

ALTERACION HIDROTHERMAL Y DISTRIBUCION DE Cu, Mo, Pb y Zn EN EL  
PROSPECTO KILOMETRO CATORCE, EL SALVADOR, III REGION,  
CHILE

Roberto Oyarzún Muñoz \*

RESUMEN

En este trabajo se exponen los resultados de una investigación geológica y geoquímica preliminar escala 1:20.000, de un prospecto situado 8 kms al Sur de El Salvador ( 26°14'30" lat. Sur, 69°37' 00" long. Oeste). El marco geológico de éste, comprende rocas estratificadas volcánicas, volcanoclásticas, que van desde el Cretácico Medio al Plioceno, atravesadas por cuerpos intrusivos de composición ácida e intermedia, tipo dique que van desde el Terciario Medio (?) al Terciario Superior(?) respectivamente. Estas rocas se encuentran alteradas hidrotermalmente presentando alteración argílica, cuarzo-sericítica y propilítica.

Alteración argílica y cuarzo-sericítica, han sido correlacionadas con el desarrollo de actividad geotérmica en el área de El Salvador, durante el Terciario Inferior, actividad postulada por Gustafson, L. y Hunt, J. (1975) para la etapa tardía de alteración en el yacimiento El Salvador.

Los contenidos de Cu, Mo y Pb en suelos, no constituyen valores de importancia, en tanto que los de Zn, son similares a los valores esperados en suelos sobre yacimientos de este metal.

Objetivos del Trabajo

El presente trabajo tiene por objeto el estudio geológico y geoquímico preliminar del prospecto Kilómetro Catorce, situado 8 kms al Sur de El Salvador (26°14' 30" lat. Sur, - 69°37' 00" long. Oeste).

Se ha puesto especial interés en los aspectos concernientes a la alteración hidrotermal y distribución areal de Cu, Mo, Pb y Zn, a fin de definir las zonas más favorables para concentraciones de carácter económico de estos elementos dentro del prospecto.

Ubicación y Acceso

El área estudiada se encuentra ubicada en la III Región, entre los 26°19'10" - 26°22'00" lat. Sur y 69°39' 45" -69°35' 25" long. Oeste y a una altura media de 2.300 m.s.n.m. (Fig. 1).

---

\* Departamento de Geología, Universidad del Norte, Casilla 1280, Antofagasta, Chile.

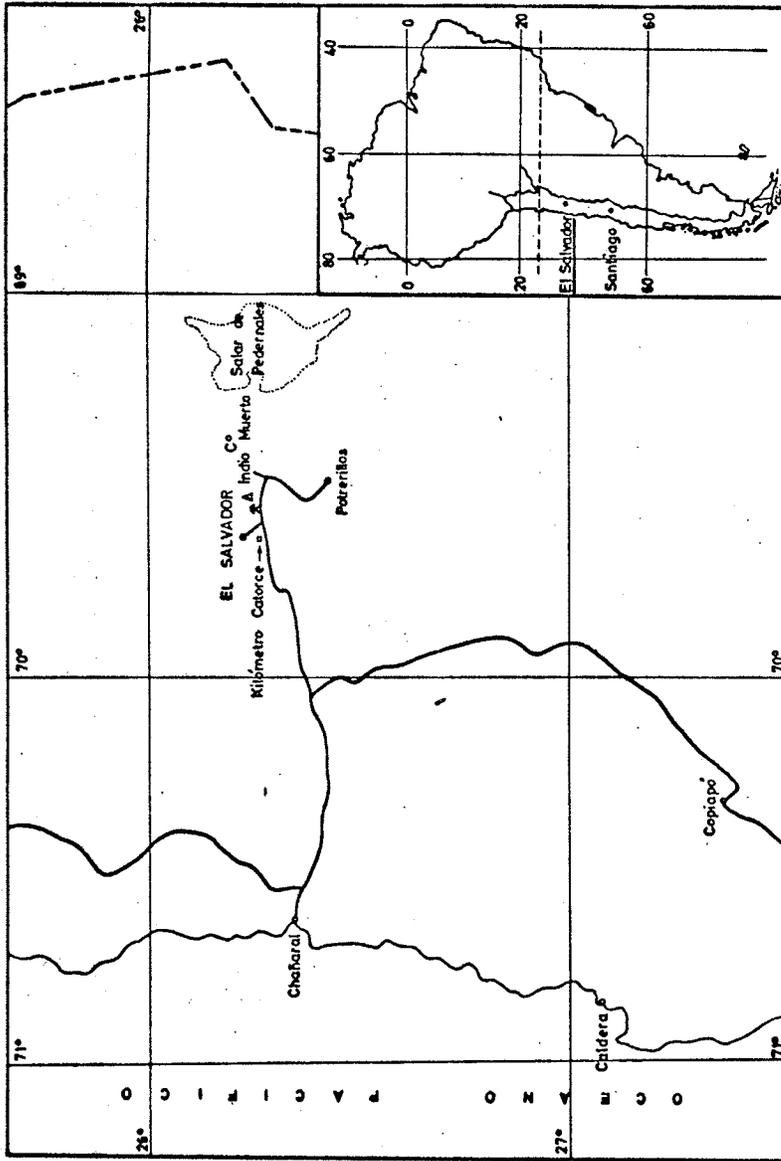


FIG. 1 MAPA DE UBICACION

El acceso se realiza por la carretera que comunica El Salvador con Potrerillos, tomándose a 2 kms del Portal del Inca, un desvío hacia la derecha, el cual comunica con un camino de tierra en buen estado, de 7 kms, que une esta carretera con el área Kilómetro Catorce.

La principal vía de acceso terrestre a El Salvador, es la carretera pavimentada C-13, la cual une Chañaral-El Salvador.

### Métodos de Trabajo

Los trabajos de terreno en Kilómetro Catorce, se llevaron a cabo durante los meses de Enero, Febrero, Marzo y Agosto de 1975. Los tres primeros meses se emplearon en realizar un levantamiento geológico y mapeo de la alteración hidrotermal y supérgena escala 1:20.000. Durante el tiempo restante, se llevó a cabo una campaña de prospección geoquímica, mediante muestreo de suelos, recolectándose un total de 454 muestras.

Los trabajos de laboratorio fueron desarrollados en el Departamento de Geología de El Salvador. Estos constaron de tres etapas: la primera, de microscopía y difracción de rayos X, para el estudio de la petrografía, alteración hidrotermal y limonitas de un total de 80 muestras de rocas; la segunda, análisis químico para determinaciones cuantitativas de Cu, Mo, Pb y Zn, para las muestras de suelo, mediante los métodos de espectrofotometría de absorción atómica y colorimetría; la última consultó el tratamiento estadístico de los datos geoquímicos, utilizándose un computador IBM 1130 del Centro de Computación de la Universidad del Norte, Sede Antofagasta.

