

Capítulo 2. Geología Económica

2.1. Generalidades

En el área estudiada sólo se ha reconocido la presencia de yacimientos metálicos. La gran mayoría de ellos son de reducidas dimensiones y corresponden casi en su totalidad a cuerpos vetiformes, tanto de relleno como de reemplazo, con mineralización de plomo-zinc y plomo-zinc-cobre. Por su forma, tamaño y mineralogía se exceptúa de lo anterior al yacimiento de cobre Curacarel.

Las zonas de alteración hidrotermal son escasas y en general de pequeñas dimensiones, salvo el denominado prospecto Otué, que además es el único que presenta mineralización económica asociada. La facie de alteración hidrotermal predominante en la mayoría de las áreas alteradas es silicificación, apareciendo en forma subordinada las facies propilítica, argílica, cuarzo-sericita y potásica.

En la actualidad, en el área no existe actividad minera.

2.2 Mineralización y/o alteración hidrotermal

En el área sólo se ha reconocido la presencia de mineralización metálica. Esta se distribuye, en su mayoría, en pequeños yacimientos vetiformes, tanto de relleno como de reemplazo, conteniendo como mena las asociaciones plomo-zinc-cobre. La única excepción la constituye el yacimiento de reemplazo de Curacarel, estructuralmente complejo, con mineralización cuprífera masiva, estratiforme y en vetas. Este yacimiento es el único que ha sido explotado en el área, no existiendo en la actualidad ninguna actividad minera en él. La zona con alteración hidrotermal y mineralización de Otué presenta características que la hacen interesante desde el punto de vista económico.

1) Mina Curacarel

El yacimiento de cobre Curacarel, por ser el de mayores dimensiones del área y dadas sus particulares características, ha sido estudiado en detalle, entregándose la información respectiva en forma aparte.

2) Prospecto Otué (37°45'30" lat. S-71°29'00" long. W)

El prospecto Otué está localizado aproximadamente 4 km al noreste de la mina Curacarel. El acceso es posible a través de una senda para caballos que pasa por la mina Curacarel.

La zona mineralizada, de aproximadamente 1.500 m de longitud, está emplazada en un stock granodiorítico expuesto en el área del río Otué. El prospecto corresponde a una mineralización de cobre diseminado tipo pórfido cuprífero, reemplazando la roca huésped. El depósito no había sido descrito ni trabajado en forma alguna, habiendo sido descubierto durante el desarrollo del presente estudio. No se ha obtenido un esquema global del cuerpo mineralizado y alterado por trabajo insuficiente, sin embargo tres tipos diferentes de afloramientos fueron descubiertos a lo largo de la quebrada Quilmahue, en una extensión de aproximadamente 1.500 m en dirección norte-sur, cada afloramiento se extiende por 50 a 100 metros.

El afloramiento superior corresponde a una zona silicificada con abundantes pirita. Al microscopio se observa una textura de mosaico formada por cuarzo y sericita la cual ha obliterado la textura original de la roca huésped. Calcopirita aparece entre los granos de pirita.

El afloramiento del medio corresponde a una zona fuertemente alterada y mineralizada con calcopirita, pirita y cantidades menores de molibdenita, en la cual aparece biotita secundaria, un denso enrejado de cuarzo se ha desarro-

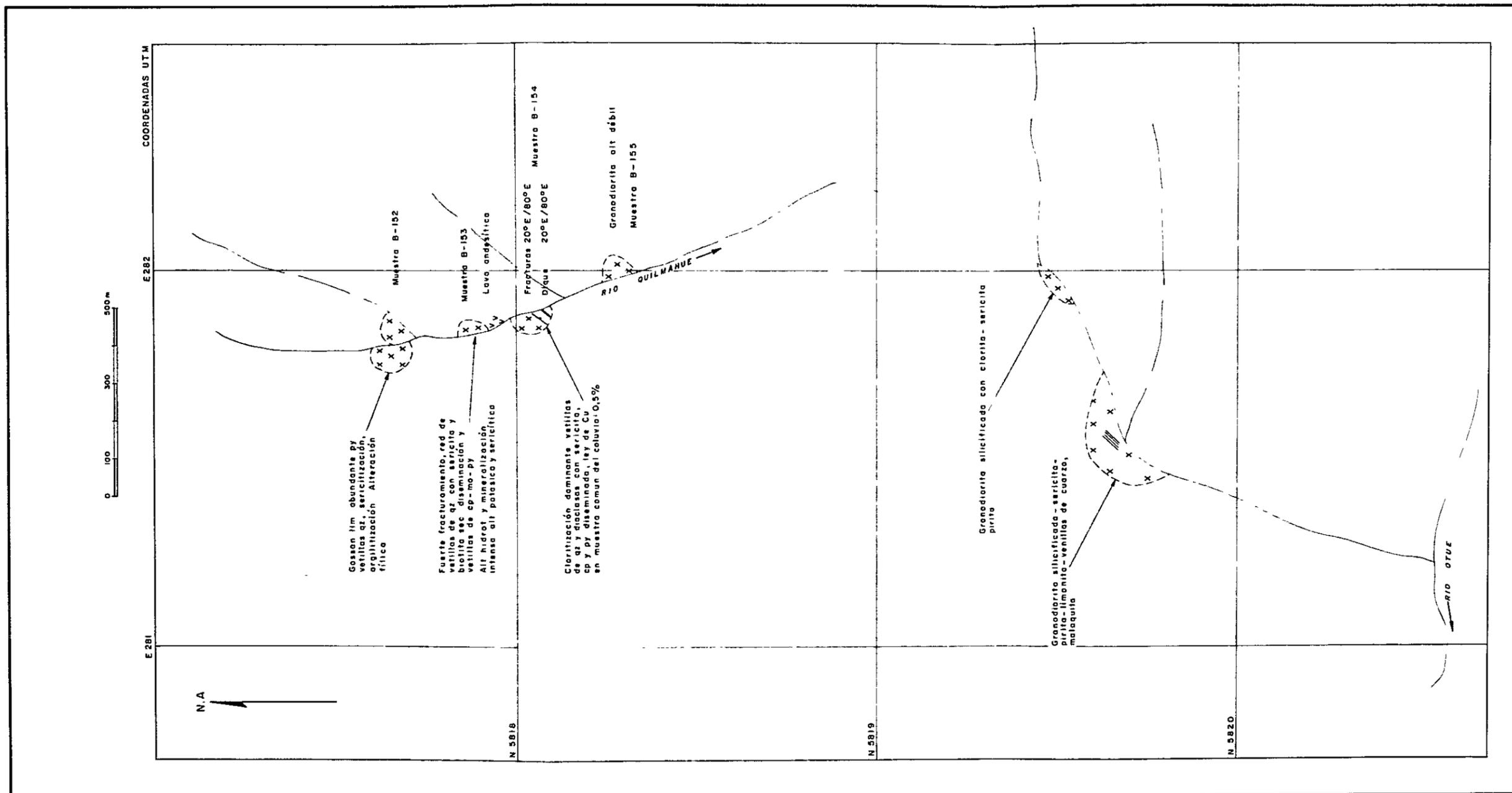


Fig. II- 2 CROQUIS GEOLOGICO DEL PROSPECT OTUE

llado como resultado del intenso fracturamiento. Al microscopio, la biotita secundaria ha sido reemplazada por carbonato y clorita, aparece también muscovita y sericita en tanto que la silicificación es desconocida.

La roca huésped corresponde a una granodiorita cuya textura ha sido destruída. Otros minerales son magnetita y esfeno.

El afloramiento inferior es una zona con débil alteración caracterizado por cloritización y venillas de cuarzo. En las venillas de cuarzo y en los minerales máficos cloritizados se observa pirita y calcopirita. En la ladera norte del río Quilmahue, frente al lugar denominado Los Maitenes, el afloramiento de granodiorita muestra abundante limonita, pirita, vetillas de cuarzo e impregnación de minerales oxidados de cobre. Al microscopio se observa que los minerales máficos han sido completamente reemplazados por clorita y muscovita, la sericita aparece reemplazando la plagioclasa.

Como se mencionó anteriormente, fuerte mineralización y alteración se ha reconocido en estos afloramientos. Las relaciones en los tres diferentes tipos de afloramientos y la totalidad del área mineralizada no ha sido clarificada aún. Con el objeto de obtener una visión global del prospecto, es necesario confirmar los límites norte, este y oeste de la zona mineralizada, solo el límite sur ha sido confirmado; por lo tanto el levantamiento geológico detallado del área es necesario.

3) Otras zonas mineralizadas y/o alteradas

(1) Cañicu. Se distinguieren dos sectores mineralizados:

a) 37°44'30" lat. S - 71°30'00" long. W

En el lugar se encontró una venilla de malaquita de 1 metro de longi-

tud y un ancho variable de 1 a 2 milímetros, encajada en rocas granodioríticas.

b) 37°45'30" lat. S - 71°30'00" long. W.

En el sector afloran rocas andesíticas de la Formación Abanico afectadas por un denso fracturamiento y una intensa silicificación, donde se emplazan dos venillas de malaquita de 1 a 2 cm de ancho. Escasas cantidades de malaquita exótica se observa en las fracturas de la roca de caja. Existe un socavón de reconocimiento de 5 m de largo que intercepta a las venillas citadas.

Dado las escasas estructuras mineralizadas en ambas áreas, así como sus reducidas dimensiones, se descarta toda expectativa económica en ellas.

(2) Río Bío-Bío (37°47'30" lat. S - 71°40'30" long. W)

En el área aflora un roof-pendant constituido por tobas de la Formación Abanico encajado en rocas tonalíticas. Las tobas se encuentran afectadas por una silicificación intensa y presentan escasa pirita y muy poca calcopirita diseminada. La zona alterada conforma una franja de orientación NW, de 3 kilómetros de largo y 1,5 kilómetros de ancho.

No obstante el gran tamaño de la zona alterada, la escasa mineralización presente, así como los bajos valores geoquímicos obtenidos en el área de las rocas tonalíticas subyacentes, descartan la posibilidad de existencia de un yacimiento de valor en profundidad.

(3) Veta Santa Rita (37°48'02" lat. S - 71°30'01" long. W)

El yacimiento se encuentra situado en las nacientes del estero Copiuco, a una altitud de 1.165 m.s.n.m., lugar que es accesible sólo a pie. El depósito consiste en una veta de orientación N80°W/65°S con una corrida de 30 m y una

potencia inferior a 0,5 m, encajada en rocas granodioríticas. El contacto entre la veta y la granodiorita no es nítido, observándose entre ambas una transición gradual, manifestada en la roca de caja por un halo de alteración clorítico intenso con mineralización diseminada de sulfuros. Los minerales de mena presentes en la veta corresponden a bornita, calcopirita y pirita, además de impregnaciones de malaquita. Si bien se puede estimar que la ley de la veta es superior a 2% de cobre total, las dimensiones de ésta permiten desechar cualquier posibilidad económica.

(4) Veta Gatica (38°49'20" lat. S - 71°33'10" long. W)

El yacimiento está situado en la ribera derecha del estero Minquimillio, a 835 m. s. n. m.

El cuerpo mineralizado, de aproximadamente 25 km² de superficie, corresponde a una brecha tectónica originada en el empalme de dos fallas de orientaciones N70° E/90° y N80° E/75° N, que afectan a rocas granodioríticas. La mineralización corresponde a diseminaciones de calcopirita, pirita y escasa molibdenita. La oxidación de los sulfuros ha originado una débil pátina de malaquita y limonita en las fracturas y películas de ferromolibdenita alrededor de los granos de molibdenita. Los minerales de ganga corresponden a cuarzo y arcilla, esta última relacionada con la milonitización producida por las fallas. En la roca de caja se manifiesta un pequeño halo de alteración, de aproximadamente 3 m en torno a la zona mineralizada, evidenciado por la sericitización de las plagioclasas y el reemplazo de los ferromagnesianos por clorita. El análisis químico de una muestra común obtenida en la salbanda mineralizada dió el siguiente resultado:

Muestra	Cu %	Pb %	Zn %	Mn %	Fe %	Mo(ppm)	As(ppm)	Ag(ppm)	Au(ppb)
F-19	1,45	0,15	0,01	0,34	4,63	7	20	110	200

Si bien en el análisis microscópico no se ha determinado la presencia de galena, es posible que esta exista, a la cual se presentaría asociada la plata.

De acuerdo a los valores obtenidos del análisis químico citado y a las reducidas dimensiones de la zona mineralizada, se descarta cualquier expectativa económica en este yacimiento.

(5) Veta Puente Angosto (37°53'50" lat. S - 71°32'00" long. W)

El lugar está situado en la ribera derecha del río Pangué. El acceso se realiza por un camino de tierra, apto para vehículos, trazado en la ribera norte del río citado.

El yacimiento sólo es observable en el corte del camino, encontrándose el resto encapado. Corresponde a una brecha de falla, de orientación N40° W/90° y de tres metros de potencia, desarrollada en andesitas de la Formación Abanico. La brecha está constituida por clastos angulosos a subredondeados, de hasta 0,5 m de diámetro, de andesitas silicificadas y argilizadas con abundante piritita diseminada. La matriz, de igual composición que los clastos mayores, es de granulometría arenosa y representa un 30% del cuerpo total. El material se encuentra ligado por abundante cemento limonítico. El análisis de una muestra común del frente de la veta dió el siguiente resultado:

Cu %	Pb %	Zn %	Mn %	Fe %	S %	As(ppm)	Ag(ppm)	Au(ppb)
0,01	0,01	0,01	0,02	18,87	1,52	10	0,8	160

En base a las leyes obtenidas se descartan las expectativas económicas del yacimiento.

(6) Veta La Unión (37°58'50" lat. S - 71°33'00" long. W)

El yacimiento está situado en la ribera derecha del río Bío-Bío, frente a la desembocadura del estero Butaco. El acceso, hasta casi el lugar mineralizado mismo, se realiza a través del camino que comunica a las localidades de Ralco y Maya.

En el lugar, aflora una angosta franja, de aproximadamente 500 m de longitud y 20 m de ancho, constituida por tobas y andesitas de la Formación Abanico. Las rocas se encuentran afectadas por una fuerte silicificación, presentando abundante pirita diseminada, la cual, por oxidación, origina en algunos sectores una delgada cubierta limonítica.

Durante el reconocimiento del lugar, se evidenció la existencia de varias estructuras mineralizadas, correspondiendo la gran mayoría de ellas a venillas de menos de 0,5 m de longitud, las cuales se encuentran ampliamente espaciadas.

La estructura mineralizada más importante corresponde a una veta de 3 m de largo y orientación NS/70° E. El cuerpo de forma lenticular, tiene una potencia máxima de 70 cm, acunándose rápidamente hacia los extremos. La mena corresponde a galena y blenda subordinada y la ganga a cuarzo, pirita y limonita. El análisis por plata de una muestra de mineralización masiva dió una ley de 59 gr/ton.

Las reducidas dimensiones de las estructuras mineralizadas y la gran separación existente entre ellas son factores que permiten descartar toda expectativa económica del yacimiento.

(7) Las Quemadas (37°59'50" lat. S - 71°29'40" long. W)

En un corte del camino que una a las localidades de Ralco y Maya, afloran andesitas propilitizadas de la Formación Abanico. Encajadas en estas

rocas aparecen 3 vetillas mineralizadas con galena, blenda y calcopirita subordinada, teniendo a cuarzo como ganga. La estructura mineralizada más importante tiene orientación N30°W/20°S, cuatro metros de corrida y una potencia máxima de 10 cm. El análisis por plata de una muestra con mineralización masiva dió una ley de 81 gr/ton.

Las escasas y reducidas estructuras mineralizadas presentes en el lugar, permiten descartarle sus expectativas económicas como yacimiento.

(8) Sector Estero Leu (37°59'20" lat. S - 71°31'30" long. W)

En un corte del camino situado en la ribera derecha del río Bío-Bío, en un área de aproximadamente 100 m², afloran tobas y lutitas. Como consecuencia de la intersección en el lugar de dos sistemas de fallas y fracturas de orientación N10°W/70°W y NW/90°, las rocas presentan un fracturamiento intenso. Orientadas según los sistemas de debilidad citados, se han reconocido en el lugar siete vetillas de relleno de hasta 2 cm de ancho e inferiores a 30 cm de largo, conteniendo cuarzo y galena, blenda y cuarzo.

De acuerdo al pequeño tamaño de la zona mineralizada y a las reducidas dimensiones de las vetillas y a la baja densidad areal que presentan en su distribución, se descartan las expectativas de interés económico del yacimiento.

(9) Estero Azul Grande (37°43'30" lat. S - 71°34'00" long. W)

En el lugar afloran rocas andesíticas de la Formación Abanico fuertemente silicificadas y con escasa pirita diseminada. La oxidación de la pirita, ha producido en superficie una débil pátina limonítica en un área de 0,3 km².

(10) Estero Blanco Grande (37°44'00" lat. S - 71°31'30" long. W)

En las rocas granodioríticas que afloran en el lugar se desarrolla una zona de intensa silicificación, presentándose en algunos sectores una delgada

cubierta limonítica. En la zona alterada, de orientación NS y dimensiones de 1 x 0,3 km, no se observó mineralización.

(11) Estero Veta de Cobre (37°48'00" lat. S - 71°33'00" long. W)

Corresponde a una pequeña área, en la cual afloran rocas granodioríticas intensamente silicificadas, no evidenciándose mineralización asociada. En el curso inferior del estero se encontró un rodado de roca silicificada con abundante limonita.

Las características de la zona alterada permiten descartar toda expectativa en ella.

(12) Río Pangué (37°53' lat. S - 71°31' long. W)

La zona de alteración del río Pangué, está situada en la ribera occidental del río homónimo. Su acceso se realiza por un camino de tierra apto para vehículos, trazado en la misma ribera citada y que comunica a la localidad de Ralco con el lugar aquí descrito.

La zona alterada conforma una franja de orientación NE de tres kilómetros de largo y 300 m de ancho, que se extiende entre las desembocaduras de los esteros Hilotregua y Chipaco.

En el lugar afloran andesitas y tobas de la Formación Abanico afectadas por alteración propilítica intensa, la cual al microscopio se manifiesta por un reemplazo parcial total de las plagioclasas y ferromagnesianos por epidota, clorita y calcita. Sobreimpuesta a la alteración propilítica, en algunos sectores se desarrolla silicificación. Acompañando a la alteración descrita se presenta pirita en venillas y diseminaciones, la cual localmente puede ser muy abundante, constituyendo hasta un 10% de la roca total, la cual por oxidación, origina en algunas partes una impregnación limonítica superficial. En la zona alterada no

se observó la presencia de otro tipo de sulfuros, como tampoco la existencia de rocas intrusivas con las cuales se puede relacionar la alteración y mineralización que afecta a las rocas de la Formación Abanico.

Tanto la ausencia de mineralización de tipo económico como la de valores geoquímicos anómalos (ver capítulo geoquímica), permiten descartar en esta área eventuales estudios de detalle.

(13) Alto de Pangue (37°54'30" lat. S - 71°35'40" long. W)

La zona de alteración de Alto del Pangue está situada en la ladera sur del cordón montañoso homónimo, frente a la localidad de San Pablo. El acceso a la zona se realiza por el camino trazado en la ribera derecha del río Bío-Bío, el cual comunica el lugar aquí descrito con la localidad de Ralco.

En el área alterada, de aproximadamente 0,25 km², afloran andesitas de la Formación Abanico intruídas por un pequeño apófisis granodiorítico. En la parte central del área, ambos tipos de rocas aparecen afectadas por un fracturamiento denso y por alteración argílica intensa y silicificación, no reconociéndose en gran medida la textura original de las rocas. En la parte marginal del área y en algunos puntos irregulamente distribuidos en la parte interna, se desarrollan facies de alteración propilítica, representada por la asociación epidota-clorita-calcita. Asociada a la alteración propilítica y en menor proporción a la argílica y silicificación, se observa piritita en venillas y diseminada siendo este el único sulfuro reconocido en el área alterada.

De acuerdo a las características citadas que presenta la zona alterada, así como la ausencia de valores geoquímicamente anómalos en el área, se descarta toda expectativa en ella.

2.3. Consideraciones

La distribución de las zonas alteradas y/o mineralizadas, muestra que estas se sitúan casi en su totalidad en las secuencias de la Formación Abanico y en las rocas granodioríticas que las intruyen, lo que permite suponer una estrecha relación genética entre ellas y el emplazamiento de las rocas plutónicas citadas, hecho ocurrido en el lapso Santoniano Superior-Campaniano Inferior.

De acuerdo a la distribución y orientación de la mayoría de los cuerpos mineralizados y zonas de alteración hidrotermal, se evidencia un fuerte control estructural en su formación, correspondiente principalmente a sistemas de fallas o fracturas NS y NW-SE.

Capítulo 3. Geoquímica

3.1. Generalidades

El hecho que la región estudiada, cubierta con vegetación y por rocas volcánicas recientes, presente un extenso sistema de drenaje, permite disponer en la geoquímica de una valiosa herramienta para detectar áreas con interés económico que son de difícil visualización durante la etapa de mapeo.

Paralelamente al levantamiento geológico regional a escala 1:50.000 se efectuó la prospección geoquímica mediante sedimentos fluviales. Anteriormente, el IIG había utilizado la geoquímica con sedimentos como herramienta para prospectar yacimientos de cobre y/o molibdeno en la región cordillerana central-sur de Chile con buenos resultados.

Los elementos analizados fueron elegidos de acuerdo a sus características geoquímicas como a los tipos de mineralización que se esperaba encontrar en base a los antecedentes geológicos disponibles. Estos elementos fueron cobre, plomo, zinc, manganeso, plata, molibdeno y arsénico.

3.2. Recolección de muestras

Las muestras colectadas, de aproximadamente 300 grs. corresponden en su mayoría a sedimentos activos cuya granulometría varía entre arenas y arcillas; las fracciones más finas presentan generalmente altos contenidos de materia orgánica. El tamaño de las muestras fue reducido en terreno a malla menos 50 mediante un tamiz plástico y remitidas húmedas al laboratorio. Las muestras fueron ubicadas en un plano 1:50.000, indicándose al mismo tiempo el ambiente geológico en que fueron colectadas; posteriormente fueron enviadas al laboratorio químico del IIG en Santiago donde fueron secadas y tamizadas bajo

malla 80.

Durante las sucesivas campañas de terreno se recolectaron 328 muestras en un área de 551 km², lo cual da una densidad de 0,60 muestras/km².

3.3. Análisis de las muestras

El análisis de las muestras se efectuó en el laboratorio químico del IIG, en Santiago. El procedimiento seguido consistió en el ataque ácido parcial (mezcla HCl-HNO₃-HClO₄) de la fracción de la muestra bajo malla 80.

Las determinaciones de cobre, zinc, manganeso, plomo y plata se hicieron mediante un espectrómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 403; para arsénico se utilizó el método Gutzeit y el molibdeno fue determinado por colorimetría.

El límite de detección y la precisión a un nivel de confianza de 95% fueron:

<u>Elemento</u>	<u>Límite de detección (ppm)</u>	<u>Precisión (%)</u>
Cu	5	<u>± 10</u>
Pb	10	<u>± 1</u>
Zn	2	<u>± 20</u>
Mn	5	<u>± 2</u>
Ag	1	<u>± 1</u>
Mo	1	<u>± 10</u>
As	5	<u>± 1</u>

3.4. Tratamiento estadístico de los datos

Con el objeto de facilitar la interpretación de los datos geoquímicos y manejar adecuadamente la gran cantidad de información analítica, los resultados

fueron procesados mediante algunos programas de computación disponibles en el IIG, implementados para el computador IBM-360 de ECOM (Empresa Nacional de Computación). Dichos programas fueron el GESTAD, CLASES LOG y FACTOR.

El programa GESTAD calcula los estadísticos básicos de una población de datos con una o más variables, construye histogramas y establece relaciones entre las variables, entregando una tabla con los valores erráticos mayores y menores que $\bar{M} \pm 1S$, $\bar{M} \pm 2S$, $\bar{M} \pm 3S$ y un histograma para cada variable.

El programa CLASES LOG calcula y divide en clases logarítmicas una población de datos y obtiene un gráfico de frecuencia acumulativa en que el límite inferior de la primera clase corresponde al mínimo valor encontrado, en unidad logarítmica. Este programa fue utilizado solamente para el Cu y Zn, únicos elementos que presentaban significación estadística en la población.

El programa FACTOR efectúa un análisis de factores del conjunto de muestras en modo R, permitiendo encontrar asociaciones de elementos y separar así, la parte de una eventual anomalía que se debe a causas litológicas, de aquellas que tienen su origen en procesos de alteración hidrotermal, mineralización, etc. Cada factor extraído mediante el programa FACTOR, señala la variación que es debida a procesos geológicos-geoquímicos simples, partiendo del supuesto que la concentración de un elemento, en una muestra, representa el conjunto de varios procesos geológicos y geoquímicos.

El resultado del análisis de factores fue expresado como "factor score" en un plano 1:50.000.

3.5. Resultados y discusión

Del análisis estadístico de 328 muestras de sedimentos del área del Río Queuco, resultan 9 muestras con valores erráticos en uno o más de los elementos

analizados (valores mayores que $\bar{M} + 3S$). Al considerar la población estadísticamente tamizada, resultan 11 valores mayores que la $\bar{M} + 3S$.

Los valores de cobre están comprendidos entre 22 y 740 ppm, la media es 40,36 ppm y la desviación standard 20,42. Su distribución en terreno conforma dos zonas anómalas, una de ellas situada en el sector del río Otué y la otra en el área de Pitril. La primera de ellas está relacionada con una zona de alteración hidrotermal y mineralización que se observa a lo largo del estero Quilmahue. La segunda zona anómala, Pitril, se relaciona con las vetas de cobre explotadas incipientemente en las nacientes de los esteros Copiuco y Minquimillío. La curva de frecuencia acumulativa, en papel probabilístico, señala, claramente 2 poblaciones, una de las cuales corresponde a la "población normal" del área y una región con valores altos de cobre que se interpreta como "población anormal" o mineralizada.

Los valores de zinc varían entre 2 ppm y 735 ppm, con una media de 67,12 ppm y desviación standard 42,80.

Su distribución es errática sin conformar zonas anómalas. Su correlación con el manganeso es aceptable y mala con el cobre, molibdeno y zinc.

El manganeso tiene rangos comprendidos entre 2,08 ppm y 1980 ppm. La media es 689,71 ppm y la desviación standard 264,60. Su distribución al igual que el zinc, elemento con el cual tiene correlación aceptable, es errática.

El molibdeno presenta valores comprendidos entre 1 ppm y 10 ppm. Su correlación es mala con el cobre, zinc y manganeso. Existen dos zonas con leve tendencia a presentar altos en molibdeno: una de ellas se ubica en el área de Pitril y se relaciona con una pequeña veta con molibdeno mapeada en el medio de la quebrada Minquimillío, la otra zona se sitúa en el sector del río

Otué y parece provenir del área con alteración hidrotermal detectada en un afluente de dicho río.

El plomo presenta valores menores que el límite de detección aún en aquellas áreas donde se observaron vetas de galena.

La plata presenta en general concentraciones menores que el límite de detección analítico usado, sin embargo una muestra de la quebrada Lampeco, afluente izquierdo del río Bío-Bío, tiene 61 ppm, valor anormalmente alto y que hace preciso reconocer y explorar dicha zona (muestra FS-67, coordenadas U.T.M. N5810,6, E261,5).

El análisis del gráfico de frecuencias señala la presencia de dos poblaciones, las cuales corresponden al conjunto de muestras provenientes del intrusivo tonalítico y del granodiorítico respectivamente. El análisis independiente de ellos, para el caso del cobre, señala una media de 17,5 ppm para la tonalita y 63,30 ppm para la granodiorita destacando un factor de enriquecimiento en cobre, deducido de los sedimentos, de 3,5. En valores absolutos, esta diferencia es claramente concordante con el substrato geológico del área. Los otros elementos no presentan dicha caracterización.

El análisis de factores para el área del río Queuco señala los siguientes factores, expresados como "factor score":

Factor	I	II
Cu	0,596	-0,100
Zn	-0,107	0,602
Mn	-0,005	0,567
Mo	0,568	0,013

El factor I puede ser explicado por la presencia de mineralización de tipo pórfido cuprífero, cuya asociación mineralógica primaria es Cu-Mo (factor mineralógico). El factor II explica la tendencia general del Zn y Mn a presentarse en toda la zona, con gran dispersión.

El mapeo de los "factor score" señala claramente la tendencia del factor I a ubicarse en el área río Queuco-Otué y del factor II de distribuirse erráticamente en el resto del sector. Además, en concordancia a lo expresado anteriormente sobre el enriquecimiento relativo en cobre de la granodiorita respecto la tonalita, el factor I es exclusivo del dominio granodiorítico (PL.II-3 ~ 5). En consecuencia, se puede concluir:

1. El único elemento que conforma una anomalía clara es el cobre. Se reconocen dos anomalías situadas respectivamente en el río Otué y Pitril. La primera de ellas se asocia a una zona fuertemente alterada y la segunda a mineralización vetiforme.
2. Los sedimentos fluviales provenientes de la granodiorita presentan un notorio enriquecimiento en cobre en relación a aquellos provenientes del ambiente tonalítico (relación 10:35).
3. Una muestra presenta un valor anormalmente alto en plata.

