



553.4  
MON  
C.3

FACULTAD DE INGENIERIA DE LA TIERRA

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS**

**"ESTUDIO METALOGENETICO PRELIMINAR DE LA ZONA  
CHARAZANI CALLINZANI"**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO GEOLOGO**



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

**POR:**

**GALO MONTENEGRO SANTOS**

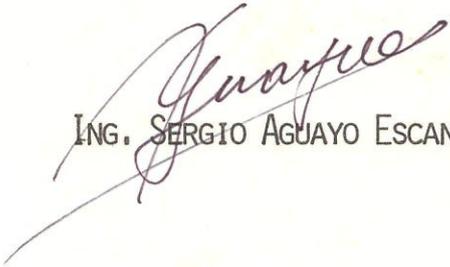
**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**1.981**

"ESTUDIO METALOGENETICO PRELIMINAR DE LA ZONA CHARAZANI  
CALLINZANI"

DIRECTOR DE TESIS

AUTOR

  
ING. SERGIO AGUAYO ESCANDON

  
GALO MONTENEGRO SANTOS

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

DECLARACION EXPRESA:

DECLARO QUE: Hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, son de mi exclusiva responsabilidad, y que el patrimonio intelectual de la misma corresponde a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

---

DEDICATORIA

A ELENA, mi esposa

---

# "ESTUDIO METALOGENICO PRELIMINAR DE LA ZONA CHARAZANI - CALLINZANI"

Pág.

I. INTRODUCCION	
1. Objeto del estudio	7
2. Ubicación y extensión del área, accesibilidad	9
3. Estudios anteriores	10
4. Metodología del trabajo	11
5. Agradecimientos	12
II. GEOGRAFIA	
1. Orografía	15
2. Hidrografía	15
3. Clima, vegetación y fauna	17
4. Aspecto Etnográfico	19
III. GEOMORFOLOGIA	
1. Paisajes geomórficos	22
2. Perfil y clasificación de los valles	26
3. Diseño del drenaje.	26
IV. GEOLOGIA REGIONAL	
1. Estratigrafía	29
2. Rocas Igneas	33
3. Tectónica	39
4. El metamorfismo Regional	44

---

	Pág.
5. Depósitos minerales	46
6. Geología histórica	53
V. GEOLOGIA DE LA ZONA MINERALIZADA	
1. Estratigrafía	58
2. Rocas Igneas	60
3. Estructura de la zona mineralizada	66
4. Metamorfismo de contacto	77
5. Morfología de los cuerpos minerali <u>z</u> ados.	79
6. Composición de las vetas	81
7. Zona de hipergénesis	94
8. Alteración hidrotermal.	95
9. Problemas de la génesis de la zona mineralizada.	98
VI. CONCLUSIONES FINALES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO	103
VII. RECOMENDACIONES PARA UNA PROSPECCION SEMIDETALLADA DE UN DISTRITO MINERO POCO ESTUDIADO EN EL ECUADOR	107
APENDICES	
LISTA DE ILUSTRACIONES Y MAPAS	
BIBLIOGRAFIA	



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

# I. INTRODUCCION

## 1. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto de esta tesis es obtener deducciones metalogenéticas tendientes a aclarar la paragénesis y zonación de depósitos hidrotermales en el área Charazani-Callinzani, donde está localizada la mina de estaño Suka, que es una de las más importantes dentro de la clasificación Boliviana de mediana minería.

Aprovechando de una pasantía concedida en base de un Convenio entre la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y el Servicio Geológico de Bolivia (GEOBOL), he podido compilar suficientes datos de los que me serví para hacer esta pequeña contribución, tanto para comprender la geología, como específicamente la génesis de los yacimientos minerales de dicha región.

Es mi aspiración cristalizar la experiencia obtenida mediante el presente estudio, en el desarrollo minero de nuestro país.



15° 00'

16°

17°

69° 00'

REPUBLICA DEL PERU

LAGO TITICACA

AREA DE ESTUDIO



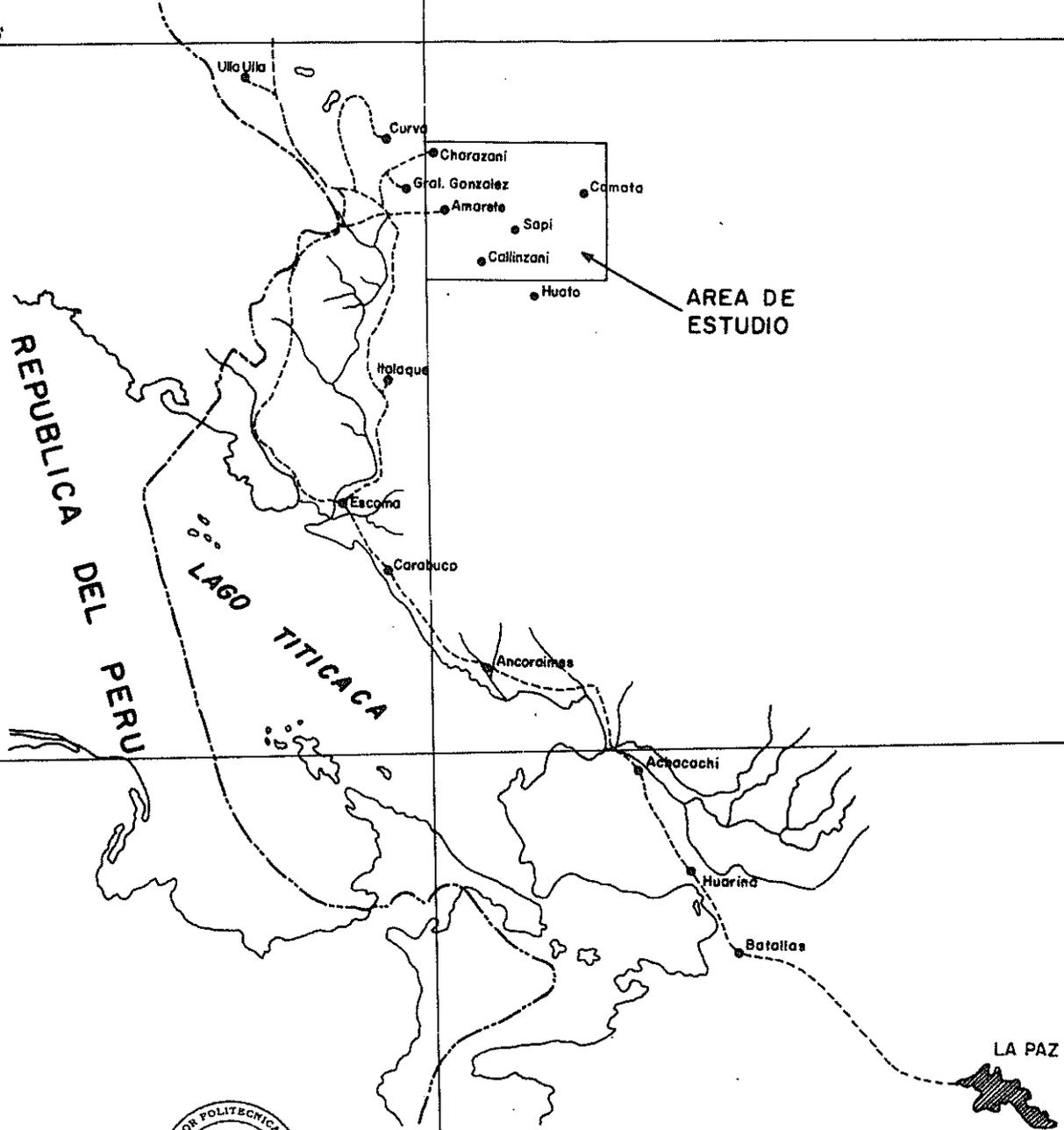
BIBLIOTECA FICT ESPOL

TESIS DE GRADO POR GALO MONTENEGRO

# MAPA DE UBICACION

ESCALA 1:1.000.000	FECHA	mapa <b>1</b>
AUTOR: GALO MONTENEGRO	SUPERVISOR	

LA PAZ



## 2. UBICACION Y EXTENSION DEL AREA, ACCESIBILIDAD

La zona de estudio está ubicada en la región Norte de Bolivia, aproximadamente a 200 Kms. al noreste de la ciudad de La Paz (ver mapa N° 1) relacionada con la hoja topográfica denominada Camata.



BIBLIOTECA FIC  
ESPOL

Enmarcándose regionalmente la zona de estudio entre las siguientes coordenadas:

de los 15°9' a los 15°20' latitud Sur  
de los 69° a los 68°43' longitud oeste

Las principales localidades ubicadas entre los límites antedichos son: Charazani en el extremo superior izquierdo, Amarete en el extremo izquierdo al medio, Camata y Carijani en el extremo superior derecho, en el extremo inferior derecho no se encuentran localidades de importancia. Callinzani ubicado en el margen inferior hacia la izquierda.

Las dimensiones del área de estudio son 30 por 20 kms. los que ocupan una extensión arealde 600 km<sup>2</sup>, localizada en las provincias Bautista Saavedra y Muñecas del Departamento de La Paz, Bolivia.

Conecta el camino troncal a la zona desde el camino carrete



BIBLIOTECA  
FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

ro principal La Paz-Achacachi-Escoma, para luego bifurcarse a la altura de la cumbre Hualpacayu. Un ramal sur baja a Italaque y continúa paralelo al abra del río Mocomoco. Un ramal norte continúa pasando Hualpacayu y Huila Khala, bifurcándose nuevamente antes de llegar a la población de Amarete en un ramal norte que llega hasta Charazani, y en un ramal oriental que llega a la región del abra de Callinzani, (4650 msnm) desde donde se llega al poblado indígena de Huato (4300 msnm), hasta el abra de Coanzani (4750 msnm); desde dicho lugar se bifurcan dos vías, una que conduce a la mina San José y otra vía al sudeste hasta Ayata.



**BIBLIOTECA FICT**  
**ESPOL** ESTUDIOS ANTERIORES

De la zona de estudio no se tiene aún una cartografía topográfica básica, ni mapeo geológico publicados por organismos oficiales; sin embargo, los siguientes autores han realizado aportes al conocimiento local de tópicos específicos relacionados con el objetivo de la presente tesis.

Salomón Rivas (1968) en su obra titulada "Geología de la - Región Norte del Lago Titicaca" investigó la falla de Koanzani, la cual pasa por la laguna de Toltacota y el abra de Callinzani.

Sandra Mc Bride (1977) a quien se deben dataciones radiométricas de rocas del batolito de Huato y diques en las cercanías de Amarete, como parte de su estudio de dataciones en la Cordillera Real de Bolivia, para su tesis en la universidad de Queen's, Canadá.

Hereberto Pérez (1973) da un breve informe geológico de la zona de la mina Suka, con fotogeología de las fotos aéreas de escala 1:40.000 de las zonas central y austral del batolito de Huato, en informe preliminar sobre el Proyecto Plutonismo fase III (inédito), del GEOBOL.

Hugo Zapata (1971) efectuó un reconocimiento geológico de asistencia técnica a la Empresa Minera Suka, Ltda. según informe inédito del GEOBOL.

#### 4. METODOLOGIA DEL TRABAJO

La investigación fue conducida en primera instancia con mapeo geológico regional y prospección mediante geoquímica de sedimentos fluviales y concentrados de residuos pesados usando la batea; los resultados de esta fase condujeron a la obtención del mapa regional escala 1:50.000 que se denomina como mapa regional A (ver mapa anexo en la solapa al final). Para las labores de campo se ocupó los meses de

---

Septiembre, Octubre y Noviembre del año 1.978; el correspondiente trabajo de gabinete se completó en los meses de Enero, Febrero y Marzo de 1979.

A continuación se efectuó el mapeo geológico minero de una extensión de aproximadamente 100 km<sup>2</sup> entre Charazani-Callinzani, a escala semidetallada de 1:20.000 con el objeto de resolver problemas paragenéticos y de zonación, mediante la fotointerpretación, salidas al campo, toma de muestras especiales de rocas y minerales, el estudio macroscópico así como el microscópico de secciones delgadas y pulidas, así como el análisis químico de las rocas mineralizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica para los elementos Cu, Pb, Zn y análisis colorimétricos y convencionales - para Sb, Sn. Esta fase del trabajo se completó en los meses de Abril, Mayo y Junio de 1979.



BIBLIOTECA FICTICIA  
ESPOL

En todas las fases del presente estudio se contó con el apoyo logístico del Proyecto de Prospección Minera en Areas seleccionadas en la Cordillera Real de Bolivia, conducido por GEOBOL y NN.UU.

##### 5. AGRADECIMIENTOS

Dejo constancia de mi agradecimiento a la eficaz ayuda prestada por los ingenieros Alvaro Fernández y Fernando Repetto

ex-directores del Servicio Geológico de Bolivia y el Departamento de Ing. de Geología, Minas y Petróleos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral respectivamente, por quienes participé en el convenio que me permitió efectuar tanto la pasantía de entrenamiento en el GEOBOL, como la tesis correspondiente.

Asimismo a todos los profesores de Geología de la ESPOL, - por haber podido inculcar en mí, algo de sus conocimientos; muy especialmente a mi director de tesis, profesor Ing. Sergio Aguayo Escandón.

Igualmente a los técnicos del Proyecto Cordillera, que me ayudaron en la conducción de este trabajo, así como a la Licenciada Elsa de Baca por su colaboración con sus explicaciones sobre mineragrafía.

Finalmente, a quienes igualmente de manera tan generosa contribuyeron al desarrollo de la presente tesis.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

DIRECCIÓN



REUNIDO DE  
BIBLIOTECA

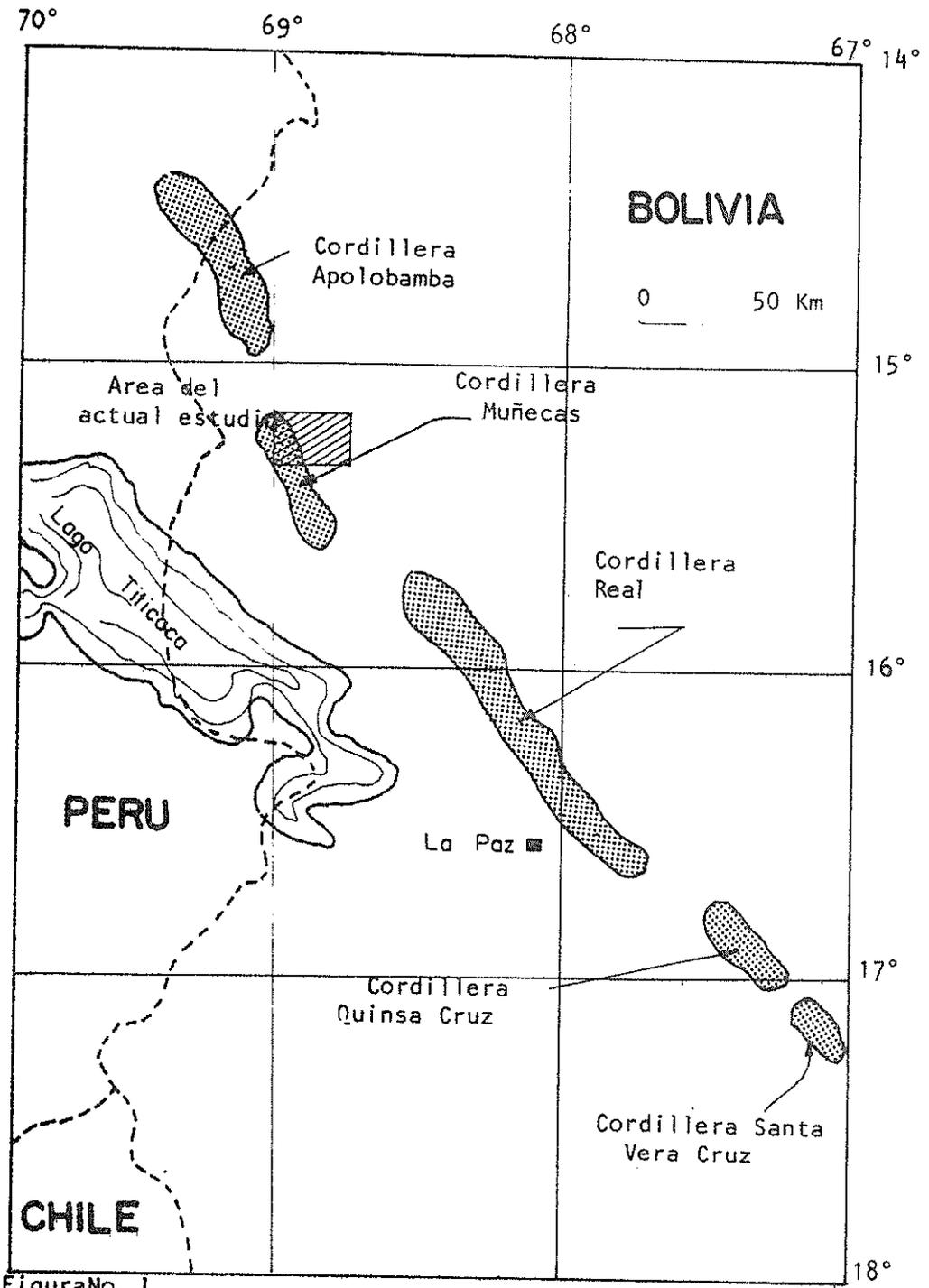


Figura No. 1

Subdivisiones de la cordillera Real, tomado de Ahlfeld y Branisa, 1960

## II. GEOGRAFIA

### 1. OROGRAFIA

La cordillera de Muñecas, comienza en el Valle del río Camata y con rumbo NW-SE sigue el mismo rumbo de la cordillera de Apolobamba, aunque algo desplazada al W unos 20 kms. Siendo la bibliografía con respecto a la cordillera Real algo confusa, en este estudio se acepta la subdivisión dada por Alhfeld y Branisa, en 1960 (ver referencia bibliográfica N° 4). Un mapa explicativo de la cordillera se expone en la figura N° 1.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Se extiende hacia el sureste hasta la portezuela abierta por el río San Cristóbal o de Sorata. Es una cordillera más baja que la de Apolobamba, y su cumbre más alta es el Nevado Ayancuma 5020 m.s.n.m. En las faldas norteñas están ubicados importantes poblaciones de las provincias Camacho y Muñecas. Sólo a partir de esta década las investigaciones geológicas revelan la presencia de un cuerpo granítico en el nevado Ayancuma, lo que en este estudio se demuestra con la presencia del batolito de Huato, el cual constituiría el núcleo de dicha cordillera.

### 2. HIDROGRAFIA

La zona está drenada por el sistema del río Grande, el cual es un río de quinto orden, de acuerdo a estudio geomorfológico de su cuenca de drenaje, que forma parte de la cuenca del río Beni, uno de los tributarios del Amazonas.

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Sus principales afluentes son: El río Sucuilli, que corre aproximadamente rumbo NW-SE y que se une al río Charazani en su margen izquierda tres kilómetros arriba de la población de Carijana para formar el río Camata.

El río Charazani, que en un trayecto de 25 kilómetros con rumbo E-W, salva un desnivel de más de 1000 metros. Es un río de gran caudal, este dato no fue posible obtenerlo de manera precisa, por no existir estaciones de aforo en la región; aunque estimamos su caudal a la altura de la confluencia en  $20 \text{ m}^3$  por segundo.



BIBLIOTECA FICTICIA  
ESPOL

Confluente importante del río Charazani en su margen derecha es el río Amarete, que corre aproximadamente de sur a norte, y en una de cuyas márgenes está ubicado el campamento de la mina Suka.

Los ríos de tercer orden Sayhuani y Huato, que exhiben una típica característica de ríos de alta montaña glaciada, se unen a la altura de la población de Sapi para formar el río Sapi, al cual se une el río Kapajeki, que corre aproximadamente de sur a norte, para unirse a la altura de Carijani con el río Camata en su margen derecha. Otro de los tributarios del sistema del río Grande es el río Tuán que también corre aproximadamente de sur a norte para unirse al

río Camata en su margen derecha.

### 3. CLIMA, VEGETACION Y FAUNA

#### Clima

En la región de estudio, debido a las grandes variaciones de altitud, se tiene una gran variedad de climas desde el siempre frígido con inviernos secos y neblina casi permanente (altitud mayor a los 4000 msnm) al subtropical húmedo sin estación seca del frente oriental; pues dicho frente hace de barrera natural a las nubes que ascienden desde la llanura amazónica para que descarguen su humedad. Regionalmente las temperaturas varían anualmente entre máximos de + 30° y -6° centígrados. Durante el verano (enero a marzo) se producen precipitaciones pluviométricas continuas que sobrepasan los 1000 mm de precipitación anual.

#### Vegetación

Son especies vegetales típicas, la paja brava (etipo pun-gens) de las partes altas y cumbres, teniendo en los bofedales o charcos siempre verdes la planta hidrófila (*Disticha muscoides*), además de pastos húmedos llamados por los naturales chiji entre los que se tiene la grama, la totorilla, las umavesas, la lajchu, la chojlla, etc. Entre

---

otros pastos tenemos la keña pasto y la khedulecha, así como la khea khea y el sambalayre.

La ceja de montaña tiene vegetación típica semitropical tal como el bambú sólido, gran variedad de helechos, el bambú delgado, siendo en general una zona de plantas epifitas - donde abundan las lianas y plantas parásitas.



BIBLIOTECA FICP  
ESPOL

Los cultivos más importantes son papa, cebada, quinua y oca.

Entre los árboles están la kiguara y la keñua, las cantuas, como plantas originarias de la región, y actualmente los campesinos de los valles empiezan a plantar el eucalipto.

### Fauna

Existe gran variedad de aves silvestres que viven en las numerosas lagunas de origen glacial, tales como los patos silvestres o chocas, los gansos silvestres o huallatas, las gaviotas; y en las altas cumbres y peñascos anidan majestuosas aves de rapiña como los cóndores, las marías y los alka-marís.

Los cuadrúpedos están representados por roedores como viscachas, conejos silvestres, ratones andinos, lámidos como llamas (lama glama), alpacas (lama pacas), marsupiales como zorros, etc.

La ganadería consiste principalmente en la cría de ovinos, lámidos, porcinos y roedores.

En las zonas altas tales como Huato, la posesión de una acémila es muy valiosa para el indígena.

#### 4. ASPECTO ETNOGRAFICO

La cultura Collawaya tuvo sus lugares de asentamiento en las actuales localidades de Charazani y Curva, por lo que la población actual es de profundos raingambres aymara, existiendo también a más de este idioma el quechua y el español que están bastante difundidos.

Los campesinos de la localidad de Amarete, son muy habilitados en la cerámica, los de la población de Charazani, a más de agricultores son también buenos hilanderos, y tienen mucha fama sus curanderos brujos o yatiris, de los que se dice conocen más de 2000 especies de plantas medicinales.

