

EL PROSPECTO CUPRIFERO "GALLETUE" — UN PORFIDO CUPRIFERO EN LA PROVINCIA DE MALLECO, NOVENA REGION, CHILE.

Guillermo Ossandón C.

Sociedad Minera El Teniente, Depto. Geología,
Alto Colón, Rancagua, Chile.

Guillermo Alfaro H.

Instituto de Investigaciones Geológicas,
Casilla 2857, Concepción.

Alfredo Cruzat O.

Avenida Italia 737,
Santiago, Chile.

RESUMEN

Esta publicación se refiere al hallazgo y exploración consecuente del prospecto cuprífero Galletué, Lonquimay (39°45' lat. S, 71°05' long. W), cuyas características geológicas permiten clasificarlo como un "porfido cuprífero". Dicho prospecto fue detectado mediante geoquímica de drenaje. Geológicamente corresponde a un intrusivo granodiorítico asignado al Cretácico Superior y que presenta alteración hidrotermal variable desde cloritización incipiente a núcleos de cuarzo-sericita. Asociada a la alteración hidrotermal se reconoce pirita, calcopirita y molibdenita. La exploración geoquímica en suelos mostró una anomalía de cobre de 500 x 1500 m y siete pequeñas anomalías de molibdeno. Los valores de Zn se disponen alrededor de la anomalía de cobre; los otros elementos analizados (K, Rb, Li, Pb y Mn) se distribuyen en forma dispersa y errática.

El levantamiento geofísico indicó una anomalía IP en la margen sur de la anomalía geoquímica de cobre; el levantamiento magnetométrico de la zona alterada indicó sólo una tendencia estructural este-oeste. Además de las expectativas económicas que indica el prospecto Galletué, es posible pensar, en el contexto geológico del área, en la continuación de la franja de porfidos cupríferos al sur del yacimiento El Teniente.

ABSTRACT

This paper deals with the discovery and consequent exploration of the copper prospect Galletué, Lonquimay area (39°45' lat. S, 71°05' long. W), whose geological characteristics permit to classify it as a "porphyry copper" deposit. The Galletué prospect was discovered by geochemical studies of stream sediments samples. From a geological point of view the prospect is located in a granodiorite intrusive, dated as Upper Cretaceous, with hydrothermal alteration changing from incipient chloritization to quartz-sericite patches. It is possible to recognise pyrite, chalcopyrite and molybdenite related to the hydrothermal alterations. Geochemical exploration with soil samples showed a copper anomaly about 500 x 1500 m and seven little molybdenum anomalies. The Zn values surround the Cu anomaly; the other elements analysed (K, Rb, Li, Pb and Mn) appear in erratic and disordered form.

Geophysical surveying showed an IP anomaly in the southern border of the copper geochemical anomaly; the magnetic surveying, over the altered area, showed only an east-west structural trend. Besides the economic expectations of the Galletué prospect, it is possible to think, in the geological context of the area, in the continuity of the porphyry copper belt southern to El Teniente ore deposit.

INTRODUCCION

El prospecto cuprífero Galletué fue descubierto durante la ejecución de una prospección de minerales que efectuó el Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG) el año 1973, en la región cordillerana de la provincia de Malleco, con el financiamiento de la ex-Junta de Desarrollo Industrial de Bío-Bío, Malleco y Cautín. Posteriormente, en 1974, esta misma institución patrocinó el desarrollo de la exploración geológica, geoquímica y geofísica del prospecto Galletué. A raíz de los positivos resultados obtenidos, el IIG continuó la exploración detallada del área efectuando un levantamiento geológico a escala 1:5000, exploración geoquímica en suelos y exploración geofísica (polarización inducida y magnetometría) (Alfaro, 1973, 1974, 1975; Love, 1974; Cruzat, 1974; Rivera, 1974; Bettancourt, 1975; Ossandón, 1976).

El objetivo de esta publicación es presentar los resultados de los diferentes trabajos de exploración efectuados en el prospecto Galletué, cuyas características geológicas permiten considerarlo como un "pórfido cuprífero", y exponer las técnicas que condujeron a su hallazgo, demostrando que la aplicación de métodos geoquímicos constituye una valiosa herramienta de exploración minera en la cordillera central-sur de Chile.

UBICACION Y CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y GEOMORFOLOGICAS

El prospecto Galletué se ubica en la zona cordillerana de Lonquimay a 2 km al sur de la laguna Galletué (39°45' lat. S, y 71°05' long. W) y a una altura de 1.200 m. Administrativamente pertenece al departamento Curacautín, provincia de Malleco, Novena Región.

En la figura 1 se muestran los caminos de acceso al prospecto. La ruta de uso más frecuente es la de Victoria-Lonquimay-Galletué, con una extensión de 140 km. Los caminos cordilleranos, que son de tierra sin estabilizar, quedan interrumpidos en invierno debido a la nieve y falta de mantención.

El clima es del tipo cordillerano frío con precipitaciones anuales (agua y nieve) variable entre 1.500 mm en las partes bajas y 4.000 mm en las cumbres. En los meses de Junio a Octubre la región permanece cubierta con nieve y se tienen frecuentes temperaturas bajo cero grado. Entre los meses de Octubre y Mayo el clima es templado y en los meses de verano las precipitaciones son cortas y

ocasionales.

La fisiografía de la zona de Lonquimay se caracteriza por grandes unidades morfológicas separadas entre sí por ríos o quebradas profundas que en general han seguido la traza de extensas fallas regionales. Estas unidades, que se conocen con el nombre de "cordilleras", corresponden a macizos de rocas mesozoicas que destacan claramente sobre un relieve más bajo constituido por sedimentos lacustres del Terciario Inferior y por lavas riolíticas del Terciario Superior. Las quebradas profundas y las lagunas de cabecera, Icalma y Galletué, conforman las nacientes del caudaloso río Bío-Bío, el cual ha labrado un amplio valle en plena región andina sobre las rocas terciarias que lo circundan.

El área estudiada o prospecto Galletué comprende una superficie de 2 km² definida en la ladera norte del cerro Los Mallines (1978 m.s.n.m.), que margina por el sur a la laguna. La ladera tiene relieve relativamente suave y está surcada por tres quebradas paralelas de dirección norte-sur, espaciadas más o menos 500 m entre sí, que drenan hacia el norte al río Trufquenilahue, que fluye a la laguna Galletué. El área está cubierta por cenizas recientes, cuyo espesor medio es de 4 m, de modo que los únicos afloramientos rocosos se encuentran en las tres quebradas y constituyen apenas el 5% de la superficie total. La vegetación es muy tupida, con bosques (pino, araucaria y lenga) en la parte alta y arbustos en la ladera, lo cual obligó a efectuar "franjas de roce" para el muestreo geoquímico.

