

FAJA DE MINERALIZACION DE ORO-PLATA-COBRE-ARSENICO  
EN LA CORDILLERA ANDINA DE LAS III Y IV REGION DE CHILE

\* Carlos Llaumett P.  
° Fernando Henríquez B.

RESUMEN

En la Cordillera de Los Andes de Chile, en la zona fronteriza de la III y IV región geográfica y entre alturas de 4.000 y 4.500 m. s.n.m., se ubica una singular faja de alteración hidrotermal y mineralización de oro-plata-cobre-arsénico. Este cordón posee una orientación N-S, tiene una longitud aproximada a los 30 km. y un ancho entre 1 y 4 km.

La franja aludida se emplaza en rocas volcánicas pliocénicas-pleistocénicas representadas por andesitas, riolíticas-traquitas y basaltos productos provenientes de aparatos fisurales y estratos-volcanes, en ocasiones truncados. En las zonas marginales se ubican pequeños stock de pórfidos intrusivos. Numerosas fallas de rumbo N-S se intersectan con fallas NNE, NW y ESE, y constituyen zonas favorables para la formación de estructuras volcánicas, para el desarrollo de alteración hidrotermal y para la ubicación de mineralización polimetálica.

Una extensa y conspicua zona de alteración hidrotermal se desarrolla tanto en las rocas volcánicas como intrusivas. Este desarrollo presenta un modelo zonal que desde el exterior hacia el interior muestra el siguiente arreglo: clorita-arcilla-epidota (propilitización); sílice criptocristalina; argillización-silicificación-alunitización; argillización-cuarzo/sericita-cuarzo en placas. Los arreglos más interiores denotan la presencia de S nativo, y generalmente hospedan la mineralización económica. Esta última se presenta como numerosas vetas, vetillas y cuerpos macizos con mineralización diseminada. El estudio microscópico de cortes pulidos y de microsonda electrónica muestran que el oro se presenta como granos aislados en los bordes de cristales de cuarzo y muy posiblemente dentro de la estructura cristalina de la pirita.

Las relaciones espaciales de la alteración y mineralización con rocas y estructuras volcánicas jóvenes, las asociaciones mineralógicas, tamaño y carácter de la alteración hidrotermal, representan fenómenos muy cercanos de la superficie, y la presencia de azufre y alunita, sugieren una génesis para la mineralización muy relacionada al volcanismo mioceno-pleistocénico muy similar a las características establecidas para yacimientos "hidrotermales sub-volcánicos" de U.S.A., Japón, México, Rusia y Nueva Zelanda.

Dada la importancia que tiene el volcanismo mioceno-pleistocénico en el norte chileno se considera que las áreas de prospección para este tipo de depósito son de mucho interés.

- 
- \* Empresa Nacional de Minería, Sección Geología.
  - Universidad Técnica del Estado, Departamento Minas, Facultad de Ingeniería.

## INTRODUCCION

### Propósito del Trabajo

En muchas partes del globo los principales recursos metalíferos de oro, plata, plomo, zinc, cobre y estaño se encuentran ubicados en depósitos directamente relacionados a fajas vulcanológicas jóvenes de edad terciaria y aún pleistocénica.

Estos yacimientos definidos por algunos geólogos como "epitermales" (en el sentido de Lindgren) o por otros como "hidrotermales subvolcánicos" (en el sentido de Schneirdöhn) están caracterizados por singulares rasgos debido a su depositación cercana a la superficie. Lo anterior incluye una relación espacial y genética a rocas volcánicas andesíticas-dacíticas-riolíticas jóvenes, a aparatos volcánicos centrales y fisurales, a estructuras geológicas, arreglos de minerales, alteración de las rocas y condiciones de depositación de la mena muy preculiars. Generalmente los depósitos forman "fajas metalogénicas" de mucha importancia y entre las más notables habría que nombrar el cinturón de oro-plata del oeste de los EE.UU., los depósitos polimetálicos de México, los yacimientos tipo vetas y stockwork de los arcos de islas de Japón, los depósitos de oro-plata de la U.R.S.S., etc.

En recientes trabajos de prospección realizados por geólogos de la Empresa Nacional de Minería en la cordillera Andina de III y IV Región, se ha ubicado una extensa faja de alteración hidrotermal asociada espacialmente a volcanismo terciario/pleistocénico, y que a la vez encierra una bondadosa mineralización de oro-plata-cobre arsénico. Las características de estructura, alteración y mineralización de esos depósitos son muy similares para los descrito en la literatura para los yacimientos "hidrotermales sub-volcánicos" y sugieren en consecuencia una génesis del tipo para estos depósitos chilenos.

El propósito del presente trabajo es dar a conocer en líneas gruesas las características geológicas principales de la faja alterada-mineralizada del distrito Baños del Toro. Como se ha dicho más arriba, es probable que esta faja sea la expresión de un cinturón de yacimientos polimetálicos sub-volcánicos de mucha importancia, y en consecuencia su conocimiento aporte antecedentes de interés para futuras prospecciones que pueden ser de gran valor económico.

## Ubicación y Características Físicas del Distrito

El Distrito Baños del Toro se encuentra emplazado en la alta cordillera Andina en la zona limitrofe de la III y IV Región al interior del Valle de Elqui. El centro del distrito se sitúa aproximadamente a unos 120 km. en línea recta al ESE de la ciudad de La Serena y tiene como coordenadas  $69^{\circ}59'$  de longitud oeste y  $29^{\circ}45'$  de latitud sur (Fig. 2).

