1	8,5	0,4	6,3
	S2-12	148,5	0,2	1,7
	Promedio		2,34	3,74
Cloritización	S2-5	50,4	1,4	1,7
	S2-7	80,6	0,62	9,1
	S2-8	91,6	2,4	5,7
	S2-9	101,1	0,88	2,7
	S2-10	121,2	5,3	4,1
	S2-3	30,2	1,7	33,1
	Promedio		2,05	9,4
Cloritización débil	S1-11	67,6	1,3	2,0
	S1-13	87,6	1,8	2,0
	S1-14	95,0	2,8	2,4
	S1-15	105,3	7,0	4,5
	S1-16	117,0	7,7	4,0
	S1-17	128,4	0,49	2,2
	S1-18	149,4	4,9	3,5
	S2-4	40,1	2,7	2,1
	S2-6	60,9	1,2	2,8
	S2-11	135,0	5,7	3,7
	Promedio		3,56	2,92



Tab. III-4 ANALISIS QUIMICOS DE LAS MUESTRAS DE ROCAS  
COMPARADOS CON LOS VALORES DE EF

Muestra No.	Cu (%)	Mo (%)	Fe (%)	S (%)	CuFeS <sub>2</sub> (%)	FeS <sub>2</sub> (%)	EF (%)
S1-1	0,09	0,002	1,95	0,89	0,26	1,50	2,9
2	0,43	0,063	2,00	1,20	1,24	1,36	5,0
3	0,20	0,032	1,85	0,78	0,58	1,05	5,3
4	0,26	0,016	2,12	1,39	0,75	2,09	4,6
5	0,17	0,022	2,13	0,83	0,49	1,20	4,3
6	0,06	0,001	2,40	0,94	0,17	1,65	5,2
7	0,33	0,035	2,73	2,46	0,95	3,94	5,6
8	0,36	0,060	3,00	3,16	1,04	5,16	7,8
9	0,05	0,001	1,37	0,39	0,14	0,63	2,5
10	0,01	0,001	1,74	0,20	0,03	0,36	3,3
11	0,01	0,001	1,35	0,10	0,03	0,17	2,0
12	0,02	0,001	1,24	0,17	0,06	0,28	1,3
13	0,01	0,001	1,50	0,08	0,03	0,13	2,0
14	0,01	0,001	1,69	0,28	0,03	0,51	2,4
15	0,01	0,001	1,70	0,14	0,03	0,24	4,5
16	0,01	0,001	1,47	0,04	0,03	0,06	4,0
17	0,02	0,001	1,56	0,22	0,06	0,37	2,2
18	0,01	0,001	1,98	0,12	0,03	0,21	3,5
S2-1	0,35	0,002	3,93	1,14	1,00	1,47	6,3
2	0,29	0,001	4,15	1,94	0,84	3,08	6,5
3	0,80	0,005	4,60	3,44	2,31	4,93	33,1
4	0,01	0,001	3,50	0,01	0,03	0	2,1
5	0,02	0,001	3,75	0,09	0,06	0,13	1,7
6	0,08	0,001	3,32	0,44	0,22	0,68	2,8
7	0,85	0,002	2,92	1,41	2,45	1,03	9,1
8	0,28	0,001	4,27	0,38	0,81	0,18	5,7
9	0,10	0,004	4,10	0,09	0,29	0	2,7
10	0,13	0,001	3,59	0,12	0,37	0	4,1
11	0,02	0,001	3,84	0,01	0,06	0	3,7
12	0,17	0,001	3,24	0,74	0,49	1,06	1,7

etc.; siendo imposible obtener las condiciones ideales. Para corregir esta situación se considera, para los efectos de IP, rocas con características iguales a aquellas que tienen igual resistividad; de este modo se distinguieron dos grupos:

- a) rocas con resistividad menor que 3,0 k ohm.m
- b) rocas con resistividad mayor que 3,0 k ohm.m



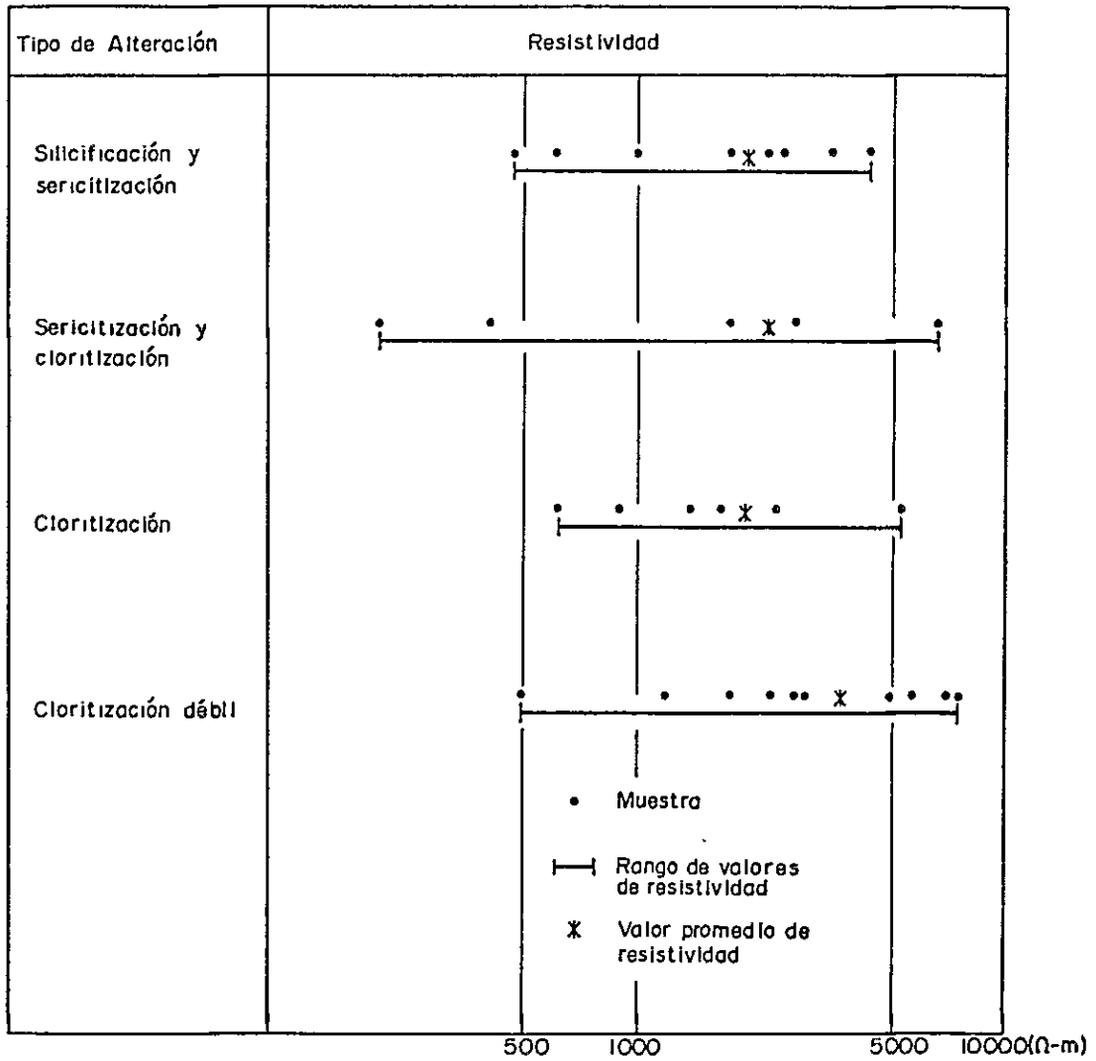


Fig. III-4 DISTRIBUCION DE RESISTIVIDAD EN MUESTRAS DE LOS SONDAJES S-1 Y S-2



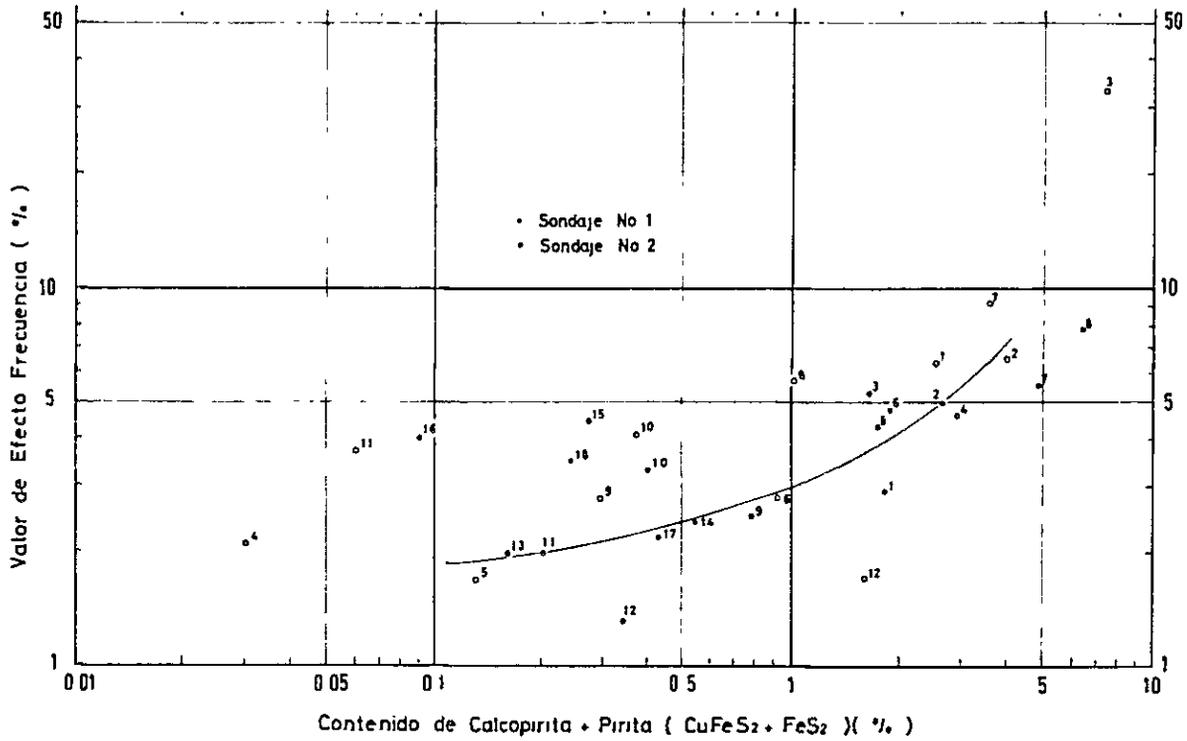


Fig. III- 5 RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE SULFUROS

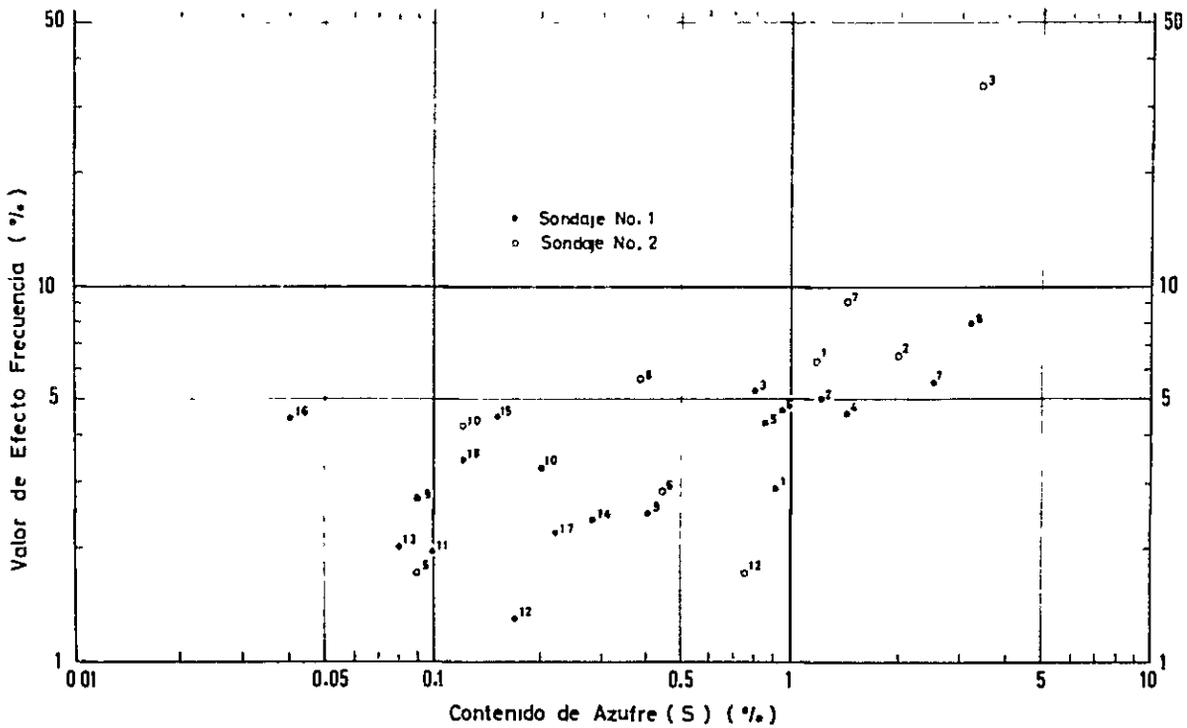


Fig III- 6 RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE AZUFRE







A las rocas de cada grupo se midió el contenido de sulfuros (calcopirita y piritita), contenido de calcopirita y valor de EF y se compararon entre ellos (figuras III-9 a III-11); la relación obtenida es mejor que la representada en las Figuras III-5 a III-8. La figura III-9 indica una disminución de EF con la disminución de sulfuros; la relación es lineal bajo 0,7% de sulfuros, sobre 0,7% la variación de EF experimenta un incremento exponencial.

La figura III-11 es algo distinta pues, a pesar de aumentar el contenido de sulfuros, se mantiene el valor de EF. Este hecho se explica porque el fenómeno IP se produce cuando el sulfuro está en contacto con agua, si el mineral está seco, el efecto IP es pequeño o no se produce. La muestra anómala señalada en la fig. III-11 tiene alta resistividad, por insuficiente absorción de agua; en las muestras con menos 0,3 k ohm.m el agua las impregnó bien, generando buen efecto IP. En general, las rocas "in situ" tienen buena impregnación de agua como se indica en las figuras III-9 y III-10.

Comparando la relación piritita y calcopirita con los valores EF se aprecia que la calcopirita presenta mejor relación con EF (figuras III-7 y III-8), esto se confirma con las muestras del sondaje S-2 números 7, 8, 9, 10 y 11, las cuales tienen mayor contenido de calcopirita que piritita. De este modo, en rocas con igual contenido de calcopirita y piritita, el fenómeno EF es mayor en las primeras.

Las relaciones cuantitativas entre los sulfuros y el efecto frecuencia se presenta en la figura. III-11. En el sondaje S-1 el valor promedio de cobre hasta los 57 m es de 0,15%, este valor corresponde a 0,44% de calcopirita. En la figura III-10 se observa que para el valor 0,44% de calcopirita corresponde un valor EF de 3,8%.

En base al plano para  $n = 1$ , el valor de EF para la zona del sondaje S-1, ubi-

.