En Huato los habitantes son principalmente pastores, criando lámidos y ovinos. En las regiones más bajas son en general agricultores.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Una descripción del tipo étnico del indígena lo hace J. Muñoz Reyes (1977) referencia bibliográfica N° 38; para quien el indígena de la región es un hombre de color moreno olivado pronunciado, bajo de estatura, formas macizas, dorso - grande en relación con las piernas, de grandes pulmones para su supervivencia en la altura; frente huidiza, ojos rasgados, cabello negro lacio, facciones enérgicas profundas y pronunciadas, fisonomía seria triste y algo reflexiva. Sin ser hostil su comportamiento es muy cerrado y poco colaborador, en cambio los habitantes de los valles y estribaciones cordilleranas son más comunicativos y colaboradores.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

---



### III. GEOMORFOLOGIA

#### 1. PAISAJES GEOMORFICOS

Regionalmente en el área que compete al presente estudio se distinguen tres regiones fisiográficas, que son las siguientes:

1.1. Región oeste o del Río Amarete, cuya elevación es del orden de los 4000 m. caracterizada por una amplia meseta que se extiende hasta la zona de Charazani al NW, en donde comienza la cordillera de Apolobamba.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

2. Región central o del batolito, constituye una parte integrante de la Cordillera Central de los Andes, o Cordillera Real denominada aquí cordillera de Muñecas. Es una zona escarpada en donde predominan las fuertes corrientes de vientos y acción glacial, alcanzando alturas del orden de los 4500 msnm; se extiende en una longitud de 50 kms. entre Aucapata, fuera del área del presente estudio y el NE de Amarete.

1.3. Región de las estribaciones orientales de la Cordillera de Muñecas, con sus fuertes pendientes tan abruptas que alcanzan el orden de los mil metros de desnivel en una distancia de sólo unos pocos kilómetros; caracteri



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

zada por su clima subandino oriental, esta región se extiende en un ancho de unos ochenta kilómetros hasta la población de Apolo al Este, fuera del área del presente estudio.

Corresponden dichas regiones fisiográficas aproximadamente con las siguientes zonas geomórficas:

- a. Zona de las Cabeceras de Valles, representada por la zona de Charazani con las planicies y mesetas - que se desarrollan en sus cercanías.
- b. La zona cordillerana, correspondiente en este caso a la región ocupada por el batolito.
- c. Zona de Valles, correspondiente a los pueblos de Camata y Carijani, y sus alrededores, así como también algunos valles de la zona cordillerana como en los que se tiene en las localidades de Sapi y Sayhuani.

Un análisis preliminar se obtuvo de la observación estereoscópica de las fotografías aéreas de la zona de estudio, definiéndose de ellas las siguientes formas y sus relaciones con sus procesos formadores.

---

#### 1.4. Formas relacionadas a procesos endógenos

Intrusivo.- El cuerpo batolítico resalta por su tono gris claro, en el que se destaca la intensa fracturación formando un reticulado de tonos oscuros y una textura superficial rugosa. Diques y filones asociados a la actividad volcánica, e hidrotermal, ocurren en formas elongadas a fusiformes, cortando otros sedimentos en forma que resalta en las fotografías por su dureza superior a la roca encajante; pero a pesar de ellos ocurrir en gran cantidad en el área ocidental del presente estudio, debido a su pequeñez fue necesario el relevamiento a pie para su mapeo.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

La alteración hidrotermal, puede en otras regiones ser mapeada a partir de las fotografías aéreas en donde se las observa como anomalías tonales, pero en el presente estudio no fue una buena guía, notándose mas vale en las fotografías escala 1:20.000 los desmontes de las labores mineras.

#### 1.5. Formas relacionadas a procesos exógenos

Interperismo mecánico.- El registro fotográfico de formas triangulares indica la presencia de escombros

del talud, canchales o salleríos, el intemperismo mecánico está condicionado por procesos físicos de meteorización ocurrente sobre todo por la acción de cuñas de hielo, y expansión térmica e intercrecimiento de cristales como consecuencia de variaciones bruscas de temperatura en zonas altas y nevadas.

Remoción en masa.- Desplazamiento gravitatorio de material producen formas de herradura correspondientes a escapes de derrumbes con frentes lobados que indican la dirección del movimiento, se ven ejemplos claros en el margen izquierdo del río Charazani, a la altura de Khata y en las márgenes del río Amarete; proceso que se ve favorecido por el clima árido, falta de vegetación, laderas abruptas y fracturación de las rocas.

Acción del agua corriente. Formas planas generalmente alargadas y mostrando bordes lobados indican terrazas de origen fluvio lacustre; los ríos juveniles producen conos y abanicos mientras que ríos más maduros forman principalmente terrazas.

Acción del hielo.- Los valles en U, formas elongadas de perfiles agudos (morrenas), y formas de herraduras (circos) indican que una intensa glaciación ha tenido influencia en toda el área.

---

## 2. PERFIL Y CLASIFICACION DE LOS VALLES

El perfil en U es característico de los ríos en áreas que han sufrido glaciación, teniéndose que los ríos Sayhuani, Huato, Kapajeki, Tambillo, y Callinzani, exhiben esta fisonomía en su perfil transversal; una pequeña asimetría se observa en los perfiles transversales de los ríos Tambillo y Callinzani, factor que puede ser debido a un control estructural.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Un perfil en V, o también llamado de cañón o garganta, característico de la acción del agua corriente, con su lecho del valle casi totalmente ocupado por la corriente, con depositos aluviales que carecen de carácter permanente, y que se desplazan corriente abajo, especialmente en los períodos de crecidas, corresponde en nuestro caso a los ríos Charazani, Camata, Grande, Amarete, Sapi y Tuán.

## 3. DISEÑO DEL DRENAJE

A partir del mapa base a escala 1:50.000, se obtuvo una deducción a escala 1:100.000 con objeto de tener una visualización global del drenaje del área (Mapa N° 2).

La metódica consistió en el examen del mapa del drenaje y

la búsqueda y ubicación de aquellos cursos de agua que se desvían de la tendencia vectorial general del diseño.

Un análisis del drenaje de oeste a este revela lo siguiente:

Zona I. Drenaje subparalelo a dendrítico. Ríos colectores subsecuentes que marchan casi paralelos y ríos obsecuentes en ambas márgenes, que cortan en ángulos oblicuos a los anteriores, y a su vez exhiben algo de paralelismo entre sí. El factor litológico, correspondiente a una alternancia de pelitas y psamitas se manifiesta en el carácter algo dendrítico de esta zona. Al parecer existe un control estructural para los dos ríos principales de dicha zona.

Zona II. Drenaje Dendrítico. Con ríos que se van ramificando en forma arborescente y que de una manera general corresponde al tipo del drenaje de toda el área.

Zona III. Drenaje subparalelo, esta subzona, la cual en realidad puede ser establecida como una zona restringida, se caracteriza por las corrientes principales corriendo en sentido oblicuo a las secundarias, que son casi paralelas entre sí; aquí el control es principalmente topográfico con variaciones bruscas de la pendiente donde posiblemente ha

---

influenciado en este carácter subparalelo el fracturamiento.

Zona IV. Drenaje subparalelo a paralelo. Esta subzona presenta una menor densidad de drenaje en comparación con el resto del área, aquí las diferencias topográficas son mayores y se observa una ligera orientación de los ríos afluentes según la estratificación o esquistosidad, aquí Coincidentes.



Anomalías en el Drenaje:

BIBLIOTECA FICT.  
ESPOL

Se observan algunos cursos de agua que se desvían de la tendencia vectorial del ordenamiento predominante y considerados como anómalos conectados a control estructural o fisiográfico:

1. Doble deflexión con probable relación a fallas longitudinales y transversales.
2. Deflexión simple unidad a lineamiento de falla.
3. Drenaje centrípeto, relacionado a procesos de glaciación y alineamiento de lagos con posible relación a falla (localmente ver zona II).
4. Variación de la densidad del drenaje a ambos lados de un río relacionados a un alineamiento de falla.



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

## IV. GEOLOGIA GENERAL

### 1. ESTRATIGRAFIA

La litología del área está compuesta por rocas sedimentarias, igneas intrusivas y subvolcánicas, y metamórficas, de edades que van desde el Paleozoico inferior al Cuaternario.

Cubriendo estos sistemas en algunos sitios tenemos depósitos cuaternarios y actuales de diferente origen, entre los que figuran aluviales, lacustres y glaciales.

La columna estratigráfica es la siguiente:

Cuaternario: Depósitos aluviales

Depósitos coluviales

Depósitos fluvioglaciales

Depósitos morrénicos

Deslizamientos

Cretácico: Intrusiones menores Pórfidos riolíticas y riódacíticas.

Triásico: Intrusión granítica; Batolito de Huato

Permocarbonífero: Grupo Copacabana, compuesto por:

Calizas fosilíferas, areniscas, lutitas cloríticas a veces con pedernal que yacen sobre

un conglomerado basal.

Devónico: Superior Cuarcítico.- Cuarcitas grises con intercalaciones de pizarras gris oscuras.

Inferior Pizarroso.- Pizarras gris oscuras intercaladas con areniscas grises de grano fino.

### Paleozoico

Devónico, el sistema Devónico ha sido determinado en el área por sus características litológicas y correlación con la hoja de Chuma al Sur, donde se encontraron fósiles eodvonaridaes en varios lugares tales como Ancoma, este de Sortata y Huanco. Se ha dividido el Devónico en dos unidades.

Unidad superior arenosa, o su equivalente metamórfico, constituido por areniscas y cuarcitas gris claras que predominan sobre bancos de pizarras gris oscuras, caracterizan un ambiente nerítico.

Unidad inferior lutítica o su equivalente metamórfico, consistente de pizarras gris oscuras que predominan sobre ban

---

cos pequeños de lutitas gris oscuras y areniscas gris claras, de ambiente profundo.

El espesor de la serie Devónica ha sido calculado en unos 2000 metros.

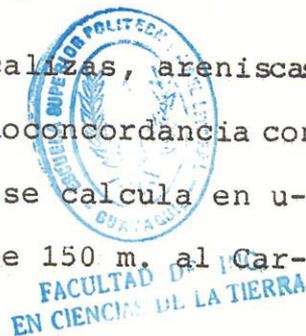
Relacionado con la edad estratigráfica dos muestras fragmentarias de la hoja de Chuma al Sur de la zona de estudio contienen tentaculites y braquiópodos de los géneros Eodevonaridae y Australocoelia, que posiblemente indicarían Devónico Inferior.

Importantes mineralizaciones ocurren afectando principalmente este sistema.

Carbonífero Pérmico.- Expuesto al sudoeste de Charazani, está formado por bancos de areniscas amarillentas rosadas a blanquecinas de granulometría variable, con niveles tílitos, y en ciertas zonas es posible observar un conglomerado basal.

El Pérmico consiste de una secuencia de calizas, areniscas rojas y margas las cuales reposan en pseudoconcordancia con el Carbonífero; el espesor de esta serie se calcula en unos 650 m. correspondiendo aproximadamente 150 m. al Car-

BIBLIOTECA



bonífero.

Cabe anotar que generalmente se asume que a partir del primer horizonte de calizas se tiene el contacto inferior para el Pérmico.

#### Mesozoico

Triásico, Dataciones de las rocas del batolito de Huato según el método K-Ar efectuadas por la Sra. Sandra Mc Bride de Canadá arrojan una edad promedio de 215 millones de años, con lo que se tiene que dicho cuerpo intrusivo pertenece al Triásico. (Ver ref. Bib. N° 32).

Dando este método de datación radiométrica el último evento tectónico, es posible que dicho cuerpo sea aún de mayor edad; la evidencia estratigráfica permite aseverar únicamente que es post-Devónico por intruir rocas de dicho sistema.

Cretácico.- Cerca de la villa de Amarete, algunos diques cortan la secuencia Devónica de metasedimentos de bajo grado, diques que no tienen más de 3 a 4 m. de espesor y lucen de composición riódacítica.

De las dataciones radiométricas se tiene que para una mues

---

tra colectada de un dique de 2 m. de espesor cerca de 3 Km. al NNE de Amarete, cercano a la mina Suka se obtuvo una edad de  $77 \pm 3$  millones de años, correspondientes a una edad Cretácica Superior.

Cuaternario.- Representado principalmente por acumulaciones de material aluvial, terrazas, depósitos aluviales, coluviales, deslizamientos, derrumbes, abanicos, y en la mayoría - del área depósitos glaciales morrénicos.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

ROCAS IGNEAS

Batolito de Huato

Aquí es denominado así en concordancia con la publicación del Mapa Geológico de Bolivia en escala 1:9'000.000 elaborado por YPFB y GEOBOL (1978).

Cubre un área de  $120 \text{ km}^2$ , su composición es granítica a granodiorítica. El material intemperizado tiene la apariencia de un granito porfídico, pero la roca fresca indica claramente una textura granítica.

Predominan granitos de biotita con granos fino a gruesos pudiéndose observar en algunos lugares cristales de feldespatos de potasio de algunos centímetros.

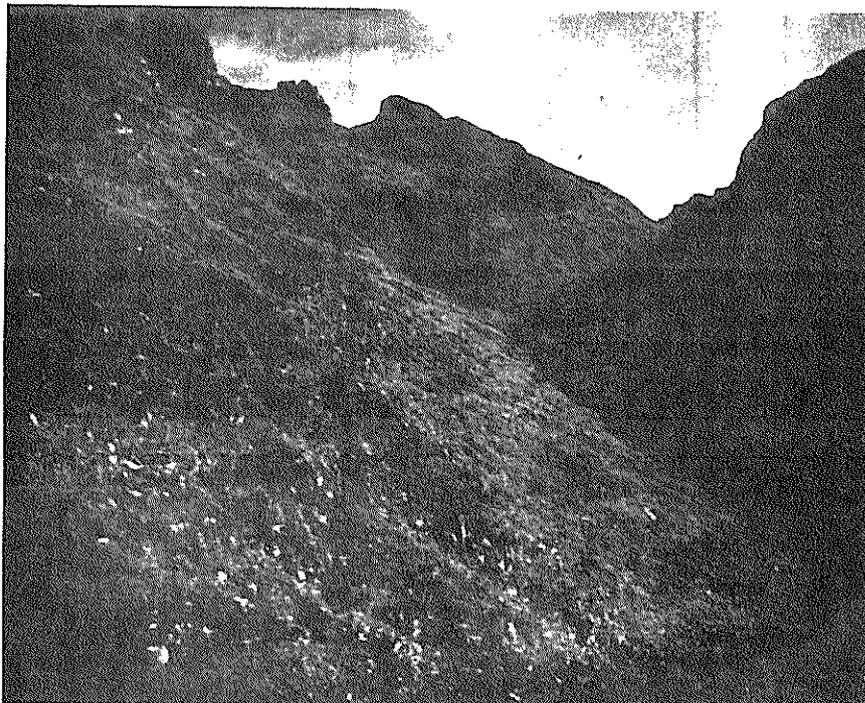


FOTO N<sup>o</sup> 1.- Granito de Huato, vista tomada desde las alturas de Sapi.



FOTO N<sup>o</sup> 2.- Afloramientos de la roca intrusiva, obsérvese el aspecto de picos de la parte alta, algunos de estos picos corresponden a relictos del techo o cúpulas de batolito.

---

En general el batolito se nota consistente y uniforme, sin que en él se hayan observado mayores procesos de diferenciación o alteración tal como greisenización.

Las direcciones del diaclasamiento son  $0^{\circ}$  a  $40^{\circ}$ ,  $100^{\circ}$  a  $130^{\circ}$ , verticales; así como perpendiculares con  $60^{\circ}$  de buzamiento.

Se encontraron numerosas vetas de cuarzo cortando al granito, asimismo como a las rocas del exocontacto, ninguna de ellas fue determinada de valor económico, con excepción de las minas abandonadas denominadas, Laramani ( $05^{125} - 83^{085}$ ), cercanas al contacto, y la denominada Mina, ( $05^{187} - 83^{075}$ ) en pleno granito, de las que se explotaba wolframio.

Muestras analizadas en el presente estudio corresponden a un granito con biotita, que ha sufrido como alteración hidrotermal sericitización y sauseritización.

Muestras analizadas por Marcelo Arduz (véase referencia bibliográfica N<sup>o</sup> 7) tomadas del Nevado Ayancuma, corresponden a una cuarzo monzonita o adamelita.

El análisis petrográfico realizado por el autor a la muestra 47010 revela lo siguiente:

Nombre de la roca: Granito Monzonitico ( $83^{265} - 05^{142}$ )

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**Texturas:** Roca granítica textura hipidiomórfica, exhibe pertitas e intercrecimientos de plagioclasas y cuarzo, así como mimerquitas.

**Mineralogía:** Cuarzo (30%, 35%) La mayoría de los granos presentan extinción ondulante, los cristales se observan anhedrales y de tamaño heterogéneo.

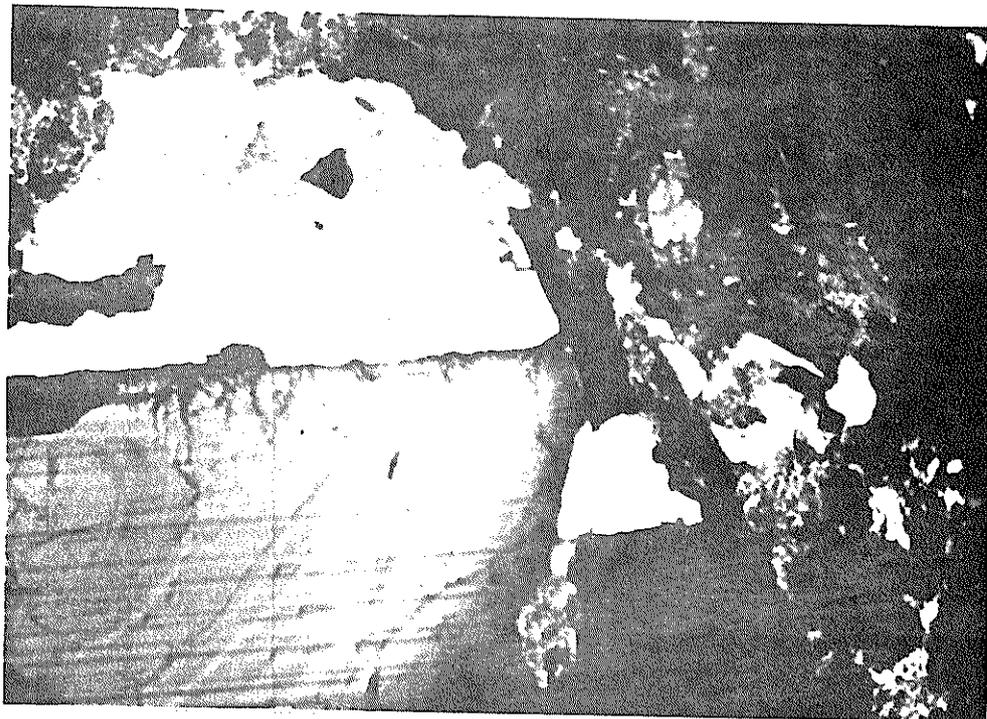
Microclina, (30%) levemente pertítica, exhibe pertitas tipo bandeadas (Band o ribbon según Allin, 1938).

Plagioclasas (20%) andesinas - oligoclasas ( $Ab_{65}-An_{35}$  a  $Ab_{60}-An_{40}$ ) presentan zonación tal como se observa en las fotografías N° 3 y N° 4, además macladas según la ley de la albita y se alteran a sericita.

Moscovita (2%) presenta cristales dispuestos en forma radial.

Biotita (8-12%) constituye el principal máfico de la roca, cristales subhedrales hábito tabular y notable pleocroismo.

---



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

FOTO N° 3.- Microfotografías de muestra 47010. Granito con biotita, del batolito de Huato. Obsérvese la zonación de la plagioclasa.

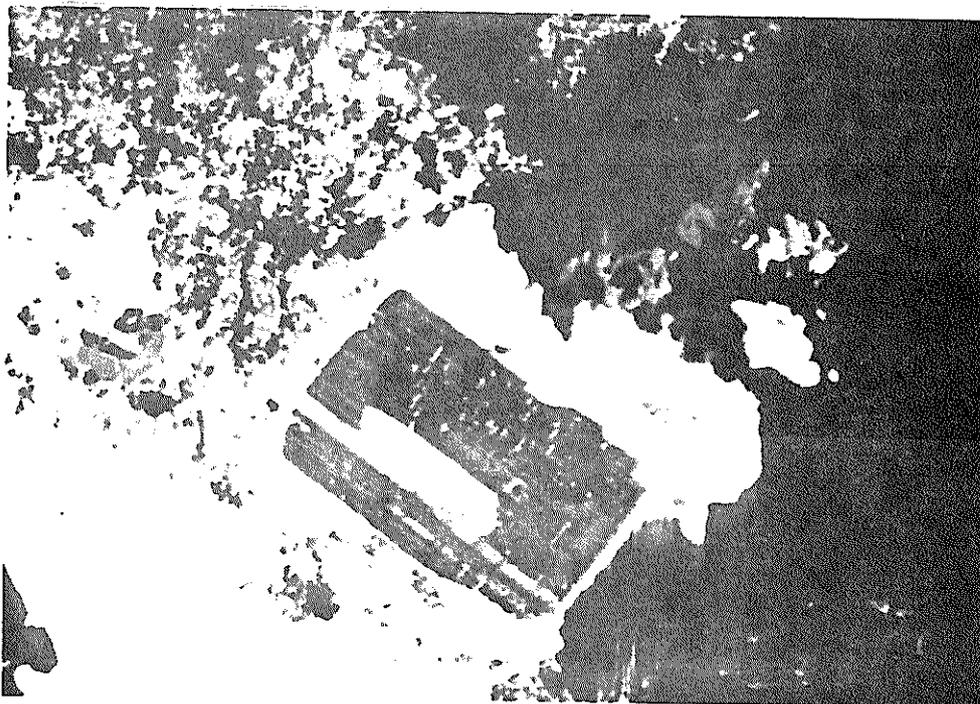


FOTO N° 4.- Granito con biotita, batolito de Huato. Obsérvese la plagioclasa con el borde de alteración albitico, el feldespato de potasio aparece extinguido.

(Ambas fotografías Nicoles Xs, obj. 2.5X)

Clorita (1%). Trazas de: rutilo como inclusiones en la biotita <1%  
 epidota <1%  
 Zircón <1%

BIBLIOTECA

FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Carbonato y caolín como productos de alteración.

La roca presenta una sericitización y más levemente una sauseritización.

#### Pequeñas intrusiones

En el área de estudio regional se presentan numerosos cuerpos intrusivos de pequeñas dimensiones, algunos muy estrechamente vinculados con la mineralización.

Específicamente en la zona del río Charazani, en la margen rocosa del camino Charazani-Camata (cerca de Chullina) aflora en una extensión aproximada de 50 m. un pórfido granítico\* que constituye un bolsón de pequeñas dimensiones.

De dicho cuerpo la muestra 47153 al ser analizada microscópicamente se trata de una roca holocristalina de textura glomeroporfídica y matriz hipidiomórfica de grano muy fino, con fenocristales que constituyen aproximadamente un 8%

\* Cuando una intrusión de pequeño tamaño de riolita porfídica es anterior a la era terciaria se acostumbra denominar pórfido de cuarzo.

del volumen de la roca, están representados por feldespatos potásicos (pudiéndose observar en un caso microclina con maclas enrejadas), plagioclasas y cuarzo. Una alteración sericítica afecta a los feldespatos, llegando a veces a reemplazarlos por completo; es evidente la predominancia de feldespatos potásicos.

Los diques de las cercanías de Amarete, de composición ríodacítica son estudiados más adelante en detalle en el capítulo correspondiente a la Geología de la zona mineralizada.

### 3. TECTONICA

Marco Tectónico.- Las rocas de la región probablemente fueron varias veces plegadas y fracturadas, encontrándose ellas dentro de una dirección estructural NW-SE, pareciendo que el factor de control sean repetidas compresiones relacionadas con el tectonismo de la cordillera.