La morfología del sector es la típica para la zona andina del norte chico del país. En ella se contraponen cordones montañosos de una altura media de 4.000 m. con profundos valles y quebradas de laderas muy empinadas, y que son productos de la actividad fluvio-glacial. Sobre los cordones montañosos emergen cumbres, generalmente de aparatos volcánicos, que sobrepasan fácilmente los 5.000 m. (Cerro Tórtolas, 6.330 m., Doña Ana 5.690 m., etc.) Los valles, debido a su origen glacial tienen forma similar a cajones o de U, además presentan escarpadas laderas en cuya base se han depositado abundantes conos de deyección.

## MARCO GEOLOGICO DISTRITAL

Aunque en el sector investigado no es un rasgo predominante, el distrito se encuentra ubicado dentro de la línea de intenso volcanismo mioceno-pleistoceno de los tipos riolíticos, dacíticos y andesíticos-basálticos, característico de la pre y cordillera andina del norte chileno.

Las rocas más antiguas del distrito o basamento, corresponde a una sucesión de lavas y piroclásticos predominantemente andesíticas de colores gris verdosos a gris violáceos, junto a las rocas anteriores existen algunas intercalaciones de conglomerados y tufitas. Esta serie, que Thiele (1964) ha designado como formación Baños del Toro cubre gran parte de la región. El mismo autor anterior le da a la formación una edad Cretácico medio (Fig. 2).

Sobre las vulcanitas nombradas anteriormente se ubican en forma discordante un conjunto de lavas, tobas y brechas volcánicas de carácter riolítico y que Thiele ha llamado formación Vallecito y le ha asignado una edad mioceno y/o plioceno. Estas riolitas, en el sector oriental de la faja alterada, están formando un cordón de rumbo

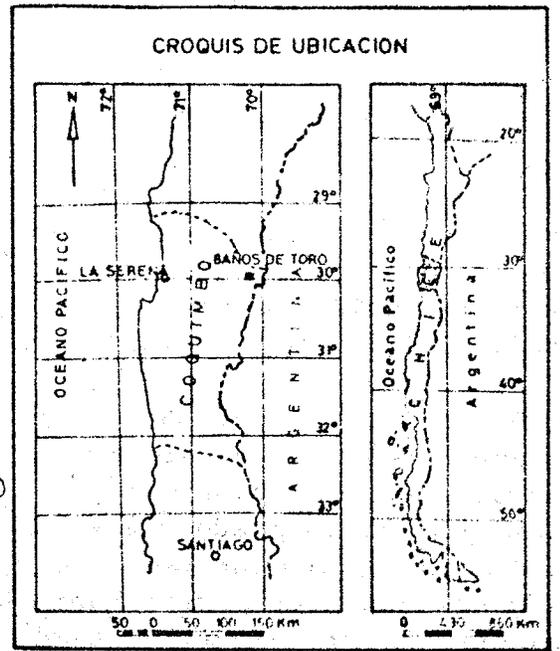
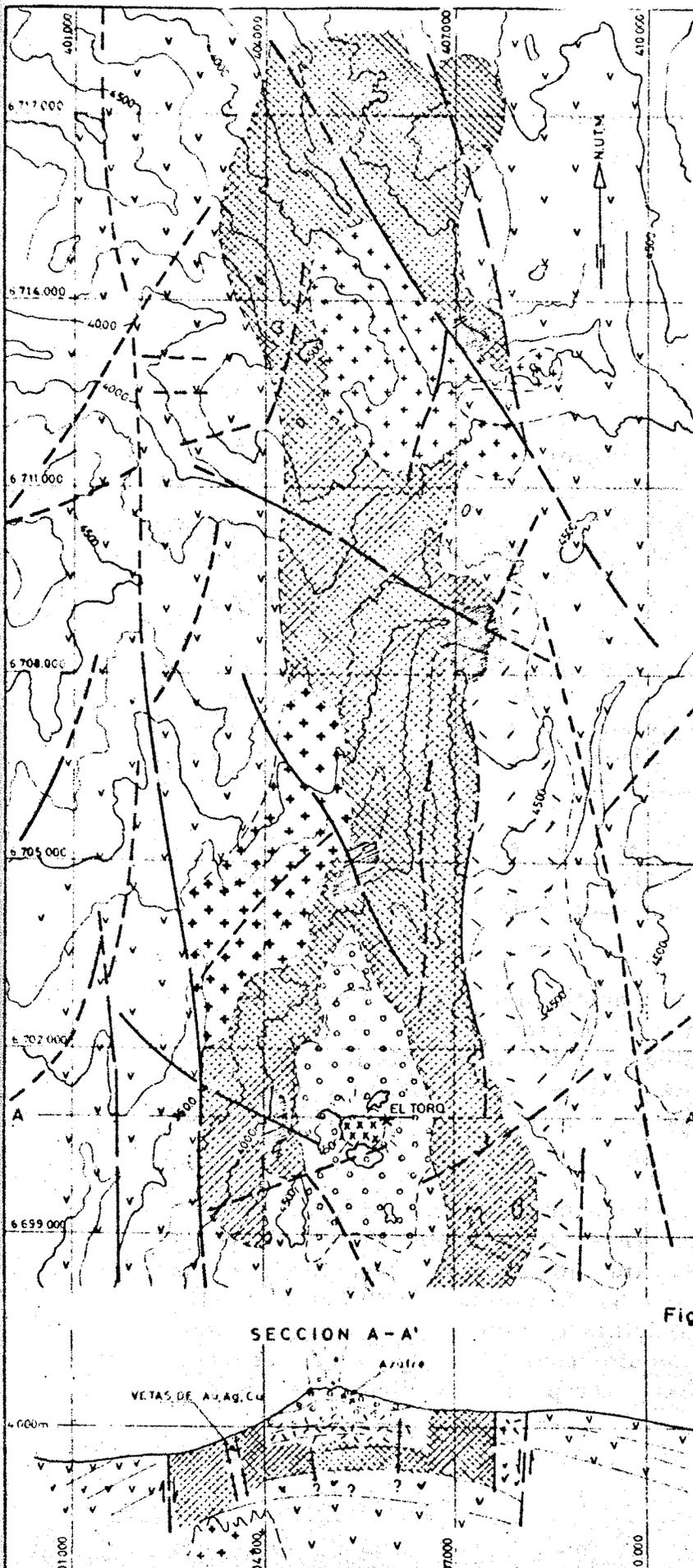