### MARCO GEOLOGICO

#### Estratigrafía

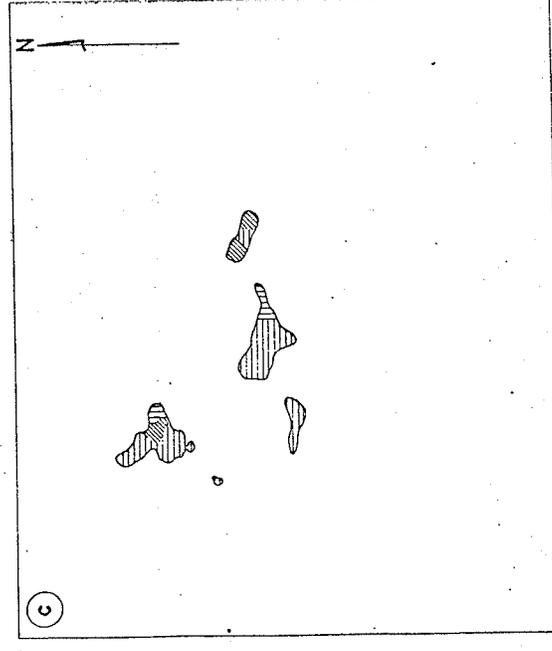
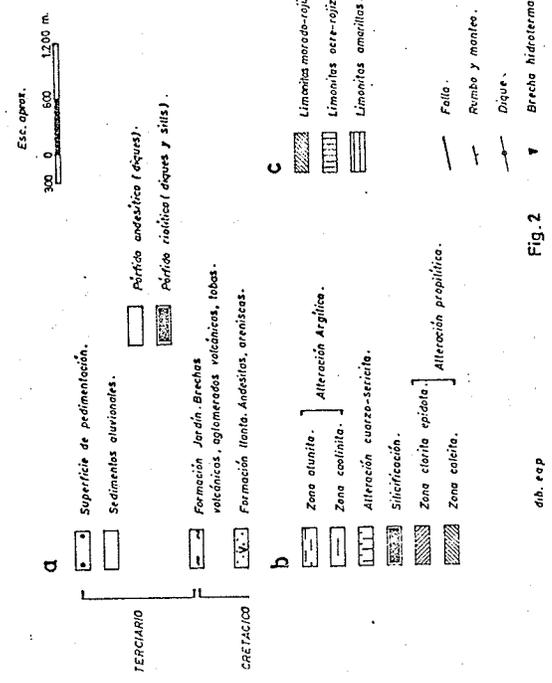
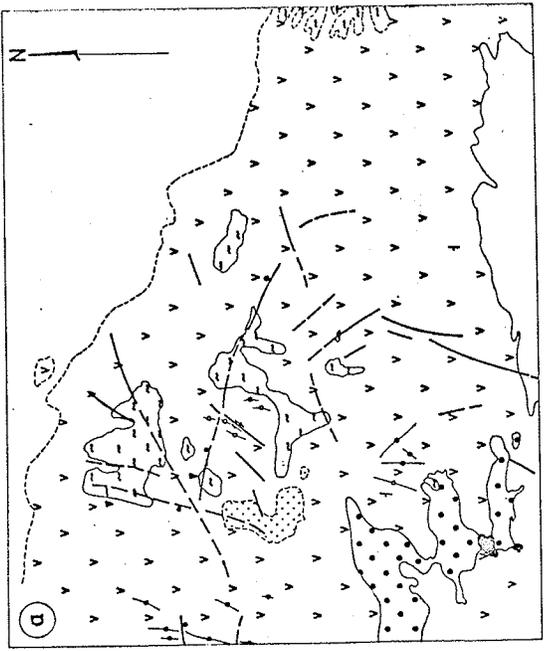
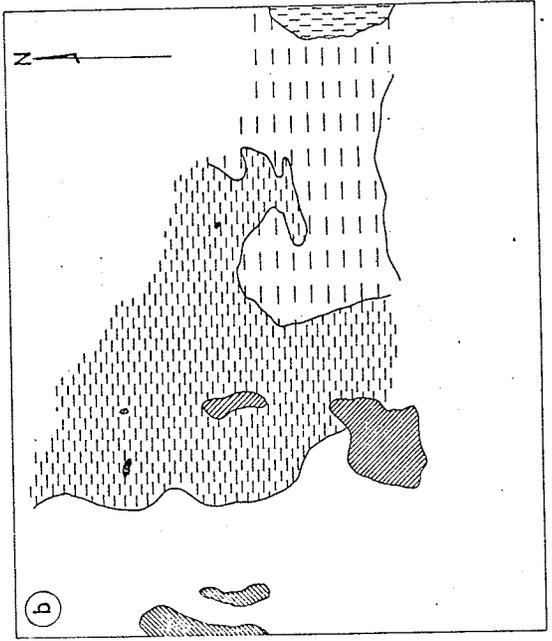
En Kilómetro Catorce, afloran rocas estratificadas que van desde el Cretácico Medio, hasta el Terciario Superior (Fig. 2a).

El sistema Cretácico está representado por rocas volcánicas y sedimentarias, las cuales son parte de la formación Llanta (Cretácico Medio, Frutos, Tobar, 1972). Discordantemente sobre estas, se dispone una secuencia de rocas volcanoclásticas, la cual es parte de la formación Sierra El Jardín (Cretácico Superior - Terciario Inferior. Frutos, Tobar., 1972).

Finalmente, y sobre una superficie de erosión del Terciario Superior, se disponen gravas mal consolidadas con intercalaciones de cenizas volcánicas de una edad Mioceno-Plioceno.

#### Rocas Intrusivas

En la zona de Kilómetro Catorce, se ha determinado la existencia de dos ciclos intrusivos. El primero, durante el Terciario Medio (?), constituido por diques y sills riolíticos. El segundo, durante el Terciario Su



perior (?), constituido por diques andesíticos.

**Intrusivos riolíticos:** Se trata de una serie de diques y sills de composición riolítica y carácter porfírico, con desarrollo de fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa (An10-30). Masa fundamental constituida por cuarzo y feldespato potásico. Los fenocristales de cuarzo presentan generalmente embahiamientos, el feldespato potásico y las plagioclasas se encuentran alterados a sericita y sericita-calcita respectivamente, indicando alteración propilítica. Epidota y clorita no están presentes.

Las orientaciones estructurales preferenciales de los diques riolíticos son NNE (principal) y NE (secundaria) (Fig. 3c), rellenando fracturamientos probablemente asociados a fallamiento de extensión.

