

ANOMALIAS GEOQUIMICAS ASOCIADAS A DEPOSITOS DE
Pb-Zn EN RIO TOQUI, XI REGION, CHILE.

Santiago Collao I.
Dpto. Geología y Paleontología
Universidad de Concepción
Cas. 1367-Concepción-CHILE

RESUMEN

Los depósitos de Pb-Zn tipo vetas y mantos de la zona de río Toqui se emplazan en rocas sedimentario-volcánicas correlacionadas con la Formación Coyhaique de edad Cretácico Inf. Bajo, excepto dos mantos de pobre mineralización, encajados en una serie volcánico-sedimentaria correlacionada con la Formación Divisadero (Cretácico Inf. Alto). La serie sedimentario-volcánica está cortada por un intrusivo riolítico porfírico y en contacto por falla con un intrusivo tonalítico-granodiorítico, ambos, de edad Cretácico Sup. o Terciario Inf.

La investigación geoquímica se realizó con el propósito de detectar la anomalía generada por los depósitos y utilizar esta información en futuras prospecciones tanto en la región de Aysén como en otras similares en el Sur de Chile. Ella incluyó muestreos litogeoquímicos, de suelo y de sedimentos del drenaje. Se analizaron 269 muestras, considerándose los elementos Pb, Zn, Cu, Cd y Ag.

De la investigación se desprende principalmente que:

El contenido promedio de Cu, Pb y Zn en las rocas intrusivas y se dimentario-volcánicas, en torno a los depósitos, es muy superior a los promedios de rocas normales, tanto chilenas como mundiales.

Las concentraciones de Cu, Pb y Zn, Cd y Ag en suelo y drenajes reflejan bien la presencia de los depósitos. Los parámetros geoquímicos obtenidos (valor de fondo y umbral) se proponen como cifras comparativas para futuras prospecciones.

Los contenidos de Pb, Cu y Zn en suelos, fuera de los límites de mineralización tienden a una mayor concentración en el horizonte B. En cambio en un perfil localizado sobre un depósito, la concentración aumenta desde el horizonte A hasta el C.

ABSTRACT

The Pb-Zn veins and stratiform type deposits of the Toqui River zone, are emplaced in sedimentary-volcanic rocks correlated to the Coyhaique Formation of Neocomian age. The only exception are two poorly mineralized sills included in a volcanic sedimentary series correlated to the Divisadero Formation (Haute-rivian-Albian). The sedimentary-volcanic series is intruded by a rhyolite porphyry, and it is contact by fault with a tonalite-granodiorite intrusive, both of Late Cretaceous or Early Tertiary age.

The geochemical research was done with the purpose of collecting data on the anomalies generated by the ore deposits for reference in future geochemical exploration in Aysén and other similar regions of South of Chile. It included 269 rock, soil and drainage sediments samples that were analyzed for Pb, Zn, Cu, Cd and Ag .

The principal conclusion of this research are :

The average content of Cu, Pb and Zn in intrusive and sedimentary-volcanic rocks, around the ore deposits, are very high, compared to normal rocks contents (for Chile and the World).

The content of Cu, Pb and Zn, Cd and Ag in soil and drainage reflex accurately the presence of the ore deposits. The geochemical parameters obtained (background and threshold) are suggested as reference data for future mineral exploration in the region.

The content of Pb, Cu and Zn in soils, outside the limits of the mineral deposits area, attains a higher concentration in the B horizon. In a profile located over a mineral deposit, the concentration increases from the A horizon to the C horizon.

INTRODUCCION

El presente trabajo comprende una parte de la tesis de grado presentada en Septiembre de 1977, por el autor, a la Escuela de Geología de la Universidad del Norte, Antofagasta.

El trabajo tiene como finalidad detectar la anomalía geoquímica de los depósitos de Pb-Zn de la zona de Río Toqui; en base a muestreos litogeoquímicos, de suelo y sedimentos del drenaje, para utilizar la información como una guía en futuras prospecciones en la región de Aysén como en otras similares en el Sur de Chile.

CLIMA

Fuenzalida, H., 1965, basado en el criterio de clasificación de Köppen, dividió la región de Aysén en tres zonas climáticas. La polaridad climática de W a E es : "Marítimo Templado Frío Lluvioso de la Costa Occidental", "Transandino con Degeneración Esteparia" y "Estepa Frío". El clima del área puede considerarse como una transición entre los tipos Marítimo Templado de la Costa Occidental y Transandino con Degeneración Esteparia. Del primero tiene en común las fuertes precipitaciones que alcanzan hasta los 3.000 mm., anuales de agua caída. Al segundo se asemeja por una oscilación térmica diaria de 10 a 12° C. durante el verano. Este clima determina la presencia de la vegetación boscosa con matorrales que predominan en el área estudiada. En la clasificación de Fuenzalida, H., 1965, corresponde al tipo denominado "Bosque Magallánico Siempre Verde".

MARCO GEOLOGICOESTRATIGRAFIA

Las rocas estratificadas cubren la mayor parte del área y están representadas por : una serie sedimentario-volcánica, serie volcánico-sedimentaria y riolitas y tobas que van desde el Cretácico Inf. hasta probablemente el Terciario Inf. (Fig. 2).

La serie sedimentario-volcánica consiste principalmente de areniscas y lutitas tobáceas con intercalaciones de areniscas fosilíferas, calizas y tobas correlacionadas con la Formación Coyhaique, asignada al Cretácico Inf. Bajo (Berriasiano-Hauteriviano, Skarmeta, J., 1974). Concordante a esta secuencia se dispone la serie volcánico-sedimentaria; consistente fundamentalmente en andesitas y tobas mezcladas con bajos contenidos de material sedimentario y en intercalaciones de lutitas negras, correlacionada con la Formación Divisadero de edad Cretácico Inf. Alto (Hauteriviano Sup.-Aptiano/Albiano, Skarmeta, 1974). En discordancia a la serie anterior, sobreyacen riolitas y tobas de edad Cretácico Sup. o Terciario Inf.

ROCAS INTRUSIVAS

En el área afloran dos cuerpos graníticos que petrográficamente corresponden a un pórfido riolítico y a un intrusivo tonalítico-granodiorítico, ambos, de edad Cretácico Sup. o Terciario Inf.

El pórfido riolítico se encuentra ubicado al Este del río San Antonio (Fig. 2) e intruye a la serie sedimentario-volcánica. El intrusivo tonalítico-granodiorítico está en contacto por falla con las series del Cretácico Inf. (Fig. 2).

Del pórfido intrusivo aflora un cuerpo en forma de dique; petrográficamente similar a éste, el cual a la vez está conectado con los mantos de riolita porfirica, sobreyacentes a la secuencia correlacionada a la Formación Divisadero.