Fig. 1

LEYENDA

- ○ ○ ANDESITAS Y BASALTOS Plioceno
- □ □ PIOLITAS Y TRAQUITAS terciario
- ▽ ▽ ▽ ANDESITAS Y CONGLOMERADOS cretác. sup.
- ■ ■ ALTERACION HIDROTHERMAL SILICE-ARGILICA-CUARZO/SERICITA, ALUNITA, AZUFRE
- ■ ■ ZONAS DE MINERALIZACION DE Au, Ag, Cu, AS EVIDENTES
- × × × MINERALIZACION DE AZUFRE
- - - CONTACTOS OBSERVADOS E INFERIDOS
- - - FALLAS OBSERVADAS E INFERIDAS
- +++ PORFIDO LA INDIA (terciario)
- ++ PORFIDO EL ESTANQUE (terciario)



Fig. 2

BAÑOS DEL TORO  
MAPA GEOLOGICO DISTRITAL

ESCALA 1 : 100 000

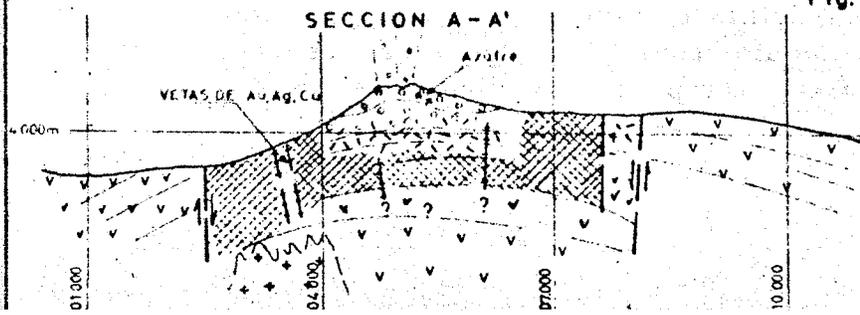
GEOLOGO  
C. LLAUMETT P  
DIBUJO  
H. MUJICAC

JULIO DE 1976

SECCION A-A'

VEFAS DE Au, Ag, Cu

Azufre



y feldespatos tanto como fenocristales como también en forma de agregado microgranular en la masa fundamental. Presenta alteración cuarzo-sericita, vetización, ojos de cuarzo y turmalina de escasa a muy abundante, en muchos sectores se observa una leve mineralización de pirita y calcopirita.

El Pórfido de La India es de carácter granodiorítico, se presenta de color gris y de textura fanerítica porfírica. Los fenocristales corresponden a grandes feldespatos del tipo plagio-clasa y la masa fundamental es un agregado microgranular compuesto principalmente de cuarzo, feldespatos alterados y biotita. La alteración, por el contrario de lo que sucede con el pórfido El Estanque, es leve, y generalmente corresponde a una incipiente sericitización de los feldespatos y cloritización de los ferromagnesianos, sin embargo, en este pórfido existe una abundante diseminación de pirita.

Sus relaciones espaciales de campo con respecto a las fajas alteradas mineralizadas y a las rocas riolíticas, su carácter y tipo petrográfico muy similar a otros "pórfidos andinos" sugieren un origen sub-intrusivos para estos cuerpos y de una edad joven, posiblemente del Terciario medio o superior.

Los rasgos estructurales predominantes del sector se encuentran representados por una tectónica de bloques caracterizada por fallas regionales de rumbo norte. Estas fallas, muchas de ellas quizás de edad más antigua, han sido muy activas durante el Terciario medio posiblemente y se encuentran cruzadas por fallas de rumbo NNE, NE y NW. Aparentemente el sector de la faja mineralizada-alterada representa una depresión (graben ?), limitada por una gran falla en su margen occidental y por una serie de cortas fallas y zonas de fracturas en su lado oriental. Zonas de cizalle en el cruce de fallas longitudinales y diagonales han servido para la localización de cuerpos sub-intrusivos, la metalización tipo veta y stockwork masivo, y localmente para la disposición zonada de desarrollos de alteración hidrotermal.