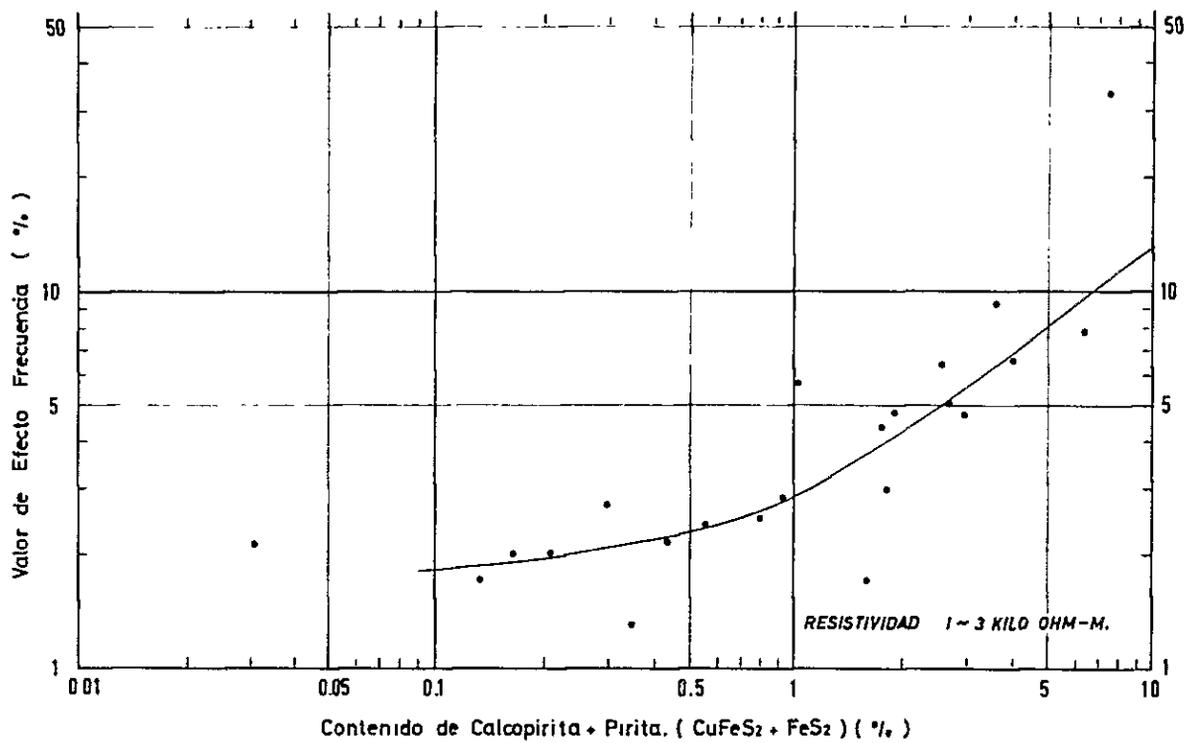


Fig. III-9 RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE SULFUROS

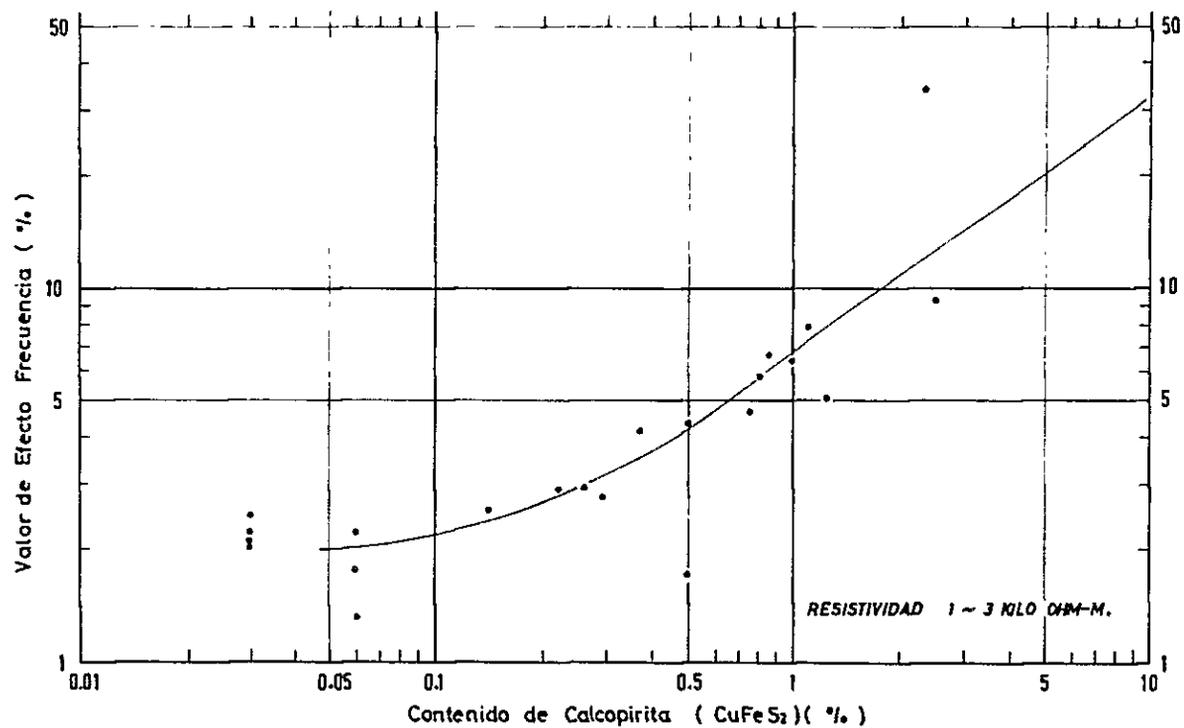


Fig. III-10 RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE CALCOPIRITA



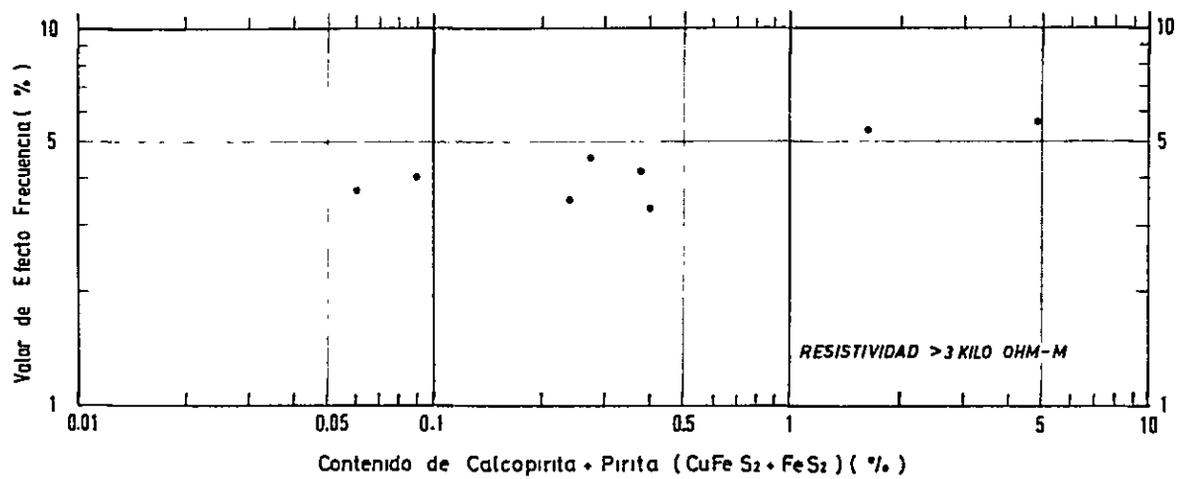


Fig III-11 RELACION ENTRE EFECTO FRECUENCIA Y CONTENIDOS DE SULFUROS



cado entre los perfiles 0 y 200 E, es de 3 a 4 %, es decir, similar a los obtenidos en el laboratorio. En el sondaje S-2, ubicado entre el perfil 600 E y 800 E, el promedio de cobre es 0,32 %; este valor corresponde al equivalente de 0,92 % de calcopirita. El contenido de cobre hasta 57 m de profundidad es 0,408 % equivalente a 1,18 % de calcopirita; el valor de EF correspondiente a 0,32 % de cobre es 6,2 % y a 0,408 % de cobre es 7,5 %. En base a la información del perfil 600 E el promedio de EF es 7,6 %, similar al encontrado en laboratorio. Por esta razón las figuras III-9 y III-10 pueden considerarse como representativas de las condiciones naturales.

### 3.5 Cálculo de modelos

Para saber la forma e intensidad de las anomalías en base a los datos de terreno, se hace una simulación comparando con un modelo. En el caso de IP con distribución dipolo-dipolo, hay muchos modelos, pero los datos de terreno implican numerosos fenómenos, mezclados entre sí, que deben tenerse presentes al efectuar los cálculos.

Para calcular el modelo se supone un perfil cuyo valor de resistividad y EF son similares a los medidos; el perfil dividido en 1400 cuadrados de 25 m de lado a los cuales se les asigna un valor de resistividad y EF, luego, usando el método de cálculo reiterativo de Gauss-Seidel, mediante computador IBM-360, se obtiene un modelo en que aparece la resistividad EF y FM; este modelo se compara con los datos obtenidos en terreno. El proceso se repite varias veces hasta que, por aproximaciones sucesivas, se hace similar a los datos de terreno. Debido a que la estructura geológica es complicada no se puede simular hasta el detalle.

A continuación se explica el modelo logrado para cada perfil:

- 1) La figura de resistividad para las líneas 200 E, 400 E, 600 E, 800 E, 1000 E, 1200 E y 1400 E son similares; en la parte norte aflora una roca con resistividad alta;

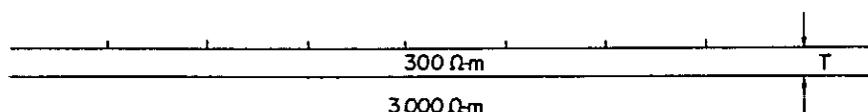


en la parte central la resistividad es baja; en la parte sur, desde la superficie hacia abajo, la resistividad es baja. Se seleccionó el perfil 1000 E y se hizo simulación entre los puntos 200 S y 400 N para estimar la estructura del perfil. La distancia entre puntos en terreno es 100 m, por lo cual el tamaño del cuadrado del modelo tiene  $25 \times 25$  m; así, una estructura menor que 25 m no se puede detectar. El valor de baja resistividad entre los puntos 600 N y 1100 N corresponde al cuaternario, se ha supuesto un valor de resistividad de 300 ohm.m y 50 m de espesor. Esta suposición se explica por;

i) al aplicar el método Curva Manching de dipolo-dipolo a los valores detectados en los perfiles 0 a 600 E, entre los puntos 500 N a 1000 N, se observa una capa de baja resistividad sobre una capa de alta resistividad (2000 a 4000 ohm.m), los valores obtenidos en este caso corresponden a resistividad entre 200 y 300 ohm.m y espesor menor que 75 ohm.m.

ii) otra razón para suponer una resistividad de 300 ohm.m y 50 m de espesor se relaciona con el hecho que el sedimento está saturado de agua, similar al agua corriente, cuyos valores de resistividad varían entre 200 y 300 ohm.m.

iii) Como se muestra en la figura siguiente:



cuando el modelo tiene  $T = 25$  m, la resistividad aparente para  $n = 1$  corresponde aproximadamente a 670 ohm.m; cuando  $T = 150$  m la resistividad es aproximadamente 500 ohm.m. Este resultado de la simulación es muy semejante para  $n = 1$  en los perfiles 0 a 1000 E, entre los puntos 500 N a 1000 N.

iv) El nivel de resistividad alta que se ubica al norte del punto 400 N y 500 N corresponde a una capa próxima a la superficie. La forma de montura que se presenta



entre los puntos 100 N a 500 N corresponde a una zona con resistividad baja próxima a la superficie, el valor estimado es 200 ohm.m. Los valores de resistividad en profundidad son diferentes en el norte y sur del perfil, hacia el sur los valores disminuyen. La resistividad puede dividirse en 3 clases: 300 ohm.m, 1000 ohm.m y 5000 ohm.m. Con estos datos se hizo una simulación cuyos resultados se presentan en la figura III-12. Este plano es muy similar a los perfiles reales; de aquí que el perfil 1000 E sea un perfil representativo de esta área.

2) De la forma de los perfiles de resistividad entre los perfiles 200 W a 1000 W, puede suponerse una roca con resistividad alta en el centro. En la parte sur se estima una capa de baja resistividad, al igual que en la parte norte. De los perfiles mencionados se eligió el perfil 200 W para calcular el modelo, también se supuso una figura con 2 capas: la superior con 300 ohm.m y 5 m de espesor; la capa inferior con 300 ohm.m; el resultado se indica en la figura III-13, su valor es similar a lo encontrado realmente.

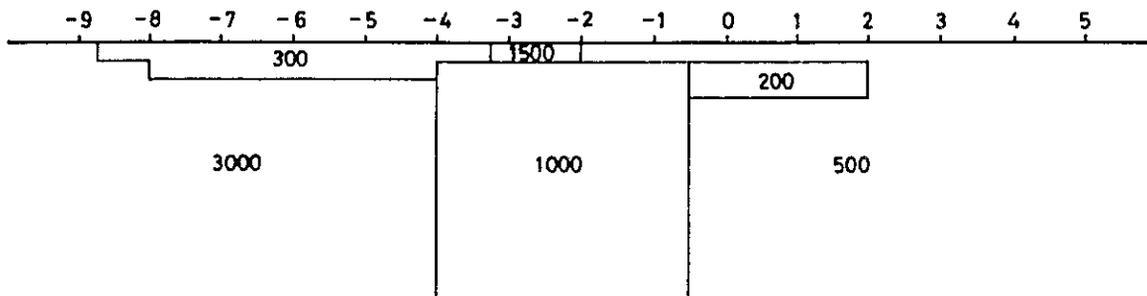
3) La zona de anomalía del sur que se presenta entre los perfiles 400 E a 1400 E son similares; como base para calcular el modelo se eligió el perfil 600 E próximo al sondaje S-2. De este modo se obtiene una capa de suelo menor que 5 m, debido a que el cuadro base es de 25 m, se ha supuesto un espesor constante de 25 m.

El centro de la anomalía EF está situado entre los puntos 300 N y 400 N, hacia afuera la anomalía disminuye. El máximo valor EF es 10,6 %, por lo cual, considerando el efecto del suelo se estima el valor de EF en 15 %. El ancho de la supuesta zona mineralizada tiene 100 m, el espesor variaría entre 50 m y 100 m, promediándose a 75 m.

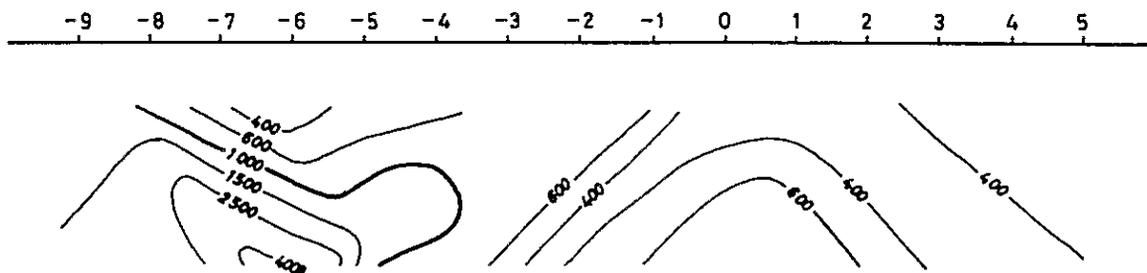
En estos perfiles la anomalía EF variaría desde adentro hacia afuera gradualmente, por esto se han elegido los siguientes valores de EF: 15; 8; 7; 6; 5 %, con



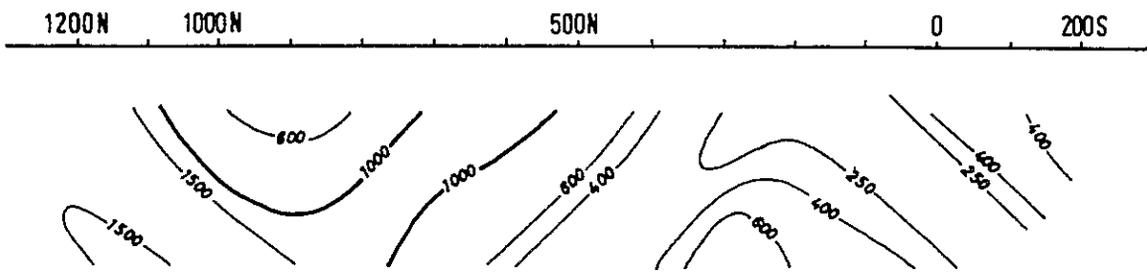
MODELO



SECCION TEORICA



SECCION APARENTE

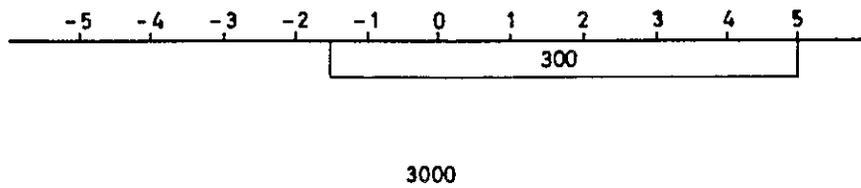


Unidad de Resistividad ohm - m

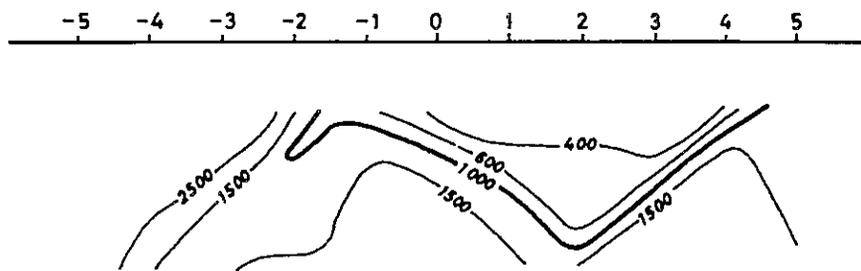
Fig. III - 12 CALCULO MODELO DE RESISTIVIDAD EN 1000E



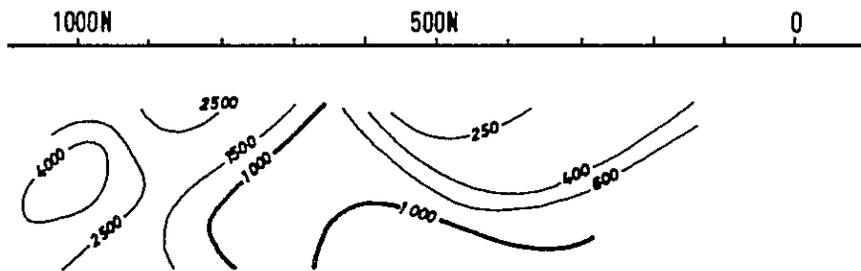
MODELO



SECCION TEORICA



SECCION APARENTE

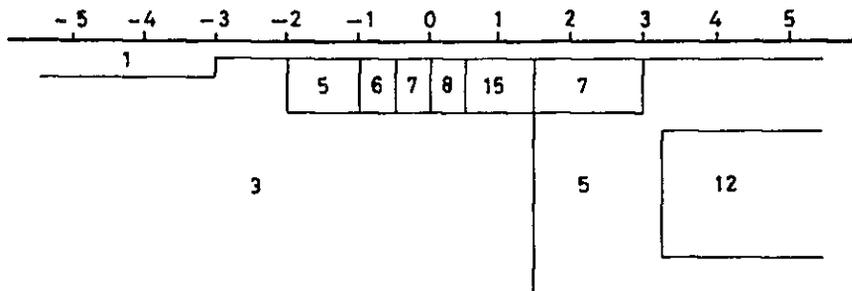


Unidad de Resistividad. ohm-m

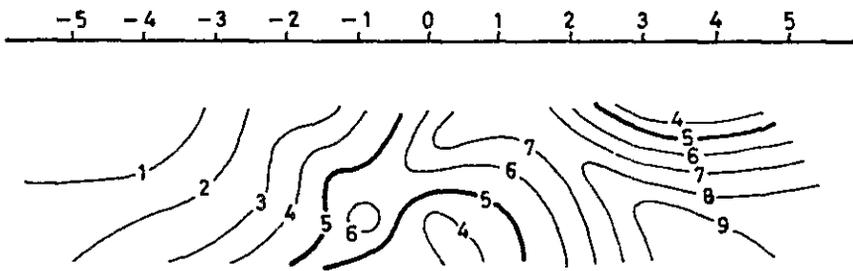
Fig. III - 13 CALCULO MODELO DE RESISTIVIDAD EN 200W



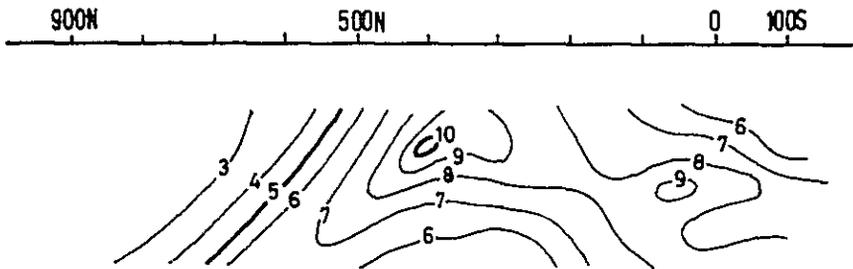
MODELO



SECCION TEORICA



SECCION APARENTE

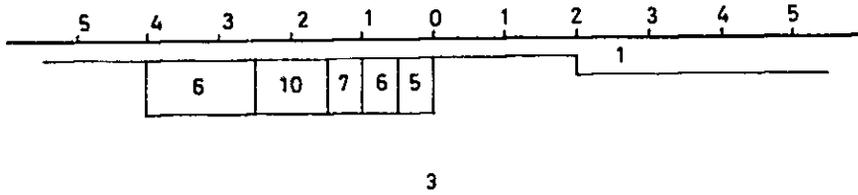


Unidad de Efecto Frecuencia %

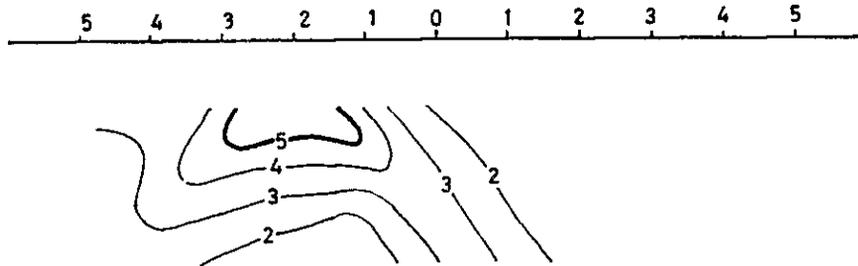
Fig. III - 14 CALCULO MODELO DE EFECTO FRECUENCIA EN 600E