Los pliegues debidos a esfuerzos compresionales regionales que probablemente arrancan desde el Paleozoico medio son la manifestación superficial de las deformaciones de un basamento complejo, que ha sufrido múltiples tensiones, las cuales iban acentuando la deformación, hasta las últimas holocenas, que han delineado la actual topografía. Se des-

---

tacan apretados anticlinales y amplios sinclinales, teniéndose que la serie Devónica intruída, probablemente formó un gran anticlinorio con cuarcitas en los niveles más jóvenes.

La amplia cubeta sinclinal que se observa en la zona al Sur de Charazani, se hunde hacia el W por debajo de las lavas terciarias de Charazani. Hacia el norte de la región, la serie Devónica está aparentemente dispuesta en forma homoclinal con buzamientos al NE.

Las fallas principales enumeradas de NW a SE de la hoja regional (ver mapa A al final), que acompaña el presente estudio son:

Falla de Charazani, la cual tiene un desplazamiento desconocido, corre por el cauce del río Homónimo, desde algunos kilómetros al W de Charazani, y se adentra a través del curso del susodicho río formando el contacto N del batolito de Huato, es seguible en forma de alineamiento observable en las fotografías aéreas, además Paleozoico superior aflora únicamente en el flanco al sur de la falla, y se tiene también un alineamiento de fuentes termales en su traza, tales como la de Charazani, la de la punta del camino actualmente en construcción (km. 10 carretera Charazani-Carijani), etc.

---

El abra de Koanzani, o Callinzani, y más el N el valle del río Tambillo están localizados siguiendo las direcciones - de sendas fallas inversas, que forman una estructura imbricada, dispuesta en forma de tejas, el desplazamiento estratigráfico de estas fallas es de muy difícil medición, siendo que afectan a la serie monótona en Litología, del Devónico Inferior, sin embargo, su naturaleza y traza son evidenciadas por la característica de la zona de fracturamiento que marca sus trazas.



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

La falla de Huato corre de N a S es observable en las fotografías aéreas, buzamientos muy variables en la zona de su traza, pero su desplazamiento y naturaleza del movimiento no son claros. Existen además numerosas fallas de reajuste de direcciones transversales a las de tendencia regional.

La esquistosidad, que es la predominante que puede ser determinada en el campo, en general es coincidente con el rumbo y buzamiento de la estratificación, a pesar que no siempre es clara esta relación.

Discordancias, la principal en la zona pone en contacto rocas del Devónico inferior con rocas carboníferas, se la ob-

serva como una discordancia angular de bajo grado regional, poco observable localmente.

Entre el Carbonífero y el Pérmico no se observa una discordancia de tipo angular, descansando dichos sistemas pseudo-concordantemente, aunque se registra una transgresión marina que separa dichos sistemas, teniéndose que se asume desde el primer horizonte de calizas pertenezcan al Pérmico.

Un breve resumen de la historia tectónica de la cordillera de los Andes Centrales, es la siguiente, la misma que ha sido expuesta por varios estudiosos, entre ellos, Megard et alie, 1971; Audeband et alie, 1973; Avila, 1975; Ljunggren, 1964; Martínez et alie, 1971; Mc Bride, 1977; algunos de los cuales usaron los conceptos clásicos de la teoría geosinclinalista, y otros, los cuales son los más recientes, la hipótesis de la Tectónica de Placas Litosféricas.

Los geólogos franceses de las misiones ORSTOM en Bolivia y Perú en su estudio de los Andes Centrales de dichos países postulan que esta es una región de tectonismos superpuestos con orogénias Precámbricas, Hercínicas y Andinas afectando la misma área. Consideran que las rocas del cinturón Hercínico son intracratónicas, debido a la presencia

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

de rocas Precámbricas a ambos lado de él, observándose además que el cinturón Andino obliga al cinturón Hercínico a ser intracratónico, contándose para él, tres fases tectónicas; al fin del Cretácico, al fin del Eoceno, y en el Plioceno medio. Ocurriendo un moderado plegamiento, grandes fallas y sobrecorrimientos moderados y locales.

El magmatismo andino que ocurre en el Cretácico superior y en el Terciario se lo considera relacionado a la zona de subducción, aunque ellos piensan que esta zona no puede explicar otros rasgos de la evolución andina; especialmente los períodos alternos de compresión y extensión.

Otros geólogos sostienen en cambio que el tectonismo Hercínico no tiene mayor importancia en la Cordillera Oriental, sugiriendo que los eventos Post-Paleozoicos son los de mayor importancia.

Modelos más recientes son los expuestos por Avila (1975) referencia bibliográfica N° 8 y N° 9 y Mc Bride (1977) (ref. bibliográfica N° 32) que proponen que los ciclos magmáticos son el resultado de la subducción de la placa de Nazca y apoyan dichos criterios de evolución magmática con dataciones K-Ar; y consideran que la placa de Nazca, al introducirse bajo de la placa continental produce eventos orogénicos, y mineralizadores.

---

#### 4. METAMORFISMO REGIONAL

Está caracterizado en general por las facies esquistos ver  
des del metamorfismo regional de bajo grado de Eskola.

Las pizarras de la región provienen de rocas pelíticas me-  
tamorfizadas y exhiben clivaje pizarroso al desarrollo de  
illita o sericita, así como agregados de finos cristales  
de cuarzo.

Dada la imposibilidad de observar brechización o milonitiza-  
ción en rocas de tamaño de grano fino, es difícil diferen-  
ciar la causa del metamorfismo de éste tipo de rocas, pues  
el mismo efecto originaría el metamorfismo de bajo grado -  
que el dinámico; usándose el término dinamotérmico como u-  
na característica del metamorfismo de rocas pelíticas o pi-  
zarras.

En las rocas cuarcíticas de la región es posible observar  
una orientación dimensional preferida debido a la recrista-  
lización del cuarzo y otros minerales obsérvese la fotogra-  
fía N° 5.

Por último, se anota que la posibilidad de una generación  
de granitos por metamorfismo avanzado es improbable por la  
inexistencia de gneises y migmatitas que caracterizan la

---

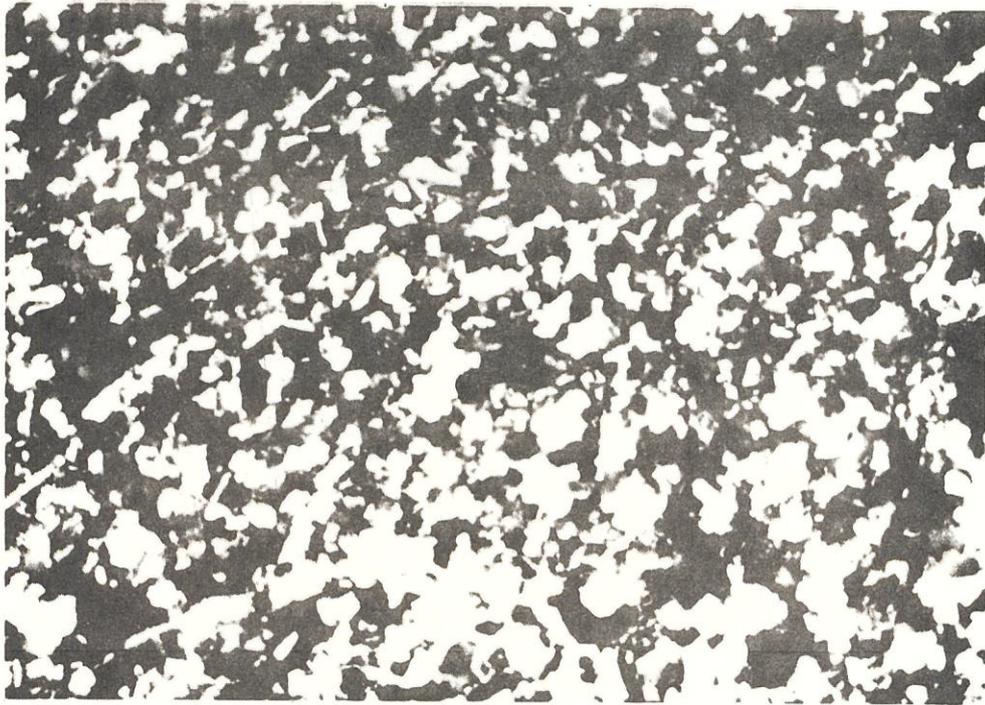


FOTO N° 5.- Microfotografía. Muestra N° 47037. Cuarcita, granos de cuarzo en matriz cuarzo-sericítica, obsérvese la alineación de los cristales de mica, que da una orientación dimensional fruto del metamorfismo regional.

Nicoles Xs

Obj. 2.5 X

BIBLIOTECA



FACULTAD DE  
EN CIENCIAS DE

transición de un estado metamórfico a un magma palingénico, además la evidencia de campo que se aporta en el presente estudio muestra contactos netamente intrusivos, y el desarrollo de una aureola de metamorfismo de contacto, para dicho tipo de rocas.

## 5. DEPOSITOS MINERALES

El estudio de la mineralización existente en la región correspondiente en la Hoja Camata III, se llevó a cabo tanto en las minas como en las áreas mineralizadas.

La metodología se inició con el relevamiento geoquímico regional, el cual se lo hizo mediante el análisis de los sedimentos fluviales, y se efectuó además una prospección con la batea, haciendo la concentración de los minerales pesados, la cual sirvió como método de control. (Ver Mapa N° 3).

Para la interpretación se utilizaron los métodos estadísticos de interpretación geoquímica de Claude Lepeltier y de Bolviken, obteniéndose los siguientes valores para los diferentes dominios litológicos.

---

Devónico pelítico		(Valores en ppm)		
		Cu	Pb	Zn
fondo	(b)	20	38	91
umbral	(t)	37	75	170

Devónico Psamítico		(Valores en ppm)		
		Cu	Pb	Zn
fondo	(b)	27	35	99
umbral	(t)	60	77	160



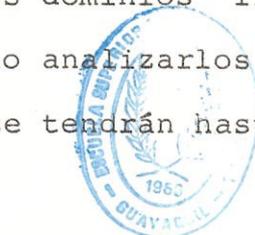
BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Para el Sb, el Sn y el W se tomó como valores únicos arbitrarios del umbral (t).

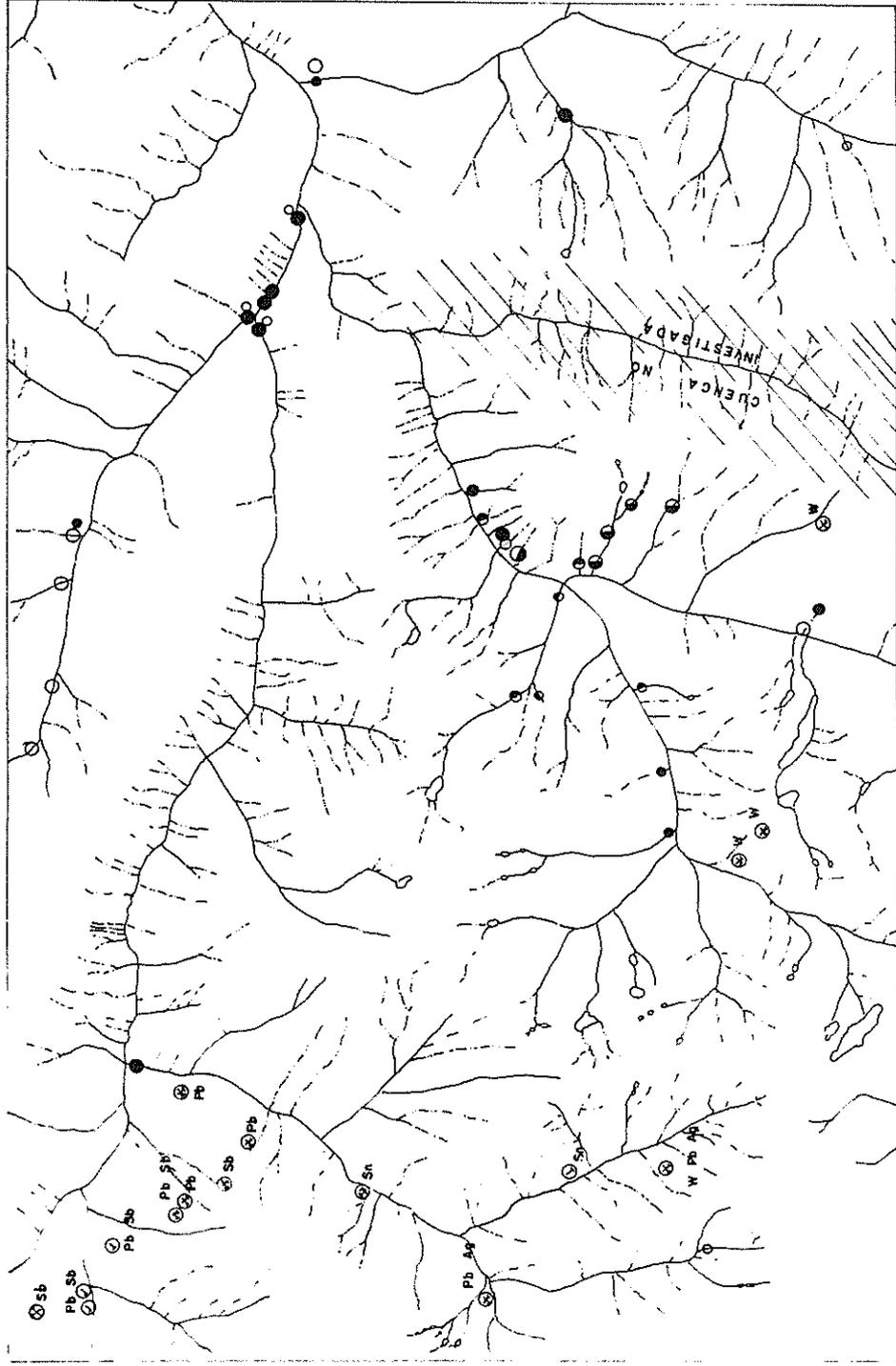
Sb	10 ppm
Sn	15 ppm
W	5 ppm

De acuerdo a los parámetros se seleccionó muestras a nómallas con (1 a 2)t, (2 a 5)t, mayor que 5t, y en el caso de Sb, Sn, W, se subió el valor en múltiplos para discernir mayores contrastes de anomalía.

Como elementos comparativos en la presente zona de estudio se consideró además otros dominios litológicos, por lo que se hizo necesario analizarlos por separado, pero valores oficiales se tendrán hasta el



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
EN CIENCIAS



Simbolos de valores anómalos semiquantitativos

Valores Anómalos de CASITERITA

- > 10 gramos / litro
- 1 - 10 " "
- < 1 " "

Valores Anómalos de SCHEELITA

- > 10 gramos / litro
- 1 - 10 " "
- < 1 " "

- ⊗ mina activa
- ⊙ mina abandonada
- ⊕ coteo

TESIS DE GRADO POR GALO MONTENEGRO

HOJA CAMATA SUDOESTE  
VALORES ANOMALOS  
DE CONCENTRADOS  
CON BATEA

ESCALA 1:50.000	MAPA N°
AUTOR	3
Gabo K. J. Montenegro	



momento que se relacionen con todos los datos regionales en otras zonas con el mismo tipo de unidad litológica, así es el caso de que granitos ocurren en Ayata, quizás el nevado Sunchuli, (fuera del área del presente estudio), etc.

Por razones económicas debido al alto contraste anómalo, se consideró la principal anomalía, la ubicada en la margen derecha del río Camata, frente a la población de Carijani, donde se obtuvieron valores anómalos de casiterita en los concentrados de residuos pesados, lo cual obligó a un reconocimiento efectuado usando geoquímica de suelos y materiales coluviales obteniéndose valores de Sn hasta de 3000 ppm, y de Zn hasta de 530 ppm. lo que unido a lo literalmente virginal de la región, desde el punto de vista minero, se recomienda efectuar geoquímica de suelos con una red de 200 m. entre muestra en dicha zona, pues se la ha delimitado en un área tan pequeña como 250000 m<sup>2</sup>.

En el caso de otras anomalías encontradas se demostró su asociación con cateos, minas abandonadas o activas, las cuales producen una contaminación del patrón de dispersión.

Una lista de las más importantes minas y ocurrencias mi-

---

nerales situadas en la región:

Mina de Estaño Suka, (activa) su campamento está ubicado a 3430 msnm. pertenece a la empresa Minera Pabón, en ella se extraen aproximadamente 50 tpd de mineral con una ley promedio de cabeza de 1,5% de Sn.

El beneficio de la casiterita, asociada íntimamente con pirita, se lo efectúa usando en la fase de molienda y trituración, trituradores tipo Blake, Molino cónico Simons, y molino de bolas tipo ruso, en la fase de concentración por gravedad se utiliza mesas tipo Wifley.

Si se utiliza la siguiente tabla elaborada por el Dr. Nikolav Trofimov (Universidad Patricio Lumumba, seminario en Guayaquil, año 1977).

Parámetros	Características por su puntaje			Puntos
	2	1	0	
1 Escala del yacimiento en reservas	grandes	medias	pequeñas	1
2 Calidad del mineral útil	alta	común	baja	2
3 Productividad del yacimiento.	alta	media	baja	2
4 Condiciones técnico minera de la explotación	favorable	común	no favorab.	1
5 Economía de la Región	favorable	común	no favorab.	1
$\Sigma = 7$				

1 3 - 4 valor no claro

2 5 - 6 comunes

3 7 - 8 de alto valor indust.

4 9 -10 unicales

Se ve que es un yacimiento que pasa de ser común en mediana minería.

Sobre problemas relacionados a la estructura y génesis de este yacimiento se tratará en el capítulo VI.

Mina de Wolframio "Mina" (abandonada), ubicada al sudeste del caserío denominado Lampayani, ubicada en pleno granito, en las cabeceras de la quebrada denominada Mina, a 4250 msnm, La paragénesis de este yacimiento es qz-turm-asy-oxidos de hierro-wolframita Rb 34W/83NE, con vetas que llegan hasta los 8 m. de potencia, de ellas probablemente se extrajo wolfram de bolsones, una de las vetas posee una zona de oxidación de 0.5 m. de ancho a cada lado, y cerca de su nivel mas bajo (4220 m) se ve cuarzo cristalizado en el contacto con la roca de caja (zalbandas) y desarrollo de cuarzo brechiforme al centro de la veta. Son visible pirita y arsenopiritas diseminadas, en contacto aparecen arsenopirita masiva con pirita, calcopirita, turmalina, chispas de oro y no se observó wolframita o casiterita. Las muestras de sedimentos fluviales realizadas en el drenaje indican sólo valores de base y los concentrados de batea tampoco arrojaron ningún grano de wolframita, casiterita u oro. Estas vetas fueron encontradas sin valor económico.

Cateos de W al sur de Syhuani (abandonados), aquí se estudia-



FACULTAD DE INGENIERIA  
EN GUAYAQUIL

ron algunas vetas cateadas mediante socavones por la Empresa Minera Pabón, veta 1 (4100 msnm) N20W/40W ubicada en el exocontacto del batolito, tienen pequeñas potencias (10 cms) la veta se adelgaza de 20 a 5 cms. con halo de alteración hidrotermal en la roca de caja constituido por silificación - turmalinización. La paragénesis está constituida por cuarzo, turmalina, pirita, arsenopirita, calcopirita, wolframita. (Mineralización comprimida) acompaña a la anterior una veta de rumbo EW/70N con pirita arsenopirita y trazas de calcopirita.

Veta 2 (4120 msnm) 200 metros al E de la anterior con rumbo y buzamiento N30W/80E tiene un pequeño espesor de 10 cm. pero seguible por mas de 100 m. halo de alteración hidrotermal de 2 metros de ancho a ambos lados de la veta, paragénesis arsenopirita, pirita y wolframita (la cual fue encontrada en los materiales de colas o desmontes), ha sido minada en algunas secciones.

Veta 3 N40W/Vert de 15 cm. de espesor posee cuarzo masivo - con turmalina arsenopirita, pirita, calcopirita y wolframita.

Algunas otras vetas con la misma paragénesis fueron encontradas en el área al SE de Sayhuani la mayoría de las cuales habían sido anteriormente minadas.

---

Del examen general se desprende que en todas estas zonas donde se han conducido cateos de pruebas, las menas aparentemente ricas fueron minadas y beneficiadas por métodos rudimentarios, y con su empobrecimiento las actividades fueron suspendidas.

Mina de Plomo Plata Tambillo o las Nieves Eternas (abandonada), su campamento está ubicado a 4500 msnm, se la tratará en el capítulo VI, en conjunto con una serie de depósitos clasificados económicamente como marginales, pero que revisten interés por su potencial y por su génesis, estos son Mina de Plomo Plata Huata Huata (abandonada), Mina de Plomo Sacanacón (abandonada), Mina de Plomo Saya Saya (abandonada), Mina ckucho Molino de Antomonio (abandonada), Mina de Antimonio Ninocorin (activa).

## 6. GEOLOGIA HISTORICA

La deposición de las sedimentitas del área de estudio comenzó con sedimentos de grano muy fino (pelitas) con abundante pirita y mica, que denotan un ambiente euxínico (poco aireado, con déficit de oxígeno). Ritmicamente van alternando con sedimentos psamíticos con poco o ningún contenido faunístico, con lo que se tiene para el principio del registro en el área de estudio un ambiente marino de

---

facies neríticas, acompañado de movimientos eutásicos de la cuenca de sedimentación.

En el Devónico inferior se tiene que un brazo de mar profundo se extendió del Perú a Bolivia hasta los 17° Sur. Durante el Devónico medio hubo un retroceso del mar en todo el país, teniéndose al Norte la evidencia del ambiente nerítico por la alternancia de sedimentos finos y gruesos.

El gran espesor de la serie Devónica ha sido explicado asumiendo que el hundimiento de la cuenca ha sido paulatino con deposición pues de otra forma no se explica la gran presencia de sedimentos de poca profundidad.

Este hundimiento paulatino debe haber cambiado debido a movimientos epirogénicos que causaron movimientos verticales de edad post Devónica Inferior lo cual nos da una evidencia la predominancia de sedimentos psamíticos (cuarcitas).

Los sedimentos del Carbonífero fueron depositados aparentemente en un ambiente continental y subacu, y al no observarse en los Andes bolivianos el Devónico Superior la primera fase de la orogenia Hercínica se ubica entre el tope del Devónico Medio y el Carbonífero.

---

Esta primera fase que llamaremos Eohercínica, que ha sido comprobada en el centro del Perú y en la Región del Lago Titicaca en Perú, se observa en Bolivia como una leve discordancia de carácter regional, con los estratos del Paleozoico superior descansando sobre las diferentes formaciones del Paleozoico inferior.

La deposición de sedimentos tipo continentales del Carbonífero fue interrumpida en el Pérmico Inferior por una transgresión local de un brazo de mar proveniente del NW, dando lugar a la formación de poderosos bancos calcáreos fosilíferos intercalados con margas, lutitas y areniscas calcáreas del Grupo Copacabana.



Posteriormente se produce un importante movimiento orogénico de edad post-Pérmico inferior correspondiente a la orogenia Hercínica Tardia, que da el plegamiento y fallamiento iniciales. Después de estos acontecimientos el área queda emergida, siendo zona de carácter positivo, lo que hizo que no se depositaran sedimentos Pérmicos Superiores, Triásicos, Jurásicos o Cretácicos, o si lo hicieron fueron gastados por una fuerte erosión.