#### ALTERACION HIDROTHERMAL

En el distrito Baños del Toro se ubica una extensa zona de alteración hidrotermal que se emplaza en aproximadamente 30 km. de largo en sentido norte-sur y que presenta un ancho variable entre 1 y 4 km. (Fig. 2).

Debido a lo intenso de la alteración con casi una absoluta destrucción de feldspatos, se hace muy dificultoso el reconocimiento de la roca original, sin embargo, es posible decir que ésta afecta tanto a las andesitas Cretácicas, a las riolitas terciarias y a los pórfidos intrusivos. Presenta un claro control estructural debido a su disposición y tendencia N-S, idem que las estructuras longitudinales y a disposiciones y zonaciones locales, en sectores de intersección de fracturas.

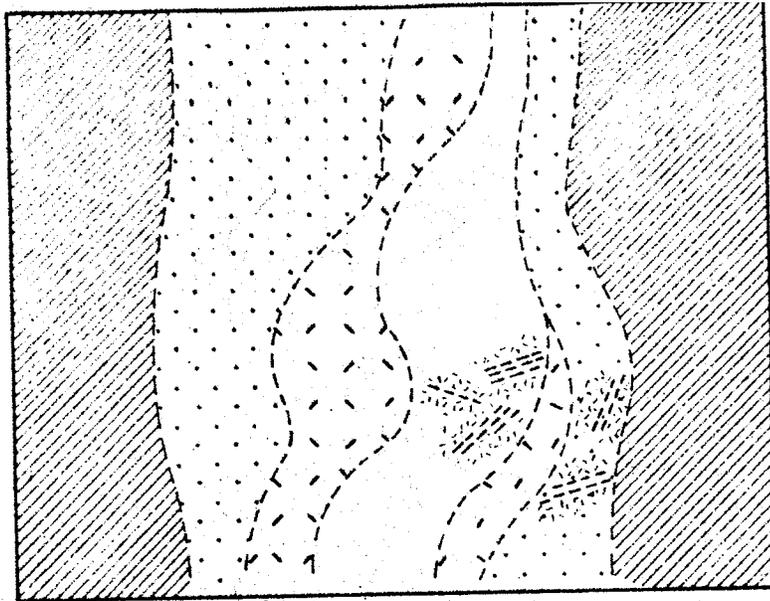
Generalmente, la zona alterada tiene un aspecto blanco-amarillento y a primera vista parece que toda la faja tuviera una fuerte "argillización". El estudio de algunos perfiles en detalle ha servido para plantear el siguiente modelo zonal para el desarrollo hidrotermal de Baños del Toro (Fig. 3).

- Clorita - arcilla - epidota (propilitización)
- Sílice criptocristalina
- Argillización - silicificación - alunitización
- Argillización - cuarzo/sericita - cuarzo en placas.

La alteración propilítica, generalmente afectan a las andesitas de la formación Baños del Toro, y forman la zona más externa del desarrollo hidrotermal. Las andesitas conservan su aspecto original y el desarrollo se manifiesta como una incipiente cloritización y calcitización de los fenocristales y la masa fundamental presenta manchas o parches de clorita con algo de epidota.

La sílice criptocristalina se ubica como un extenso halo alrededor de los desarrollos interiores; se presenta de aspecto macizo, de color crema grisáceo, afanítico y denso, y en pocas ocasiones de textura porosa. Al microscopio se le observa como un fino mosaico recristalizado de cuarzo de tamaño medio de 0,05 mm., lo acompañan escasos cristales de sericita, algunos opacos (principalmente piritita) y pequeñas cantidades de epidota.

El desarrollo hidrotermal con argillización-silicificación-alunitización corresponde a rocas de color blanco-amarillento, de dureza media a baja en la cual las masas de rocas argillizadas presentan núcleos síliceos (calcedónicos) y fracturas o zonas porosas rellenas con alunita y escaso azufre nativo.



LEYENDA

- PROPILITIZACION
- SILICIFICACION (CUARZO CRIPTOCRISTALINO)
- SILICIFICACION, ARGILLIZACION, ALUNITIZACION
- ARGILLIZACION CUARZOSERICITA, CUARZO EN PLACAS
- VETAS DE ORO, PLATA, COBRE
- DISEMINACION DE ORO, PLATA, COBRE