Tab. II-2 ESTADISGRAFOS BASICOS DE LOS SEDIMENTOS

FLUVIALES, AREA DEL RIO QUEUCO

(Población Tamizada)

Elementos	Media ppm	Desviación Standard	$\bar{M} + 1S$ ppm	$\bar{M} + 2S$ ppm	$\bar{M} + 3S$ ppm	Skew	Kurtosis
Cu	40,36	29,42	19,94	81,19	101,61	2,097	8,54
Zn	65,05	24,92	40,18	114,88	139,80	1,042	3,73
Mn	689,71	264,60	425,12	1218,89	1483,48	-0,034	-0,50
Mo	1,90	0,94	0,95	3,76	4,20	0,301	-0,63

Tab. II-3 MUESTRAS ANOMALAS, AREA DEL RIO QUEUCO

(Población Tamizada)

Muestra	Cu	Zn	Mn	Mo
GA- 6	**	*		
GA-20		*		
GA-27		*		
GA-34	*	*		
GB- 4		**		*
GB-57	**	**	*	
GB-62		*		
GB-77		**		
GC- 1	*			*
GC- 8				*
GC- 9		*	*	*
GC-16		*	*	*
GC-18		*		
GC-19		**		
GC-42				*
GC-48		**		
FS-8	*			
FS-9	**			
FS-11	**			
FS-12	**			
FS-13	**			
FS-17	*			**
FS-23		*	*	
FS-33			*	
FS-35		*		
FS-38				*
FS-39				*
FS-54				*
FS-85	*			
FS-88			*	
FS-93				*
FS-94				*
FS-101				
FS-116				*
GH-36				*
GH-42	**			

** muestras anómalas mayores que $\bar{M} + 3S$

* muestras anómalas comprendidas entre $\bar{M} + 2S$ y $\bar{M} + 3S$.

Tab. II-4 MATRIZ DE CORRELACION

(MUESTRAS DE SEDIMENTOS DEL AREA RIO QUEUCO)

	Cu	Zn	Mn	Mo
Cu	1,0	0,36	0,38	0,18
Zn	0,36	1,0	0,65	0,16
Mn	0,38	0,65	1,0	0,28
Mo	0,18	0,16	0,28	1,0

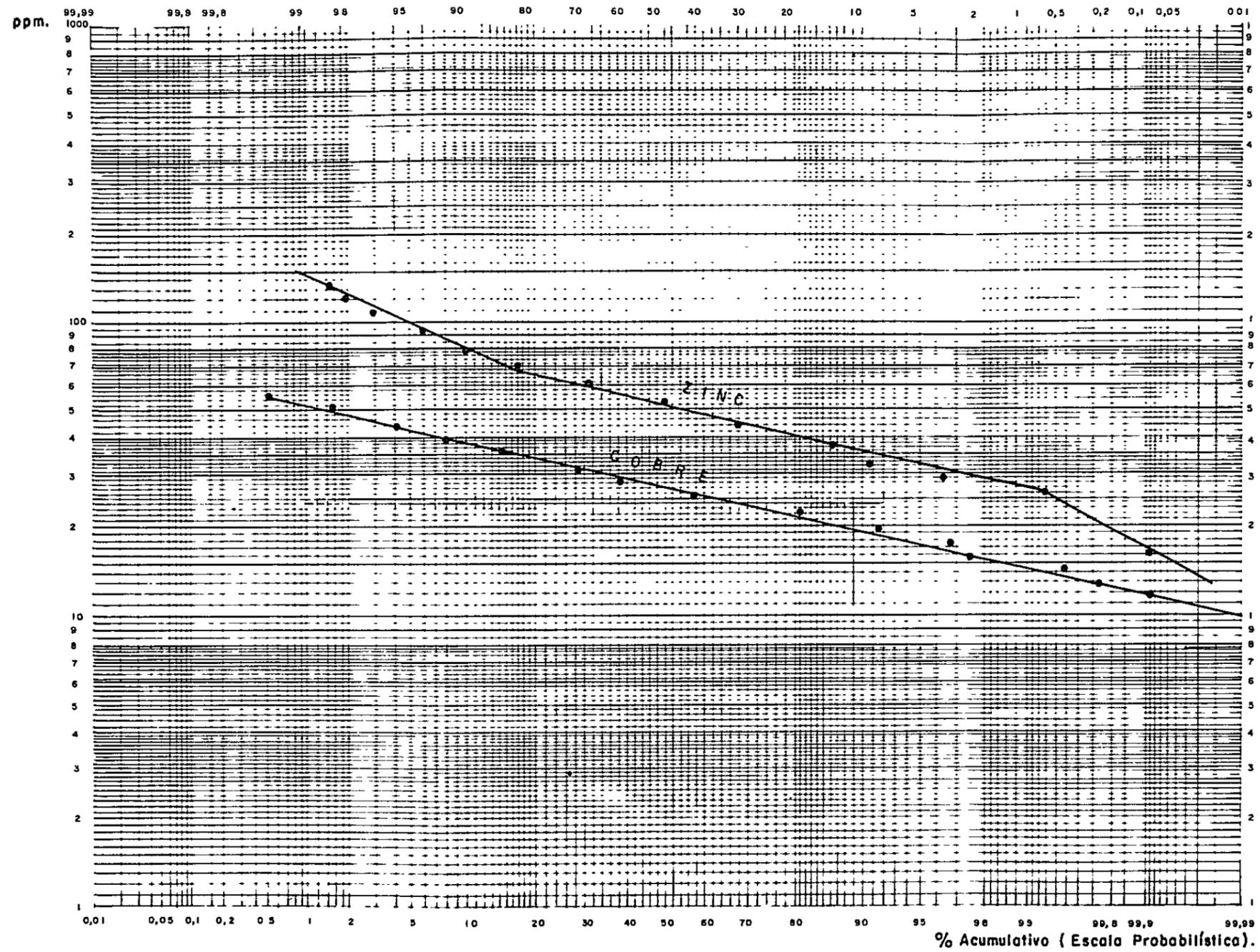


Fig. II- 3 GRAFICO DE FRECUENCIA ACUMULATIVA Zn Y Cu (AREA DEL RIO QUEUCO)

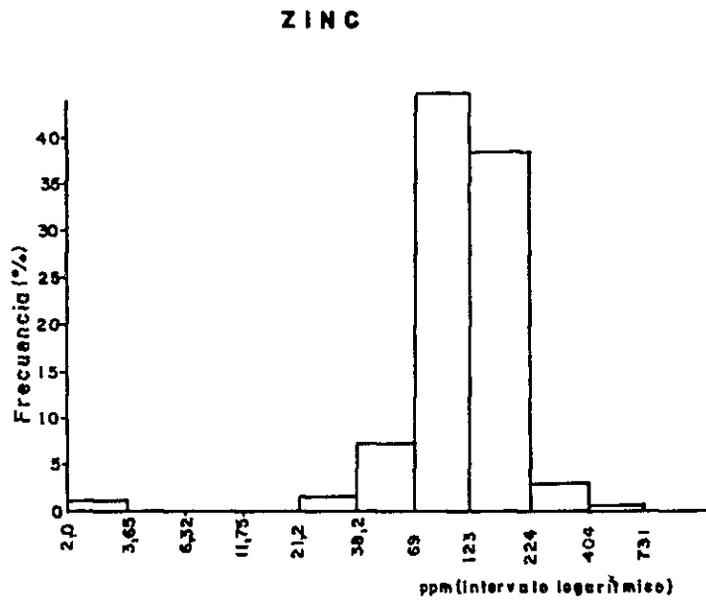
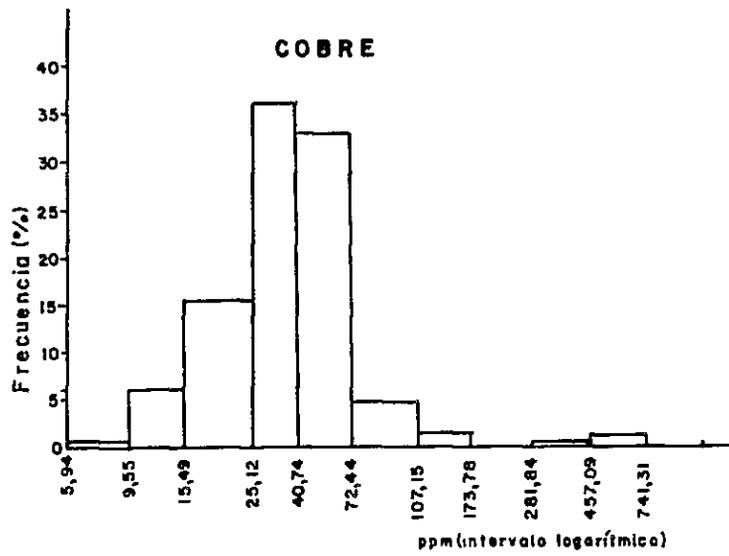


Fig. II- 4 HISTOGRAMA DE DISTRIBUCION DE Zn Y Cu EN SEDIMENTOS (AREA DEL RIO QUEUCO)

Capítulo 4. Conclusiones

- 4.1. En el área del río Queuco se reconocen rocas volcánicas e intrusivas cuyas edades se extienden desde el Cretácico Superior al Cuaternario.
- 4.2. Las rocas intrusivas se asignan al Cretácico Superior-Terciario Inferior de acuerdo a dataciones K/Ar.
- 4.3. Se reconocen dos ciclos de fuerte actividad volcánica representados por la Formación Abanico (flujos andesíticos, brechas volcánicas y tobas), asignada al Cretácico Superior y la Formación Cola de Zorro (basaltos y tobas) del Terciario Superior-Cuaternario.
- 4.4. Las rocas plutónicas se agrupan claramente en dos unidades separadas por falla y/o en contacto transicional. Estas unidades corresponde a tonalita y granodiorita. En la localidad de Pitril aflora un stock de diorita anfibólica.
- 4.5. La actividad ígnea post-intrusiva está representada por diques basálticos y pegmatíticos.
- 4.6. Se reconocen dos sistemas de fallas y/o fracturas con rumbos NW-SE y NS.
- 4.7. El muestreo geoquímico mediante sedimentos fluviales indica una zona anomala por cobre en el curso medio del río Otué. El reconocimiento preliminar del área indica la existencia de intensa alteración hidrotermal a la cual se asocia mineralización de cobre y molibdeno. Otras anomalías puntuales de cobre y molibdeno en sedimentos se asocian a pequeñas vetas emplazadas en la granodiorita.
- 4.8. Las muestras de sedimentos fluviales cuyo sustrato es granodiorita

muestran un enriquecimiento en cobre aproximadamente 3,5 veces superior a aquellas cuyo sustrato es la tonalita.

II-III. GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DE DETALLE
EN EL AREA DE LA MINA CURACAREL

Capítulo 1. Introducción

El área de levantamiento de detalle de la mina Curacarel está situado al este del río Queuco. El área tiene aproximadamente 5 kilómetros en dirección este-oeste y 7 km en dirección norte-sur, limitada la norte por el río Queuco y al sur por el estero Minquimillío. El área total abarca 35 km².

El acceso al área, desde la localidad de Bío-Bío, a lo largo de la ribera naciente del río Queuco, es posible mediante un camino tropero.

El área está compuesta por relieve abrupto. La altura del río Queuco es aproximadamente 500 m.s.n.m. y la cima de los cerros tienen 1.800 m.s.n.m.; los valles constituyen estrechas gargantas con laderas inclinadas cubiertas por una espesa vegetación.

En las adyacencias de la mina Curacarel, se conocen numerosas indicaciones de cobre y pequeños laboreos; estos socavones fueron hechos en zonas con minerales oxidados de cobre. Recientemente, en los años 1960 y 1961, se hicieron algunos trabajos de exploración, reconociéndose cuerpos pequeños y de baja ley por lo cual fue suspendida la exploración y desarrollo.

Capítulo 2.- Geología

El área de levantamiento detallado Curacarel está localizada en la parte noreste de la región cordillerana en el levantamiento geológico regional. Está situada en el límite entre los granitoides del flanco occidental de Los Andes y las rocas sedimentarias y volcánicas post-jurásicas, las cuales se sitúan en la parte central de la Cordillera de Los Andes. Esta área, desde el punto de vista geológico, está compuesta de rocas andesíticas de la Formación Abanico, asignadas al Cretácico Superior y granodioritas del Cretácico Superior y Terciario Inferior que intruyen en las andesitas cretácicas. Ambas unidades están cubiertas por las volcánicas basálticas recientes de la Formación Cola de Zorro asignada al Terciario Superior-Cuaternario.

Las rocas andesíticas consisten en lavas andesíticas con intercalaciones de tobas. Las andesitas experimentan alteración y metamorfismo por la intrusión de la granodiorita, constituyendo roof-pondant en ella. Las denominadas rocas granodioríticas están compuestas por granodioritas "sensu stricto" asociadas a granitos, tonalitas y dioritas. La dirección de la intrusión es norte-sur, reconociéndose un batolito, stocks y diques la dirección norte-sur de la intrusión parece expresar la tectónica en el momento de su emplazamiento. El fallamiento tiene tendencia NNE, es vertical e influye en las rocas basálticas de la Formación Cola de Zorro.

La Formación Abanico se elonga en dirección norte-sur en el centro del área. El ancho, en dirección este-oeste, es aproximadamente 1 km, su techo está cubierto por la Formación Cola de Zorro y su piso se desconoce. Al sur del estero Copiuco está completamente cubierta por la Formación Cola de Zorro.

Los Estratos de Otué, de distribución restringida, se reconocen solamente en la parte noreste del área, próximo al río Otué.

La Formación Cola de Zorro se ubica en la parte central y sur del área, cubriendo las partes altas. La forma de la distribución ha sido influenciada por la topografía reciente. En la secuencia destaca un aglomerado de varios metros de potencia cuya parte inferior tiene rodados basálticos mientras que en su parte superior son andesíticos y/o basálticos.

En la parte occidental del área aflora un batolito granodiorítico el cual intruye a las rocas de la Formación Abanico con cuerpos tipo stocks o diques. Este cuerpo presenta cambios de facies que varían entre tonalitas y dioritas. La datación radiométrica de una muestra tomada cerca de la mina Curacarel señaló $55,34 \pm 1,88$ m. a.

La estructura que controla la intrusión principal de las rocas granodioríticas es norte-sur; esta dirección es concordante con la tendencia general de intrusión en Los Andes. La dirección de los diques andesíticos es también norte-sur y corresponde a las zonas de cizalle de las rocas graníticas.

Las rocas andesíticas de la Formación Abanico han sufrido una fuerte alteración y fracturación constituyendo roof-*pendant* en la granodiorita.

Fallas NNE son las más características en esta zona, esta tendencia en el fallamiento se desarrolla con intervalos de 500 a 600 metros dislocando la Formación Cola de Zorro y con desplazamientos verticales del orden de 200 metros.

Capítulo 3. Geología Económica

3.1. Generalidades

En las andesitas alteradas de la Formación Abanico, se han encontrado varias indicaciones de cobre y más de 10 minas abandonadas.

Los yacimientos son mantiformes, masivos irregulares y en vetas; la forma ha sido controlada por la silicificación. La mena primaria es principalmente bornita la cual ha rellenado microfracturas de las partes silicificadas. Por enriquecimiento secundario calcosina y covelina aparece reemplazando a la bornita. Minerales oxidados de cobre se observan impregnando rocas adyacentes a los yacimientos.

3.2. Mineralización y alteración hidrotermal

Como indicación de la mineralización en esta área, se han encontrado depositos de cobre en las andesitas alteradas de la Formación Abanico y parches y venillas de cuarzo-pirita-calcopirita en granodiorita.

En los sedimentos eocénicos y en los basaltos de la Formación Cola de Zorro, no se encuentran indicaciones de mineralización.

1) Depósitos de cobre en las andesitas alteradas de la Formación Abanico.

La distribución de las indicaciones de cobre es mayor que 5 km en dirección norte-sur y aproximadamente 1 km en dirección este-oeste.

(1) Forma y estructura

Los yacimientos ocurren en las partes silicificadas de las andesitas alteradas, son mantiformes e irregulares cuando el control es estratigráfico y vetiforme cuando el control está dado por sistemas de fracturas. La dimensión de los cuerpos mineralizados no supera los 2 m de potencia y los 20 m de

corrida. Su forma es aproximadamente irregular y discontinua.

El mineral primario es principalmente bornita llenando generalmente las microfracturas en las partes silicificadas. A veces, masas de bornita de unos 10 cm de diámetro ocurren en venillas de calcita-zeolita.

Sin excepción, óxidos de cobre contaminan la roca huésped a lo largo de fracturas y diaclasas. Por análisis de rayos X se ha determinado que el principal mineral oxidado de cobre es malaquita.

(2) Minerales de mena

Bajo microscopio se observa que las menas principales son bornita acompañada por calcosina y covelina, ambas reemplazan parte de la bornita especialmente en sus partes marginales y a lo largo de microfracturas.

La razón bornita primaria a calcosina secundaria-covelina conjuntamente es aproximadamente 7:3.

En los cristales de bornita, que ha constituido más del 99% de la mena primaria, se observa esporádicamente textura de exsolución con calcopirita, este último mineral aparece principalmente como pequeños granos dispersos que se reconocen a ojo desnudo. En la calcosina se observan manchas de sericita. Pirita se reconoce a ojo desnudo y bajo el microscopio.

(3) Minerales de ganga

Normalmente bornita sola, sin minerales de ganga, rellena las microfracturas en las partes silicificadas, estas vetillas de bornita han sido cortadas por parches de calcita y zeolita.

En otros casos la bornita aparece en las vetillas de calcita-zeolita, coexistiendo con ambos minerales. La bornita sucede en núcleos masivos aislados encerrados por calcita y zeolita. De estos hechos se deduce que la

calcita y zeolita pertenecen a la última mineralización o post mineralización.

Los análisis de rayos-X indican que la zeolita es laumontita.

(4) Relación de alteración y mineralización

La roca huésped del depósito es compacta, dura, con textura afanítica y rica en microfracturas. De acuerdo con las observaciones microscópicas, presenta una textura de agregados con cuarzo en mosaico acompañado por abundante sericita.

Como se mencionó en el capítulo precedente, las andesitas de la Formación Abanico han sufrido, entre otros tipos de alteración, silicificación, epidotización y cloritización en forma extensiva, pudiendo ésta corresponder indistintamente a alteración regional y/o a metamorfismo de contacto, sin relación directa con la mineralización.

La alteración relacionada con la mineralización se caracteriza por la fuerte silicificación, la cual traslapa a la alteración regional y al metamorfismo.

Los minerales de alteración epidota, carbonato, clorita, se observan universalmente. Vetillas y parches de calcita-zeolita se desarrollan igualmente.

(5) Roca huésped de la mena

En la roca huésped de la mena es raro observar la típica textura porfírica de la andesita, pero es usual reconocer textura tobácea y fragmentos de brechas volcánicas, se deduce por lo tanto que las zonas tobáceas de los flujos andesíticos han sido silicificadas y fracturadas selectivamente llegando a constituir la roca huésped de la mena.

(6) Génesis

Los yacimientos emplazados en la Formación Abanico y que fueron

estudiados son de reemplazo epigenético e hidrotermal; la mineralización de cobre ha sido controlado no solo por la estratigrafía si no también por los sistemas de fracturas.

Se estima que las soluciones hidrotermales que han formado estos tipos de yacimientos tenían bajo contenido de Fe y S y alto contenido de Cu. Las condiciones físico-química fueron de baja presión y temperatura.

2) Mineralización en granodiorita

(1) Parches de calcopirita-pirita

En la granodiorita se observan fracturas con abundante cuarzo y clorita, pirita diseminada y pequeños cristales de calcopirita. Los núcleos mineralizados tienen normalmente 10 cm, dispuestos irregularmente, sin potencialidad económica. Los más importantes han sido detectados en el área de Los Prados y Pitril.

(2) Vetas de pirita-cuarzo

En el sector de Otué la granodiorita ha sido fracturado, presenta débil alteración y limonita diseminada. Al microscopio aparece cuarzo y feldespato potásico sin alteración, pero la biotita y hornblenda están alteradas a clorita y la plagioclasa ha sido reemplazada por sericita, carbonato y minerales de arcilla con bordes de corrosión. En la granodiorita se reconocen vetas de pirita-cuarzo los cuales parecen corresponder a la facie marginal de una mineralización fuerte.

3.3. Descripción de las zonas mineralizadas

a) Mineralización en andesitas de la Formación Abanico.

1. Mina Nº 1 (mina Curacarel Inferior): Esta mina está localizada a 1.220 m.s.n.m., profundizando aproximadamente 50 m; con 50 m de desarrollo horizontal y otros 30 m de laboreos secundarios. El total de la excavación es aproximadamente 130 m e incluye 1 chimenea (la cual alcanza la Mina Superior) y tres picados.

El cuerpo mineralizado tiene 1 m de potencia, 2 m en corrida y unos 20 m en pendiente. La forma del cuerpo varía entre estratiforme y lenticular irregular; su rumbo es N70°W y el manto 20°-30°N. Un muestreo de canal de 1 m de ancho y perpendicular al cuerpo mineralizado señaló 3,52 % de Cu soluble.

El promedio de 9 muestras mostró que el 29,50% del cobre total es cobre soluble. Para referencia, el resultado de un "chip sampling", con un factor de dilución de 30%, señaló 3,41% Cu total (promedio de 10 muestras continuas de un sector de 1 x 1 m).

En resumen, de acuerdo al muestreo y resultados de los ensayos, la ley de cobre es superior a 3%, pero el cobre soluble es aproximadamente un 30% del cobre total.

2. Mina Nº 2 (Mina Curacarel Superior).- La mina está localizada a 29 m de la mina Nº 1, el total de perforaciones alcanza a 48 m.

El cuerpo mineralizado está dividido en 4 partes por fracturas rellenas con calcita. El cuerpo topográficamente más bajo tiene aproximadamente 0,5 m de potencia y unos 5 m de corrida, su ley de cobre total 1,14% (promedio de

3 muestras).

La ley media de la Mina Curacarel Superior es 2,74% de Cu total y 1,57% de Cu soluble. La orientación del cuerpo es N70°W y 30°-40°N.

3. Laboreo N° 3.- (Mina San Antonio): La mina está ubicada aproximadamente 100 m al WNW de la mina N° 1. Versiones de antiguos mineros dicen que hay un socavón de 16 m, el cual se encuentra actualmente derrumbado. En la entrada del laboreo hay 30 toneladas de mineral acopiado. La ley media de dos muestras de las pilas señaló 4,35% de cobre total (2,43% de Cu soluble). El cuerpo mineralizado se extiende en dirección NNW, con suave manto, pareciendo un manto de 1 m de potencia.

La ley media de 5 muestras tomadas en los afloramientos señaló 2,75% de Cu total y 1,96% de Cu soluble.

El porcentaje de Cu soluble en Cu total es 71,30%.

4. Laboreo N° 4.- El lugar se sitúa a la cota 1.110 m.s.n.m., adyacente al camino abierto en la montaña que alcanza Otué, se encuentra a 350 m al NNW de la mina N° 1. Solo se observa diseminación de óxidos de cobre en pequeña escala.

Existe una pila de mineral de 20 toneladas; el ensayo de 5 muestras mostró 4,66% en Cu total y 3,02% de Cu soluble (64,80% del Cu total). Parece ser que el mineral acopiado fue llevado desde la mina N° 1 después de una selección a mano (pallaqueo).

5. Laboreo N° 6.- El lugar se encuentra junto al camino a Curacarel, a 350 m en dirección ENE del socavón N° 4.- Existe un corte de 10 m de ancho, un socavón de aproximadamente 10 m y un hoyo. Se observa un gossan limonítico y diseminación en óxidos de labores en pequeña escala.

6. Laboreo N° 7.- Se ubica unos 200 m al este de la mina N° 1. Existe un socavón de 20 m sin indicaciones de cobre. Sobre el socavón, se observa un pequeño afloramiento limonítico y contaminación de óxidos de cobre.

7. Laboreo N° 8.- El lugar está situado en el borde sur del estero Copiuco, 1.200 m.s.n.m. y aproximadamente 3 km al sur de la mina N° 1, es el cuerpo mineralizado más meridional. El socavón de acceso está derrumbado. El cuerpo mineralizado es discontinuo; la ley promedio de 3 muestras tomadas de los afloramientos señalaron 2,24% de Cu total y 1,23% de Cu soluble.

8. Laboreos N° 9 y 10.- Ambos lugares están situados aproximadamente 1 km al norte de la mina N° 1. y a 700 m.s.n.m. frente al río Otué. Existen pequeñas socavones con parches de bornita.

9. Laboreo N° 11 (Mina Aguila).- La mina está situada en la ribera norte del río Otué, a 900 m.s.n.m. y aproximadamente 1,5 km al NNE de la mina N° 1. Se observa un corto socavón, un pequeño hoyo de explotación vertical y pilas de mineral de aproximadamente 60 toneladas. Óxidos de cobre y limonita aparecen diseminados contaminando las partes silicificadas las cuales controladas por fracturas EW.

10. Otras indicaciones.-

Laboreo N° 5.- Socavón derrumbado. Solo gossan limonítico.

Laboreo N° 12.- Diseminación de óxidos de cobre siguiendo diaclasas con rumbo NW.

Laboreo N° 13.- Parches de especularita-epidota-cuarzo.

Laboreo N° 14.- Diseminación de piritita en partes silicificada y cloritizada.

Laboreo N° 15.- Gossan limonítico según fracturas con rumbo EW.

b) Indicaciones de Mineralización en granodiorita.

Laboreo Nº 16.- Pequeños núcleos de pirita con clorita-epidota-sílice.

Laboreo Nº 17.- Gossan limonítico.

Laboreo Nº 18.- Epidota con vetillas de cuarzo.

Laboreo Nº 19.- Núcleos de epidota-clorita-sílice con gossan limonítico.

Laboreo Nº 20.- En el área Otué: vetillas de pirita-cuarzo de rumbo NS y
manteo 60°E. La potencia de las vetillas es aproximadamente
1 m. Al microscopio se observan mosaicos de cuarzo-muscovita con pirita diseminada.

3.4. Consideraciones

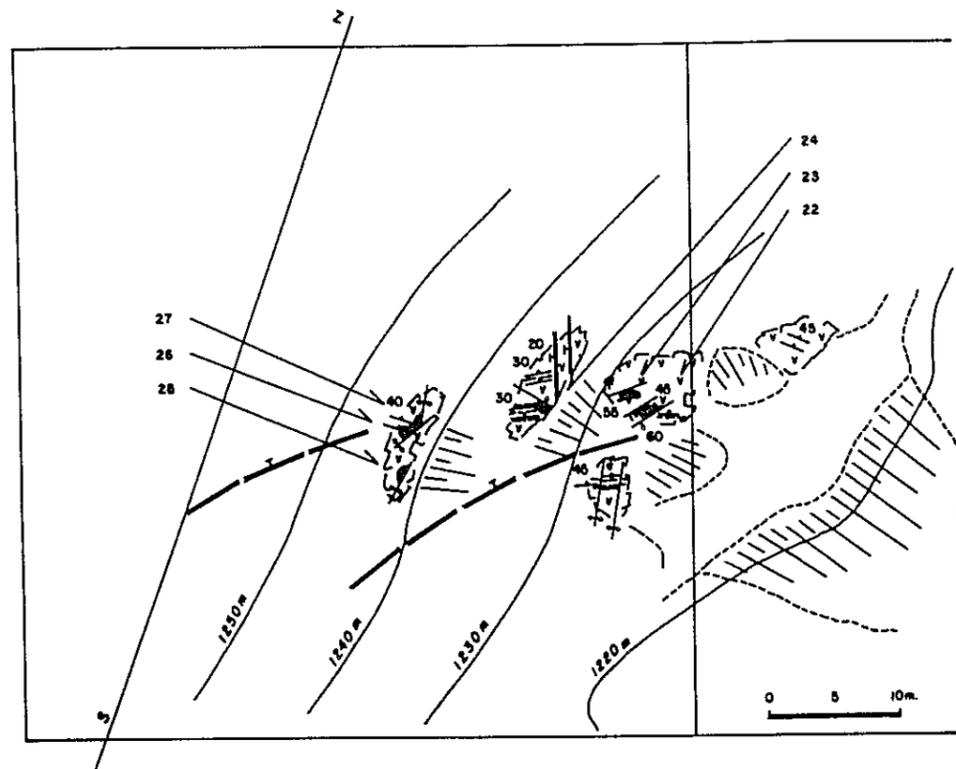
- 1) Resumen de la geología del yacimiento Curacarel.
 - (1) El yacimiento Curacarel es del tipo epigenético hidrotermal. Ocurre irregularmente en las partes silicificadas o constituye vetas en las andesitas alteradas de la Formación Abanico.
 - (2) La mena primaria es principalmente bornita, relleno de microfracturas en las partes silicificadas, acompañada por algún mineral de ganga, excepto calcita y zeolita que se han formado después de la mineralización.
 - (3) La forma de los cuerpos mineralizados es a veces estratiforme e irregular maciza, controlada por la estratigrafía y otras veces vetiformes, controlada por sistemas de fracturas.
 - (4) La ley de cobre alcanza a 3%, incluyendo el cobre soluble, pero el tamaño de los cuerpos mineralizados es pequeño, con potencia inferior a 2 m y menos de 20 m en corrida. Su forma es complicada, irregular y discontinua.

2) Génesis y potencialidad

En el área de la mina Curacarel se encuentran indicaciones de cobre en forma extensiva, pero su intensidad, al igual que la alteración hidrotermal es débil, local y en pequeña escala. Posiblemente la mineralización está ligada a la granodiorita, sin que existan claras evidencias al respecto. No se debe esperar mayor potencialidad en este grupo de cuerpos mineralizados.

Desde el punto de vista regional, existe la posibilidad que la minerali-

zación descrita anteriormente corresponda a una facie marginal de otra mineralización más intensa. Por lo tanto estudios en escala regional pueden llegar a ser necesario.



