

p. 579 en double compte  
de la qualité de  
la photocopie

# PETROLOGIA Y GEOLOGIA ECONOMICA DEL DISTRITO MINERO DE AVICAYA (ORURO - BOLIVIA)

ELENA GORINOVA<sup>(1)</sup>, HUGO ALARCON<sup>(1)</sup>, MARIO BLANCO<sup>(1)</sup>,  
MICHEL FORNARI<sup>(2)</sup> & EDDY BALDELLON<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto de Investigaciones Geológicas UMSA. <sup>(2)</sup> SURIH - ORSTOM, <sup>(3)</sup> GEOBOL

## RESUMEN

En esta región se encuentran aflorando rocas sedimentarias plegadas de edad silúrica (formaciones Llallagua y Uncía), intrudidas por rocas ígneas subvolcánicas. Aparentemente existe estrecha relación con depósitos minerales de estaño, metales de base y brechas hidrotermales tipo "pipes" que presentan bloques de rocas sedimentarias alteradas. Las características petrogenéticas de los cuerpos ígneos más notables de mineralización asociada son: Rocas subcalinas de textura porfírica, clasificadas como dacitas de carácter subcalino, ricas en calcio y peraluminosas. Presentan alteración hidrotermal del tipo silicificación, turmalinización. Estas rocas están relacionadas con depósitos de estaño y metales de base. La termometría de la mineralización muestra tres poblaciones (entre el rango de -200 a +450) que tienen relación con tres fases de mineralización, establecidas en el cuadro paragenético general. Los fluidos hidrotermales son saturados en NaCl, observándose inclusiones de diverso carácter, inclusive multifásicas sólidas.

Fonds Documentaire IRD

Cote : B X 25564 Ex : univ

## INTRODUCCION

El presente trabajo fue elaborado dentro del proyecto "Estudio del magmatismo orogénico del transarco del oroclino boliviano-plegaciones geodinámicas y metalogenéticas" con el propósito de estudiar las relaciones entre la actividad ígnea subvolcánica y las mineralizaciones asociadas en la región.

## UBICACION

El área de estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas: 66° 58' a 66° 50' longitud Oeste y 18° 20' a 18° 32' latitud Sur, correspondiente a la hoja geográfica 6238 I. Los estudios se llevaron a cabo entre las poblaciones de Poopo y Avicaya (Campamento Minero) del Departamento de Oruro, provincia Poopo (Fig.1).

## GEOLOGIA

El área de estudio está caracterizada por la presencia una sucesión de rocas sedimentarias plegadas de edad silúrica (formaciones Llallagua y Uncía) que forman una serranía de dirección N-S en la cual las estructuras de mayor importancia corresponden al anticlinal Willa-Kollu y al sinclinal Pan de Azúcar. Este sistema se halla afectado por fallas regionales (Poopó) y otras menores transversales. (Fig. 1-A). También es importante la

presencia de actividad ígnea subvolcánica que tiene estrecha relación con los depósitos minerales de la zona, tales como Avicaya (Sn), Bolívar (Zn, Pb, Ag, Sn), Triunfo (Sn), Trinacria (Sn), Poopo (Zn, Pb, Ag, Sn).

La información adicional de campo más importante, es la ocurrencia de brechas hidrotermales tipo *pipes* cuyas dimensiones varían entre 30 y 50 m aproximadamente. Estas brechas se hallan constituidas por bloques de rocas sedimentarias sericitizadas (lutitas), cementados por cuarzo y turmalina, con rutilo como accesorio.

## MAGMATISMO, PETROGRAFIA Y ALTERACIONES

La actividad magmática en la zona está caracterizada por la presencia de intrusiones ígneas ácidas que ocurren en los denominados cerros Chualla Grande, China Chualla, Pan de Azucar, Pepito y Chualliani. La actividad ígnea ha sido datada como de edad miocena con 21 Ma. a 23 Ma. (Mapa Proyecto 2, 1995 (Uncía - GEOBOL) que intruyen a rocas paleozoicas particularmente de edad silúrica. Esta actividad ígnea es posiblemente responsable por la presencia de la mineralización, tanto de estaño, como de minerales polimetálicos en la región de estudio.

Fonds Documentaire IRD



010025564



p. 579 en double concept  
Lieu de la qualité de  
la photocopie

# PETROLOGIA Y GEOLOGIA ECONOMICA DEL DISTRITO MINERO DE AVICAYA (ORURO - BOLIVIA)

ELENA GORINOVA<sup>(1)</sup>, HUGO ALARCON<sup>(1)</sup>, MARIO BLANCO<sup>(1)</sup>,  
MICHEL FORNARI<sup>(2)</sup> & EDDY BALDELLON<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto de Investigaciones Geológicas UMSA. <sup>(2)</sup> SURIH - ORSTOM, <sup>(3)</sup> GEOBOL

## RESUMEN

En esta región se encuentran aflorando rocas sedimentarias plegadas de edad silúrica (formaciones Llallagua y Uncía), intruídas por rocas subvolcánicas. Aparentemente existe estrecha relación con depósitos minerales de estaño, metales de base y brechas hidrotermales tipo "pipes" que presentan bloques de rocas sedimentarias alteradas. Las características petrogenéticas de los cuerpos ígneos más notables y la mineralización asociada son: Rocas subalcalinas de textura porfírica, clasificadas como dacitas de carácter subalcalino, ricas en potasio y peraluminosas. Presentan alteración hidrotermal del tipo silicificación, turmalinización. Estas rocas están relacionadas con depósitos de estaño y metales de base. La termometría de la mineralización muestra tres poblaciones (entre el rango de -200 a +450) que tienen relación con tres fases de mineralización, establecidas en el cuadro paragenético general. Los fluidos hidrotermales son saturados en NaCl, observándose inclusiones de diverso carácter, inclusive multifásicas sólidas.