La situación geográfica del prospecto Galletué para una eventual faena minera puede calificarse de muy favorable en cuanto a sus recursos hídricos, energéticos, madereros, mano de obra disponible y fisiografía poco accidentada para el trazado de caminos. Por el contrario, la mayor dificultad radica en los factores climáticos desfavorables por las nevadas en invierno.

ESTUDIOS EFECTUADOS

La exploración de recursos minerales en la zona del Alto Bío-Bío (Lonquimay), entre las latitudes 38° y 39°S, consistió en una primera etapa en el estudio geoquímico regional de sedimentos de río. Se recolectaron 118 muestras de sedimentos que fueron analizadas por cobre, molibdeno, antimonio, zinc y azufre. Se consideraron esos elementos químicos debido a que son comunes en las aureolas de

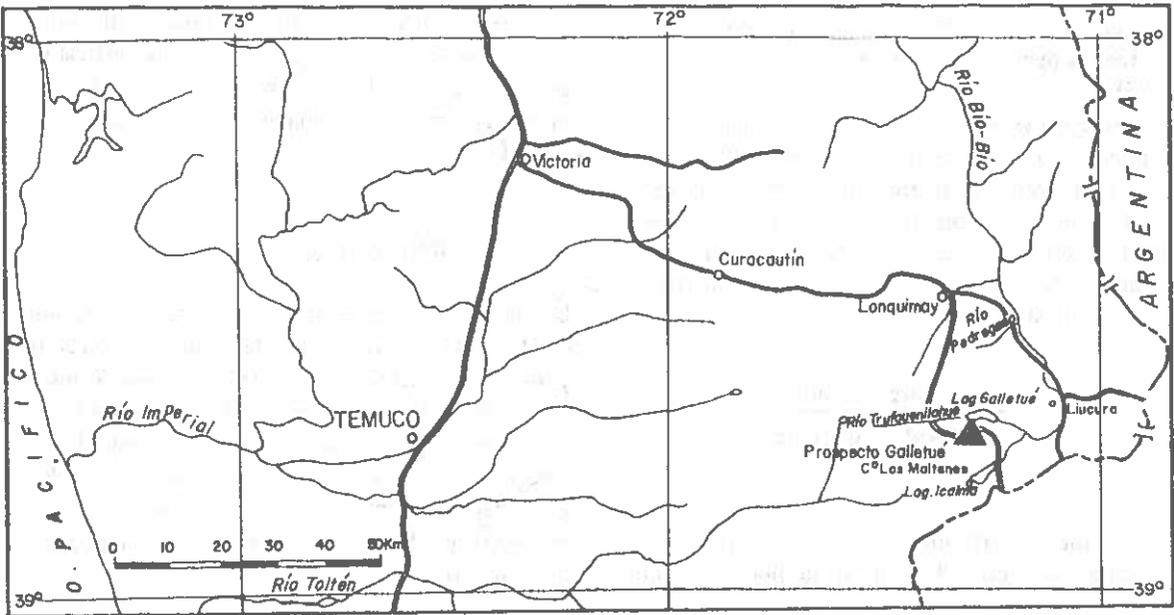


Fig. 1 Plano de Ubicación.

dispersión secundaria generadas por acción del agua a partir de los depósitos metálicos; además en conjunto conforman un amplio espectro de movilidad geoquímica en ambientes naturales. Como resultado de esta exploración geoquímica regional se detectaron ocho áreas de interés, de las cuales una, el prospecto Galletué, era la más importante (Alfaro, 1973; Thomas com. escrita, 1974).

En el prospecto Galletué los estudios incluyeron un mapeo geológico detallado a escala 1:5.000, geoquímica de los suelos sobre el sustrato rocoso y geofísica con polarización inducida. En los pocos afloramientos disponibles se estudiaron detalladamente los tipos litológicos, densidad de vetillas, distribución de sulfuros y mineralogía de alteración (Love, 1974; Ossandón, 1976).

La exploración geoquímica de detalle consistió en el muestreo, análisis químico e interpretación del contenido geoquímico de un "suelo fósil" desarrollado sobre el sustrato rocoso y cubierto por una capa de cenizas y lapilli. Las muestras del suelo fueron recolectadas mediante un taladro manual con el cual se atravesó la cobertura que tiene una potencia de cuatro metros. Las muestras fueron extraídas a profundidades variables entre 0,5 y 6 m (profundidad del "suelo fósil") y en algunos casos no se consiguió llegar a la roca por lo potente de la cubierta de cenizas y lapilli o bien por la presencia de un aluvio basal que detuvo el taladro. Los elementos analizados fueron Cu, K, Rb, Li, Pb, Zn y Mn.

El muestreo geoquímico abarcó inicialmente sólo siete perfiles (Love, 1974) los cuales indicaron anomalías de cobre con posibilidades de tener mayores dimensiones que el alcance de la malla. En una segunda etapa de muestreo la malla fue extendida lateralmente y estrechada en perfiles intermedios (Alfaro, 1975; Ossandón, 1976). Durante las dos campañas se recolectaron 396 muestras dispuestas en una malla rectangular de 1 x 2 km con distanciamiento entre muestras de 50 m en dirección NS y 100 m en dirección EW.

Todas las muestras fueron analizadas en los laboratorios del IIG. Cu, K, Rb, Li, Sb, Pb, Zn y Mn se determinaron mediante el uso de espectrofotometría de absorción atómica; Mo por colorimetría y S por combustión. Con los resultados se hizo un estudio estadístico para eliminar los valores erráticos de la población y definir "clases de mapeo geoquímico" con límites expresados en unidades de desviación standard. Finalmente se delinearon zonas de isocontenido para cada elemento químico en mapas de distribución.

La prospección geofísica en Galletué consistió en mediciones de polarización inducida (IP) y de magnetometría terrestre aprovechando las líneas de perfiles geoquímicos. La polarización inducida, comprendió cuatro perfiles en que se aplicó el método de "frecuencia variable" empleando la disposición de electrodos dipolo-dipolo (Rivera, 1974). Posteriormente se completó el levantamiento IP utilizán-

dose el "método transiente" con la disposición de electrodos denominado "gradiente" (Bettancourt, 1975).

Los resultados del método "frecuencia variable" se presentaron en secciones verticales y los del "método transiente" mediante curvas isoCR, que señalan directamente anomalías positivas IP debidas posiblemente a la presencia de sulfuros en el subsuelo. El factor CR es un parámetro adimensional dado por la expresión:

$$CR = \frac{(2 \times \text{Cargabilidad})}{\text{Resistividad Aparente}} \times 100$$

El estudio de IP señaló una zona bien definida, alargada en dirección ENE-WSW, desplazada 500 m

en sentido sur de la anomalía principal de cobre.