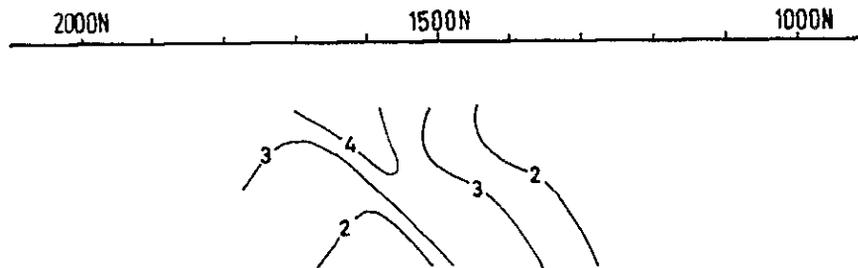
MODELO



SECCION TEORICA



SECCION APARENTE



Unidad de Efecto Frecuencia %

Fig. III - 15 CALCULO MODELO DE EFECTO FRECUENCIA EN 0



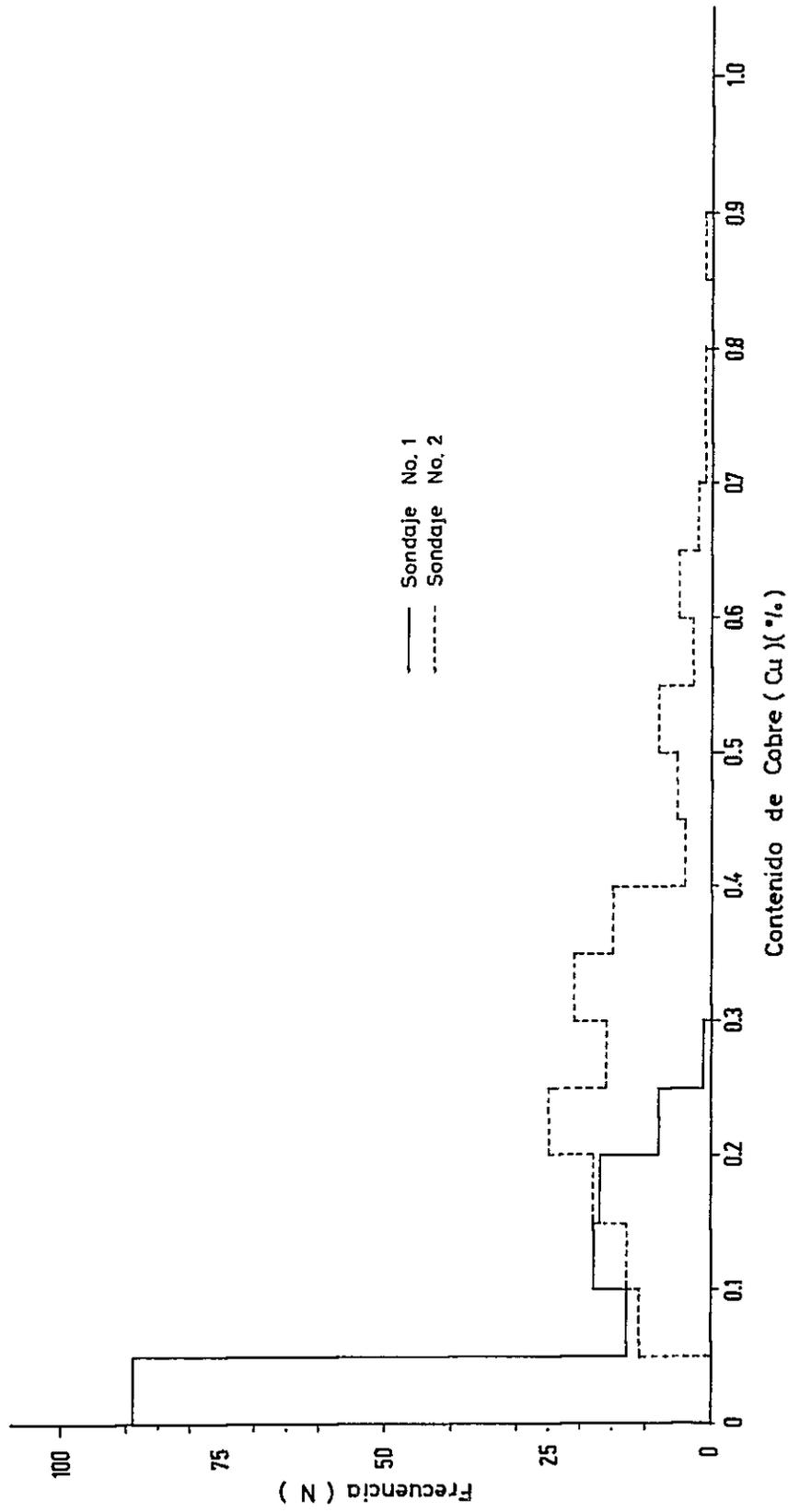


Fig. III - 18 HISTOGRAMA DE CONTENIDO DE COBRE EN SONDAJES S-1 Y S-2



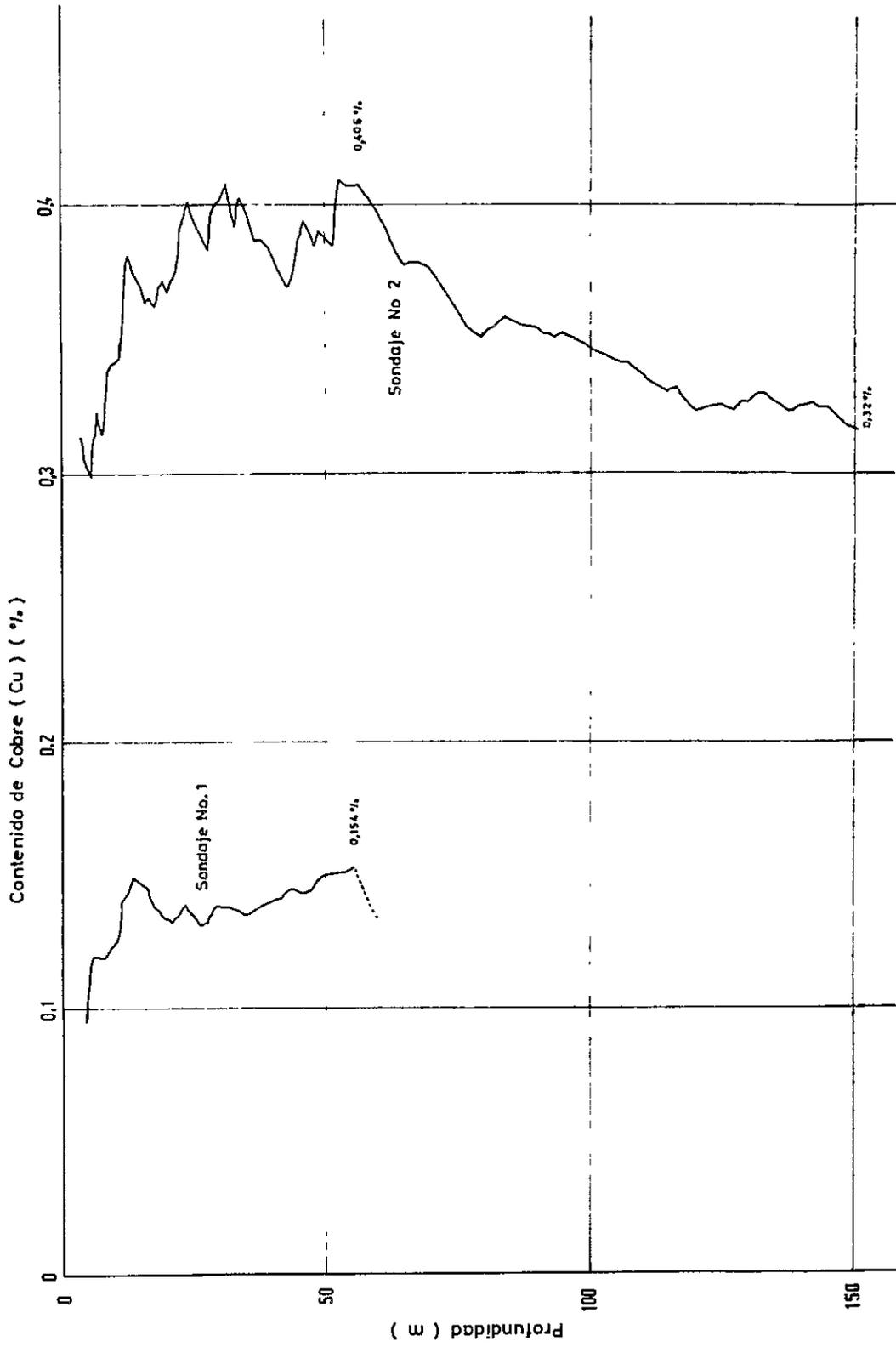


Fig. III - 19 PROMEDIO ACUMULATIVO DE COBRE EN SONDAJES S-1 Y S-2



ellos se ha calculado un modelo, además verticalmente el valor de EF varía progresivamente, por lo tanto, se supone que toda la roca tiene mineralización. Este fenómeno se presenta también en el sondaje S-2 que tiene una distribución de cobre homogénea.

Con los resultados de los análisis de mena del sondaje S-2 se hizo un histograma (fig. III-18); el valor más alto de cobre está comprendido en 0,05 % y 0,4 %; expresado como calcopirita, corresponde a 0,15 % a 1,16 %.

Si se calcula EF en la figura III-10 se obtienen valores de 2,5 % a 7,5 %; por lo tanto, el background de la zona mineralizada se estimó entre 3,0 y 7,0 %.

Entre los puntos 0 y 100 N, en profundidad, se presenta otra anomalía que también se reconoce en el perfil 100 E, por lo cual se ha supuesto un modelo con profundidad 125 m y EF 120 %. El resultado de la simulación se muestra en la figura III-14. Los valores de EF calculados son pequeños porque el espesor del suelo es 25 m. pero las formas son parecidas.

4) Se hizo un cálculo de modelo para el perfilo entre los puntos 900 N y 2000 N. El resultado de EF es muy similar al medido en terreno (figura III-15). En base a los resultados señalados precedentemente se ha hecho un "plano modificado" de la zona mineralizada del área (plano III-13).

### 3.6 Interpretación global

En base al plano modificado se concluye lo siguiente:

1) los sedimentos del Cuaternario que cubren la mayor parte del área estudiada tiene un espesor inferior a 50 m. El espesor aumenta hacia el centro del valle. Sin considerar los sedimentos cuaternarios y el suelo, la resistividad puede dividirse en 2 grupos:



- i) resistividad sobre 1000 ohm.m
- ii) resistividad bajo 1000 ohm.m

La zona sobre 1000 ohm.m cubre una gran área y corresponde a la distribución de la tonalita con alteración hidrotermal. Los valores con menos 1000 ohm.m se distribuyen en 3 sectores:

- SE del área
- NW del área
- NE del área

En la primera zona la resistividad se extiende este-oeste y noreste y suroeste, desde el centro de la zona hacia afuera la resistividad cambia desde 200 ohm.m, 500 ohm.m y 1000 ohm.m. La zona SE corresponde a la anomalía de EF alta y tiene relación con la mineralización y alteración. Donde la resistividad es muy baja, se estima que la alteración es muy fuerte. El sector con 200 ohm.m tiene poca profundidad; hacia abajo la resistividad aumenta a 500 ohm.m, por lo cual se considera que la alteración es muy fuerte en zonas poco profundas.

La segunda área, entre los puntos 500 N a 700 N en los perfiles 0, 200 W, 400 W presenta resistividad menor que 1000 ohm.m, la que se distribuye en bandas.

La tercera área se presenta entre los puntos 1700 N a 1900 N, en el perfil 1400 E tiene resistividad de 1000 ohm.m. En las dos últimas áreas se aprecia una anomalía de EF de poca extensión; se estima pequeña la posibilidad que se encuentre una zona alterada.

- 2) Los valores de EF se han agrupado en 6 zonas: menor o igual que 2 %, 3 %, 5 %, 7 %, 10 % y 15 %. Estos grupos se han llevado al "plano modificado".

La zona con valores menores o iguales a 2 % se encuentran en la parte central oeste y corresponde a la zona sin mineralización.

1

La zona de 3 % está en su mayor parte cubierta por aluvio y corresponde a débil diseminación de sulfuros. Todos los valores menores que 3 % se considerarán background. En ambas zonas la resistividad es mayor que 1000 ohm.m y se relaciona con la tonalita, pero alterada y mineralizada.

Las zonas mayores que 5 % tiene relación con la mineralización y tienen resistividad menor que 1000 ohm.m, por lo tanto es una zona con alteración hidrotermal. La distribución aparece en el SE, NW y NE. La anomalía del SE se presenta en los perfiles 800 E y 1000 E, entre los puntos 300 N y 400 N; se caracteriza por su zonación decreciente hacia el exterior, ordenamiento que es similar a la distribución de la resistividad. La extensión sur de la anomalía SE no ha sido reconocida adecuadamente, sin embargo no se aprecia disminución de EF. Valores de EF mayores que 10 % sólo se presentan hasta 75 m de profundidad, hacia abajo los valores disminuyen entre los puntos 100 N y 200 N de los perfiles 600 E, 800 E y 1000 E, los valores EF mayores que 10 % aparecen elongados este-oeste a más de 125 m de profundidad, por lo cual existe la posibilidad de encontrar alteración y mineralización. La anomalía de 5 % de EF próxima al sondaje S-1 corresponde a la zona mineralizada de poca profundidad reconocida por sondaje. La resistividad de esta zona varía entre 500 a 1000 ohm.m, sin detectarse resistividad menor que 200 ohm.m, este hecho se explica por la fuerte silicificación de la roca. La anomalía no se extiende bajo el relleno cuaternario, pero sí se elonga en dirección este-oeste, este hecho hace suponer que no existe continuidad de la mineralización hacia el norte.

La anomalía NW es angosta, los valores con EF mayores que 10 % sólo se encuentran en el perfil 400 W. La resistividad de la zona es alta lo que se explica porque la mineralización se asocia a la silicificación.

La anomalía NE es pequeña con valores de EF iguales a 5 %. Se espera mineralización débil.



La alta anomalía de EF en la zona SE tiene mucha posibilidad de ser generada por un yacimiento económico. En base al tamaño de la anomalía de EF y a los datos de laboratorio se puede dar como orden de magnitud del posible yacimiento, algunas decenas de millones de toneladas de mineral, con leyes variables entre 0,5 y 1,0 %.

•

## Capítulo 4 Conclusiones y recomendaciones

### 4.1 Conclusiones

En base a los datos señalados anteriormente se concluye lo siguiente:

- 1) Anomalías IP se presentan en toda el área estudiada con excepción de la parte central-oeste. Se distinguen las siguientes zonas:
  - zona sur: anomalía de IP en bandas elongadas NE-SW a lo largo de la distribución de las tonalitas.
  - zona norte: anomalía IP elongada este-oeste.
- 2) La anomalía con más de 10 % de EF se presenta entre los puntos 300 N y 400 N de los perfiles 800 E y 1000 E. Esta anomalía representa una zona mineralizada importante, elongada este-oeste, que va desde la superficie hasta los 75 m de profundidad. La zona mencionada tiene una resistividad inferior a 1000 ohm.m, por lo tanto, se estima una fuerte alteración hidrotermal. La mineralización se prolonga hacia el SE, donde no se ha confirmado su límite.
- 3) La parte sur de la anomalía mencionada precedentemente presenta valores de 10 % de EF con elongación este-oeste, a 125 m de profundidad. Dicha parte se sitúa en el extremo de los perfiles medidos, por lo cual no se conocen sus dimensiones.
- 4) La anomalía de EF que puede corresponder a la mineralización de cobre y molibdeno explorada con el sondaje S-1, se presenta en un área pequeña en los perfiles 0 y 200 E. Considerando la configuración de la anomalía de EF, se puede decir que la mineralización es regular y se distribuye en bandas. Se estima que la mala medición del fenómeno IP se debió a la poca cantidad de calcopirita presente; sin embargo existe mineralización de molibdenita. Este hecho es difícil de estimar con la información disponible actualmente.



- 5) La exploración geofísica descarta la posibilidad de mineralización bajo el relleno cuaternario, tal como se había señalado en el informe geológico del año 1977.
- 6) Al norte de los puntos 1300 N y 1400 N del perfil 400 W, se presenta una anomalía con 10 % de EF; su tamaño es pequeño en atención a que sólo se detecta en el perfil 400 W. Esta línea fue revisada con disposición de electrodos dipolo-dipolo, con distancias entre electrodos de 25 m midiéndose EF de 8 % a 10 %; las dimensiones del cuerpo se estiman en  $25 \times 50 \times 50$  m.

#### 4.2 Recomendaciones

- 1) Se recomienda hacer un sondaje diamantino vertical de 200 m entre los perfiles 800 E y 100 E y los puntos 300 N y 400 N. Este sondaje reconocerá la "anomalía SE".
- 2) Se recomienda continuar los estudios IP para confirmar la prolongación hacia el sur y sureste de la anomalía SE.
- 3) La anomalía NW debe ser reconocida mediante zanjas y piques de poca profundidad.



### III-3 EXPLORACION MEDIANTE SONDAJES

#### Capítulo 1 Generalidades

Los trabajos de exploración realizados por el IIG entre los años 1973 y 1976 (geología y geoquímica regional, geología y geoquímica de detalle y geofísica) y por la comisión IIG-MMAJ el año 1977, concluyeron que era imprescindible hacer sondajes diamantinos de exploración, cuyo objetivo sería reconocer en profundidad la zona con fuerte alteración cuarzo-sericita a la cual, en algunas partes, se sobreponía una anomalía de cobre en suelo.

Los 300 m de sondajes verticales programados para el año 1978 se realizaron en 2 puntos cuyas coordenadas UTM fueron:

Sondaje	Norte	Este	Longitud (m)	Objetivo
S-1	5. 712. 637,00	297. 687,53	150	Alteración cuarzo-sericita
S-2	5. 712. 808,00	298. 309,67	151	Anomalía de cobre en suelo

La información obtenida con los sondajes permite reconsiderar la continuación del programa de exploración en el Prospecto Galletué.

La exploración mediante sondajes propiamente tal empezó el 23 de Octubre de 1978 y terminó el 1° de Diciembre de 1978. En total se hicieron 2 hoyos con 301,10 m. En la perforación trabajaron 2 operadores japoneses, 2 chilenos y 4 ayudantes (8 en total); se formaron 2 grupos con 1 sondeador de cada país cada uno, que trabajaron en 2 turnos de 8 horas.

Se usó el sistema wire-line, para mejorar la eficiencia y recuperación de testigos se inyectó lodo de perforación. El avance promedio por turno fue 9,7 m y la recuperación media de testigos fue 98,5%. La máquina usada fue una Koken-Boring.



## Capítulo 2 Trabajo de perforación

### 2.1 Método de perforación y máquina usada

En base a la información geológica disponible se presumió que las rocas a perforar serían granodiorita, rocas alteradas y brechas, por lo cual se usaron coronas NQWL y BQWL, y lodo de perforación, principalmente bentonita. Al perforar se produjeron numerosas pérdidas de agua y derrumbe del pozo, para obviar estos problemas se utilizó "seeclay" y ribonita con resultados muy satisfactorios (buena recuperación de testigos).

Las características de las máquinas y accesorios utilizados se indican en las tablas 9, 10, 11 del apéndice.

### 2.2 Trabajo de perforación

#### 2.2.1 Preparación

Un técnico japonés llegó a Santiago el 19 de Octubre, dirigiéndose luego a terreno para preparar la infraestructura y adquirir repuestos. Como acceso al sondaje S-2 se usó un antiguo camino maderero. El camino entre los sondajes S-1 y S-2 se preparó con bulldozer (650 m), siendo necesario construir 3 puentes sobre quebradas. El agua de perforación se captó directamente en esteros próximos a la plataforma de perforación.

#### 2.2.2 Traslado de equipo en terreno

Los cambios desde el sondaje S-1 a S-2 se hicieron en 2 camionetas en 1,5 días.

#### 2.2.3 Trabajo de desmantelamiento

Desde el 26 de noviembre, la máquina de perforación, torre y accesorios se desmantelaron y se hizo mantención del equipo. El 1° de diciembre se terminó la



faena en terreno. El detalle del tiempo usado en preparación y movimiento de equipo se señala en la tabla 12 del apéndice.

#### 2.2.4 Detalle del trabajo

##### 1) Sondaje S-1

El sondaje se inició hasta los 2 m con zapata y revestimiento HX, el primer metro correspondió a suelo. Hasta 4,60 m se perforó con corona simple HX y se colocó revestimiento NX; después se perforó con corona NQWL y se inyectó lodo de bentonita. La roca perforada fue tonalita con alteración filica hasta aproximadamente los 60 m. Numerosas fracturas con arcilla produjeron derrumbes del pozo, problema que se obvió mediante la utilización de lodo con bentonita, soda caústica y ribonita.

A los 112,50 m se colocó tubo de revestimiento BX y se perforó con corona BQWL con lodo de ribonita. Después de los 112,50 m la roca fuertemente fracturada originó pérdidas de agua del orden de 2 a 5 lts/min, que se evitaron con lodo de "seeclay", alcanzándose 150 m sin problemas. El detalle sobre mineralización y alteración se explicará más adelante.