## INTRODUCCION

El presente trabajo fue elaborado dentro del proyecto "Estudio del magmatismo orogénico del transarco del oroclino boliviano-argentino: tectónicas geodinámicas y metalogénicas" con el propósito de estudiar las relaciones entre la actividad ígnea subvolcánica y las mineralizaciones asociadas en la región.

## UBICACION

El área de estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas: 66° 58' a 66° 50' longitud Oeste y 18° 20' a 18° 32' latitud Sur, correspondiente a la hoja geográfica 6238 I. Los estudios se llevaron a cabo entre las poblaciones de Poopo y Avicaya (Campamento Minero) del Departamento de Oruro, provincia Poopo (Fig. 1).

## GEOLOGIA

El área de estudio está caracterizada por la presencia una sucesión de rocas sedimentarias plegadas de edad silúrica (formaciones Llallagua y Uncía) que forman una serranía de dirección N-S en la cual las estructuras de mayor importancia corresponden al anticlinal Willa-Kollu y al sinclinal Pan de Azúcar. El sistema se halla afectado por fallas regionales (Poopó) y otras estructuras transversales. (Fig. 1-A). También es importante la

presencia de actividad ígnea subvolcánica que tiene estrecha relación con los depósitos minerales de la zona, tales como Avicaya (Sn), Bolfvar (Zn, Pb, Ag, Sn), Triunfo (Sn), Trinacria (Sn), Poopo (Zn, Pb, Ag, Sn).

La información adicional de campo más importante, es la ocurrencia de brechas hidrotermales tipo pipes cuyas dimensiones varían entre 30 y 50 m aproximadamente. Estas brechas se hallan constituidas por bloques de rocas sedimentarias sericitizadas (lutitas), cementados por cuarzo y turmalina, con rutilo como accesorio.

## MAGMATISMO, PETROGRAFIA Y ALTERACIONES

La actividad magmática en la zona está caracterizada por la presencia de intrusiones ígneas ácidas que ocurren en los denominados cerros Chualla Grande, China Chualla, Pan de Azúcar, Pepito y Chualliani. La actividad ígnea ha sido datada como de edad miocena con 21 Ma. a 23 Ma. (Mapa Proyecto 2, 1995 (Uncía - GEOBOL) que intruyen a rocas paleozoicas particularmente de edad silúrica. Esta actividad ígnea es posiblemente responsable por la presencia de la mineralización, tanto de estaño, como de minerales polimetálicos en la región de estudio.



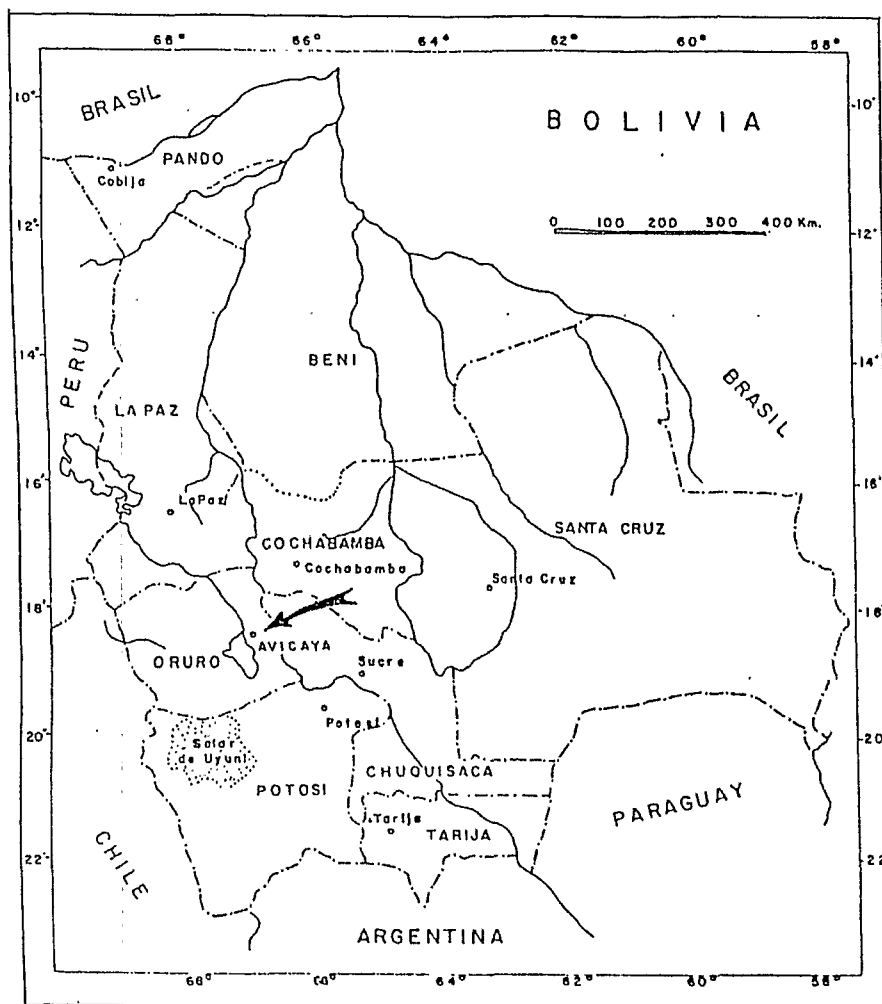


Fig. 1. Mapa de Ubicación (Distrito Minero Avicaya (Sn)).