**BIBLIOTECA**

En el Triásico con el emplazamiento del Batolito de Huato se da inicio a una intensa actividad magmática que continúa hasta el Eoceno y el Oligoceno, con movimientos diastrófi-



**FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

cos caracterizados por el plutonismo e intenso volcanismo manifestado en la región de Amarete por numerosos diques de edad Cretácica Superior. En la orogenia Incaica (Oligoceno - Mioceno), los movimientos diastróficos tienen su punto culminante con máxima presión tangencial, formando fallas inversas y plegamientos acompañados de intensa actividad volcánica, que da lugar al emplazamiento de las lavas de Charazani.

Gran parte de la complejidad tectónica del área está dada por el solevantamiento de la Cordillera Real (Plio-Pleistoceno).

Durante el Pleistoceno se tiene evidencia de cuatro ciclos de glaciación en el vorland occidental de la cordillera Real, una de las cuales, la tercera (glaciación milluni) fue la que más dejó su cuño en morrenas y otras formas de glaciación.

De edad más reciente son los fenómenos de remoción de masas detríticas.

---

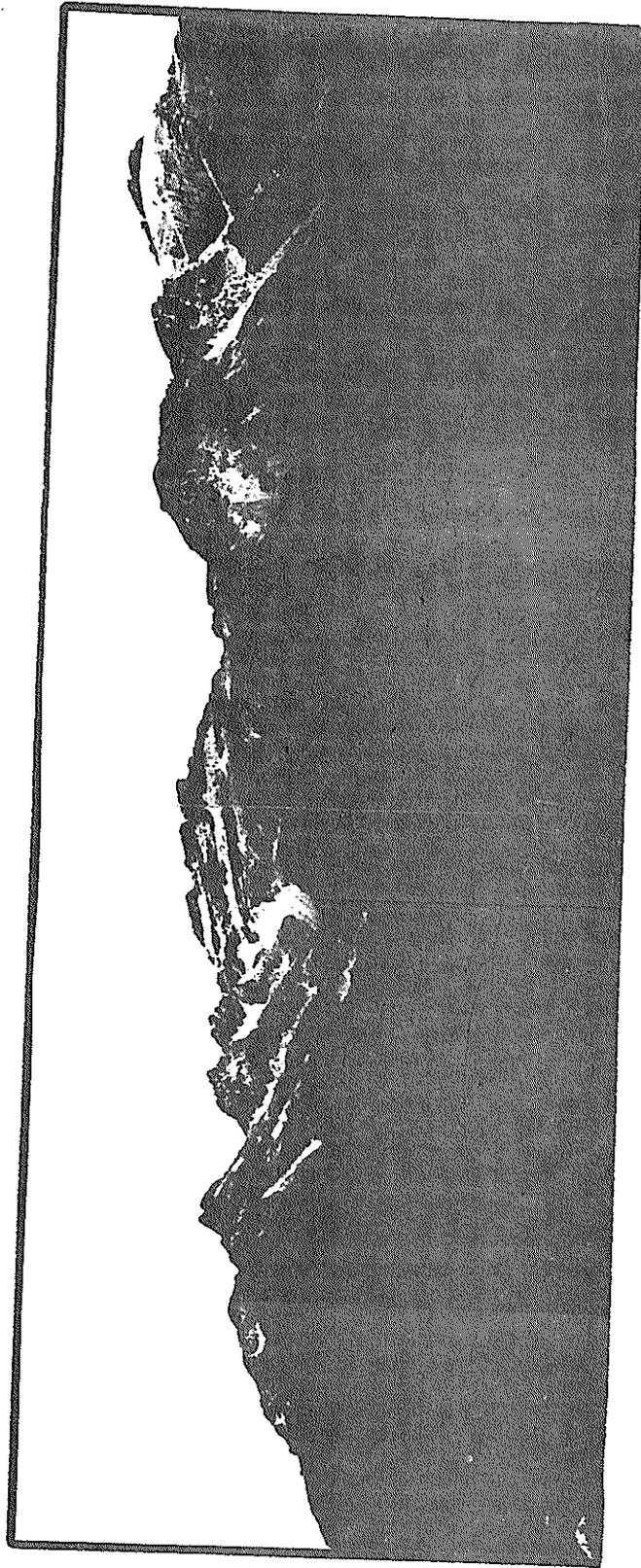


Foto No. 6 Vista Panorámica del Sector Callinzani al NE de la Mina Tambillo

## V. GEOLOGIA DE LA ZONA MINERALIZADA

### 1. ESTRATIGRAFIA

Devónico.- Serie pizarrosa con paquetes, bancos y capas de metareniscas; en el área de Charazani estas rocas tienen bloques e intercalaciones de rocas volcánicas porfídicas ácidas. Este mismo tipo de roca (pórfido cuarcífero) se observa en la carretera Charazani-Carijani, donde el contacto con la pizarra es bastante concordante y sin rastros de acción termal sobre la misma. La pizarra se halla bastante plegada (pliegues menores) e intesamente fracturada.

Estas últimas pizarras en espesores hasta de 1.5 m. Se nota un aumento de las capas pizarrosas hacia abajo, lo que indicaría que las metareniscas se encuentran en niveles estratigráficos superiores. En el sinclinal del lago Toltacocha, en el núcleo se tiene predominancia de metareniscas, (ver mapas anexos A-B) (Fot. N<sup>o</sup> 15), teniéndose que la serie se vuelve más pizarrosa hacia el norte, con niveles psamíticos ocasionales.

Carbonífero-Pérmico.- Al norte y al noreste de Amarete afloran metareniscas de bajo grado feldespático, color gris claro a oscuros con tonos verdosos, constituyendo un tipo de litología muy diferente a las psamitas del sistema Devó

---

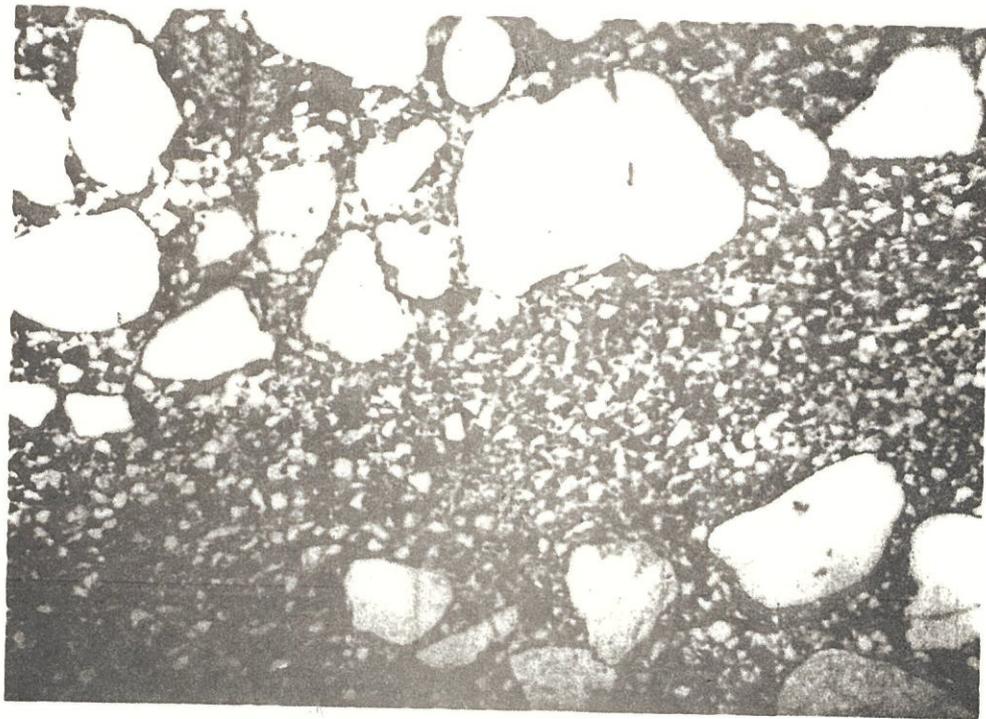


FOTO N° 7.- Muestra 47084 metarenisca, granos de cuarzo recristalizados en matriz cuarzo moscovita sericítica.

Nicoles //s      Obj. 2.5X

**BIBLIOTECA**



**FACULTAD DE INGENIERIA  
EN CIENCIAS DE MINERIA Y METALURGIA**

nico. En la base de esta serie las capas de pizarra parecen ser abundantes, observándose boudinaje en ciertas capas, la fotografía N° 7 ilustra gráficamente una muestra, vista al microscopio, de textura blastosefítica con granos de cuarzo en una matriz cuarzo sericítica, en la matriz se tiene un 20% de moscovita.

## 2. ROCAS IGNEAS

En el área de estudio podemos diferenciar dos tipos de pequeñas intrusiones, las cuales por evidencia de campo corren con poco metamorfismo térmico a los metasedimentos de bajo grado Devónicos, teniéndose que en el área del norte en Charazani y sus alrededores dichos cuerpos son mayores en tamaños y clasificados en general como pórfidos de cuarzo, interesantes son porque mineralización de antimonio parece ligada a estos cuerpos.

En la zona al sur en los alrededores de Amarete los principales cuerpos estudiados fueron diques de composición riodacítica, en la mina Suka se tiene uno de estos diques estrechamente vinculado con las estructuras mineralizadas de Sn y en el se evidencia una elevada silicificación fruto de alteración hidrotermal. Este dique en la zona Callinchusco es posterior al cuarzo de veta y a su vez ha sido instruído por qz con abundante siderita.

---

Esta etapa de cuarzo de intrusión engloba xenolitos del dique. Los diques tienen una potencia que no sobrepasa los dos metros y un rumbo en general de NNE a NE.

Microscópicamente lucen estos diques con estructura porfídica con granos faneríticos alotriomorfos de cuarzo de tamaño grueso, y matriz afanítica, fenocristales de feldespatos alterados a sericita. Microscópicamente la matriz está compuesta por individuos hipidiomórficos de micas (moscovita), y de sericita criptocristalina, se observa una textura poikilitica - entre pennina y sericita, teniéndose la sericita como alteración.

Mineralogía del dique 47083-1 que corresponde aproximadamente al resto de los del camino Amarete-Suka. Los fenocristales de cuarzo ocupan hasta un 30% en volumen de la muestra, feldespato 10% alterados a sericita, matriz compuesta de cuarzo, moscovita, feldespato alcalino, clorita, sericita y trazas de epidota.

BIBLIOTECA



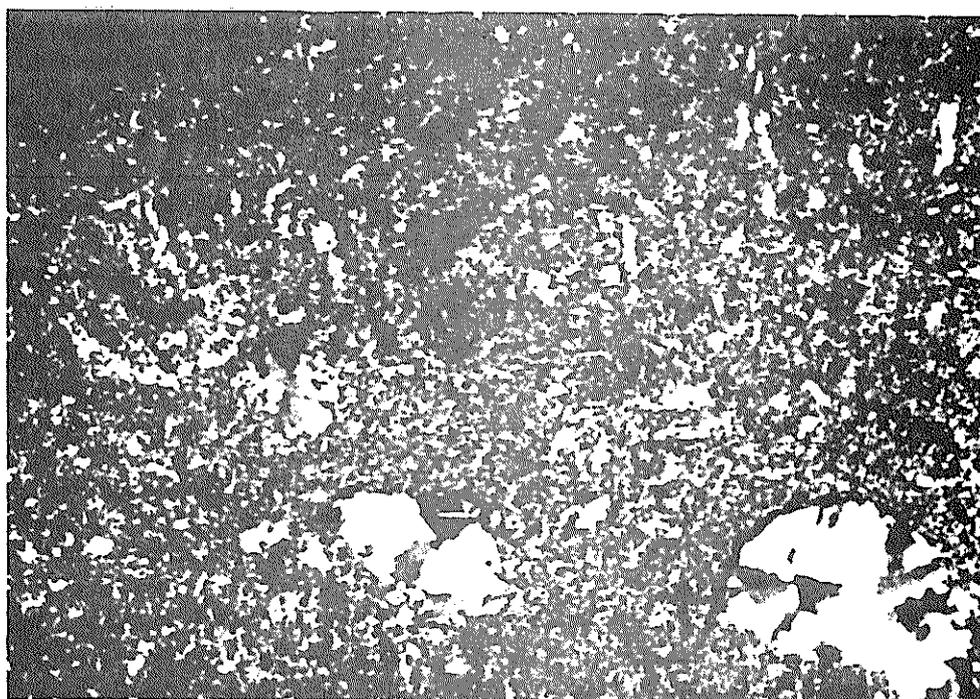
FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Cuadro de resumen de las muestras petrográficas tomadas en la zona de Charazani-Callinzani.

Rocas Igneas		Diques o pequeñas intrusiones		
Nº	Nº en el Mapa	Localidad lugar coordenadas	Anexo Mapa Nº	Descripción general de la muestra
1	47042	Río Charazani 0500 - 8324		Pórfido cuarcífero
2	47072	Inca 0504 - 8322		Pórfido cuarcífero
3	47153	Cerca Chullina 0505 - 8322		Pórfido granítico
4	47045	Mina Suka Veta Callinchus CO.		Dique afectado por alteración hidrotermal, silicificación y sericitización.
5	47083-1	Camino de		Pórfido granítico con clórita.
6	47083-2	Bajada de Amarete a la Mina		Diques (riodacíticos)
7	47084-3	Suka		
8	47083-4	(ver mapas AB)		
9	47083-5			



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL



FOTOS N° 8 -9.- Microfotografía muestra 47072. Inca, Pórfido Cuar\_  
cífero, nótese la presencia de minerales opacos.  
Foto N° 8. Nícoles //s. Foto N° 9, Nícoles Xs  
ambas 2,5X.

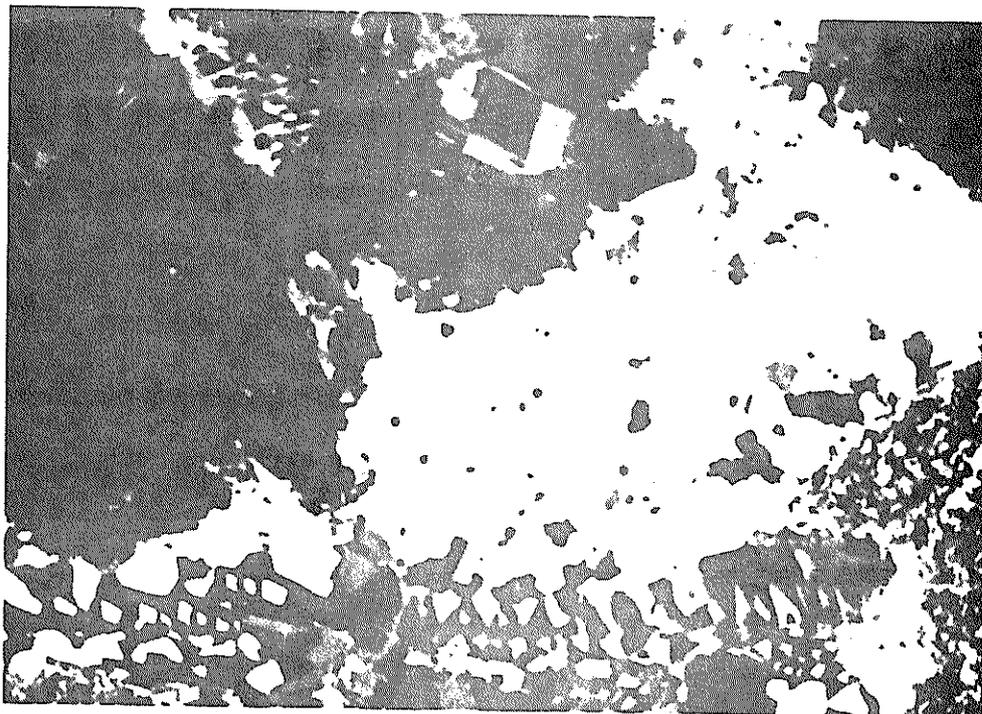


FOTO N° 10.- Microfotografía muestra N° 47042. Pórfido cuarcífero de Charazani, textura micrográfica, se observan opacos de hierro. Micoles Xs 2,5X.

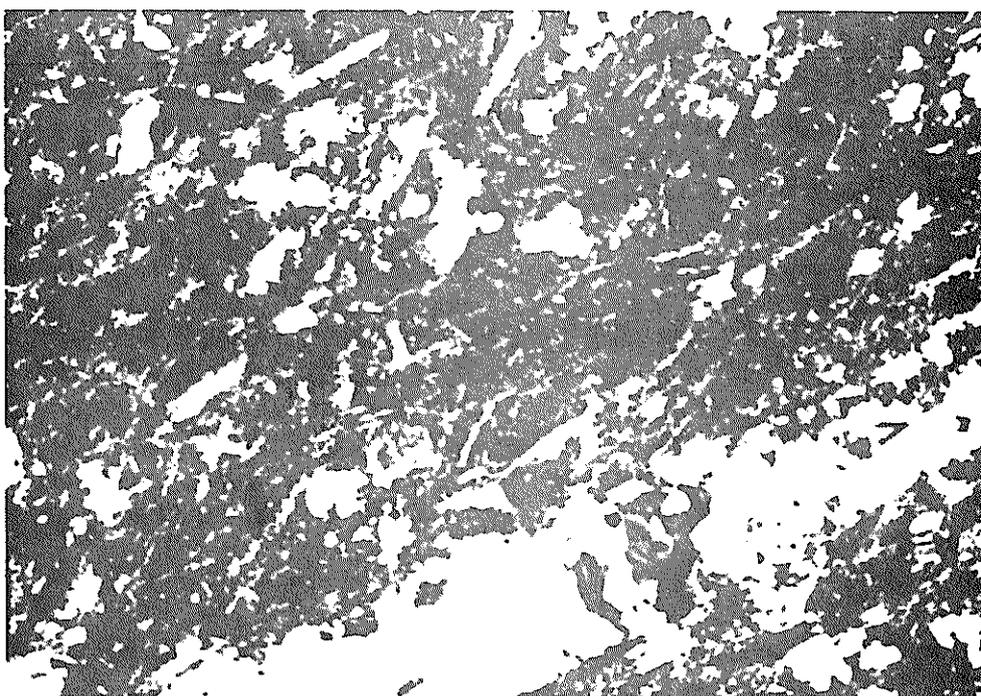


FOTO N° 11.- Microfotografía muestra 47045. Dique en la veta Callinchusca, silicificado.

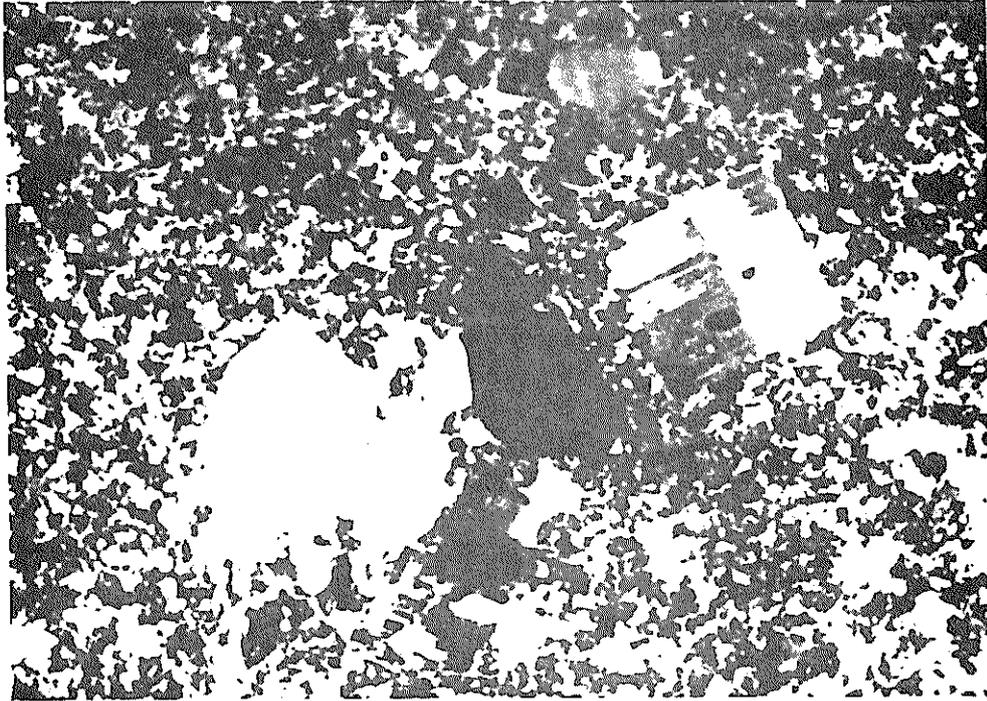


FOTO N<sup>o</sup> 12.- Microfotografía Muestra 47153. Pórfido granítico cerca de la localidad de Chullina.

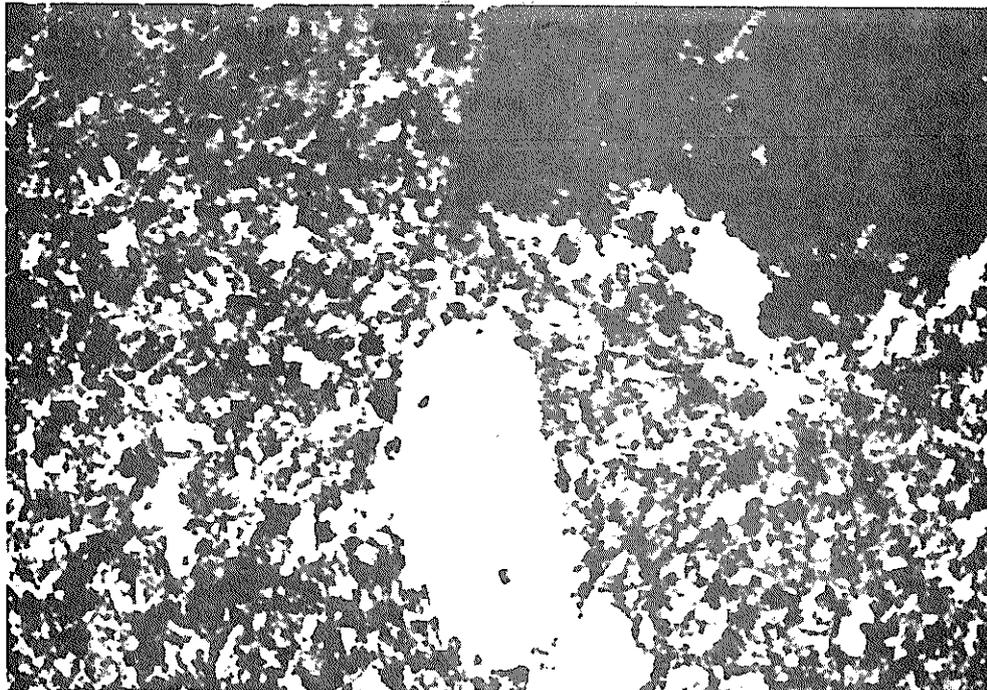


FOTO N<sup>o</sup> 13.- Microfotografía Muestra 47083. Muestra de uno de los diques de la zona de Amarete, equivale a un pórfido granítico con clorita.  
(Ambas fotografías tomadas con Nicoles Cruzados y 2,5 aumentos).

### 3. ESTRUCTURA DE LA ZONA MINERALIZADA

Estratificación y esquistosidad coincidentes, propio del bajo grado de metamorfismo regional, la serie Devónica tiene un tren estructural NW-SE con los ejes de los pliegues que en ella ocurren aproximadamente en esa dirección.

El contacto entre el sistema Devónico y el Carbonífero ha sido asumido por algunos estudiosos como el Dr. Krist (comunicación personal) como una gran falla de sobrecojimiento, de la cual no se halló mayor evidencia en el presente estudio, asumiéndose una discordancia regional.