Descripciones

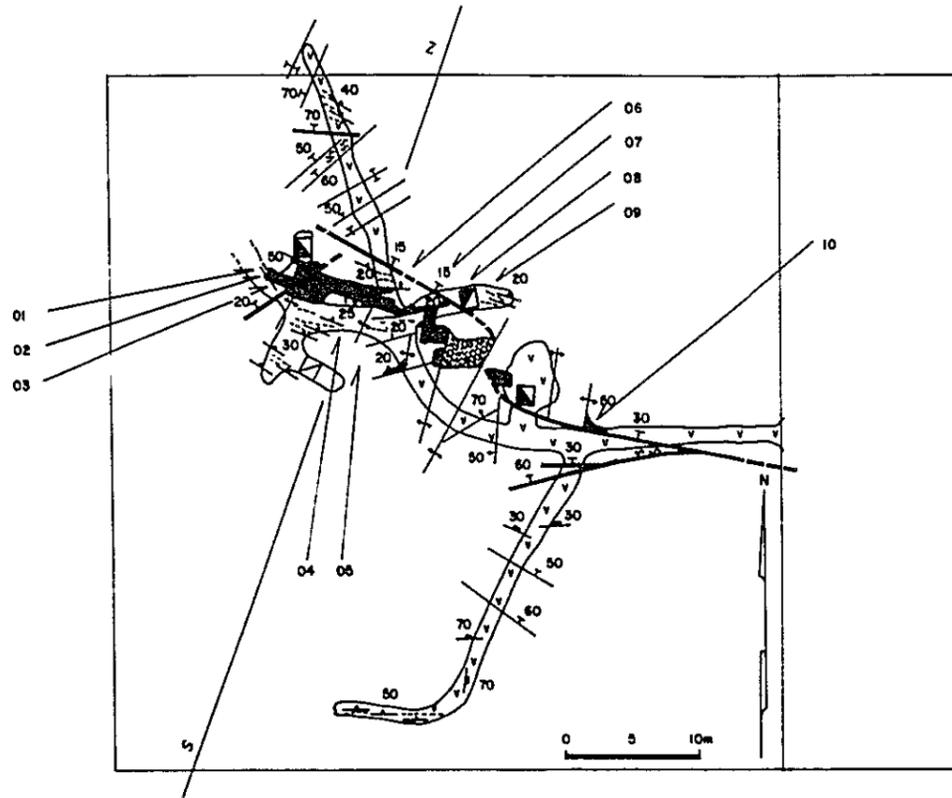
Oxido de cobre diseminado y bornita en parches son encontradas en las partes silicificadas y fracturadas. Venillas de calcita se desarrollan cortando estas partes. Adición de sílice y calcita y alteración a clorita y epidota se observa en toda la roca huésped.

Delgados sistemas de diaclasas se desarrollan en los estratos tobáceos concordantemente con el plano de estratificación, el cual muestra rumbo EW y manto al este.

MUESTRA Nº	LONG. DE LA MUESTRA (m)	ANÁLISIS											OBSERVACIONES
		Cu TOT (%)	Cu SOL (%)	Au (ppb)	Ag (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Mn (%)	Mo (ppm)	Fe (%)	S (%)	As (ppm)	
OA-22	0,5	2,33	2,03	2,40	24	0,01	0,47	0,14	27	6,95	0,03	125	
OA-23	0,5	1,03	0,50	80	15	0,01	0,02	0,20	18	7,81	0,20	25	
OA-24	0,5	2,95		520	46	0,01	0,02	0,12	18	6,05	0,53	10	
OA-25	0,5	1,24	0,97	1,40	16	0,01	0,08	0,26	21	8,07	0,08	30	
OA-26	0,5	0,82		40	11	0,01	0,01	0,09	15	6,04	0,02	30	
OA-27	0,5	10,36	3,86	220	195	0,06	0,01	0,07	16	4,98	2,37	38	

- Falla
- Fractura o veta
- Diaclasa
- Diaclasa menor y estratificación
- Zona de cizalle
- Zona alterada y mineralizada (confirmada)
- Zona alterada y mineralizada (inferida)
- Área con alto contenido de cobre
- Acumulación de mineral de cobre.
- Lavas andesíticas.
- Partes tobáceas en volcanitas.
-
- STL Silicificación.
- qt Cuarzo
- chl Clorita
- ep Epidota
- cal Calcita o ceolita
- clay Arcilla
- bn Bornita
- gm-Cu Oxidos de cobre
- lim-gos Gossan limonítico
- diss Disseminaciones
- F Falla
- V Veta
- vit Venilla
- J Diaclasa
- Shd Zona de cizalle
- int Intervalo
- W Ancho

Fig. II - 5 MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DE LAS MINAS Nº. 1 Y 2, CURACAREL (SUPERFICIE)



Descripciones

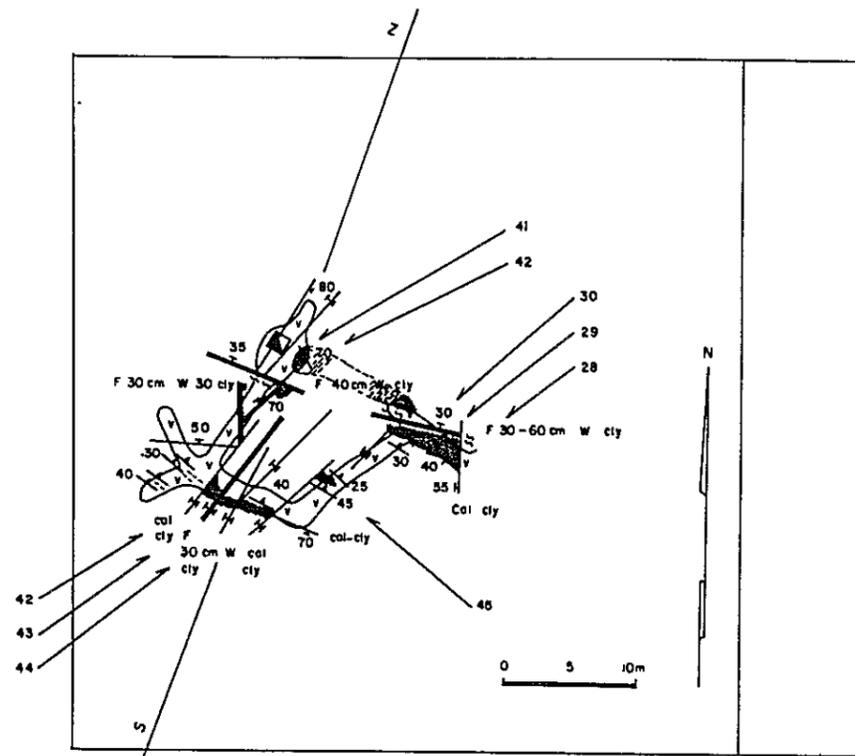
La mineralización ocurre en partes silicificadas intensamente de las rocas volcánicas alteradas. Las partes silicificadas y mineralizadas muestran forma lenticular irregular controladas por la estratificación y los sistemas de fracturas. La extensión medida varía entre 1 y 2 metros de espesor y 20 m de corrida elongada en la dirección N70°W y 20° de manto al norte.

MUESTRA Nº	LONG DE LA MUESTRA (m)	ANÁLISIS											OBSERVACIONES
		Cu TOT (%)	Cu SOL. (%)	Au (ppb)	Ag (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Mn (%)	Mo (ppm)	Fe (%)	S (%)	As (ppm)	
													(razón de Cu Sol)
OA-01	1,0	0,71	(0,29)	40	5,1	0,01	0,01	0,07	5	6,28	0,18	15	(41,2)
OA-02	1,0	1,14	0,90	60	10	0,01	0,01	0,08	5	6,45	0,03	5	(78,9)
OA-03	1,0	8,29	0,93	40	44	0,02	0,01	0,08	7	4,40	0,70	5	(28,3)
OA-04	1,0	4,90	1,22	40	48	0,02	0,01	0,09	5	5,38	1,24	5	(24,9)
OA-05	1,0	3,62	2,17	80	29	0,01	0,01	0,10	5	5,78	0,34	30	(59,9)
OA-06	1,0	10,84	0,56	360	202	0,01	0,01	0,05	15	3,74	2,90	38	(5,2)
OA-07	1,0	0,63	(0,26)	40	8,2	0,01	0,01	0,06	49	5,17	0,04	25	(41,2)
OA-08	1,0	3,60	1,59	40	38	0,01	0,01	0,08	16	4,44	0,49	63	(44,2)
OA-09	1,0	2,99	1,40	160	40	0,01	0,01	0,08	15	4,97	0,47	25	(46,8)
Promedio	1,0 ± 9	3,52	1,04	96	47	0,01	0,01	0,08	13,6	5,13	0,71	23	(29,5 %)
	1,0 x 1,0 x 1,0	3,41											
Chip Muest													Factor de div 30 %
OA-10		3,04		160	40	0,01	0,01	0,14	14	7,90	0,22	125	

- Fallo
- Fractura o veta
- Diatasa
- Diatasa menor y estratificación
- Zona de cizalle
- Zona alterada y mineralizada (confirmada)
- Zona alterada y mineralizada (inferida)
- Area con alto contenido de cobre
- Acumulación de mineral de cobre
- Lavas andesíticas
- Partes tobáceas en volcanitas

- STL Silicificación
- qt Cuarzo
- chl Clorita
- ep Epidota
- cal Calcita o caolita
- cly Arcilla
- bn Bornita
- grn-Cu Oxidos de cobre
- lim-gos Gossan limonítico
- diss Diseminaciones
- F Fallo
- V Veta
- vlt Venilla
- J Diatasa
- Shd Zona de cizalle
- int Intervalo
- W Ancho
- X Valor estimado

Fig. II-6 MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DE LA MINA Nº.1 CURACAREL



Descripciones

Las zonas silicificadas y mineralizadas están cortadas por sistemas de fallas NE y NNE y fracturas con arcilla y calcita que separan pequeños porciones monores que 5 m de longitud.

Las porciones semejan lentes irregulares de 1 metro de espesor con óxidos de cobre diseminados y escasos parches de bornita.

MUESTRA Nº	LONG DE LA MUESTRA (m)	ANÁLISIS											OBSERVACIONES	
		Cu TOT (%)	Cu SOL (%)	Au (ppb)	Ag (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Mn (%)	Mo (ppm)	Fe (%)	S (%)	As (ppm)		
														(razón de Cu Sol)
OA-28	1,0	3,63	2,60	440	180	0,01	0,01	0,08	21	6,10	0,80	38		(71,1 %)
OA-29	1,0	0,72	(0,46)	100	10	0,01	0,01	0,10	17	5,90	0,03	30		(59,1 %)
OA-30	1,0	1,73	1,09	160	29	0,01	0,02	0,10	20	6,38	0,14	8		(63,0 %)
OA-40	1,0	4,28	2,13	240	28	0,09	0,01	0,10	7	5,47	0,88	30		(44,6 %)
OA-41	1,0	2,83	1,62	580	40	0,02	0,01	0,10	18	5,10	0,78	5		(57,2 %)
Promedio	1,0 x 5	2,74	1,58	304	67	0,03	0,01	0,10	16,6	5,79	0,45	22		(57,1 %)
Chip Muest.	1,0 x 1,0 x 9	2,23												
														Factor de dilución 30%
OA-42	1,0	0,89		320	16	0,01	0,01	0,07	15	5,53	0,16	25		
OA-43	1,0	2,34	1,64	520	20	0,01	0,01	0,07	13	5,60	0,44	5		
OA-44	1,0	0,19		240	29	0,01	0,01	0,08	18	6,43	0,02	20		
Promedio	1,0 x 3	1,14		360	13	0,01	0,01	0,07	15,3	5,85	0,21	17		
Chip Muest.	1,0 x 1,0 x 5	1,01												Factor de dilución 30%
OA-45	1,0	0,84		280	19	0,01	0,01	0,07	12	5,65	0,09	18		

- Fallo
- Fractura o veta
- Diagenesis
- Diagenesis menor y estratificación
- Zona de cizalle
- Zona alterada y mineralizada (confirmada)
- Zona alterada y mineralizada (intendida)
- Area con alto contenido de cobre
- Acumulación de mineral de cobre
- Lavas andesíticas
- Partes tobáceas en volcánicas
-
- STL Silicificación
- qt Cuarzo
- chl Clorita
- ep Epidota
- cal Calcita o ceolita
- cly Arcilla
- bn Bornita
- gm-Cu Oxidos de cobre
- lim-gos Gossan limonítico.
- disa Diseminaciones
- F Fallo
- V Veta
- vit Venilla
- J Diagenesis
- Shd Zona de cizalle
- int Intervalo
- W Ancho
- X Valor estimado

Fig. II-7 MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DE LA MINA Nº.2 CURACAREL

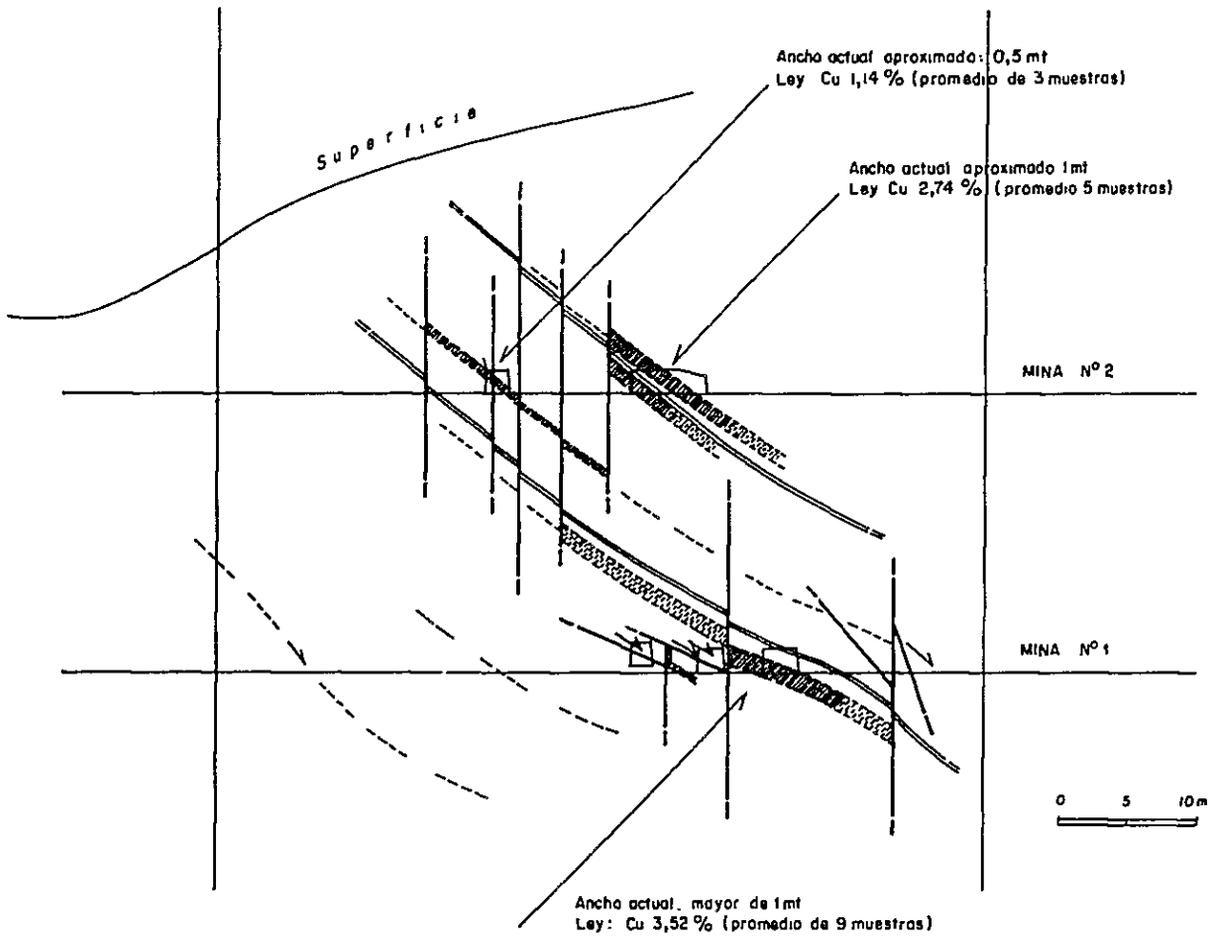
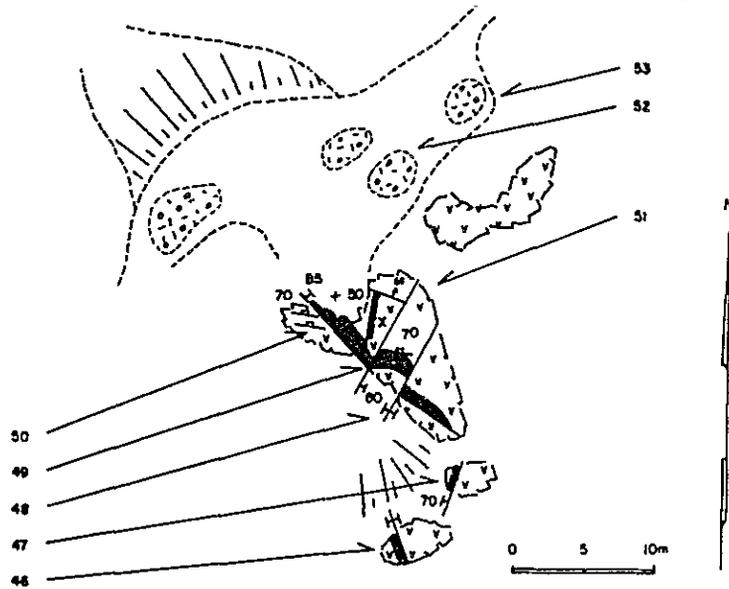


Fig. II - 8 SECCION GEOLOGICO DE LAS MINAS Nº .1 Y 2, CURACAREL
(Sección S-N)

Discripciones

Oxidos de cobre diseminados se encuentran en las partes silicificadas con aproximadamente 1 metro de potencia y desarrollo irregular en la direccion NNW. Una masa de bornita de 10 x 20 centímetros observa en una veta de cuarzo El túnel está derrumbado.



MUESTRA N°	LONG DE LA MUESTRA (m)	ANALISIS											OBSERVACIONES
		Cu TOT (%)	Cu SOL (%)	Au (ppb)	Ag (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Mn (%)	Mo (ppm)	Fe (%)	S (%)	As (ppm)	
OA-46	1,0	4,44	3,75	80	45	0,01	0,03	0,25	14	7,18	0,33	25	
OA-47	1,0	1,31	0,86	320	25	0,01	0,01	0,09	14	4,94	0,08	25	
OA-48	1,0	3,31	2,31	340	72	0,01	0,01	0,17	42	6,78	0,22	20	
OA-49	1,0	3,03	1,59	220	48	0,01	0,01	0,16	15	6,16	0,28	38	
OA-50	1,0	1,67	1,30	60	19	0,01	0,02	0,13	19	6,01	0,01	25	
Promedio	1,0 x 5	2,75	1,96	204	42	0,01	0,02	0,16	20,8	6,21	0,18	27	(71,3 %) ²
OA-51	0,2	30,90	1,43	40	314	0,03	0,01	0,06	19	7,21	5,61	5	masa de bn
OA-52	grab	5,26	2,62	140	88	0,01	0,01	0,12	22	5,41	1,01	20	pila
OA-53	grab.	3,44	2,23	300	54	0,01	0,01	0,13	15	6,07	0,33	30	"
Promedio	2	4,35	2,43	220	71	0,01	0,01	0,12	18,5	5,74	0,67	25	(55,9 %) ²

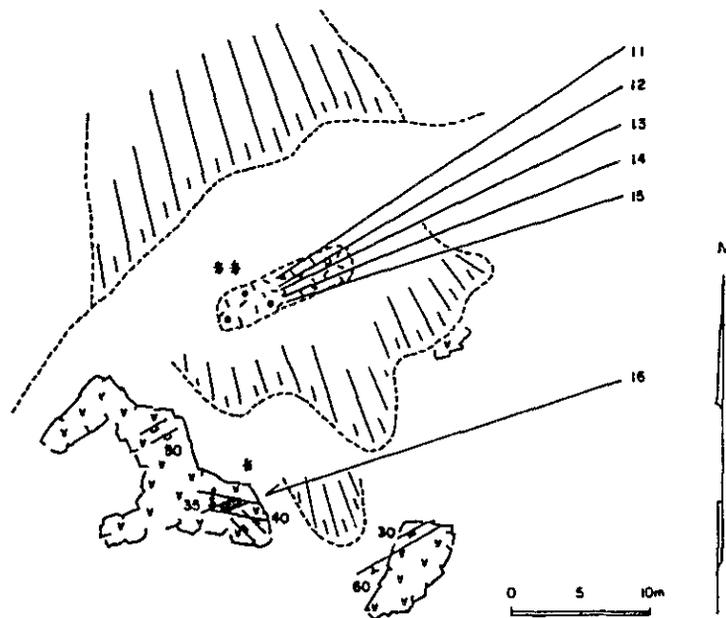
² Cobre soluble

Fig. II-9 MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO N° 3, SAN ANTONIO

Descripciones

En las zonas donde la epidota y sílice son alteraciones distintivas, óxidos de cobre se diseminan alrededor de las diaclasas.

Menas de cobre de cerca de 20 toneladas han sido apiladas con mineral del corte N°4 como probablemente también de otras labores.



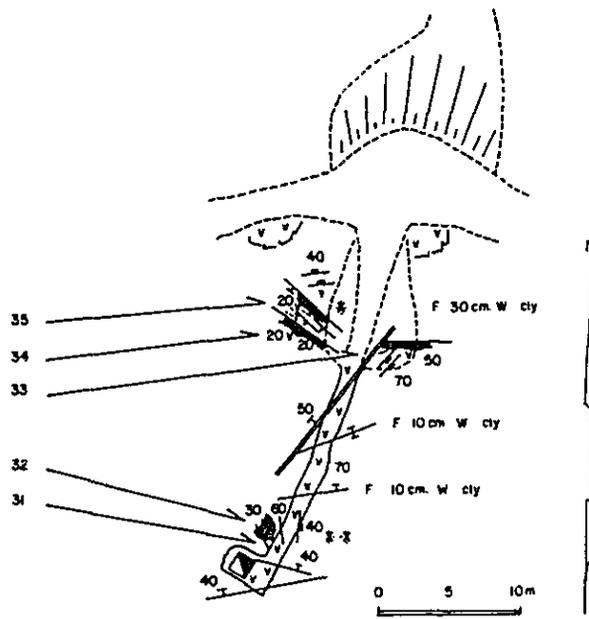
MUESTRA Nº	LONG DE LA MUESTRA (m)	ANÁLISIS											OBSERVACIONES
		Cu TOT. (%)	Cu SOL. (%)	Au (ppb)	Ag (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Mn (%)	Mo (ppm)	Fe (%)	S (%)	As (ppm)	
OA-11	grab	4,34	1,99	60	81	0,01	0,01	0,07	9	4,62	0,50	38	pila
OA-12	grab	5,40	4,05	1,100	80	0,01	0,02	0,09	15	5,24	0,31	75	"
OA-13	grab	5,40	4,22	220	72	0,01	0,01	0,09	17	5,96	0,34	30	"
OA-14	grab	5,04	2,36	2,500	73	0,01	0,01	0,12	16	5,91	0,68	38	"
OA-15	grab	3,14	2,47	80	39	0,01	0,01	0,12	16	6,12	0,13	95	"
promedio	5	4,66	3,02	792	69	0,01	0,01	0,10	14,6	5,57	0,39	55	
OA-16	0,5	1,39	0,84	40	22	0,06	0,01	0,08	22	5,38	0,13	25	

Fig. II-10 MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO N°. 4

Descripciones

Oxidos de cobre diseminados y gossans
limonítico son observados en las partes
silicificadas, a lo largo de pequeñas
diaclasas.

Oxidos de cobre diseminados alrededor
de la intersección de diaclasas N30°W/30°
y N10°W/160°, donde predominan
sílice y epidota

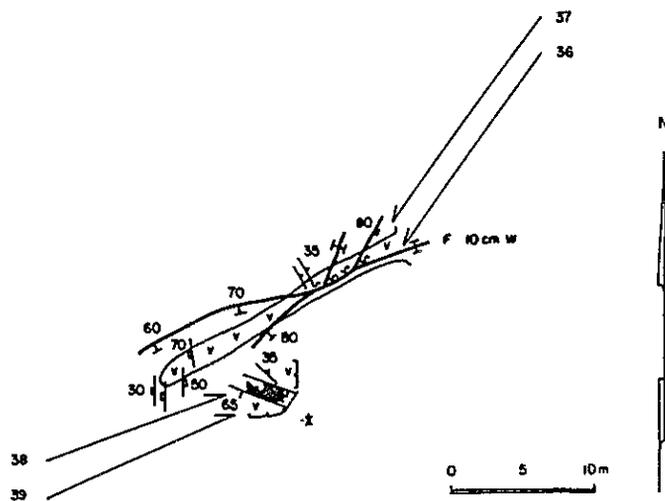


MUESTRA Nº	LONG DE LA MUESTRA (m)	ANÁLISIS											OBSERVACIONES
		Cu TOT (%)	Cu SOL (%)	Au (ppb)	Ag (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Mn (%)	Mo (ppm)	Fe (%)	S (%)	As (ppm)	
0A-31	0,8	0,33		400	1,6	0,01	0,03	0,33	14	9,88	0,03	28	
0A-32	0,8	0,45		40	0,6	0,01	0,01	0,25	17	8,78	0,12	63	
0A-33	0,5	0,34		300	24	0,01	0,03	0,29	21	8,41	0,01	25	
0A-34	0,5	0,35		220	5	0,01	0,01	0,28	24	9,50	0,02	63	
0A-35	0,5	1,21	0,85	1.800	92	0,02	0,02	0,27	28	7,90	0,11	30	

Fig. II-11 MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO Nº. 6

Descripciones

En el túnel no se encuentran partes mineralizadas, pero en los afloramientos se observan óxidos de cobre diseminados y gossans limonítico

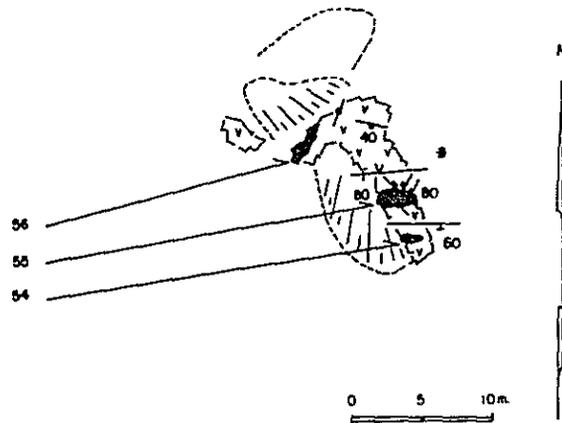


MUESTRA Nº	LONG DE LA MUESTRA (m)	ANÁLISIS											OBSERVACIONES
		Cu TOT (%)	Cu SOL (%)	Au (ppb)	Ag (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Mn (%)	Mo (ppm)	Fe (%)	S (%)	As (ppm)	
OA-36	1,0	0,09		40	0,2	0,01	0,01	0,12	17	5,86	0,01	45	
OA-37	1,0	0,02		40	0,2	0,01	0,01	0,11	9	7,87	0,01	25	
OA-38	0,5	1,68	1,31	320	27	0,01	0,01	0,06	21	3,95	0,01	45	
OA-39	0,5	1,33	0,73	120	13	0,01	0,01	0,07	16	5,96	0,27	40	

Fig. II-12 MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO Nº. 7

Descripciones

Oxidos de cobre diseminados se observaron en las partes silicificadas alrededor de diaclasas verticales



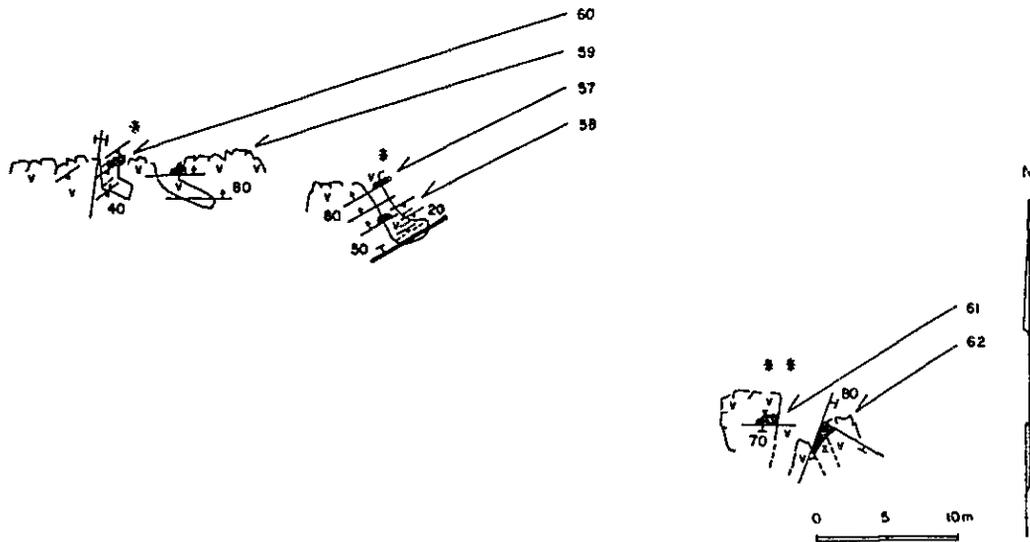
MUESTRA Nº	LONG DE LA MUESTRA (m)	ANÁLISIS											OBSERVACIONES
		Cu TOT (%)	Cu SOL (%)	Au (ppb)	Ag (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Mn (%)	Mo (ppm)	Fe (%)	S (%)	As (ppm)	
OA-54	0,5	2,14	1,75	160	18	0,01	0,01	0,11	18	6,43	0,08	50	(81,8 %) [‡]
OA-55	0,5	3,61	1,36	40	28	0,01	0,01	0,10	13	5,48	0,63	20	(37,7 %) [‡]
OA-56	0,5	0,98	(0,59) ^{**}	140	10	0,01	0,02	0,10	21	6,37	0,05	50	(59,8 %) [‡]
Promedio	0,5 x 3	2,24	1,23	113	19	0,01	0,01	0,10	17,3	6,09	0,25	40	(59,9 %) [‡]

[‡]Cobre Soluble
^{**}Valor estimado

Fig. II-13 MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO Nº. 8

Descripciones

Se observa óxidos de cobre diseminado en un ancho de 20 a 40 cm a lo largo de fracturas de rumbo E-W y de pequeños diaclasas que parecen ser concordante con la estratificación.