Debido a la ausencia de mineralización y alteración hidrotermal, el programa original de perforación hasta 300 m fue redefinido a los 150 m. Con excepción de la roca alterada, el resto es muy duro originándose gran desgaste de coronas y barrenos.

El consumo de lodo de perforación en el sondaje S-1 fue:

Bentonita	1.100 kg	7,3 kg/m
Ribonita	100 kg	1,33 kg/m
C. M. C.	14 kg	0,093 kg/m



## 2) Sondaje S-2

Este sondaje se inició con corona simple HX hasta 5,60 m (0 m a 3,9 m suelo) y se colocó tubo de revestimiento HX. Luego se perforó con corona NXWL hasta 18,30 m y se puso tubo de revestimiento BX; se continuó con corona BQWL y lodo de ribonita. La roca que se cortó fue tonalita, en parte con fracturas con arcillas. La mayor silicificación del sondaje S-1 afectó negativamente la velocidad de perforación, así en S-1 fue 2,63 m/hora mientras que en S-2 fue 3,13 m/hora.

El consumo de componentes del lodo de perforación en el sondaje S-2 fue:

Bentonita	875 kg	5,79 kg/m
Ribonita	94 kg	0,53 kg/m
C. M. C.	8 kg	0,65 kg/m

### 2.2.5 Rendimiento del trabajo de perforación

#### 1) Rendimiento de la perforación

Como se indica en la tabla 13 del apéndice el rendimiento de la perforación por turno en el trabajo total fue 8,85 m/turno (incluye traslado, preparación, etc.).

Considerando solamente la perforación, el rendimiento fue 9,71 m/turno. En el pozo S-1 se registró 8,82 m/turno y en S-2 10,79 m/turno.

#### 2) Recuperación de testigos

Como se indica en la tabla 13 del apéndice el promedio total de recuperación, sin incluir el suelo, fue 98,5%; esta cifra se atribuye a la utilización de adecuado lodo de perforación, buen control de la velocidad de rotación y presión de la corona.

#### 3) Estadística de la perforación

Los datos estadísticos de la perforación se indican en las tablas 14, 15, 16 y 17 del apéndice. El avance de la preparación se señala en las tablas 18 y 19 del apéndice.



## Capítulo 3 Descripción de los testigos

### 3.1 Sondaje S-1

a) Petrografía: Petrográficamente el sondaje S-1 es homogéneo y se caracteriza por cortar una tonalita con textura hipidiomorfa granular, en parte porfírica, formada por plagioclasa (oligoclasa-andesina) en cristales subhedrales maclados y estructura zonal, en general con alteración a sericita, leve alteración potásica y escasa ortoclasa. El cuarzo presenta extinción ondulosa. La biotita y anfíbola (hornblenda) presentan alteración a clorita. Los minerales opacos aparecen asociados a los ferromagnesianos. Apatita y zircón aparecen como minerales accesorios. Localmente la tonalita presenta textura porfírica con fenocristales de plagioclasa y biotita alterados a sericita-arcilla y clorita respectivamente, y cuarzo con extinción ondulosa.

Las variedades texturales y mineralógicas de la tonalita, a lo largo del sondaje, se muestran en las tablas III-5 y III-6.

b) Alteración hidrotermal: El grado de alteración hidrotermal que afecta la roca es disímil pudiendo dividirse el testigo en 2 unidades claramente diferenciables:

De 0 a 58 m : fuerte alteración cuarzo-sericita que en partes oblitera la textura original de la roca.

De 58 a 150 m : la roca es notoriamente más fresca, aún cuando se mantiene la sericitización y es más abundante la argilización. Su separación de la unidad superior con alteración intensa es brusca.

La alteración hidrotermal cuarzo-sericita se caracteriza por la presencia de sericita, cuarzo y cantidades menores de arcillas (caolinita, montmorillonita y clorita). Al microscopio se observa sericita generalmente con arcillas, en el centro de los cristales de plagioclasa o relleno de microvenillas. La biotita y hornblenda



60	100	0.01	0.002	XXXX	parf	NB	tonalita porfirica
61	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
62	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
63	100	<0.01	0.007	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
64	100	<0.01	0.004	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
65	100	<0.01	0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
66	100	<0.01	0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
67	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
68	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	5 RP 1/2	tonalita porfirica
69	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	5 RP 1/2	tonalita porfirica
70	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	5 GY 1/2	tonalita porfirica
71	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
72	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
73	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
74	60	0.01	<0.001	XXXX	parf	-	tonalita porfirica
75	50	0.01	<0.001	XXXX	parf	-	tonalita porfirica
76	60	0.02	0.001	XXXX	parf	-	tonalita porfirica
77	60	0.02	0.005	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
78	50	0.02	<0.001	XXXX	parf	-	tonalita porfirica
79	100	0.06	0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
80	50	0.02	0.002	XXXX	parf	-	tonalita porfirica
81	100	0.39	0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
82	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
83	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
84	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
85	100	0.03	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
86	100	0.02	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
87	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
88	100	0.02	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
89	100	0.02	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
90	100	0.02	<0.001	XXXX	hipid	N7	tonalita porfirica
91	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
92	100	0.02	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
93	100	0.02	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
94	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
95	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
96	100	0.02	<0.001	XXXX	parf	5 B 1/2	tonalita porfirica
97	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
98	100	0.05	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
99	100	0.04	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
100	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
101	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
102	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N7	tonalita porfirica
103	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
104	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
105	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
106	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
107	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
108	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
109	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
110	100	<0.01	<0.001	XXXX	hip	N8	tonalita porfirica
111	100	0.05	<0.001	XXXX	hipid	N8	tonalita porfirica
112	100	<0.01	<0.001	XXXX	hipid	N8	tonalita porfirica
113	100	<0.01	<0.001	XXXX	hipid	N8	tonalita porfirica
114	60	<0.01	<0.001	XXXX	hipid	N8	tonalita porfirica
115	100	<0.01	<0.001	XXXX	hipid	N8	tonalita porfirica
116	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
117	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
118	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
119	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
120	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
121	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
122	80	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
123	80	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
124	80	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
125	100	<0.01	<0.001	////	cuarzo-sericita	N8	cuarzo-sericita
126	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
127	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
128	100	0.03	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
129	100	0.03	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
130	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
131	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
132	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
133	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
134	100	0.02	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
135	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
136	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
137	100	0.02	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
138	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
139	100	0.02	0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
140	100	0.02	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
141	100	0.09	0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
142	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
143	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
144	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
145	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
146	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
147	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
148	100	0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
149	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica
150	100	<0.01	<0.001	XXXX	parf	N8	tonalita porfirica

\* Valores relativos a ojo desnudo  
 \*\* Rock - color chart GSA, 1963  
 \*\*\* Unidades por metro lineal de sondaje

SONDAJE S-1  
 COORDENADAS COLLAR < N 5712637.83  
 ELEVACION COLLAR 1254.88  
 LONGITUD 150 m  
 LONG PROGR 300 m  
 INICIADO 4 XI 1978  
 TERMINADO 19 XI 1978  
 INCLINACION 90°  
 ESCALA 1:250

011 m<sup>3</sup> 0 seric - arc - calc

venillas con cbr y muscov

agregado de alteración



Tab III - 6 CUADRO DE VARIACION PETROGRAFICA EN SONDAJE S - I

Cuadro		PROSPECTO GALLETUE																				Sondaje S-1
		DESCRIPCION MICROPETROGRAFICA DE LAS ROCAS Y SUS ALTERACIONES																				
CORTE TRANS N°		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
TEXTURA	Foténico																					
	Porido																					
	Panfisc	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Automorta																					
	Hidromorta			X		X	X			X			X	X			X					
	Alga heterogénea																					
	Heterogénea																					
Agregado de Alteración				X												X						
TIPO MASA FUNDAM	Intercristal																					
	Felsítica (Oz, p, mag)								X													
	Andítica	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Mesotaxis de Alterac																					
	Tamaño grano																					
MINERALOG Y ALTERAC. MASA F	Oz grano fino	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Oz gr fino y medo	X	X	X																		
	Oz en cumulos	X	X	X	X	X	X										X	X	X	X	X	
	Plag Automorta																					
	Plag Hidrom	X		X		X		X		X						X						
	Oz entrecruz Oz																					
	Ba fina fresca																					
	Ba fina porc clorit																					
	Ba fina total clorit	X		X				X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Ba fina clorit y sericit													X	X							
	Opacos asoci maficos	X				X		X						X	X					X	X	
	Sericit diseminado																					
Sericit alterando plag	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Sericit en cumulos	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
MINERALOGIA Y ALT. FENOCRISTALES	Plagioclas fresca							X	X													
	Plag recrist, ob, az																					
	Al K, sericit, calc									X	X											
	Intensidad alterac	R	R	R	R	R	R	R	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	F	L	L	
	Ortoclasa primaria																					
	Ortoclasa alt plag																					
	Ba cristalina fresca																					
	Ba crist alt clorita	X	X			X		X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Ba crist alt sericit	X						X					X				X			X	X	
	Anfibol fresco																					
Anfibol alt clorita																						
CUARZO AMP	Cuarzo granular																X	X				
	Cuarzo ojos mano crist							X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	Cuarzo ojos pol crist								X	X												

@ = intensidad corresponde a profundidad en metros, del Sonda  
 M = muy fuerte  
 F = fuerte  
 R = regular  
 L = leve  
 ML = muy leve  
 X = abundancia relativa grande  
 / = abundancia relativa pequeña



Tab. III-7 RESULTADOS DE DIFRACTOMETRIA DE RAYOS X SONDAJE S-1

Mineral Muestra	TSD-5	TSD-10	TSD-20	TSD-25	TSD-30	TSD-35	TSD-40	TSD-45	TSD-50	TSD-55	TSD-60	TSD-65	TSD-70	TSD-79	TSD-85	TSD-90	TSD-95
Cuarzo	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Plagioclasa	+	++	++	+++	+	++	+++	+++	+	+++	+++	+++	+	++	+++	+++	+++
Sericita	++	+	++	++	+++	+	+++	++	+++	++	++	++	++	+	++	++	++
Clorita	++	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Caolinita	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+
Montmorillonita	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	++	++	+
Biotita														++			
Calcita																	+

Mineral Muestra	TSD-100	TSD-105	TSD-110	TSD-115	TSD-120	TSD-125	TSD-130	TSD-135	TSD-140	TSD-145	TSD-150
Cuarzo	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	+++
Plagioclasa	++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Sericita	+			++		+				+	
Clorita	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Caolinita	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Montmorillonita	++	+			+	+	+	+	+	+	+
Biotita						++		+	+		+
Calcita						+		+	+		+

•

presentan alteración con grado variable a clorita y sericita. Es común observar venillas de calcita y zeolita cortando la mineralogía original de la roca. Megascópicamente se reconoce que la alteración cuarzo-sericita se produce tanto a lo largo de fracturas como impregnando la roca, llegando en casos extremos a obliterar su textura original.

El análisis mediante difracción de rayos X de una secuencia ordenada de muestras de este sondaje, indican predominio de sericita hasta los 58 m; aproximadamente a partir de esta profundidad se produce un incremento de la plagioclasa; la causa de este fenómeno radica en el hecho que la sericita se ha generado a partir de la plagioclasa con la consecuente destrucción de este mineral. A partir de los 110 m se reconoce la presencia de biotita (Tablas III-8 y III-9).

La edad de la alteración hidrotermal en el sondaje S-1, determinada por el método K-Ar, es  $77,5 \pm 2,3$  m.a. (roca con textura obliterada por fuerte alteración cuarzo-sericita). Esta edad coincide con las determinaciones radiométricas hechas en 1977 en la Unidad Oriental del Batolito de Galletué, en el cual se ubica el prospecto del mismo nombre ( $80,70 \pm 1,26$  m.a. y  $77,21 \pm 1,11$  m.a.). Este hecho señala un sincronismo en el emplazamiento del plutón y la alteración hidrotermal con la mineralización asociada.

c) Mineralización: La distribución de la mineralización es concordante con la alteración hidrotermal observándose las siguientes relaciones:

- entre 0 m y 58 m predomina la molibdenita asociada a la alteración cuarzo-sericita. La ley media de molibdenita es 0,0252 % (0,04 % de molibdenita). Acompañando la mineralización de molibdenita se observa pirita y venillas de cuarzo.
- entre los 58 y 150 m, la ley de molibdeno es inferior a 0,001 %.



- el cobre aparece como calcopirita. La ley media de este metal en los primeros 58 m es 0,15 %.
- entre los 58 m y los 150 m la ley media de cobre es inferior a 0,01 %.
- otras especies minerales que aparecen son limonita (primeros 2 m del son-  
daje) y un cristal de galena de 0,5 cm a los 56 m.

La molibdenita aparece en guías que varían entre 1 mm a 1 cm, normalmente con cuarzo y pirita, o diseminada, claramente asociada con la alteración cuarzo-sericita.

La relación calcopirita: pirita es 1: 2.

Desde el punto de vista de la paragénesis, la relación es la siguiente:

Pirita	_____
Magnetita	_____ - - - -
Calcopirita	_____
Molibdenita	_____ - - - -
Pirrotina	_____ - - - -

### 3.2 Sondaje S-2

a) Petrografía: El sondaje S-2 corta monotonamente una tonalita que al microscopio presenta textura hipidiomorfa granular, formada por plagioclasa (oligoclasa) maclada y con estructura zonal, alterada a sericita y ocasionalmente a arcilla y calcita. El cuarzo, en cristales anhedrales, presenta extinción ondulosa. La biotita y hornblenda están alterados en diferentes grados a clorita. Como minerales accesorios aparecen apatita, zircón y esfeno. Localmente, la textura se hace porfírica con masa fundamental aplítica formada por cuarzo granular, plagioclasa con leve alteración a sericita, arcilla y calcita. Los fenocristales corresponden a oligoclasa



maclada con alteración a sericita y/o arcilla y calcita, cuarzo con extinción ondulosa y biotita totalmente alterada a clorita.

Las variedades texturales y mineralógicas a lo largo del sondaje se muestran en las tablas III-8 y III-9.

b) Alteración hidrotermal: El cuadro de alteración hidrotermal del sondaje S-2, en relación al sondaje S-1, es algo diferente; se reconoce en forma extensiva clorita alterando la biotita y anfíbola con pirita asociada. La sericitización se reconoce a lo largo de todo el sondaje afectando la plagioclasa, con menor intensidad que en los 58 primeros metros del sondaje S-1. La argilización es abundante, principalmente con formación de montmorillonita como producto de alteración de los feldespatos.

En algunas partes del sondaje (p. ej. metros 32, 114 y 142) se observan venillas de 0,5 cm de un mineral que fue clasificado mediante difracción de rayos X (Tabla III-10), como stilbita sódica. Otro mineral de alteración hidrotermal que aparece en forma esporádica es laumontita.

c) Mineralización: La principal mineralización del sondaje es calcopirita observándose una distribución homogénea de este mineral, con algunos puntos que superan el 1% de cobre. La ley media de cobre en todo el sondaje es 0,32%.

La molibdenita aparece en guías y diseminada, asociada a pirita y cuarzo; en zonas en que la roca está fuertemente alterada a cuarzo-sericita, la ley media de molibdeno, considerando todo el sondaje es 0,022% (0,040% de molibdenita). La pirita es constante a lo largo de todo el sondaje.

En los primeros metros del sondaje se observan trazas de limonita y óxidos de cobre.







Tab II - 9 CUADRO DE VARIACION PETROGRAFICA EN SONDAJE S - 2

**PROSPECTO GALLETUE**

Sondaje S-2

DESCRIPCION MICROPETROGRAFICA DE LAS ROCAS Y SUS ALTERACIONES

CORTE TRANS N°		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	114	120	125	130	141	142	144	145	148	151				
TEXTURA	Fanarítica																																				
	Partida																																				
	Partida																																				
	Autómata																																				
	Hipidiomaria	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Algo heterogénea																																				
	Heterogénea																																				
Agrupada de Alteración	X																																				
TIPO MASA FUNDAM	Intersticial																																				
	Falsomáfica (Qz, pl, mal)																																				
	Apítica																																				
	Mesostias de Alarros																																				
	Tamaño grano																																				
MINERALOG Y ALTERAC MASA F	Qz grano fino																																				
	Qz gr fino y medo																																				
	Qz en cúmulos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Plag Autómata																																				
	Plag Hipidiom	X	X																																		
	Ort entrecrec Qz																																				
	Bio fina fresca																																				
	Bio fina para clorit																																				
	Bio fina total clorit																																				
	Bio fina clorit y sericit																																				
	Opacos asoc máficos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Sericita diseminada																																				
	Sericita alterando plag	X	X																																		
Sericita en cúmulos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
MINERALOGIA Y ALT FEROCRISTALES	Plagioclas fresco																																				
	Plag recrist, ab, al																																				
	An K, sericit, calc																																				
	Intensidad alarros	M	L	F	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M		
	Ortoclaseo primaria	X																																			
	Ortoclaseo alt plag	X																																			
	Bio cristallna fresca																																				
	Bio cnst alt clorita	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Bio cnst alt sericita																																				
	Amfibola fresca	X																																			
Amfibola alt clorita																																					
MINERALOGIA Y ALT FEROCRISTALES	CUARZO																																				
	CUARZO																																				
	CUARZO																																				
	CUARZO																																				

\* numeración corresponde a profundidades en metros, del Sonda.  
 MF muy fuerte  
 F fuerte  
 R regular  
 L leve  
 ML muy leve



Tab. III-10 RESULTADOS DE DIFRACTOMETRIA DE RAYOS X, SONDAJE S-2  
(Abundancia relativa de minerales)

Muestra/Mineral	S2D-10	S2D-32	S2D-54	S2D-66	S2D-114	S2D-125	S2D-140	S2D-142
Cuarzo	+++		+++	++	++++	+	++	+++
Plagioclasa			+		++			+++
Sericita	++		+	+++		++++	+	
Clorita			+		+		+	++
Montmorillonita			+		++	++++		+++
Caolinita						+		
Biotita								++
Stilbita		++++						
Laumontita							++	
Andalusita				++				++



La paragénesis, similar al sondaje S-1, es:

Pirita \_\_\_\_\_  
 Magnetita \_\_\_\_\_  
 Calcopirita \_\_\_\_\_  
 Molibdenita \_\_\_\_\_

Tab. III-11 VALORES DE MEDIA Y DESVIACION STANDARD (Cu Y Mo), SONDAJES S-1 Y S-2

Población sin tamizar

	Cu (%)		Mo (%)	
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
S-1 (0-58 m)	0,15	0,07	0,025	0,026
S-1 (0-150 m)	0,08	0,09	0,017	0,08
S-2 (0-151 m)	0,32	0,20	0,022	0,043

Población tamizada

	Cu (%)		Mo (%)	
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
S-1 (0-58 m)	0,15	0,07	0,021	0,017
S-1 (0-150 m)	0,07	0,08	0,017	0,08
S-2 (0-151 m)	0,31	0,17	0,020	0,03



## Capítulo 4 Conclusiones

Comparando los contenidos y distribución de las leyes de cobre y molibdeno de los sondeos S-1 y S-2 (figuras III-16 y III-17) se deduce lo siguiente:

- 1) El sondeo S-1 presenta leyes bajas de cobre (menores que 0,1%) distribuidas en forma homogénea. El molibdeno presenta valores relativamente altos y distribuidos homogéneamente en el trecho comprendido entre 0 y 58 m; a partir de los 58 m se detecta un brusco descenso de los contenidos de molibdeno, el cual se mantiene hasta el final del sondeo.
- 2) El sondeo S-2 presenta en toda su extensión valores de cobre relativamente continuos con una ley promedio de 0,32%; el molibdeno aparece irregularmente en todo el sondeo; este hecho se explica por la existencia de venillas aisladas con molibdenita, cuyos espesores fluctúan alrededor de 1 mm a 1 cm (ley media de molibdeno es 0,022%).
- 3) Si se compara la ley de molibdeno de los primeros 58 m del sondeo S-1 con la totalidad del sondeo S-2, previa eliminación de los valores erráticos ( $\bar{X} \pm 3S$ ), se observa que la diferencia entre las leyes medias en ambos sondeos es comparable. Sin embargo, desde el punto de vista geológico, la distribución de molibdenita es estratiforme, presentándose este mineral, como se explicó precedentemente, en fracturas de ancho variable entre algunos milímetros hasta 1 cm. La morfología descrita permite distinguir en el testigo del sondeo una zona con alta ley de molibdeno (fracturas con molibdenita), alternada con zonas de baja ley. Sin embargo, la ley media es similar al promedio de molibdeno de los primeros 58 m del sondeo S-1 (Tabla III-5).