La serie Carbonífera-Pérmica forma un notorio Sinclinal con hundimiento hacia el NW, hundiéndose bajo las lavas de Charazani, a las cuales receptó.

Un Sinclinal dentro del Devónico se observa en la zona de la laguna Toltacota, en la zona de la mina Tambillo se pierde la evidencia de este pliegue debido a la presencia de una zona de fuerte fracturamiento que se asume como la evidencia de una falla que corre longitudinalmente con el río Tambillo y forma falla, sistema paralelo con la que unos pocos cientos de metros al sur corre a lo largo del río Callinzani (foto N°14) estas dos fallas son de tipo inverso o fallas de sobrecojimiento, el desplazamiento estratigráfico es imposible

---

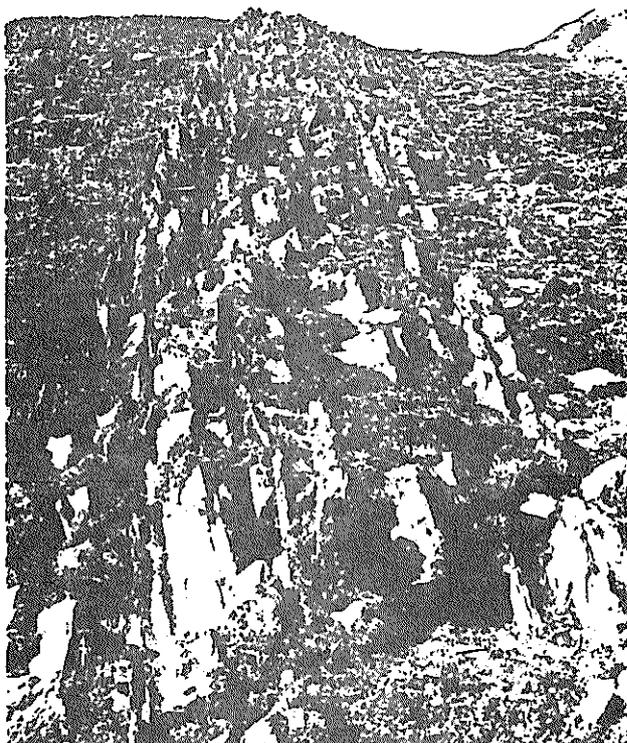


FOTO N° 14.- Cuarcitas intensamente fracturada con numerosas vetillas de cuarzo N30W/80W área Mina Tambillo.



FOTO N° 15.- Laguna Toltacota



BIBLIOTECA F.  
- 000

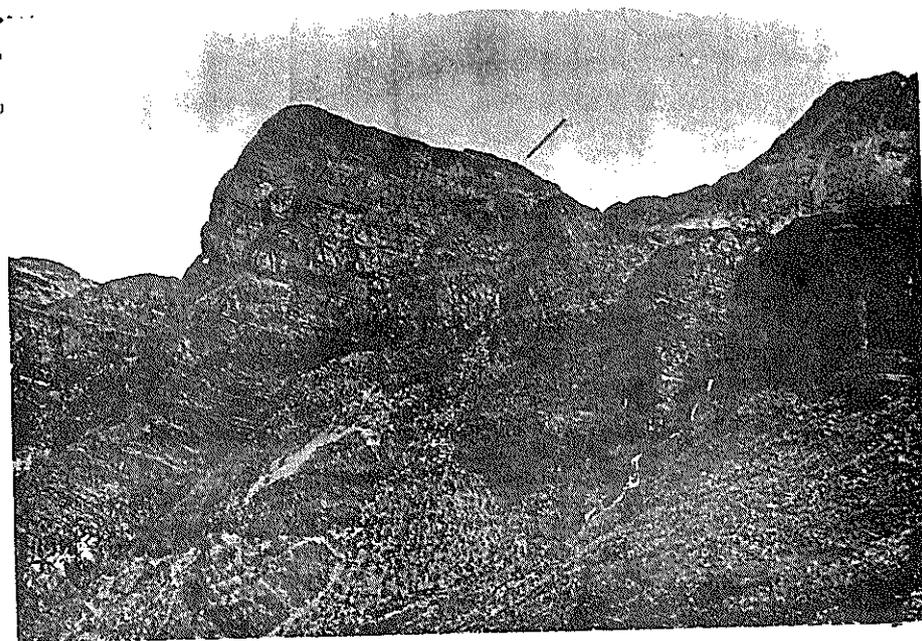


FOTO N° 16.- Unidad de alternancia de cuarcitas y pizarras.  
La falla tiene una veta de siderita.  
Ubicación: Margen N Lago Toltacota.

medir, debido a que dichas fallas no alteran el emplazamiento de algunos filones mineralizados, se las considera preliminarización y fruto de la compresión causada por la **BIBLIOTECA** estructura triásica del batolito.

En oposición a lo manifestado por anteriores autores que **BIBLIOTECA** ponen a lo largo del río Amarete un eje de falla tampoco se halló ninguna evidencia, tal como esquistosidad o fracturamiento, milonitización, etc. como signos de esta falla, las **FACULTAD DE ING. EN CIENCIAS DE LA TIERRA** estructuras mineralizadas de la mina Suka cruzan a través del río y podría establecerse que no han sido afectadas por una gran falla por lo que en el presente trabajo no se considera esta hipótesis de falla.

Numerosas pequeñas fallas afectan localmente el emplazamiento de los cuerpos mineralizados.

En la Fotografía N° 17 puede verse una de estas fallas con orientación  $N40^{\circ}W$ /vertical que ocurre con el camino Amarete Suka.

La extensión de las estructuras mineralizadas de Sacanacón a Inca (hasta los ríos Amarete y Charazani) se presenta en sectores de bajo grado de afloramientos, habiéndose detectado hacia el N sólo rodados y bloques hasta de 2 m. de diámetro, truncándose las estructuras inexplicablemente hacia



FOTO N° 17.- Zona de falla N40W/Vertical.  
Camino de Herradura. Amarete  
Inca.

el sur, pues no se constató ninguna falla significativa, aunque si la presencia de algunas estructuras pequeñas - transversales a las zonas (Foto 17).

Para el análisis estructural del área mapeada además se efectuó la graficación de 170 polos de fracturación en la red de Smith modificada, procediéndose después al tratamiento estadístico de aquellos valores; obteniéndose el contorneado revelado en la figura N° 2.

Como se puede verificar en dicho diagrama es factible apreciar la dirección e intensidad de los eventos tectónicos-estructurales que controlaron la fracturación del área.

La densidad máxima del contorneado (fracturas) está ubicada en la dirección NW-SE; la densidad menor está orientada NE-SW.

Teniéndose implícita la dirección de los dos esfuerzos principales, cuyas direcciones son NE-SW para el esfuerzo principal mayor ( $\sigma_1$ ) y NW-SE para el esfuerzo principal menor ( $\sigma_3$ ).

El contorno central que se aprecia en el diagrama implica la presencia de un área de fracturas en el área de -

---

tensiones. Efectivamente al efectuarse el trabajo de campo se pudo constatar planos de fracturación con inclinaciones cercanas a los  $45^\circ$ , que corresponden justamente a los planos de ruptura de un material sometido a la compresión.

Litológicamente la zona de fracturas está constituida principalmente por pizarras con intercalaciones cuarcíticas cuyo comportamiento al esfuerzo ha sido mas bien elástico.

Tal como aquí se propone demostrar las fallas y fracturas han jugado un papel importante en el emplazamiento de las estructuras mineralizadas, pudiéndose constatar en el gráfico anexo como figura N° 3 la gran concordancia entre los datos estadísticos de las fracturas y en los de las vetas.

Se asumió dirección predominante N-S con buzamientos elevados. Con esta concordancia entre direcciones de fracturación en comparación con las direcciones predominantes de las vetas, se puede, en conjunto con otros datos de campo, apoyar el origen hidrotermal de relleno de cavidades de las principales mineralizaciones.

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

## DIRECCIONES DE FRACTURAMIENTO

DIRECCION	Nº DE ELEMENTOS	PORCENTAJE DEL TOTAL
N O	17	14.53
N 5E	2	1.71
N 10E	4	3.42
N 15E	2	1.71
N 20E	5	4.27
N 25E	6	5.13
N 30E	5	4.27
N 35E	4	3.42
N 40E	12	10.26
N 45E	1	0.85
N 50E	4	3.42
N 55E	2	1.71
N 60E	9	7.69
N 65E	1	0.85
N 70E	3	2.56
N 75E	2	3.42
N 80E		
N 85E	2	3.42
E W	1	0.85
N 5 W	1	0.85
N 10W	1	0.85
N 15W	1	0.85
N 20W	3	2.56
N 25W		
N 30W	3	2.56
N 35W	1	0.85
N 40W	3	2.56
N 45W	4	2.42
N 50W	3	2.56
N 55W	1	0.85
N 60W	2	1.71
N 65W	2	1.71
N 70W	3	2.56
N 75W	2	1.71
N 80W	4	3.42
N 85W		



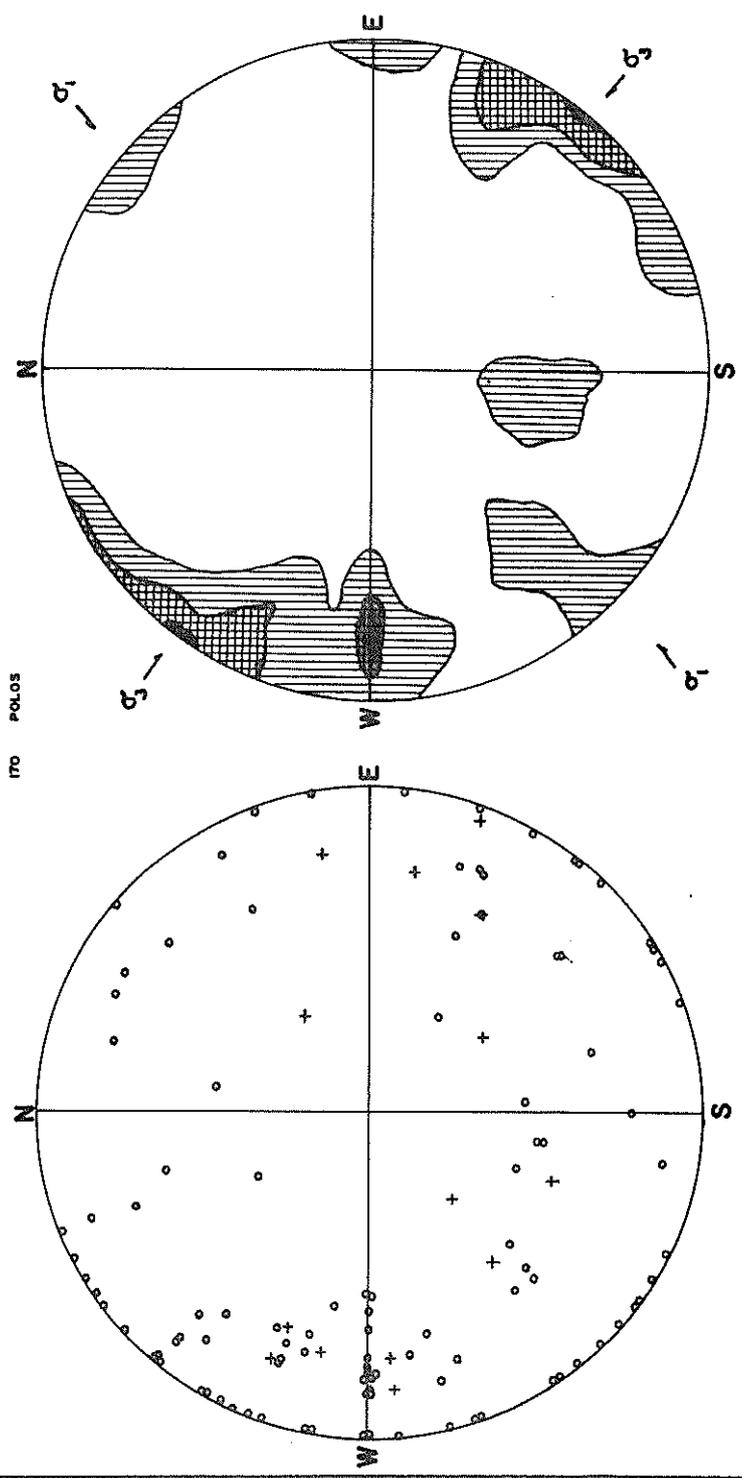
BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## ESTRUCTURAS MINERALIZADAS

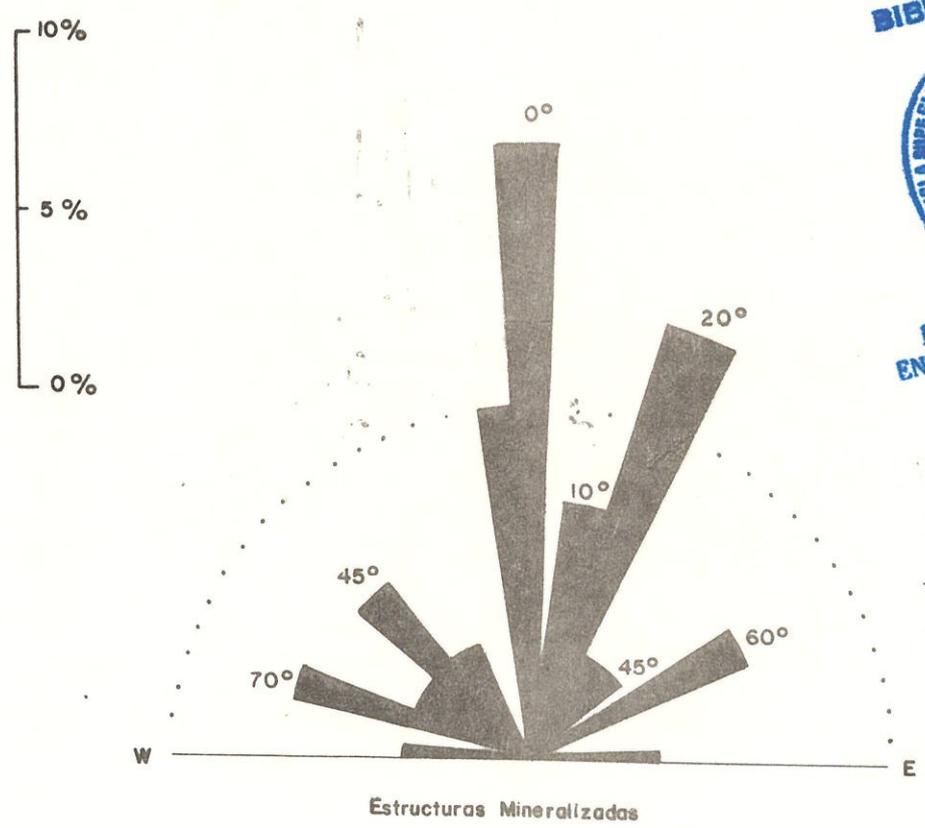
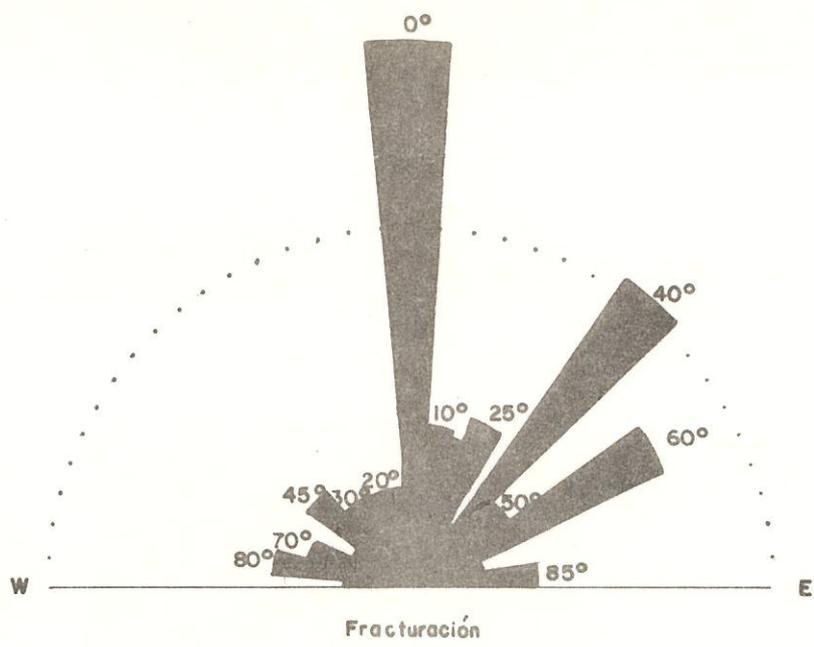
DIRECCION	Nº DE ELEMENTOS	PORCENTAJE DEL TOTAL
N S	6	18.75
N 5 E		
N 10E	2	6.25
N 15E		
N 20E	4	12.50
N 25E		
N 30E	1	3.13
N 35E	1	3.13
N 40E	3	9.38
N 45E	1	3.15
N 50E		
N 55E		
N 60E	2	6.25
N 65E		
E W	1	3.13
N 5W	3	9.38
N 10W	1	3.13
N 15W		
N 20W		
N 25E		
N 30W		
N 35W		
N 40W	1	3.13
N 45W	2	6.25
N 50W	1	3.13
N 55W		
N 60W	1	3.13
N 65W		
N 70W	2	6.25

TESES DE GRADO POR GALO MONTENEGRO S.	
DIAGRAMA DE ESTRUCTURAS MINERALIZADAS	
FIGURA N°	2

RED DE SMITH  
170 POLOS



- REFERENCIAS
- Fracturas ○
  - Vetas +
  - > 1.75% - < 4.09% [diagonal lines]
  - > 4.09% - < 8.77% [cross-hatch]
  - > 8.77% [solid black]



BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS DE GRADO POR GALO MONTENEGRO	
ROSETAS DE ESTRUCTURAS MINERALIZADAS	
FIGURA	Nº
	3

#### 4. METAMORFISMO DE CONTACTO

En los alrededores del batolito de Huato se tiene una aureola de metamorfismo de contacto, la que se extiende en una amplitud no mayor a los 1500 m.

Las rocas de esta aureola pueden clasificarse como cuarzo - moscovita - clorita - albita - esquistos, de metamorfismo de contacto u hornfels pelíticos de la facies albita-epídota - (cuarzo moscovita), lo que indica un metamorfismo de baja temperatura.

Las rocas originarias fueron ricas en hierro lo que se revela por la presencia de hasta un 15% de clorita. Estas rocas de contacto muestran como alteración hidrotermal sericitización.

La fotografía N<sup>o</sup> 18 nos ilustra con respecto a dichas rocas metamórficas de contacto.

Los pequeños cuerpos que conforman los pórfidos y diques en la zona NW no evidencian rastros de mayor reacción termal sobre sus rocas de caja teniendo como denominador común silicificación.

Se supone que la acción de metamorfismo de contacto sobre las



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

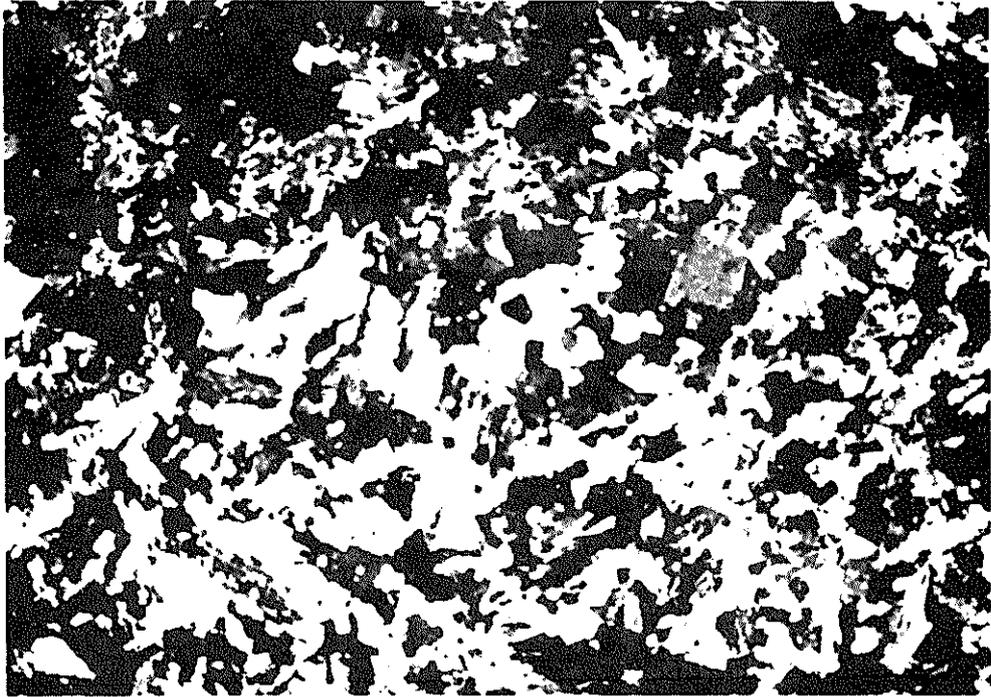


FOTO N° 18.- Microfotografía muestra 47002, roca de contacto alrededor del batolito de Huato, obsérvese el ensamblaje de cuarzo-albita, moscovita, perteneciente a la facies albita-epídota (cuarzo-moscovita) de metamorfismo de contacto u hornfels pelítico.

Nicol Xs 2,5X

rocas de caja de los diques de Amarete, camino a la mina Su  
ka, es muy restringida, aunque al estar dichas rocas de ca-  
 ja constituídas por lutitas, muy disturbadas e intemperiza-  
 das, no permiten un estudio petrográfico de dicha acción.

##### 5. MORFOLOGIA DE LOS CUERPOS MINERALIZADOS

En el mapa B, a escala 1:20.000 se escriben los nombres de las diferentes zonas, los datos estructurales, espesor de la zona, los principales minerales presentes en la paragéne<sub>s</sub>is, y también se indican con diversos símbolos las labores mineras conducidas, y las alturas tomadas con altímetro de mano, debido a la falta de mapas topográficos.

La morfología de los cuerpos mineralizados evidencia acción hidrotermal de relleno de cavidades y espacios abiertos, te<sub>n</sub>niéndose en general en el área del presente estudio dos tipos de estructuras; las unas de tipo filones hidrotermales o vetas, y otras como brechas mineralizadas; todos estos cuer<sub>p</sub>os pueden ser considerados en general como de una forma tabular, aunque algunas bolsonadas ocurren especialmente en depósitos de antimonio.

En las vetas de brecha los materiales de la mena llena. Los espacios alrededor de los fragmentos de la roca de caja.

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
 EN CIENCIAS DE LA TIERRA



BIBLIOTECA FICT  
 ESPOL

En la principal zona estañífera, mina Suka, se tiene que en la veta Callinchusco la principal mineralización de estaño va acompañada de cuarzo, el cual forma salbandas y una serie de finas vetillas que cortan la mineralización, la veta Lipiana se caracteriza por ser delgada, poco mineralizada y ser brechiforme. En la continuación austral de la Mina Suka, en el sector vetífero San Miguel, se encuentran numerosas vetas subparalelas orientadas submeridionalmente, las cuales están constituídas por filones de cuarzo con rocas brechadas, y a veces filones de siderita, el espesor de las vetas varía entre 0.3 m. a 1,5 m. y se pueden seguir con un descuelgue aproximado de 100 m.