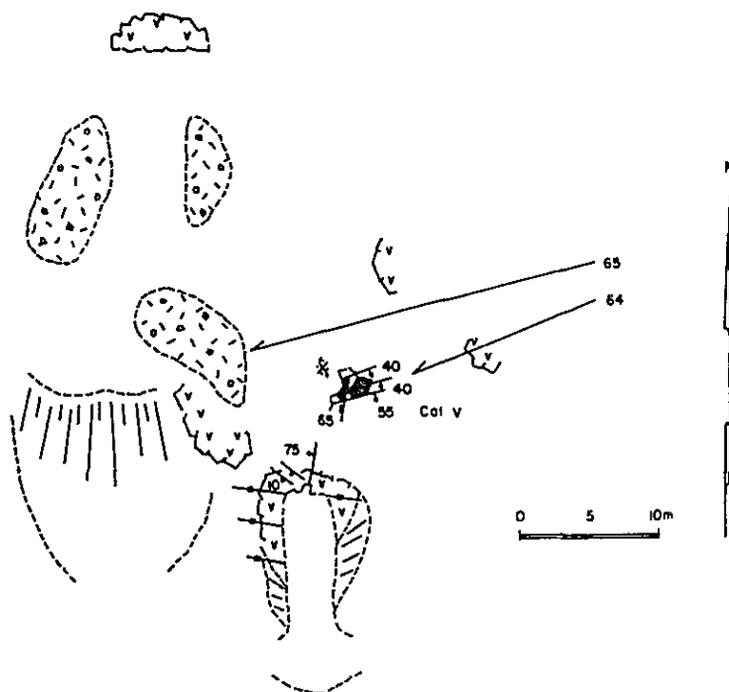
MUESTRA Nº	LONG DE LA MUESTRA (m)	ANALISIS											OBSERVACIONES
		Cu TOT (%)	Cu SOL (%)	Au (ppb)	Ag (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Mn (%)	Mo (ppm)	Fe (%)	S (%)	As (ppm)	
OA-57	0,3	0,28		60	3,7	0,01	0,01	0,04	19	3,87	0,18	50	
OA-58	0,2	0,12		40	0,8	0,01	0,01	0,08	6	4,71	0,02	5	
OA-59	0,2	0,14		40	0,8	0,01	0,01	0,06	19	3,63	0,10	5	
OA-60	0,4	1,72	0,24	520	10	0,01	0,01	0,05	49	5,52	1,49	5	
OA-61	0,5	4,13	0,92	240	15	0,01	0,01	0,04	12	7,76	2,67	5	
OA-62	1,0	0,89		220	20	0,01	0,01	0,09	14	5,14	0,05	5	

Fig. II-14 MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DE LOS LABOREOS Nº. 9 Y 10

Descripciones

Gossans limonítico y disseminación con óxidos de cobre son visto a lo largo de zonas silicificadas con epidota menores que 1 metro de espesor

Las partes alteradas y mineralizadas están cortadas por vetillas de calcita



MUESTRA Nº	LONG DE LA MUESTRA (m)	ANALISIS											OBSERVACIONES
		Cu TOT (%)	Cu SOL (%)	Au (ppb)	Ag (ppm)	Pb (%)	Zn (%)	Mn (%)	Mo (ppm)	Fe (%)	S (%)	As (ppm)	
OA-64	0,5	1,84	0,97	40	23	0,01	0,02	0,20	6	7,17	0,30	23	
OA-65	grab	2,95	1,60	100	46	0,01	0,01	0,17	13	8,32	0,54	46	pila

Fig. II-15 MAPA GEOLOGICO Y MUESTREO DEL LABOREO N°.11 AGUILA

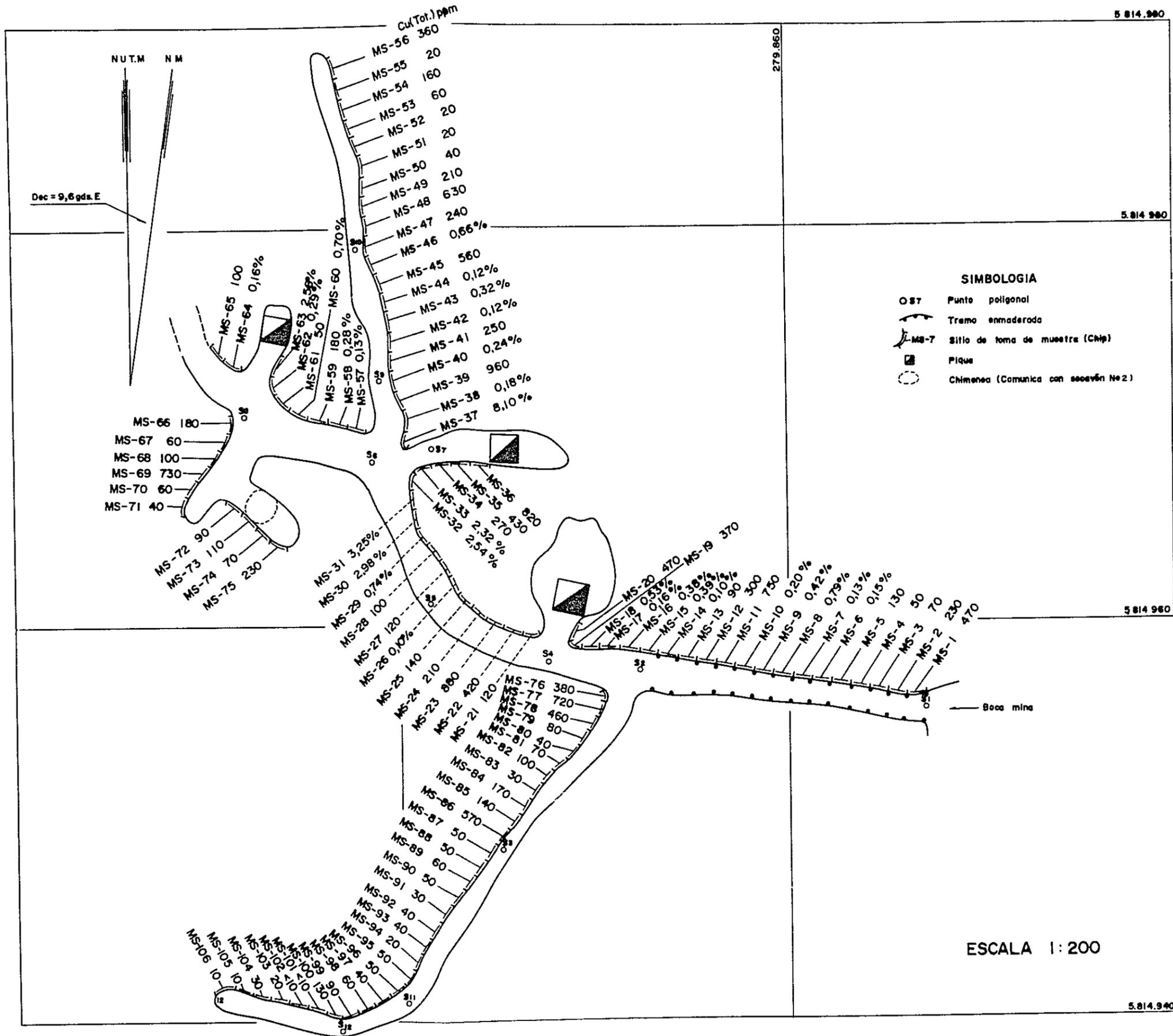


Fig. II-16 MAPA DE MUESTREO DE LA MINA Nº1, CURACAREL

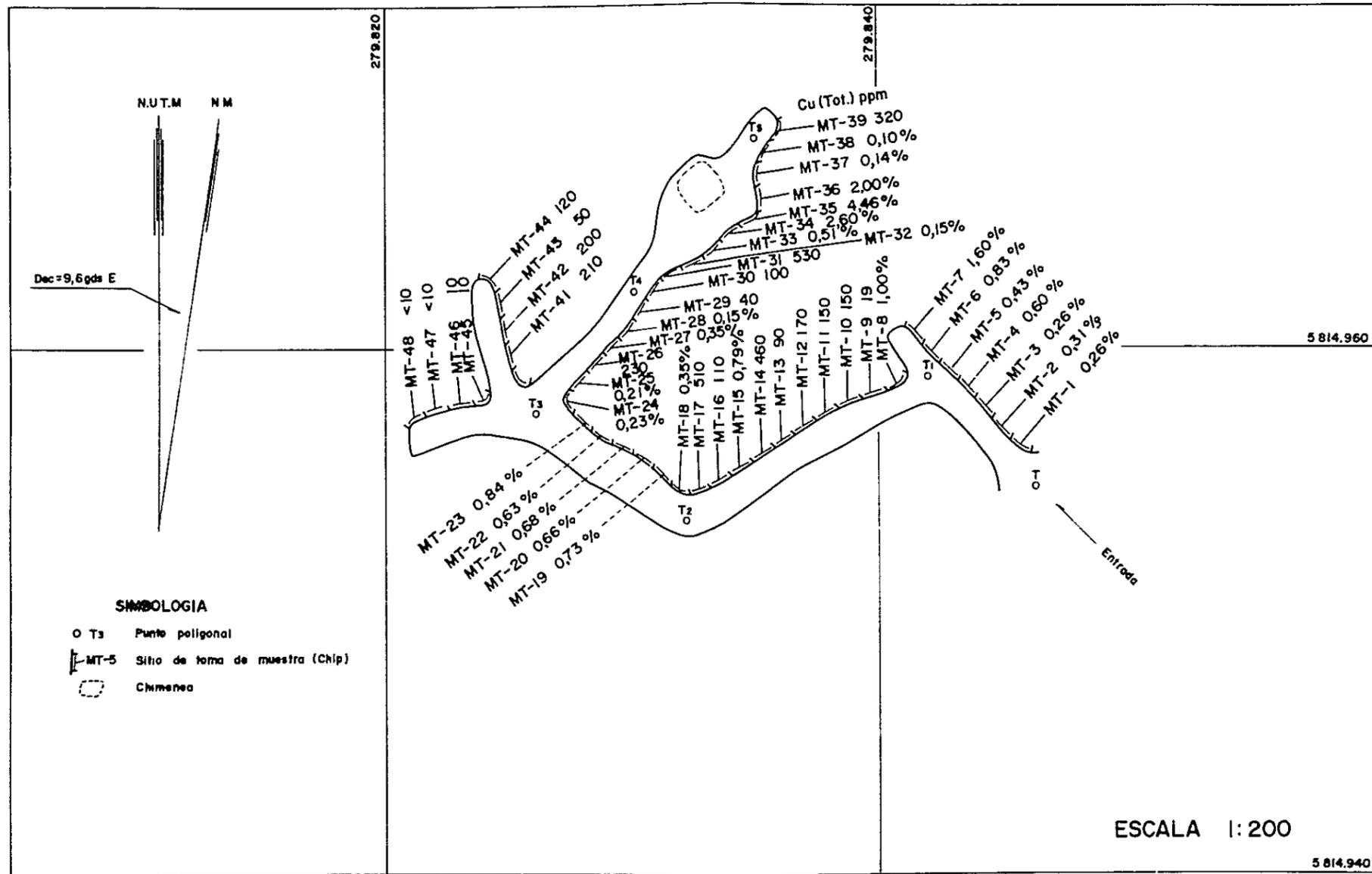


Fig. II-17 MAPA DE MUESTREO DE LA MINA N°2, CURACAREL

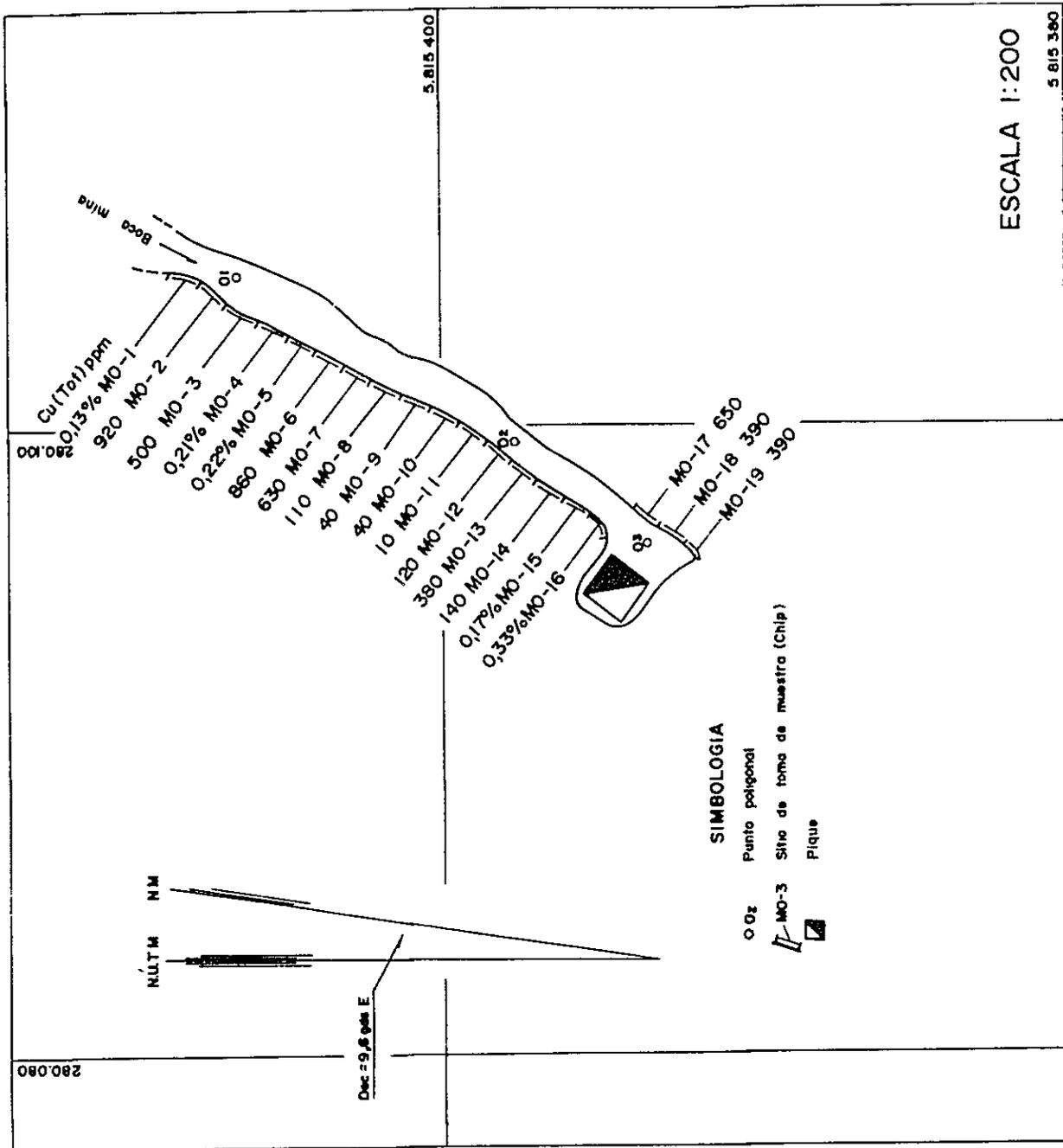


Fig. II-18 MAPA DE MUESTREO DEL LABOREO N°6, CURACAREL

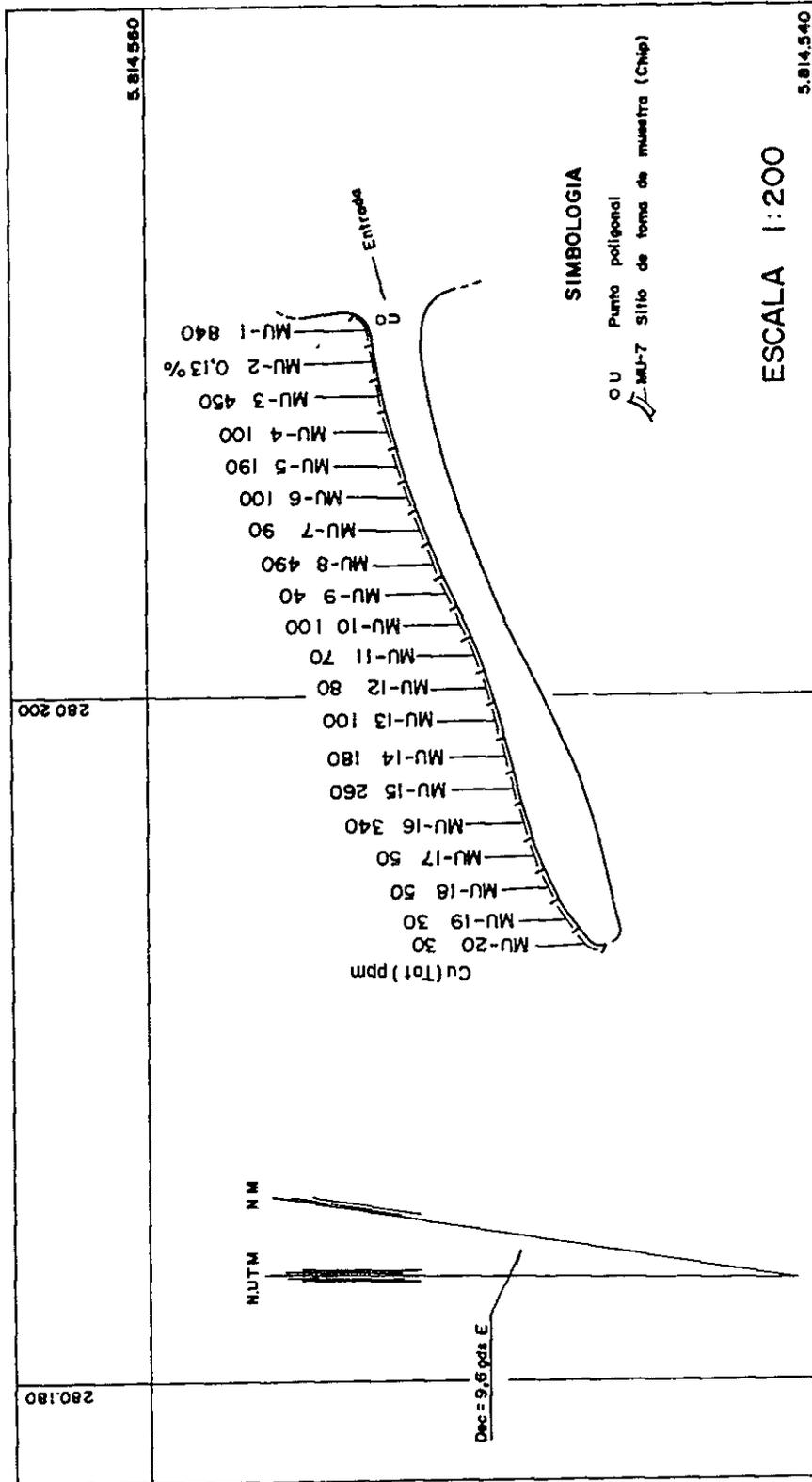


Fig. II-19 MAPA DE MUESTREO DEL LABOREO N° 7, CURACAREL

Capítulo 4. Geoquímica

4.1. Generalidades

Para complementar la exploración geológica de detalle, a escala 1:10.000, del área circundante a la mina Curacarel, se efectuaron dos tipos de muestreo geoquímico.

- 1) muestreo de sedimentos fluviales y análisis de multielementos.
- 2) muestreo de suelos en un área de 4 km² alrededor de la mina Curacarel.

El muestreo de detalle con sedimentos fluviales fue integrado a la prospección geoquímica regional a escala 1:50.000, por lo cual el área adyacente a la mina Curacarel presenta una mayor densidad de muestreo.

El muestreo de suelos fue proyectado según una cuadrícula orientada norte-sur que corta perpendicularmente la estratificación y por lo tanto a la dirección de la mineralización mantiforme observada en la mina.

4.2. Recoleccion de muestras

Las muestras de suelos fueron obtenidas en una cuadrícula de 4 km², con perfiles cada 250 m y puntos de muestreo cada 50 m, que abarcaba los alrededores de la mina Curacarel. Las muestras fueron extraídas mediante un taladro manual, de aproximadamente 500 cc de capacidad, en el contacto del suelo con la roca. La profundidad máxima de muestreo alcanzó a los 0,70 m con un promedio de 0,40 m.

4.3. Análisis de las muestras

La marcha analítica seguida es la misma explicada en el Capítulo 3, Sección II-II ("Geoquímica del Area del Rio Queuco").

4.4. Tratamiento estadístico de los datos.

Los resultados de los análisis de los elementos cobre, zinc, manganeso y molibdeno del muestreo en la cuadrícula Curacarel fueron procesados mediante el programa GESTAD (Capítulo 3, parte II-II). Los elementos plomo, plata y arsénico no fueron tratados por lo bajos contenidos presentes, próximos o menores que el límite de detección aceptado.

Para visualizar el modo de distribución del cobre, se llevaron a una figura (Fig. II-20) los valores de cobre comprendidos entre la $\bar{M} \pm 1S$ y $\bar{M} \pm 2S$, entre la $\bar{M} \pm 2S$ y la $\bar{M} \pm 3S$ y aquellos valores superiores a la $\bar{M} \pm 3S$.

4.5. Resultados y discusión.

Del análisis estadístico de los contenidos de Cu, Zn, Mn, Mo de las muestras de sedimentos se deduce que todos los elementos presentan gran dispersión y baja correlación por lo cual no configuran anomalías sino constituyen puntos aislados con valores altos. Este hecho es explicado por las numerosas vetillas con óxido de cobre aislados que se visualizan en el área de la cuadrícula. Parte de los valores anómalos puede ser explicado también por la contaminación producida en el escombros de falda por las pilas de mineral acopiado.

El análisis por elemento señala lo siguiente:

- 1) Cobre. La media por cobre en la población tamizada es 56,74 ppm y la desviación standard 32,34. Se detectan 3 muestras con valores superiores que la $\bar{M} + 3S$ en la población no tamizada; estas muestras con valores superiores a 3.200 ppm (0,32%), provienen de lugares próximos a antiguos laboreos mineros. La distribución de los valores anómalos de cobre está indicada en la Fig. II-20. La correlación del cobre con todos los elementos es mala.

- 2) Zinc. La media para el zinc en la población tamizada es 63,59 ppm y la desviación standard 18,61. Se determinan 4 muestras con valores anómalos ($> \bar{M} + 3S$, población tamizada). La correlación con el cobre y molibdeno es mala y medianamente buena con el manganeso.
- 3) Manganeso. La media para el manganeso en la población tamizada es 179,58 ppm y la desviación standard 327,00. Se detectaron 2 muestras anómalas ($> \bar{M} + 3S$), sin relación con los otros elementos. Su correlación con el cobre y molibdeno es mala y medianamente buena con el zinc.
- 4) Molibdeno. La media para el molibdeno es 1,93 ppm y la desviación standard 0,75. Solo una muestra fue considerada errática (6 ppm). La correlación del molibdeno con todos los elementos analizados es mala.

De los tres elementos restantes (Pb-Ag-As), solo una muestra tiene un alto en plomo (1.710ppm) y en plata (7,6 ppm), esta misma muestra presenta un alto contenido de cobre (0,37%), constituyendo así la única anomalía puntual del área.

Tab. II-5 ESTADISGRAFOS BASICOS DEL MUESTREO
DE SUELOS DE LA MINA CURACAREL

(Población Tamizada)

Elemento	Media ppm	Desviación Standard	$\bar{M} + 1S$ ppm	$\bar{M} + 2S$ ppm	$\bar{M} + 3S$ ppm	Skew	Kurtosis
Cu	56,76	32,35	89,08	121,44	153,78	2,72	10,25
Zn	63,58	18,61	82,20	100,82	119,44	1,84	5,09
Mn	1179,58	327,00	1506,58	1833,59	2160,59	0,89	1,20
Mo	1,92	0,75	2,68	3,436	4,19	0,19	-0,29

Tab. II-6 MUESTRAS ANOMALAS DEL MUESTREO
DE SUELOS DE LA MINA CURACAREL

(Población Tamizada)

Muestra	Cu	Zn	Mn	Mo
4		*		
10				*
11	**			*
12				*
13		**		
19		***		
21	**		*	
23		**	*	
24		**		
25		**		
27		*		
32	**	*		
40		*		
44	**			
45			**	
66			**	
83			*	
87			*	
167			*	
137	*			
138	**			
167	**			
172			*	

* Muestra entre $\bar{M} + 2S$ y $\bar{M} + 3S$

** Muestra mayor que $\bar{M} + 3S$

Tab. II-7 MATRIZ DE CORRELACION

(MUESTRAS DE SUELOS DE LA MINA CURACAREL)

	Cu	Zn	Mn	Mo
Cu	0,0	2,29	2,08	2,68
Zn	2,29	0,00	6,33	3,39
Mn	2,08	6,39	0,00	4,20
Mo	2,68	3,39	4,20	0,0

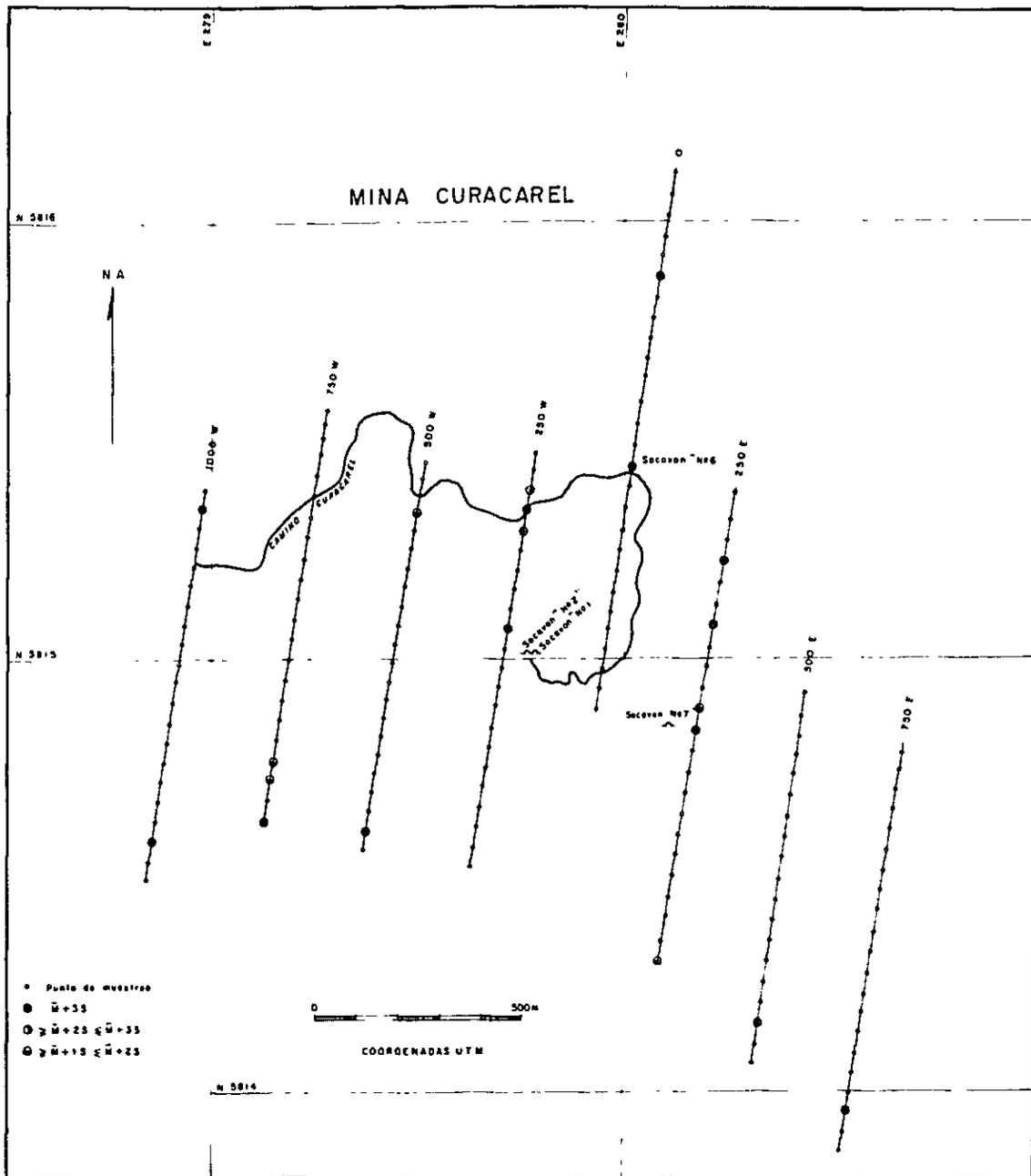


Fig. II-20 DISTRIBUCION DE LOS VALORES DE COBRE EN SUELOS

Capítulo 5. Conclusiones

Como resultado del reconocimiento detallado se ha constatado que todas las indicaciones de mineralización y alteración en el área de Curacarel son pequeñas, locales y débiles, carentes de potencialidad.

Las conclusiones del levantamiento geoquímico son también negativas, aunque algunas zonas con contenidos altos de cobre, relacionados con desmontes o pilas de mineral, fueron detectados.

De lo anterior se deduce que es innecesario continuar con otros trabajos en el área de Curacarel.

PARTE III
GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DEL AREA
DE SIERRA NEVADA

III-I. GENERALIDADES

Capítulo I. Antecedentes sobre el Area Sierra Nevada.