La magnetometría de la componente vertical registró variaciones de 600 gamas y las curvas de igual intensidad magnética señalan una tendencia preferencial este-oeste.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Investigaciones Geológicas y a las autoridades de la IX Región, muy especialmente al Secretario Regional Ministerial de Minería, Ing. Gonzalo Alvarez B., por haber autorizado usar información del Prospecto Galletué, amparado por pertenencias mineras de esa Región. Especialmente destacan los trabajos inéditos de los colegas John Love, Amado Rivera y Eugenio Bettancourt.

GEOLOGIA Y GEOQUIMICA REGIONAL

En la región de Lonquimay el cauce del río Bío-Bío señala un límite aproximado entre las cordilleras de rocas mesozoicas ubicadas al poniente y el extenso plateau volcánico de edad terciaria superior expuesto ampliamente al oriente del Bío-Bío. En el valle de ese río y en los sectores adyacentes, se reconoce una secuencia de estratos continentales depositados en ambiente lacustre, los cuales han sido asignados al Eoceno en base a su contenido faunístico. Las rocas más recientes corresponden a afloramientos locales de lavas y brechas andesíticas relacionados al volcanismo central del Cuaternario.

Las rocas mesozoicas ubicadas al oeste del Bío-Bío comprenden rocas sedimentarias marinas del Jurásico, expuestas al norte de la laguna Galletué, y rocas intrusivas granodioríticas de edad cretácica superior, que conforman un extenso plutón al sur de la laguna. Las rocas jurásicas se encuentran plegadas y en ellas se reconocen estructuras o fallas regionales de dirección preferencial NE-SW. La porción basal de la secuencia está constituida por margas, limolitas y lutitas, y en la parte alta por conglomerados fosilíferos y andesitas que han sido asignados al Dogger (Burckhardt, 1900; Chotin, 1970).

Los intrusivos son de composición granodiorítica con variaciones petrográficas menores a granito y adamelita. Este extenso batolito presenta claras relaciones de intrusión en las rocas jurásicas e incluso algunos de sus apófisis, como ocurre en el área de Pedregoso, generan pequeñas aureolas metamór-

ficas con mineralogía tipo skarn y mineralización sulfurada de pirita y calcopirita. Estos intrusivos y el batolito principal se asignan al Cretácico Superior; las relaciones de terreno señalan una edad mínima eocena, en atención a que no intruyen a los sedimentos lacustres de esa edad. Aún cuando no se han diferenciado plutones de edad terciaria, es posible que las primeras evidencias correspondan a los pequeños cuerpos de composición dacítica que intruyen a la granodiorita en el área de Galletué y con los que se relacionaría la actividad hidrotermal observada en el prospecto.

GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS FLUVIALES

La exploración regional de recursos económicos se basó en el estudio geoquímico de los sedimentos fluviales y consistió en separar aquellos cursos de agua cuyos "sedimentos" tuvieran una concentración química anómala e indicaran la posible existencia de depósitos metálicos ubicados aguas arriba del lugar en que se tomó la muestra.

Para la prospección geoquímica regional se usaron como elementos guías Cu, Mo, Zn, Sb y S. De los elementos considerados en esta etapa de la prospección, el Cu fue de gran utilidad al reflejar en los sedimentos cualquier área mineralizada en que estuviera presente. El Mo, cuantitativamente menos abundante que el Cu, aparece junto a éste cuando

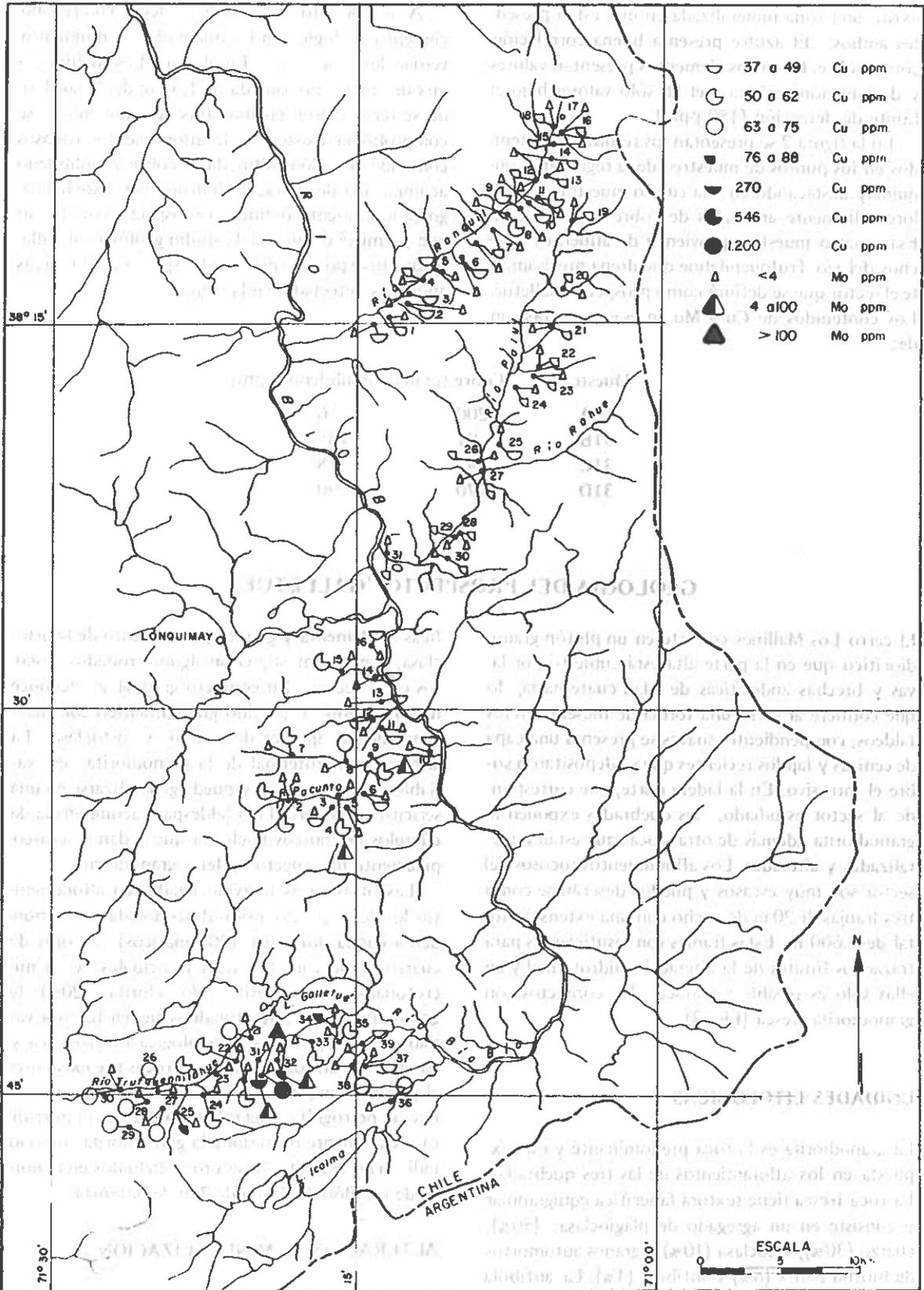


Fig. 2 Distribución de Cu y Mo en sedimentos fluviales en el área de Longuimay.

existe una zona mineralizada en que están presentes ambos. El azufre presenta buena correlación con el cobre. Los otros elementos presentan valores y distribución errática y el Sb sólo valores bajo el límite de detección (150 ppm).