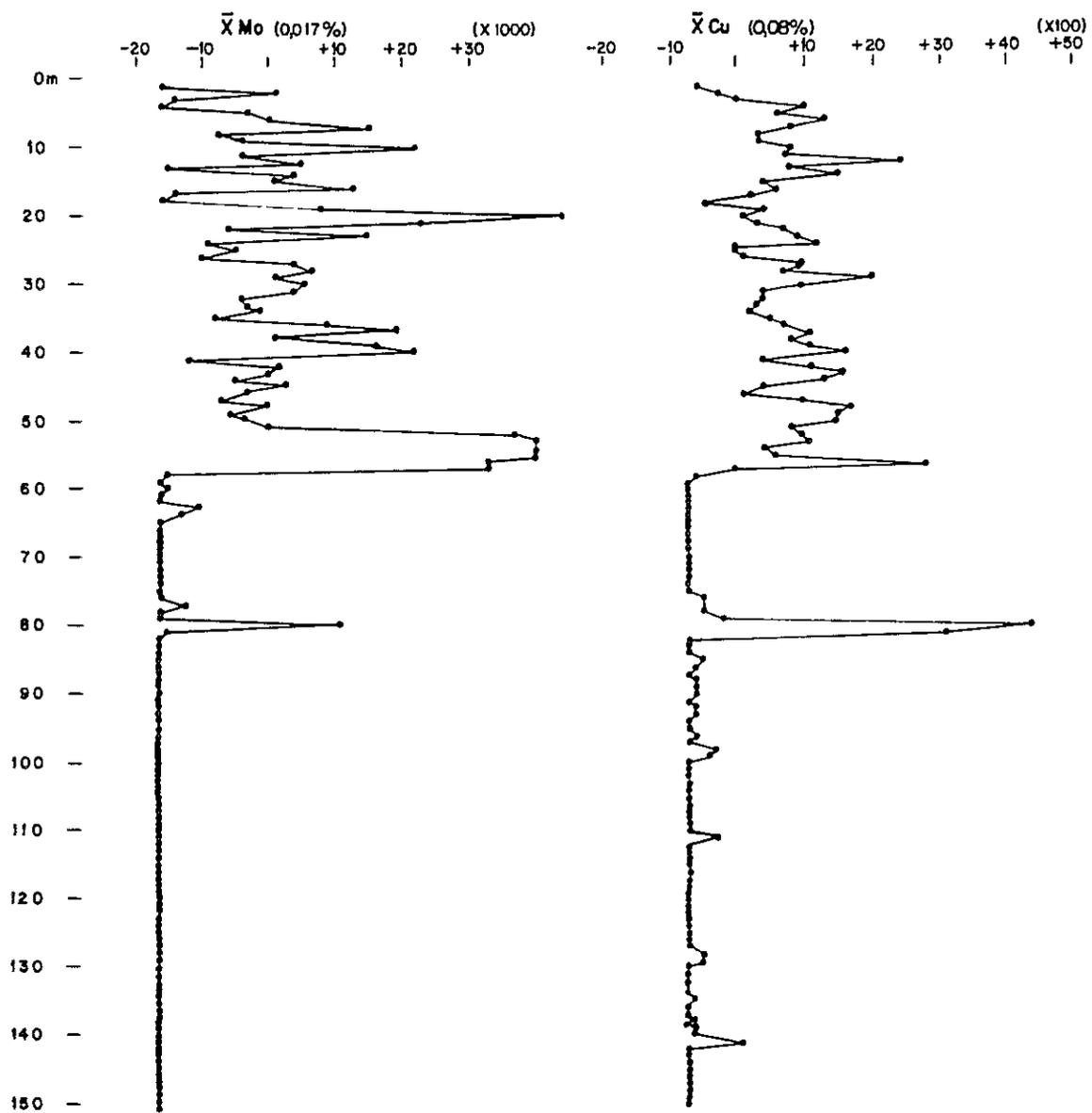


Fig. II-16 DISTRIBUCION DE LOS CONTENIDOS DE Cu Y Mo EN RELACION A  $\bar{X}$ , SONDAJE S-1



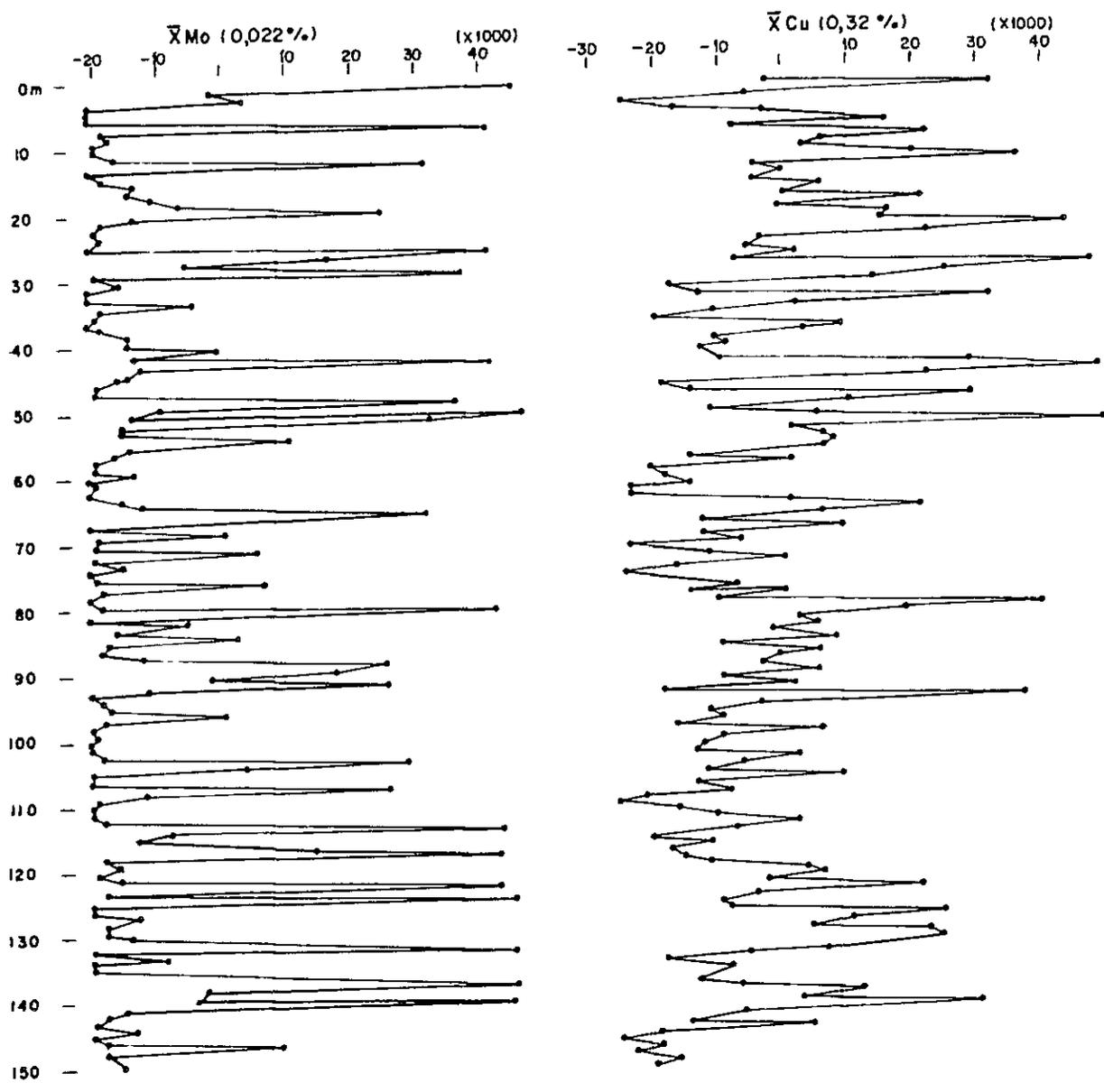


Fig. III-17 DISTRIBUCION DE LOS CONTENIDOS DE Cu Y Mo EN RELACION A  $\bar{X}$ , SONDAJE S-2



4) El sondaje S-1 presenta, extensiva e intensivamente, alteración cuarzo-sericita; al contrario, el sondaje S-2 muestra en toda su extensión un incremento de alteración clorítica manteniendo sericitización débil.



## III-4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Capítulo 1 Discusión general

Las conclusiones del estudio y exploración del Prospecto Galletué pueden resumirse del siguiente modo:

#### 1.1 Mineralización y alteración hidrotermal

El Prospecto Galletué presenta el siguiente esquema de alteración hidrotermal (desde adentro hacia afuera):

- 1) Zona cuarzo-sericita
- 2) Zona sericita débil-clorita
- 3) Zona de clorita-epidota
- 4) Zona de alteración débil (alteración vetiforme en informe IIG-MMAJ de 1978)

La mineralización principal está compuesta por calcopirita, molibdeno y pirita en directa relación con la alteración hidrotermal señalada precedentemente. La calcopirita se encuentra principalmente en la zona con sericita débil-clorita, la molibdenita es más abundante en la zona cuarzo-sericita. En las 2 últimas zonas de alteración la mineralización es muy débil, por lo tanto, en el Prospecto Galletué, las dos primeras zonas de alteración son muy importantes.

La alteración cuarzo-sericita se presenta alternada con bandas de sericita débil-clorita; el espesor de dichas bandas varía entre 20 cm y 2 m. En la zona "cuarzo-sericita" las bandas con cuarzo y sericita son predominantes sobre las bandas sericita-clorita; al contrario, en la zona "sericita débil-clorita" se invierte el orden de abundancia.

La disposición de la alteración hidrotermal en bandas permite concluir que ella se originó a partir de fracturas, disminuyendo su intensidad hacia afuera.

•

La densidad de las fracturas anteriores a la alteración es mayor en la zona cuarzo-sericita.

La relación entre los minerales metálicos y la alteración hidrotermal es la siguiente:

- a) zona de molibdenita-cuarzo-sericita
- b) zona de calcopirita-sericita débil-clorita

La primera zona aparece como un lente irregular elongado este-oeste, cuyos ejes máximo y mínimo miden aproximadamente 1300 y 500 m. La segunda zona rodea a la primera abarcando en conjunto un ancho máximo estimado en 900 m; la extensión reconocida en dirección este-oeste alcanza 1 km, quedando abierta hacia el oeste con un máximo de 1 km.

En base a los estudios geofísicos (IP) se estima que la zona más favorable para contener mineralización de cobre está comprendida en el perfil 1000 E, entre los puntos 200 N y 300 N.

El Prospecto Galletué presenta una delgada capa de oxidación y lixiviación variable entre 2 y 5 m, sin embargo no existe una zona de enriquecimiento secundario.

La profundidad de las zonas con cobre y molibdeno, en base a los estudios geofísicos, varía entre 0 m hasta 150 m; este hecho hace suponer en un cuerpo mineralizado mantiforme distinto en su morfología a un pórfido cuprífero. Con la información actualmente disponible no es posible dar una explicación satisfactoria a esta forma; tentativamente puede pensarse en una fuerte erosión del yacimiento o en un control estructural del mismo. Esta última hipótesis es más válida por lo siguiente: en la zona existen 3 sistemas de fracturas que tienen rumbo N 30° W, N60° E y 75° W (informe IIG-MMAJ, 1978, plano III-2), los 3 sistemas se cortan en el centro de la mineralización del Prospecto Galletué y los dos últimos sistemas señalados presentan



una suave inclinación; así, si efectivamente la mineralización se relaciona con ambos sistemas, la inclinación del cuerpo mineralizado también debería ser pequeña adquiriendo la forma de manto. En los testigos de los sondajes S-1 y S-2, las bandas y fracturas con cuarzo y sericita tiene 35° de inclinación. En el sector SW del prospecto con alteración débil, se observan vetas de calcopirita con rumbo y manteo N60° E/30° S lo cual permite suponer un cuerpo mineralizado con suave inclinación al sur. En todo caso es un problema que debe ser resuelto en el futuro.

## 1.2 Relación entre roca y mineralización

En el informe IIG-MMAJ de 1978 se concluyó que la mineralización se relacionaba con la tonalita porfírica. Sin embargo en los sondajes S-1 y S-2 se comprobó que la mineralización se relaciona con la tonalita de textura hipidiomorfa granular, que varía localmente a tonalita porfírica.

Es posible que existan intrusiones menores en la tonalita, que no afloran, las cuales se relacionarían genéticamente con la mineralización. En base a las consideraciones anteriores es posible estimar que el nivel de erosión del prospecto Galletué corresponde a la zona de transición entre la tonalita porfírica (niveles superiores) y la tonalita hipidiomorfa (niveles inferiores).

.

## Capítulo 2 Conclusiones y recomendaciones

1) Los resultados de los sondeos indican la presencia de mineralización de cobre y molibdeno. Los estudios geofísicos indican una anomalía IP importante en el sector este del prospecto, la cual quedó abierta hacia el sur, y que tendría su explicación en la posible existencia de sulfuros de cobre.

Para reconocer las zonas mineralizadas y las anomalías geofísicas se recomienda hacer al menos 6 sondeos diamantinos de acuerdo a las siguientes coordenadas y de acuerdo a los objetivos que a continuación se indican:

Sondaje	Coordenadas UTM		Objetivo
	Norte	Este	
S-3	5.712.900	297.700	An. geológica
S-4	5.712.950	298.650	An. I. P.
S-5	5.712.930	298.002	An. geológica
S-6	5.712.930	297.250	id
S-7	5.713.100	298.370	I. P.
S-8	5.713.050	298.950	id

Además, es necesario continuar la exploración geofísica hacia el sureste, hasta cerrar la denominada "anomalía SE".

2) Para futuros trabajos de exploración debe considerarse en forma prioritaria la zona con alteración cuarzo-sericita y sericita-clorita.



## **ANEXO**

# **INFORME GEOCRONOLOGICO DEL AREA COIHUECO (ÑUBLE)-LONQUIMAY (MALLECO)**



## ANEXO

### Informe Geocronológico del Area Coihueco (Ñuble)-Lonquimay (Malleco)

Fco. Munizaga\* y Fco. Hervé\*

Los análisis radiométricos presentados en la tabla adjunta, indican los datos analíticos y edad de las muestras analizadas en el laboratorio del Centro de Pesquisas Geocronológicas de la Universidad de Sao Paulo, Brasil.

Los métodos analíticos y constantes usados, son los mismos que fueron usados en los informes anteriores.

Las edades K/Ar corresponden a edades mínimas que indican el último evento termal que afecta a estas rocas. Debido a la ausencia de alteración del material analizado, las edades se interpretan como edades cercanas a la cristalización.

Las lavas analizadas, pueden interpretarse como edades de cristalización, ya que en estos casos han sufrido un enfriamiento rápido, por lo cual se interpretan como edades de formación de rocas.

En general, no se observan fenómenos secundarios, metamorfismo o alteración hidrotermal que dificulten la interpretación radiométrica.

La única muestra que es difícil interpretar, es la RSD-48, la cual ante la imposibilidad de separar una cantidad adecuada de sericita, fue analizada por roca total. Existe la posibilidad de que este resultado sea una edad intermedia entre la edad del intrusivo y la edad de la sericita, aunque es posible pensar que la sericita es la que más incide en la que más incide en el resultado final.

La muestra B-55 presenta una edad con un error apreciable, debido a la pequeña cantidad de argón radiogénico, se ha indicado una edad mínima y otra máxima, tal como aparece en la tabla.



La interpretación final de las edades debe ser de acuerdo al contexto geológico, donde se consigue la interpretación global.

La muestra C-142 está siendo analizada nuevamente debido a que dió problemas durante el proceso de extracción de Ar. Esta muestra y algunas repeticiones de otras, deberán llegar a mediados de febrero desde Sao Paulo.

\* Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile



TABLA : RESULTADOS K/Ar

N° Lab. (SPK)	N° Campo	Mat. Analizado	K (%)	Ar <sup>40</sup> rad 10 <sup>-7</sup> ccSTP/g	% Ar <sup>40</sup> atm	Edad ± Error (2σ) (m.a.)
4129	B-18	Biotita	6,214	204,6	15,5	82,9 ± 3,8
4130	G-108	R. T.	0,568	7,36	60,8	34,3 ± 3,0
4131	B-58	Biotita	6,352	215,7	46,4	85,4 ± 5,2
4133	B-55	R. T.	1,011	0,192	94,9	0,49 ± 0,26 (*)
4135	C-22	R. T.	3,808	28,22	7,33	19,0 ± 0,46
4136	B-51	Biotita	7,016	39,28	52,9	14,4 ± 1,6
4137	RSD-48	R. T.	1,837	56,50	10,1	77,5 ± 2,3
4139	C-142	R. T.	1,51	8,87	40,9	15,0 ± 0,6
4134	F-127	R. T.	0,969	0,551	93,6	1,47 ± 0,84

(\*) Edad máxima 780.000 años

Edad mínima 200.000 años



Descripción petrográfica de las nuestras datadas:

B-18 Granodiorita de biotita y hornblenda:

Textura hipidiomorfa granular.

Constituída por plagioclasa (35 %) en prismas subautomorfos de 0,2 a 2 mm de largo; cuarzo (20 %) en granos de forma irregular, intersticiales de menos de 1 mm; feldespató potásico (10 %) en cristales irregulares menores de 1 mm; biotita (15 %) en cristales subhedrales de 0,2 a 1 mm, frescos; anfíbola (15 %) en prismas subautomorfos de hasta 2 mm y también en agregados de cristales pequeños, al parecer reemplazando a piroxenos.

Minerales opacos, zircón y apatita como minerales accesorios y algo de epidota y clorita como minerales de alteración.

B-51 Granodiorita:

Textura hipidiomorfa granular.

Roca constituída por cristales subautomorfos de plagioclasa (35 %) de hasta 3 mm de largo; cuarzo (25 %) en granos irregulares de hasta 1,5 mm de diámetro; ortoclasa (15 %) intersticial, micropertítica, algo turbia; diópsido (10 %) en cristales subautomorfos de hasta 2 mm de largo, parcialmente alterados a anfíbola, que se presenta entrecrecida con minerales opacos; biotita (10 %) en cristales subautomorfos a irregulares de 0,2 a 1,5 mm de largo, en cristales aislados o entrecrecida con las anfíbolas o con turmalina, que se encuentra diseminada en la roca.

B-55 Andesita de olivina y clinopiroxeno:

Textura porfírica de masa fundamental intersertal.



Fenocristales de plagioclasa (10 %) subautomorfos de 0,2 a 1,5 mm; olivina (2 %) en cristales subautomorfos de 0,5 mm que presentan corona de reacción de clinopiroxenos; y clinopiroxenos (2 %) en cristales irregulares menores de 1 mm. Hay escasos microfenocristales de magnetita de 0,2 mm de diámetro. La masa fundamental está constituida por un agregado de plagioclasa, clinopiroxenos, gránulos opacos y vidrio intersticial de color verde oscuro. (El agregado de plagioclasa presenta un tamaño medio inferior a 0,1 mm).