#### CUERPO IGNEO DE CHUALLA GRANDE

El cuerpo ígneo del Co. Chualla Grande se encuentra intruyendo un área del anticlinal Wila Kollu y presenta un afloramiento de aproximadamente 1200 x 600 m. Macroscópicamente se observan en la roca fenocristales de cuarzo, feldespatos y micas alteradas, así como piritita y turmalina diseminados. La roca se halla alterada por actividad de soluciones hidrotermales post-magmáticas. También ocurren diques ígneos de la misma composición mineralógica con direcciones diferentes, los cuales han sido trabajados en superficie por casiterita, lo cual podría indicar que estos diques presentaban estructuras mineralizadas. En el nivel 120 de la mina Avicaya se ha observado un dique de un espesor de aproximadamente 50 cm, lo cual podría indicar que estos diques se adelgazaban en profundidad.

Petrográficamente la roca ha sido determinada como una dacita porfirítica (o granodiorita?) con la siguiente composición mineralógica: cuarzo primario (7-10%), plagioclasas parcialmente

sericitizadas con composición Ab80 An20 (18-20%), biotita cloritizada (15-17%). La matriz de la roca ha sido reemplazada por cuarzo y turmalina (45-50%). Las estructuras mineralizadas con casiterita y sulfuros se encuentran tanto en la roca ígnea como en sedimentos silúricos, mostrando procesos metasomáticos y de relleno de fisuras. En la Fig. 2 se presenta un modelo genético esquemático de la formación de las estructuras mineralizadas que puede ser ajustado al área del distrito minero de Avicaya.

#### CUERPO SUBVOLCANICO DEL CERRO CHINA CHUALLA

El cuerpo porfirico dacítico se encuentra al pie de un circo glacial, las rocas huéspedes del cuerpo corresponden a sedimentos de la Formación Unca. La superficie del cuerpo esta sericitizada y silicificada, se observan numerosas diaclasas con rumbo general N 80 E, las cuales han sido formadas durante el enfriamiento del cuerpo, también se forman venillas de cuarzo con espesores de 1 a 1.5 cm los cuales están desplazados por microfallas transversales.

Macroscópicamente la roca presenta un color blanco verdoso, los minerales componentes de la roca corresponden a fenocristales de cuarzo anhedral y también euhedral (hexagonal piramidal), biotitas cloritizadas y fenocristales de plagioclasas con dimensiones de hasta 4 cm (que puede ser explicado por la influencia del gradiente

de temperatura en la cámara magmática) con maclas de tipo Carlsbad y zonamiento. En algunos casos puede observarse diferente orientación de fenocristales de feldespatos que puede explicarse por diferencias en la orientación del flujo del magma durante el levantamiento.

Por otro lado, en el proceso por el cual el magma al subir desde la cámara magmática hasta su emplazamiento ha asimilado fragmentos de roca encajonante, los cuales aparecen como xenolitos fuertemente alterados debido al metamorfismo de contacto.

Microscópicamente la roca ha sido identificada como dacita porfirítica constituida por fenocristales de cuarzo (5-6%), plagioclasas (12-20%), sanidina (3-5%) y biotita (10-13%). Los cristales de cuarzo presentan abundantes inclusiones fluidas (bifásicas y polifásicas) y apatito, biotita con aparente textura poiquilítica. Las biotitas se encuentran fuertemente cloritizadas y corroidas por la matriz con separación de rutilo (sagenitización).



n Ab80 An20 (15-17%). La emplazada por 50%). Las n casiterita y o en la roca os silúricos, ná-ticos y de 2 se presenta mático de la mineralizadas ea del distrito

**NICO DEL JALLA**

o se encuentra al, las rocas responden a in Uncía. La sericitizada y numerosas N 80 E, las s durante el oién se forman ores de 1 a 1.5 emplazados por

a presenta un os minerales orresponden a lral y también idal), biotitas e plagioclasas m (que puede a del gradiente acilas de tipo le observarse os que puede jo del magma