El área Sierra Nevada, que comprende el cuadrángulo homónimo, ha sido objeto de numerosos estudios puntuales por parte del IIG con el objeto de mejorar el conocimiento sobre el prospecto cuprífero Galletué, emplazado en granitoides que afloran próximo a la ribera sur del lago Galletué. Estos estudios han abarcado el levantamiento geológico de detalle; el estudio geoquímico mediante sedimentos y suelos y la exploración geofísica (polarización inducida, magnetometría y radiometría). Los resultados obtenidos han permitido delimitar una zona con alteración hidrotermal y mineralización epigena de cobre a la cual se asocian anomalías IP, magnéticas y geoquímicas.

En el área del río Pedregoso se han detectado anomalías geoquímicas de zinc y molibdeno conjuntamente con concentraciones económicas de oro tipo placeres. Todos estos antecedentes hacen que el área de Sierra Nevada tenga interés prospectivo.

Capítulo 2. Geografía

2.1. Ubicación

El cuadrángulo Sierra Nevada, se ubica en la Cordillera de Los Andes del sur de Chile (Fig. 1), en las nacientes del río Bío-Bío, siendo sus coordenadas geográficas límites los 38°30' y 38°45' lat. S y 71°15' y 71°45' long. W., abarcando una superficie total de 600 km².

De acuerdo a la división administrativa del país, se encuentra en la Provincia de Malleco, IX Región de Chile.

2.2. Topografía

En la zona sur del país se mantienen las unidades morfológicas mayores que se reconocen en gran parte del territorio, es decir, la Cordillera de la Costa, el valle Central y la Cordillera de Los Andes.

En el área de las nacientes del Bío-Bío, se han definido para la cadena andina los siguientes sub-unidades (Sandoval, 1978): 1) Cordillera de Las Raices, 2) Cordillera de Litrancura, 3) Cordilleras aisladas del Bío-Bío.

En el cuadrángulo Sierra Nevada se encuentran presentes las dos primeras sub-unidades constituídas por montañas y cordones de cerros como la Cordillera de Las Raices que alcanza 2.100 m.s.n.m., la Cordillera de Litrancura 2.070 m.s.n.m., la Cordillera de Lolén 2.093 m.s.n.m., la Cordillera de Los Truenos 1.950 m.s.n.m., Cordón del Paule 1.945 m.s.n.m., Cordón de Pacunto 1.906 m.s.n.m. Estas cordilleras están separadas entre sí por valles, por los cuales corren ríos como el Río Lonquimay y el Río Punta Negra, que se desplazan aproximadamente a 900 m.s.n.m. en el sector NW del cuadrángulo.

Los valles por los que fluyen los ríos que drenan el sector SE, tienen cotas mínimas algo mayores, y además un nivel de base local a 1.150 m.s.n.m. constituido por la Laguna de Galletué. En este caso se encuentran el Valle del Río Zanueco y el Río Quinquén con altura mínima 1.182 m.s.n.m. y el valle del Río Trufquenilahue a 1.155 m.s.n.m.

2.3. Clima y vegetación

En las nacientes del Bío-Bío, las condiciones climáticas muestran variaciones en la temperatura con una media mensual en invierno de 7°C y 19°C de temperatura media mensual en verano.

Las precipitaciones medias anuales fluctúan entre 1.500 y 2.000 mm de agua con límites máximos de 942 y 3.394 mm. Estas precipitaciones se producen durante todo el año pero desde abril a septiembre se registra una concentración de las mismas del orden del 70%.

El clima de la región ha sido definido como clima frío de altura con alto porcentaje de precipitaciones en forma de nieve (Devyinck, 1970).

El bosque natural está constituido por pino araucaria (*Araucaria araucana*), lenga (*Nothofagus pumilio*), rauli (*Nothofagus oblicua*), roble (*Nothofagus Alpina*).

El soto bosque está constituido por ñirre (*Nothofagus antartica*) y quila (*Chusquea colen*).

La vegetación es frecuentemente muy densa, a pesar de la intensa explotación maderera y llega hasta los 1.800 a 2.000 m.s.n.m. dependiendo de la disponibilidad de agua.

La vegetación frecuentemente termina hacia las partes superiores con pino araucaria enano (de 2 a 3 m de altura) adaptado a las condiciones climáticas.

2.4. Acceso

El acceso al área de trabajo puede efectuarse en primer término a través de un camino que conecta la ciudad de Victoria (junto a la Ruta 5) con Curacautín-Malalcahuello-Lonquimay-Galletué. La distancia a recorrer es 170 km de los cuales están pavimentados los primeros 20 km la mayor parte del resto es ripiado.

Las condiciones climáticas entre los meses de marzo a septiembre, especialmente las precipitaciones de nieve, interrumpen con frecuencia el camino entre Malalcahuello y Lonquimay (en la cuesta de Las Raíces) y entre Lonquimay y Galletué (en la cuesta de La Fusta).

Durante estos períodos de interrupción de tránsito a través de la Cuesta de Las Raíces, los vehículos deben ser embarcados en ferrocarril entre Malalcahuello y Sierra Nevada para atravesar la cordillera por un túnel.

Desde Sierra Nevada se puede llegar, después de 4 km por la ruta R-891, hasta el camino que une Lonquimay con Galletué.

En segundo término puede utilizarse la vía Temuco-Pitrufquén-Cunco-Melipeuco-Icalma-Galletué. La distancia a recorrer es 150 km aproximadamente por un camino ripiado en regulares condiciones.

Este camino se interrumpe entre los meses de mayo y septiembre a causa de las precipitaciones de nieve en el tramo entre Cunco e Icalma.

2.5. Recursos naturales

En la zona del Alto Bío-Bío, existen importantes recursos en madera, agua y alimentación susceptibles de ser utilizados.

Los recursos en madera, que pueden obtenerse de los bosques naturales, los que si bien han sido explotados intensamente, mantienen cuantiosas reservas

y una infraestructura de explotación que puede aprovecharse.

Los recursos hídricos provienen de las precipitaciones de lluvia y nieve, retenidas parcialmente en lagunas cercanas como la de Galletué e Icalma, asegurando volúmenes considerables de agua disponibles en toda época.

La población en el área del cuadrángulo Sierra Nevada se encuentra irregularmente distribuida en pequeños centros poblados con menos de 500 habitantes tales como Sierra Nevada, Pedregoso, Quinquén, en los que pueden encontrarse una buena disponibilidad de mano de obra.

El centro poblado de importancia más próximo al cuadrángulo es Lonquimay, ciudad de casi 5.000 habitantes, que puede constituir un centro aceptable de apoyo logístico y de comunicaciones.

Capítulo 3. Método de Trabajo

El método de trabajo siguió la siguiente secuencia general:

1. Estudio de las imágenes LANDSAT entre las latitudes $38^{\circ}30'$ y $38^{\circ}45'$ lat. S y $71^{\circ}15'$ y $71^{\circ}45'$ long. W., a) en blanco y negro, b) en color compuesto, c) en imágenes compuestas con color aditivo.
2. Fotogeología de la misma área, con foto del Proyecto Aerofotogramétrico de Chile, 1961, a escala 1:50.000 aproximadamente.
3. Levantamiento geológico y geoquímico regional a escala 1:50.000, con la base topográfica de la hoja Sierra Nevada del I.G.M. a la misma escala.
4. Levantamiento geológico de detalle a escala 1:10.000 en un área que abarca 26 km^2 alrededor del prospecto Galletué.

Las muestras colectadas fueron estudiadas en los laboratorios del IIG por los métodos tradicionales de química analítica, microscopía de secciones transparentes y pulidos y difracción de rayos-X.

5. Procesamiento de toda la información obtenida y elaboración del presente informe.

III-II. GEOLOGIA Y GEOQUIMICA REGIONAL

Capítulo 1. Geología

1.1. Generalidades

En el área del cuadrángulo Sierra Nevada afloran rocas cuya edad está comprendida entre el Paleozoico (?) y el Cuaternario.

Las rocas más antiguas corresponden a gneises miloníticos asignados en forma preliminar al Paleozoico.

Las rocas estratificadas corresponden a una secuencia sedimentaria-volcánica cuya edad varía entre el Jurásico Superior y el Cuaternario. En ella se distinguen las siguientes unidades:

Formación Pacunto ; correspondiente a una serie volcánica-sedimentaria del Jurásico Medio-Superior.

Formación Abanico ; correspondiente a una serie volcánica-andesítica del Cretácico.

Formación Pedregoso ; correspondiente a una serie eocena de depósitos lagunares y piroclásticos.

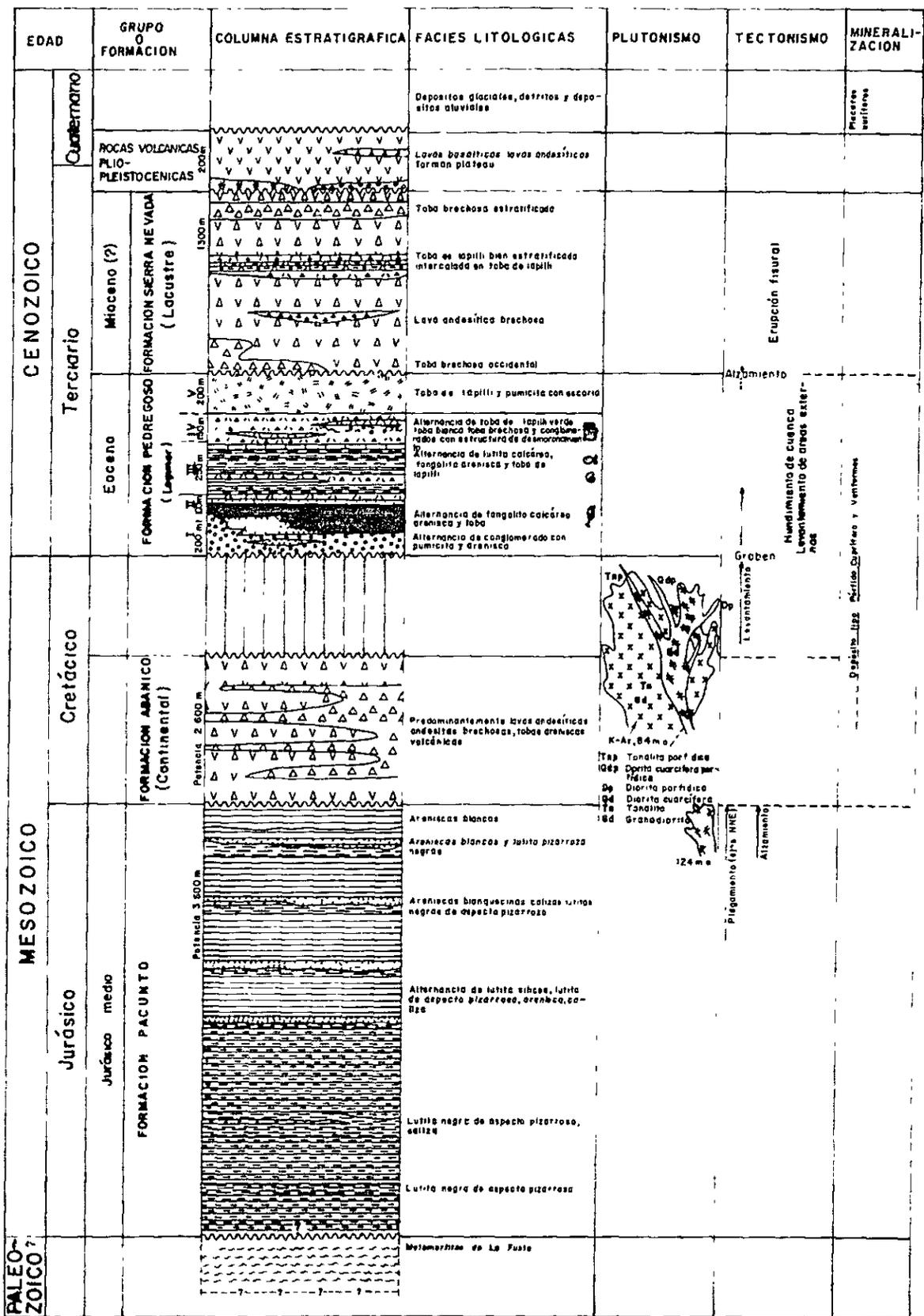
Formación Sierra Nevada ; correspondiente a una serie volcánica andesítica asignada al Mioceno.

Una serie de volcanitas continentales plio-pleistocénicas.

Depósitos sedimentarios del Cuaternario.

Las rocas plutónicas corresponden predominantemente a tonalitas y granodioritas, las cuales forman un batolito y dioritas cuarcíferas y dioritas constituyendo stocks. Asociados a este plutonismo se presentan cuerpos hipabisales menores de la misma composición.

Tab. III-1 COLUMNA ESTRATIGRAFICA INTEGRADA DEL AREA SIERRA NEVADA



Se observan digues cuya composición varía entre basalto y riolita.

La orientación estructural predominante en el área es de orientación NE a NNE, subordinadamente se observan orientaciones NW y NS.

1.2. Estratigrafía y litología

1) Metamorfitas de la Fusta (Paleozoico?)

Esta unidad de rocas metamórficas, aflora en la ladera oriental del valle del río Lonquimay en el sector de la Fusta, ubicado aproximadamente a 500 m aguas abajo de la confluencia con el estero El Porfiado, en un pequeño sector de afloramientos elongado en dirección NS y que ocupa una superficie aproximada de 0,5 km²

Estas rocas metamórficas aparecen intruídas por una tonalita perteneciente al Batolito Galletué (Cretácico Superior) en sus bordes norte, sur y este. En su borde occidental son cubiertos por depósitos aluviales del río Lonquimay.

(1) Litología de las metamorfitas de La Fusta.- Litológicamente corresponden predominantemente a rocas masivas de color gris, en las cuales se observa un bandeamiento, dado por la orientación de minerales máficos, que les imprime la característica de gneisses de grano fino. Subordinadamente y distribuídos en forma irregular, se presentan pequeños núcleos de esquistos micáceos de color gris oscuro, con bandas claras de segregación de cuarzo, los cuales presentan una foliación mal definida y estructura de micropliegues.

El tipo litológico predominante presenta al microscopio cristáles de plagioclasa que alcanzan a 2 mm de tamaño, con contornos subhedrales o irregulares y zonación normal. Estos cristales frecuentemente aparecen rodeados por un mosaico de pequeños cristales de cuarzo, biotita, plagioclasa, escasa

ortoclasa, minerales opacos, y epidota. Se observan además algunos cristales anhedrales de hornblenda y clorita, reemplazando parcialmente a la biotita y anfíbola.

Los cristales de plagioclasa zonada y los de hornblenda corresponden aparentemente a minerales relictos de la roca original, los cuales aparecen rodeados por minerales resultantes de una recrystalización cristaloblástica.

En base a las características texturales de estas rocas metamórficas, ellas pueden ser clasificadas como gneisses miloníticos de acuerdo a la clasificación de Higgins (1971), siendo resultantes de un metamorfismo dinámico en el que se combinaron los procesos cataclásticos y cristaloblásticos, el cual afectó a rocas plutónicas posiblemente de composición tonalítica.

Los esquistos, presentes en pequeños núcleos irregularmente distribuidos entre los gneisses miloníticos, presentan al microscopio una textura de mosaico y su composición mineralógica, en orden de abundancia, corresponde a cuarzo, biotita, plagioclasa y escasos minerales opacos. El origen de estos esquistos micáceos es poco claro, sin embargo, es probable que ellos representan núcleos totalmente recrystalizados dentro de los gneisses miloníticos y que esta recrystalización haya favorecido la formación de la estructura de micropliegues observadas en ellos.

(2) Estructura de las metamorfitas de La Fusta.- Las rocas metamórficas aflorantes en el sector de La Fusta constituyen un "roof-pondant" en la tonalita del Batolito de Galletué, con la cual se observa un contacto nítido y efectos de silicificación y piritización. En las rocas gneissicas se observa un bandeamiento que insinúa una foliación con rumbo y manteo N15°E/45°W y los micropliegues de los esquistos presentan planos axiales con rumbo y manteo N30°W/50°W.

Sin embargo la significación de estos valores locales en un roof-*pendant* de reducidas dimensiones no puede ser determinado.

(3) Edad de las metamorfitas de La Fusta.- Estas rocas metamórficas constituyen un roof-*pendant* en el Batolito de Galletué, cuya edad, determinada radiométricamente por el método potasio-argón, es Cretácico Superior, este hecho permite determinar una edad mínima para esta unidad. Por otra parte, en ningún sector del área se observan fenómenos de metamorfismo dinámico que afecten a la serie sedimentaria del Jurásico Medio-Superior, lo cual permite suponer que este fenómeno ocurrió con anterioridad.

En base a lo expuesto y en forma tentativa estas rocas son asignadas al Paleozoico.

2) Formación Pacunto (Dogger-Caloviano)

(1) Definición y relaciones estratigráficas.

Se propone el nombre de Formación Pacunto para denominar a un conjunto de rocas sedimentarias de origen marino con un espesor mayor de 3.600 m que afloran típicamente entre la Cordillera Lonquimay y el Cordón de Quillen, en el sector norte del Cuadrángulo Sierra Nevada.

La base de esta unidad no aflora en el área, puesto que ella aparece intruída por el batolito de Galletué y su techo corresponde a la discordancia de erosión con la serie volcánica andesítica cretácica (Formación Abanico).

(2) Distribución y litología

Los afloramientos de rocas pertenecientes a esta unidad se presentan en un amplio sector en la parte norte del área. Este sector limita por el oeste con el Río Lonquimay, por el este con el estero Quilmahue, por el sur con el

estero Cajón Chico y hacia el norte los afloramientos continúan aproximadamente 6 km más allá del límite septentrional del área, de acuerdo a Burekhardt (1900).

Otros afloramientos se presentan en tres roof-pendants presentes en el sector sur del área, dentro del Batolito de Galletué. El primero de ellos se ubica en el Cerro Los Prados, tiene una forma elongada en dirección N-S, con una superficie aproximada de 1,5 km². Otro aparece en los cerros Mallín del Toro y tiene una superficie aproximada de 4 km². El último aparece en el Cordón Los Morrillos y tiene aproximadamente 4 km².

Esta formación está constituida predominantemente por una alternancia rítmica de lutitas silíceas de color gris oscuro con intercalaciones de lutitas pizarrosas grises, areniscas blanquiscas y calizas grises. Esta unidad, observada a la distancia, presenta un color rojo característico. En detalle, se observa en fractura fresca, una fina diseminación de pirrotita y en las fracturas depósitos de limonitas que son los responsables de la coloración rojiza. Esta alternancia rítmica aparece muy bien estratificada, predominantemente en capas con un espesor menor de 10 cm, y los fósiles son escasos. Las lutitas pizarrosas y capas de calizas continúan bien a lo largo del rumbo, constituyendo excelentes capas guías que permiten determinar el plegamiento que afecta a esta unidad.

Las lutitas silíceas constituyen el tipo litológico predominante en esta formación y se presentan en la parte baja y alta de la secuencia, su color es gris oscuro a gris medio, presentan estratificación rítmica, alternando capas oscuras y claras, y una fina laminación paralela. El espesor de las capas varía desde la observación microscópica hasta 50 cm. Los granos constituyentes de estas rocas alcanzan un tamaño máximo de arena fina y el cemento

corresponde a sílice o materiales arcillosos.

De acuerdo a las características litológicas y a la estructura primaria de estas rocas ellas corresponderían a un tipo de laminitas.

En estas rocas se presenta una débil diseminación de pirrotita, la cual es de amplia distribución en el área. En algunos sectores la diseminación bandeada de pirrotita en forma paralela parece ser de origen singenético; sin embargo, la observación microscópica de cortes pulidos permite comprobar que esta diseminación es en realidad de origen epigenético.

Cerca del contacto con el cuerpo intrusivo del Río Pacunto (descrito más adelante) estas rocas presentan una diseminación de cristales aciculares de andalucita, producto del metamorfismo de contacto.

Las lutitas síliceas incluyen un pequeño porcentaje de granos de cuarzo, plagioclasa, biotita y opacos, con un tamaño medio de 0,1 mm. Los granos de cuarzo y plagioclasa muestran buena selección, pero escaso redondeamiento. Los de biotita y opacos son de origen secundario.

La observación microscópica permite comprobar que los granos en las lutitas síliceas presentan gradación; la gradación mínima ocurre en un espesor de 2 mm.

Estas facies litológicas constituyen una unidad rítmica con las intercalaciones de lutitas pizarrosas y areniscas.

Se presentan seis horizontes de lutitas pizarrosas, las cuales aparecen muy bien estratificadas, son fisibles y tienen una débil esquistocidad paralela a los planos de estratificación, los cuales presentan frecuentemente materia carbonosa finamente diseminada en forma de láminas. Esta materia carbonosa aparece reemplazada en parte por sulfuros de hierro, tal como se observa en

el estero Cajón Chico; en este lugar la disseminación de sulfuro de hierro se produjo a través del clivaje y en algunos casos aparece como una fina película.

La base de las intercalaciones de lutitas pizarrosas corresponde a una transición gradual desde las lutitas silíceas y en su techo presentan marcas de fondo y un cambio litológico brusco a areniscas o lutitas silíceas. En algunos sectores se observan pequeñas estructuras diapíricas (de pocos centímetros), bien desarrolladas como estructuras de carga.

De acuerdo a Burekhardt (1900) y Chotin (1975) en la parte superior de las intercalaciones de lutitas pizarrosas se presentan fósiles, pero en el desarrollo del presente estudio no se encontraron.

En el sector SE de la laguna de Galletué las lutitas pizarrosas aparecen transformadas en pizarras moteadas, debido a la presencia de andalucita en ellas, resultantes del metamorfismo de contacto con el Batolito de Galletué.

Las areniscas blanquecinas son duras y compactas, varían entre grano fino a grueso. Se observan tres horizontes bien desarrollados de estas areniscas en la parte media-superior de la formación Pacunto. Aparecen bien estratificadas en capas con un espesor máximo de 5 m; generalmente algunas decenas de decímetros o sólo algunos centímetros.

En las observaciones microscópicas las areniscas presentan buena selección, granos sub-angulares a angulares y gradación. Los granos están constituidos por cuarzo, feldespato, fragmentos líticos de rocas sedimentarias y de rocas volcánicas; con abundante matriz arcillosa. De este modo las areniscas corresponden a wackas de cuarzo y wackas feldespáticas.

Estas areniscas presentan estructuras sedimentarias bien desarrolladas tales como marcas de fondo, estructuras de carga, pseudoconglomerados,

laminación cruzada, laminación paralela y gradación. En especial destacan las marcas de fondo y gradación.

De acuerdo a las características de estas areniscas ellas corresponderían a turbiditas (Fig. III-1).

Se han observado dos intercalaciones de calizas (ver Tab. III-1), las cuales se acuñan hacia el norte del área; estas calizas presentan facies cristalinas granulares o finamente granulares y en ellas se observa laminación paralela. En terreno las calizas presentan color negro, debido a una película de óxido metálico que las cubre; sobreyacen a lutitas pizarrosas.

En las observaciones microscópicas se ha comprobado que estas calizas están constituidas por calcita recristalizada, el tamaño del graño es aproximadamente de 0,2 mm, y presentan una pequeña cantidad de granos de cuarzo y plagioclasa.

Es posible concluir que la Formación Pacunto está constituída predominantemente por laminitas de lutitas silíceas, las cuales conforman una unidad rítmica con lutitas pizarrosas y algunas turbiditas desarrolladas en la parte media o superior de la secuencia. Estas características corresponden a una secuencia flyshoide comparable a un flysh lutítico.

Al norte del área, sobre la formación Pacunto, se presentan calizas brechosas del Oxfordiano (Chotin, 1975). De este modo la formación Pacunto representa parte de un ciclo sedimentario marino en una cuenca miolimnaria (sin volcanismo).

(3) Estructura

En esta formación se observan pliegues bien desarrollados con ejes NNE y NE, los cuales son cortados por algunas fallas.

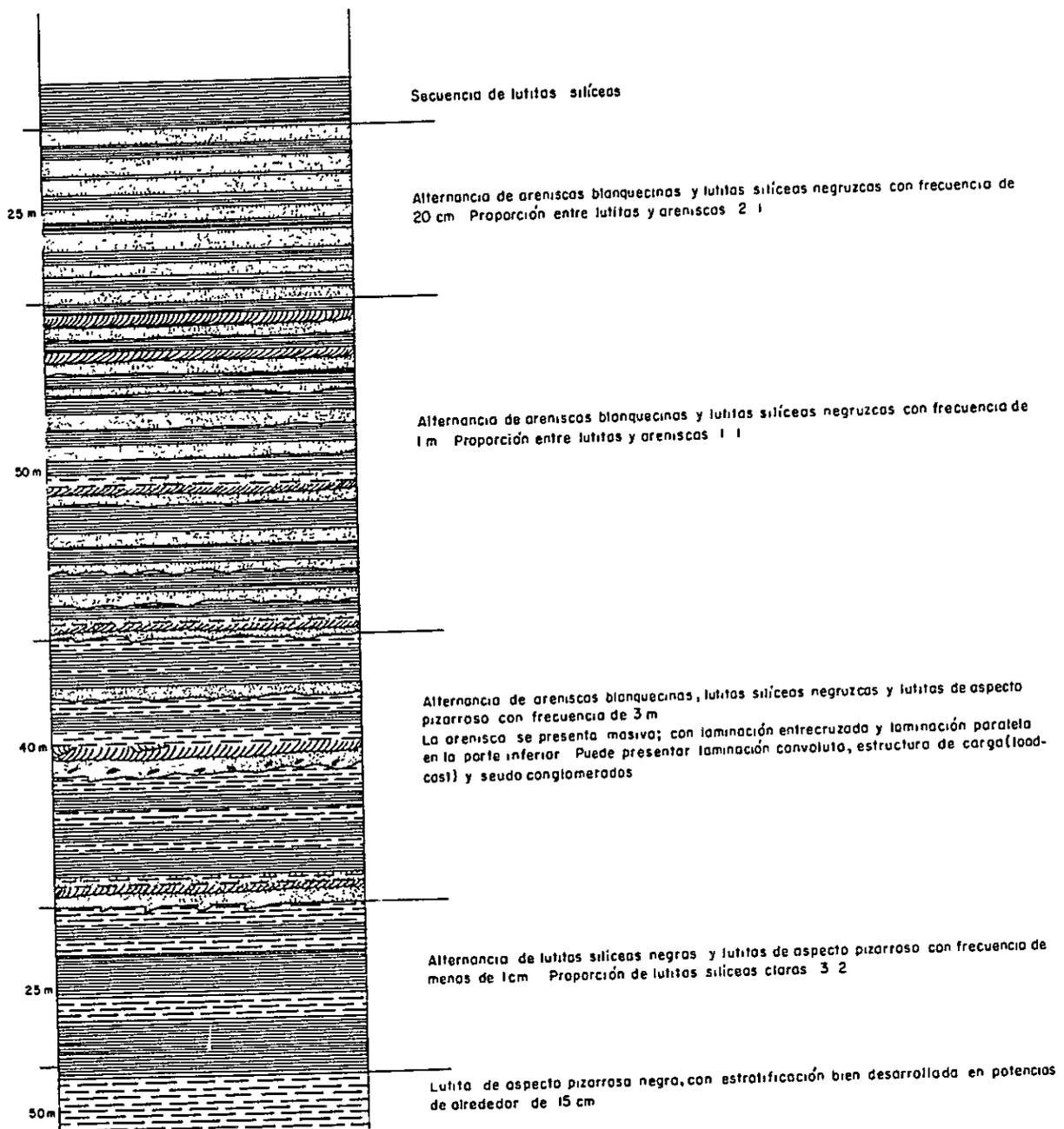


Fig. III- 1 COLUMNA DE UNA PARTE DE LA FORMACION PACUNTO EN LA CORDILLERA DE LONQUIMAY

El plegamiento típico se observa bien en los esteros Cajón Chico y El Saltillo donde las capas guías están bien desarrolladas. En ese lugar esta formación aparece intensamente plegada, presentando pliegues asimétricos con planos axiales buzantes entre 60° y 80° al NW; los ejes de estos pliegues, en el área, describen una suave S con variaciones en su rumbo entre NE y NNE (ver PL.III-3). En algunos lugares se observan pliegues volcados, pero en general el flanco oriental de los pliegues miente al este. La amplitud de los pliegues es menor de 1 km.

El sector oriental de los afloramientos de rocas pertenecientes a esta formación presentan una estructura homoclinal con un manto predominante de 20° al NW.

Los pliegues que afectan a esta formación son cortados discordantemente por las fallas antes mencionadas; la falla del Cordón de Aguas Blancas muestra un rumbo y manto $N80^\circ W/70^\circ S$ y presenta una brecha de falla de 20 a 30 cm. de espesor. Sin embargo esta unidad no aparece fallada intensamente.

(4) Edad

En el desarrollo del presente estudio no se encontraron fósiles en esta formación por lo que la edad de esta unidad se establece en base a los estudios anteriores de otros autores.

Burckhardt (1900) menciona el hallazgo de los siguientes fósiles en rocas pertenecientes a esta unidad:

Pseudomonotis substriata iet.

Harpoceras (Oppelia) aff. proximum Moer

Sonninia sp.

Edad: Dogger Inferior a Medio

Sphaeroceras subcompresum Waagen

Sphaeroceras lamellosium Sow

Sphaeroceras bullatum D'Orb

Sphaeroceras aff. *tumidum* Rein

Edad: Caloviano Inferior

Posteriormente Felsh (1915) menciona el hallazgo de:

Pseudomonotis substriata Ziet.

Harpoceras sp.

Hammatoceras sp.

Edad: Dogger Inferior

Por su parte Chotin (1975) menciona nuevos hallazgos fosilíferos tales como:

Macrocephalites (Eurycephalites) aff. *Rotundus* Torn.

M. (Indocephalites) Chrysooliticus Waagen

M. araucanus Burck

M. aff. *lamellosum* Waagen

M. aff. *noetlingi* Burck

M. (Dolcecephalites) aff. *tyticus* Blake

Oppelia (oxycerites) *exotica* Stein

Oppelia sp.