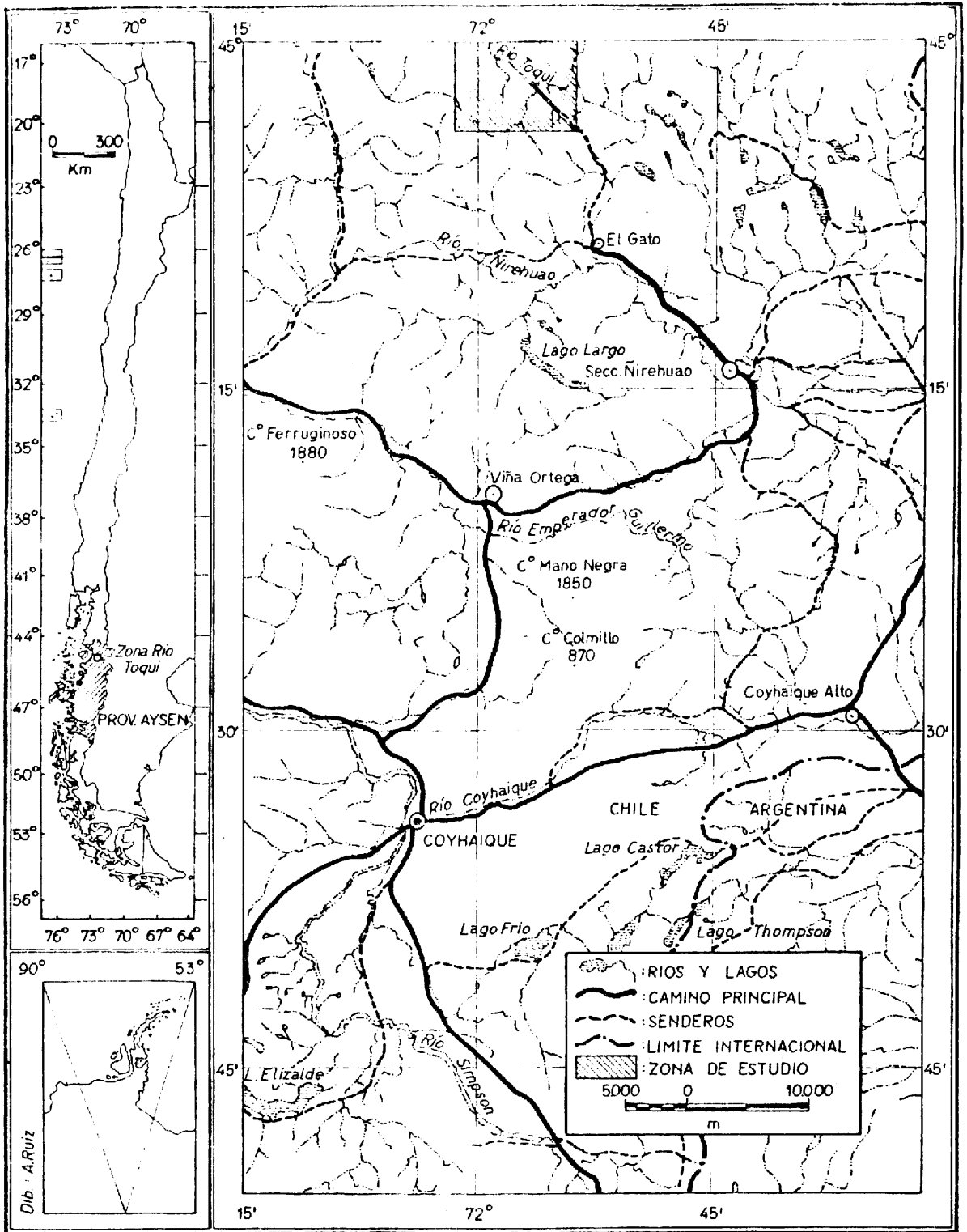
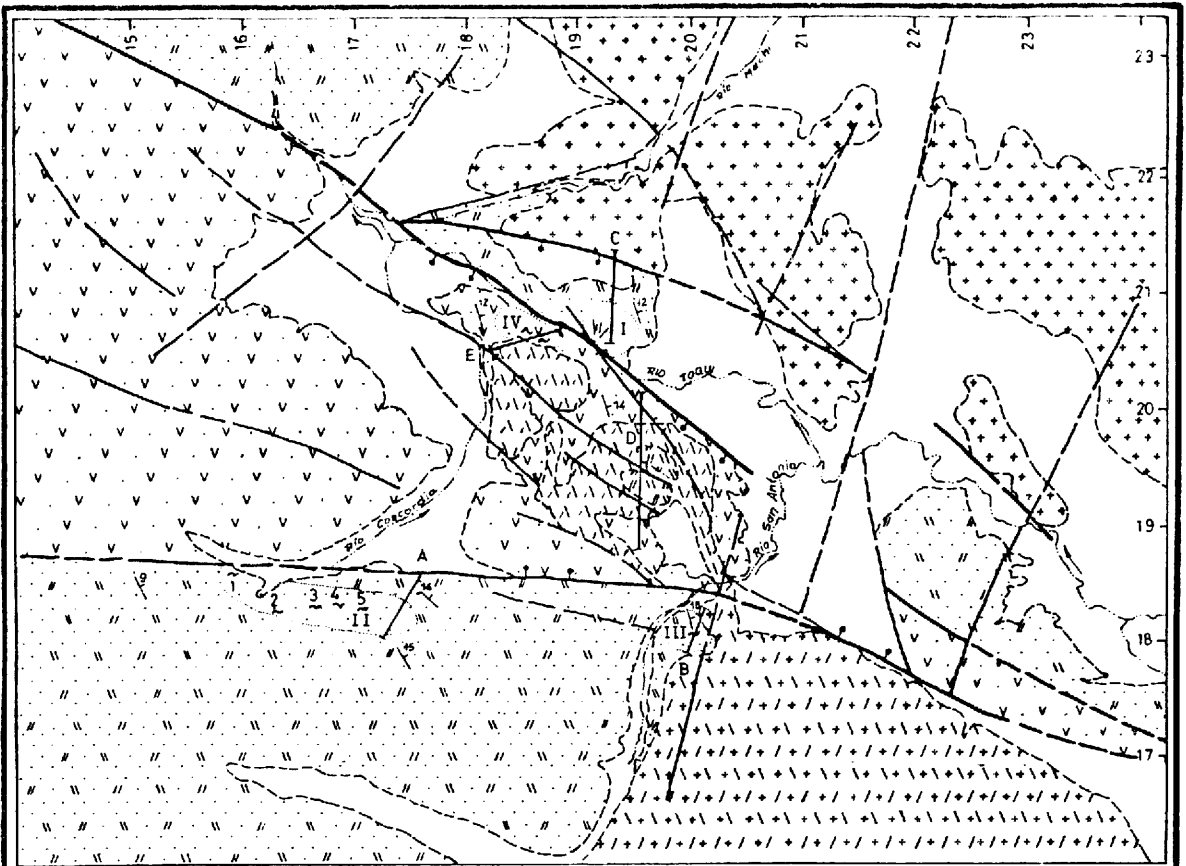


Fig. N°1

MAPA DE UBICACION Y VIAS DE ACCESO
ZONA RIO TOQUI



UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
 Departamento de Geología y Paleontología
MAPA GEOLOGICO ZONA RIO TOQUI (AYSEN)
 Por : Santiago Collao I.