En la mina de Pb Ag Tambillo hay algunas zonas de rocas brechadas y filones de cuarzo y siderita orientados casi N-S, observándose vetas cruceras con orientación N-E, en estas zonas se presenta la mineralización de galena en forma masiva, así como en finas vetillas, ojillos, agregados irregulares y granos esporádicos.

Hacia la zona de Sacanacón donde la mineralización está ligada a un pórfido de cuarzo, ocurren expansiones de cuarzo hasta de 10 m. de espesor, el cual es portador de una mineralización brechiforme de antimonio.

En la zona de Niñocorín se tiene que algunos cateos han co-

---

menzado en material coluvial, tal es el caso del Socavón Virgen del Carmen de donde se explotan bloques mineralizados - del coluvio, los cuales son de un metro de diámetro, que para sacarlos son reducidos a diámetros entre 10 y 20 cm. (sólo de este socavón se han sacado más de 200 ts de concentrado).

En Kucho Molino la veta está constituida por una falla mineralizada rumbo  $N80^{\circ}E/50^{\circ}NW$  con una potencia entre 2 y 2,5 metros y la caja constituida por lutitas y pizarras grises oscuras.

En la zona de la mina de plomo-plata Ochilla (actualmente abandonada). Se tienen angostas zonas de brechamiento con vetas de cuarzo lechoso orientadas según  $NE/65^{\circ}NW$  emplazada en pizarras silicificadas con horizontes cuarcíticos, en los actuales momentos no se observa mineralización de Ag en las zonas, pues éstas han sido agotadas, reconstruyéndose la paragénesis por fragmentos hallados cerca de las zonas y restos del mineral en el molino abandonado.

## 6. COMPOSICION MINERALOGICA DE LAS VETAS

Habiéndose expuesto anteriormente características morfológicas estructurales de las zonas mineralizadas, aquí se expone el estudio de su mineralogía.

**BIBLIOTECA**



**FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

El análisis cuantitativo de elementos se expone como reporte de laboratorio N° 1 en el apéndice 2; y de parte de los minerales opacos estudiados en el microscopio metalográfico se expone sus características en el Apéndice 3.

Los datos pueden ser ubicados geográficamente en el Mapa B.

Estaño.- El estaño se presenta en dos minerales, casiterita (óxido de estaño) y estanina (pirita de estaño).

Ocurre como casiterita específicamente en la mina Suka, donde se obtienen leyes entre máximos de 2 a 3% de estaño, bajando dichas leyes con la profundidad, hasta justo antes de fallar presentar 0,3 - 0,5% de Sn.

La mineralización es de casiterita con pirita y cuarzo, la casiterita es microcristalina color café claro, ocurre con gran variación de tamaños (muestra 47044-2 foto 19) sin que se pueda inferir dos o más pulsos o fases mineralizantes pues los granos gradúan en forma homogénea.

La casiterita es intersticial en los agujeros de los agregados de cuarzo, la pirita ocurre como vetillas y junto con la calcopirita rellena fracturas de tensión y espacios paralelos. Anormales en esta mina son la presencia de arsenopirita en la veta Arturo y siderita en la veta Callinchusco.

---

Un dato no comprobado por mí (Dr. Jean Mc' Name, en comunicación personal) es la presencia de galena ocurriendo como mineral anormal a la paragénesis de esta zona, quizás ya en una zona que podría ser una transición hacia estructuras situadas al N.

La estanina está presente en las vetas del sector vetífero San Miguel (muestra 47091-1 con 0.9% de Sn) donde ocurre como cristales, y exsoluciones de estanina en calcopirita; y en las vetas de la punta del camino Charazani-Apolo (Km 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub>) donde ocurre como estanina junto con calcopirita marcasita y pirrotina en esfalerita (muestra 47011, 0.2% de Sn fotografía N<sup>o</sup> 20).

Wolframio presente bajo la forma de ferberita, la wolframita, constituye una serie isomorfa de wolframato de Fe (ferberita) y de manganeso (hubnerita) en una de las vetas de la mina Tambillo o las Nieves, (donde sólo constituye una rareza).

Ocurre en cristales entre 1 y 3 mm. de ferberita color gris oscuro azulado y ocupando intersticios dentro del cuarzo que rellena una brecha de falla con fragmentos pequeños de pizarras en el orden del centímetro, aquí se halla en asociación con pirita.



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

La muestra de bateados 46065 colectada en el primer afluente del río Charazani en la margen derecha, en terrenos del batolito de Huato tiene trazas de scheelita blanca transparente que puede provenir de pegmatitas; aplitas, o de remanentes de rocas metamórficas, la scheelita presente en esa muestra es poco rodada y poco transportada, no se halló hasta el momento la fuente de esa ocurrencia.

Plomo, la ocurrencia de plomo está ampliamente distribuída, se tiene incluso en la mina de estaño Suka la ocurrencia de dicho metal como mineral galena.

En la mina Tambillo constituye una deposición de sulfuros asociados con la siderita de naturaleza hipogénica. Ahí ocurre como ojos y vetillas dentro de siderita con cantidades menores de esfalerita, pirita y calcopirita.

En escani se tiene siderita y cuarzo como mayoritarios siendo el mineral económico más importante jamesonita, con estannina, pirita y calcopirita, esfalerita, malaquita, escorodita, en un descuelgue de 100 m.

La zona 10 de Noviembre a más o menos 5 kilómetros al norte del Campamento tiene vetas angostas con cuarzo y óxidos de hierro. Interesante es la asociación de la galena con la pirita. La pirita es un mineral común en estas zonas, muy es-

---

porádicamente se observó arsenopirita.

En la zona de la mina Ochilla se observó angostas zonas de brechamiento con vetas de cuarzo lechoso emplazadas en pizarras silicificadas, algunos fragmentos hallados cerca de las zonas y muestras de mineral en el molino abandonado contienen, cuarzo, pirita, galena, baritina, esfalerita. (Foto N° 25).

Antimonio. Antimonita y Jamesonita son los principales minerales portadores de antimonio, aunque únicamente la antimonita es mena de antimonio.

Las vetas de antimonita son en su mayoría monominerálicas y de deposición contemporánea al cuarzo o posterior.

La zona de cateos frente a Chipoico contiene pirita-marcasita - antimonita - trazas de calcopirita, esfalerita y cuarzo. Con siderita o ankerita; se observa al microscopio la pirita con inclusiones de esfalerita. En general antimonita hipidiomórfica, posterior al cuarzo y rellenando fracturas.

La Jamesonita de composición (4 Pbs, FeS, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) Sulfosal de plomo y antimonio se presentó en asociación frecuente con galena esfalerita.

---



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Una asociación irregular es la galena-antimonita, pues en combinaciones del azufre con no metales no pueden existir combinaciones independientes con metales, ya que se forman combinaciones intermedidas, que son las sulfosales complejas, y así el sulfuro de plomo no puede coexistir en presencia del sulfuro de antimonio y forma la sulfosal de plomo y antimonio.

De acuerdo a la composición mineralógica de las vetas, se obtuvo el cuadro (que se expone en la pág.90) de la zonación de los depósitos de la zona Charazani - Mina Suka - Callinzani, la cual evidencia una zonación lateral desde depósitos de estaño (Sn) - wolframio (W), hasta llegar a depósitos cuya composición es principalmente de antimonio (Sb) - cuarzo (qz).

La paragénesis de los depósitos de la zona Charazani - Callinzani, se determinó en muestras de mano y con observación macroscópica de las menas, así como el estudio microscópico de las texturas deposicionales.

De acuerdo a la definición de Paragénesis tomado de A. B. Edwards "Textures of ore minerals and their significance" - referencia bibliográfica N° 21, capítulo VI, se tiene que "para cada par de minerales es preciso determinar si se depositaron simultáneamente, si el período de formación de

uno se solapó en parte con el de otro, o si la deposición fue sucesiva. A veces estas relaciones de antigüedad pueden ser establecidas de forma indirecta a partir de las relaciones que hayan podido ser establecidas de una manera directa".

La paragénesis de los yacimientos estudiados es la siguiente:

Mina Suka:

- Cuarzo, turmalina, casiterita, arsenopirita, pirita
- pirita, calcopirita
- exsoluciones muy pequeñas de calcopirita en pirita y cuarzo.
- carbonato y hematita secundaria como impregnación en el - cuarzo.

Sector vetífero San Miguel:

- Cuarzo estannina calcopirita

Punta de Camino Charazani Apolo

- Pirrotina, esfalerita, estannina, marcasita.

Mina Tambillo

- Cuarzo - wolframita (ferberita) pirita.
-

- Cuarzo - Siderita - pirita - esfalerita - calcopirita - galena.

Mina Ochilla

- Cuarzo - pirita - galena - baritina - blenda

Cateos Frente a chipoico

- Cuarzo Pirita - marcasita - jamesonita - trazas de calco  
pirita - esfalerita.

- Pirita - esfalerita

Zona Antomonífera Niño Corín

- Cuarzo Antimonita

- Cervantita

El siguiente es el cuadro de la Paragénesis de la zona Cha  
razani - Callinzani:

---

CUADRO DE LA PARAGENESIS  
(Secuencia de formación)  
DE LA ZONA CHARAZANI-MINA SUKA - CALLINZANI

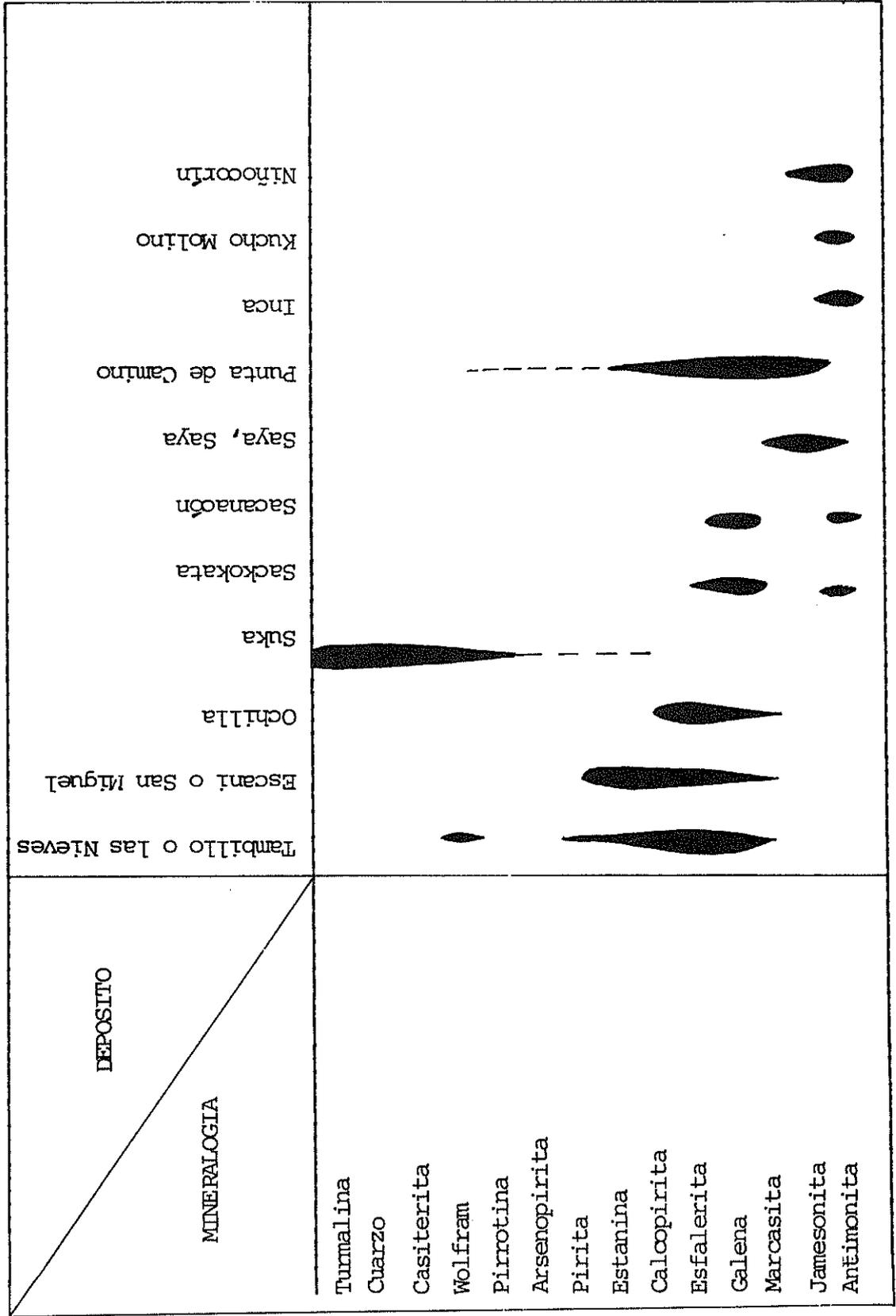
	Etapa de minerales tempranos	Etapa de sulfuros de metales base	Etapa de minerales tardíos
Turmalina			
Cuarzo			
Casiterita			
Wolfram			
Pirrotina			
Arsenopirita			
Pirita			
Estanina			
Calcopirita			
Esfalerita			
Galena			
Marcasita			
Jamesonita			

BIBLIOTECA



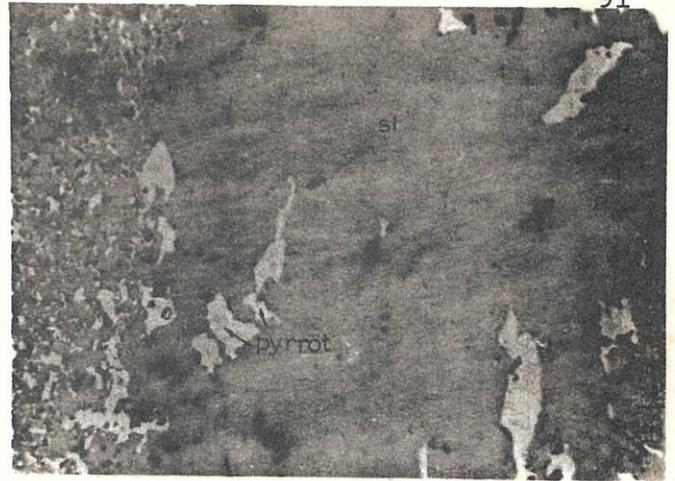
FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

CUADRO DE LA ZONACION DE LOS DEPOSITOS DE LA REGION CHARAZANI, MINA SUKA  
CALLINZANI

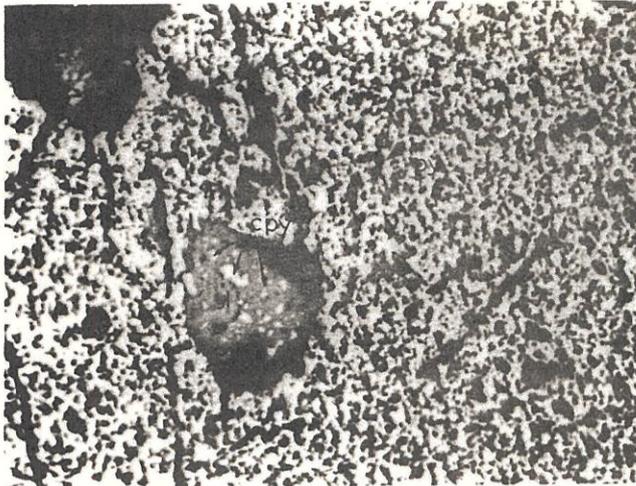




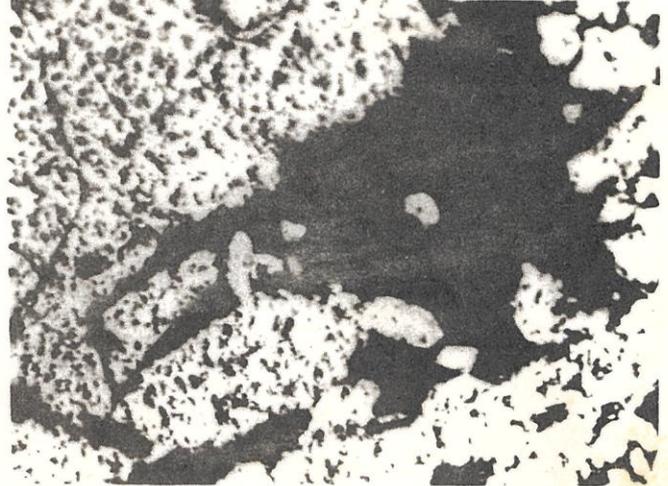
19



20



21



22



23



24

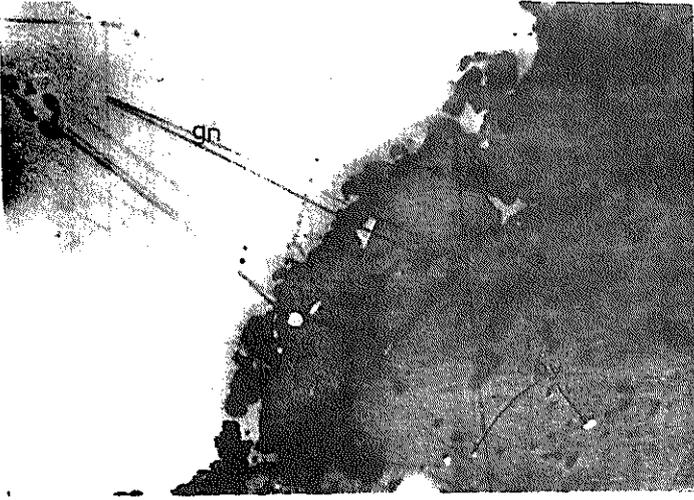
- Foto No 19 muestra No 47044-2 Mina Suka Veta Callinhusco, casiterita-pirita-cuarzo  
 Foto No 20 muestra No 47011 Veta de Pb-Zn en la punta de camino Charazani Camata  
 esfalerita de alta temperatura con exsoluciones de pirrotina  
 Foto No 21 muestra No 47091-1 Cateos frente a Putiputini, pirita y esfalerita con in-  
 clusiones de calcopirita  
 Foto No 22 muestra No 47091-2 igual localidad que la anterior, pirita-cuarzo y calcopirita  
 Foto No 23 muestra No 47052 Mineralización en el batolito de Huato, arsenopirita, calco-  
 pirita, cuarzo, mica, feldespato, la mica es biotita.  
 Foto No 24 muestra No 47069-1 Zona NW de Sacanacón, cuarzo-arsenopirita.

BIBLIOTECA

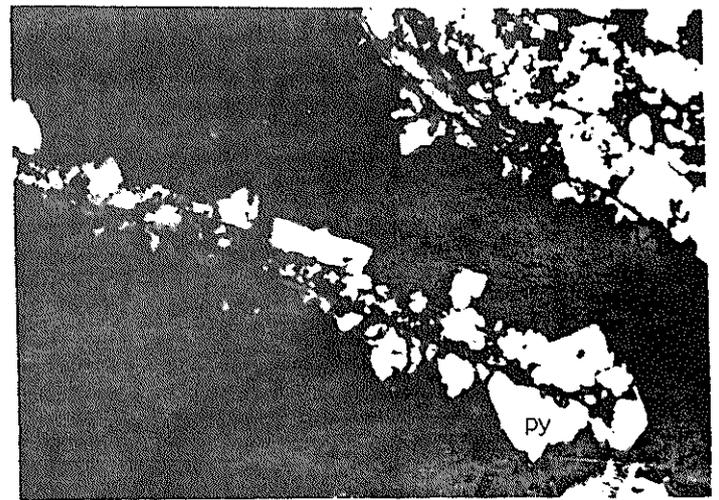


Todas las fotografías anteriores tomadas en el microscopio de reflexión con nicoles paralelos y objetivo 20X

EN CIENCIAS



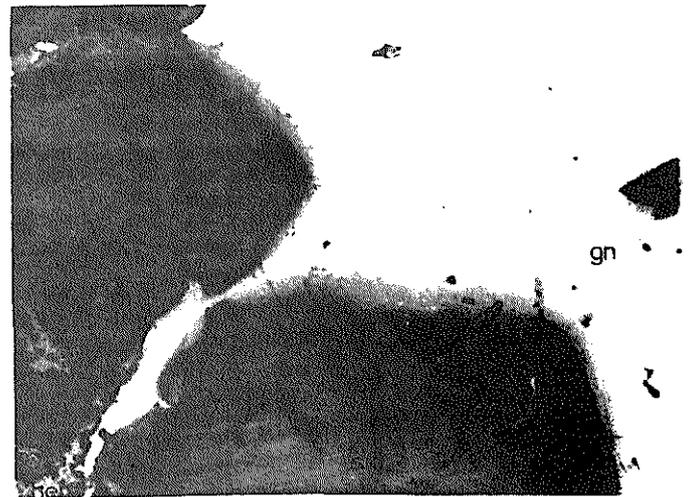
25



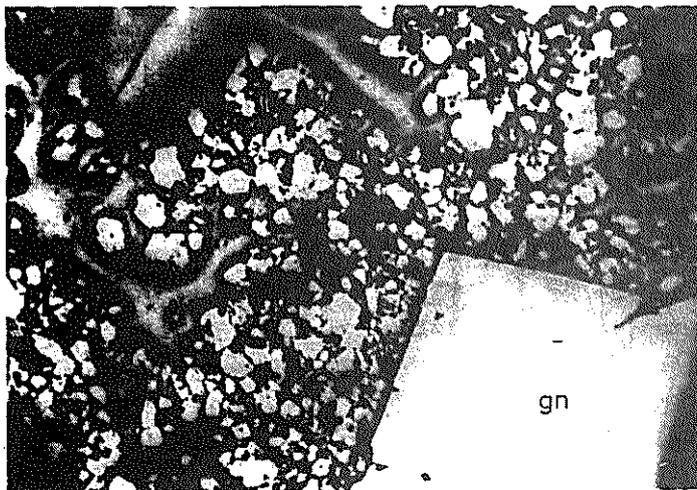
26



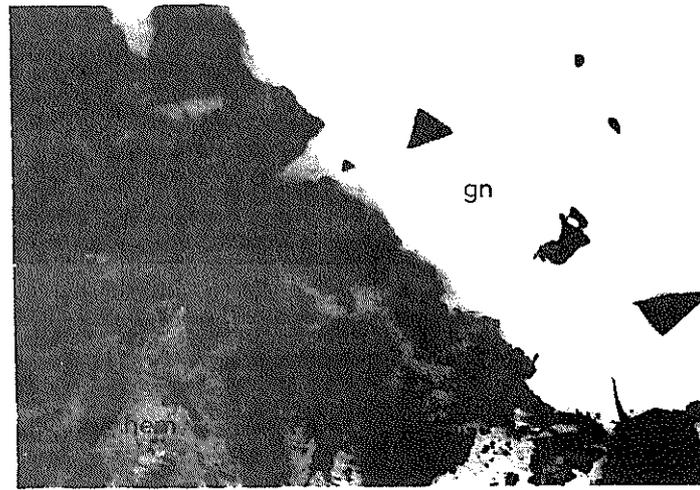
27



28



29

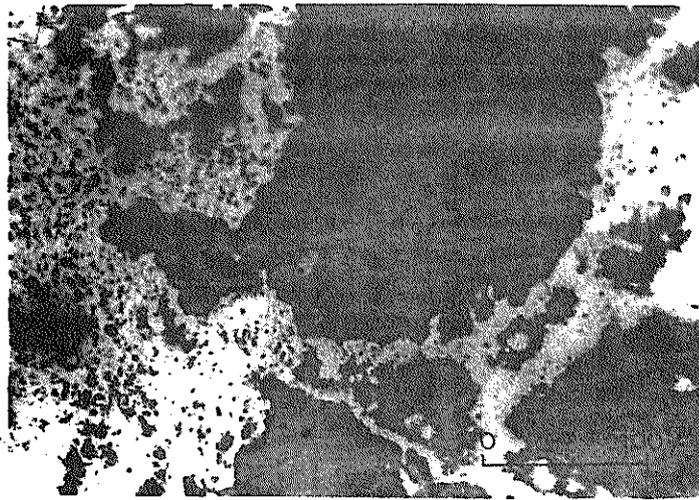


30

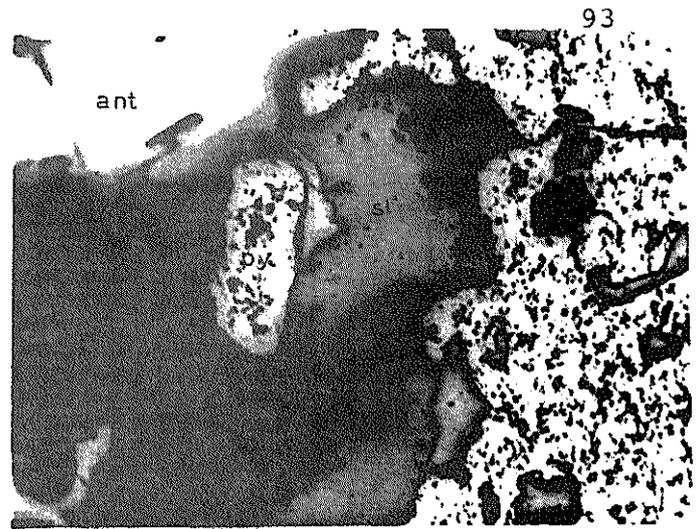
## SECCIONES PULIDAS

FOTO N° 25	muestra N° 47082	Mina Ochilla Galena-esfalerita con calcopirita
FOTO N° 26	muestra N° 47094	Mina Tambillo Cuarzo-Pirita-Siderita
FOTO N° 27	muestra N° 47076	Mina Tambillo Hematita en pirita y siderita
FOTO N° 28	muestra N° 47077	Mina Tambillo Galena-Hematita-Siderita
FOTO N° 29	muestra N° 47078	Mina Tambillo Pirita-arsenopirita-galena-cuarzo
FOTO N° 30	muestra N° 47071	Socavón occidental zona de Inca, Cuarzo-galena-hematita.