Inoceramus galoi Behm

Edad: Caloviano Inferior

Los hallazgos de fósiles en rocas pertenecientes a esta formación realizados por los autores mencionados, permiten determinar una edad Dogger

(Caloviano) para la formación Pacunto.

3) Formación Abanico (Cretácico Superior)

(1) Definición y relaciones estratigráficas

La formación Abanico fue definida por Aguirre (1960) en la cordillera andina de la V Región de Chile. Posteriormente González y Vergara (1962) asignan el mismo nombre a una unidad volcánico-sedimentaria que presenta una amplia distribución areal en la Cordillera de Los Andes entre los 35° y 38° de latitud sur. En el área del presente estudio este nombre se asigna a una secuencia predominantemente volcánica con más de 2300 m de espesor, cuyos afloramientos más típicos se presentan en el Cordón de Los Truenos y cuyas características litológicas y posición estratigráfica son muy similares a la unidad homónima de González y Vergara (1962).

La formación Abanico, en el área, aparece generalmente en contacto con rocas plutónicas, sin embargo en el estero Pichirucanuco sobreyace a la formación Pacunto con discordancia angular y en el estero Litrancura infrayace a la Formación Pedregoso (Eoceno).

(2) Distribución y litología

Esta unidad se distribuye en cuatro sectores en el área, los cuales son de poca extensión areal y están limitados por fallas y/o rocas intrusivas. El primero de ellos se ubica en el Cordón de los Truenos, presenta 5 km de largo en dirección norte-sur y 3 km de ancho, con una superficie aproximada de 14 km². El segundo se ubica en el río Quinquén, presenta orientaciones NW-SE y tiene 4 km de largo, 1,5 km de ancho y aproximadamente 6 km² de superficie. El tercero se ubica en la Cordillera de Litrancura, presenta orientación norte-

sur, 5 km de largo, 0,5 km de ancho y 2 km² de superficie. El último se ubica en el estero Pichirucanuco y tiene una superficie aproximada de 1 km².

La litología de esta formación corresponde predominantemente a lavas brechosas de color gris verdoso oscuro, en forma subordinada se presentan brechas tobáceas, tobas de tipo lapilli y algunas intercalaciones de tobas y areniscas tobáceas. De esta forma, la unidad está constituida por rocas volcánicas de color verde oscuro, compactas y que corresponden a andesitas porfíricas básicas, con fenocristales de plagioclasa lechoso.

El material cementante de las lavas brechosas está constituido esencialmente por fragmentos líticos y material tobáceo fuertemente cloritizado. Sin embargo, en el río Quinquén y el estero Litrancura se observan algunas con material calcáreo en la matriz.

Las rocas de esta formación no presentan estratificación bien definida y en el sector de la Cordillera de Los Truenos se observan cambios laterales de facies de lavas brechosas a brechas tobáceas y tobas de tipo lapilli. En este sector se observan algunas tobas de tipo lapilli bien estratificadas e intercalaciones de areniscas con laminación cruzada.

En los esteros Litrancura y Pichirucanuco se observa metamorfismo de contacto en estas rocas, en un ancho de algunas decenas de metros, debido al contacto con rocas plutónicas, ellas presentan clinopiroxeno y hornblenda secundarias.

En las observaciones microscópicas las lavas andesíticas muestran textura porfírica con fenocristales de plagioclasa albitizada, minerales máficos intensamente alterados y una masa fundamental completamente alterada presentando pumpellyta, prehnita, epidota, clorita, cuarzo secundario y zeolita.

En general no es posible determinar la composición mineralógica de los fenocristales, a excepción de los de plagioclasa, debido a la alteración. Además, esta formación está afectada por un metamorfismo de carga de carácter regional de las facies prehnita-pumpellyta a zeolita.

(3) Estructura

Debido a la mala estratificación de esta unidad su estructura se ha podido determinar únicamente en el sector del Cordón de Los Truenos, donde las capas tienen rumbo EW a NEE, con manteo variable entre 30° y 80°S, presentando una estructura de tipo monoclinal.

(4) Edad

En el área, esta unidad sobreyace discordantemente a la formación Pacunto (Dogger-Caloviano) y es intruída por el Batolito de Galletué cuya edad determinada radiométricamente por el método potasio-argón es Cretácico Superior (entre 80 y 93 m.a. Turoniano a Santoniano). Esto permite restringir la edad de esta unidad entre el Jurásico Superior y el Cenomaniano.

Por otra parte González y Vergara (1962) determinan una edad post-neocomiana para esta formación.

Combinando estos datos es posible asignar a esta formación una edad Aptiano a Cenomaniano.

4) Formación Pedregoso (Eoceno)

(1) Definición y relaciones estratigráficas.

Se propone el nombre de Formación Pedregoso a una secuencia sedimentaria-piroclástica con un espesor de más de 900 m., que aflora típicamente en el estero Quilmahue, en el sector oriental del área.

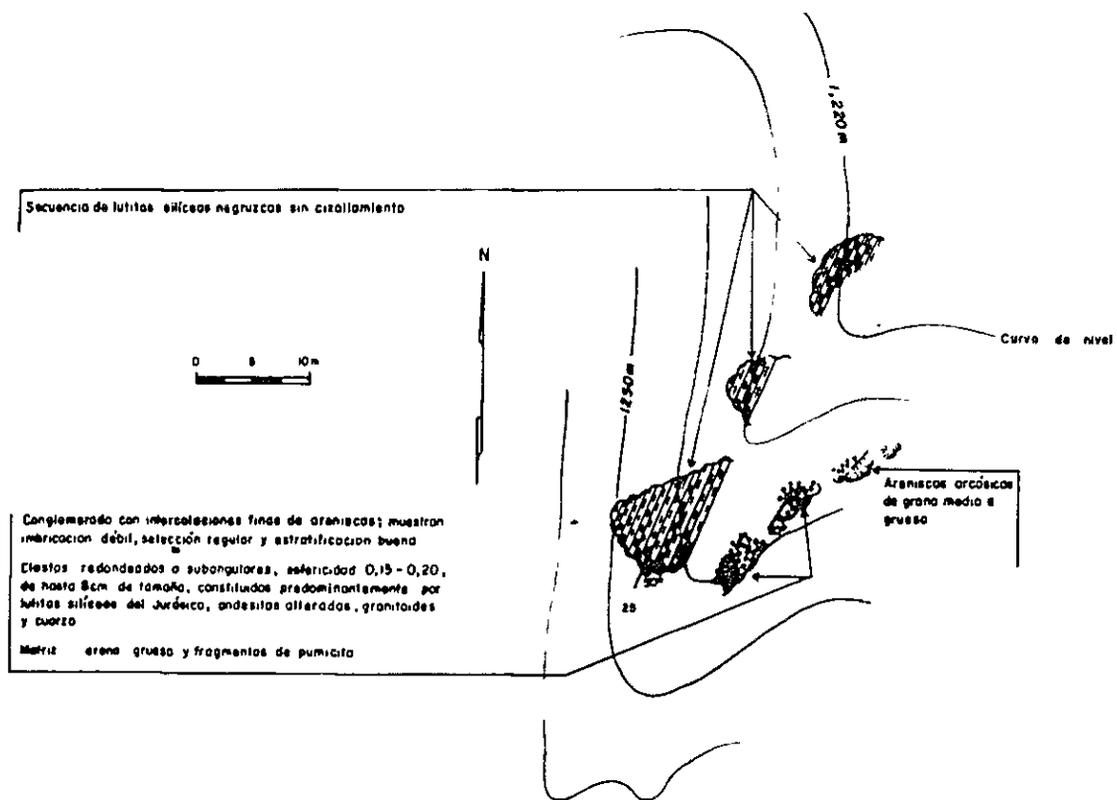


Fig. III- 2 DISPOSICION DEL CONGLOMERADO BASAL DE LA FORMACION PEDREGOSO

Esta formación sobreyace discordantemente a la Formación Abanico y a rocas plutónicas del cuerpo intrusivo del río Pacunto (Cretácico Inferior) y del Batolito de Galletué (Cretácico Superior) e infrayace discordantemente a lavas basálticas de edad plio-pleistocénica.

(2) Distribución y litología

Esta unidad aflora en el extremo oriental del área entre la Comunidad Pedregoso, río Guallepulli y hasta el extremo NE del lago Galletué.

Litológicamente está constituida por un conglomerado basal, rocas sedimentarias en la parte inferior y rocas piroclásticas en la parte superior.

La unidad ha sido dividida en cinco miembros de acuerdo a su composición litológica, las cuales se describen por separado más adelante.

En rocas de esta formación se encuentran fósiles de varios tipos tales como hojas, moluscos, peces y madera silicificada.

a) Miembro I

Este miembro aflora en el curso inferior del estero Quilmahue y su espesor se estima en más de 200 m.

La litología de esta unidad corresponde predominantemente a conglomerados y areniscas con intercalaciones lenticulares de limolitas. A 1 km al SW de la confluencia del estero Quilmahue con el río Pacunto se observa el conglomerado basal de esta unidad. Este conglomerado presenta selección regular, imbricación y gradación; los clastos están constituidos predominantemente por andesitas alteradas provenientes probablemente de la Formación Abanico y lutitas silíceas de la Formación Pacunto, subordinadamente se presentan clastos de cuarzo y de rocas plutónicas. Los clastos presentan tamaño variable entre 1 y 8 cm, su esfericidad es de 0,15 a 0,2, son

redondeados a subangulares; la matriz es compacta y está constituida por una arenisca gruesa con fragmentos de pumicita amarilla.

En la parte superior de este miembro predominan areniscas arcóscicas las cuales yacen sobre los conglomerados.

b) Miembro II

Este miembro aflora en el curso superior del estero Quilmahue y el curso medio del río Quillén. Su espesor es aproximadamente 100 a 200 m.

Esta unidad está constituida predominantemente por limolitas alternadas con areniscas y tobas, en su techo se presenta una toba café oscuro.

En las limolitas se observa material carbonoso con fragmentos de plantas y hojas fósiles.

Entre esta unidad y el Miembro I se presenta una transición gradual, sin embargo esta unidad también aparece sobreyaciendo discordantemente a la Formación Pacunto y a rocas plutónicas.

c) Miembro III

Este miembro está expuesto desde el río Quillén a la laguna de Galletué y se presenta bien estratificado, formando acantilados en el sector de la Comunidad Pedregoso. Su espesor aproximado es de 250 m.

El miembro III está constituido predominantemente por una alternancia de limolitas calcáreas, tobas, limonitas, areniscas y tobas de tipo lapilli. En el techo de esta unidad se presentan calizas que contienen foraminíferos y moluscos fósiles.

Las limolitas calcáreas constituyen un tipo de "lutitas bituminosas" las cuales presentan fuerte olor a hidrocarburos en fractura fresca. En estas rocas se presentan peces fósiles que han sido datados como Eoceno.

Este miembro sobreyace al miembro II en forma concordantemente y se dispone discordantemente a las Formaciones Pacunto y Abanico y a rocas plutónicas.

d) Miembro IV

Este miembro aparece expuesto en el mismo sector que el miembro III, aunque desplazado algo más al este. Su espesor es de 150 m.

Esta unidad está constituida predominantemente por tobas de tipo lapilli alternadas con brechas tobáceas, tobas y conglomerados. Las rocas piroclásticas son gris verdoso claro.

En las capas de conglomerados se observan estructuras de derrumbe y llevan madera silicificada.

Las observaciones microscópicas permiten determinar que las tobas están constituidas por fragmentos líticos de andesitas variolíticas, andesitas hialopiliticas y vesiculares, o sea, corresponden a tobas líticas. Los minerales de alteración corresponden a montmorillonita y heulandita (un tipo de zeolita).

Entre esta unidad y el miembro III existe una transición gradual.

e) Miembro V

Este miembro está expuesto en el sector de la Laguna Verde y su espesor se estima en más de 200 m.

Los afloramientos de rocas pertenecientes a este miembro son escasos y su litología exacta se desconoce. Los pocos afloramientos muestran que está constituida por tobas pumicíticas de tipo lapilli que contienen escoria volcánica y presentan color blanco amarillento. En sectores vecinos al área estudiada se observan capas con espesor de 60 cm que presentan gradación

inversa con fragmentos de pumicita de tamaño variable entre 1 y 10 cm. Estas tobas pumicíticas, de tipo lapilli, alternan con tobas riolíticas blancas y aspecto porcelanáceo.

Las tobas de esta unidad presentan alteración a zeolita.

Esta unidad sobreyace concordantemente al miembro IV e infrayace discordantemente a lavas plio-pleistocénicas.

Como se ha mencionado anteriormente, los depósitos piroclásticos de la Formación Pedregoso presentan minerales de alteración tales como montmorillonita y zeolita, los cuales corresponden a un débil metamorfismo de carga regional.

(3) Estructura

Esta formación presenta una estructura monoclinal con rumbo variable, predominantemente entre NS y N30°E y manteo al este entre 20° y 30°. En el sector de Litrancura se observan localmente suaves pliegues.

El límite entre esta formación y las formaciones Pacunto y Abanico y rocas plutónicas aparece oblicua, acuniándose sus miembros inferiores. Sin embargo, no existe evidencia de falla entre esta formación y las unidades infrayacentes. Esto permite concluir que la formación se depositó y se acunió en un escarpe de falla que en el área correspondería probablemente al flanco occidental de la cuenca de depositación.

(4) Edad

En el desarrollo del presente estudio se encontraron algunos restos fósiles de hojas, peces, moluscos y madera silicificada. Sin embargo, no han podido ser identificados sus géneros o especies por lo cual no tienen valor cronoestratigráfico.

Para determinar la edad de esta unidad es necesario entonces considerar solamente los estudios anteriores.

Burckhardt (1900) fue el primero en reconocer las rocas bituminosas de esta formación y encontró los primeros fósiles: *Bythinia capitana* M-E, *Actaeonina (douvillia) fisheri* M-E, *Ancylus humboldti* M-E y *Unio burckhardti* M-E, los cuales representarían el Eoceno Inferior.

Felsh (1915) distingue la misma fauna colectada por Burckhardt y agrega además conchas de *Cypris* restos de plantas y peces mal conservados, manteniendo la edad Eoceno Inferior para las rocas bituminosas.

Chiang, et al. (1977) encuentran en la Cordillera del Pedregoso un fósil clasificado por ellos como *Percichthys lonquimayensis* n. sp., asignándole a esta nueva especie fósil una edad Paleoceno Superior.

Tomando en cuenta el *Percichthys lonquimayensis* n. sp., no constituye un fósil guía, consideramos la asociación fosilífera encontrada por Burckhardt (1900) y Felsh (1915) para fijar la edad a la Formación Pedregoso.

De acuerdo a lo anterior se asigna una edad Eoceno Inferior a la Formación Pedregoso.

5) Formación Sierra Nevada (Mioceno)

(1) Definición y relaciones estratigráficas

Se propone el nombre de Formación Sierra Nevada a un conjunto de rocas volcánicas, con un espesor mayor de 900 m, que afloran en los alrededores de la localidad de Sierra Nevada en el extremo NW del área estudiada.

Esta unidad aparece en el área discordantemente sobre la Formación Pacunto; su techo no aflora.

(2) Distribución y litología

Los afloramientos de rocas pertenecientes a esta unidad se presentan al occidente del río Lonquimay en el sector NW del área estudiada, existe además un pequeño sector de afloramientos en la ladera occidental de la cordillera Lonquimay, en el extremo norte del área.

Litológicamente esta unidad está constituida predominantemente por lavas andesíticas brechosas de color gris verdoso claro con intercalaciones de lavas andesíticas cuyo color varía entre verde y gris azulado, brechas tobáceas, tobas tipo lapilli y tobas finas del mismo color.

Las rocas de esta unidad aparecen en general frescas, aunque se observa una débil alteración clorítica.

En la ladera occidental de la cordillera Lonquimay se presenta la base de esta unidad, dispuesta discordantemente sobre la Formación Pacunto. En este sector aparece constituida por brechas tobáceas y tobas de tipo lapilli; los clastos de las brechas alcanzan generalmente a 5 cm; aunque en forma excepcional se presentan algunas brechas con clastos de hasta 40 cm, estos clastos están constituidos predominantemente por andesitas porfíricas, lutitas silíceas y tonalitas. Ocasionalmente en este sector se presentan intercalaciones de andesitas y lentes delgados de areniscas volcánicas grises.

Las lavas andesíticas brechosas presentan al microscopio textura intersertal con fenocristales de plagioclasa y minerales máficos.

En algunos cortes transparentes los minerales máficos aparecen reemplazados parcialmente por clorita y/o calcita. Los fenocristales de plagioclasa en general son frescos o muestran un débil reemplazo por calcita. En la masa fundamental también se observa un débil reemplazo a clorita y calcita.

Al oeste del túnel de Las Raíces se observa una alternancia de tobas de tipo lapilli y tobas finas con 3 m de espesor, en esta alternancia se presenta una toba riolítica acrecional verde claro, cuyos nódulos acrecionales varían entre 1 y 5 cm de tamaño; esta toba indica un ambiente de depositación acuso, probablemente lacustre. En esta alternancia se observa además una arenisca tobácea de grano grueso constituída por grano de cuarzo corroído y feldespatos.

Esta alternancia representa una intercalación de carácter ácido en la secuencia andesítica de esta formación.

La alteración que afecta a las rocas de la formación corresponde predominantemente a un débil reemplazo de los minerales máficos por clorita o calcita, pero manteniendo su forma cristalina.

(3) Estructura

La Formación Sierra Nevada presenta predominantemente una estructura monoclinas de rumbo variable entre NS y N20°E y manteo al oeste con 8° en promedio. En la ladera occidental de la Cordillera Lonquimay se observan pliegues suaves con ejes de dirección NNE.

(4) Edad

En la área estudiada se dispone de escasos antecedentes para asignar una edad a esta formación. Su posición discordante sobre rocas del Jurásico Superior indica que su edad máxima es Cretácico Inferior. La presencia de clastos de tonalitas en la base de esta unidad, los cuales provienen probablemente del Batolito de Galletué (Cretácico Superior) indicarían que ella es postcretácica. Por otra parte, antecedentes indirectos tales como la escasa alteración que afecta a sus rocas constituyentes y su estructura sub-horizontal sugieren una edad mas joven que Cretácico para esta formación.

De acuerdo a Chotin (1975), una unidad volcánica del Mioceno sobreyace con discordancia a la Formación Pedregoso (Eoceno) al norte de la confluencia de los ríos Lonquimay y Bío-Bío. Esta unidad volcánica es equivalente a la Formación Sierra Nevada; por lo tanto, considerando los antecedentes expuestos es posible asignarla en forma preliminar al Mioceno.

6) Rocas volcánicas plio-pleistocénicas

(1) Definición y relaciones estratigráficas

Esta unidad corresponde a un conjunto de lavas horizontales con un espesor de menos de 200 m cuyos afloramientos típicos se presentan en el extremo sur del área.

Estas rocas volcánicas se disponen discordantemente sobre la Formación Pedregoso y su techo corresponde a la superficie actual de erosión.

(2) Distribución y litología

La unidad aparece expuesta en el Cordón Los Morrillos, en el extremo sur del área y en el Cordón Las Lobas en el extremo oriental de la misma.

Esta unidad está constituida predominantemente por flujos de lavas andesíticas y basálticas, los cuales varían entre 5 y 20 m en espesor. Se observa localmente un conglomerado basal en el Cordón de Los Morrillo, cuyo espesor máximo es de 15 m.

Se presentan lavas basálticas en el Cordón Las Lobas; en el cordón Los Morrillos solamente se observa un dique de esta composición. Al microscopio ellos corresponden a basaltos de olivina, con textura intergranular y fenocristales de olivina alterada a iddingsita y augita fresca.

En ambos sectores de afloramientos se observan andesitas augíticas las

cuales aparecen en potentes flujos con diaclasmiento columnar y diaclasmiento planar en su base y techo. Al microscopio las andesitas tienen textura hialopilitica y porfirica con fenocristales de augita.

Entre las lavas hay intercalaciones lenticulares de materiales piroclásticos pardo rojizo con fragmentos sueltos de andesitas vesiculares, cuyo espesor máximo es de 5 m en el Cordón Las Lobas. Al microscopio estos materiales piroclásticos están constituidos por fragmentos líticos de andesitas que muestran plagioclasas frescas y minerales máficos transformados a limonita, algunas vesículas están rellenas por zeolita (analcima).

(3) Estructura

Estas volcanitas presentan una disposición horizontal y representan un volcanismo de plateau. Es importante destacar que ellas se apoyan sobre una superficie relativamente plana, hecho que indica una erosión y aplanamiento del relieve, previo a la depositación de las lavas.

(4) Edad

La disposición horizontal de esta unidad y su alteración muy débil indican que ella es mas joven que la Formación Sierra Nevada. Por otra parte estas lavas han sido afectada por la erosión glacial que modeló la morfología del área en el Cuaternario por lo cual se consideran pre-glaciales.

Drake (1974) define la Formación Campanario, al norte de la Laguna del Maule (en la Cordillera de Los Andes, latitud de 36°S), una secuencia de andesitas y rocal piroclásticas andesíticas, para la cual ha obtenido radiométricamente, por el método potasio-argón, una edad comprendida entre el Mioceno Superior y el Plioceno Superior (entre 15,4 y 3,6 m. a.). Esta unidad corresponde a rocas originalmente mapeadas por González y Vergara (1962) como

Formación Cola de Zorro y que dichos autores la denominan también "Serie Andesítica de Plateau" la cual parece ser en parte equivalente a las lavas aquí descritas.

7) Depósitos Cuaternarios

En el área estudiada los Depósitos Cuaternarios se distribuyen principalmente en los valles de los ríos y corresponden a depósitos glaciales, depósitos de terrazas, depósitos aluviales recientes y escoria de depositación aérea. Los depósitos de escoria aparecen ampliamente distribuidos sobre la topografía actual, tienen un espesor promedio de 3 m, alcanzando un máximo de 10 m; corresponden a material eyectado por centros volcánicos cuaternarios ubicados al oeste del área estudiada.

1.3. Rocas intrusivas

Generalidades

Las rocas intrusivas en el área estudiada corresponden a rocas plutónicas emplazadas como batolito, stocks y diques asociados a ellos. Desde el punto de vista petrográfico estas rocas intrusivas son de carácter intermedio a ácido. El batolito ha sido denominado Batolito de Galletué y los stocks han sido llamados Río Pacunto y Río Paule. Además se reconocen varios cuerpos de rocas sub-volcánicas.

1) Rocas plutónicas

Las rocas plutónicas afloran en tres sectores principales: en la zona de Galletué; en la zona del Río Pacunto y en el sector del Río Paule. Litológicamente estos plutones varían desde dioritas hasta granitos. (Fig. III-3).

(1) Batolito de Galletué

(a) Ubicación y relaciones de contacto. Este macizo se ubica en el sector meridional del área estudiada con una disposición elongada hacia el sur que se prolonga más allá de los límites del cuadrángulo. Limita al oeste con la falla del río Lonquimay, al este queda cubierto por la Formación Pedregoso, que lo sobreyace discordantemente. Además, este batolito intruye la Formación Pacunto y la Formación Abanico. Las unidades intruidas, constituyen pequeños roof pendant en los cuales se desarrolla metamorfismo de contacto y mineralización diseminada de sulfuros de hierro preferentemente.

(b) Litología.- El batolito de Galletué está constituido por rocas cuya composición varía entre tonalita y granito, a los cuales se asocian stock dioríticos y diques constituidos por pórfidos tonalíticos y dioríticos.

La transición entre la tonalita y el granito es gradual siendo difícil determinar megascópicamente un límite entre ambos, sin embargo, las observaciones microscópicas han permitido separar dos unidades en sentido amplio, con un límite en la línea N-S que corresponde a los Ríos Quinquén y Miraflores (PL.III-1) las cuales han sido denominadas "Unidad Oriental" y "Unidad Occidental". Localmente bajo el microscopio, se observan variedades con textura holocristalina de grano fino a medio con clinopiroxenos (sector Litran-cura-Miraflores). La Unidad Occidental es predominantemente tonalita mientras que la Unidad Oriental es granodiorita, con manchas de granitos y tonalita. Ambas unidades aparecen intruidas por pórfidos tonalítico y diorítico, destacando el pórfido tonalítico que en el área de prospecto Galletué está asociada a un depósito de tipo "pórfido cuprífero".

(i) Unidad Occidental:

Las rocas de esta unidad constituyen la porción del batolito de Galletué ubicado al oeste de la línea Quinquén-Miraflores y presenta una distribución elongada en sentido NS. Las rocas son predominantemente leucocráticas, homogéneas, de grano grueso a medio. Los minerales máficos son hornblenda y biotita, predominando el primero sobre el segundo.

En los contactos entre la tonalita con la diorita y el pórfido tonalítico, se observan los minerales máficos cloritizados. La observación microscópica revela que esta facies litológicas son holocristalinas, de grano medio; en orden decreciente de abundancia aparece plagioclasa, cuarzo, hornblenda, biotita, magnetita y feldespato potásico. A veces estas rocas constituyen dioritas cuarcíferas.

La plagioclasa presenta cristales euhedrales de aproximadamente 1,5 mm; excepcionalmente presenta sericita a través del clivaje. El cuarzo es anhedral con amplias variaciones en su tamaño. El feldespato potásico está generalmente ausente o sólo se presenta en pequeña cantidad hasta el 6% de la composición modal de la roca, dispuesto alrededor de la plagioclasa. En un caso (Fig. III-3) la roca se ubica en el límite de los campos de la tonalita-granodiorita.

(ii) Unidad Oriental:

Casi todas las rocas de la Unidad Oriental corresponden a granodiorita con algunas inclusiones de granito (Fig. III-3). Paramente se encuentra tonalita, la cual muestra escaso feldespato potásico. En estas rocas es característico encontrar textura gráfica del feldespato potásico y cuarzo. La plagioclasa además puede aumentar de tamaño relativo hasta dar a la roca

textura porfírica. El índice de color promedio es 8%. Las plagioclasas son anhedrales, de 0,5 mm a 6 mm, muestran zonación concéntrica y alteración a sericita a través de los clivajes; en algunos casos la sericitización va acompañada por epidota. La plagioclasa ocupa un porcentaje variable entre 30-45% de la composición modal, con un promedio de 40%.

El cuarzo es anhedral de aproximadamente 1 mm; generalmente no muestra extinción ondulosa y forma textura gráfica con feldespatos potásicos. La proporción es variable entre 20-30% con un promedio de 30%.

(c) Edad del batolito.- En el Batolito de Galletué se han efectuado dataciones por el método K/Ar. Estas dataciones corresponden a tres muestras pertenecientes a la Unidad Occidental (en tonalita) y dos muestras a la Unidad Oriental.

Dos de las muestras de la Unidad Occidental corresponden a rocas no alteradas y tienen edades de $93,62 \pm 5,03$ m.a. y $82,66 \pm 1,63$ m.a.; ellas corresponden al Cretácico Superior.

La tercera muestra, afectada por cloritización, tiene una edad de $53,09 \pm 1,39$ m.a. (Terciario Inferior).

Por otro lado, dos muestras de la Unidad Oriental (granodiorita) tienen $80,70 \pm 1,26$ m.a. y $77,24 \pm 1,11$ m.a. (Cretácico Superior).

La diferencia de edad es pequeña y demuestra una variación de la etapa de cristalización de ambas unidades, diferencia que también se expresa en sus composiciones químicas.

(2) Stock río Pacunto

Este stock aflora entre el Cordón de Quillen y el Cordón Aguas Blancas, en una superficie aproximada de 14 km².

El stock río Pacunto, intruye la Formación Pacunto con posterioridad al plegamiento de la formación (PL.III-3). La Formación Pedregoso lo sobreyace en discordancia.

En general aparece formado por rocas de textura de grano medio a fino, constituídos por diorita cuarcífera de anfíbola que presenta algunas variaciones mineralógicas. Así, en el Cordón Aguas Blancas se observa poca biotita, la cual aumenta en otros sectores. Además se puede observa una intensa alteración hidrotermal al norte del cordón Pacunto, con muchas vetillas de cuarzo, asociadas con mineralización predominante de pirita.

La observación microscópica permite determinar la siguiente composición mineral (en orden decreciente de abundancia): plagioclasa, hornblenda, cuarzo, minerales opacos y biotita.

La plagioclasa muestra agregados cristalinos euhedrales de 2 mm de tamaño promedio, con zonación normal, en una proporción variable entre 40-60%. Se observa sericitización asociada a epidota.

El cuarzo es anhedral con débil extinción ondulosa; constituye entre el 5-35% de la roca.

Los minerales máficos están constituídos predominantemente por hornblenda, asociada a minerales opacos (2%) y biotita en proporción variable entre 0-1%.

La hornblenda presenta agregados cristalinos euhedrales y subhedrales de 1 mm, textura poikilítica con fenocristales de plagioclasa. Se presenta en proporciones variables entre 20-30%.

Una determinación por el método K/Ar en stock Río Pacunto señaló $123 \pm 2,3$ m.a. (Cretácico Inferior), por lo cual correspondería a un plutón mas

antiguo que el Batolito Galletué.

(3) Stock Río Paule

Este cuerpo aflora entre la cordillera de Lolén y el Estero El Saltillo; abarca una superficie de 15 km². Este cuerpo intruye a la Formación Pacunto y produce en ella silicificación y disseminación de sulfuros de hierro.

Litológicamente el stock se compone de tonalita y granodiorita, asociada con diorita cuarcífera y diques pórfido dioríticos.

La variación de tonalita a granodiorita es gradual, con facies leucocráticas de grano medio a grueso.

En las observaciones microscópicas la tonalita tiene índice de color 15 con hornblenda predominantemente sobre biotita, mientras la granodiorita tiene índice de color 8 con minerales máficos en que la biotita es dominante sobre hornblenda.