500 0 1500

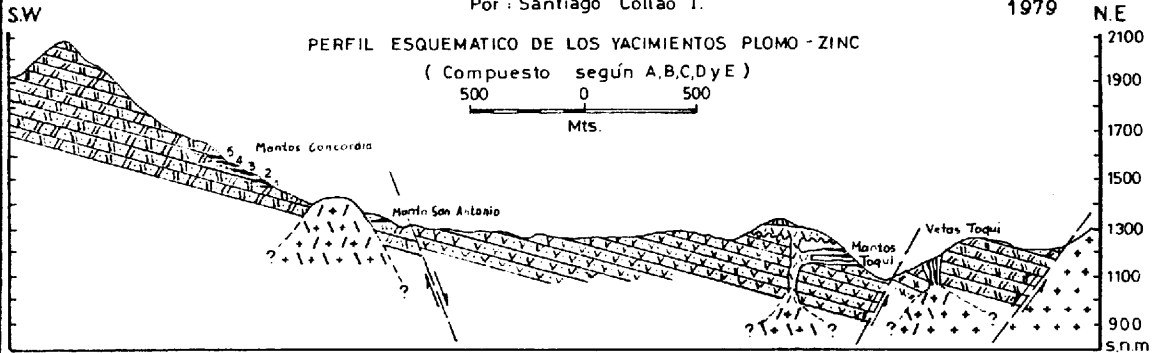
Metros
 Dib: Arnaldo Ruiz

1979

PERFIL ESQUEMATICO DE LOS YACIMIENTOS PLOMO - ZINC
 (Compuesto según A,B,C,D y E)

500 0 500

Mts.



LEYENDA

- CUATERNARIO
Depósitos Aluviales y Fluvio Glaciales.
- CRETACICO SUP. O TERCARIO INF (?)
Tobas y Riolitas Porfídicas.
- CRETACICO INF. ALTO (Hauteriviano - Albiano)
Volcánico - Sedimentario de Ambiente Lacustre
(Form. Divisadero) Tobas y Andesitas Mezclada con bajos contenidos de Material Sedimen.
- CRETACICO INF. BAJO (Neocomiano)
Sedimentario - Volcánico de Ambiente Marino
(Form. Coyhaique) Areniscas y Lutitas Tobácea a algo Tobácea con Intercalaciones de Calizas y Tobas
- ROCAS INTRUSIVAS**
- CRETACICO SUP. O TERCARIO INF. (?)
Porfido Riolítico
- Tonalita - Granodiorita

SIMBOLOGIA

- :Falla observada e inferida
- :Indicación de bloque hundido
- :Rumbo y Manteo
- :Desplazamiento de falla
- :Vetas Mineralizadas
- :Mantos Mineralizados
- : Sectores Mineralizados
- I Vetas Toqui
- II Mantos Concordia (1,2,3,4 y 5)
- III Manto San Antonio
- IV Mantos Toqui

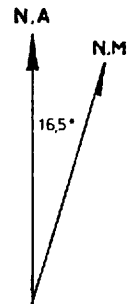


Fig. Nº 2

El área estudiada está ubicada a 55 km. al Norte de la ciudad de Coyhaique y comprende una superficie de 70 Km², limitada por los paralelos 45°0'0'' y 45°3'53.3'' y los meridianos 71°53'50,8'' y 72°1'33,5'', en la provincia de Aysén (Fig. 1).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Sven Christensen, con quien participé en la toma de muestras y en los análisis químicos de ellas; y al Dr. Jorge Oyarzún, quien aportó valiosas sugerencias en el presente trabajo.

MARCO FISIOGRAFICO

RELIEVE

En la región de Aysén se reconocen cinco unidades morfoestructurales: Cordillera de la Costa, Depresión Central, Cordillera Principal, Precordillera y Pampa Patagónica. La zona de estudio presenta rasgos que son típicos de la Cordillera Principal.

El relieve se caracteriza por una depresión central con cota promedio de 1250 m.s.n.m., modelada por un valle fluvio-glacial de dirección NW, por el cual corre el río Toqui. Hacia la región Septentrional (fuera del margen del área de estudio) y Meridional, de la depresión central, las elevaciones alcanzan hasta los 2100 m. de altura.

HIDROGRAFIA

El curso principal corresponde al río Toqui. A él confluyen ríos de segundo orden de importancia (Machi, San Antonio y Concordia), los cuales tienen su nacimiento en las cercanías de la zona. En su curso son alimentados por esteros más pequeños, provenientes del deshielo de sectores de mayor elevación.

El sistema de drenaje puede clasificarse dentro del dendrítico modificado de densidad media, en que los tributarios de tercer orden terminan en forma de tenazas. Esta característica está bien representada en los sectores donde afloran los intrusivos.

ESTRUCTURAS

Las estructuras principales del área son : un plegamiento monoclinial, la discordancia de riolitas y tobas sobreyacentes a las rocas del Cretácico Inf. Alto y dos sistemas de fallas.

Plegamiento.

La estratificación de las rocas correlacionadas a las Formaciones Coyhaique y Divisadero, tiene un rumbo que varía entre N45° a 55°W con 13 a 18° de manteo al NE. Hacia el margen Sur occidental del área, el manteo de los estratos es de 8° al NE, conservando el mismo rumbo. Esta disposición corresponde aproximadamente a un pliegue monoclinial, cuyo eje de plegamiento tiene una dirección general N 45° W .

Discordancia.

Los mantos de riolita porfírica y tobas tienen una posición sub horizontal y descansan sobre las rocas del Cretácico Inf. Alto, en suave discordancia angular.

Fallas.

El fallamiento del área comprende un primer sistema de rumbo N.NW a N 30° E y un segundo sistema de rumbo N 80° E a N110° E. El primero, es de menor alcance y en general confluye a los sectores de intrusión. Las vetas tienen una correspondencia geométrica con este sistema, el cual pudo haber actuado como control de la mineralización. El segundo sistema, corresponde a fallamiento normal y separa una zona de graben (en la parte central del área) con rocas más jóvenes que Cretácico Inf. Bajo, de zonas de horst (sector Norte y Sur) con rocas del Cretácico Inf. Bajo (Fig.2).

GEOLOGIA ECONOMICA

En el área se conocen cuatro sectores mineralizados ; principalmente con plomo y zinc y menores cantidades de cobre, que morfológicamente se dividen en yacimientos tipo vetas y mantos. Uno de los sectores corresponde a vetas y los tres restantes a mantos (Fig.2).

La mayoría de los depósitos se emplazan en la serie sedimentario-volcánica del Cretácico Inf. Bajo, a excepción de dos mantos de pobre mineralización que se encajan en la serie del Cretácico Inf. Alto.

Las vetas (Toquí), presentan una disminución brusca de la mineralización en profundidad. Ellas corresponden a depósitos hidrotermales epigenéticos de relleno de fracturas y de temperatura intermedia, probablemente asociados a intrusiones hipoabisales.

La secuencia paragenética de la mineralización comprende de pirita y calcopirita seguida de galena y blenda.

Los mantos Concordia están conectados a niveles tobáceos y de pedernal intercalados en la parte inferior de la serie

sedimentario-volcánica.

El manto San Antonio está emplazado en areniscas tobáceas alteradas y en contacto con el pórfido riolítico.