**Intrusivos andesíticos:** Se trata de una serie de diques de composición andesítica y carácter afanítico, presentando texturas variables entre pilotaxítica e intergranular. La masa fundamental está constituida por plagioclasa (An 30-50) y clinopiroxeno, los cuales ocasionalmente se presentan también como fenocristales. Las plagioclasas se encuentran alteradas a calcita, epidota y en menor grado a sericita. Los clinopiroxenos están parcial o totalmente alterados a clorita.

Las orientaciones estructurales preferenciales de los diques andesíticos son: NNE (principal) y NNW (secundaria) (Fig. 3b).

### Estructura

La intensa alteración hidrotermal ha escondido los rasgos estructurales originales de las rocas que afloran en Kilómetro Catorce. Sin embargo, es posible reconocer estructuras tales como fallas, pliegues y discordancias.

**Fallas:** Los fallamientos principales corresponden a fallas normales, las cuales no presentan una orientación estructural bien definida, observándose sólo una leve tendencia de dirección ENE (Fig. 3a).

**Pliegues:** Las rocas volcánicas y sedimentarias de la formación Llanta, se presentan en la zona de estudio como un monoclinal de orientación estructural general N-S y una inclinación de 20° al Oeste.

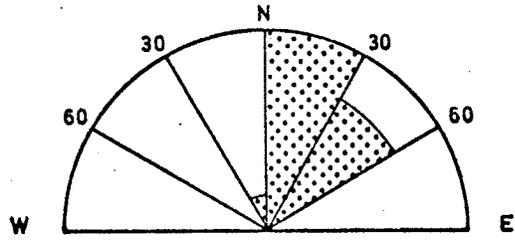
La secuencia volcanoclástica correspondiente a la formación Sierra El Jardín, yace subhorizontalmente, presentando leves variaciones en la inclinación controladas por las superficies de erosión sobre las cuales está depositada.

**Discordancias:** La única discordancia reconocida en Kilómetro Catorce corresponde a la que separa a la formación Llanta de la formación Sierra El Jardín, estando esta última en discordancia angular y de erosión sobre las andesitas de la formación Llanta.

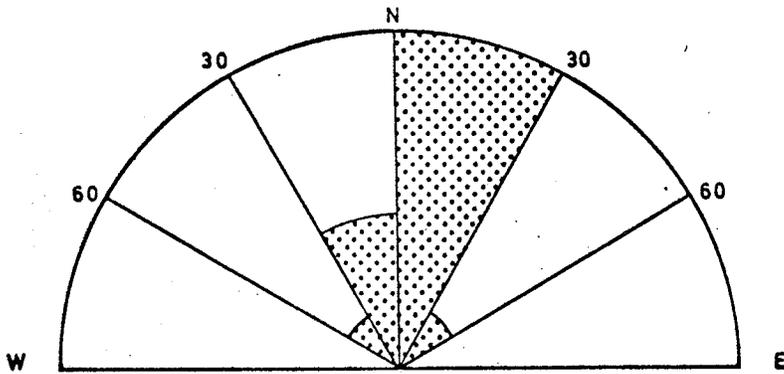
## GEOLOGIA ECONOMICA

### Alteración Hidrotermal

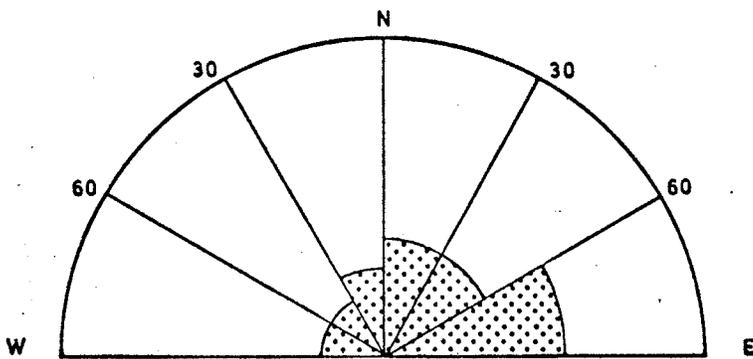
En Kilómetro Catorce se encuentran presentes, alteración propilítica, cuarzo, sericítica y argílica (Fig. 2b).



DIQUES RIOLITICOS (15 medias direccionales) Fig. 3c



DIQUES ANDESITICAS (17 medias direccionales) Fig. 3b



FALLAS (21 medias direccionales) Fig. 3a

Alteración propilítica: Esta alteración está asociada de los diques andesíticos y riolíticos que cortan a las rocas estratificadas del sector.

Este tipo se encuentra caracterizado en el caso de los diques andesíticos, por la presencia de epidota, la cual se presenta diseminada y en vetillas, calcita, clorita y sericita.

Epidota, calcita y sericita, ocurren por alteración de plagioclasas y clorita por alteración de clinopiroxenos. Los diques riolíticos presentan como minerales de alteración, calcita y sericita. Clorita y epidota no están presentes. Calcita aparece alterando a las plagioclasas y sericita, alterando a plagioclasas y feldespato potásico.

Alteración cuarzo-sericítica: Este tipo ocurre al Este del sector de estudio de manera poco intensa, afectando a brechas volcánicas y andesitas. La asociación mineralógica presente, consiste en cuarzo, sericita y menor cantidad de caolinita.

Los feldespatos se encuentran parcial o totalmente sericitizados y la matriz de la roca, parcialmente reemplazada por cuarzo secundario microcristalino y sericita.

Alteración argílica: Se han determinado dos asociaciones mineralógicas de tipo argílico: caolinita y menor cantidad de alunita; y alunita, cuarzo (calcedonia) y menor cantidad de caolinita.

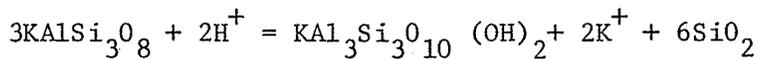
El primer tipo afecta a las rocas volcánicas andesíticas, en tanto que el segundo se localiza por igual, tanto en las zonas donde afloran rocas volcanoclásticas (donde es más intensa), como en las volcánicas andesíticas.

#### Discusión de las Asociaciones Mineralógicas Presentes

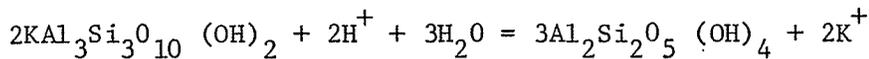
Alunita es un mineral producido bajo condiciones de acidez generadas por la presencia de ácido sulfúrico durante la alteración de rocas silicatadas. La asociación mineralógica producida bajo estas condiciones contienen alunita, una fase silíceas (generalmente cuarzo o sílice amorfa) y frecuentemente, uno o más de los siguientes minerales: caolinita, diquita, sericita o pirofilita (Hemley J. et al., 1969).