ESQUEMA DE ALTERACION-MINERALIZACION

DISTRITO BAÑOS DEL TORO

ESCALA 1:50.000

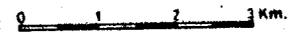
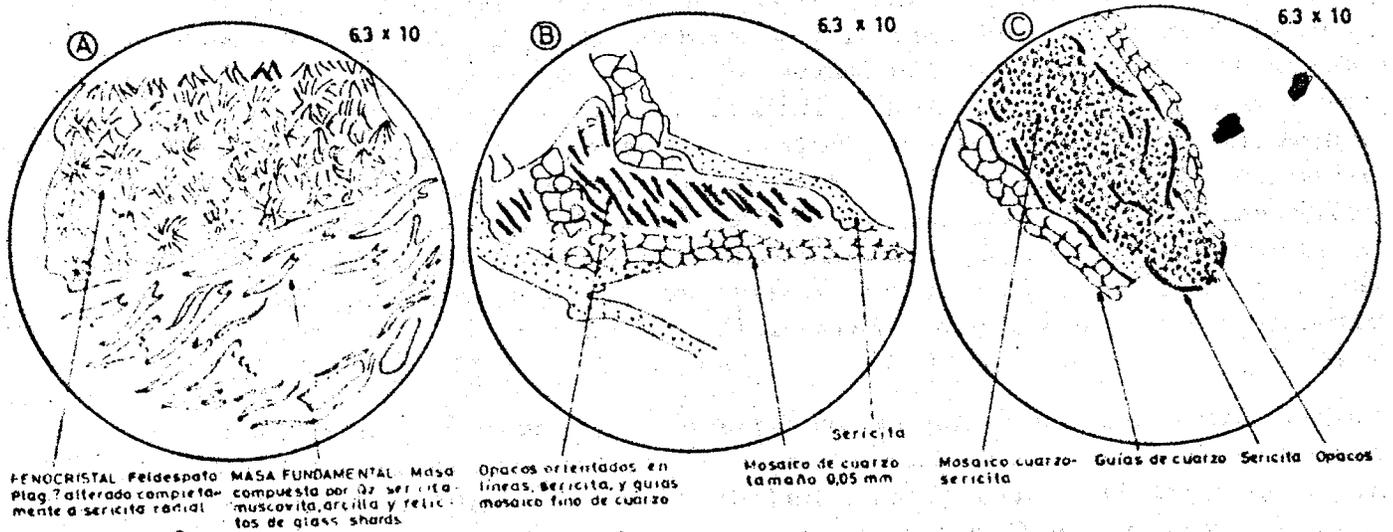
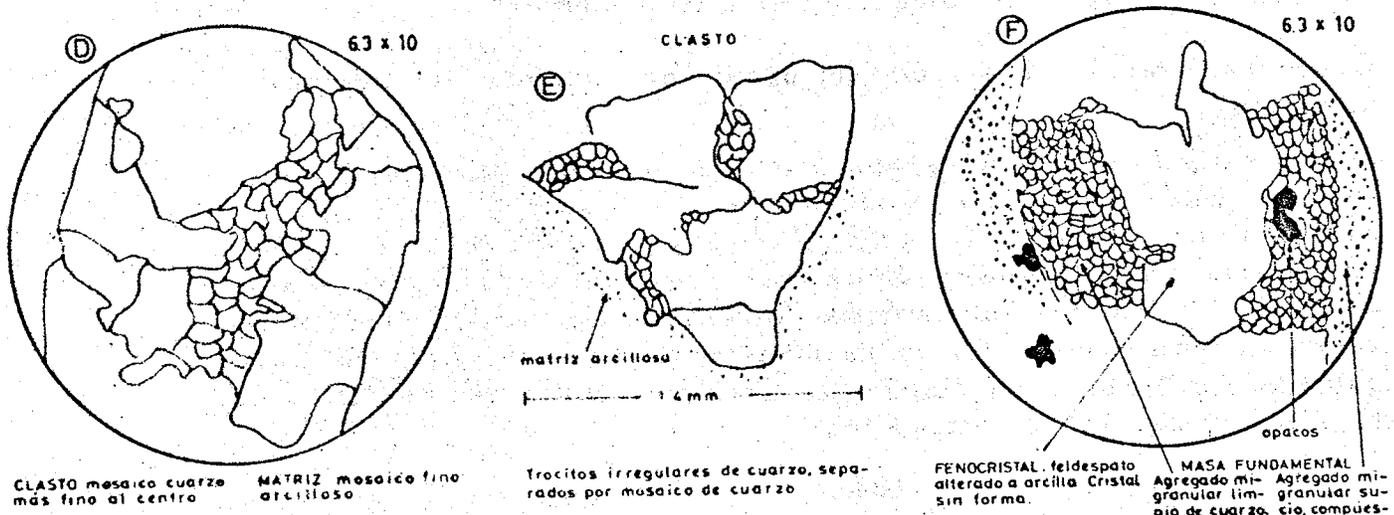


FIG. Nº 3

ALTERACION PRINCIPAL : CUARZO-SERICITA



ALTERACION PRINCIPAL : SILICE-ARGILLICA



DETALLES MICROSCOPICOS DE TIPOS DE ALTERACION

GEOLOGO: C. Liaumett P.  
 DIBUJO: H. Mujica C.

FIG. Nº 4

Al microscopio se observan clastos que generalmente corresponden a cuarzo en forma de mosaicos finos y gruesos rodeados por una abundante matriz arcillosa, en otras ocasiones los fenocristales están alterados a arcillas y la masa fundamental es un agregado microgranular limpio de cuarzo (0,05 mm) (Fig. 4 a,b,c).

La parte central del desarrollo hidrotermal está caracterizado por la abundancia del producto cuarzo/sericita en asociación con alteración argílica y presencia de cuarzo en placas (calcedónico) cerca y en las zonas mineralizadas. La roca se presenta de color blanquisco-anaranjado, de dureza media a alta y de aspecto entre macizo granular a macizo sacaroidal.