Los mantos Toquí son los únicos que se emplazan en la serie volcánico-sedimentaria. La mineralización (escasa) se distribuye en los contactos de filones, mantos riolíticos y tobas.

La paragénesis mineralógica de los mantos incluye: piritita, arsenopiritita, calcopiritita, blenda y galena. El manto San Antonio incluye, además, psilomelano.

Estos mantos pueden tener una relación genética contemporánea al ciclo sedimentario-volcánico o bien la mineralización puede ser posterior, involucrada al ciclo intrusivo. En el primer caso se trataría de un modelo metalogénico singenético con acción de fluidos hidrotermales y actividad fumarólica, en un medio sub-acuático. El segundo caso correspondería a un modelo hidrotermal epigenético relacionado con actividad metamórfica de contacto.

GEOQUIMICA

MÉTODOS DE TRABAJO:

Trabajo de Terreno. Consistió en muestreo litogeoquímico, de suelo y de sedimentos del drenaje.

El muestreo litogeoquímico se restringió a la serie sedimentario-volcánica circundante a los depósitos minerales tipo vetas y mantos y a los dos cuerpos intrusivos. El número de muestras recolectadas fue 35.

El muestreo de suelo se realizó mediante perfiles columnares y longitudinales. Para ello se utilizó un sacamuestras ranurado con alcance de hasta 1 m. de profundidad. En los perfiles columnares se tomó una muestra por cada tramo de cambio granulométrico o de color del suelo. En los perfiles longitudinales se tomó una muestra vertical común, espaciadas cada 10 y 20 m. El número total de muestras fue 158.

Las muestras del drenaje se tomaron a lo largo del curso de ríos, esteros y arroyos a intervalos desde 250 m. hasta 1.5 km, según la longitud del curso de ellos (con mayor frecuencia cada 500 m). El número de muestras fue de 76, tomadas principalmente en las orillas del cauce.

Trabajo de Laboratorio: La preparación mecánica y química de las muestras se ejecutó en el Laboratorio de Análisis de Química Inorgánica, del Instituto de Química de la U. de Concepción.

En la preparación mecánica, las muestras de roca se molieron hasta 100 mallas (ASTM). Las muestras de suelo y sedimentos del drenaje se secaron a 50°C y se tamizaron a 80 mallas (ASTM).

Para el análisis químico de las rocas se utilizó un ataque en autoclave Perkin Elmer modelo 503, con H.F. y agua regia. Antes de aforar a 100 ml con agua bidestilada se añadió una solución saturada de H_3BO_3 . De esta solución se determinaron Cu, Pb y Zn.

Las muestras de suelo y de sedimentos del drenaje se atacaron con HNO_3 en tubos de ensayo sobre baño de arena, hasta se quedara. El residuo se solubiliza con H_2O bidestilada y del líquido sobrenadante se determinaron Cu, Pb, Zn, Cd y Ag.

En todas las determinaciones se utilizó un espectro fotómetro de absorción atómica Perkin Elmer modelo 503.

LITOGEOQUIMICA

Los contenidos de Cu, Pb y Zn tanto en las rocas intrusivas como en aquellas correspondientes a la serie sedimentario-volcánica de la zona de río Toqui son definitivamente anómalos en comparación a concentraciones dadas por otros autores para rocas "normales" de Chile y promedios mundiales (tablas 1 y 2).

Rocas Intrusivas

De las rocas intrusivas analizadas se determinó que los contenidos promedios de Cu (410ppm) y Zn (706ppm), en las rocas que varían entre tonalita-granodiorita son más altos a los determinados en el pórfido riolítico (Cu:180 ppm y Zn 320 ppm). La concentración de Pb, casi no varía entre una y otra (promedio de 190 y 220 ppm, respectivamente).

Los valores anómalos en ambos intrusivos puede deberse a su relación espacial con los depósitos minerales. El pórfido riolítico está cerca del manto San Antonio y la granodiorita-tonalita, aflora en la vecindad de las vetas Toqui.

A mayor distancia a los depósitos la concentración por elemento tiende a disminuir. Muestras obtenidas a más de 2 km. presentan un empobrecimiento en factores de hasta 2,4 para Zn, 10,4 para Cu y 10 para Pb, en relación a muestras más cercanas (a 500 m. de los depósitos).

Los valores en Cu(70-120 ppm) y Pb(40-120 ppm) en las muestras más alejadas son aproximadamente iguales o levemente más altos que los promedios normales en rocas similares, en tanto que los valores de Zn (240-400 ppm) continúan siendo anómalos.

Rocas Sedimentario-Volcánicas

Los promedios aritméticos de Cu, Pb y Zn en estas rocas que circundan los depósitos tipo manto y vetas, son excesivamente altos en comparación al contenido promedio de otras rocas volcánicas y sedimentarias en áreas no mineralizadas (Tabla 2).

Las rocas de la serie sedimentario-volcánica que circundan las vetas muestran un contenido promedio de Pb mucho más alto (624 ppm) que las correspondientes a esta misma serie, pero que están en los contornos a los mantos (120 ppm), en cambio el contenido de Cu (757 ppm) es mayor en estas últimas (factor de 3.3 veces). La concentración de Zn casi no varía (1550 y 1583 respectivamente).

Respecto a una relación de la concentración por elemento y la distancia a los centros mineralizados, se observa una disminución de la concentración a mayor lejanía de estos. Sin embargo, esta disminución continúa siendo anómala a distancias de hasta 600m. en relación a promedios normales.

Tabla 1 . Promedios de Cu, Pb y Zn en Rocas Intrusivas de Río Toqui (A) Comparados con Promedio Normales en otros Intrusivos (B-E).

	A	B	C	C'	D		D'		E	
					DI	DS	OI	EI	H	L
Cu (ppm)	295	44	37	28	52	109	42	61	30	10
Pb (ppm)	190	25	-	-	32	35	26	21	15	19
Zn (ppm)	513	-	53	50	49	104	35	89	60	39

Tabla 2 . Promedios de Cu, Pb y Zn en Rocas Sedimentarias-Volcánicas de Río Toqui (F) comparados con promedios normales de Rocas Similares (G-J).

	F	G	H	I			J		
				KI	KM	KS	a	l	c
Cu (ppm)	495	33	46	65	112	44	-	45	4
Pb (ppm)	372	25	-	23	23	14	7	20	9
Zn (ppm)	1567	-	69	33	60	39	16	95	20

B y G Promedio en dioritas (B) y rocas volcánicas (G) del Terciario (15 y 8 Km. al N.W. de Coyhaique Alto, respectivamente, Skarmeta, J. , 1974).

- C, C' y H Promedio en rocas graníticas Cretácicas (C), graníticas terciarias (C') y volcánicas terciarias (H) de Chile Central (Brousse, R. y Oyarzún, J., 1973) .
- D, D' e I Promedio en sub-grupos de rocas graníticas del Cretácico (D), graníticas del Terciario (D') y volcánicas cretácicas (I) del Norte Grande de Chile (Campano, P. y Guerra, N., 1975) .
- E Promedio en rocas graníticas altas en calcio (H) y bajas en calcio (L) (Turekian, K. y Wadepohl, K. 1961) .
- J Promedio en areniscas (a), lutitas (l) y calizas (c) (Turekian y Wadepohl, l.c.).

GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS DEL DRENAJE Y SUELO

Tratamiento Matemático

Para el análisis estadístico e interpretativo de los datos químicos se utilizó el método de distribución log-normal de Lepeltier, C., 1969 .

El método consiste básicamente en la construcción de curvas de frecuencia acumulada con el fin de inspeccionar si los datos pertenecen a una distribución log-normal y si se incluyen una o más poblaciones. Gráficamente son determinados el valor de fondo o "background" (b) y el umbral o "threshold" (t). El valor de fondo da una idea del nivel de concentración promedio de los elementos en un medio dado, en tanto que el umbral se considera como el límite superior de las fluctuaciones del valor de fondo. Los valores iguales o mayores que el umbral pueden ser considerados anómalos.

Sedimentos del Drenaje

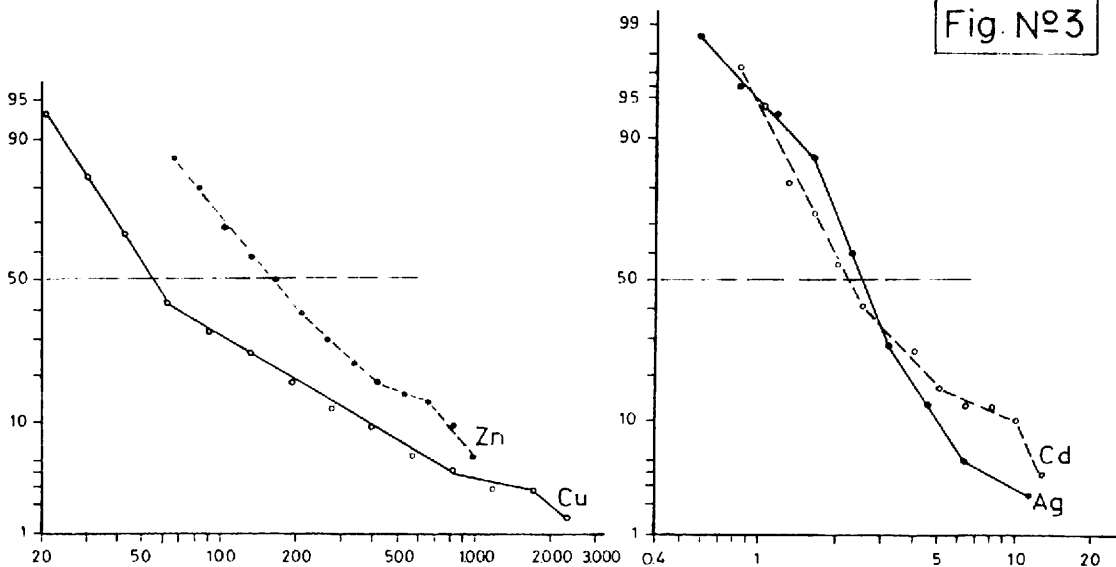
Se procesaron e interpretaron 300 resultados geoquímicos correspondientes a Cu, Zn, Cd y Ag. La interpretación de los gráficos de distribución para estos elementos (Fig. 3) en base al método de distribución log-normal, permite formular las siguientes observaciones.

Las rectas que representan la distribución de cada elemento muestran en general, tres quiebres definidos que indican "poblaciones" asociadas a la distancia de los centros mineralizados. La primera recta representada por valores bajos, indicaría la distribución log-normal de los elementos en los sedimentos del drenaje del área estudiada. La segunda recta; provocada por el primer quiebre y con valores más altos, representaría una población conectada a un área con mineralización. La tercera recta corresponde a una mezcla de los valores de la segunda y cuarta población. Esta últi-

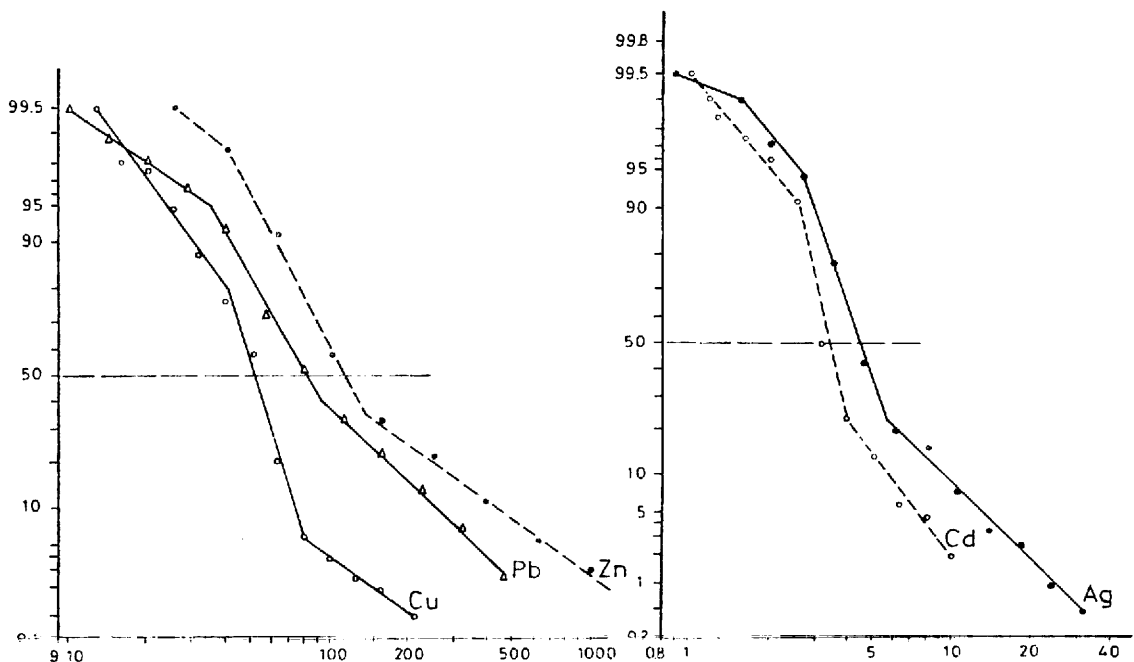
DISTRIBUCION DE Cu, Pb, Zn, Cd Y Ag EN

SEDIMENTOS DEL DRENAJE RIO TOQUI

Fig. N°3



SUELOS RIO TOQUI



ma población, determinada a partir del tercer quiebre, se interpretó como aquella correspondiente a la vecindad inmediata a los yacimientos.

Distribución de Cu, Zn y Cd

Las curvas de frecuencia acumulada de estos elementos son relativamente similares entre sí. En general, cada caso representa una distribución no homogénea en la cual existe un exceso de valores altos en la población, considerando para ello, la recta de valores bajos y el primer quiebre, que indica el límite en el cual los valores se apartan de la norma. A partir del segundo quiebre, la interpretación de la distribución por elemento se hace más compleja.

En las curvas de frecuencia acumulada para cada uno de estos elementos, el valor de fondo es determinado en la intersección de la recta de valores bajos con el nivel de 50% y el umbral es determinado en el punto de quiebre (dado que en estos casos, este punto está sobre el nivel de 2,5 %).