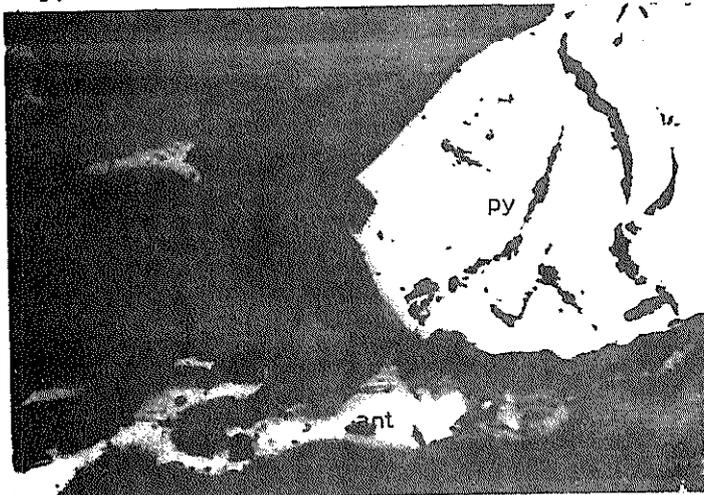
Todas las fotografías anteriores tomadas en el microscopio de reflexión con nicóles paralelos y objetivo 20 X.



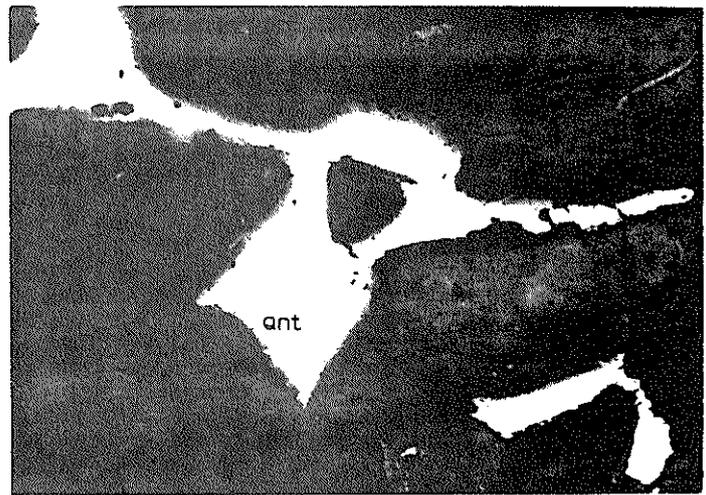
31



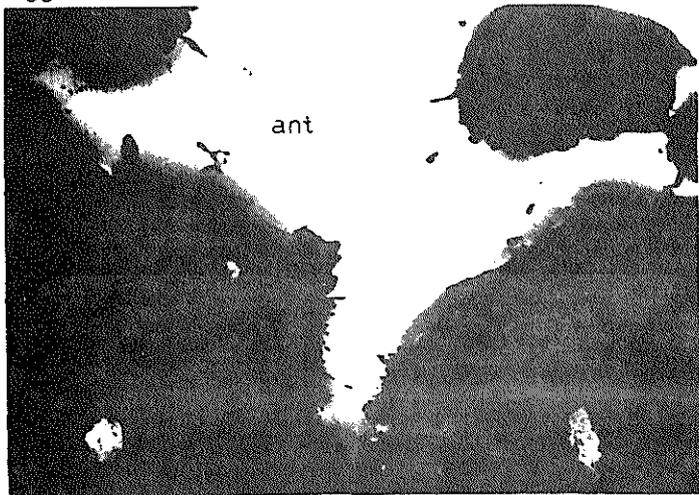
32



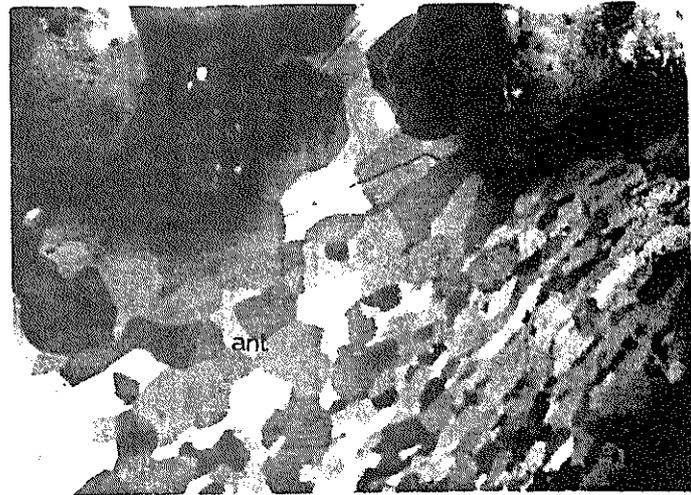
33



34



35



36

SECCIONES PULIDAS

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| Foto No 31 muestra No 47040 | Zona de Inca Cuarzo-hematita                                 |
| Foto No 32 muestra No 47036 | Cateos frente a Chipico, Cuarzo-Pirita-antimonita-esfalerita |
| Foto No 33 muestra No 47038 | Sacanacón, pirita-antimonita-cuarzo y mineral transparente   |
| Foto No 34 muestra No 47043 | cateos frente a Cucho Molino, cuarzo-antimonita              |
| Foto No 35 muestra No 47035 | Mina Niñocorín cuarzo- antimonita                            |
| Foto No 36 muestra No 47088 | Cucho Molino cuarzo, antimonita, carbonato.                  |

Todas las fotografías anteriores tomadas en el microscopio de reflexión con nicoles paralelos y objetivo 20X



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## 7. ZONA DE HIPERGENESIS

La acción de las glaciaciones ha producido un nivel de erosión que prácticamente eliminó o no permitió desarrollarse una fuerte capa superior o zona de hipergénesis, pudiéndose en la mayoría de los prospectos mineros contar con la afloración de cuerpos mineralizados muy poco intemperizados.

Siendo el caso de que la casiterita es un mineral muy estable que se deposita en condiciones ácidas y medias, pues el Sn forma ácidos isopólicos solubles, los cuales pueden coagular a soles solo si decrece el ph, dando SnO<sub>2</sub> en forma coloidal. La ocurrencia de la mayor riqueza en leyes de la mina Suka inmediatamente al abrir los socavones, la cual disminuye en profundidad, no puede ser explicada en función de enriquecimiento supergénicos, pues la observación microscópica no demuestra texturas colomórficas (estaño, madera). Un tipo de enriquecimiento que puede pensarse es el de tipo residual en la zona de oxidación, algo análogo a lo que puede suceder con el oro.

En la zona de frente a Cucho, Molino se observó covelina producto de la alteración de calcopirita, en la muestra N 47043 (Ver foto N° 34) se observa sustituyendo a antimonita; además la presencia de limonita y óxidos rojos de hierro es anotada en la mayoría de las zonas donde se relacionan con el

---

nivel freático. En las zonas antimoníferas se observó el mineral Cervantita u ocre de antimonio ( $Sb_2O_4$ ) de color amarillo, el cual es muy fino y mezclado con otros minerales de antimonio (minerales primarios como antimonita, jamesonita), como mineral de la zona de oxidación.

#### 8. ALTERACION HIDROTHERMAL

La alteración hidrotermal está distribuída comunmente en la vecindad de los yacimientos minerales, suministrando una guía valiosa en la exploración de nuevos cuerpos mineralizados. Es una característica de la alteración una mayor o menor zonación con la intensidad mayor generalmente cercana con el depósito mineral.

En el área Charazani-Callinzani se observan las siguientes alteraciones: Sericitización; Ampliamente distribuída y simple que no constituye una guía cercana a la mineralización pero es un punto a favor del distrito minero, que ayuda regionalmente en este caso a la prospección, se la asocia con la silicificación con la cual constituirá el principal ensamble de alteración hidrotermal para la región.

Cloritización; La clorita es un producto de alteración de los minerales ferromagnésicos, en el área de estudio parece ser

---

que la clorita se incrementa cerca de los cuerpos mineralizados, formando una guía de la mineralización, quizás de aplicación más local junto con la turmalinización, para las vetas de estaño.

**Carbonatización:** Calcita es un mineral común en alteración más compleja, los pórfidos de Charazani y Kucho Molino se los observa alterados con calcita pero no tienen relación con mineralización económica.

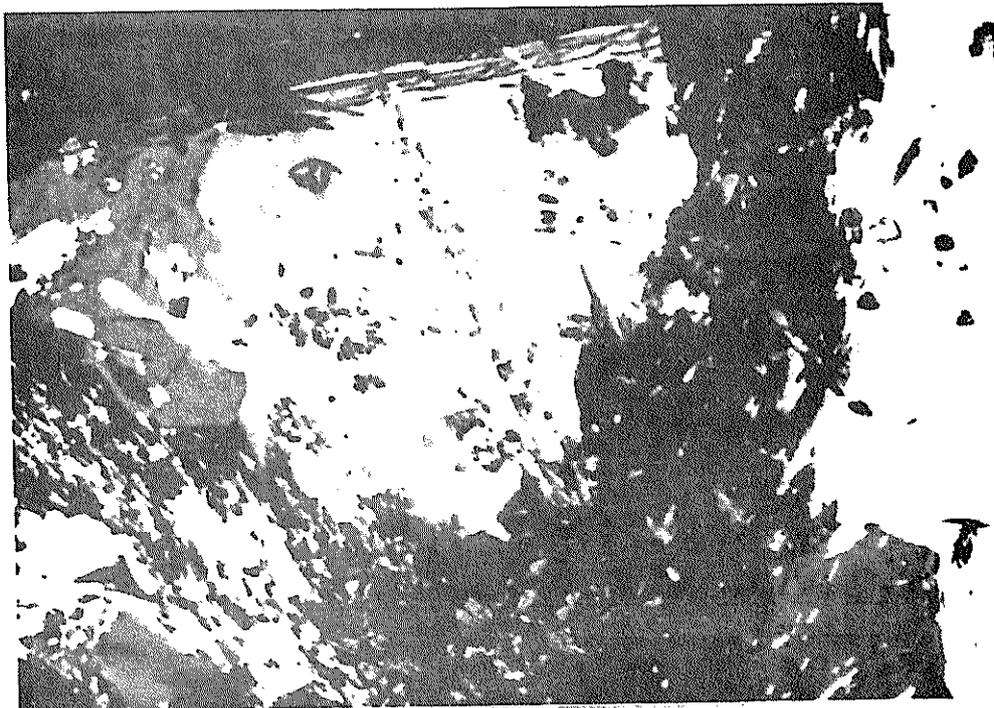
**Siderita:** se presenta como mineral de filón, aparece como producto de alteración hidrotermal, en las muestras N° 47076 Foto N° 27, 47077, foto N° 28, 47094, foto N° 26.

**Turmalinización;** Indica soluciones calientes de Boroy Fluor, su presencia en la variedad dravita, se puede considerar como una buena guía local de prospección para las vetas de Sn, W, pues la chorlita por alguna razón se altera a dravita acicular, algunos autores proponen esta alteración sea debida a proceso hidrotermal.

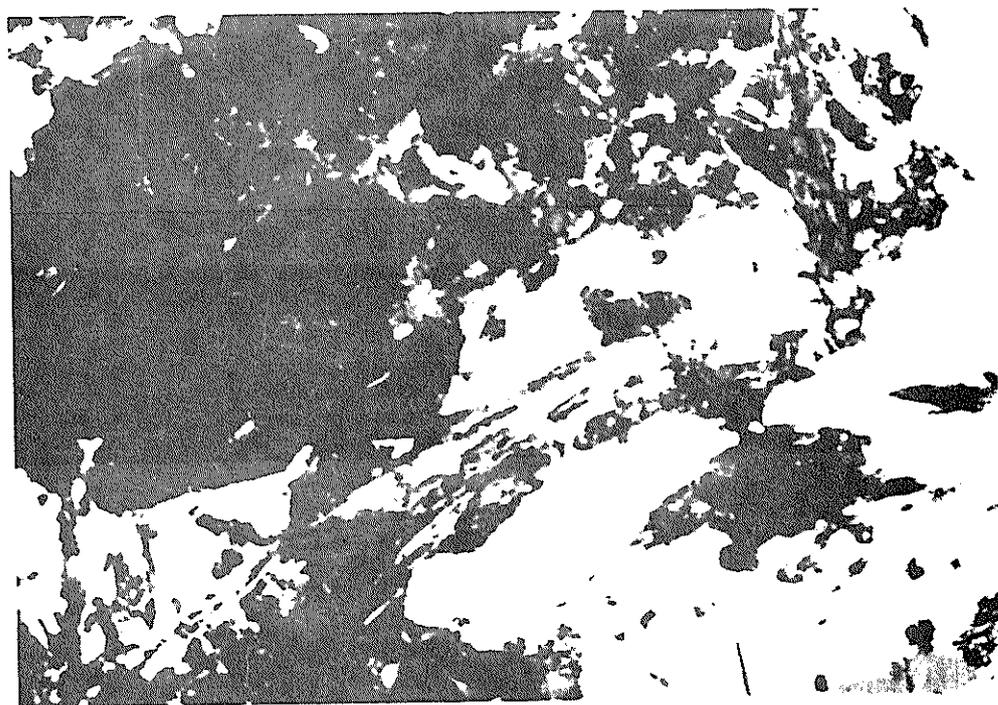
La muestra 47052 contiene el 90% de la turmalina constituida por dravita y además se tiene la presencia de clorita verde con una mineralización que tendría la siguiente paragénesis:



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA



MICROFOTOGRAFIA N<sup>o</sup> 37.- Muestra 47052. Obsérvese el agregado constituido por cuarzo, minerales opacos, turmalina y casiterita.



MICROFOTOGRAFIA N<sup>o</sup> 38.- Muestra 47052.- Agregado fino de casiterita, denominado casiterita acicular.

Ambas fotografías tomadas con Nxs cruzados y 2,5 aumentos.

Cuarzo - Turmalina - casiterita acicular - clorita

Marcasita - muy poca calcopirita

Trazas de jamesonita

Ver microfotografías N<sup>o</sup> 37 - 38.

#### 9. PROBLEMAS DE LA GENESIS DE LA ZONA MINERALIZADA

El evento metalogénico se inicia a partir del Triásico con el emplazamiento del "Batolito de Huato", el que es el causante de una mineralización extensiva en estaño, boro, wolframio, la que necesariamente debe estar relacionada por razones petrogenéticas y geoquímicas, con un magma granítico, excluyéndose la posibilidad de que este relacionada con fenómenos de anatexia; dichos elementos fueron expelidos en la última etapa de cristalización del magma. Continúa a través del Mesozoico y en el Cretácico, se evidencia en magmatismo hipabisal manifestado por diques cretácicos de 74 ma. en la mina Suka, relacionados a la mineralización; y es de esperarse que dataciones radiométricas de la mineralización la sitúen en el Terciario.

La reconstrucción de una columna estratigráfica de más de 2000 m. de roca permite calcular una presión litostática del orden de 5 kilobares o mayores al tiempo de formación de los depósitos profundos como la mina Suka, para los depósitos so

---

meros el aumento en la predominancia de vetas brechiformes entre la Mina Tambillo, la Mina Ochilla y la Mina Niñocorín concuerda con una disminución gradual de las profundidades de formación.

La región presenta una marcada zonación horizontal que va en orden de los elementos Sn-W-Fe, Zn, Pb, Ag, Sb (ver cuadro de la paragénesis). Se relaciona dicha paragénesis con un cambio gradual de la solución mineralizante residual, y la deposición de minerales mientras progresa el evento mineralizante.

Sobre el carácter ácido o básico de las soluciones mineralizadoras los siguientes datos ilustran su comportamiento que va de lo ácido a lo básico.

El wolframio es transportado en condiciones ácidas cuando se trata de condiciones pegmatíticas pneumatolíticas y dentro de la fase hidrotermal hasta condiciones catatermales de cerca a los 300°C, la turmalinización supone condiciones ácidas por la presencia de ácido bórico, y el estaño forma ácido isopólicos solubles, los cuales pueden coagular a soles si decrece el ph, obteniéndose de esta manera casiterita coloidal.

De estar presentes Fe, Mn, el Ph se incrementa y se puede



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS

obtener ferberita en un Ph 6.

El Zn, Ag, Pb, Sb, son transportados en condiciones ácidas y alcalinas y la antimonita es soluble en condiciones alcalinas sulfurosas y bisulfurosas.

La clorita es estable en condiciones básicas y la cloritización indicaría soluciones alcalinas; (la calcita se deposita a partir de soluciones neutras o ácidas débiles, y a la marcasita en condiciones ácidas).

Estas evidencias apoyan que el Ph no se separa mucho del punto neutral en el rango alto de temperaturas, pues pueden existir incluso condiciones alcalinas conteniendo gases ácidos no disociados, y en el rango de las temperaturas bajas sería necesario considerar soluciones con Ph no más de 2 unidades por encima de 7, pues no se descarta la posibilidad de que a temperaturas de sobre 250°C se presente la neutralización de soluciones ácidas por minerales silicatos y carbonatados, y la neutralización de soluciones básicas por sílice.

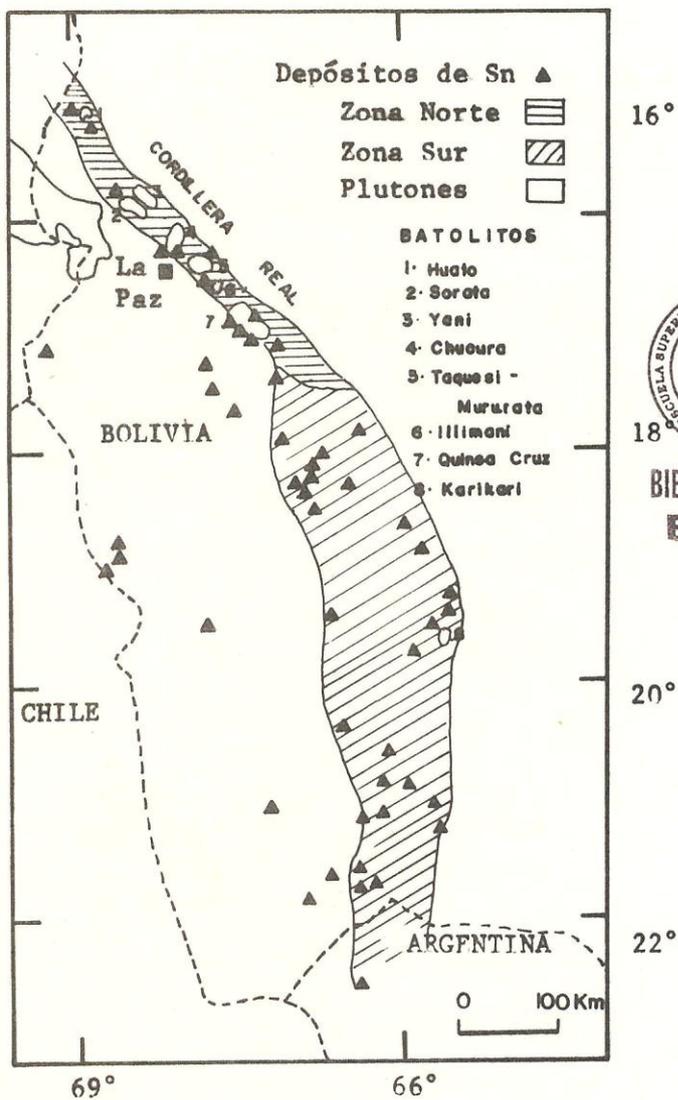
De acuerdo a este mecanismo genético postulado se da la presencia de yacimientos de un rango amplio de temperaturas, efectivamente los yacimientos descritos son epigenéticos hidrotermales desde típicos hipogénicos, hasta epitermales en

---

tre sobre los 500°C hasta alrededor de 120°C.

Temperaturas confirmadas por los ensamblajes tipomórficos siguientes:

1. Esfalerita de alto contenido de hierro revelado por fuertes reflexiones internas se asume de alta temperatura.
  2. Pirita y arsenopirita coexistentes > 491°C
  3. Disolución de estanina en calcopirita 500°C
  4. Disolución de calcopirita en esfalerita 350° - 400°C.
-



**BIBLIOTECA FICT ESPOL**

Figura 4 La Provincia Boliviana del Estaño tomado de Turneaure 1971. Modificado según Montenegro

**BIBLIOTECA**



**FACULTAD DE ING. EN CIENCIAS**

## VI. CONCLUSIONES FINALES Y RECOMENDACIONES DEL PRESENTE ESTUDIO

- El área de estudio debe ser considerada como un ejemplo de la parte norte de la provincia Boliviana del Estaño Plata (Fig. N° 4) viéndose su especialización metalogenética en estaño, wolframio, plata, plomo, antimonio.

Se tiene la ocurrencia de wolframio confinadas únicamente a una litología de cuarcitas gris claras o corneanas cercanas al contacto con la roca ígnea, o en el intrusivo, y con las otras mineralizaciones ubicadas en una franja del exocontacto afectando rocas de edad Eodevónicas.

Estando el Paleozoico superior (Carbonífero-Pérmico) caracterizado por su esterilidad en cuanto a mineralización.