B-58 Granodiorita de hornblenda y biotita:

Textura hipidiomorfa granular.

Plagioclasa (40 %) en prismas subautomorfos no orientados, con K feldespatos (20 %) y cuarzo (15 %) intersticiales que constituyen los minerales claros. Los ferromagnesianos son principalmente biotita (15 %) en grandes cristales subautomorfos y prismas irregulares de hornblenda (10 %) que presentan núcleos de clinopiroxeno. Minerales opacos, zircón y apatita como accesorios.

Hay escasos minerales secundarios: algo de clorita y de prehnita reemplaza a los cristales de biotita, se observa sericita en los cristales de plagioclasa.

C-142 Toba andesítica:

Al microscopio presenta textura vitroclástica y sus principales constituyentes (40 %) son: cristales, fragmentos de cristales y clastos de volcanitas. La matriz corresponde a vidrio color café claro (60 %).

Los cristales son de plagioclasa, minerales opacos y biotita.

Los fragmentos de cristales que son los más abundantes corresponden a: cuarzo, plagioclasa, ortopiroxenos y biotita.

Los escasos clastos corresponden a fragmentos de volcanitas vítricas recristalizadas.



La alteración se observa de la siguiente forma: los ortopiroxenos presentan un borde de alteración clorítico, en algunos fragmentos de plagioclasa se observa sericita y en la masa fundamental una leve alteración clorítica.

F-127 Andesita basáltica:

Fenocristales de plagioclasa: 3 %

Masa fundamental muy homogénea en tamaño promedio de 0,05 mm; presenta textura pilotaxítica compuesta de: tablitas de plagioclasa (50 %), minerales opacos (25 %), clinopiroxenos y olivinos (15 %).

C-22 Toba soldada dacítica:

Textura vitroclástica

Roca compuesta por fragmentos de cristales de cuarzo (15 %) de 0,5 a 2,0 mm de largo, redondeados, fracturados, con golfos de corrosión; de plagioclasa (10 %) subautomorfos de 0,4 a 1 mm de largo; de biotita (menos 5 %) automorfa de 0,2 a 1 mm de largo, en una matriz vitroclástica (70 %) de estructura fluidal algo desvitrificada. Hay cristales de magnetita como accesorios.

RSD-48 Pórfido dacítico sericitizado:

Textura porfírica con masa fundamental microgranular.

Fenocristales subautomorfos de cuarzo de hasta 6 mm de largo, de extinción ondulosa marcada y de plagioclasa subautomorfa de 0,5 a 3 mm de largo, fracturados, doblados y bastante alterados a calcita, sericita y minerales de arcilla.

La masa fundamental microgranular está compuesta por un mosaico de cuarzo, feldespatos potásico (?), abundante sericita y minerales opacos euhedrales en cristales de 0,1 a 0,2 mm de diámetro.



## REFERENCIAS

1  
4



## REFERENCIAS

- Aguirre, L., 1960; "Geología de Los Andes de Chile Central, prov. de Aconcagua". IIG. Bol. N° 9-Santiago.
- Ambrus, J. y Soza, H., 1969; "Informe geológico pertenencias Copihue 1-200". Informe inédito. IIG.
- Burckhardt, C., 1900; "Coupe geologique de la Cordillera entre Las Lajas et Curacautín" Ann. Museo de La Plata, v. III. La Plata, Argentina.
- Drake, R., 1974; "The chronology of Cenozoic igneous and tectonics events in the central Chilean Andes". IAVCEI. Int. Symp. Volcanology. Santiago.
- Fuenzalida, H., 1965; Clima en "Geografía Económica de Chile". Corfo.
- Ginzburg, I., 1960; "Principles of Geochemical Prospecting". Pergamon Press.
- González, F., 1978; "Exploración geológica en la región cordillerana de la prov. de Ñuble, VIII Región". Informe inédito, IIG.
- González, O. y Vergara, M., 1962; "Reconocimiento geológico de la Cordillera de Los Andes entre los paralelos 35° y 38° latitud sur". U. de Chile. Instituto de Geología. Publ. 24. Santiago.
- Hemmer, A., 1935; "Informe petrográfico preliminar sobre las rocas de Queuco". Inédito.
- IIG-MMAJ., 1978; "Informe del reconocimiento geológico del área Coihueco (Ñuble)-Lonquimay (Malleco), Central-Sur de Chile. Fase



III". Programa de exploración minera. Gobierno de Japón-Gobierno de Chile. Informe inédito IIG.

Serrano, L., 1975; "Prospección minera de la región cordillerana de la Provincia de Bío-Bío". Informe inédito. IIG.

Vergara, M. y Munizaga, F., 1974; "Age and evolution of the Upper Cenozoic Andesitic Volcanism in Central South Chile". Geol. Soc. Ann. Bull v. 85. pp. 603-606.



## **APPENDICES**



## (1) Area Coihueco-Recinto

Muestra N	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
A-10	Cerca de Calabozo	Unidad Volcánico-sedimentaria Pier-na Blanca	Andesita cloritizada	La roca es microcristalina y tiene una pequeña cantidad de fenocristales (5 %). Los fenocristales corresponden a plagioclasa y clinopiroxeno euhedrales débilmente cloritizados. La masa fundamental está dominada por pequeños cristales de plagioclasa de forma tabular con granos de minerales opacos intersticiales. A veces se encuentran vetillas de cuarzo penetrando en la masa fundamental.	Fig. 1-(1) - 1)
A-56	Area de Minas del Prado	Formación Cola de Zorro	Andesita	La roca es microcristalina. Los fenocristales (2 %) son solo de plagioclasa euhedral. La masa fundamental consiste en delgados cristales de plagioclasa. La clorita se distingue como núcleos (15 % de la roca). Se observa también una pequeña cantidad de minerales opacos diseminados en los sectores cloritizados y algunas vetillas de zeolita de 0,3 mm cruzan la roca.	Fig. 1-(1) - 2)
A-62	Area de Minas del Prado	Unidad Volcánico-sedimentaria Pier-na Blanca	Contacto entre dacita silicificada y toba de lapilli	La dacita tiene feldespato potásico y plagioclasa como fenocristales. La masa fundamental contiene abundante feldespato potásico y menor cantidad de plagioclasa. Se observa también pseudomorfo de clinopiroxeno. La roca esta fuertemente silicificada (40 %), sericitizada y cloritizada. Hay muchos minerales opacos delgados diseminados con granos de cuarzo. La toba de lapilli tiene fragmentos de andesita traquítica, de 3 a 7mm, fuertemente cloritizada. La roca está menos silicificada comparada con la dacita y tiene menos minerales opacos.	Fig. 1-(1) - 3)
A-67	Area de Minas del Prado	Formación Cola de Zorro	Andesita dacítica	La roca es microcristalina. Los fenocristales son feldespato potásico y plagioclasa alterada a clorita (30 %). La masa fundamental consiste en feldespato potásico y plagioclasa de forma tabular y grano fino. Los minerales accesorios son rutilo y minerales opacos en pequeña cantidad. En la masa fundamental algunos de los espacios están por cuarzo prismático, se observa zeolita y clorita.	Fig. 1-(1) - 4)

•

Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
A-74-11	Id	Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca	Toba de lapilli levemente silicificada	Esta roca consiste de fragmentos de rocas angulares y matriz de toba riolítica. Los fragmentos corresponden a riolita y obsidiana. La matriz tiene fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa; la masa fundamental consiste de cuarzo euhedral y feldespato potásico. Los minerales secundarios son clorita y epidota diseminados en la masa fundamental. Las vetillas y agregados de cuarzo a veces reemplazan una parte de la masa fundamental o curzan los fragmentos de roca. La cantidad de cuarzo es casi el 7% de la roca.	Fig. 1-(1) - 5)
B-2	Río Chillán	Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca	Arenisca volcánica de grano medio	La roca tiene textura clástica. La mayoría de los granos constituyentes son fragmentos de andesita subredondeados de 0,6 a 1 mm. Entre éste hay cuarzo subredondeado, feldespato potásico, plagioclasa y pequeñas cantidades de clinopiroxeno de 0,3 a 0,5 mm de largo y parcialmente sericitizados. La roca está bien seleccionada y compactada.	Fig. 1-(1) - 6)
B-16-1	Estero Pierna Blanca	Id	Tonalita (rodado del conglomerado)	La roca es holocristalina y de textura granítica. La mayoría de los minerales constituyentes son cuarzo subhedral (1 a 3 mm) plagioclasa euhedral (2 a 5 mm) y biotita (1 a 2 mm). Entre estos existe una pequeña cantidad de feldespato potásico anhedral (microclina). La plagioclasa (oligoclasa-andesina) tiene estructura zonal está parcialmente sericitizada (5% de los granos).	Fig. 1-(1) - 7)
B-16-4	Id	Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca	Andesita cloritizada	La roca tiene textura intergranular. Los fenocristales son plagioclasa euhedral (1,5 a 4 mm) y una pequeña cantidad de cuarzo subhedral. Se observa también pseudomorfo de clinopiroxeno. Los cristales de plagioclasa están cloritizados y sericitizados. La masa fundamental consiste de plagioclasa tabular y escasamente cloritizada.	Fig. 1-(1) - 8)
B-17	Id	Pórfido	Pórfido granodiorítico	La roca es holocristalina y tiene textura porfírica. Los porfiroblastos son cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa de 2 a 6 mm. La plagioclasa es de composición oligoclasa. La masa fundamental consiste en cuarzo anhedral y	Fig. 1-(1) - 9)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
				feldespato potásico de grano fino (0,1 a 0,2 mm). Sericita, epidota y menor proporción de clorita reemplaza el feldespato parcialmente.	
B-18	Estero Pierna Blanca	Roca intrusiva	Granodiorita de biotita y hornblenda	Roca de textura hipidiomorfa granular. Constituida por plagioclasa (35%) en prismas subautomorfos de 0,2 a 2 mm de largo; cuarzo (20%) en granos de forma irregular, intersticiales de menos de 1 mm, feldespato potásico (10%) en cristales irregulares menores de 1 mm; biotita (15%) en cristales subhedrales de 0,2 a 1 mm, frescos, anfíbola (15%) en prismas subautomorfos de hasta 2 mm y también en agregados de cristales pequeños, al parecer reemplazando a piroxenos. Minerales opacos, zircon y apatita como minerales accesorios y algo de epidota y clorita como minerales de alteración.	Fig. 1-(1) - 10)
B-23	Estero San José	Dique	Andesita de hornblenda	La roca es afanítica y tiene textura intergranular. Los fenocristales son plagioclasa euhedral ( $\pm 1$ mm) y pequeña cantidad de hornblenda (1,2 mm). La masa fundamental consiste de plagioclasa (0,03 mm) cuarzo secundario, calcita y clorita reemplazan los fenocristales y masa fundamental.	Fig. 1-(1) - 11)
B-51	Estero San José	Roca intrusiva	Granodiorita	Roca de textura hipidiomorfa granular. Está constituida por cristales subautomorfos de plagioclasa (35%) de hasta 3 mm de largo; cuarzo (25%) en granos irregulares de hasta 1,5 mm de diámetro, ortoclasa (15%) intersticial, micropertítica, algo turbia; diopsido (10%) en cristales subautomorfos de hasta 2 mm de largo, parcialmente alterados a anfíbola, que se presenta entrecrecida con minerales opacos; biotita (10%) en cristales subautomorfos irregulares de 0,2 a 1,5 mm de largo, en cristales aislados o entrecrecidas con anfíbola o con turmalina que se encuentra diseminada en la roca.	Fig. 1-(1) - 12)
B-55	Río Chillán	Formación Cola de Zorro	Andesita de olivina y clinopiroxeno	Roca de textura porfírica y masa fundamental intersertal. Fenocristales de plagioclasa (10%) subautomorfos de 0,2 a 1,5 mm, olivina (2%) en cristales subautomorfos de 0,5 mm que presentan corona de reacción de clinopiroxeno; y clinopiroxenos (2%) en	Fig. 1-(1) - 13)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
				<p>crisales irregulares menores de 1 mm. Hay escasos microfenocrisales de magnetita de 0,2 mm de diámetro. La masa fundamental está constituida por un agregado de plagioclasa, clinopiroxeno, minerales opacos y vidrio intersticial de color verde oscuro.</p> <p>(El agregado de crisales de plagioclasa presenta un tamaño medio inferior a 0,1 mm.</p>	
B-58	Area de Los Azules	Roca Intrusiva	Granodiorita	<p>La roca es holocristalina y equigranular. Está constituida por cuarzo subhedral (17%), feldespato potásico (8%), plagioclasa (52%), biotita (9%), hornblenda (12%) y minerales opacos en pequeña cantidad. El feldespato potásico tiene textura de microclina y la plagioclasa presenta macla de albita. La sericita reemplaza una parte de los feldespatos.</p>	Fig. 1-(1) - 14)
B-65	id	Unidad Volcánico-sedimentaria Pier-na Blanca	Toba de lapilli dacítica débilmente silicificada	<p>La roca tiene una pequeña cantidad de fragmentos de roca subredondeados de andesita sin fenocrisales y andesita vítreas. El tamaño de éstos varía entre 0,07 a 3 mm. La matriz es una toba dacítica. Los fenocrisales corresponden a feldespato potásico y plagioclasa. Están débilmente sericitizados y parcialmente sauseritizado. La masa fundamental está constituida por cuarzo de grano fino y feldespato potásico menor de 0,1 mm de largo.</p>	Fig. 1-(1) - 15)
B-68	id	Formación Cola de Zorro	Microbrecha	<p>La roca tiene textura brechosa. Incluye cuarzo fragmental, feldespato potásico, plagioclasa y granos de biotita. Las formas son subredondeadas a subangulares y la mayoría corresponde a crisales de cuarzo. Los intersticios están rellenos con minerales alterados como clorita y epidota. En la textura de los granos de cuarzo se observa a veces que parecen estar quebrados en fragmentos debido a choque y roce entre los mismos.</p>	Fig. 1-(1) - 16)
B-76	id	Zona silicificada	Rocas silicificadas	<p>La roca tiene textura holocristalina y hologranular. Los minerales constituyentes son fundamentalmente granos de cuarzo anhedral y pequeña cantidad de crisales de apatita. También existe muscovita entre los granos. El tamaño promedio de los granos varía entre 0,3 a 1 mm.</p>	Fig. 1-(1) - 17)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
B-77	Area de Los Azules	Metamorfitas de Los Azules	Gneiss de biotita	La roca tiene una textura gnéissica típica. Los minerales máficos son solo biotita euhedral de 0,3 a 0,7 mm de largo y los minerales sálicos plagioclasa euhedral, cuarzo anhedral y feldespato potásico. Se observa a veces granos porfiroblásticos de cuarzo y plagioclasa. Los feldespatos están un poco alterados por sericita (3%). Los granos de biotita contienen una pequeña cantidad de minerales opacos.	Fig. 1-(1) - 18)
C-01A	Area de Minas del Prado	Unidad Sedimentaria La Segunda	Andesita (rodado de conglomerado)	La roca es afanítica y tiene textura intersertal. Los fenocristales son plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y hornblenda euhedrales. La hornblenda muestra color axial pardo y en el borde los cristales están rodeados por pequeños granos de minerales grisáceos. La masa fundamental consiste en abundante plagioclasa tabular de grano fino y menor cantidad de microlitos de feldespato potásico. La clorita altera solo una parte de la ortopiroxena. Se observa también una pequeña cantidad de apatita, zircón y epidota.	Fig. 1-(1) - 19)
C-02	Aproximadamente 2 km al norte de la Segunda de Niblinto	Unidad Volcánico-sedimentaria Piedra Blanca	Toba de lapilli	La roca tiene algunos fragmentos de roca subangulares de 1 mm a 1 cm de largo. La matriz semeja una toba vítrea y está compuesta principalmente por esquirlas de vidrio perlítico y microlitos. Los tipos de fragmentos de rocas son andesita traquítica y vidrio perlítico. La mayoría del vidrio está reemplazado por clorita (50%).	Fig. 1-(1) - 20)
C-15A	1,5 km al noreste de la Segunda de Niblinto (cerca del río Cato)	Dique	Andesita de piroxeno	La roca tiene textura intersertal. Los fenocristales son de plagioclasa euhedral de tamaño variable entre 2 y 5 mm y seudomorfos de clinopiroxeno. La plagioclasa tiene macla de albita y está parcialmente cloritizada (3 a 4%). La clorita reemplaza completamente los minerales máficos. La masa fundamental está constituida por plagioclasa tabular, ortopiroxeno y clinopiroxeno de tamaño variable entre 0,04 a 0,07 mm, una pequeña proporción de éste está cloritizada (1-2%).	Fig. 1-(1) - 21)
C-22	Afluente del Estero Labranza	Unidad Volcánico-sedimentaria Piedra Blanca	Toba soldada alterada	La roca es afanítica y tiene textura típicamente soldada y algo fluidal. Los fenocristales son cuarzo subhedral (0,7 a 1,5 mm de largo), feldespato potásico (0,7 a 1 mm de largo) y plagioclasa. La matriz es microcristalina y tiene muchas esquirlas	Fig. 1-(1) - 22)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
				de feldespato potásico y está alterada por minerales de arcilla. Se observa también biotita secundaria.	
C-43	Area de Minas del Prado	Formación Cola de Zorro	Andesita cloritizada	La roca tiene textura intersertal y amigdaloidal. Los fenocristales son plagioclasa euhedral altamente sericitizada (70 %) y pseudomorfo de clinopiroxeno reemplazado por clorita. La masa fundamental consiste de plagioclasa tabular de largo menor de 0,05 mm y microlitos. La roca tiene cuarzo prismático amigdaloidal característico, zeolita y agregados de clorita en la masa fundamental. El tamaño varía de 0,2 a 0,7 mm.	Fig. 1-(1) - 23)
C-46-2	Area de Minas del Prado (restos de rajo)	Formación Cola de Zorro	Andesita de clinopiroxeno	La roca tiene textura afanítica e intersectal. Los fenocristales son de plagioclasa euhedral de 0,07 a 0,2 mm de largo. La masa fundamental está compuesta por plagioclasa (0,1 a 0,2 mm) feldespato potásico (1 mm) y clinopiroxeno (0,02 a 0,7 mm). La clorita reemplaza al clinopiroxeno (50 %); también arcilla reemplaza a los fenocristales de plagioclasa a lo largo del clivaje.	Fig. 1-(1) - 24)
C-60	0,2 km al norte del Río Niblinto (área de Loma Bonita)	Formación Cola de Zorro	Andesita de clinopiroxeno cloritizada	La roca tiene textura afanítica e intersertal débilmente traquítica. Los fenocristales están constituidos por abundante plagioclasa y una pequeña cantidad de feldespato potásico y clinopiroxeno. Estos están alterados a sericita (10 %) y clorita (30 %). La plagioclasa tabular y euhedral predomina en la masa fundamental y está reemplazada en partes por clorita (10 %). Se observa también algunos minerales opacos de 0,04 a 0,07 mm. Esta roca tiene algunos poros con orientación levemente paralela. En éstos se disponen clorita cristalizada en forma de faja y granos de cuarzo prismático amigdaloidal ocupando la parte interior.	Fig. 1-(1) - 25)
C-65	Río Niblinto	Unidad Volcánico-sedimentaria Piedra Blanca	Toba de lapilli	La roca tiene muchos tipos de fragmentos de roca de tamaño variable. Estos consisten de toba vítrea de cristales, obsidiana, andesita limonitizada y cloritizada y andesita de piroxena. La forma es angular y subangular y el tamaño varía de 3 mm a 5 cm de largo. La matriz semeja una toba vítrea. Los fenocristales son de cuarzo fragmental, plagioclasa y clinopiroxeno y la masa fundamental está constituida por cuarzo de grano muy fino, feldespato potásico,	Fig. 1-(1) - 26)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
				plagioclasa (menor de 0,04 mm) y muchas esquirlas de vidrio y microlitos.	
C-108	5 km al sureste de Minas del Prado	Formación Cola de Zorro	Andesita basáltica de clinopiroxeno	La roca tiene textura intersertal. Los fenocristales consisten en plagioclasa euhedral (1 a 1,5 mm) y clinopiroxeno (0,3 mm). En la masa fundamental hay abundante plagioclasa de grano fino (menor de 0,1 mm) y menor cantidad de clinopiroxeno rodeado por plagioclasa. También hay muchos poros de diámetro variable entre 0,2 y 0,5 mm.	Fig. 1-(1) - 27)
C-123	1 km al oeste de afluente del Estero Labranza	Formación Cola de Zorro	Perlita	La roca tiene textura perlítica típica. Se observa una pequeña cantidad de plagioclasa (0,1 a 0,4 mm) y clinopiroxeno (0,04 a 0,6 mm). La matriz consiste de vidrio perlítico y muestra fracturas concéntricas.	Fig. 1-(1) - 28)
C-127	3 km al norte de Minas del Prado	Unidad Volcánico-sedimentaria Piedra Blanca	Toba de cristales dacítica zeolitizada	La roca es microcristalina y presenta débil de textura perlítica y amigdaloidal. Los fenocristales son plagioclasa euhedral (0,1 a 0,5 mm), cuarzo subhedral y una pequeña cantidad de hornblenda fragmental y clinopiroxeno (0,2 a 0,7 mm). La masa fundamental consiste de vidrio perlítico y biotita de grano fino. Entre éstos cristaliza la zeolita amigdaloidal, algunos de éstos reemplazan una parte de los cristales de cuarzo y plagioclasa. Se observa también fragmentos de andesitas subredondeados.	Fig. 1-(1) - 29)
C-131	La Segunda	Unidad Sedimentaria La Segunda	Arenisca volcánica	La roca tiene textura clástica y equigranular. Los granos constituyentes son cuarzo fragmental, plagioclasa, ortopiroxeno y clinopiroxeno y algunos fragmentos de roca subredondeados (2 mm de largo). La matrix está constituida por vidrio perlítico y biotita de grano fino. Entre éstos se encuentra zeolita amigdaloidal. Algunos de éstos reemplazan una parte de los cristales de cuarzo y plagioclasa. Se observan algunos fragmentos de andesita subredondeada.	Fig. 1-(1) - 30)
C-142	Area El Sauce	Unidad Volcánica El Sauce	Toba soldada	La roca es afanítica y tiene textura débilmente soldada. Los fenocristales consisten en cuarzo subredondeado, plagioclasa euhedral a fragmental, biotita, clinopiroxeno y ortopiroxeno. La masa fundamental está constituida fundamentalmente por cuarzo fragmental, plagioclasa tabular y	Fig. 1-(1) - 31)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
				mi.rolitos de feldespato potásico La clorita reemplaza principalmente los minerales máficos (20 %). y una parte de la masa fundamental. Se observa una pequeña cantidad de agregados radiales de zeolita llenando las vesículas.	
C-148	Area El Sauce	Unidad Volcánica El Sauce	Andesita de hornblenda	La roca tiene texture intersertal. Los fenocristales son plagioclasa euhedral, hornblenda verde y cuarzo anhedral en pequeña cantidad. La plagioclasa tiene zonación de albíta y está reemplazada por cristales pequeños de cuarzo y sericita (10 %). La masa fundamental está compuesta principalmente por plagioclasa tabular menor de 0,1 mm de largo, se encuentra abundante biotita secundaria como relleno de los intersticios (60 % de la masa fundamental).	Fig. 1-(1) - 32)
C-151	id	Roca intrusiva	Pórfido granítico	La roca es holocrystalina y tiene textura porfírica típica. Los fenocristales son de feldespato potásico subhedral (menor de 1 mm) y plagioclasa euhedral en pequeña cantidad (menor de 3 mm). La plagioclasa tiene macla de albíta (composición albíta). La masa fundamental está constituida por cuarzo, biotita y feldespato potásico de grano fino. Esta tiene también textura mirmekítica y domina casi un 30 % de la matriz. Algunas partes de los feldespatos están reemplazados por clorita, epidota y sericita.	Fig. 1-(1) - 33)
E-1	Río Chillán	Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca	Toba andesítica	La roca presenta en partes textura clástica y laminada. Los fenocristales son plagioclasa débilmente fragmental (1 mm) y clinopiroxeno (0,2 mm a 4 mm de largo). La matriz también consiste de cristales pequeños plagioclasa y clinopiroxeno fragmentales (0,02 mm). La calcita llena los intersticios y la cloritización ha afectado al 20 % de éstos.	Fig. 1-(1) - 34)
E-3	id	id	Toba de lapilli	La roca tiene muchos tipos de fragmentos líticos subangulares de largo variable entre 3 y 4 mm; constituyen el 70 % de la roca y consisten en andesita (40 %), andesita cloritizada (55 %), riolita (5 %) y andesita silicificada. Presenta plagioclasa euhedral y clinopiroxeno como fenocristales. La matriz está constituida fundamentalmente por plagioclasa (0,02 mm) y microlitos muchos de ellos cloritizados.	Fig. 1-(1) - 35)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
E-15	Río Chillán	Roca intrusiva	Tonalita	La roca es holocristalina. Está constituida por cuarzo anhedral (22%), feldespato potásico (10%), plagioclasa euhedral (60%), hornblenda (8%) y una cantidad pequeña de minerales opacos y zircón. El cuarzo se presenta como puntos irregulares en los cristales de plagioclasa grandes (0,4 a 1,4 mm). La plagioclasa es de composición oligoclasa y está parcialmente sericitizada.	Fig. - 1-(1) - 36)
E-16	id	id	Pórfido granítico	La roca es holocristalina y tiene textura porfírica. El feldespato potásico y la plagioclasa euhedral varía de 1 a 1,4 mm. La masa fundamental consiste de cuarzo anhedral y anfíbola. Una parte de los cristales está reemplazada por sericita, epidota y clorita. También existen minerales opacos en la masa fundamental.	Fig. 1-(1) - 37)
E-49	12 km al este de Recinto	Formación Cola de Zorro	Andesita basáltica de piroxeno	La roca es fanerocristalina e intergranular con algo de textura traquítica. Los fenocristales son plagioclasa euhedral (menor de 1 mm) clinopiroxeno (0,1 a 1 mm) y una pequeña cantidad de ortopiroxeno (0,1 mm). La masa fundamental está constituida principalmente por plagioclasa de grano fino menor de 0,1 mm de largo y muestra textura traquítica y fluidal. Se observa también una pequeña cantidad de minerales opacos.	Fig. 1-(1) - 38)
E-53	El Peral	id	Andesita basáltica de piroxeno	La roca es fanerocristalina y tiene textura intergranular. Los fenocristales son plagioclasa euhedral (1 a 1,7 mm), ortopiroxeno y clinopiroxeno (0,6 mm). La masa fundamental está constituida por plagioclasa (menos de 0,1 mm), clinopiroxeno (menos de 0,1 mm) y una pequeña cantidad de feldespato potásico. Los minerales opacos varían entre 0,03 a 0,1 mm y están diseminados en la masa fundamental.	Fig. 1-(1) - 39)
E-55	3 km al este de Recinto	Roca intrusiva	Granitoides	La roca es holocristalina y equigranular. Consiste de cuarzo subhedral (25%), feldespato potásico (20%), plagioclasa (40%), hornblenda (10%), biotita (2%) y una cantidad pequeña de minerales opacos. El feldespato tiene textura perfitica y la plagioclasa es de composición oligoclasa. La hornblenda muestra color axial verde a verde claro parcialmente reemplazada por epidota.	Fig. 1-(1) - 40)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
				Una proporción pequeña de los cristales de biotita están alteradas a clorita.	
E-59	El Peral	Formación Cola de Zorro	Andesita de piroxeno	La roca es afanítica y tiene textura intergranular. Los fenocristales son de plagioclasa euhedral y una pequeña cantidad de ortopiroxeno y clinopiroxeno. La masa fundamental está constituida principalmente por plagioclasa críptocristalina y clinopiroxeno de grano fino. Se observa minerales opacos entre los cristales.	Fig. 1-(1) - 41)
F-30	Río Cato; 2.5 km al este de Escuela	Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca	Toba de ceniza a lapilli	Roca de textura clástica con granos de cuarzo anhedral de 0,09 a 0,69 mm, plagioclasa subhedral de 0,12 a 1,80 mm, clinopiroxeno subhedral con borde opacético, clastos subangulares de andesitas, algunas sin alteración. Fragmentos de pómez y matriz de esquirlas de vidrio; y matriz de esquirlas de rocas y feldespatos están alterados a arcilla.	Fig. 1-(1) - 42)
F-46-A	2 km al este del Estero Labranza	id	Toba dacítica	Roca de textura clástica; cristales de cuarzo anhedral de 0,18 mm a 1,80 mm con embahamientos y bordes de reacción con el vidrio, plagioclasa de 0,21 a 0,60 mm con bordes corroídos, biotita oxidada, fragmentos de pómez. La matriz está compuesta por un agregado esferulítico con texturas relictos de esquirlas de vidrio. Los cristales están muy fracturados.	Fig. 1-(1) - 43)
F-76-A	Quideñes	Unidad Volcánica El Sauce	Pórfido andesítico	Roca de textura intergranular, fenocristales de plagioclasa euhedral alterados a clorita y sericita, masa fundamental compuesta por plagioclasa en cristales euhedrales alterados a arcilla y clorita.	Fig. 1-(1) - 44)
F-88	Río Cato	Dique	Andesita	Roca de textura porfídica casi afanítica, masa fundamental pilotaxítica fluidal. Fenocristales de plagioclasa andesina subhedral (0,06 a 0,45 mm). Masa fundamental compuesta por microlitos de plagioclasa y mineral opaco con algunas gúfas de clorita y probablemente vidrio.	Fig. 1-(1) - 45)
F-112	Río Cato; confluencia Quebrada Hormigones con Río Cato	Granitoides	Granito	Textura alotriomorfa granular, cristales de cuarzo (0,18 a 1,2 mm) plagioclasa anhedral (0,3 a 2,4 mm) alterada a sericita, feldespato potásico subhedral (0,3 a 3,0 mm) y biotita (0,12 a 1,5 mm). Se observa micropertita y microclina.	Fig. 1-(1) - 46)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
F-127	Cerro Los Galtros	Formación Cola de Zorro	Andesita	Roca de textura pilotaxítica, fenocristales de plagioclasa 3%. Masa fundamental homogénea tamaño promedio 0,05 mm. Tablitas de plagioclasa (50%), minerales opacos (25%) y clinopiroxeno y olivinos (15%).	Fig. 1-(1) - 47)