El ácido sulfúrico es producto de la oxidación del ácido sulfídrico, situación que se produce en la zona alta del sistema de circulación hidrotermal, que es la zona donde corrientemente ocurre alunita.

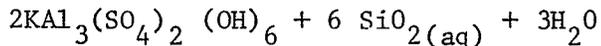
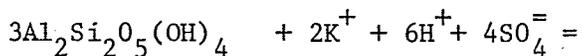
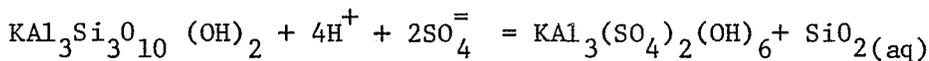
La fuente del potasio se encuentra en el feldespato potásico y en el vidrio volcánico de las rocas que están siendo alteradas. La ocurrencia de sericita es función de la hidrólisis del feldespato potásico:



Sericita a su vez por hidrólisis en condiciones de mayor acidez, da origen a caolinita:



Sericita o caolinita a su vez, en condiciones de extrema acidez, producto de la presencia de ácido sulfúrico, dan origen a alunita:



En función de las actividades de  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$  y  $\text{SO}_4^{=}$  se pueden obtener tridimensionalmente los campos de estabilidad de alunita, caolinita y muscovita (Fig. 4).

De esta manera, la evolución del sistema hidrotermal en Kilómetro Catorce, contemplaría la formación de sericita, generada bajo condiciones de una razón  $\text{K}^+/\text{H}^+$  intermedia. El aumento de intensidad de la hidrólisis conjuntamente con la presencia del ión  $\text{SO}_4^{=}$ , habrían dado origen a la zona con caolinita y menor alunita. Finalmente y en condiciones de acidez extrema se habría formado la zona de alunita, cuarzo (calcedonia) y menor caolinita (Fig. 5).

Proposición de un Modelo para Explicar la Alteración Hidrotermal en Kilómetro Catorce, como resultado de actividad geotérmica.

El estudio de los sistemas hidrotermales modernos, en cuanto a su dinámica, desarrollo y carácter de la fase salina, ha permitido concluir que estos sistemas están constituidos en forma importante, por aguas de origen meteórico. Por otra parte, los datos de isotopía de oxígeno e hidrógeno en campos geotérmicos actuales, han demostrado que el aporte de aguas meteóricas en las soluciones termales, sube del 90% (Nisterenko G., Chávez, L. 1972).

Alteración hidrotermal asociada a campo geotérmico, ha sido demostrada en Otake (Japón), Wairakei y Broadland (Nueva Zelandia), Salton Sea (E.E.U.U.) y Kamchatka (U.R.S.S.), entre otros. Por ejemplo, en Wairakei se ha demostrado la presencia de zonas de mica, adularia, wairakita y mont-

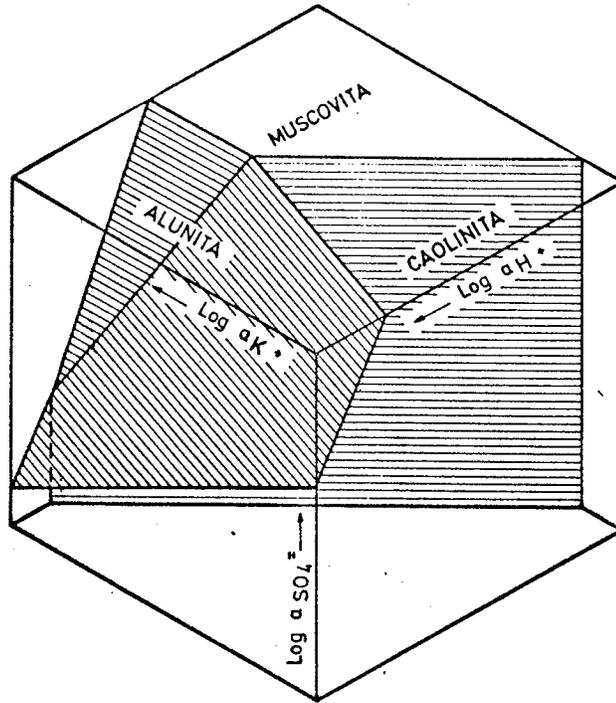


Fig. 4.- Relaciones de estabilidad para alunita en función de las actividades de los iones. Cuarzo presente y temperatura y presión constantes. (de Hemley et al. 1969)

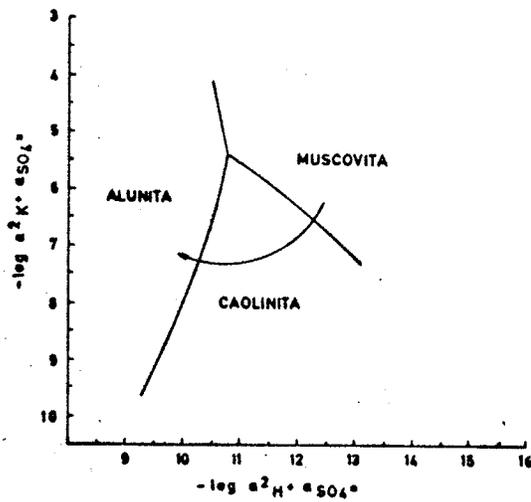


Fig. 5.- Evolución del sistema hidrotermal en Kilómetro Catorce.

morillonita, mediante estudios de superficie y sondaje (Ellis A.J. 1970). En Otake, ocurre alunita, caolinita, pirofilita, montmorillonita y clorita (Yamasaki T. 1970).

En El Salvador, Gustafson L. y Hunt J. (1975), han postulado actividad geotérmica durante la fase póstuma de la alteración tardía en el área del yacimiento. Esta alteración causada por un sistema convectivo de aguas meteóricas calentadas por el calor residual producto del enfriamiento del complejo intrusivo de El Salvador, se localiza en los sectores superiores del yacimiento, encontrándose presente una mineralogía constituida por pirofilita, diáspora, alunita, andalucita y corindón. Mediciones radiométricas en alunita primaria mediante el método K/Ar, dieron una edad de  $39,1 \pm 1,1$  m.a.

Alunita, mineral ampliamente distribuido en la zona de alteración argílica en Kilómetro Catorce, puede tener corrientemente dos orígenes durante la alteración de rocas ígneas de composición ácida a intermedia; uno por reacción con aguas sulfatáricas superficiales y el otro por reacción con aguas geotermales. Un criterio para diferenciar ambos posibles orígenes lo constituye la presencia de vetillas de alunita, lo cual indica de manera más o menos segura, un origen supérgeno para ésta (Hemley J. *et al.*, 1969). De esta manera, la no existencia de vetillas de alunita en las rocas alteradas, argílicamente en Kilómetro Catorce, descartaría, al menos en parte, un origen por aguas sulfatáricas superficiales, dejando así la posibilidad de un origen por aguas geotermales.