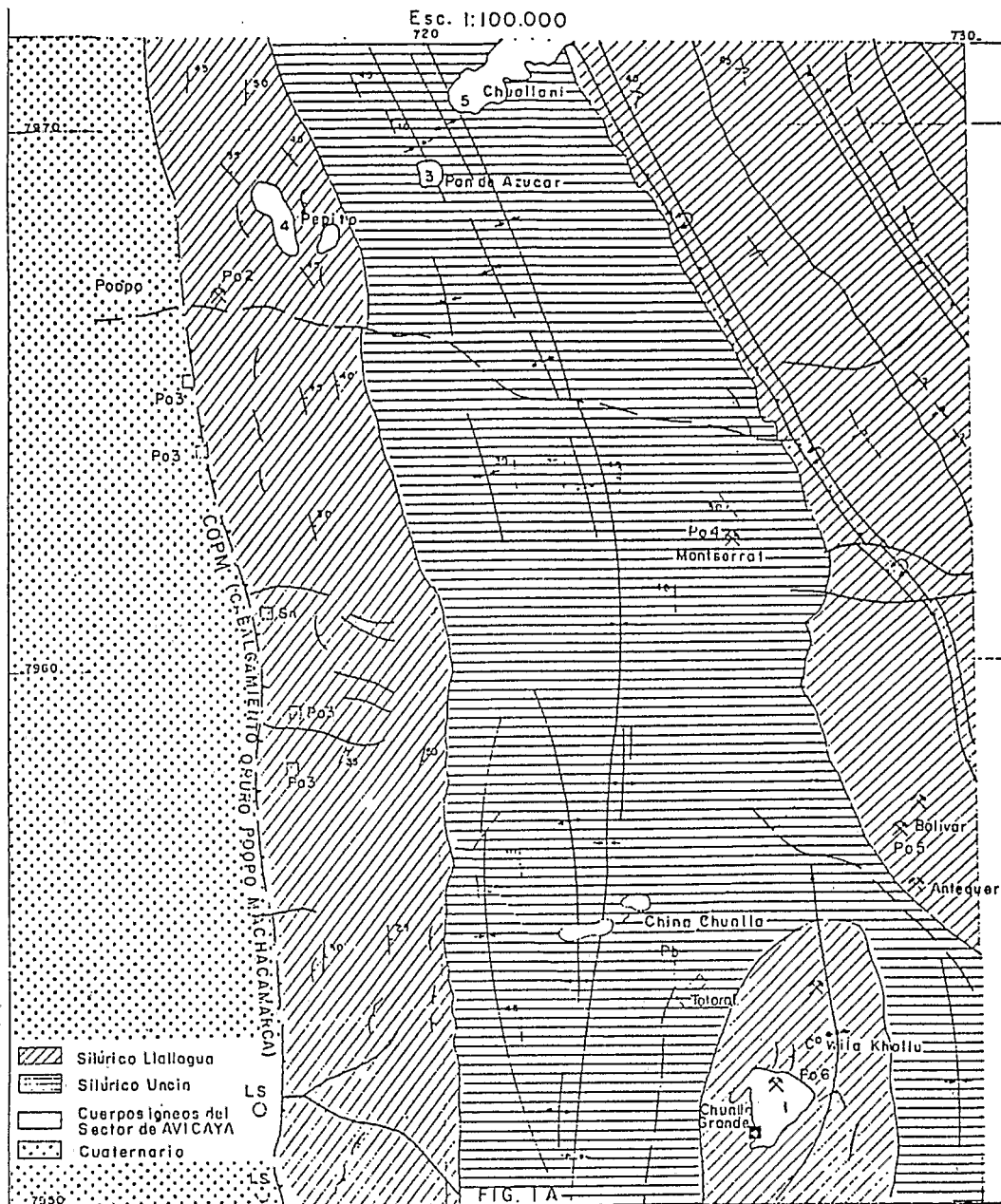
al subir desde ha asimilado arecen como morfismo de

i como dacita arzo (5-6%), 10-13%). Los siones fluídas arente textura cloritizadas y enitización).

Las plagioclasas se diferencian en función de sus dimensiones y grado de alteración. Las primeras corresponden a fenocristales grandes alterados y corroídos con maclas complejas, zonados y coronas de reacción con minerales de posible condición opaca?. Las segundas no presentan una alteración tan intensa y zonamiento. La composición corresponde a oligoclasa-andesina. Entre los minerales accesorios se encuentran apatito y circón. La matriz de la roca esta completamente silicificada con asociaciones de epidoto, turmalina, clorita y fluorita. (Fig. 3). En la roca tambien puede observarse una inclusión de roca ígnea de grano fino con cristales de cuarzo, plagioclasa y biotita, que corresponden a una fase cumulativa.

**CUERPO SUBVOLCANICO DEL CERRO PAN DE AZUCAR**

Este cuerpo se encuentra aflorando en la cúspide del cerro Pan de Azucar, sus dimensiones son reducidas, de aproximadamente 20 x 20 m y está rodeado por rocas sedimentarias de edad silúrica (Formación Uncía). La roca ígnea presenta alteraciones hidrotermales con silicificación, cloritización, sericitización, turmalinización y carbonatización. (Fig. 4). Microscópicamente la roca corresponde a una dacita de textura porfirítica, constituida por cuarzo, plagioclasa y biotita.



Mapa Geológico del Distrito Minero de Avicaya Tomado de GEOBOL P-1 -1992.

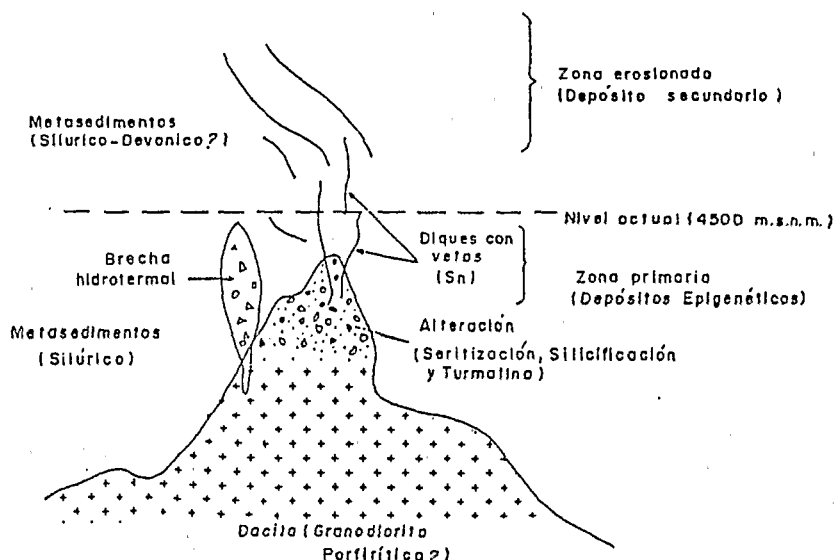


Fig. 2. Modelo genético esquemático de formación de estructuras mineralizadas.