En la figura 2 se presentan los resultados obtenidos en los puntos de muestreo de la región de Lonquimay destacando en ella cuatro muestras con valores altamente anómalos de cobre y molibdeno. Esas cuatro muestras provienen de afluentes derechos del río Trufquenilahue que drena precisamente el sector que se definió como prospecto Galletué. Los contenidos de Cu y Mo en esas muestras son de:

Muestra	Cobre (ppm)	Molibdeno (ppm)
31A	1200	6
31B	91	785
31C	546	18
31D	270	90

GEOLOGIA DEL PROSPECTO "GALLETUE"

El cerro Los Mallines consiste en un plutón granodiorítico que en la parte alta está cubierto por lavas y brechas andesíticas de edad cuaternaria, lo que confiere al cerro una forma de meseta. En los faldeos, con pendientes suaves se presenta una capa de cenizas y lapillis recientes que se depositaron sobre el intrusivo. En la ladera norte, que corresponde al sector estudiado, las quebradas exponen la granodiorita además de otras rocas que están mineralizadas y alteradas. Los afloramientos rocosos del sector son muy escasos y pueden describirse como tres franjas de 20 m de ancho con una extensión total de 1.600 m. Estas franjas son insuficientes para trazar los límites de la alteración hidrotermal y en ellas sólo es posible reconocer dos contactos con granodiorita fresca (Fig. 3).

UNIDADES LITOLÓGICAS

La granodiorita es la roca predominante y está expuesta en los afloramientos de las tres quebradas. La roca fresca tiene textura fanerítica equigranular y consiste en un agregado de plagioclasa (50%), cuarzo (30%), ortoclasa (10%) y granos automorfos de biotita parda (6%) y anfíbola (4%). La anfíbola está parcialmente reemplazada por biotita y/o clorita. La granodiorita presenta variaciones petrográ-

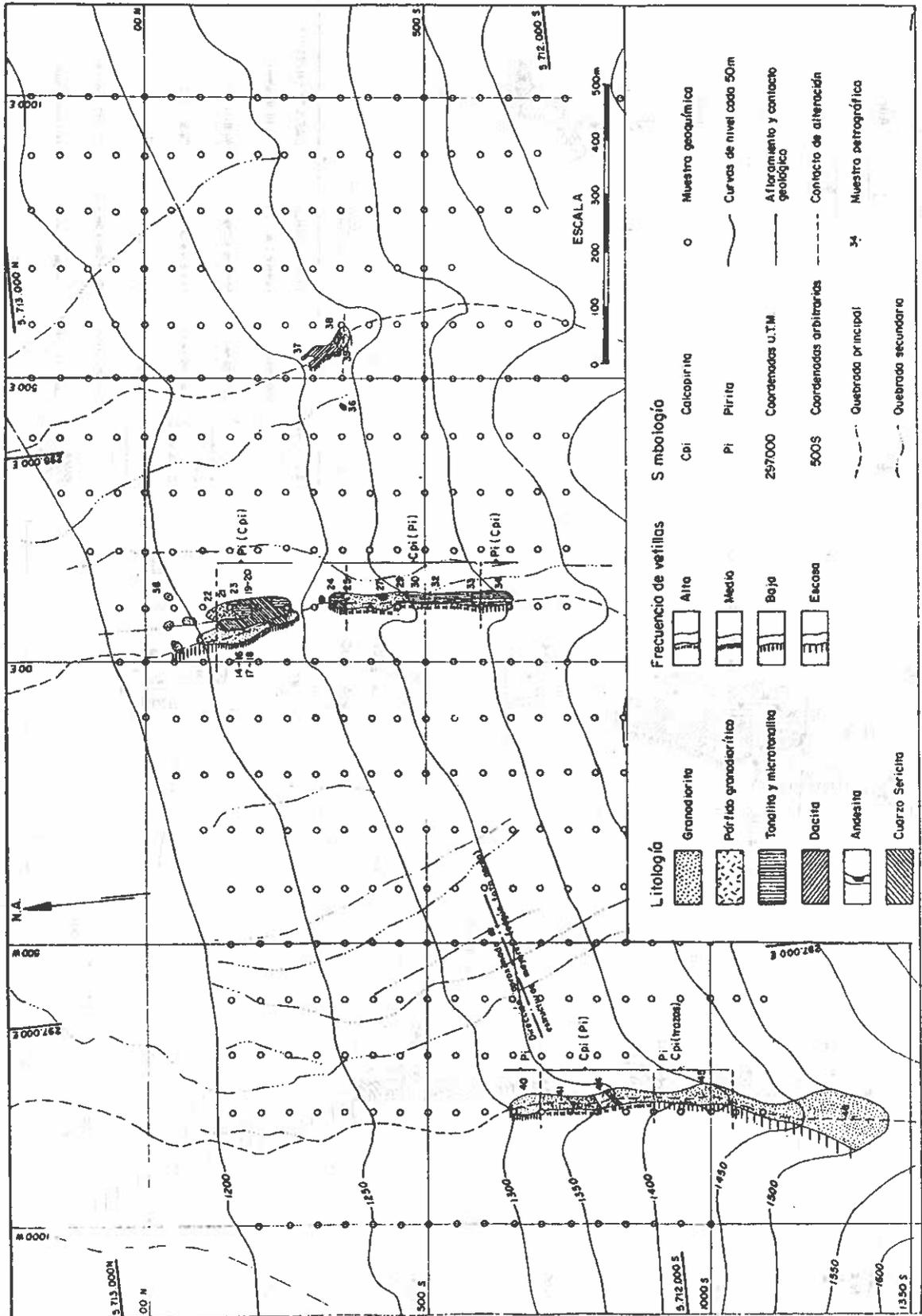
A raíz de estos resultados se efectuó un reconocimiento geológico en las quebradas de donde provenían los sedimentos. En el cerro Los Mallines, a una distancia aproximada de 1,5 km del lugar donde se recolectaron las muestras de sedimentos, se comprobó la existencia de afloramientos rocosos con mineralización sulfurada de cobre y molibdeno acompañada de alteración hidrotermal. Este hallazgo prácticamente definió el prospecto Galletué lo que permitió el inicio del estudio geológico detallado que tuvo primera prioridad respecto a otras áreas anómalas detectadas en la región.

ficas a adamelita y granito por aumento de la ortoclasa, como lo atestiguaron algunos rodados descritos en el sector. En contacto gradual se reconoce una variación a pórfido granodiorítico con masa fundamental aplítica de cuarzo y ortoclasa. La alteración hidrotermal de la granodiorita es variable en extensividad y puede generalizarse en una sericitización parcial del feldespato acompañada de cúmulos de muscovita-clorita que le dan macroscópicamente un aspecto de leucogranodiorita.