Por otra parte, entre las condiciones geológicas más favorables para la presencia de actividad geotérmica, se encuentra la existencia de domos de rocas ígneas de composición dacítica a riolítica. Domos de este tipo son corrientes en el área de El Salvador, aunque no se han encontrado aflorando en el área del Kilómetro Catorce. Además la presencia de sinter, material característico de zonas con actividad geotérmica, ha sido encontrado en las cercanías de la zona del Kilómetro Catorce (Frutos J., *com. verb.*), aunque es difícil de precisar que este sinter sea cronológicamente correlacionable con una posible zona termal en Kilómetro Catorce.

Todas las evidencias antes citadas apuntan hacia un probable origen geotérmico para la alteración hidrotermal en Kilómetro Catorce, asociada a la presencia de cuerpos hipabisales mayores en profundidad, correlacionables probablemente en edad con, al menos parte, del complejo intrusivo de El Salvador, sin embargo, una comprobación concluyente a esta hipótesis sólo podría lograrse mediante un estudio sistemático de sondajes.

De esta manera se postula para la alteración argílica y cuarzo sericitica, un origen asociado a actividad geotérmica, correspondiendo la alteración propilitica a un fenómeno posterior asociado a la intrusión de los diques riolíticos y andesíticos.

#### Brechas Hidrotermales

Se ha determinado la presencia de tres cuerpos de brecha de carácter hidrotermal de tipo intrusivo, situado en los sectores Norte Nor-Este y Este. El primero, de dimensiones pequeñas no es mapeable a la escala de trabajo usada en este estudio.

Estos cuerpos están constituídos por clastos de roca indiferencia-  
ble, presentando silicificación y argilización con abundante desarrollo de  
cuarzo, alunita y menores cantidades de sericita. La matriz está constituída  
da esencialmente por óxido de fierro tipo hematita-geothita.

Los clastos van desde subredondeados a subangulosos.

#### Limonitas y Sulfuros Relictos

En el sector Nor-Central del área de estudio (Fig. 2c), se detecta  
ron sulfuros relictos de cobre y fierro que son principalmente: calcopirita  
calcosina; bornita (muestra ES-9412, 15,7-31,3 granos/cm<sup>2</sup>, superficie puli-  
da analizada: 4 cm<sup>2</sup>) y pirita muestra ES -9456, 3,4-9,4 granos/ cm<sup>2</sup>, super-  
ficie analizada: 4 cms<sup>2</sup>.

Rodeando parcialmente esta zona, se presentan limonitas transporta-  
das de colores morado-rojizo, ocre-rojizo y amarillo (Fig. 2c). Los colo-  
res morado-rojizo y ocre-rojizo representan una mineralogía constituída por  
hematita y geothita, con mayor proporción de geothita, en el segundo tipo.  
El color amarillo representa una mineralogía constituída fundamentalmente  
por jarosita.

#### PROSPECCION GEOQUIMICA

##### Técnicas de Muestreo

Se recolectaron 454 muestras de suelo, el método de recolección  
consistió en muestreo de los filos de cerros y lomas, a fin de evitar de  
muestrear suelos transportados. De esta manera, el espaciamento entre  
muestra y muestra, dependió de las características físicas y geológicas del  
terreno. La profundidad a que fueron tomadas las muestras varió entre 15 y  
45 cms, dependiendo del espesor de la cobertura de suelos. La granulome-  
tría de éstos en el área muestreada, varía entre arena y limo. La densidad  
de muestras por kilómetro cuadrado fue de 12,6, densidad un tanto elevada  
pero adecuada para la detección de pequeñas anomalías de forma irregular o  
anomalías de carácter lineal.

##### Técnicas Analíticas

Las muestras de suelo fueron analizadas por cobre, molibdeno, plo-  
mo y zinc, en los laboratorios del Departamento de Geología de El Salvador.

Como una primera etapa, fueron tamizadas bajo 50 mallas, moliendo  
y utilizando todo lo que quedó, bajo 80 mallas. La trituración del mate-  
rial bajo 80 mallas se realizó mediante un molino de disco de cerámica.

Del material resultante, se tomaron 2 gramos los cuales fueron ata-  
cados con ácido clorhídrico (10 ml.), nítrico (10 ml.) y perclórico (5 ml.),  
calentando seguidamente filtrando y finalmente llevando a un volumen de 100  
ml.

Molibdeno y plomo fueron analizados por colorimetría. Molibdeno, mediante la formación de tiocianato de molibdeno y plomo, mediante la forma de ditizonato de plomo.

Cobre y zinc, fueron analizados mediante espectrofotometría de absorción atómica, utilizándose para este efecto, un aparato PERKIN ELMER 404.

La sensibilidad de estos métodos para los cuatro elementos son:  
Cu= 5ppm, Zn = 1 ppm, Mo = 0,5 ppm y Pb = 1 ppm.

#### Análisis Estadístico de los Resultados Analíticos

La distribución lognormal es una distribución continua caracterizada por la propiedad de que los logaritmos de los valores observados siguen una distribución normal. Esta ley de distribución es seguida estrechamente por los elementos traza.

Basados en estas consideraciones estadísticas, en los últimos años, han surgido diversos sistemas de tratamiento de datos geoquímicos. Uno de éstos lo constituye el método creado por C. Lepeltier (1969), el cual consiste esencialmente en la construcción de histogramas y curvas de frecuencia acumulada, con el fin de inspeccionar si los datos pertenecen a una, a dos o más poblaciones. En el primer caso, en el cual se tiene sólo una población, son determinados el background, la desviación estandar y el umbral.

El background (b) da una idea del nivel de concentración promedio de los elementos en un medio dado. La desviación estandar (s) corresponde a la dispersión de los valores alrededor del background. El último, el umbral (t) se considera como el límite superior de las fluctuaciones del background, los valores iguales o mayores que el umbral, pueden ser considerados anómalos.

En el caso de dos o más poblaciones, en el cual se obtiene una recta con uno o más quiebres, se determinan b y t. Este último puede considerarse en el caso práctico, como el punto de "quiebre" entre dos poblaciones.

Los tres principales casos de distribución no homogénea más comunes, son de orden decreciente:

- a) Exceso de valores altos en la población
- b) Una mezcla de dos más poblaciones
- c) Un exceso de valores bajos en la población

En el caso específico de esta investigación, se introdujo una pequeña innovación en este método, calculándose la media y desviación estandar de la población anómala, en los casos de poblaciones no homogéneas.