De acuerdo a ello, el valor de fondo (b) y el umbral (t) para cada elemento es :

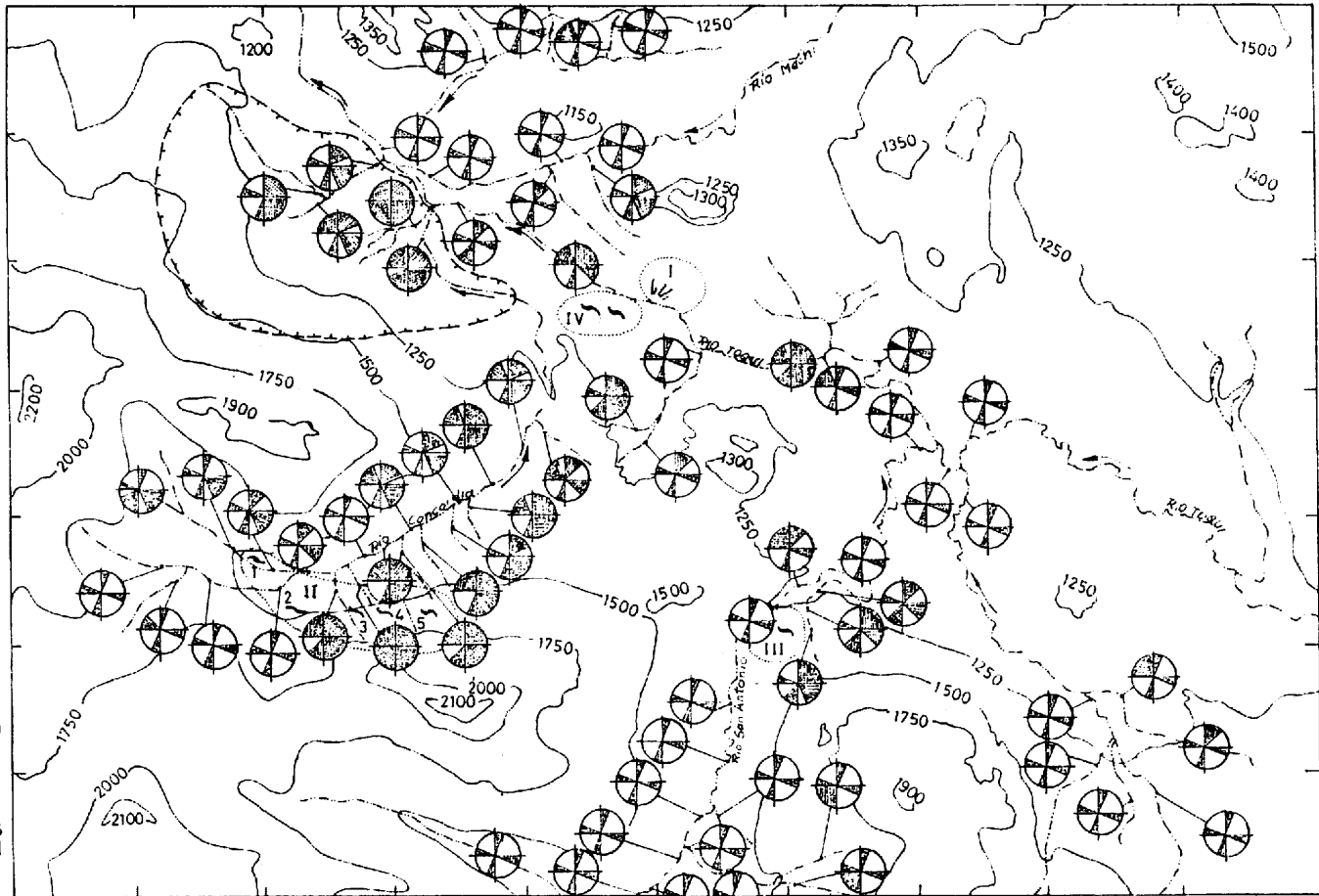
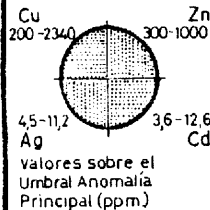
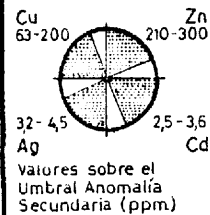
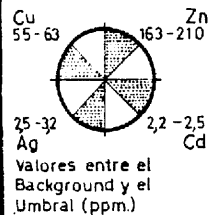
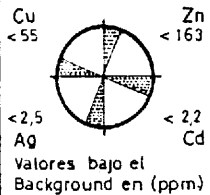
	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)
b	55.	160.	2.2
t	63.	210.	2.5

Los valores superiores al umbral se separaron en dos rangos a) uno con valores que van desde el umbral hasta el determinado con la media de la tercera recta (que representa la mezcla de la segunda y cuarta población) y b) el rango entre el valor de la media de esta tercera recta y el valor máximo de la última población. El primer rango representa una dispersión anómala secundaria y el segundo la anomalía geoquímica principal, indicadora de la proximidad casi inmediata del depósito. (Fig.4).

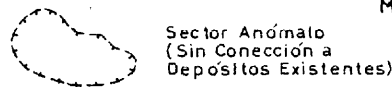
Los rangos para la anomalía secundaria (as) y principal (ap) para cada elemento son:

	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)
as	63 - 200	210 - 300	2.5 - 3.6
ap	200 - 2340	300 - 1000	3.6 - 12.6

LEYENDA



SIMBOLOGIA



UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
 Departamento de Geología y Paleontología
MAPA GEOQUIMICO DE SEDIMENTOS DEL DRENAJE
 Por: Santiago Collao I.

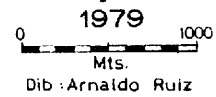


Fig. N° 4

C102

Distribución de Ag :

Este elemento difiere en su distribución respecto a los anteriores, debido a que la curva de frecuencia, representa un exceso de valores bajos. El valor de fondo en este caso es de 2.5 ppm y el umbral 3.6 ppm. Los rangos considerados a) 3.2 a 4.5 ppm y b) de 4,5 a 11 ppm, en parte reflejan la anomalía respecto a la distancia a los depósitos minerales, pero por otra parte, los valores más altos corresponden a áreas sin mineralización (no captada por ninguno de los elementos anteriores) (Fig. 4).

Geoquímica de Suelos

El estudio geoquímico de suelos se basó en el análisis estadístico e interpretativo de los resultados obtenidos de muestras de perfiles columnares y transversales, trazados sobre los cuerpos mineralizados y en su periferia. Se procesaron 1.010 datos químicos correspondientes a Cu, Pb, Zn, Cd y Ag mediante el método de distribución log-normal.

Concentración de Cu, Pb y Zn en horizontes de suelo.

En la cobertura de suelo; de espesor promedio de 1m. se reconoció un horizonte A compuesto principalmente por arena fina y limo; rico en materia húmica, un horizonte B compuesto principalmente de limo y arcilla con escasa o ausencia de materia húmica y un horizonte C consistente en sedimento fino y grueso, producto de la meteorización de la roca fundamental (Fig. 5).