#### CUERPO SUBVOLCANICO DEL CERRO PEPITO

Este cuerpo se encuentra aflorando a unos pocos kilómetros al oeste del cerro Pan de Azúcar. La roca ígnea presenta las mismas características petrográficas y alteraciones hidrotermales que el cuerpo subvolcánico del cerro Pan de Azúcar, sin embargo en la parte inferior y superior del cerro se puede observar la presencia de diques con buzamientos verticales y potencias de hasta 40 cm.

#### CUERPO VOLCANICO DEL CERRO CHUALLIANI

Sobre la pendiente del cerro Chualliani ocurre una colada de lava de composición dacítica que macroscópicamente y petrográficamente son idénticas a rocas del cerro Pepito y Pan de Azúcar. En el afloramiento se observan numerosas bandas de cuarzo hidrotermal y xenolitos de rocas sedimentarias (cuarcitas). En la parte inferior de la falda occidental del cerro se expone un contacto entre una brecha hidrotermal tipo *pipe* y rocas sedimentarias.

#### GEOQUIMICA.

Los estudios geoquímicos de rocas ígneas, están basados en análisis químicos de roca realizados por el método ICP-Emisión para elementos mayores, menores y Sc; los otros elementos trazas con ICP-MS para las muestras CC-5, HG-4 y HG-6B (laboratorio CRPG-CNRS, Vandoeuvre France. Espectrómetro Jovin YVON JY70); mientras que las muestras CH, CC-4 y CH-3 fueron analizadas por el método de fluorescencia de rayos-X (aparato Rigaku de IIG-UMSA) solo para elementos mayores.

Los resultados obtenidos se indican en la Tabla No.1

Los datos analíticos fueron ploteados en los diagramas T.A.S. Lebas *et. al.* (1986); Ne-Ol-Q (Normativos); Ab-An-Or (Normativos) Irvine-Baragar (1971); Rock/Chondrite (Thompson, 1982). Ver Fig. No. 5, 6A, 6B, 7. De los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. Las rocas pueden ser clasificadas como dacitas.
2. La serie magmática se clasifica como subalcalina rica en potasio.
3. Los cálculos normativos en las muestras indican que estas rocas son per-aluminosas.
4. Los contenidos altos de Mg y Fe se deben a cloritización de las biotitas.
5. Es alta la anomalía de los elementos incompatibles y la disminución de los elementos compatibles, debido a los procesos de diferenciación magmática y la acumulación de elementos incompatibles en el magma residual.
6. Los contenidos anómalos del rubidio y potasio se deben a procesos hidrotermales de seritización, donde el rubidio y potasio reemplazan isomórficamente al Ca y Sr.
7. El bario reemplaza también isomórficamente el potasio en biotitas, que disminuye el contenido de bario en el magma residual.



TABLA 1. ANALISIS QUIMICO DE ELEMENTOS MAYORES

	CC-5	CH	CC-4	CH-3	HG-4	HG-6B
SiO <sub>2</sub>	67.74	66.57	62.01	64.95	64.51	72.65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.51	18.52	17.79	16.37	16.27	15.64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.9	4.20	3.50	3.97	3.95	3.24
MnO	0.03	0.02	0.04	0.05	0.05	tr.
MgO	1.16	1.80	2.03	1.76	1.98	1.17
CaO	1.28	2.30	4.22	3.05	2.75	tr.
Na <sub>2</sub> O	2.76	2.56	2.69	2.64	2.38	0.32
K <sub>2</sub> O	4.78	1.99	1.77	3.50	4.22	3.33
TiO <sub>2</sub>	0.55	1.30	0.90	0.90	0.59	0.85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.24	0.24	0.23	0.25	0.31	0.06
P.I.	2.72	1.10	1.03	0.95	2.44	2.50
TOTAL	99.67	100.60	96.23	98.39	99.47	99.77

CC-5,CC-4,CH-3-Rocas de China Chualla. CH-xenolito de cerro China Chualla.  
HG-4 - Dique de Chualla Grande. HG-6B- Zona de endocontacto del mismo dique con cuarcitas.

TABLA 2. NORMAS CIWP.

	CC-5	CH	CC-4	CH-3	HG-4	HG-6B
Q	27.94	34.63	27.51	26.88	24.60	55.43
OR	29.49	12.04	10.46	20.68	26.05	21.07
AB	25.88	23.55	22.76	22.34	22.33	3.08
AN	4.99	10.08	19.43	13.50	12.25	0.00
C	4.61	9.56	4.33	3.29	3.99	13.62
HY	4.71	6.27	6.51	6.27	7.82	4.61
MT	1.05	1.50	1.69	1.92	1.44	1.21
IL	0.80	1.86	1.75	1.71	0.86	1.27
AP	0.52	0.51	0.53	0.58	0.68	0.13
CI	7.08	10.14	10.38	10.48	10.80	7.22

8. Los bajos contenidos del niobio en el líquido residual está relacionado con isomorfismo entre niobio y titanio en el rutilo.

9. La anomalía negativa del estroncio puede ser explicada por acumulación en las plagioclasas y empobrecimiento de la fusión residual al estroncio, por fraccionación temprana de plagioclasas y también por reemplazamiento isomórfico por rubidio.