Las otras rocas individualizadas en afloramientos locales y de extensión desconocida, corresponden a dacita porfídica (70% máficos) con ojos de cuarzo como características principales y a microtonalistas con biotita y/o clorita (20%) de grano fino. Las microtonalistas tienen textura variable y composición mineralógica heterogénea y parecen ser un roof-pendant de rocas pre-existentes al plutón, aunque no se descarta que sean una variación petrográfica del intrusivo. La dacita porfídica es claramente posterior a la granodiorita como lo indican los xenolitos de esa roca incluidos en el borde de un filón de dacita de 3 m de potencia.

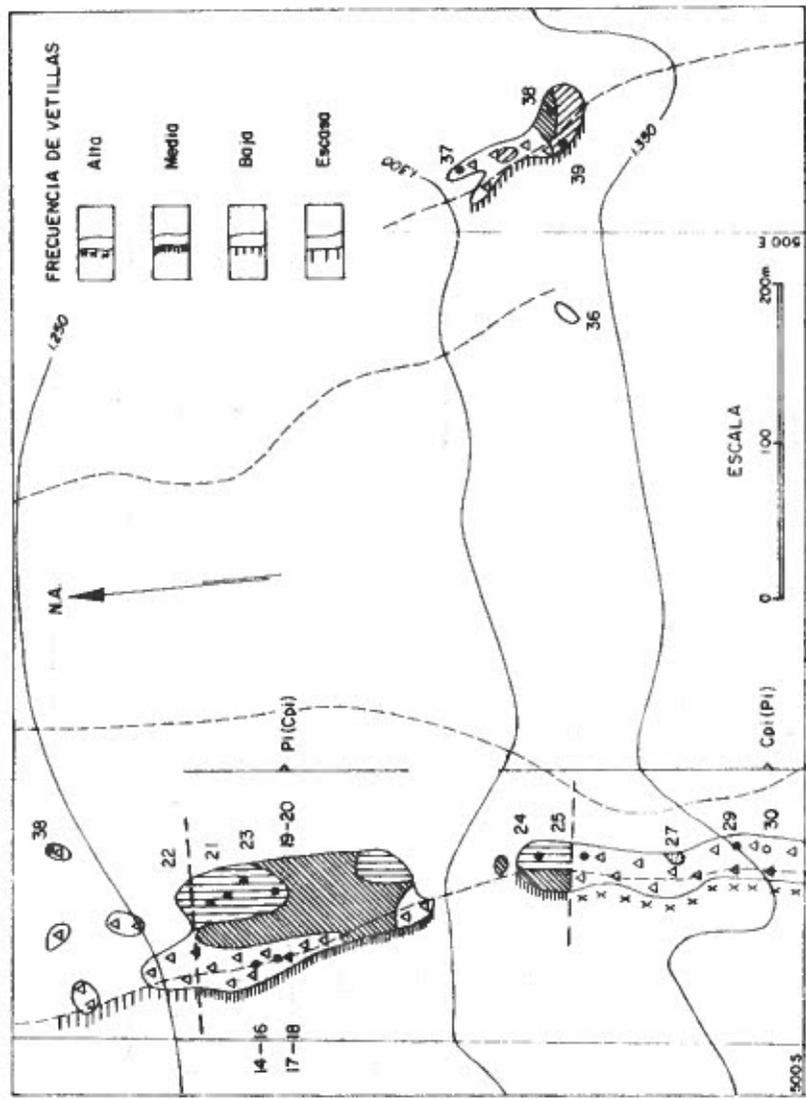
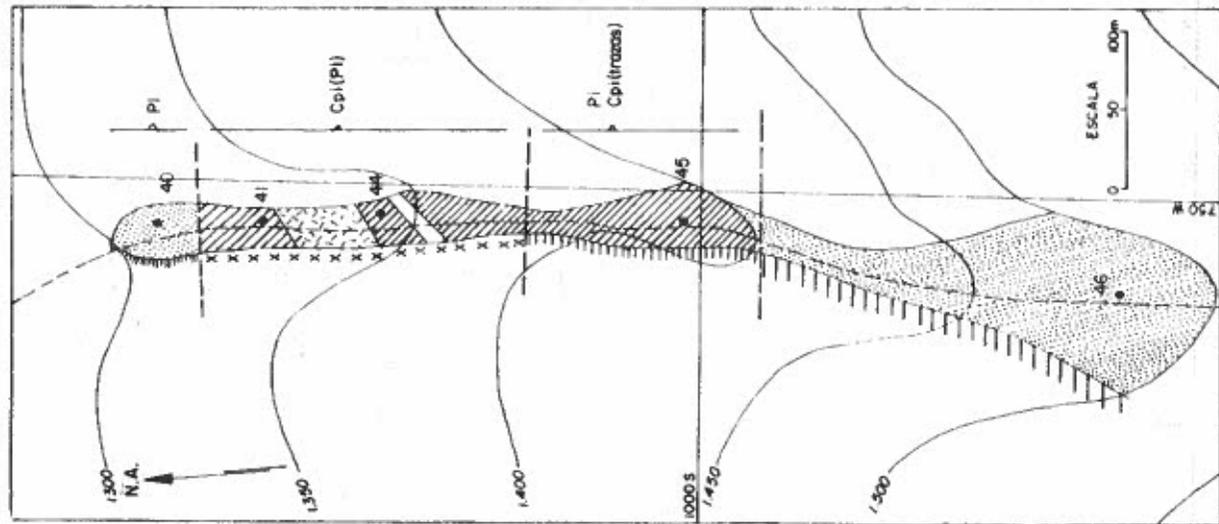
ALTERACION Y MINERALIZACION

En los afloramientos se expone claramente una actividad hidrotermal dispuesta a lo largo de fractu-

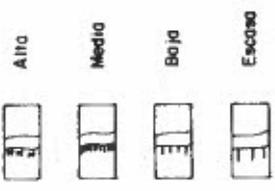


Litológia		Frecuencia de vetillas		Simbología	
	Granodiorita		Alto		Cai Calcopirita
	Porfido granodiorítico		Medio		Pi Pirita
	Tonolita y microtonolita		Bajo	257000	Coordenadas U.T.M.
	Dacita		Escasa	500S	Coordenadas arbitrarias
	Andesita				Contacto de alteración
	Cuarzo Sericita				Muestra petrográfica
					Quebrada principal
					Quebrada secundaria
					Curvas de nivel cada 50m
					Afloramiento y contacto geológico
					Muestra geoquímica

Fig. 3 Mapa Geológico.