Tab. 1-1 OBSERVACIONES MICROSCOPICAS DE SECCIONES TDRANSPAERNTES

(2) Area del Prospecto Otué

Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
A-85-1	Area del Prospecto Otué	Parte inferior de Formación Abanico	Andesita basáltica	Roca de textura intersertal amigdaloidal, fenocristales de plagioclasa (andesina) subhedral, con alteración leve y homogénea a sericita (0,2 a 0,8 mm), o en el núcleo de los cristales (40 %). Masa fundamental compuesta por vidrio oscuro con minerales opacos diseminados y clorita que puede ser alteración de hornblenda, en partes hay amígdalas de zeolita.	Fig. 1-(2) - 1)
A-90	id	Rocas Volcánicas del Oligógeno	Andesita de anfíbola (deformada)	Roca de textura intersertal (deformada), fenocristales de plagioclasa (andesina) con zonación normal fracturadas, con maclas dobladas (0,3 a 8 mm) (30 %), hornblenda alterada a clorita, subhedral a anhedral (0,1 a 0,4 mm) (10 %), masa fundamental constituida por microlitas de plagioclasa y hornblenda con clorita intersticial, plagioclasa alterada a sericita; opacos diseminados.	Fig. 1-(2) - 2)
A-114	Estero Hulumhue del Area Prospecto Otué	Roca intrusiva	Roca alterada a cuarzo-sericita	La roca está intensamente alterada y la textura de la roca original no ha sido conservada. Los minerales de alteración son cuarzo subhedral (35 %) y sericita de grano fino (60 %) y una pequeña cantidad de minerales opacos diseminados. Los cristales de cuarzo se presentan como fenocristales y en vetillas de 1,5 mm de ancho.	Fig. 1-(2) - 3)
A-125	Area del Prospecto Otué	Dique	Andesita basáltica débilmente carbonatada y silicificada	La roca presenta textura pilotaxítica y amigdaloidal. No presenta fenocristales. La masa fundamental está constituida por cristales tableados de plagioclasa de 0,2 mm de largo, se observa a menudo amígdalas de calcita y cuarzo.	Fig. 1-(2) - 4)
A-136	id	Parte superior de Formación Abanico	Andesita alterada	La roca está moderadamente alterada por cuarzo y sericita. Los fenocristales relictos, son plagioclasa (menos de 1 mm de largo) y en la masa fundamental hay también plagioclasa de grano fino (menor de 0,03 mm). La actinolita está en forma de vetillas (0,3 mm de ancho) anhedral y a menudo acompañado de cristales de cuarzo; se observa también algo de epidota.	Fig. 1-(2) - 5)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
A-140	id	id	Toba lítica andesítica	La roca tiene textura clástica e incluye muchos fragmentos de rocas (70 %), la mayoría de los fragmentos son angulares de andesita, débilmente cloritizada-epidotizadas, se observa también una pequeña cantidad de fragmentos de dacitas. En la matriz el cuarzo fragmental y cristales de plagioclasa se distribuyen como fenocristales y las microlitas de plagioclasa constituyen la masa fundamental, están débilmente sericitizadas. Se observa también epidota como mineral secundario.	Fig. 1-(2) - 6)
E-170	Area del Prospecto Otué	Formación Abánico	Andesita basáltica	La roca es afanítica y tiene textura pilotaxítica. Los fenocristales son de plagioclasa euhedral, cuarzo y pseudomorfos de clinopiroxeno. Los pseudomorfos están constituidos por epidota (80 %) calcita (19 %) y cuarzo (1 %). La masa fundamental consiste en plagioclasa tabular (menor de 0,02 mm). También incluye una pequeña cantidad de fragmentos de roca angulares (1 cm de largo), de tonalitas altamente carbonatadas y epidotizadas. Los minerales de alteración corresponden a un 5 %.	Fig. 1-(2) - 7)
E-128	id	Roca intrusiva	Roca alterada a cuarzo- sericita	La roca está perfectamente alterada por cuarzo de grano fino euhedral (70 %), y sericita (25 %). Los minerales opacos (5 %) también están diseminados en la roca. Algunos de los cristales de cuarzo son grandes (0,7 mm) y parecen fenocristales.	Fig. 1-(2) - 8)
E-170	id	id	Granodio- rita	Textura granular holocristalina, cuarzo subhedral con extinción levemente ondulosa, puede presentar inclusiones de plagioclasa (0,2 a 3,5 mm), feldespato potásico subhedral con leve alteración sericitica principalmente según el clivaje, algunos en intercrecimiento peritítico con plagioclasa. Algunos incluyen plagioclasa o anfíbola alterada (0,2 a 2 mm). Plagioclasa (oligoclasa), con zonación normal, maciada, con alteración restringida al núcleo de algunos cristales o total. Puede estar incluida en cuarzo o en feldespato potásico cristales subhedrales de (0,3 a 4 mm) anfíbola (hornblenda) subhedral con alteración cloritica según el clivaje o en los bordes. Otros cristales presentan alteración a biotita y después a clorita, hacia los bordes también de 0,1 a 2 mm. Alteración: calcita y epidota intersticiales, Accesorios: minerales opacos.	Fig. 1-(2) - 9)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
G-99	Area del Prospecto Otué	Roca intrusiva	Monsodiorita	Textura granular holocristalina, plagioclasa (83,2%) andesina (labradorita) con zonación normal, maclada y fracturada, de 0,2 a 2 mm, algunos cristales presentan bordes con entrecrecimiento peritítico. La alteración consiste en sericita y se restringe a los núcleos o fracturas de los cristales. Algunos núcleos presentan zonación inversa. Feldespato potásico (13%) euhedral, presenta generalmente entrecrecimientos peritítico con plagioclasa, o micrográfico con cuarzo (0,2 a 0,6 mm). Anfíbola (hornblenda) pardo amarillenta con alteración clorítica leve (0,2 a 4 mm), algunos cristales maclados. Cuarzo euhedral con extinción levemente ondulosa (0,1-0,4 mm). Alteración a calcita y clorita; opacos escasos.	Fig. 1-(2) - 10)
G-108	id	id	Andesita basáltica	Roca de textura intergranular; fenocristales de plagioclasa andesina-labradorita en agregados o aislados, subhedrales a euhedrales con zonación normal, levemente fracturados (0,5 a 1 mm) (20%). Matriz constituida por plagioclasa andesina (35%), clinopiroxeno (20%), clorita de alteración (10%) y minerales opacos (15%).	Fig. 1-(2) - 11)



Tab. 1-1 OBSERVACIONES MICROSCOPICAS DE SECCIONES TRANSPARENTES

(3) Prospecto Galletué

Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
S2-35	Prospecto Galletué Sondaje S-2	Roca intrusiva	Tonalita	Roca de textura hipidiomorfa granular formada por plagioclasa (ohgoclasa) en cristales subhedrales maclados, con estructura zonal y con alteración muy leve a sericita, calcita y mineral de arcilla a través de fracturas; el tamaño de los cristales está comprendido entre 0,30 mm y 4,80 mm. La biotita se presenta totalmente alterada a clorita, sericita y cuarzo. El cuarzo es anhedral, con extinción ondulosa. La sericita se presenta en cúmulos y venillas. Mineral opaco se observa asociado a la biotita, a los cúmulos de sericita. Apatita aparece generalmente asociada a los ferromagnesianos (biotitas) y al mineral opaco. Rutilo se observa junto a biotita y a mineral opaco. Zircón aparece diseminado.	Fig. 1-(3) - 1)
S2-141	Prospecto Galletué Sondaje S-2	Roca intrusiva	Diorita porfírica	Roca de textura porfírica y masa fundamental formada por; plagioclasa con alteración a mineral de arcilla y sericita, clorita producto de alteración probablemente de biotita, mineral opaco diseminado, cúmulos de muscovita y cuarzo. Los fenocristales están constituidos por . a) plagioclasa (oligoclasa-andesina) en cristales subhedrales maclados subhedrales maclados con estructura zonal muy levemente alterados a mineral de arcilla y a sericita a través de fractura. b) ferromagnesianos (biotita?) totalmente alterados a clorita. Como minerales accesorios se observa apatita y esfeno.	Fig. 1-(3) - 2)
S1-5	Prospecto Galletué Sondaje S-1	Roca intrusiva	Tonalita	Roca de textura hipidiomorfa granular formada por plagioclasa (oligoclasa) en cristales subhedrales maclados con alteración muy leve en algunos cristales y otros fuertemente alterados a sericita, arcilla y calcita. Biotita totalmente alterada a clorita y sericita. Biotita fina en cúmulos aparece con sericita y en pequeñas guías. Mineral opaco se observa asociado a biotita. Como minerales accesorios aparecen apatita y zircón.	Fig. 1-(3) - 3)