Microscópicamente se observa que los fenocristales oclastos son reemplazados casi totalmente por sericita radial de gruesa a fina (entre 0,1 a 0,01 mm) o bien, como un mosaico de cuarzo-sericita (0,02 mm) de forma irregular y rodeado de guías de cuarzo y/o cuarzo-sericita; existen abundantes minerales opacos, los que disponen como guías o formando rosarios. La masa fundamental está compuesta de un agregado microgranular de cuarzo-sericita de tamaño inferior a 0,01 mm., que en ocasiones presenta relictos de "glass-shards" con estructuras de flujo (Fig. 4 d.e.f). Cerca de la estructura mineralizada se presenta cuarzo bandeado, blanco brillante en ocasiones poroso con crustificaciones y drusas, y cuya disposición es generalmente paralela a las estructuras de cizalles o fallas.

Azufre nativo está localmente presentado por pequeñas a moderadas cantidades en los desarrollos interiores, en forma diseminada o como relleno de las estructuras más porosas, especialmente importante es en la zona de Cerro El Toro, donde además se presenta como depósito en el aparato volcánico del mismo nombre.

La mineralización se dispone de preferencia en los dos desarrollos interiores.

Modelos zonales muy parecidos han sido descrito para yacimientos "epitermales" y/o "hidrotermales sub-volcánicos" de otros países como E.E.UU., Japón, U.R.S.S., Argentina, y en todos es característico las zonas propilíticas externas, los halos de "cuarzo calcedónico", los desarrollos internos "argílicos-aluníticos" y de minerales hidromicáceos, y la presencia de cuarzo esferoidal en placa, calcedónico/ópalos, y en muchos la coexistencia de azufre nativo, junto a los minerales de alteración.

## MINERALIZACION

Dentro de la faja alterada del distrito Baños del Toro en diferentes puntos se conoce una bondadosa mineralización de oro-plata-cobre-arsénico. Ella ocurre en los desarrollos hidrotermales internos en rocas tanto andesíticas, riolíticas e intrusivas, y que en algunos casos tiene como expresión superior a la presencia de un aparato volcánico pleistocénico (Cerro El Toro) (Fig. 2 ).

La metalización ocurre como vetas, vetillas y diseminada. Las vetas son de 0,5 a 2 m. de espesor, de diferentes orientaciones, pero de preferencia E-N-E; corresponden a rellenos de fallas o zonas de cizalle y se caracterizan por la abundancia de "cuarzo bandeado", en planos y bandas de distintos colores y dispuestos generalmente paralelos a las estructuras-control. Junto a las vetas se ubican vetillas más delgadas de irregulares a semi-paralelas a los principales, de 5 a 20 cm. de espesor. La diseminación es irregular y se ubica de preferencia en zonas de cuarzo-calcedónico y en sectores muy argillizados.

De acuerdo a las características estructurales dadas más arriba, estaríamos en presencia de depósitos del tipo "stockwork masivo" (con importantes vetas individuales).

Los minerales presentes en orden de abundancia son: pirita, arsenopirita, enargita, covelina, sulfosales de plata, oro nativo, calcopirita y hematita. Con ellos hay abundante cuarzo y algo de azufre nativo. Los minerales económicamente importantes son oro y plata en relación de 1/5 a 1/10.

La pirita se presenta generalmente en granos redondeados o como granos idiomorfos, diseminados o como pequeñas venillas dentro del cuarzo, su tamaño varía entre 0,01 y 1,0 mm. con un promedio de 0,1 mm. La arsenopirita se presenta asociada a enargita y su tamaño medio es de 0,05 mm. La enargita es el sulfuro de cobre más importante y se presenta diseminada como granos aislados de promedio 0,2 mm o bien como vetillas o vetas macizas de tamaño macroscópico, cortando a pirita y cuarzo; es reemplazada por covelina y arsenopirita. La covelina es poco abundante y siempre está asociada a enargita y lleva junto a ella plata. El oro nativo se presenta en granos pequeños 2 a 10 micrones, diseminado dentro del cuarzo y entre los contactos de sus cristales y también muy posiblemente dentro de la estructura cristalina de la pirita.

Para investigar la ocurrencia del oro dentro de la mena se hizo un estudio por intermedio de la Microsonda electrónica CAMECA del Departamento de Geología de la Universidad de Chile. Se tomaron tres muestras, las que fueron sometidas a análisis semi-cuantitativo por oro y arsénico.

Con el objeto de ver la posible presencia de oro no visible macroscópicamente y la homogeneidad o heterogeneidad en su distribución se leyeron varios puntos dentro de un mismo grano en los siguientes minerales : pirita, arsenopirita, enargita, calcopirita, covelina y oro nativo. Además, se tomaron fotos de imagen electrónica y de distribución de elementos, con el objeto de visualizar mejor los resultados y conclusiones.

La tabla N°1 muestra los análisis químico de los principales elementos de las tres muestras investigadas, la tabla N°2 muestra el promedio de "cuentas netas" en diferentes minerales de oro y arsénico. La foto 1 corresponde a la distribución de silicio, la foto 2 es la distribución de oro en la misma anterior y la foto 3, como conclusión muestra un grano de oro nativo en cuarzo.

De lo observado en las tablas y en las fotos se puede concluir que el oro se presenta en granos microscópicos en el contacto de cristales de cuarzo y también en granos de pirita. En esta última, aparentemente, debido a que no fue posible ver ningún grano y a que la distribución de "cuentas" en distintos puntos de un mismo grano es similar, el oro se presentaría dentro de la estructura cristalina de la pirita.