#### MINERALIZACION HIDROTHERMAL RELACIONADA CON EL MAGMATISMO

La mineralización relacionada con la actividad magmática está relacionada con depósitos de estaño que se agrupan en el distrito de Avicaya, Oruro. La mineralización como es característica en este tipo de ambiente, corresponde a una serie de minerales que reflejan las condiciones físico-químicas de las soluciones hidrotermales de alta temperatura, asociados a rocas subvolcánicas de tipo ácido (subalcalino). Los minerales de la secuencia paragenética reflejan condiciones ya establecidas por Kelly-Turneure (1970) con una

deposición inicial de óxidos de base a temperaturas de aproximadamente de 550 grados centígrados tales como cuarzo, casiterita, turmalina, apatito, hematita, seguida por una fase de sulfuros que se inicia con la deposición de arsenopirita, pirrotina, calcopirita, esfalerita, estannita, galena, bornita y sulfosales de Ag. (tetrahedrita)? y una tercera fase de carbonatos particularmente siderita y fosfato tal como vivianita. En la Fig. 8 se indica la secuencia de mineralización obtenida en la zona de estudio.

#### RESULTADOS MICROTERMOMETRICOS EN INCLUSIONES FLUIDAS

Los análisis termométricos de inclusiones fluidas secundarias en fenocristales de cuarzo de rocas ígneas con alteración hidrotermal se llevaron a cabo, utilizando la platina de calentamiento "Linkan TH-600". Las inclusiones fluidas secundarias son abundantes y presentan formas irregulares y redondeadas con dimensiones que varían entre 10 a 50 micrones; los tipos de inclusiones en función a su composición corresponden a



TABLA 3. ELEMENTOS TRAZAS (ppm.)

	CC-5	HG-4	HG-6B
Ba	1160	1290	480
Be	4.90	3.84	3.02
Ce	80.19	111.20	152.00
Co	18.90	43.90	27.70
Cr	14.60	60.20	95.60
Cu	2.91	9.48	23.00
Dy	3.59	5.83	5.16
Er	1.69	3.20	2.55
Eu	1.39	2.02	1.78
Ga	23.90	21.10	51.60
Gd	4.99	7.47	7.87
Ho	0.70	1.27	1.02
La	41.51	56.34	79.94
Lu	0.22	0.46	0.40
Nb	14.90	18.20	29.22
Nd	34.72	50.29	62.79
Ni	7.89	72.50	5.68
Pr	9.27	12.67	16.95
Rb	246	188	265
Sm	6.66	9.08	10.84
Sr	299	354	11.90
Tb	0.70	1.08	0.98
Th	12.10	16.00	18.60
Tm	0.23	0.52	0.37
V	47.20	66.50	100
Y	18.60	36.30	28.10
Yb	1.59	3.13	2.55
Zn	113	1287	25.90
Zr	166	207	260

monofásicas ricas en agua y vapor, bifásicas (H<sub>2</sub>O<sub>l</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>v</sub>), multifásicas (H<sub>2</sub>O<sub>l</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>v</sub>+NaCl) y también multisólidas (H<sub>2</sub>O<sub>l</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>v</sub>+silicatos?). Ver fotografías.

La presencia de los diferentes tipos de inclusiones fluidas, así como la coexistencia de las fases indican una variación en la evolución de las mismas debido principalmente a una disminución de la temperatura y presión y procesos de ebullición. El histograma de la Fig. 9 en base a las medidas obtenidas en las inclusiones bifásicas indican la presencia de tres poblaciones: Una corresponde a temperaturas de homogenización entre 200° y 230° C; otra entre 290° y 400° C y una tercera a temperaturas mayores a 400° C. Estas poblaciones podrían indicar que las soluciones hidrotermales durante las fases de mineralización y alteración de una roca ígnea han evolucionado en tres etapas diferentes, relacionadas con la caída de temperatura y presión debido a procesos de ebullición (etapa en la cual posiblemente se ha depositado minerales como cuarzo, casiterita y urmalina). La presencia de cubos de halita (NaCl) en las inclusiones fluidas indican que las soluciones hidrotermales causantes de las alteraciones y deposición mineral se hallaban saturadas en NaCl; el % en peso calculado a partir de la fusión de la halita en agua es de 28 a 30.

#### CONSIDERACIONES SOBRE LAS CONDICIONES FISICO-QUIMICAS DE LA INERALIZACION

Como se ha indicado antes, los depósitos de estaño, relacionados con dichos cuerpos porfíricos pertenecen a un grupo de depósitos hidrotermales de altas temperaturas y bajas profundidades. El proceso de alteración y mineralización puede ser representado de la siguiente forma:

1. Emplazamiento de los pórfiros ígneos subcalinos con posterior circulación de soluciones hidrotermales de carácter ácido, ricos en B y Cl, causantes de silicificación y turmalinización de las rocas.
2. Lixiviación de Ca y Na de plagioclasas y adición de potasio (proceso de isomorfismo) para la formación de sericita.
3. Aumento de la acidéz y alcalinidad de las soluciones circulantes de altas temperaturas, que hace posible la migración de Sn, en una forma de Cl-hidroxilo.



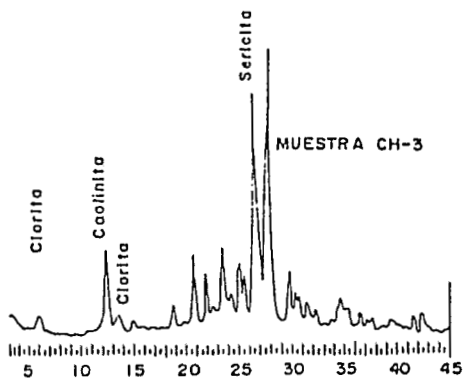


Fig. 3. Difractograma de muestra alterada orientada del Co., China Chualla.