FRECUENCIA DE VETILLAS



CARACTERISTICAS

MIN. ESTABLES

ALTERACION

ALTERACION	MIN. ESTABLES	CARACTERISTICAS
	Fa+B ± Anf ± Clar	Clorosis incipiente
	Fa + Bio + Clar	% Bio > Clar
	Fa + Bio + Clar	% Bio ≈ Clar
	Re + Clar ± Epid	Bio. raramente
	(Fa) + Clar + Ser + Cz	Fs. Seritis parcial
	Cz + Ser ± Clar	Reclutadas, total

ras con diversas direcciones, alterando y mineralizando en alguna medida a todas las unidades litológicas descritas. La frecuencia de fracturas controla directamente la extensión e intensidad de la alteración, de modo que en los sectores con fracturamiento más intenso (3 a 6 fracturas por m^2) la alteración penetra casi totalmente la roca, transformándola en un agregado grueso de cuarzo-muscovita-sericita; en sectores con fracturamiento moderado la alteración está restringida a un delgado halo siguiendo las fracturas y entre las fracturas la roca está parcialmente alterada y a veces casi inalterada. La frecuencia de fracturas se señala en el mapa geológico donde conviene destacar, para dos de las franjas de afloramientos estudiados, un sector de 200 m de largo en que el fracturamiento es intenso (Fig. 3).

La mineralogía de la alteración hidrotermal es bastante monótona y puede generalizarse en la cloritización parcial a total de los ferromagnesianos y en la sericitización incipiente a total de los feldespatos de la roca original. Con respecto a la intensidad de estas transformaciones de alteración (referidas a la roca entre vetillas) se separaron tres tipos que en intensidad creciente son (Fig. 4):

- * Alteración Clorítica: el feldespato está inalterado y de acuerdo con el grado de reemplazo de la biotita por clorita se distinguen tres subtipos:
 - Cloritización débil con biotita estable.
 - Cloritización media con biotita parcialmente alterada.
 - Cloritización fuerte con biotita inexistente.
- ** Alteración Sericita-Clorita: el feldespato está variablemente sericitizado y los ferromagnesianos totalmente cloritizados.
- *** Alteración Cuarzo-Sericita: la mineralogía es cuarzo, sericita, muscovita, clorita y pirita; la textura original de la roca está destruida. Esta alteración ocurre además en la casi totalidad de las vetillas y fracturas.

Mineralización sulfurada de cobre, hierro y molibdeno acompaña la alteración en los halos de las fracturas y a veces está diseminada junto a parches de clorita y sericita. Localmente se tienen fracturas y vetillas de cuarzo con halo de alteración y sin mineralización de sulfuros. Los sulfuros conocidos en Galletué son pirita, calcopirita y molibdenita y trazas de calcosina. La pirita es el sulfuro más difundido con clara abundancia en las rocas con alteración cuarzo-sericita mientras que la calcopirita se relaciona de preferencia con la alteración clorita-sericita. En los sectores con alteración clorítica la calcopirita predomina sobre la pirita, estimándose un porcentaje variable entre 0,2 y 1,5 de la roca lo que daría leyes de cobre entre 0,05 y 0,5%. La molibdenita está asociada a vetillas de cuarzo-sericita y su distribución es errática pero persistente.

En general los sulfuros son estables en superficie con algunas excepciones en que se ha desarrollado una lixiviación superficial con presencia de limonitas, óxidos de cobre en pátinas y ferrimolibdenita. Prácticamente no hay enriquecimiento secundario a excepción de algunas delgadas películas de calcosina, rodeando pirita y calcopirita, detectadas al microscopio.

Aún cuando las interpretaciones geológicas son poco concluyentes de acuerdo con la información disponible, un esquema tentativo de la mineralización y alteración hidrotermal del prospecto Galletué podría ser: rodeando núcleos de alteración cuarzo-sericita, se dispone una zona de sección horizontal ovalada (1.500 x 500 m) con alteración sericita-clorita restringida a vetillas y que dado la presencia de calcopirita (0,2 a 1,5%) configuran el área con mejores expectativas. Los núcleos de cuarzo-sericita ocupan el sector central del prospecto; en estos núcleos el porcentaje de sulfuros puede ser alto y con predominio de pirita. La molibdenita es errática pero localmente abundante. Fuera del óvalo descrito se suceden zonas de menor frecuencia de vetillas hasta la desaparición de ellas en la granodiorita fresca.

GEOQUIMICA DE SUELOS

Los resultados estadísticos del estudio geoquímico de suelos se resumen en la Tabla No. 1 y la distribución espacial para los elementos cobre y zinc se presentan en las figuras 5 y 6. Para el cobre se incluye el mapa de distribución de valores regionalizados (ver figura 5) obtenido con el cálculo de

la media móvil (promedio de las muestras en una celda de 200 x 100 m).

En términos generales, el estudio de suelos permite obtener la distribución de ciertos elementos químicos para identificar sectores con concentraciones anómalas que se atribuyen al sustrato rocoso