Así, para toda la población sobre el umbral se determinaron tres nuevas poblaciones, limitadas por  $\bar{X} + S$ ,  $\bar{X} + 2S$  y  $\bar{X} + 3S$  respectivamente, con lo cual se entrega información extra, la cual puede ayudar a delimitar de una manera más precisa los sectores anómalos en una determinada zona de estudio.

Además del método de C. Lepeltier se utilizó cálculo de matriz de correlación en modo R.

Análisis de la información mediante el método de Lepeltier:

### Cobre

N = 454  
b = 66 ppm.  
t = 240 ppm.

La distribución de los valores de cobre corresponde a un caso de población homogénea (Fig. 6).

Se detectaron dos anomalías principales (Fig. 7a). Los campos de valores mayores (sobre 240) corresponden a pequeñas áreas sin formas precisas. Estos sectores corresponden a zonas alteradas argílicamente.

### Molibdeno

La distribución de los valores de molibdeno corresponde a un caso de población no homogénea, generada en el caso específico de Kilómetro Cañal, por un exceso de valores bajos.

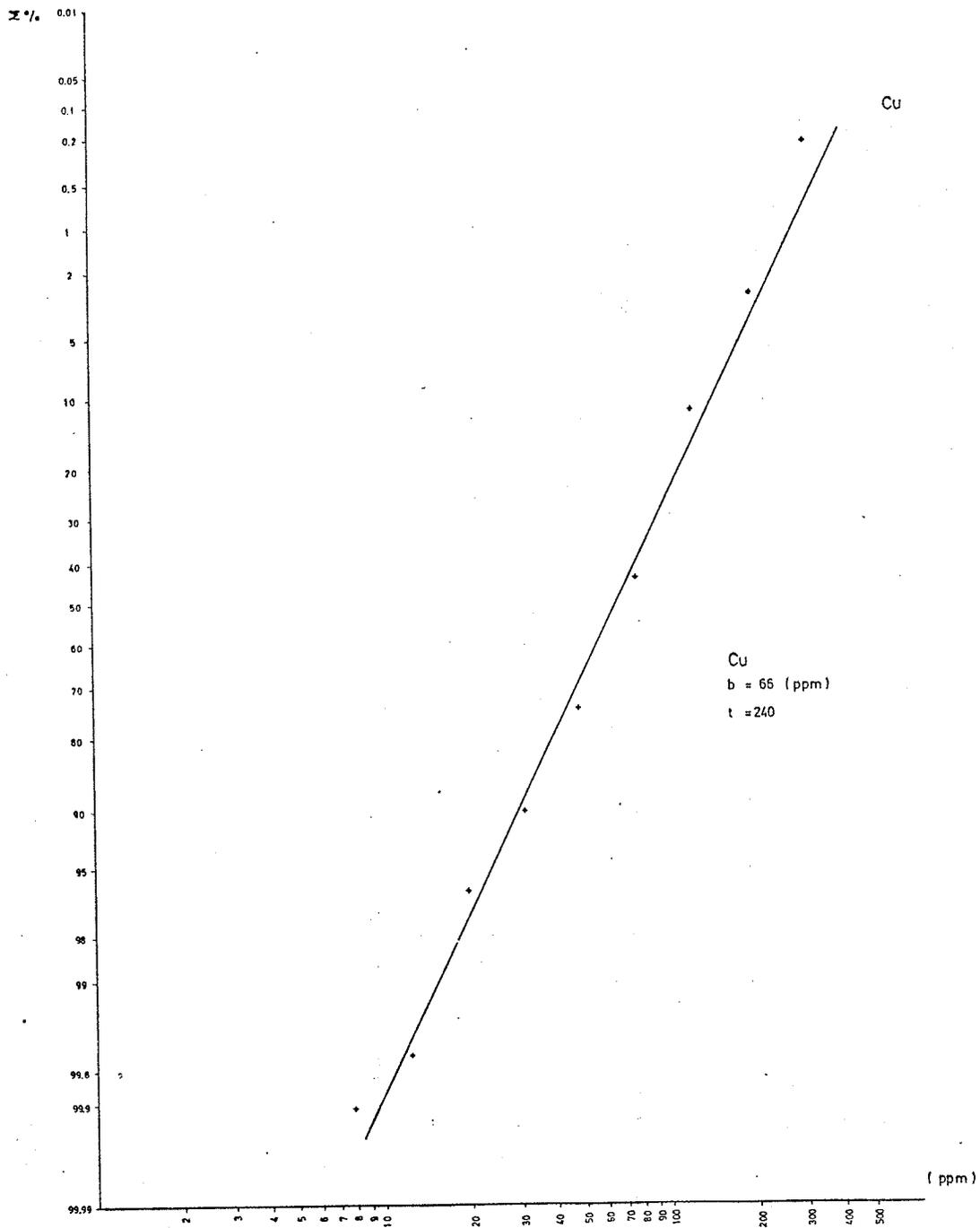
Los escasos valores anómalos (sobre 12 ppm.), corresponden a un 0,8% del total y no guardan ninguna relación espacial entre sí, motivo por el cual no se confeccionó el mapa de distribución correspondiente.

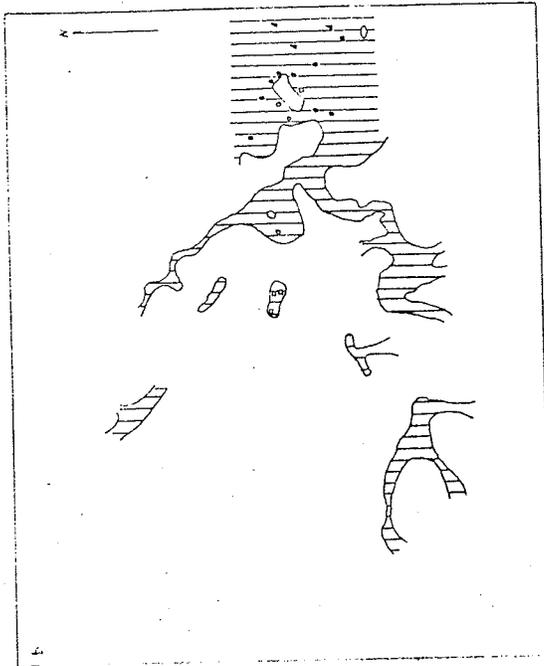
### Plomo

N = 454  
b = 3,6 ppm.  
t = 6,5 ppm.  
 $\bar{X} = 22$  ppm. (media de la población anómala)  
Log. S = 0,21 (Log. de la desviación estandar de la población anómala).

La distribución de los valores de plomo corresponde también a un caso de población no homogénea (Fig. 8).