Los minerales máficos se encuentran alterados, cloiritizados y epidotizados.

Las observaciones microscópicas muestran textura de grano fino holocristalina, debilmente porfírica y poikilítica.

La composición mineral, en orden decreciente, es plagioclasa, hornblenda, cuarzo, biotita, minerales opacos.

Presentan índice de color de 27. La hornblenda es reemplazada por clorita y actinolita en algunas partes.

Litológicamente el stock Río Paule es similar al Batolito Galletué, al cual se asocia cronológicamente.

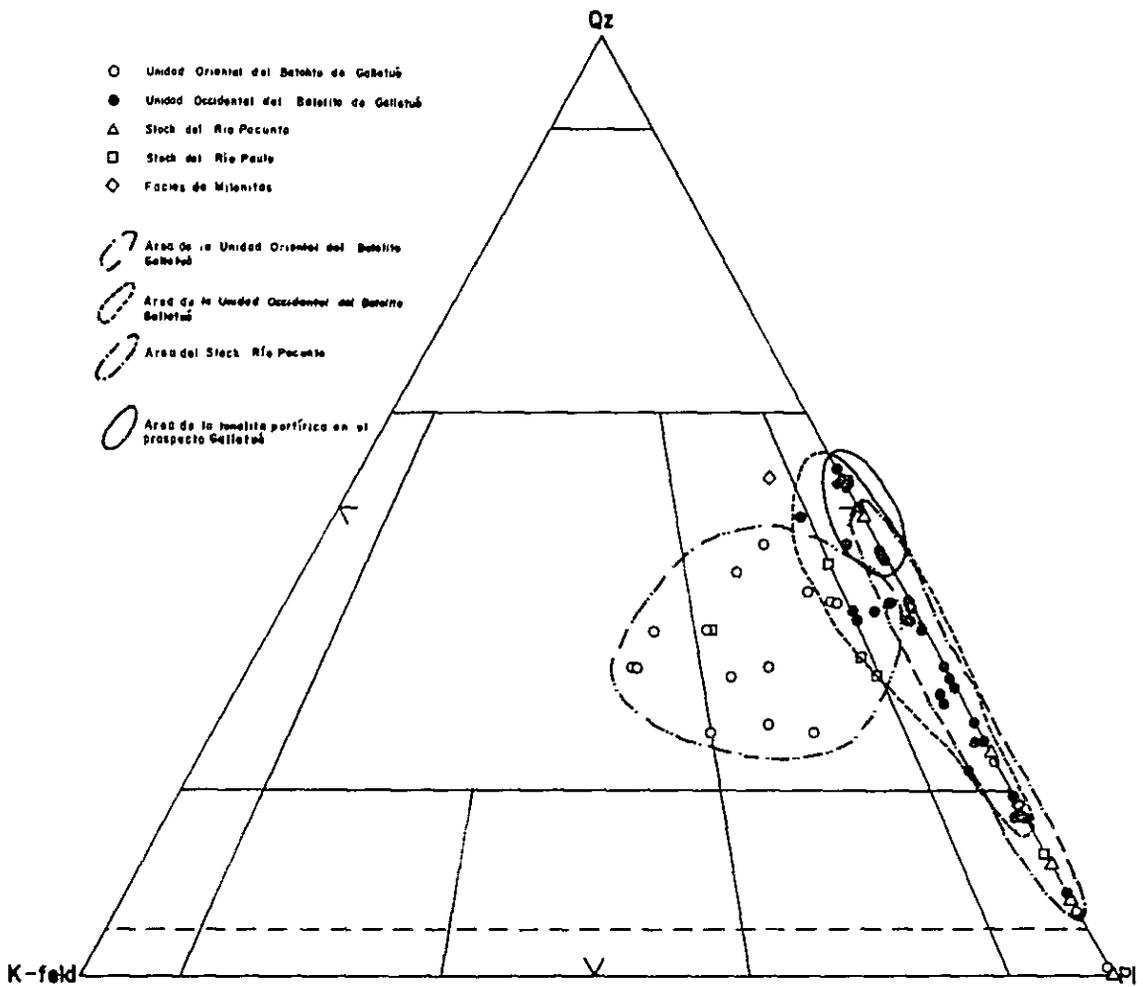


Fig. III- 3 DIAGRAMA (Qz-K-Feld-Pl)

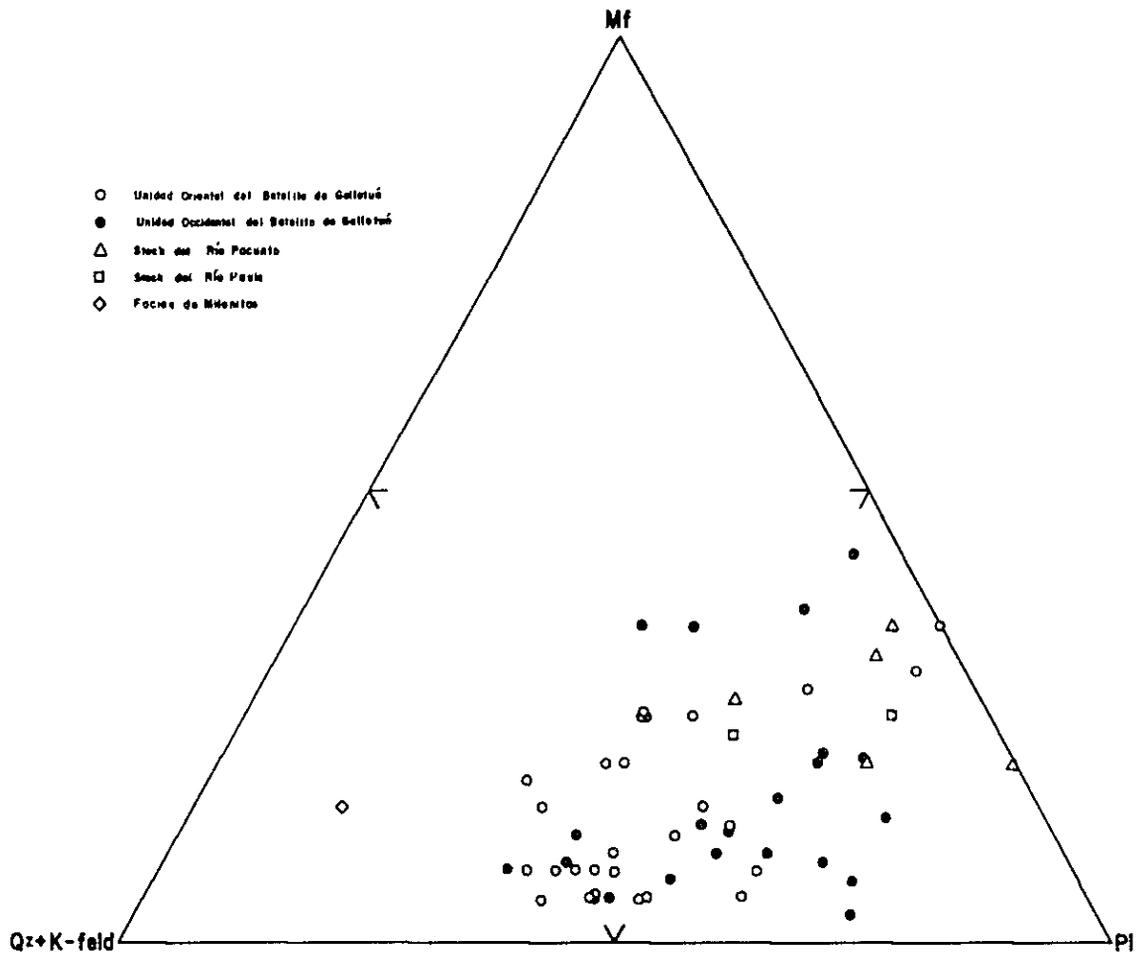


Fig. III- 4 DIAGRAMA Mf-(Qz+K-Feld)-Pl

2) Rocas sub-volcánicas.-

Las rocas sub-volcánicas en el área Sierra Nevada corresponden a pórfidos granodioríticos, pórfido tonalítico, pórfido diorítico-cuarcífero y pórfido diorítico.

Estas rocas afloran en la parte norte del Batolito de Galletué (Prospecto Galletué), en el río Paule (Comunidad Pedregoso) y en los cerros Mallín del Toro. Las rocas intruyen el Batolito de Galletué, el stock Río Paule y la Formación Pacunto.

En el sector del Prospecto Galletué el pórfido tonalítico está constituido por plagioclasa, cuarzo, hornblenda, biotita, feldespatos potásico y minerales opacos, en orden decreciente de abundancia.

Los fenocristales alcanzan el 40% del total de la roca. Los minerales máficos presentan reemplazos totales de clorita y epidota; el reemplazo en plagioclasa tiene intensidad variable, pudiendo encontrarse anhidrita secundaria. El feldespato potásico no presenta alteración.

El pórfido diorítico cuarcífero y el pórfido diorítico presentan plagioclasa intensamente sericitizada. El carácter de la masa fundamental y minerales máficos es desconocido a causa de la intensa alteración. Por otra parte, se puede constatar la presencia de minerales opacos secundarios constituidos principalmente por sulfuros. Los diques corresponden a rocas que varían desde basaltos de olivina a riolitas. Las relaciones de intrusión con las distintas formaciones (Tab. III-2) demuestra la existencia de distintas etapas de volcanismo.

La actividad que originó estas rocas subvolcánicas es más joven que el Batolito de Galletué y anterior a la Formación Pedregoso. De este modo se asignan provisoriamente a la actividad post-magmática del Batolito de Galletué.

Tab. III-2 RERACION DE INTRUSIONES DE DIQUES

ROCAS VOLCANICAS PLIO-PLEISTOCENICAS					
FORMACION SIERRA NEVADA					
FORMACION PEDREGOSO					
ROCAS PLUTONICAS					
FORMACION ABANICO					
FORMACION PACUNTO					
METAMORFITAS DE LA FUSTA					
	Basalto Olivínico	Andesita intensamente alterada con pumpellyita	Andesita de augita alterada	Andesita de hornblenda sin alteración	Dacita Riolita

1.4. Estructura

1) Introducción

En el análisis estratigráfico se han presentado las principales características estructurales de las unidades litológicas expuestas en el área, las cuales se resumen a continuación:

Un basamento (?) constituido por rocas de origen cataclástico, asignadas preliminarmente al Paleozoico.

Una serie sedimentaria marina del Jurásco Medio a Superior, intensamente plegada con ejes NE a NNE, posiblemente discordante sobre la unidad anterior.

Una serie volcánica cretácica, discordante sobre la anterior y con estructura monoclinial de rumbo EW y manteo variable entre 30° y 80° al sur.

Una serie sedimentaria eocena, discordante sobre la anterior y con estructura monoclinial de rumbo NS a N20° E y manteo variable entre 20° y 30° al este.

Una serie volcánica miocena, que se dispondría discordantemente sobre la anterior de acuerdo a Chotin (1973) y que presenta estructura monoclinial de rumbo NS a N20° E y manteo de 8° al oeste.

Una serie de lavas de plateau con disposición horizontal.

La orientación estructural predominante en el área corresponde a la NE y subordinadas las orientaciones NS y NW (PL. III-3).

2) Orientaciones estructurales principales

(1) Sistema NE. La orientación estructural NE es la predominante en el área y su estructura más notable corresponde a la falla del río Lonquimay.

Esta orientación corresponde también al rumbo de la Formación Pacunto, a la de los ejes de los pliegues que afectan a esta unidad y al rumbo de algunas fallas menores que afectan a la Formación Pedregoso.

El análisis de fotografías aéreas muestra que los fracturas que afectan al Batolito de Galletué tienen esta orientación estructural, especialmente la falla del río Lonquimay, la cual limita por el occidente a las Metamorfitas de La Fusta, a la Formación Pacunto y al Batolito de Galletué.

El escarpe producido por esta falla puede observarse en la ladera occidental de la Cordillera de Litrancura; en la actualidad existen depósitos de movimientos de masas (derrumbes) producidos en ella. El bloque hundido corresponde al oriental, aunque de acuerdo a estrías horizontales observadas en rocas de la Formación Sierra Nevada adyacentes a la falla, esta ha presentado además, movimientos transcurrentes de tipo dextral.

La dirección y sentido de esta falla son similares al de una falla descrita más al sur, en la provincia de Valdivia, la cual limita a esquistos cristalinos por el occidente. La falla del río Lonquimay parece continuar hacia el sur, de acuerdo a la observación de imágenes del satélite LANDSAT y es posible que ella corresponda a una línea tectónica mayor en Los Andes meridionales.

Las fallas menores de orientación NNE que se presentan en la Formación Pedregoso constituyen un tipo de fallas de rumbo y muestran el bloque oriental hundido.

Este sistema activado como fallas después del Eoceno, aunque la falla del río Lonquimay podría corresponder a estructuras más antiguas que han sido reactivadas en varias ocasiones.

(2) Sistema NS. Las estructuras de este rumbo controlan la orientación



de los cuerpos intrusivos, a los rumbos de las Formación Pedregoso y Sierra Nevada y a un conjunto de lineamientos que en las fotografías aéreas se observan afectando al Batolito de Galletué, las cuales deben corresponder a fallas menores.

(3) Sistema NW. Las estructuras de este sistema controlan la orientación de los stocks hipabisales y de los diques que intruyen al Batolito de Galletué; además el extremo norte del Batolito muestra esta misma orientación. Por otra parte, en el río Quinquén las fallas que limitan a la Formación Abanico presentan esta orientación, al igual que las fallas que cortan el extremo sur del cuerpo intrusivo del río Pacunto. Estas últimas fallas son obliteradas por la Formación Pedregoso (Eoceno).

Los lineamientos de fotos áreas muestran también dirección NW en el Batolito de Galletué.

La etapa activa de estas fallas debe haber sido en parte contemporánea y posterior al emplazamiento del Batolito de Galletué (Cretácico Superior) y anterior al Eoceno.

3) Historia tectónica

La sucesión de eventos tectónicos que se pueden evidenciar en la zona estudiada son los siguientes:

- En el Jurásico Medio a Superior el área formaba parte de una cuenca sedimentaria marina de carácter mioliminar, en la que se depositó la Formación Pacunto.
- En el Jurásico Superior se produce una fase compresiva que causa el plegamiento de la Formación Pacunto y el alzamiento del sector quedando este sometido a la erosión. Esta fase compresiva debe corresponder a



ETAPA VI Deposition de material volcánico en ambiente continental antes de los glaciaciones.



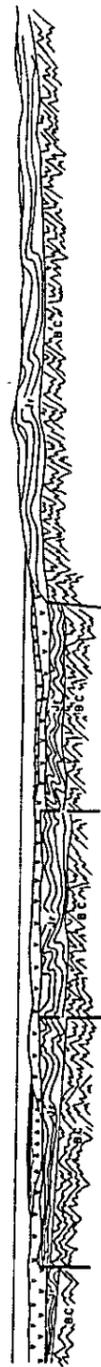
ETAPA V Deposition de lavas en ambiente lacustre durante el Mioceno



ETAPA IV Embayamientos formados por Graben durante el Eoceno



ETAPA III Emplazamiento de rocas plutónicas durante el Cretácico



ETAPA II Volcanismo submarino durante el Cretácico



ETAPA I Sedimentación de Flysh somero durante el Jurásico Medio

Fig. III- 5 EVOLUCION GEOLOGICA DEL AREA DE SIERRA NEVADA

- la fase Araucana que se desarrolló en el Kimmeridgiano de acuerdo a Charrier y Vicente (1972).
- En el Hauteriviano (123 m.a.) se produjo el emplazamiento del cuerpo intrusivo del río Pacunto.
 - Entre el Aptiano y el Cenomaniano se produjo la actividad volcánica andesítica representada por la Formación Abanico.
 - En el Cretácico Superior, entre el Turoniano y el Campaniano (93 ± 5 a 80 ± 1 m.a.) se produce el emplazamiento del Batolito de Galletué. En las fases póstumas de este plutonismo se producen intrusiones de cuerpos hipabisales que muestran mineralización asociada y alteración hidrotermal que da origen al yacimiento de tipo pórfido cuprífero de Galletué.
 - En el Terciario Inferior se produce una distensión que da origen a un graben, el cual constituyó una cuenca sedimentaria de carácter lagunar conectada hacia el este (sector argentino) con un mar abierto. Esta cuenca fué rellenada en el Eoceno por sedimentos y materiales piroclásticos que forman la Formación Pedregoso.
 - Una fase compresiva ubicada entre el Eoceno y el Mioceno, la cual debe corresponder a la fase Incaica reconocida por Charrier y Vicente (1972), produce el plegamiento de la Formación Pedregoso.
 - En el Mioceno se produce un volcanismo andesítico que dá origen a la Formación Sierra Nevada.
 - Una nueva fase compresiva se produce en el Mioceno Superior plegando suavemente a la Formación Sierra Nevada. Esta debe corresponder a la fase Quechua de Charrier y Vicente (1972).
 - Posteriormente se produce un ciclo erosivo que aplanar el relieve.

- En el Plioceno-Pleistoceno se produce un volcanismo de plateau.
- En el Pleistoceno el área es sometida a una fuerte erosión glacial que modela su morfología y finalmente la erosión post-glacial le dá las características morfológicas actuales.

1.5. Consideraciones

1. En el área del Cuadrángulo Sierra Nevada se presentan rocas miloníticas asignadas preliminarmente al Paleozoico, que constituirían el basamento sobre el cual descansa una secuencia flyshoide de edad Jurásico Medio a Superior. Esta secuencia infrayace discordantemente a andesitas cretácicas sobre las cuales se encuentran discordantemente rocas piroclásticas y sedimentarias eocenas depositadas en un graben a los cuales sobreyacen rocas volcánicas y sedimentarias lacutres del mioceno discordantes con rocas pliocuaternarias que se apoyan en ellas formando un plateau.
2. Las rocas intrusivas están constituídas por rocas plutónicas y subvolcánicas.
3. Las rocas subvolcánicas corresponden a fases póstumas de la actividad del plutón y están relacionadas con mineralización metálica.
4. El Batolito de Galletué puede ser dividido en dos unidades: Unidad Occidental, tonalítica y Unidad Oriental, granodiorítica, separadas ambas por una línea aproximadamente NS. La facie tonalítica (Unidad Occidental) es producto de una diferenciación más temprana y su emplazamiento es ligeramente anterior a la facie granodiorítica (Unidad Oriental). Se realizaron 10 determinaciones de roca total; 5 muestras de la Unidad Occidental, 2 muestras de la Unidad Oriental, 1 muestra del Stock Río Pacunto y 2 muestras del stock Río Paule.

Tab. III-3 NORMA CIPW

	Río Queuco					Sierra Nevada									
	F-36	N-1	N-2	N-3	N-4	D-80	D-108	E-5	E-56	E-131	E-176	J-31	K-3	K-15	K-81
SiO ₂	43,83	65,62	67,83	66,37	48,17	64,65	59,66	61,22	64,66	50,16	62,81	61,18	56,13	59,60	66,07
Al ₂ O ₃	27,65	16,00	16,82	17,92	19,18	16,72	17,89	17,02	16,63	18,65	18,98	17,94	17,70	16,94	16,39
Fe ₂ O ₃	1,21	1,28	1,10	1,46	2,16	1,10	1,97	1,55	1,34	4,47	0,58	1,84	3,88	1,56	1,24
FeO	3,75	3,81	2,90	3,02	6,48	3,38	4,42	4,41	3,58	6,01	4,87	4,34	3,66	4,82	3,17
MgO	4,70	1,61	0,88	1,01	7,37	1,54	1,56	2,54	2,14	4,16	2,01	2,34	2,75	3,20	1,41
CaO	15,13	4,91	2,76	3,55	6,65	5,25	6,62	6,09	4,09	10,39	4,34	6,02	5,64	6,74	5,26
Na ₂ O	1,15	3,68	3,57	2,82	3,38	3,65	3,26	3,46	3,42	2,70	3,59	3,58	4,12	3,30	3,61
K ₂ O	0,27	1,98	2,35	3,17	1,04	1,65	1,71	1,92	2,31	1,06	1,93	2,05	2,34	1,65	1,92
H ₂ O*	2,05	0,42	1,40	1,18	2,89	0,96	1,34	0,84	0,68	1,35	1,79	0,67	1,80	1,11	0,43
H ₂ O ⁻	0,12	0,18	0,25	0,12	0,44	0,14	0,22	0,14	0,17	0,11	0,14	0,10	0,14	0,17	0,11
TiO ₂	0,03	0,56	0,15	0,20	0,81	0,43	0,69	0,65	0,57	0,79	0,57	0,51	0,78	0,56	0,36
P ₂ O ₃	0,11	0,21	0,21	0,21	0,26	0,19	0,24	0,23	0,21	0,29	0,24	0,25	0,30	0,25	0,22
MnO	0,09	0,09	0,08	0,15	0,16	0,10	0,13	0,10	0,10	0,10	0,11	0,12	0,16	0,12	0,10
CO ₂	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,14	0,08	0,01	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Total	99,85	100,35	100,30	100,23	99,51	99,93	99,49	100,19	99,96	100,33	99,97	100,03	99,50	100,02	100,29

Q	-	21,18	28,7	26,0	-	22,0	18,0	13,4	21,2	5,0	25,9	15,1	11,3	13,2	23,3	
C	-	-	3,3	3,5	0,4	-	-	-	0,8	-	1,6	-	-	-	-	
or	1,7	11,7	13,9	18,9	6,1	10,0	10,0	11,1	13,9	6,1	11,7	12,3	13,9	10,0	11,1	
ab	7,9	30,9	30,4	23,6	26,8	30,9	27,8	30,9	28,8	23,0	30,4	30,4	24,6	27,8	30,4	
cn	72,0	21,4	13,6	17,5	32,8	24,2	28,1	26,4	20,3	35,6	9,7	24,2	23,1	26,4	23,1	
ne	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
hy	en	-	3,3	2,2	2,5	4,1	3,4	3,1	5,0	5,4	6,7	5,0	4,7	6,0	6,5	2,9
	fs	-	2,8	4,5	4,2	4,5	4,5	4,5	4,5	5,8	4,1	3,8	3,4	2,2	5,5	3,7
di	wo	1,3	1,3	-	-	-	0,5	2,0	2,8	-	5,9	-	2,4	1,3	2,9	1,3
	en	0,8	0,7	-	-	-	0,3	0,8	1,4	-	3,7	-	1,2	0,9	1,5	0,6
el	fs	0,4	0,5	-	-	-	0,2	1,2	1,3	-	2,1	-	1,2	0,2	1,3	0,7
	fo	7,7	-	-	-	9,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	fe	4,3	-	-	-	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mt	1,9	1,9	1,6	2,1	3,7	1,6	2,8	2,3	1,9	6,5	0,9	4,2	5,6	2,3	1,9	
il	-	1,1	-	0,5	1,8	0,8	1,4	1,2	1,1	1,4	1,1	1,4	1,5	1,1	0,6	
ep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	0,7	-	-	
cc	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