Tabla 1

Análisis Químico - Muestras Distrito Baños del Toro

<u>N° Muestra</u>	<u>Au</u> <u>g/t</u>	<u>Ag</u> <u>g/t</u>	<u>Cu T.</u> <u>%</u>	<u>As</u> <u>%</u>
5	50	370	0,60	0,80
7	7	85	1,50	3,5
9	130	705	0,46	3

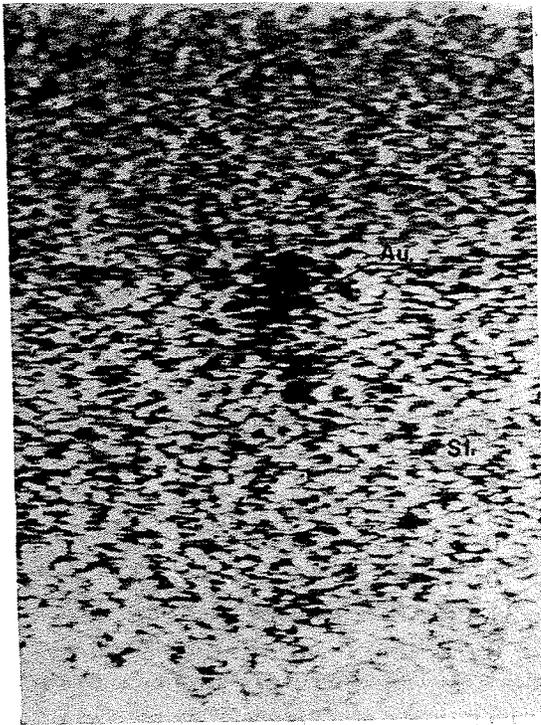


FOTO 1.- Distribución de Si (blanco)  
Sector oscuro corresponde  
a oro.

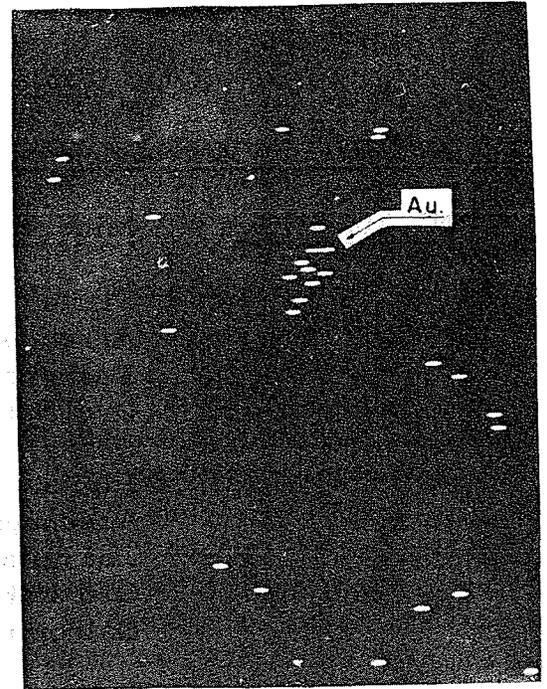


FOTO 2.- Distribución de oro (línea  
blancas) la misma área d  
foto 1.

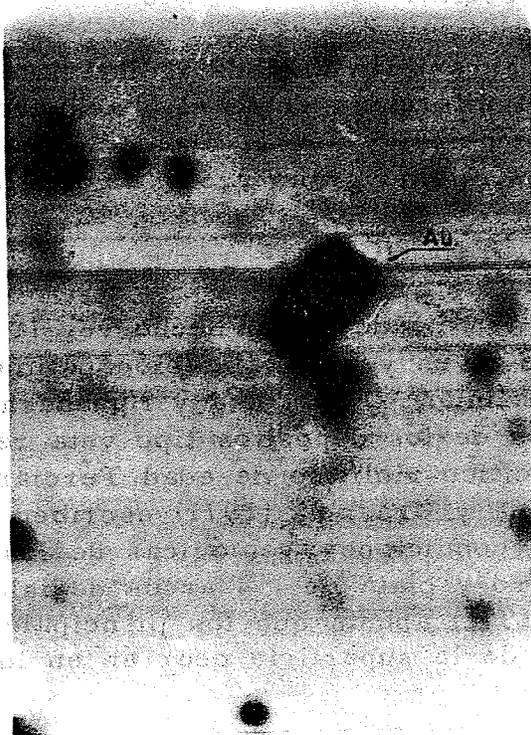


FOTO 3.- Imagen electrónica mostrando  
grano de oro nativo (en negro)  
de misma área de fotos 1 y 2.

Tabla N° 2

Análisis de Microsonda - Muestras Distrito Baños del Toro

<u>N° Muestra</u>	<u>Mineral</u>	<u>Oro</u>	<u>Arsénico</u>
5	Pirita	112	0
	Arsenopirita	0	300
	Enargita	0	70
	Oro Nativo	304	8
9	Pirita	98	0
	Arsenopirita	0	283
	Enargita	0	63
	Oro Nativo	315	83
	Calcopirita	0	0
7	Pirita	121	0
	Arsenopirita	0	304
	Enargita	0	71
	Oro Nativo	289	7
	Covelina	0	0

Observaciones : La cantidad anotada indica "cuentas netas", o sea, la diferencia entre el "back-ground" y el "peack" principal y son el promedio de varias lecturas en un mismo grano y en varios granos de mineral.