Como valores anómalos se tomaron todos aquellos sobre 8,5 ppm., valor de la abcisa correspondiente a la intersección de las poblaciones mixta y anómala, separándose de este último grupo, aquellos valores sobre



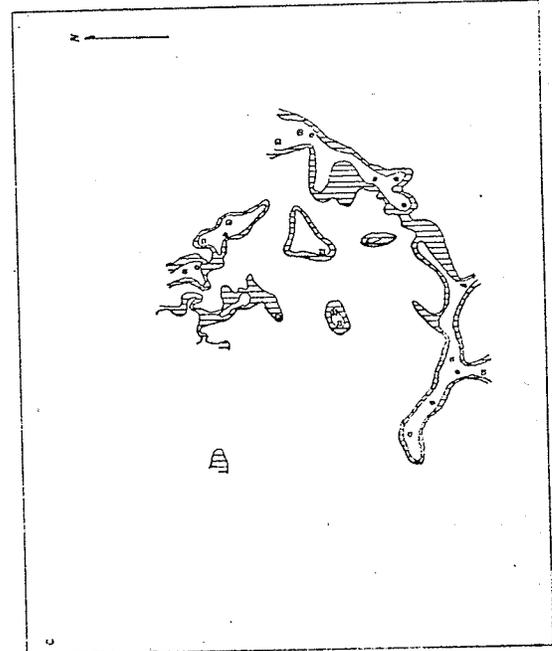
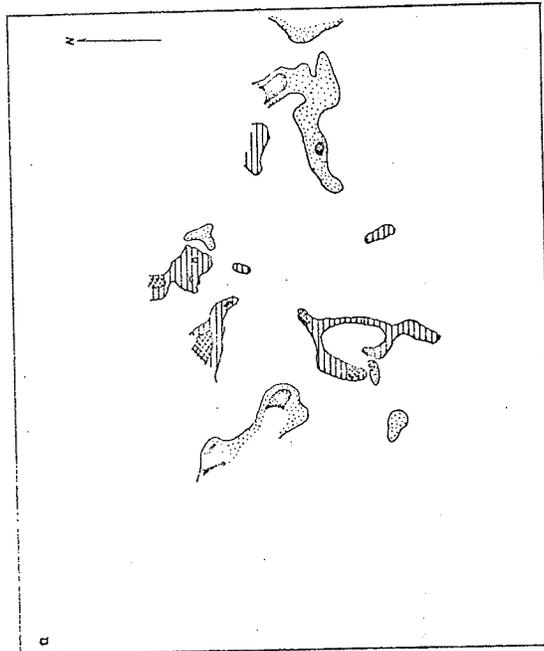


L E Y E N D A

ESCALA APROX.  
 0 600 1.200 m.

- Fig. a
- ▨ 17 ppm (b-2s)
  - ▨ 17-35 ppm (b-s)
  - ▨ 140-240 ppm (h+s)
  - ▨ 210 ppm (b-2s)
- Fig. b
- ▨ 15 ppm
  - ▨ 22-35 ppm
  - ▨ 35-55 ppm
  - ▨ 58-93 ppm
  - ▨ 93 ppm
- Fig. c
- ▨ 175-610 ppm
  - ▨ 410 ppm
  - ▨ 197-1950 ppm
  - ▨ 1955-2240 ppm
  - ▨ 3245-5300 ppm
  - ▨ 5350 ppm

Fig. 7



$\bar{X} + S$  ( 35 ppm.),  $\bar{X} + 2S$  (58 ppm.) y  $\bar{X} + 3S$  ( 93 ppm.), configurándose así una anomalía principal situada al noreste del área de estudio (Fig. 7b). Además de este alto, se determinó una franja que nace a partir de la anomalía principal, abriéndose luego en dos, configurando un semi-círculo abierto por el Oeste, aunque estos valores corresponden solamente a aquellos situados entre 8,5 y 35 ppm.

### Zinc

$N = 454$

$b = 60$  ppm

$t = 310$  ppm.

$\bar{X} = 1.180$  ppm. (media de la población anómala).

Log.  $S = 0,22$  (Log. de la desviación estandar de la población anómala)

La distribución de los valores de zinc, al igual que en el caso anterior, corresponde a una población no homogénea (Fig. 8), generada en este caso probablemente, por una mezcla de dos poblaciones separadas por una tercera de carácter mixto.

De esta manera se pueden distinguir las siguientes poblaciones:

	( ppm )	(%)
Normal	170	82
Mixta	170-630	5,2
Anómala	630	12,8

Así se trazaron en el mapa de distribución (Fig. 7c), curvas de 170 y 630 ppm., detectándose dos anomalías principales situadas en los sectores Norte, Sur y Este, las cuales en conjunto configuran un semi-círculo abierto por el Oeste, el cual guarda cierta semejanza con el generado por los valores anómalos de plomo.

	Zn	Cu	Mo	Pb
Zn	1,0			
Cu	0,2	1,0		
Mo	0,01	0,05	1,0	
Pb	-0,01	0,34	0,12	1,0

Esta matriz está construída en base a una correlación del tipo R, vale decir, entre variables.

Como se puede observar, las correlaciones son muy bajas, siendo el par más alto Pb-Cu (0,34) y los más bajos Mo-Zn y Pb-Zn (0,01 y - 0,01 respectivamente).