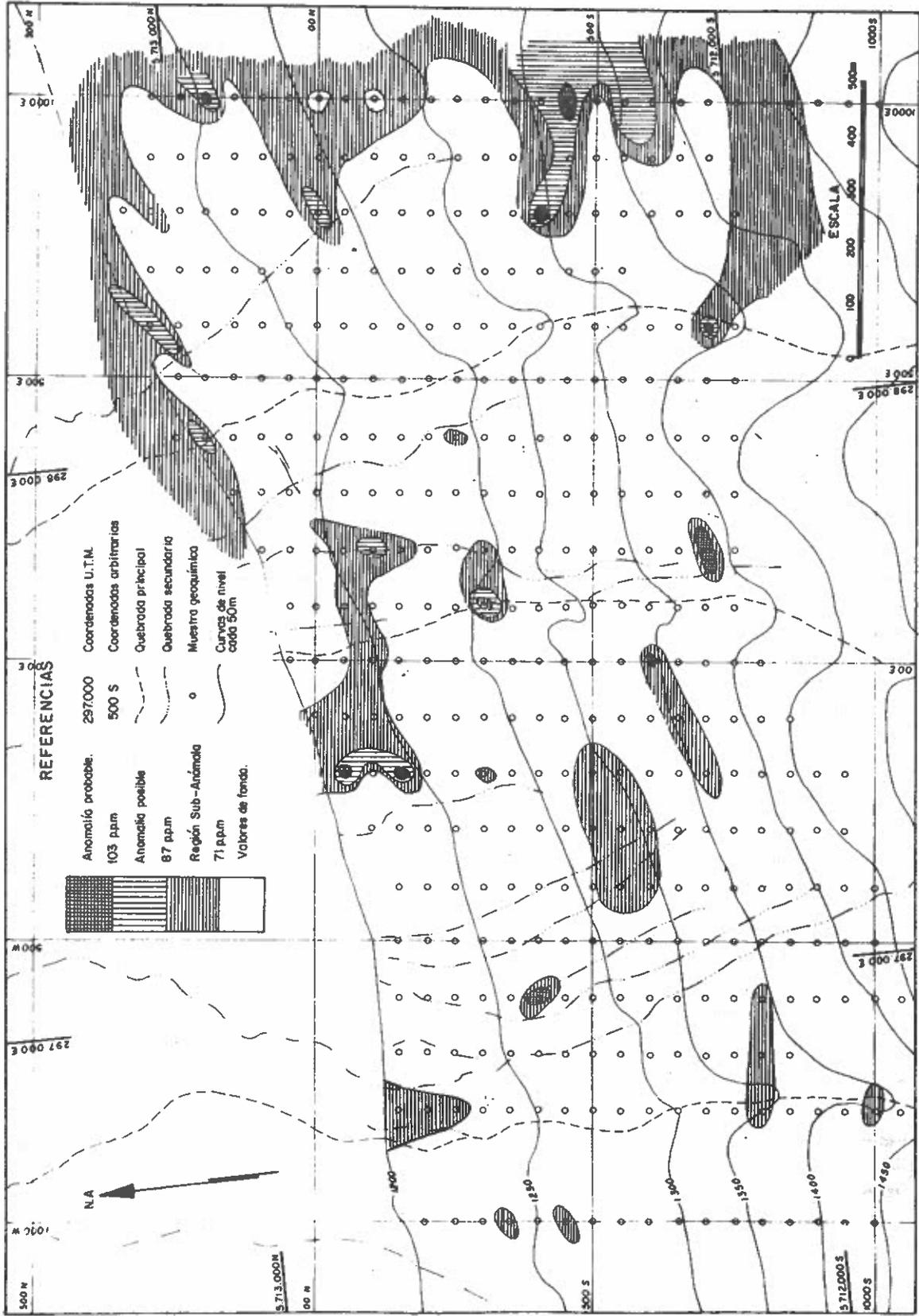


Fig. 6 Mapa de valores de Zn en suelos.

TABLA N° 1

ESTADIGRAFOS BASICOS Y RANGOS DE ANOMALIAS EN EL PROSPECTO GALLETUE
(Valores en ppm)

	Cobre	Molibdeno	Potasio	Zinc	Manganeso
Anomalía Negativa	---	---	---	40	515
Valor de Fondo Inferior	150	8	140	40-55	515-680
Valor de Fondo Superior	150-580	8-12	140-320	56-71	681-845
Región Subanómala	---	13-17	321-490	72-87	846-1.010
Anomalía Posible	581-1.120	18-22	491-660	88-103	1.010
Anomalía Probable	1.121-2.000	23-27	660	103	---
Anomalía Altamente Probable	2.000	27	---	---	---

que dio origen al suelo anómalo. Se consideran anomalías geoquímicas importantes aquellas que tienen alto valor absoluto en los elementos prospectados, que tienen una distribución de leyes relativamente homogénea y en las que los elementos covariables confieren al área un modelo geoquímico consistente de acuerdo con lo observado en exploraciones similares o yacimientos probados.

El valor absoluto de los elementos estudiados en los suelos de Galletué, comparado con los valores de los mismos documentados para las rocas normales (Tabla 2), son altamente anómalas en cobre y molibdeno, altos en manganeso y normales en plomo y en zinc, además de bajos en litio. Respecto de otros prospectos cupríferos chilenos, sólo se tienen datos de suelos desarrollados en regiones con clima árido, donde las condiciones geoquímicas de dispersión secundaria son muy diferentes. Una comparación tentativa indicaría que los suelos de Galletué son igualmente altos en cobre, similares en manganeso y más bajos en los elementos plomo y zinc (Tabla 2).

Del estudio de distribución de los elementos químicos en los suelos que cubren el prospecto Galletué, resaltan claramente una serie de anomalías de cobre que tienen valor absoluto alto, distribución homogénea y cierta extensión areal. Una buena expresión gráfica del área anómala se observa en el

mapa de valores regionalizados de cobre (Fig. 5) donde se constata una superficie de 1.500 x 500 m elongada en dirección NE-SW, de 60 há de superficie, en la cual el cobre es mayor que 413 ppm (valores regionalizados). En esta superficie destacan cuatro anomalías probables en que el contenido de cobre es mayor que 800 ppm (valor regionalizado) y de las cuales la más importante tiene 4 há de superficie y se sitúa en el extremo noreste de la malla de muestreo.

Los otros elementos químicos estudiados muestran una escasa variación ya que sus concentraciones son bastante cercanas al promedio en el total de suelos por lo que no se consigue un buen contraste de anomalía. En general, las distribuciones de zinc, manganeso y potasio señalan una tendencia medianamente definida de valores bajos en los sectores anómalos de cobre y valores altos en tomo a ellos. Es posible que fuera de la red de muestreo el zinc y el potasio tengan valores más altos de manera que los suelos muestreados serían el "background" de una distribución regional más amplia. En todo caso la distribución de potasio en los suelos de Galletué no indica anomalías importantes que permitan separar un sustrato más rico en sericita, biotita o feldespato potásico.

Los estudios geoquímicos en los pórfidos cupríferos coinciden en señalar, para suelos autóctonos,

TABLA N° 2

PROMEDIOS DE Cu, Pb, Zn, Mn, Mo y Li EN SUELOS DE GALLETUE
Y COMPARACION CON OTROS PROSPECTOS (Valores en ppm)

PROSPECTO	Cobre	Plomo	Zinc	Manganeso	Molibdeno	Litio
Galletué (Malleco)	203	20	58	700	10 (?)	4
Sierra Jardín (Atacama)	70	16	---	---	3	---
Quebrada Blanca (Antofagasta)	371	41	111	696	12	13
El Abra (Antofagasta)	244	32	118	708	4	---
* Rocas Normales	10-30	15-19	39-60	390-540	1-1,3	24,4

* Turekian y Wedepohl (1961)

una anomalía de cobre-molibdeno (a la vez baja en plomo y zinc) sobre el depósito, rodeado por una aureola alta en plomo-zinc. Ello implica muchas veces para el cobre, coeficientes de correlación altos con molibdeno y muy bajos con plomo-zinc. En Galletué donde la geología indica la existencia de un pórfido cuprífero, los coeficientes de correlación muestran valores muy pobres entre Cu, Pb, Zn, Mo y tampoco se detecta una aureola externa alta en valores de plomo-zinc, aún cuando se esboza una

deficiencia de esos elementos en la zona de la anomalía de cobre.