Muestra N°	Ubicación	Formación o unidad	Roca	Descripciones microscópicas	Observaciones
S1-45	id	id	Tonalita porfírica	Roca de textura porfírica y masa fundamental constituida por: plagioclasa con leve alteración a sericita y arcilla, cuarzo, biotita parcial a totalmente alterada a clorita y mineral opaco diseminado. Los fenocristales están constituidos por: plagioclasa (oligoclasa) en cristales subhedrales maclados y con estructura zonal alterados levemente a sericita y arcilla principalmente a través de fracturas. Biotita parcialmente reemplazada por clorita. Cuarzo anhedral con extinción ondulosa. Además se observa apatita y rutilo.	Fig. 1-(3) - 4)
S1-48	Prospecto Galletué Sondaje S-1	Roca intrusiva	Tonalita porfírica	Textura porfírica con masa fundamental microgranular. Fenocristales subautomorfos de cuarzo de hasta 6 mm de largo, de extinción ondulosa marcada y de plagioclasa subautomorfa de 0,5 a 3 mm de largo, fracturados, doblados y bastante alterados a calcita, sericita y minerales de arcilla. La masa fundamental microgranular está compuesta por un mosaico de cuarzo, feldespato potásico (?), abundante sericita y minerales opacos euhedrales en cristales de 0,1 a 0,2 mm de diámetro.	Fig. 1-(3) - 5)



Tab. 1-2 OBSERVACIONES MICROSCOPICAS DE SECCIONES PULIDAS

(1) Area Coihueco-Recinto

Muestra N°	Ubicación	Roca huésped	Mineralización	Descripciones microscópicas	Observaciones
A-74	Mina alrededor de 2 km al sureste del pueblo de Minas del Prado	Unidad Volcámco-sedimentaria Pierna Blanca	Calcopirita Pirita	Los minerales metálicos presentes son : pirita y un fragmento de calcopirita. Algunos cristales de pirita rodean el borde de los fragmentos de rocas que la incluyen y otros están <i>diseminadas</i> en está y en la matriz; en cambio, los granos de calcopirita están adheridos a la pirita.	Fig. 2-(1) - 1)
B-7	Afluente del Estero San José	Roca intrusiva	Calcopirita Molibdenita Pirita	Los minerales metálicos presentes son : calcopirita, pirita, esfalerita, molibdenita y limonita. La pirita es de forma cúbica y está incluida en la calcopirita con relictos como limonita. La esfalerita se presenta en forma de "estrellas" en la calcopirita. La molibdenita muestra textura bien cristalizada y está acompañada por granos pequeños de calcopirita.	Fig. 2-(1) - 2)
B-59	Los Azules	Roca silicificada	Pirita	Los minerales metálicos son pirita, pirrotina e ilmenita. La pirrotina está en forma de exsolución en los cristales de pirita como una pequeña cruz. Los cristales de ilmenita euhedrales están diseminados entre la roca. Tienen pequeñas estructuras de macla de entrecrecimiento con magnetita.	Fig. 2-(1) - 3)
C-43	Area de Minas del Prado	Unidad Volcámco-sedimentaria Pierna Blanca	Pirita	Los minerales metálicos son pirita, esfalerita y limonita. La pirita está diseminada en la roca e incluye láminas de esfalerita como "estrellas". Las limonitas rodean los granos de pirita como relictos. Se observan macroscópicamente en las partes pardo-rojizo.	Fig. 2-(1) - 4)



Tab. 1-2 OBSERVACIONES MICROSCOPICAS DE SECCIONES PULIDAS

(2) Area del Prospecto Otué

Muestra N°	Ubicación	Roca huésped	Mineralización	Descripciones microscópicas	Observaciones
A-110-1	Area del Prospecto Otué	Roca intrusiva	Calcopirita Pirita	Los minerales metálicos corresponden a calcopirita, pirita e ilmenita. La calcopirita de forma irregular está distribuída por toda la roca. Se observa una pequeña cantidad de pirita euhedral que raramente incluye puntos muy finos probablemente de calcopirita. Los cristales de ilmenita euhedral se presentan en las partes silíceas y algunos de éstos están rodeados por calcopirita. Cantidad : cpy - il - py	Fig. 2-(2) - 1)
A-112	Id	Id	Calcopirita Pirita Pirrotina	Macroscópicamente se observa la vetilla de 0,5 mm de espesor e impregnación de pirita. Los pirita rellena la fractura con un ancho de 0,2 a 0,3 mm; algunas de éstas están con las calcopiritas y a menudo incluyen una pequeña cantidad de puntos como calcopirita parcialmente ocupados por pirrotina. Se observan también cristales de ilmenita.	Fig. 2-(2) - 2)
E-223	Zona mineralizada al norte de Río Otué (tipo manto)	Parte inferior de la Formación Abanico	Calcopirita Bornita Calcosina Covelina	Los minerales metálicos son calcopirita, bornita, calcosina y covelina. Los bordes de la bornita están reemplazados por la covelina. La calcopirita y bornita están asociadas. En partes la calcosina está también reemplazada por covelina de grano fino.	Fig. 2-(2) - 3)



## (3) Prospecto Galletué

Muestra N°	Ubicación	Roca huésped	Mineralización	Descripciones microscópicas	Observaciones
S2-70	Prospecto Galletué Sondaje S-2	Roca intrusiva	Magnetita Hematita Calcopirita Pirita	Las especies mineralógicas metálicas presentes son: magnetita, hematita, calcopirita, pirita. La magnetita se presenta diseminada en cristales subhedrales a anhedrales reemplazados parcial o totalmente por hematita. La calcopirita se encuentra en una guía con cuarzo y diseminada en la roca en los bordes de la guía. En una parte de las guías se observa calcopirita reemplazando a pirita y también como pequeñas "gotas" en la pirita. Los cristales de pirita son anhedrales a subhedrales.	Fig. 2-(3) - 1)
S1-15	Prospecto Galletué Sondaje S-1	Roca intrusiva	Calcopirita Pirita Molibdenita	Las especies mineralógicas metálicas presentes son: calcopirita, pirita, molibdenita. La pirita se encuentra en cristales anhedrales a subhedrales diseminados y en pequeñas guías, algunos cristales de pirita presentan reemplazo por calcopirita y también se observan "gotas" de calcopirita. La calcopirita se encuentra diseminada en el corte. Además se observa rutilo diseminado, incluido en la pirita o en relación con calcopirita. Se observó un cristal de molibdenita sin relación con el resto de los minerales.	Fig. 2-(3) - 2)



Tab. 2 DATACIONES RADIOMETRICAS POR EL METODO K-AR

Muestra N°	Ubicación	Roca	Formación o unidad	Mineral	K (%)	Ar <sup>40</sup> Rad (ccSTP/g)	%Ar <sup>40</sup> atm	Edad M.A.	Error Edad M.A.
B-55	Río Chillán	Andesita basáltica	Cola de Zorro	RTO (')	1,011	0,192E-07	94,9	0,40	0,26 (')
F-127	Cerro Los Gatros	id	id	RTO	0,960	0,551E-07	93,6	1,47	0,84
B-51	Río San José	Granodiorita	Roca intrusiva	BIO (")	7,016	39,28E-07	52,9	14,4	1,6
C-22	Estero Laranja	Ignimbrita	Unidad volcánica sedimentaria	RTO	3,808	28,22E-07	7,33	19,0	0,46
B-18	Estero Pierina Blanca	Granodiorita	Pierna Blanca	BIO	6,214	204,6E-07	15,5	82,0	3,8
B-58	Los Azules en Río Niblinto	id	id	BIO	6,352	215,7E-07	46,4	85,4	5,2
G-108	Area del Prospecto Otué	Andesita	Rocas volcánicas del Oligoceno	RTO	0,568	7,36E-07	60,8	34,3	3,0
S1-48	Prospecto Galletué	Alteración filica	Intrusivo alterado	RTO	1,837	56,50E-07	10,1	77,5	2,3
C-142	Río Cato	Toba soldada	El Sauce	RTO	1,51	8,87E-07	40,9	15,0	0,6

Nota: Las constantes de <sup>40</sup>Ar se empleadas en el cálculo de las edades señaladas en esta tabla son las siguientes;

Mineral: Material en el cual la determinación fue hecha. ( ' ) Edad máxima 780,000 años  
 Ar<sup>40</sup> Rad: Ar<sup>40</sup> Radiogénico, en cm<sup>3</sup>STP/g ( ' ) Edad mínima 200,000 años  
 E-07 : Valor exponencial ( ' ) RT0: roca total  
 %Ar<sup>40</sup> atm: % de argón atmosférico BIO: biotita<sup>-0</sup>  
 Edad M.A.: Edad determinada en millones de años tot 0,53x10<sup>-0</sup> años<sup>-1</sup>  
 Error M.A.: Error analítico de la edad obtenida. K 0,58x10<sup>-10</sup> años<sup>-1</sup>  
 atm% K40 en K 0,0119

Las dataciones por el método Potasio-Argón de las muestras fueron llevadas a cabo en el Centro de Pesquisas Geocronológicas de la Universidad de Sao Paulo, Brasil por F. Hervé y F. Munizaga, Geólogos del Departamento de Geología, Universidad de Chile.



Tab. 3

## DETERMINACIONES POR RAYOS -X (DIFRACTOMETRIA)

## (1) Area Coihueco-Recinto

Muestra N°	Ubicación	Unidad geológica	Tipo de roca	Cuarzo	Cristobalita	Plagioclasa	Feldespato potásico	Anfibola	Mica (?)	Sericita	Clorita	Calcita	Monmorillonita	Cscolinita	Halloysita hidratada	Laumontita	Heulandita	Hematita	Limonita	Pirita	Observaciones
A-3	Al norte de Río Cato	Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca	Toba de lapilli color verdoso	+			(**)						**								
A-24	Area de Las Minas del Prado	id	Andesita	+++																	
A-25	id	id	Veta de cuarzo en andesita	**					(f)					+	(f)						
A-50	id	Formación Cola de Zorro	Andesita basáltica		+++										(**)				+++		Stockwork de arcilla blanca
A-65	id	Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca	Andesita				**														Arcilla de falla
A-73-1	id	id	Andesita	+++			**		(f)												Fuertemente silicificada
B-66	Los Azules	Metamórfitas de los Azules	Gneis	+++		(*)	++++				**										
B-69	id	Roca alterada	Roca de Cuarzo-sericita alterada	+++																	
B-70	id	Roca intrusiva	Granodiorita	++		+++		**			++										
C-21	Estero Labranza	Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca	Ignimbrita alterada	+	+++																Parte clara
C-33	Area de Las Minas del Prado	Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca	Roca de arcilla												++++						
C-40	id	Formación Cola de Zorro Inf	id												(**)						
C-51(1)	id	Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca	Toba de lapilli	++++							+										Arcilla blanca
C-51(2)	id	Formación Cola de Zorro Inf	Andesita alterada		+++																Clasto gris
C-51A	id	id	id			+	+														Clasto claro
C-75	id	id	Roca de arcilla						(-)												Arcilla negra
C-105	Area de Las Minas del Prado	Unidad Volcánico-sedimentaria Pierna Blanca	Roca de arcilla		(*)									+++							
C-127	3 km al norte de Minas del Prado	id	Toba cristalina alterada	++									+++								

Nota 1. Muestras en polvo  
 2. La presencia de monmorillonita y halloysita hidratada se comprobó usando Etileno-glicol  
 3. Estos análisis fueron efectuados por Carmen Schwarze T, IIG

Símbolos ++++ mucho + poco  
 +++ bastante - muy poco  
 \*\* regular + indicios  
 ( ) dudoso



Tab. 3 DETERMINACIONES POR RAYOS-X (DIFRACTOMETRIA)

(2) Area del Prospecto Otué

Muestra N°	Ubicación	Unidad geológica	Tipo de roca	Cuarzo	Cristobalita	Plagioclasa	Feldespato potásico	Serfita	Clorita	Calcita	Montmorillonita	Caolinita	Halloysita hidratada	Anfibola	Laumontita	Hemantita	Limonita	Pirita	Observaciones
A-96-2	Estero Quilmahue	Formación Abanico	Andesita	++++			+++	+++			+							+	arcilla blanca
A-99	id	Roca intrusiva	Granodiorita chosa				++	++	++						++++				venilla
A-101	id	id	Granodiorita	++++		+++	++	++											falla
A-110-2	id	id	id	+++		++	+	+	+	+		+							parte roja
E-90	id	id	id	++++			+++	+++			-								abundantes limonitas, silicificación
E-127	id	id	id	++++			++	++	-										

Nota: 1. Muestras en polvo.

2. La presencia de montmorillonita y halloysita hidratada se comprobó usando Etileno-glicol.

3. Estos análisis fueron efectuados por Carmen Schwarze T., IIG.

Simbolos: ++++ mucho + poco  
 +++ bastante - muy poco  
 ++ regular 1 indicios  
 () dudoso



Tab. 4 ANALISIS QUIMICOS DE MENAS  
Area del Prospecto Otué

Muestra N°	Ubicación	Nombre de la zona mineralizada	Mineralización	Componentes						Observaciones
				Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (%)	Mo (%)	S (%)		
A-94	Estero Quilmahue	Prospecto Otué	Lim	< 40	< 0,2	< 0,01	< 0,001	0,22	diseminación en andesita silicificada	
A-96-1	id	id	Py	< 40	0,3	0,01	< 0,001	5,14	venilla (pot:0.5-1.0cm) con cuarzo en andesita	
A-96-2	id	id	Py	< 40	1,3	0,02	< 0,001	22,39	arcilla blanca en falla	
A-97	id	id	Py, ox-Cu	< 40	< 0,2	0,15	0,001	1,95	diseminación en andesita silicificada	
A-100	id	id	Qz-cal (Au?)	< 40	< 0,2	< 0,01	0,001	< 0,01	venilla (pot:4.0cm) en grano-diorita	
A-101	id	id	Lim - ox-Cu	< 40	0,4	0,27	0,001	0,26	zona de cizalle (pot:60cm) con arcilla	
A-102-1	id	id	Py-Cp-ox-Cu Lim	< 40	0,4	0,27	0,002	0,45	diseminación en roca con alteración cuarzo-sericita	
A-106	id	id	Lim-Py-Cp	< 40	0,4	0,05	0,002	3,08	id	
A-110-2	id	id	ox-Cu-Py-Cp	< 40	< 0,2	0,18	0,003	0,26	id	
A-110-3	id	id	ox-Cu-Py-Cp	40	0,5	0,32	< 0,001	1,59	id	
A-111	id	id	ox-Cu-Py-Cp	< 40	0,9	0,45	0,002	1,37	id	
A-112	id	id	Lim-Py-Cp	< 40	0,7	0,23	0,001	3,40	id	
A-113	id	id	Mo-Py-Qz	< 40	< 0,2	0,08	0,005	0,60	id	

Nota: 1. Los análisis fueron hechos por vía húmeda.

2. Estos análisis fueron efectuados por Héctor Paredes R., en el Laboratorio Químico del IIG.



Muestra N°	Ubicación	Nombre de la zona mineralizada	Mineralización	Componentes					Observaciones
				Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (%)	Mo (%)	S (%)	
A-114	Estero Quilmahue	Prospecto Otué	Mo-Cp-Qz	< 40	0,4	0,05	0,040	4,77	diseminación en roca con silicificación cuarzo-sericita
A-115	id	id	Py-Cp-ox-Cu	< 40	0,9	0,15	0,005	1,07	diseminación en granodiorita con alteración débil
A-119	id	id	Py-Lim	80	1,0	0,00	0,001	2,84	diseminación
A-125	id	id	ox-Cu-Py-Cp	< 40	0,7	0,37	0,001	0,44	diseminación en granodiorita
A-136	Orilla norte de Río Otué	Zona mineralizada norte Río Otué	Bo-Cp-ox-Cu Qz-Spe	< 40	10,0	2,43	< 0,001	0,70	mineralización tipo yacimiento Curacarel
A-138	Cuchilla de la parte norte Río Otué	id	Lim-Qz	100	0,7	0,01	< 0,001	< 0,01	veta
E-76	Estero Quilmahue	Prospecto Otué	Py-Lim	< 40	0,5	0,01	0,002	0,65	mineralización en fracturas y venillas polidireccionales, fuerte silicificación
E-81	id	id	Py-Cp-Qz-Lim	< 40	0,3	0,02	< 0,001	2,66	granodiorita muy silicificada, mineralización diseminada y en venillas de cuarzo
E-86	id	id	Py-Cp-Cal-Mg-Cris	< 40	5,2	1,18	0,004	0,98	mineralización diseminada y en fracturas en granodiorita silicificada
E-90	id	id	Lim	< 40	< 0,2	< 0,01	< 0,001	0,06	roca silicificada con venillas con limonitas

Nota: 1. Los análisis fueron hechos por vía húmeda.

2. Estos análisis fueron efectuados por Héctor Paredes R., en el Laboratorio Químico del IIG.



Muestra N°	Ubicación	Nombre de la zona mineralizada	Mineralización	Componentes					Observaciones
				Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (%)	Mo (%)	S (%)	
E-105	Estero Quilmahue	Prospecto Otué	Py-Cp-Lim	< 40	0,5	0,01	< 0,001	0,69	granodiorita silicificada con mineralización diseminada en fracturas y venillas
E-106	id	id	Py-Cp-Qz-Mg-Cris-Cp	< 40	1,7	0,72	0,018	1,05	id
E-112	id	id	Py-Cp-Mg	< 40	< 0,2	0,07	< 0,001	0,38	id
E-113	id	id	Py-Lim-Cris	< 40	1,3	0,29	0,029	2,77	id
E-115	Afluente Est. Quilmahue	id	Py-Lim	< 40	< 0,2	0,08	0,002	2,35	id
E-123	id	id	Py-Lim	< 40	1,3	0,05	0,001	1,55	id
E-126	Estero Quilmahue	id	Py-Cp-Qz-Mg	80	1,2	0,55	0,001	1,10	id
E-127	id	id	Py-Cp-Lim-Mg	< 40	0,3	0,07	< 0,001	2,28	id
E-129	id	id	Py-Mg	< 40	0,2	0,41	< 0,001	0,40	id
E-142	Al E. del Est. Quilmahue	id	Lim-Arg	< 40	0,3	< 0,01	< 0,001	< 0,01	roca con alteración cuarzo-sericita
E-148	Afluente Est. Quilmahue	id	Py-Cp-Lim	< 40	0,5	0,06	0,001	0,53	roca silicificada con mineralización diseminada, en fracturas y venillas
E-149	id	id	Py-Qz	< 40	0,2	< 0,01	< 0,001	0,08	roca silicificada con mineralización

Nota: 1. Los análisis fueron hechos por vía húmeda.

2. Estos análisis fueron efectuados por Héctor Paredes R., en el Laboratorio Químico del IIG.



Muestra Nº	Ubicación	Nombre de la zona mineralizada	Minerali- zación.	Componentes					Observaciones
				Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (%)	Mo (%)	S (%)	
				E-154	Nacimiento Est. Mahuilque	Prospecto Otué	Py-Lim-ox-Cu	< 40	
E-155	id	id	Py-Cp-Qz-Ng- Lim	< 40	< 0,2	0,04	< 0,001	0,26	diseminación en lava sili- cificada
E-159	Al E del Est. Quilmahue	id	Py-Cp-Lim	< 40	< 0,2	< 0,01	< 0,001	0,86	diseminación en roca muy silicificada
E-160	id	id	Py-Co	< 40	0,3	0,01	< 0,001	0,10	diseminación en lavas muy silicificadas
E-163	id	id	Py	< 40	0,3	0,01	< 0,001	0,22	escasa diseminación en lavas silicificadas
E-165	id	id	Py-Lim	< 40	3,3	0,01	< 0,001	1,52	mineralización diseminada y en fracturas en intrusivo silicificado
E-166	id	id	Py-Lim	< 40	0,5	< 0,01	< 0,001	0,78	diseminación en roca muy silicificada

Nota: 1. Los análisis fueron hechos por vía húmeda.

2. Estos análisis fueron efectuados por Héctor Paredes R.,  
en el Laboratorio Químico del IIG.

Abreviación

Au: Oro  
Bo: Bornita  
Cal: Calcita

Cp: Calcopirita  
Cris: Crisocola  
Lim: Limonita

Mq: Malaquita  
Mg: Magnetita  
Mo: Molibdenita

Ox-Cu: Oxidos de cobre  
Pi: Pirrotina  
Py: Piritita

Qz: Cuarzo  
Spe: Especularita