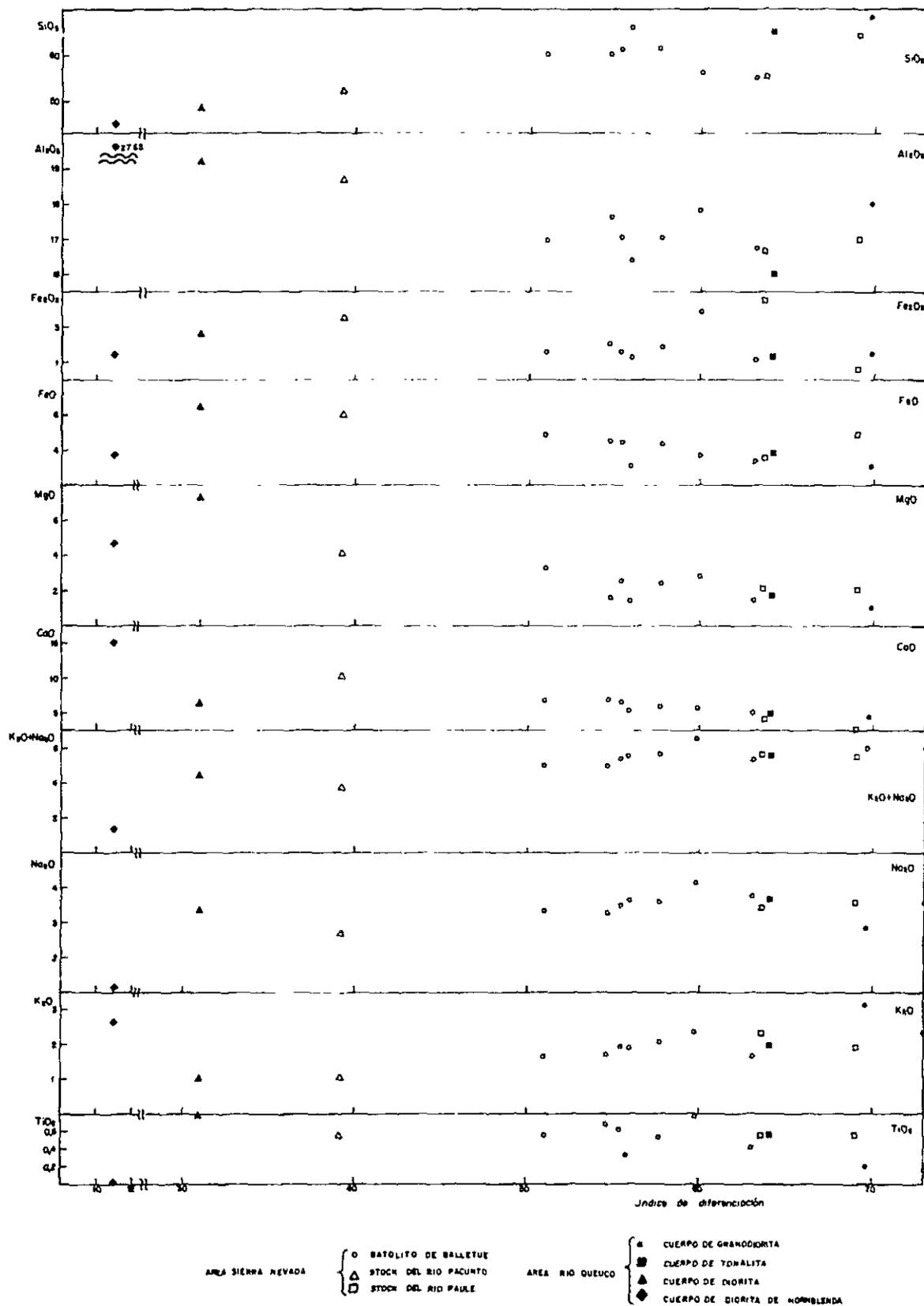


Fig. III- 6 DIAGRAMA DE VARIACION

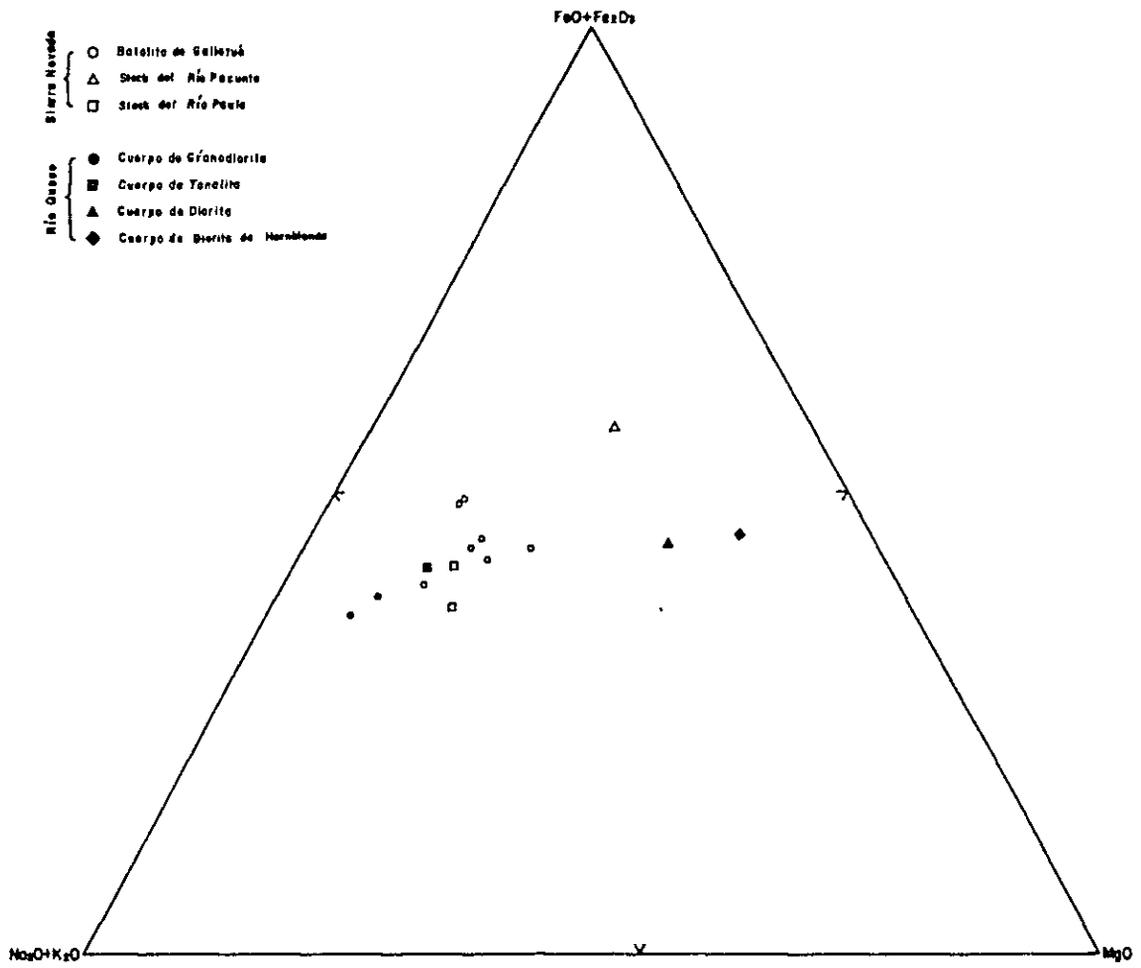


Fig. III- 7 DIAGRAMA MFA

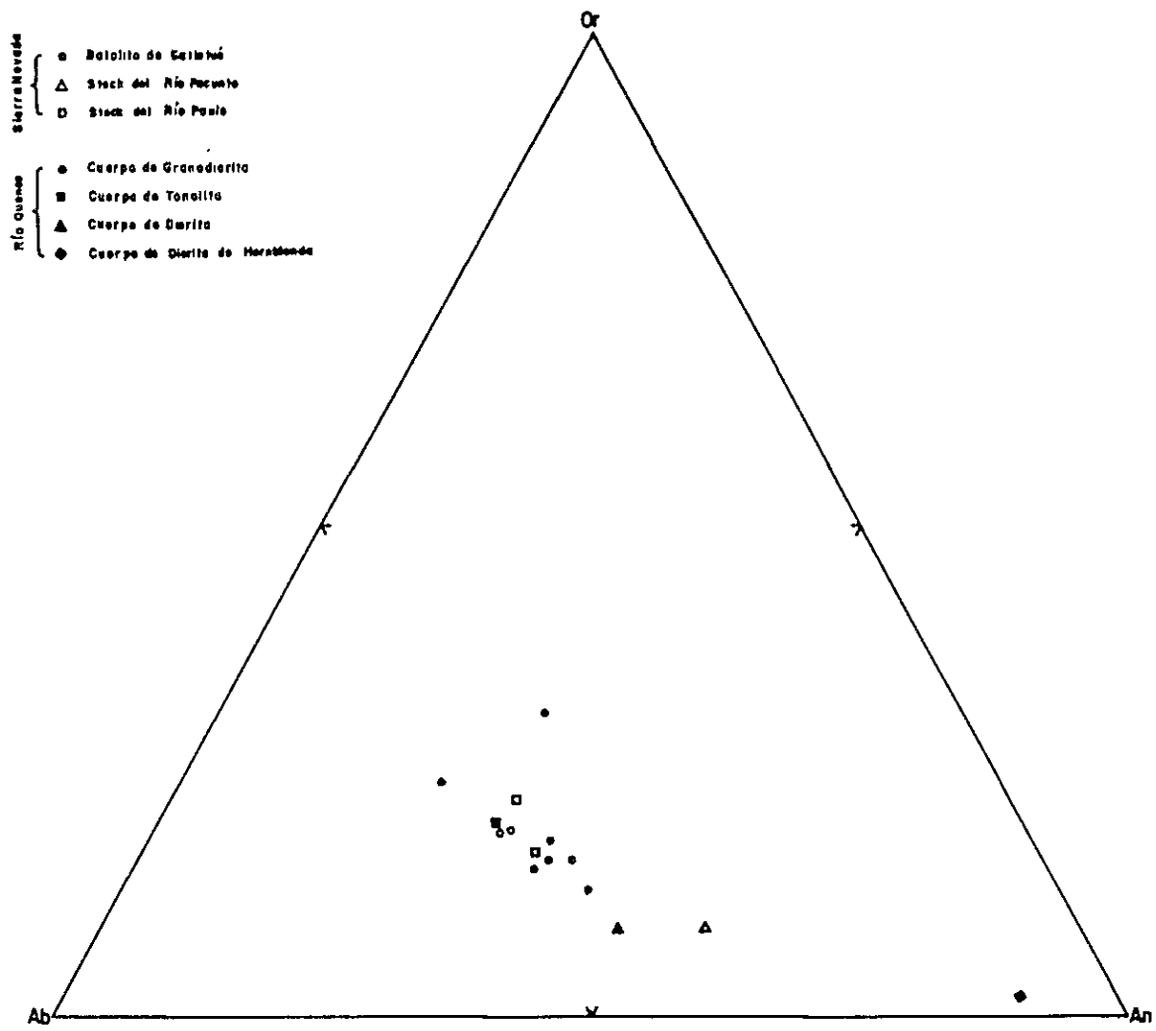


Fig. III- 8 DIAGRAMA Or-Ab-An

El stock Río Paule tiene 50,15% de SiO₂, su "índice de diferenciación"* es 39; el stock Río Paule y el Batolito de Galletué, ambos con litología similar, tienen SiO₂ variable entre 56% y 66%, el "índice de diferenciación" varía entre 61 y 69; el Batolito de Galletué presenta un aumento de álcali proporcional al "índice de diferenciación" hasta 60, desde este valor el contenido de álcali se hace constante. El contenido de hierro varía inversamente con el "índice de diferenciación". Observando el diagrama MFA, el hierro total y magnesio varían inversamente con la diferenciación, al contrario, el contenido de álcali varía positivamente con la diferenciación. En un diagrama Or-Ab-An, el contenido de álcali aumenta con la diferenciación; de lo anterior se deduce que la Unidad Oriental y el stock Río Paule corresponden a un producto de diferenciación mas avanzado que la Unidad Occidental; los contenido de álcali y SiO₂ son mayores en la Unidad Oriental mientras que el hierro total y MgO son menores.

5. La estructura geológica corresponde a un sistema NE, que predomina y sistemas NS y NW subordinados. La falla de Lonquimay que pertenece al sistema estructural NE, limita el lado occidental de rocas de basamento y posiblemente pertenece a un línea tectónica mayor en la Cordillera de Los Andes.

6. En la área existen varias zonas mineralizadas, pero todas ellas, a excepción de la mineralización tipo pórfido cuprífero del Prospecto Galletué, carecen de importancia económica. Las vetas auríferas del stock Río Pacunto pueden ser importantes, pero su real trascendencia se determinará con trabajos de mayor detalle.

* "índice de diferenciación" = (Ab+Or+nefelina+qz) normativo

Capítulo 2. Geología Económica

2.1. Generalidades

En el área de trabajo se han efectuado trabajos de prospección y explotación de metales no ferrosos, uranio y esquistos bituminosos.

Rodríguez et al, en 1931, efectuó una completa exploración de esquistos bituminosos en los sedimentos de la Formación Pedregoso, concluyendo que para los parámetros económicos de la época no eran comerciales.

La Comisión de Energía Atómica de los EE.UU. y el Instituto de Investigaciones Geológicas, realizaron un programa conjunto de exploraciones por uranio en 1959 cuyos resultados no fueron auspiciosos.

En 1973, el IIG inició la exploración geoquímica regional del área detectando varias zonas con mineralización de cobre.

2.2. Mineralización y/o alteración hidrotermal

Durante el presente trabajo fueron reconocidas áreas con mineralización de sulfuro de hierro, ampliamente distribuidas, sin importancia económica.

La mineralización más importante corresponde al Prospecto Galletué. Las observaciones microscópicas permiten determinar diseminación de sulfuros de cobre en varios otros lugares, pero estos carecen de importancia económica.

La mineralización, en el área se presenta frecuentemente con alteración hidrotermal asociada. A continuación se describen las zonas con mineralización y/o alteración reconocidas.

1) Zona del Prospecto Galletué

Esta es la zona de alteración y mineralización más importante del área de Sierra Nevada, corresponde a un pórfido cuprífero cuyas características son

descritas más adelante en el capítulo correspondiente al estudio de detalle.

2) Zona del Río Quinquén

En las nacientes del río Quinquén, en una extensión de 80 m, se reconoce un área con alteración hidrotermal muy intensa que ha borrado la textura original de las rocas; por el contexto regional es posible determinar que estas corresponden a rocas sedimentarias de la Formación Pacunto en el contacto con el stock del río Paule. La alteración se manifiesta por una intensa argilización y silicificación que imprime un color blanco amarillento a las rocas originalmente oscuras de la Formación Pacunto.

Las observaciones microscópicas de secciones pulidas, permitieron determinar la presencia de magnetita, hematita, calcopirita y pirrotina.

La hematita reemplaza parte de la magnetita subhedral. La calcopirita se presenta en pequeña cantidad, como agregado de cristales anhedrales muy pequeños coexistiendo con pirrotina.

El análisis químico de una muestra entrega el siguiente resultado:

Cu(%)	Mo(ppm)	Pb(%)	Zn(%)	Mn(%)	Fe(%)	S(%)	As(ppm)	Ag(ppm)	Au(ppb)
0,07	8	<0,01	<0,01	0,03	5,38	2,64	<5	<0,9	<40

Esta zona de metasomatismo de contacto con alteración hidrotermal y bajos contenidos de minerales metálicos carece de interés económico.

3) Zona del Estero el Saltillo

En el estero El Saltillo, 1,5 km aguas arriba de la confluencia con el río Quinquén, se reconoce el contacto entre la Formación Pacunto y un cuerpo de pórfido diorítico que la intruye, en este se genera una zona de alteración que consiste principalmente en silicificación de la roca de caja acompañada de

una disseminación de pirrotina.

La observación macroscópica no permite distinguir menas.

4) Zona de la Cordillera Galletué

En la Cordillera Galletué, entre el río Pacunto y el estero El Saltillo, en el contacto entre las rocas de la Formación Pacunto y el extremo sur del stock del río Paule se presenta una débil alteración consistente en silicificación de las rocas y una fina disseminación de pirrotina. Esta se observa a lo largo del contacto mencionado hasta el estero El Saltillo y no existe mineralización cuprífera.

5) Zona del Esteró Cajón Chico

En las nacientes del Esteró Cajón Chico, en rocas de la Formación Pacunto próximas al contacto con un cuerpo intrusivo, se observó alteración hidrotermal consistente en una intensa silicificación acompañada de mineralización de sulfuros disseminada y en venillas, con algunos núcleos de 2 cm de diámetro.

Al microscopio se puede determinar agregados cristalinos de pirrotina, calcopirita y pirita.

El análisis químico de una muestra representativa entregó el siguiente resultado:

Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Mn(%)	Fe(%)	S(%)	As(ppm)	Ag(ppm)	Au(ppb)
0,02	<0,01	0,01	0,05	20,06	12,87	875	0,4	<40

6) Zona de Litrancura

En la zona de Litrancura, al oeste de la cabecera del río Quinquén, se observan rocas de la Formación Abanico intruídas por diques dioríticos de grano

fino elongados en dirección NS, los cuales producen metasomatismo de contacto en un ancho aproximado de 8 m el metamorfismo de contacto ha generado hornfels, con una zona de clinopiroxeno y una de hornblenda, con pequeñas cantidades de granate.

Las observaciones microscópicas permiten determinar la presencia de magnetita, pirita y cantidades menores de calcopirita reemplazada parcialmente por pirita.

El análisis químico de una muestra señala el siguiente resultado:

Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Mn(%)	Fe(%)	S(%)	As(ppm)	Ag(ppm)	Au(ppb)
<0,01	<0,01	0,01	0,20	5,02	0,03	<5	<0,20	<40

7) Zona del Río Pacunto

En el stock del río Pacunto se presentan vetillas de cuarzo de no más de 20 cm de potencia, las cuales presentan un rumbo predominante N30°E y algunos metros de corrida. La mineralización ocurre a través de estas vetillas y al microscopio se observa pirrotina, pirita, calcopirita y marcasita, en orden decreciente de abundancia.

La paragénesis tiene el siguiente orden: pirita, pirrotina, calcopirita y finalmente marcasita.

El análisis químico de una muestra dió el siguiente resultado:

Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Mn(%)	Fe(%)	S(%)	As(ppm)	Ag(ppm)	Au(ppb)	Mo(ppm)
0,07	<0,01	0,03	0,02	8,53	0,39	5	9,1	38	12

La diferencia entre los contenidos de oro y plata demuestra la presencia de oro nativo, el cual libre por la meteorización, ha sido transportado aguas abajo por los ríos que drenan este sector y se ha depositado en los sedimentos aluviales constituyendo placeres auríferos como los existentes en el estero

Pedregoso.

8) Zona de la Cordillera de Lonquimay

Al este del valle del río Lonquimay, en el contacto entre el stock del río Paule y la Formación Pacunto se presentan venillas de cuarzo con piritita y pirrotina. En una de ellas la mineralización es únicamente piritita y limonita.

El análisis químico de una muestra proveniente de una vetilla dio el siguiente resultado:

Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Mn(%)	Fe(%)	S(%)	As(ppm)	Ag(ppm)	Au(ppb)	Mo(ppm)
< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,12	1,42	0,20	30	0,3	< 40	9

9) Zona de Huemules

En esta zona ubicada 1 km al norte de la laguna de Galletué, aguas arriba del estero Huemules, se presentan rocas pertenecientes a la Unidad Oriental del Batolito de Galletué con silicificación y sericitización. En una pequeña zona de 5 m se observan algunas venillas paralelas con rumbo N20° E, las cuales contienen piritita.

El análisis químico de una muestra de este lugar dio el siguiente resultado:

Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Mn(%)	Fe(%)	S(%)	As(ppm)	Ag(ppm)	Au(ppb)	Mo(ppm)
< 0,02	< 0,01	< 0,01	0,03	3,75	0,65	< 5	< 0,2	< 40	5

10) Zona de Mallín del Toro

En esta zona, ubicada superior del río Trufquenilahue, se observan rocas de la Formación Pacunto fuertemente silicificadas y con una diseminación de piritita, pirrotina y algo de calcopiritita. Las rocas aparecen cruzadas por venillas de cuarzo y feldespatos potásicos.

11) Zona de la Fusta

Esta zona se ubica en la ladera oriental del valle del río Lonquimay, a 1,5 km aguas abajo de la confluencia de dicho río con el estero El Porfiado.

En este sector se presentan gneisses miloníticos asignados tentativamente al Paleozoico, intruídos por la tonalita del Betolito de Galletué; el contacto presenta un rumbo aproximada NS y los gneisses aparecen fuertemente silicificados, presentando además escasa sericita. La zona silicificada se extiende aproximadamente hasta 100 m del contacto y por 300 m de largo, en ella se observa una fina diseminación de pirita. Además, se presentan limonitas pardas en fracturas, producto de la lixiviación de la pirita.

El análisis químico de una muestra dió el siguiente resultado:

Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Mn(%)	Mo(ppm)	Fe(%)	S(%)	As(ppm)	Ag(ppm)	Au(ppb)
< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,07	8	5,90	2,96	< 5	0,2	< 40

Esta zona carece de interés económico ya que la mineralización corresponde única y exclusivamente a sulfuro de hierro.

Capítulo 3. Geoquímica

3.1. Generalidades

El área de Sierra Nevada y en general todo el Alto Bfo-Bfo, se caracteriza por sus rasgos geológicos variados que condicionan diferentes ambientes metalogénicos (intrusivos, skarns, secuencias sedimentarias, etc). Los trabajos previos del IIG en la zona han constatado la presencia de zonas alteradas hidrotermalmente con cobre y molibdeno, vetas de cobre emplazadas en volcanitas e intrusivos y placeres, todos difícilmente observables debido a la cobertura vegetal existente y a la arealmente extensa capa de pumicita reciente que cubre los afloramientos; por estas razones se proyectó la prospección geoquímica estratégica en el área Sierra Nevada mediante sedimentos fluviales, como ampliación y complemento de la prospección geoquímica a escala 1:250.000 que efectuó el IIG en el área los años 1973 y 1974 y que condujo al hallazgo del prospecto cuprífero Galletué; dicho reconocimiento abarcó en aquella oportunidad solo una porción del cuadrángulo Sierra Nevada.

3.2. Recolección de muestras

Las muestras recolectadas corresponden a sedimentos activos con granulometría variable entre arenas y arcillas, con fuerte aporte de cenizas volcánicas y algún contenido de materia orgánica en las fracciones del tamaño arcilla. La muestra fue reducida en terreno mediante un tamiz de plástico a menos malla 50 y enviadas húmeda al laboratorio químico del IIG en Santiago donde fueron secadas y tamizadas bajo malla 80.

La ubicación de los puntos de muestreo se hizo sobre la hoja Sierra Nevada, a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar.

Durante las sucesivas campañas de terreno se recolectaron 399 (345 muestras de geoquímica regional y 54 de geoquímica de detalle) muestras en un área de 600 km², lo cual da una densidad de 0,60 muestras/km².

3.3. Análisis de las muestras

La marcha analítica seguida fue igual a la descrita en el capítulo 3, 4, parte II-II.

3.4. Tratamiento estadístico de los datos

El tratamiento estadístico efectuado es igual al descrito en el capítulo 3, 4, parte II-II.

3.5. Resultados y discusión

El análisis estadístico de 390 muestras de sedimentos del área del río Queuco señala la existencia de 19 muestras anómalas en lo más elementos químicos (valores mayores que la $\bar{M} + 3S$ en la población no tamizada). En la población tamizada se separan muestras anómalas, la mayoría por el elemento zinc.

Los contenidos de cobre varían entre 1 ppm y 135 ppm. La media es 26,07 ppm y la desviación standard 11,52 (población no tamizada). Los valores anómalos de cobre se distribuyen irregularmente en 2 áreas situadas en el área sur del lago Galletué y en el sistema del río Pedregoso. Son relativamente altos los valores de cobre en la parte sur del área los cuales se relacionan con el prospecto cuprífero Galletué; los valores altos del sistema fluvial del río Pedregoso se presentan dispersos provenientes posiblemente de pequeños cuerpos vetiformes detectados en el área.

El zinc cuyos valores máximos y mínimo son 249 ppm y 29 ppm respec-

tivamente (población no tamizada) conforma una amplia y clara anomalía en el área Pedregoso-Pacunto originada posiblemente por lo stock que intruyen la secuencia jurásica. Los valores anómalos de zinc tienen tendencia a asociarse con valores sub-anómalos comprendidos entre la $\bar{M} + 2S$ y $\bar{M} + 3S$ de molibdeno en esta zona.

El manganeso varía entre 130 ppm y 1370 ppm (población no tamizada), los cuales se distribuyen erráticamente en toda el área con leve tendencia a concentrarse en el sector del lago Galletué y Pedregoso.

El molibdeno presenta valores uniformes y bajos variables entre 1 y 5 ppm; sin embargo una muestra proveniente de una quebrada que drena el prospecto Galletué indicó el valor errático 444 ppm. Los valores más altos de molibdeno se encuentran en muestras próximos al prospecto Galletué, sin embargo en el área del río Pedregoso se detecta una región anómala de molibdeno coincidente con una anomalía de zinc (PL. III-4).

* Los valores de plomo y plata, para toda el área, es inferior al límite de detección fijado (10 ppm y 1 ppm respectivamente).

El análisis de factores de los resultados geoquímicos indica los siguientes factores como responsables de la mayor parte de la varianza de la población:

Factor	I	II
Cu	0,525	-0,158
Zn	-0,010	-0,586
Mn	-0,103	-0,562
Mo	0,637	0,216

El factor I parece relacionarse con la mineralización de cobre y molibdeno presente en el prospecto Galletué; sin embargo, al mapear el resultado

del análisis de factores como "factor scores" (factor I aprecia una concentración de valores no solo en el área del prospecto Galletué, sino también en el sector del río Pedregoso (PL. III-5).

El factor II es explicado exclusivamente por la presencia de mineralización importante de molibdeno. Mapeado el factor II como "factor score" es posible distinguir claramente tres áreas cuya varianza es explicada por este factor (PL. III-6) a saber:

- a) Sur del lago Galletué (Prospecto Galletué)
- b) Curso medio-superior del río Trufquenilahue.
- c) Ladera occidental del cerro Mallín del Toro.

El primer sector es conocido, los otros dos deben ser estudiados detenidamente para explicar este hecho.

En base a los resultados anteriores es posible concluir:

1. Los valores anómalos de cobre y molibdeno al sur de la laguna Galletué se explican por la presencia de un cuerpo con mineralización de tipo "cobre porfídico" (Prospecto Galletué).
2. En el sector del río Pedregoso y sus afluentes principales se detecta una zona anómala de zinc y molibdeno que debe ser estudiada en detalle.
3. Los valores altos de cobre, distribuidos en forma dispersa en sector Quinquén-Paule están relacionados con pequeñas vetas reconocidas en el sector, carentes de importancia económica.
4. La posible existencia de mineralización de molibdeno en curso medio-superior del río Trufquenilahue y en el flanco occidental del Cordón Mallín del Toro debe ser considerada en estudios futuros.

Tab. III-4 ESTADISGRAFOS BASICOS DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES,

AREA DE SIERRA NEVADA

(Población Tamizada)

Elementos	Media ppm	Desviación Standard	$\bar{M} + 1S$ ppm	$\bar{M} + 2S$ ppm	$\bar{M} + 3S$ ppm	Skew	Kurtosis
Cu	24,63	6,41	31,04	37,45	43,86	1,03	1,49
Zn	49,50	19,65	69,14	88,79	108,41	2,02	6,16
Mn	409,44	146,08	555,52	701,60	847,68	0,66	0,30
Mo	1,64	0,96	2,60	3,56	4,52	0,63	-0,54

Tab. III-5 MUESTRAS ANOMALAS, AREA DE SIERRA NEVADA

(Población Tamizada)

Muestra	Cu	Zn	Mn	Mo
GD-4				*
GD-20		**		
GE-12				*
GE-13	*			
GE-14				*
GE-21				*
GE-25	*			*
GE-44	*	*		
GE-47				*
GE-51		**		
GE-52				*
GE-54				*
GE-55				*
GE-56				*
GE-57			*	
GE-59				*
GE-67			*	
GE-68		*		
GE-69	*	**		
GE-86		*		
GE-87		**		
GE-89		**		
GE-93		**		
GE-124	**	*		
GD-32	**			
GD-40	**			
GD-42				*
GD-68	*			
GD-88	*			
GJ-9	*			
GJ-12		*	*	
GJ-13		*		
GJ-14		*		
GJ-15		**	**	
GJ-30	*			
GJ-33		*		
GJ-35	*			*
GK-6	*			
GK-17			*	

Muestra	Cu	Zn	Mn	Mo
GM-13			*	
GM-16		**		
GM-18		*		
GM-23				*
GM-26	**			
GM-27	*			
GM-32			*	
GM-35	*			
GM-39			**	
GM-47			**	
GM-48			*	
GM-52			*	
GM-56			*	

** muestras anómalas mayores que $\bar{M} + 3S$

* muestras anómalas comprendidas entre $\bar{M} + 2S$ y $\bar{M} + 3S$.

Tab. III-6 MATRIZ DE CORRELACION

(MUESTRAS DE SEDIMENTOS DEL AREA SIERRA NEVADA)

	Cu	Zn	Mn	Mo
Cu	1,00	5,49	7,60	5,52
Zn	5,49	1,00	11,07	3,54
Mn	7,60	11,07	1,00	2,69
Mo	5,57	3,54	2,69	1,00

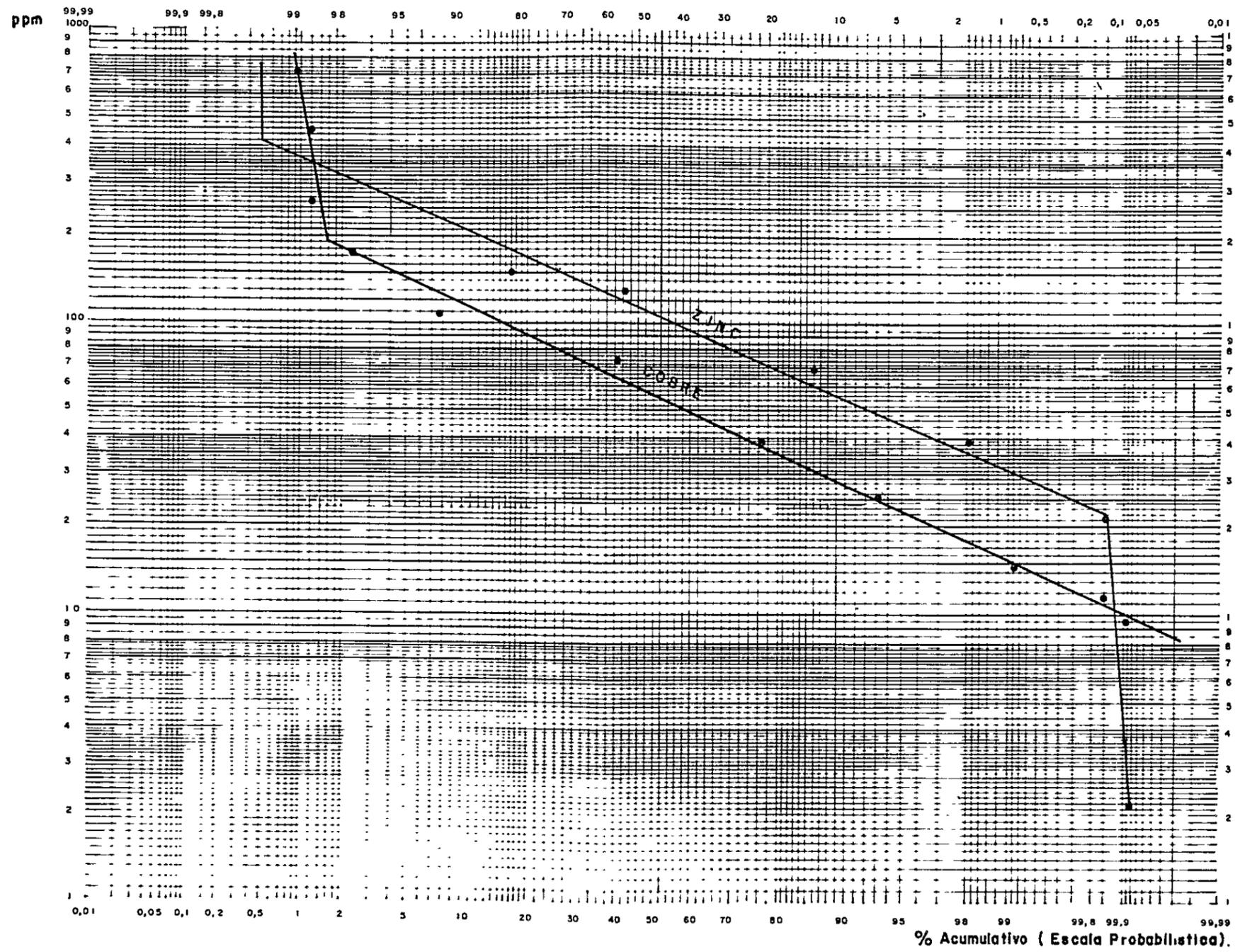


Fig. III- 9 GRAFICO DE FRECUENCIA ACUMULATIVA Zn Y Cu (AREA DE SIERRA NEVADA)

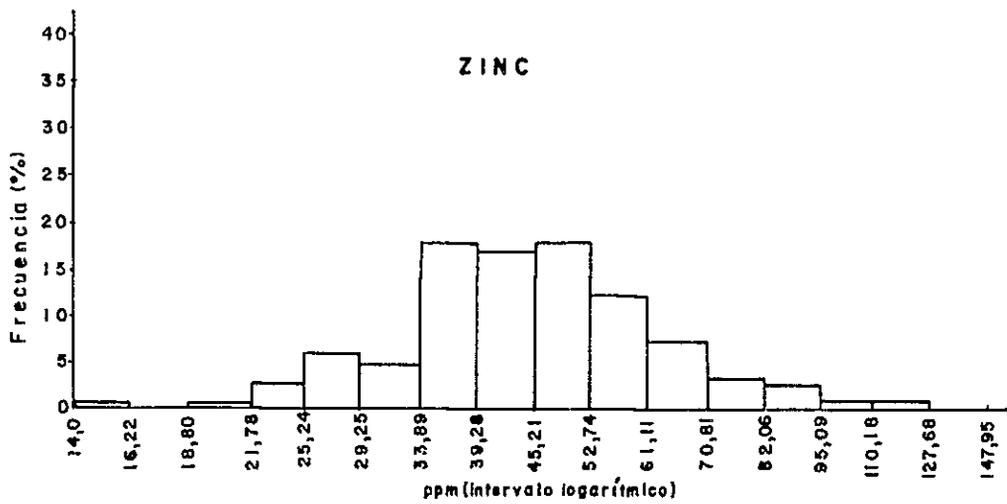
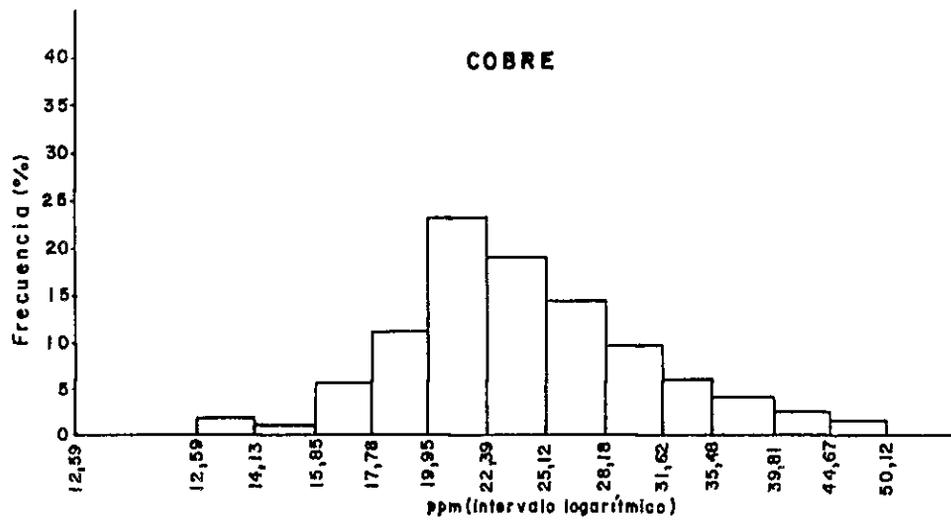


Fig. III-10 HISTGRAMA DE DISTRIBUCION DE Zn Y Cu EN SEDIMENTOS (AREA DE SIERRA NEVADA)