Algunas inconsistencias en la interpretación geoquímica pueden deberse a que en el muestreo no siempre se alcanzó el sustrato rocoso, por lo que algunas muestras se ubicarían en partes estériles del suelo cinerítico. Sin embargo, una gran interrogante es el hecho de que no se detectaron anomalías de cobre en los suelos próximos a las quebradas donde se expone mineralización cuprífera.

GEOFISICA

La polarización inducida, medida en varios perfiles y expresada en el parámetro CR, fue interpretada en un mapa de curvas iso CR (Fig. 7). La configuración de las curvas iso CR muestran una tendencia general de dirección ENE-WSW y un aumento gradual de CR hacia un centro anómalo situado en las coordenadas 200E/700S con CR = 50 - 100.

Esta anomalía CR de polarización inducida podría deberse, entre otras posibilidades, a una concentración de sulfuros en el subsuelo hasta una profundidad de 250 m. La anomalía muestra un desplazamiento de alrededor de 500 m en sentido sur, respecto de la anomalía geoquímica de cobre en suelos.

CONCLUSIONES

La geoquímica de sedimentos fluviales demostró ser un método eficaz de exploración en la región de Lonquimay pues condujo al hallazgo del prospecto

Galletué, donde estudios detallados posteriores concluyeron la existencia de un pórfido cuprífero. Se determinó que el contenido normal de cobre en los

sedimentos de la región es de 60 ppm y del molibdeno 2 ppm. En contraste con esos valores, el drenaje de Galletué tiene 90 a 1.200 ppm en cobre además de valores entre 6 y 90 ppm de molibdeno. Las muestras anómalas fueron recolectadas a una distancia de 1,5 km del lugar donde se ubican los afloramientos mineralizados.

El prospecto comprende una superficie de 2 km² donde se exponen escasos afloramientos rocosos en tres quebradas que cortan una cubierta cuaternaria de 4 m de potencia. La mayoría de los afloramientos son de una granodiorita de extensión regional y las rocas restantes corresponden a cuerpos de dacita y tonalita con límites desconocidos. En las rocas expuestas se evidencia claramente que la actividad hidrotermal tuvo lugar a lo largo de fracturas de diversas direcciones alterando la roca original a cuarzo-sericita-muscovita-clorita sólo en un delgado halo. Las rocas entre las fracturas presentan alteración clorítica de los ferromagnesianos y sericitización de los feldespatos en grados variables dependiendo directamente de la frecuencia de fracturas y/o vetillas.

La mineralización sulfurada acompaña casi siempre la alteración en halos y pocas veces está diseminada; la pirita es el sulfuro más difundido con claro predominio en las rocas totalmente alteradas a cuarzo-sericita, mientras que la calcopirita se relaciona directamente con la alteración sericita-clorita constituyendo algo más del 1% de la roca en los sectores más favorables. En general las vetillas tienen ganga de cuarzo y localmente se presenta molibdenita asociada en la alteración cuarzo-sericita.

Evidencias indirectas de mineralización cuprífera se obtuvieron a partir del estudio geoquímico de los suelos del prospecto, derivados supuestamente del sustrato descrito. Los suelos tienen una concentración de cobre 10 veces superior a lo considerado normal en rocas y valores de background parecido a lo descrito para exploraciones similares (200-300 ppm). Destaca un sector de 1.500 x 500 m, anómalo en cobre con valores superiores a 413 ppm (pro-

medio móvil de 6 muestras) con 17 muestras en que el cobre es mayor que 1.120 ppm. En esa "anomalía" de cobre, el contenido de plomo y zinc es bajo y existe una tendencia de valores más altos de esos elementos fuera de la anomalía, lo cual es en parte concordante con lo descrito para los suelos de yacimientos del tipo pórfido cuprífero. El estudio geofísico de polarización inducida detectó en el subsuelo una anomalía de polarización inducida que se interpretó como debida a la presencia de sulfuros en la roca hasta una profundidad de 250 m. La anomalía de polarización inducida está desplazada 500 m en sentido sur respecto de la anomalía de cobre, lo cual podría indicar que esta última se habría desplazado ladera "abajo" debido a la erosión o quizás por disolución en las aguas subterráneas.

Los estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos aportan buenas evidencias para la existencia de mineralización del tipo pórfido cuprífero en profundidad pero, debido a las pocas exposiciones rocosas, resulta muy difícil avanzar más acerca de la significación económica sin ejecutar una exploración por sondajes. En superficie, la franja definida por geología como la mejor mineralización tendría 1.500 m en dirección EW con un ancho de 500 m y ocuparía el sector poniente del prospecto. En el sector oriente no se conocen afloramientos y es precisamente en este sector donde se detectaron las anomalías geoquímicas de cobre y polarización inducida.

El prospecto Galletué abre interesantes expectativas de recursos cupríferos en la región de Lonquimay donde aún no se habían descrito áreas de alteración hidrotermal o pórfidos cupríferos. En el contexto general de la geología del país, junto a otros prospectos tales como Estero de San José y Polcura en el área de Chillán y Los Angeles, demuestran la prolongación más al sur de El Teniente, el más austral de los pórfidos cupríferos importantes y en explotación, de la franja de pórfidos cupríferos en Chile hasta por lo menos la latitud 39°S.

REFERENCIAS

- ALFARO, G. 1973. Geología general y yacimientos minerales de la cordillera de Los Andes entre las latitudes 38°00' y 39°00' sur. Inst. Invest. Geológicas. Inédito.
- ALFARO, G. 1974. Interpretación del levantamiento geoquímico de suelos en el Prospecto Galletué. Inst. Invest. Geológicas. Inédito.
- ALFARO, G. 1975. Interpretación del muestreo de suelos de los perfiles 1000W-800E-1000W del Prospecto Galletué. Inst. Invest. Geológicas. Inédito.
- BETTANCOURT, E. 1975. Estudio geofísico del lado sur de la laguna Galletué. Inst. Invest. Geológicas. Inédito.

- BURCKHARDT, C. 1900. Coupe géologique de la Cordillère entre Las Lajas et Curacautín. An. Museo La Plata. 3, 102 p.
- CHOTIN, P. 1970. Présentation de la chaîne andine à la latitude de Concepción (Chili). An. Soc. Geol. Nord-Lille. 79-92.
- CRUZAT, A. 1974. Prospección geoquímica del yacimiento Galletué, Provincia de Malleco. Inst. Invest. Geológicas. Inédito.
- LOVE, J. 1974. The Galletué Prospect. Inst. Invest. Geológicas. Inédito.
- OSSANDON, G. 1976. Geología y geoquímica del Prospecto Galletué, Provincia de Malleco. Inst. Invest. Geológicas. Inédito.
- RIVERA, A. 1974. Estudio geofísico preliminar la-do sur laguna Galletué. Inst. Invest. Geológicas. Inédito.
- TUREKIAN, K. y WEDEPOHL, K. 1961. Distribu-tion of the elements in some major units of the earth's crust. Geol. Soc. Am. Bull. 72, 175-192.