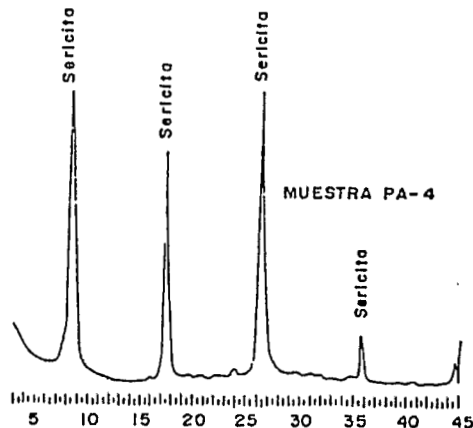


Fig. 4. Difractograma de muestra orientada del Co. Pan de Azúcar.

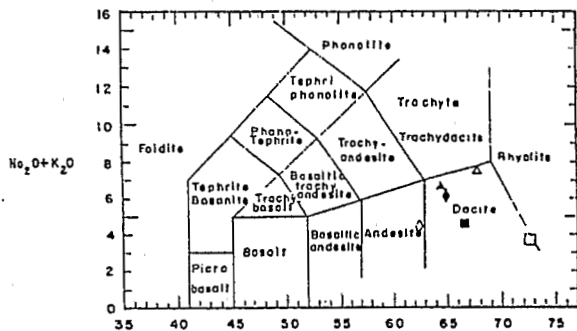


Fig. 5. Diagrama T.A.S. Lebas et al., 1986.

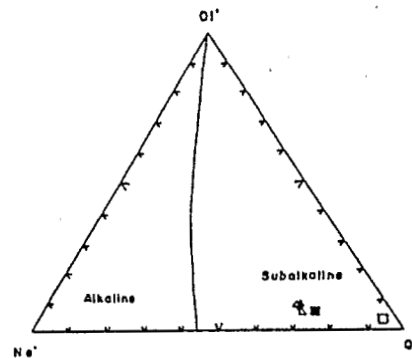


Fig. 6a. Diagrama Triangular Ne<sup>1</sup>-O<sup>1'</sup>-Q<sup>1</sup>(normativos).

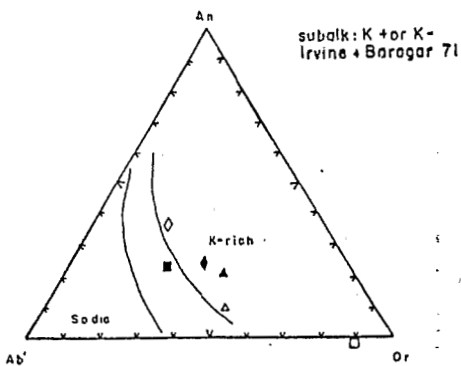


Fig. 6b. Diagrama Triangular Ab<sup>1</sup>-An-Or (normativos).

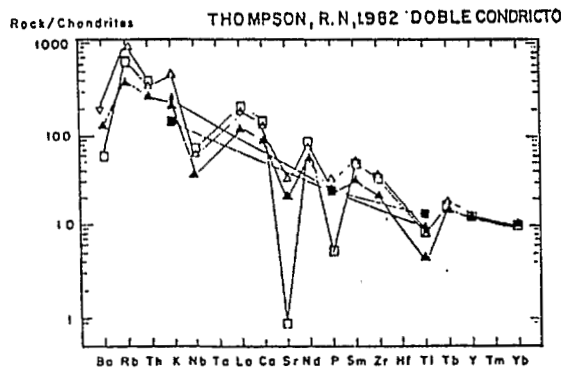


Fig. 7. Diagrama Rock/Chondrite para tierras raras.

THOMPSON, R.N 1982 DOBLE CONDICTO  
 □ HG-6B, ▲ HG-4, ◇ CC-4, ◆ CH-3, △ CC-5, ■ CH  
 INDICACIONES DE NUMEROS DE MUESTRAS VER TABLA I.

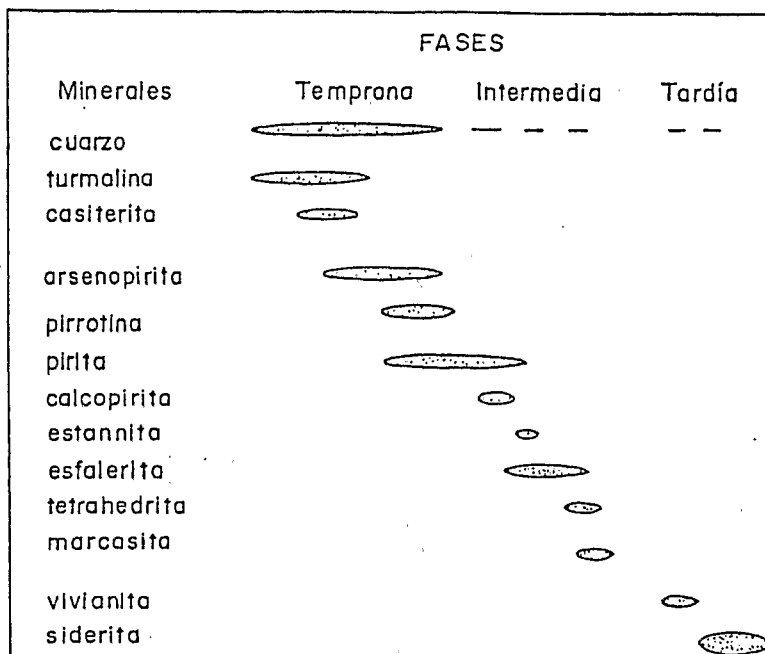


Fig. 8. Paragénesis de la mineralización del distrito de Avicaya.