En áreas relativamente alejadas a los cuerpos mineralizados (hasta 500 m), el Cu y Pb tienden a concentrarse preferentemente en el horizonte B, en tanto que el Zn no tiene preferencia alguna (Fig. 5) .

En cambio, en el perfil localizado sobre un cuerpo mineralizado (manto San Antonio) la concentración de estos elementos -aparte de ser más alta con respecto a los otros perfiles- tiende a aumentar progresivamente desde el horizonte A hasta el C. (Fig.5).

Distribución de Cu, Pb, Zn, Cd y Ag en suelos:

Los diagramas de los elementos de Cu, Pb, Zn, Cd y Ag; correspondiente al suelo del área estudiada son similares entre sí, puesto que cada uno muestra tres distribuciones separadas por dos puntos de quiebre (Fig.3). Ellas comprenden valores bajos representados por la primera recta, valores medios representados por una recta intermedia (que contiene el valor de fondo) y valores altos representados por una tercera recta que corresponde a la anomalía geoquímica.

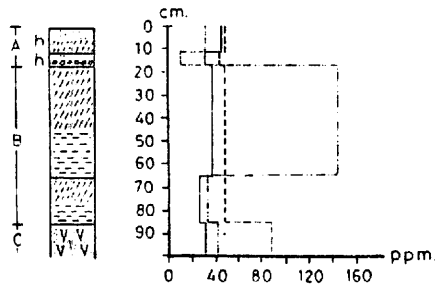
La determinación gráfica de los dos parámetros geoquímicos principales: valor de fondo (b) y umbral (t), para cada elemento considerado son los siguientes :

PERFILES COLUMNARES DE SUELOS

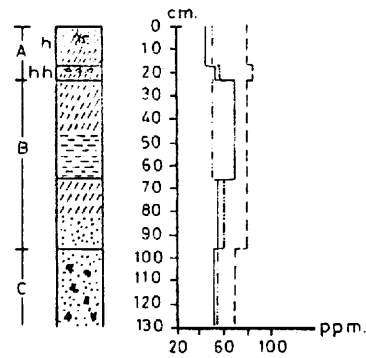
LEYENDA

Fig. N°5

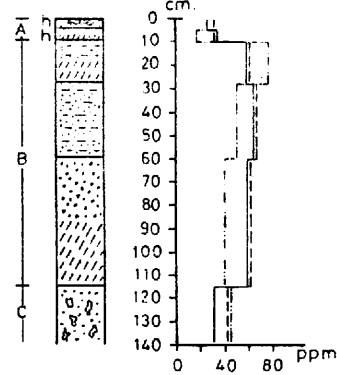
500 m. al W
Mantos Toqui



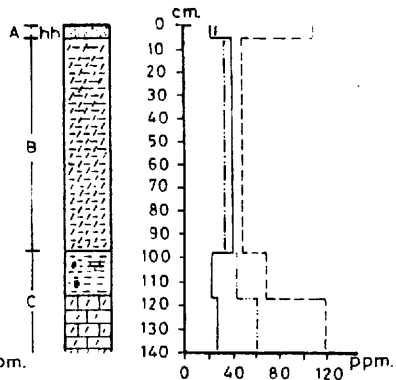
400 m. al W
Mantos Toqui



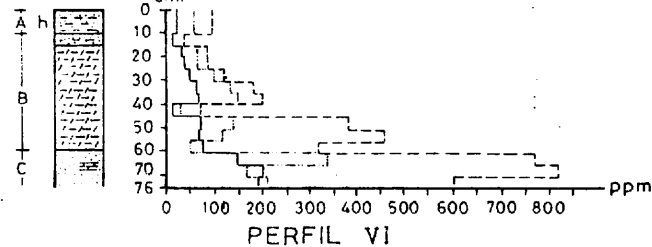
300 m. al W
Mantos Toqui



500 m. al E
Vetas Toqui



Sobre Manto San Antonio



- Arena fina
- Limo
- Aluvio
- Arcilla
- Arena gruesa
- Arena con clastos Andesíticos
- Arena con clastos Tofáceos
- Arena con clastos Riolíticos
- Arena calcárea con clastos calcáreos
- Arcilla calcárea con clastos calcáreos
- Caliza Alterada

SIMBOLOGIA

- : Cobre
- : Plomo
- : Zinc
- A : Horizonte
- B : Horizonte
- C : Horizonte
- h : Humoso
- hh : Muy Humoso
- : Raíces

	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Cd(ppm)	Ag(ppm)
b	58.	82.	112.	3.3	4.4
t	80.	90.	135.	3.9	5.6

Los valores de estos elementos son ligeramente mayor o menor en comparación a su media aritmética respectiva. Estas medias aritméticas, a su vez, son mayores comparadas con promedios aritméticos normales para suelos dados por ⁺Hawkes, H. y Webb, J., 1962. Sin embargo, Cu, Pb y Zn están dentro de los rangos normales como se aprecia en la siguiente tabla:

Elemento (ppm)	Cu	Pb	Zn	Cd	Ag
Media Aritmét.	44.4	88.0	129.8	2.9	4.2
Desv. Standard	23.9	76.6	183.4	1.3	3.2
⁺ Prom. Aritmét.	20.0	10.0	50.0	-	0.1
⁺ Rango Normal	2-100	2-200	10-300	-	-

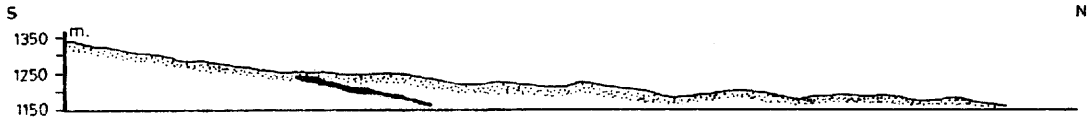
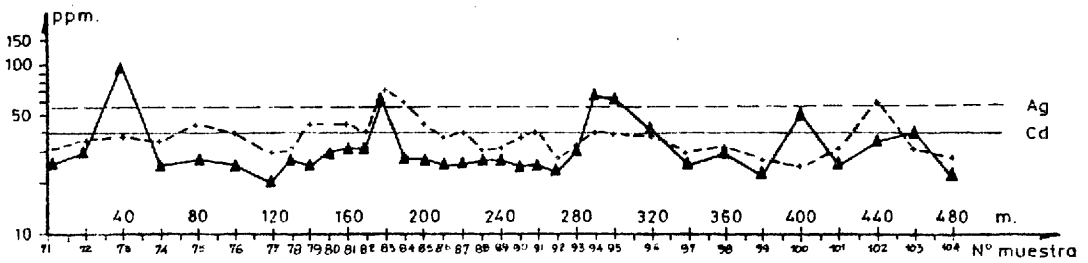
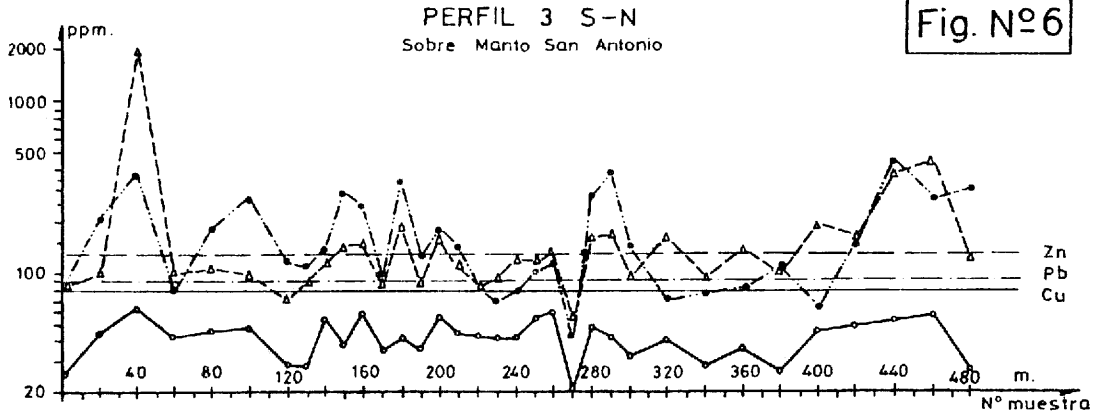
Anomalía Geoquímica en Perfiles Transversales