CONSIDERACIONES GENÉTICAS

En diversas partes del mundo se ha hecho ver la afinidad entre volcanismo, tectonismo joven y mineralización polimetálica del tipo "hidrotermal subvolcánico". Nahamura y Hunahashi (1970) dan una excelente descripción de los depósitos tipo veta relacionados al violento volcanismo dacítico-riolítico de edad Terciaria de Japón. Nishiwaki, Matsukuma y Urashina (1971) escriben sobre la mineralización, alteración y condiciones geológicas de los depósitos tipo veta y stockwork de oro y plata de los arcos de isla de Japón. Por otro lado Roshkov (1971) apunta que los principales yacimientos de oro formados cerca de la superficie ocurren en los cinturones vol-

cánicos jóvenes y en sus regiones adyacentes y ligados a volcanismo andesítico-dacítico; existen erupciones centrales y extensos desarrollos ignimbríticos; se observan cuerpos intrusivos sub-volcánicos y cuadros de alteración con propilitas, silicificación, caolinización, formación de hidrómicas y cuarzo calcedónico bandeado. Da como ejemplos yacimientos epitermales de los EE.UU. (Cripple Creek, Tonopah, Comstock, etc.), México (Pachuca, El Oro); U.R.S.S. (Kuranah, Chadac, etc.) Sillitoe (1975 y 1973) ha descrito la mineralización y alteración prolimetálica de Cerro Queva en el NW Argentino y relacionada a un estratovolcán de edad cuaternaria; por otro lado ha planteado que estos tipos de alteración y mineralización serían la expresión más externa de un sistema que en profundidad podría dar lugar a cuadros de alteración y depósitos tipo "cobre-porfíricos". White (1955) ha discutido la semejanza entre depósitos epitermales y los productos de aguas termales de alta temperatura anotando que la mineralogía de las vetas y las rocas alteradas son fuertemente similares a los de los sistemas de aguas termales cuaternarias.

Muchas de las características detalladas por los autores anteriores son parecidas a los rasgos encontrados en la faja de alteración-mineralización del distrito Baños del Toro. Entre las principales, podemos anotar :

- La alteración se encuentra formando un cinturón de aproximadamente 30 km. de largo y asociada espacialmente a rocas y aparatos volcánicos de edad miocena/pleistocénica.
- En el área se presenta un tectonismo joven representado por fallas longitudinales de rumbo N y otros de rumbo NNE, NE y NW. En las zonas de intersección se han formado zonas de cizalle de importancia que han controlado el emplazamiento de pequeños stocks sub-volcánicos, mineralización metálica y alteración hidrotermal.
- Los cuadros de alteración hidrotermal muestra una amplia propilitización externa, desarrollos de halos de silicificación con cuarzo criptocristalino, productos de argillización-alunitización y cuarzo calcedónico e interiormente cuarzo/sericita y cuarzo bandeado. Se observa azufre nativo.
- Mineralización de vetas, vetillas y diseminación de oro, plata, cobre, arsénico en asociaciones paragenéticas del tipo epitermal y asociados directamente a la presencia de cuarzo calcedónico y minerales hidromicáceos.

Los antecedentes anteriores sugieren que los depósitos minerales del distrito Baños del Toro y su alteración hidrotermal representen fenómenos ocurridos cerca de la superficie y asociados al volcanismo y stock del mioceno/pleistoceno. De acuerdo a estas ideas la faja de alteración sería la expresión de un cinturón de depósitos "hidrotermales subvolcánicos" de oro-plata-cobre-arsénico de gran importancia prospectiva. Si se considera que en el norte chileno el volcanismo joven se extiende en gran parte de la región andina, las áreas de exploración son muy amplias y por ende adquieren gran importancia económica.

\*\*\*\*\*

## BIBLIOGRAFIA

- Llaumett, Carlos y otros. 1974. "Antecedentes geológicos y evaluación preliminar del yacimiento polimetálico El Indio" Empresa Nacional de Minería. Inédito.
- Nahamura, T; Hunashashi, M. 1970 " Ore veins of Neogene Volcanic affinity in Japan" in Volcanism and Ore Genesis - U. of Tokyo.
- Nishiwaki, Chikao y otros. 1971 " Neogene Gold-silver ore in Japan" IAGOD, Meeting 70, Special N°3.
- Roshkov, I.S. 1971 " Structural Conditions of the formation of near-surface Gold deposits" IAGOD, Meeting 70, Special N°3.
- Sillitoe, Richard. 1973 " The tops and bottoms porphyry copper deposits". Econ. Geol. V-66.
- 1975 " Lead-Silver; Manganese, and native sulfur mineralization within a Stratovolcano, El Queva, Northwest Argentina" Econ. Geol. Vol-70 - N°7.
- Thiele, Ricardo. 1964 " Reconocimiento Geológico de la alta cordillera de Elqui". U. de Chile, Inst. de Geología.
- White, Donald. 1955 " Thermal springs and epithermal ore deposits" Econ. Geol. 50 th. anniv. vol.

\*\*\*\*\*