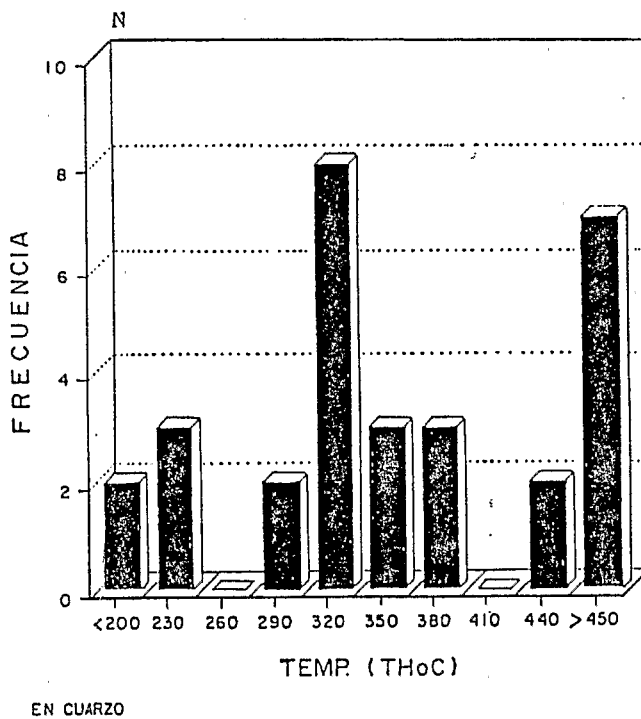


Fig. 9. Histograma generalizado de temperaturas de homogenización de inclusiones fluidas.



Foto 1. Inclusiones fluidas binarias con fases de vapor variable y ricas en vapor; obsérvese la presencia de cubo de halita.

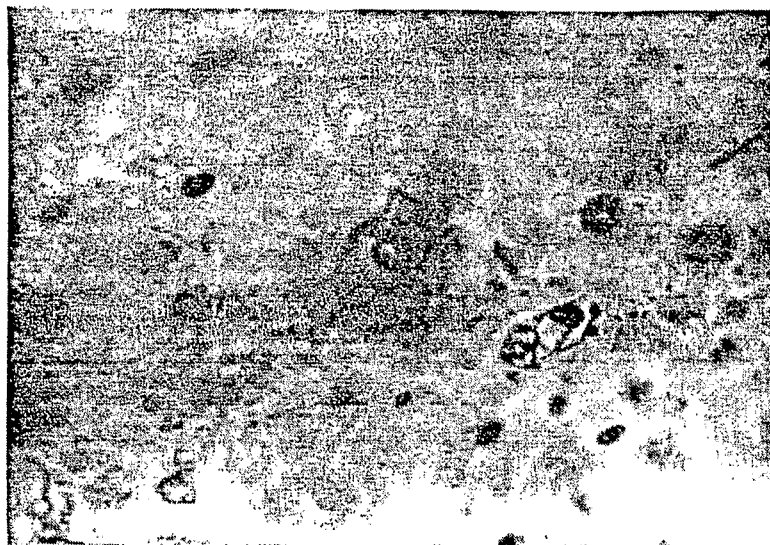


Foto 2. Inclusiones fluidas bifásicas y multifásicas.

4. Deposition de casiterita y cuarzo debido a la disminucion en la acidéz- alcalinidad y aumento de la fugacidad del oxígeno (disociaciones de los complejos Sn-Cl-hidroxiolos y precipitaciones de las soluciones de estaño y silicio).

5. La continuidad en la disminucion de la temperatura y acidéz de las soluciones circundantes a condiciones alcalinas, parcialmente desoxidantes, y la relación posterior entre los cationes de los metales (As y Fe) y aniones del S<sup>2-</sup> con la formación de los sulfuros (arsenopirita y pirrotina).

6. Incremento de las concentraciones del S<sup>2-</sup> con la disminucion de la temperatura y formación de la pirita.

7. En condiciones cercanas a la superficie ocurre el incremento de las concentraciones del oxígeno en las soluciones y forman la calcopirita, estannita, esfalerita, tetrahedrita y marcasita. Debido al enfriamiento rápido de las soluciones en muy corto intervalo del espacio en estos tipos de depósitos están presentes los fenómenos del "Telescoping".

## REFERENCIAS

- AHLFELD, F., 1964. Los Yacimientos Minerales y de Hidrocarburos de Bolivia.-  
HAAPALA, K., 1982. Fluid inclusion Evidence on the Genesis of Tin Deposits.- *Metallization Associated with Acid Magmatism* : 101-107.  
KRIZ, S., 1980. Estudio geológico del Cerro Chualla Grande.- Informe interno GEOBOL.  
SMIRNOV, 1982. *Geología de los Yacimientos Minerales*.- Ed. MIR Moscú.  
TATARINOV, 1988. *Génesis de Yacimientos Metálicos*.- Ed. Nedra, Moscú.  
TAYLOR, W., 1993. Cassiterite Solubility, tin speciation and transport in a magmatic aqueous phase.- *Economic Geology*, 88.  
———, 1987. Zonas mineralizadas del distrito Konsomolskoe.- *Revista de la Academia de Ciencias URSS*.

Se  
es  
R  
pi

/  
I  
C  
I