En los perfiles transversales localizados sobre los depósitos existentes (sobre los mantos Concordia, San Antonio y vetas Toqui) del área estudiada y en uno fuera de los límites de la mineralización, la anomalía es captada con mayor frecuencia por los elementos Pb y Zn, menos frecuente por Ag y Cd y en ocasiones por Cu. Ello de acuerdo a que de 157 valores por elemento, en los perfiles trazados, 40 correspondientes a Zn y 39 a Pb sobrepasan el límite del umbral respectivo. En Cd y Ag, 16 y 12 valores respectivamente, están sobre el límite del umbral. En cambio, para Cu, solamente 5 valores sobrepasan el umbral. A modo de ejemplo se presentan los perfiles sobre el manto San Antonio y vetas Toqui (Fig. 6).

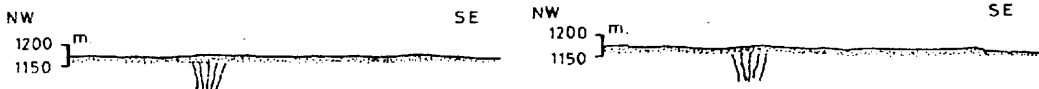
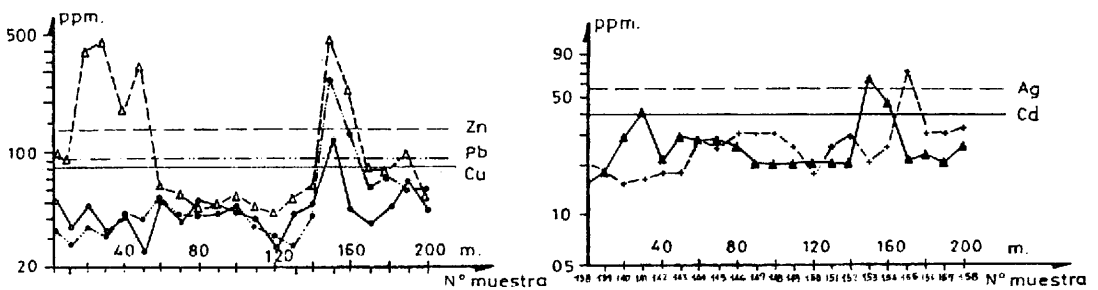
El hecho de que algunos elementos capten con mayor frecuencia la anomalía de los depósitos y otros menos, puede deberse a su concentración en la mena como a su dispersión en el ambiente considerado.

PERFILES GEOQUIMICOS TRANSVERSALES DE SUELOS
DISTRIBUCION DE Cu, Pb, Zn, Cd y Ag

Fig. N° 6



PERFIL 5 NW-SE
Sobre Vetas Toqui



LEYENDA

- | | | | | | |
|--|----|------------------------|--|----|------------------------|
| | Zn | Límite del Umbral (Zn) | | Cd | Límite del Umbral (Cd) |
| | Pb | Límite del Umbral (Pb) | | Ag | Límite del Umbral (Ag) |
| | Cu | Límite del Umbral (Cu) | | | |

CONCLUSIONES

Los contenidos promedios de Cu, Pb y Zn en rocas intrusivas y rocas sedimentario-volcánicas, en torno a los depósitos minerales, son anormalmente altos en comparación a promedios normales en rocas chilenas como mundiales.

En los sedimentos del drenaje, la variación de los valores de Cu, Zn y Cd reflejan bien la anomalía de los depósitos, no así la Ag, debido a que en drenajes inmediatamente cercanos, a los yacimientos gran parte de los valores no sobrepasan el límite del umbral o en algunos casos están bajo su valor de fondo.

La anomalía en Cu, Zn y Cd se manifiesta principalmente en los ramales de drenaje inmediatamente cercano a los depósitos y es menos frecuente en los ramales de drenaje principales, de mayor caudal, a los que ellos confluyen. (Fig. 4) .

Aparte de la anomalía detectada en los depósitos ya existentes, se determinó un área anómala por Cu, Zn, Cd y Ag en el Sector Suroeste de la confluencia del río Concordia con el río Toqui. (Fig. 4) .

Los promedios aritméticos de Cu, Pb, Zn, Cd y Ag en suelos del área estudiada son significativamente altos en comparación a promedios normales de otros suelos.

Los contenidos de Pb, Cu y Zn, en suelos fuera de los límites de mineralización, tienden a una mayor concentración en el horizonte B, asociado frecuentemente a la fracción limo-arcilla. En un perfil sobre un depósito, la concentración de estos elementos aumenta progresivamente desde el horizonte A hasta el C .

En resumen, la prospección litogeoquímica, de sedimentos del drenaje y suelo funcionan bien en las condiciones de mineralización y fisiografía de la región estudiada. Los metales seleccionados son adecuados y los métodos efectivos.

REFERENCIAS

- Brousse, R. y Oyarzún, J., 1973. Les complexes calco-alcalins et la province cuprifère circumpacifique en Les Roches Plutoniques. Masson Ed., 309-314 .
- Campano, P. y Guerra, N., 1975. Distribución de Cr, Ni, Co, Cu, Zn y Pb en rocas ígneas y sedimentarias del Norte de Chile. Tesis M. Sc. Universidad del Norte, Antofagasta, Chile. 40 - 52 .
- Fuenzalida, H., 1965., Biogeografía en Geografía Económica de Chile. Texto refundido CORFO. Santiago

- Hawkes, H. y Webb, J., 1962. Geochemistry in mineral exploration, Harper's Geoscience Series. Carey Cronels, Ed. New York. 359-377 .
- Lepeltier, C., 1969. A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. Economic Geology, 64:538-550.
- Skarmeta, J., 1974. Geología de la región continental de Aysén entre los 45º - 46º Lat. Sur (Chile). Tesis de Grado, Universidad de Chile. 226 p. Santiago.
- Turekian, K. y Wadepohl, K., 1961. Distribution of elements in some mayor units of the earth's crust. Bull. Ecol. Soc. Am. 175-192.