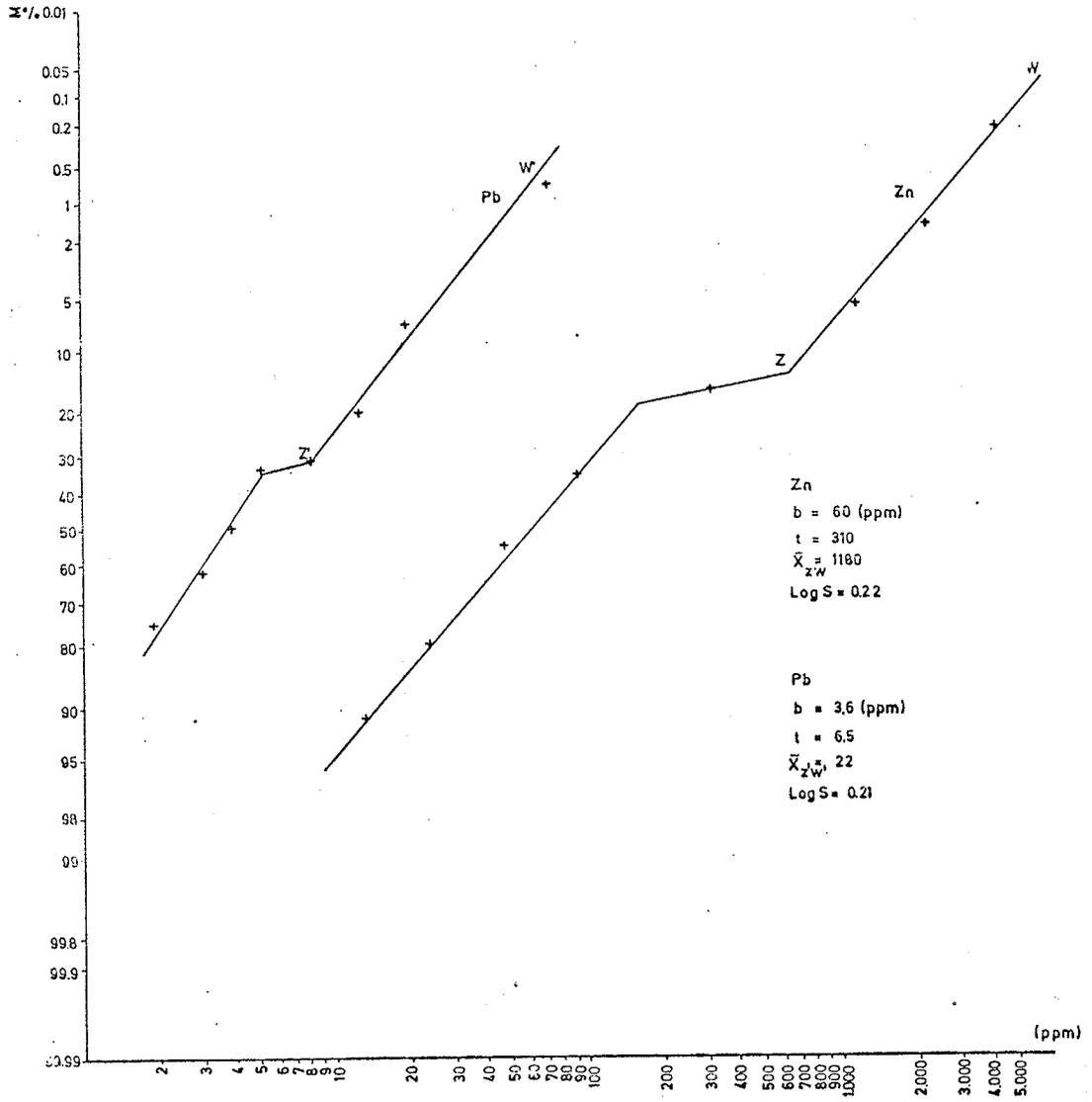


Fig. 8

## Conclusiones por Elemento

Tanto la media como el background determinados en Kilómetro Catorce, para cobre, molibdeno y zinc, caen dentro de las concentraciones promedio determinadas para estos elementos en suelos por diversos autores:

	Kilómetro	Catorce	Prom. Gral.	Fluctuaciones
	(b)	( $\bar{X}$ )		
Cu	66	66	20	2 -100 (Vinogradov)
Mo	-	1,3	2	1 - 10 ( " )
Pb	3,6	4,1	20	15 -100 (Granier )
Zn	60	71	70	10 -200 ( " )

Como puede observarse, el contenido de plomo en los suelos de Kilómetro Catorce, se encuentra por debajo de las concentraciones promedio generales para este elemento.

El cobre, a pesar de estar por encima de los promedio generales, no constituye una anomalía significativa, si se compara con los valores del mismo obtenidos en suelos asociados a mineralizaciones cupríferas.

El molibdeno, aparte de los valores bajos que presenta, se mantiene dentro de los promedios generales, mostrando tendencias a conformar zonas de concentraciones anómalamente negativas.

El zinc constituye de hecho, el elemento más interesante desde el punto de vista de las altas concentraciones que presenta. Así, la población anómala de éste, puede estar asociada a una probable mineralización.

## PROSPECCION GEOFISICA

Entre los meses de Abril y Junio de 1975, el Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile, realizó un estudio de Polarización Inducida en Kilómetro Catorce mediante perfiles.

Se midieron los parámetros geoeléctricos, resistividad aparente y efecto de frecuencia. Se utilizó una separación de 100 m entre electrodo, lo cual permitió obtener información entre 100 y 250 m de profundidad, desde la superficie de medición.

Los resultados que entregó este estudio, señalan una zona anómala de baja resistividad y alto efecto de frecuencia, situada en el sector Norcentral del área de estudio.

Es interesante hacer notar que ésta coincide, al menos en parte, con la anomalía positiva de zinc, detectado por geoquímica para el mismo sector.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos para cobre y molibdeno mediante los métodos geoquímicos, conjuntamente en el esquema de alteración hidrotermal presente y la inexistencia de afloramientos de intrusivos tipo stock porfírico en el prospecto Kilómetro Catorce, descartan, al menos en parte, la posibilidad de la presencia de una mineralización similar a la existente en cuerpos mineralizados tipo "pórfido cuprífero", no descartando sí, la posibilidad de que cuerpos hipabasales se encuentren emplazados en profundidad en el área de estudio.

En lo que se refiere al plomo, la inexistencia de anomalías geoquímicas positivas de importancia, lo excluyen también como elemento interesante bajo el punto de vista económico

De manera muy distinta, las importantes anomalías geoquímicas de zinc y su extensa continuidad areal, sumada a la coincidencia al menos parcial con las zonas anómalas detectadas mediante geofísica, le confieren a este elemento gran importancia en la zona estudiada.

## REFERENCIAS

- ELLIS, A. J., 1970. "Quantitative Interpretation of Chemical Characteristics of Hydrothermal Systems". United Nations Symposium I, 11, V. 25. Pisa.
- FRUTOS, J.; TOBAR, A., 1973. "Geología del Area de Sierra del Jardín, Salvador y Potrerillos". Prov. de Atacama. Inst. Invest. Geol., Inf. Inédito.
- GRANIER, C., 1973. "Introduction a la Prospection Geochimique des Gites Metalliferes". Massan et Cie, Editeurs.
- GUSTAFSON, L.; HUNT, J., 1975. "The Porphyry Copper Deposit at El Salvador, Chile". Economic Geology. Vol. 70, N°5, pp. 857-912.
- HEMLEY, J., et al., 1969. "Some Stability Relations of Alumite". Economic Geology. Vol. 64, N°6, pp. 599-612.
- JULIO, M.; GLASER, H., 1975. "Estudio de Polarización Inducida Kilómetro Catorce, El Salvador, Provincia de Atacama". Inst. Invest. Geol.
- LEPELTIER, C., 1969. "A Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data by Graphical Representation". Economic Geology. Vol. 64, pp. 538-550.
- NISTERENKO, G.; CHAVEZ, L., 1972. "Algunos aspectos del proceso de formación de Yacimientos tipo Manto en las andesitas chilenas". Inst. Invest. Geol.
- YAMASAKI, T., et al., 1970. "The Geology and Hydrothermal Alteration of Geothermal Area, Kujyo Volcano Group, Kyushu, Japan". United Nations Symposium III, 20. Pisa.