- La principal actividad magmática se inicia en el Triásico inferior con el emplazamiento del batolito de Huato, y continúa, con manifestaciones subvolcánicas que llegan hasta el Cretácico, teniéndose que esta actividad se vuelve efusiva y en el terciario se produce el emplazamiento de las lavas de Charazani. La actividad magmática descrita se dispone espacialmente desde el contacto del batolito, alejándose radialmente unos 20 kilómetros hasta llegar al primer afloramiento de lavas.
-

- La franja estudiada concuerda con esa zona comprendida entre el exocontacto y el primer afloramiento de lavas.
  - Los yacimientos minerales allí presentes pueden clasificarse como hidrotermales desde típicamente hipogénicos hasta epitermales con temperaturas de formación entre los 500 y los 120°C.
  - Las presiones que confinaron los depósitos más profundos están entre 2000 m. de roca actuando litostáticamente con presiones totales entre 1000 y 5000 bars, según cálculo de reconstrucción de la columna estratigráfica al tiempo de formación de los depósitos.
  - Se observa una marcada zonación lateral que tiene como centro la mina de estaño Suka, y se extiende hacia mineralizaciones de plomo-plata, plomo-antimonio.
  - La zonación vertical no fue aclarada pues minerales de estaño ocurren en un rango entre los 3300 y 4000 m. mineralización argentífera entre los 4000 y 4700 m. y mineralización de antimonio entre los 3200 y 4700 m. sobre el nivel del mar, a una altura sobre los 4400 m. se encuentran la mayoría de las vetas de cuarzo con pirita, pareciendo que a mayores alturas son estériles.
  - La alteración hidrotermal está representada por turmalinización, sericitización, cloritización, con la sericitiza-
-

ción ocurriendo regionalmente.

- La regeneración o reactivación hidrotermal si bien podría explicar localmente alguna anomalía paragenética no juega un papel importante en la mayoría de las menas estudiadas.
  - En la zona entre Charazani y Callinzani no se encontró ninguna zona nueva verdaderamente importante desde el punto de vista económico, pues la mayoría de las vetas estudiadas se trataba de vetas en desarrollo o producción y en general se puede predecir que es una zona tan altamente prospectada por los mineros por los elementos Sn, W, Pb, Ag que el encontrar allí un yacimiento importante nuevo tiene muy pocas probabilidades de ocurrir, por lo que no se recomienda trabajos posteriores.
  - Con respecto al antimonio la zona de los alrededores de Niño Corín amerita ser prospectada mediante geoquímica de suelos, pues siendo zona potencialmente productora es explotada por una minería muy poco tecnificada.
  - Se recomienda conducir en la zona de Niño Corín un muestreo sistemático de suelos con una red cuyo espaciamiento entre muestras es del orden de los 50 m. (área es de 15 km<sup>2</sup>).
  - Una conclusión regional que se hace en este estudio consis
-

te en la comparación de la zona entre Charazani-Callinza-  
ni, con la franja este que bordea el batolito de Huato,  
donde no se tiene actualmente ninguna mina en operación,  
siendo zona virtualmente virgen de minería, esta franja  
se extendería desde la población de Camata; donde las pri-  
meras anomalías obtenidas en el río Grande, dan valores  
en estaño sobre las 700 ppm (geoquímica de sedimentos flu-  
viales), y un concentrado de batea mostró de un 5% a un  
7% de casiterita de grano fino a grueso subangular, repre-  
sentando esta zona el NW del contacto del batolito de Hua-  
to, el cual intruye aquí una estructura anticlinal com-  
puesta de cuarcitas y filitas, hasta el momento no se ha  
localizado ninguna mineralización aflorante.

- Se propone conducir en esta zona un muestreo sistemático  
de geoquímica de suelos con intervalo entre muestras de  
cada 200 m. ubicado en la ladera derecha del río Grande,  
antes de la población de Camata.
-

## VIII. RECOMENDACIONES PARA UNA PROSPECCION SEMIDETALLADA DE UN DISTRITO MINERO POCO ESTUDIADO EN EL ECUADOR.

### INTRODUCCION

Como aplicación de la experiencia lograda al realizar parte de mi tesis en Bolivia, se efectuó el estudio teórico y de orientación en el campo de la zona al E. de Saraguro de donde se tiene como información básica el hecho de que la única ocurrencia mineralógica de la asociación Casiterita Scheelita fue reportada por Naciones Unidas en dicho sitio.

### CLIMA - VEGETACION

Dicha zona ubicada dentro del sistema montañoso Austral Andino del Ecuador hacia la divisoria continental tiene desniveles topográficos entre 1000 y 3800 m.s.n.m.

Lluvias moderadas en el orden de los 920 mm. repartidos casi uniformemente a través del año pero hay un incremento en las precipitaciones en los meses de Enero a Abril con el orden de 100 mm. al mes y en el resto del año 50 mm. mensuales.

Temperatura media anual en Saraguro es de 12.9°C con una máxima absoluta de 23.6°C en Octubre y una mínima absoluta de 2°C en Enero. La vegetación es ligera con pocos árboles excepto en la zona fuente de casiterita donde corresponde a un área



fuertemente boscosa.

#### ACCESO

La población de Saraguro puede ser alcanzada usando la carretera Panamericana que la une con Cuenca al N y Loja al Sur; desde la ciudad de Guayaquil, puede cogerse la carretera Guayaquil-Piñas-La Toma-Loja o la nueva ruta por Chaguarpamba y Veracruz. Siendo desde Guayaquil a Saraguro un recorrido de 500 km. La zona de interés para la prospección es accesible usando sendas o veredas a pie o en mula, empleándose aproximadamente 3 horas de caminata ininterrumpida.

#### GEOLOGIA Y ESTRUCTURA DE LA ZONA DE SARAGURO

En la zona E de Saraguro son de interés por aflorar las formaciones Zamora, Saraguro y Tarqui.

La Serie Zamora constituye una profunda serie basamental metamórfica de rumbo regional NNE constituida por gneis biotítico con frecuentes diques de cuarzo.

Un dique de roca ácida se presenta en el río Aguarnupa cerca del sitio de la muestra de bateados # 2; dicho dique poseía vetillas de feldespatos, dirección NS, entre 2 y 3 m. de ancho y un descuelgue visible de unos 8 m. En la zona al E de Tres Lagunas los gneises están asociados con un granito biotítico del cual se presume lo sea de anatexia, aunque la presencia de xe-

---

nolitos podría implicar un origen magmático.

La edad de esta serie se la asume paleozoica de la orogenia Hercínica o Varística.

La Formación Saraguro que aflora en los valles y terrenos profundamente diseñados siguiendo los cursos de los ríos principales; litológicamente la constituyen tobas riolíticas que alternan con brechas y aglomerados suavemente buzantes, pasando hacia arriba a flujo andesíticos y piroclásticos.

Vetas de Travertino ocurren en el grupo Saraguro al NE de Saraguro.

La formación Saraguro descansa discordantemente sobre la serie Zamora y se la considera Terciaria Superior por correlación general con las cuencas de Loja y Malacatus.

#### Formación Tarqui

Conforma una masa tabular sensiblemente horizontal que en el oriente del área cubre a una altura de 3000 m. colinas y áreas planas, consiste de riolitas y porfiritas masivas con algo de tobas riolíticas que se han meteorizado transformándose en un manto arcilloso rosado a blanco.

Una bolsada externa de elementos clásticos constituidos por con

---



FOTOGRAFIA N° 39.- Formación Tarqui, paquete de conglomerados con buzamiento suave, afloramiento en el río Aguarnupa en el sitio de la muestra N° 2



FOTOGRAFIA N° 40.- Vista panorámica del valle del río Aguarnupa, vista hacia el SE señalando el área fuente delimitada por UNDP para la anomalía mineralógica de casiterita - sheelita.

glomerados areniscas y lodolitas arenosas con remanente de plantas ocasionales se encuentra a lo largo del río Casaturo en el sitio de la muestra 2. La formación Tarqui tiene un espesor aproximado de 750 m. descansa discordantemente sobre la formación Saraguro y recubre la serie Zamora.

Esta Formación es Pleistocena.

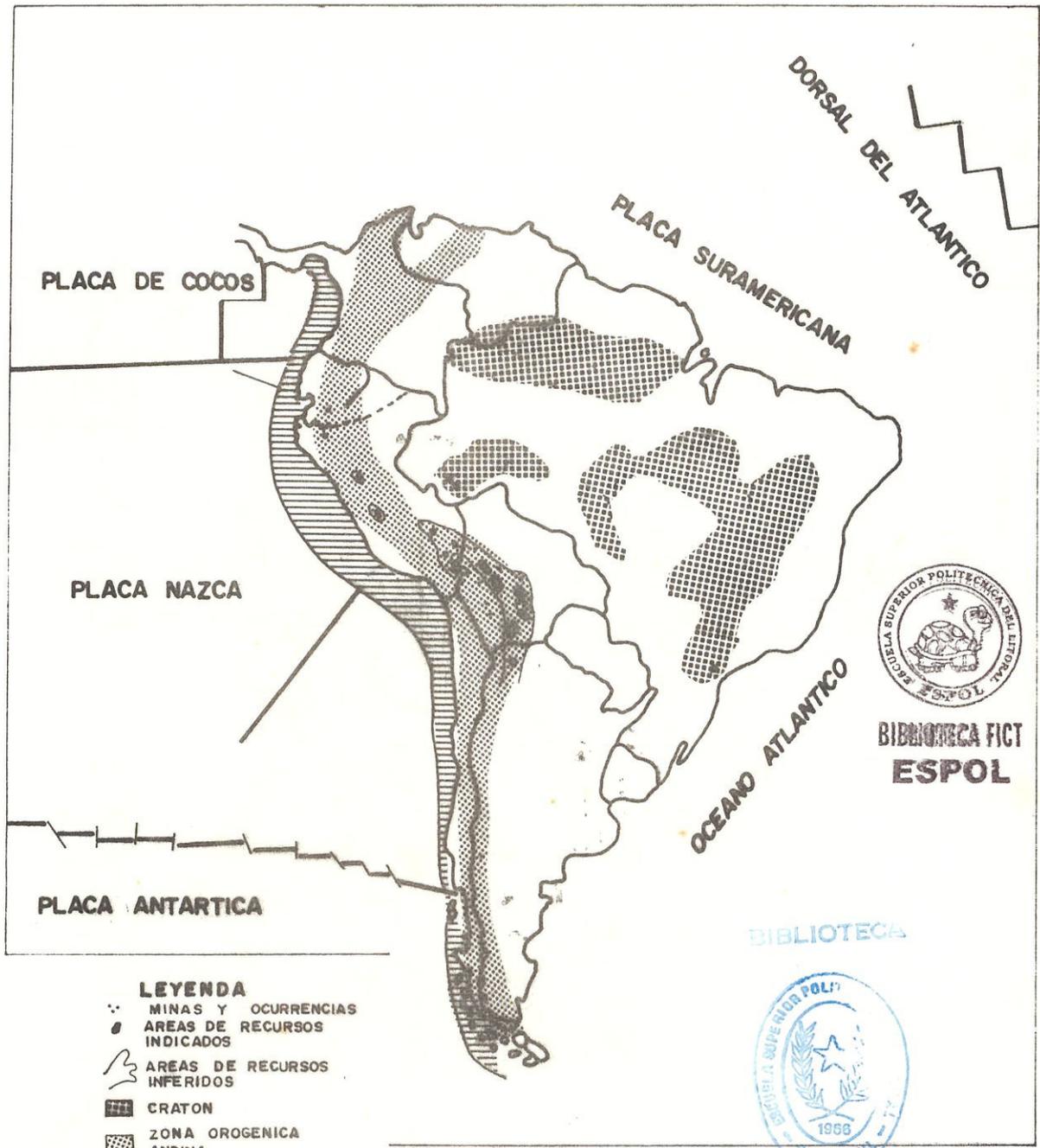
Depósitos cuaternarios constituídos por derrumbes o coluvias se encuentran en diferente sitios.

Estructuralmente podemos ligar la mineralización en estaño wolframio presente en esta zona con la subducción de la placa oceánica, de acuerdo a la teoría de la tectónica de placas litosféricas según el esquema metalogenético de Sillitoe (1972), la presencia de una zonación continental de los depósitos minerales que va de acuerdo al contenido metálico en una secuencia desde el oeste al este de hierro; cobre con algo de oro y molibdeno, plomo, zinc y plata, estaño o wolframio.

(En el gráfico N° 5 se observa un esquema del cinturón magmático andino).

Debido a la subducción de la placa del Océano Pacífico se da que tanto las menas como las rocas principalmente granodioríticas intrusivas que las contienen son el fruto de la fusión parcial selectiva de las partes superiores de la placa oceánica

---



- LEYENDA**
- MINAS Y OCURRENCIAS
  - AREAS DE RECURSOS INDICADOS
  - ☞ AREAS DE RECURSOS INFERIDOS
  - ▣ CRATON
  - ▤ ZONA OROGENICA ANDINA
  - FOSA PERUANO CHILENA
  - DORSALES OCEANICAS



BIBLIOTECA FICT ESPOL

BIBLIOTECA

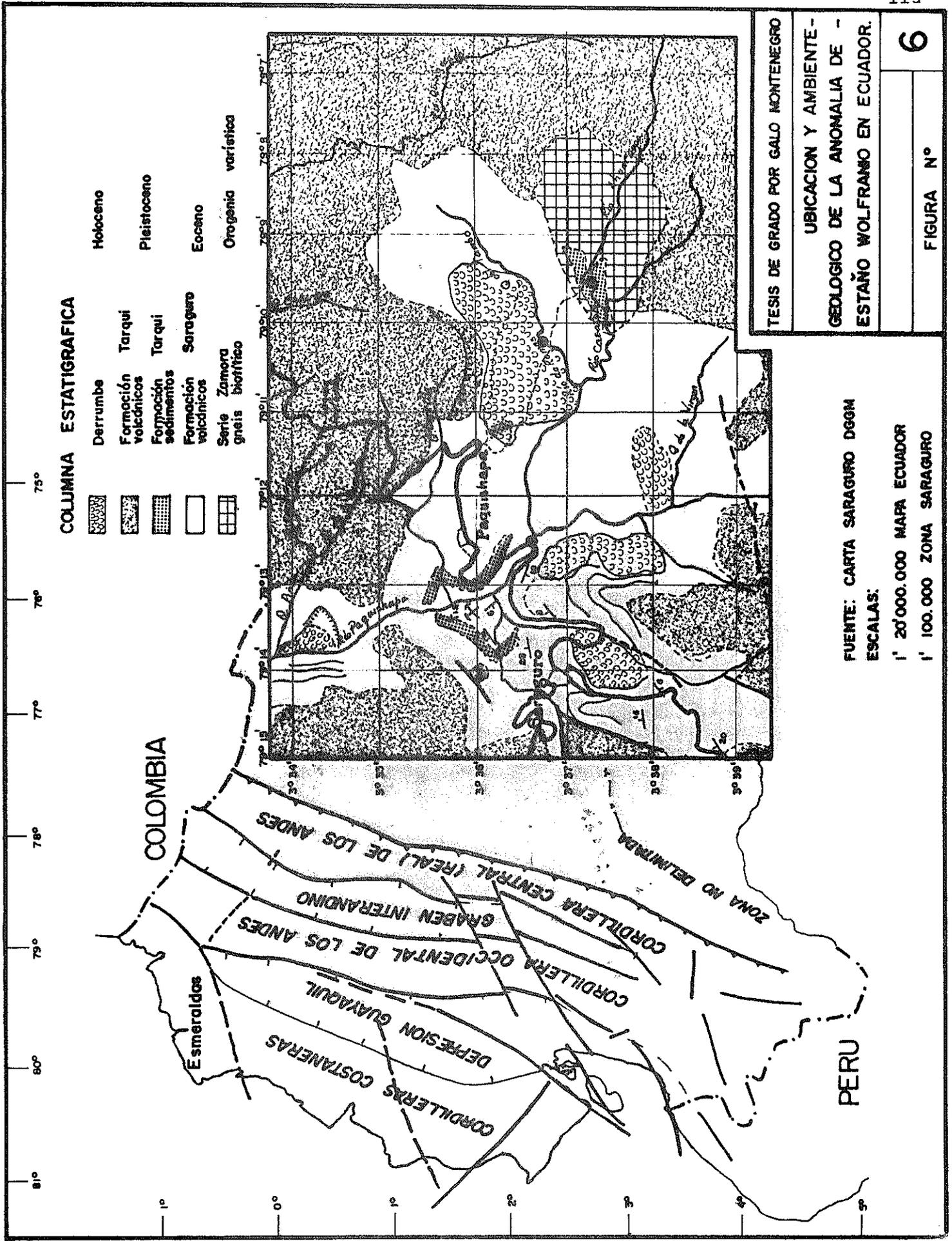


FACULTAD DE ING. CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS DE GRADO POR GALO MONTENEGRO

DEPOSITOS Y PRINCIPALES OCURRENCIAS DE ESTAÑO EN AMERICA DEL SUR

FIGURA N° 5



ca subducida en la cual las concentraciones de metales han sido incrementadas durante el estadio evolutivo de construcción de las placas en la cresta media del Océano Pacífico.

#### Trabajo de orientación realizado

Con el objeto de aplicar conceptos y metodología propia de la presente tesis se programó con mi director de tesis Ing. Sergio Aguayo E. una visita de reconocimiento al área de Saraguro para lo que se contó con el apoyo de la ESPOL para los días 21, 22 y 23 de Noviembre de 1980.

#### Metodología empleada

El trabajo de campo se planificó para comprobar las anomalías reportadas por el Proyecto Minero de Las Naciones Unidas para el Desarrollo operación N° 8, para lo cual se propuso efectuar un itinerario a pie entre la población de Baber y el área fuente de la anomalía, así como tomar muestras de concentrados de minerales pesados usando la batea en los ríos Casaturo, quebrada Ramos y Aguarnupa.

En el campo se cumplió lavando con la batea entre 10 y 15 kgs. por cada una de las 3 muestras tomadas así como se efectuó la geología del sitio de muestra.

La investigación de laboratorio se la efectuó usando las faci-



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

lidades del Departamento de Geología, laboratorio de Mineralogía, en el orden expuesto a continuación:

La muestra seca se la cuarteó para guardar fracción testigo y en la fracción de trabajo se siguió el siguiente proceso.

- a. Separación de minerales magnéticos usando el imán.
- b. En la fracción no magnética se trabajó con fluidos de alta densidad obteniéndose las siguientes 3 fracciones.

Fracción 1. Peso específico mayor que el bromoformo ( $\delta = 2.86$ ) y menor que el yoduro de metilo ( $\delta = 3.32$ ) constituida por hornblenda, clinozoisita, turmalina.

Fracción 2. Peso específico mayor que el yoduro de metilo y menor que el de la solución de Clerici ( $\delta = 4.33$ ) constituida por esfena, anataxe, rutilo corindón.

Fracción 3. Peso específico mayor que la solución de Clerici ( $\delta = 4.33$ ), zircón, casiterita, scheelita.

En la fracción magnética se encontró en las 3 muestras magnetita e ilmenita ( $\delta > 4.33$ ).

---

TABLA DE RESULTADO DEL ANALISIS MINERALOGICO DE BATEADOS  
 OBTENIDOS EN LA ZONA DE SARAGURO. LISTADOS EN ORDEN GEO-  
 GRAFICO DE E a W.

Muestra	Peso muestra (gr)	Cantidad lavada (lt)	Fracción liviana	Casiterita granos/lit	Scheelita granos/lit.	Tumalina	Oxidos de titanio	Zircón	Magnetita	Otros	Observación
Quebrada Ramos	1.41	4	Cuarzo	50 g/l casiterita color café oscuro casi negra.	5 g/l 40 #		Ilmenita componente mayoritario		Componente mayoritario	Traza de granate.	
Río A-guarnupa	4.64	4	Cuarzo	50 g/l casiterita color café oscuro casi negra.	25 g/l 40#		Ilmenita componente mayoritario rutilo		Componente mayoritario	Traza de pirita limonitizada.	Muestra más cercana al área fuente de anomalía.
Río Casaturo.	14.0	6	Cuarzo biotita		0,3 g/l 40# 95 g/l 60#		Ilmenita componente mayoritario.		Componente secundario	Corindón.	

# = líneas/pulgada.

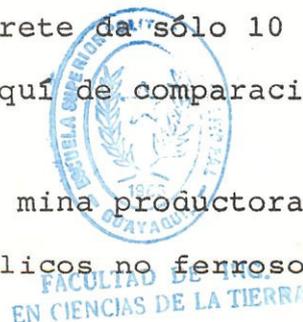
Cada una de las fracciones anteriormente citadas fue examinada bajo el microscopio binocular para identificación cristalográfica-mineralógica de los granos minerales, en un caso fue necesario recurrir a pruebas de comprobación usando técnicas petrográficas, así como en el caso de casiterita a la prueba microquímica de estaño y en el de la scheelita a la prueba microquímica de wolframio.

La fracción de densidad mayor a 4.33 fue sometido a la lámpara ultravioleta para la comprobación de minerales fluorescentes, principalmente scheelita de florezcencia azulada, procediéndose a la cuenta de granos, la scheelita es fluorescente a la acción de rayos ultravioletas de onda corta. Para un chequeo se sometió también la fracción testigo a la acción de los rayos ultravioleta comparándose los valores obtenidos.

Los resultados obtenidos se exponen como hoja de laboratorio anexa, y las principales conclusiones a que nos conducen son:

Cábase resaltar que una muestra colectada por el autor en Bolivia en la zona Charazani-Callinzani, kilómetro y medio aguas abajo de la Mina Suka en el río Amarete da sólo 10 granos litros de casiterita, lo que sirve aquí de comparación.

Dado que en el Ecuador no existe ninguna mina productora de estaño o wolframio, dichos elementos metálicos no ferrosos cons



tituyen elementos estratégicos para nuestro país, por lo tanto la presencia mineralógica de la asociación casiterita scheelita debe ser tomada como el primer indicio para la búsqueda.

El avalúo económico en sí de los datos obtenidos por las Naciones Unidas y corroborados en la presente tesis son coincidentes y correspondería a unas 30 - 50 ppm de estaño o wolframio, lo que a pesar de no ser de alto contraste anómalo si lo consideramos comparado con patrones de dispersión de áreas mineralizadas por ejemplo en Bolivia, de todas maneras constituye una anomalía que por tratarse de minerales estratégicos deberá ser considerada como pie a futuras investigaciones.

---

## RECOMENDACION

1. La investigación debería conducirse usando geoquímica de suelos y al centrar más el área fuente.
  2. Efectuar el programa de zanjeo como recomendado por Naciones Unidas.
  3. El mapeo de las Extensiones NE y SW de la franja intrusiva con la metódica prospectiva convencional la cual estando constituida por investigaciones de tipo mapeo geológico convencional, geofísica, geoquímica, y técnicas de sensores remotos, toma muy en cuenta los factores extrageológicos como clima, morfología, cubierta y vegetación.
  4. La geoquímica de sedimentos fluviales, por los elementos, estaño, wolframio, a conducirse en las nuevas zonas de prospección debe tomar en cuenta el método de los concentrados de residuos pesados usando la batea la cual permite descubrir yacimientos de depósitos tanto de placer como primarios a condición que estos afloren.
-

APENDICE 1

REFERENCIA DE LAS MUESTRAS  
ESTUDIADAS MICROSCOPICAMEN  
TE.

---

SECCIONES DELGADAS

1.	47001	83073/05142	Roca de contacto comeada alrededor del intrusivo
2.	47010	83205/05135	Batolito: Granodiorita con biotita
3.	47052	83135/05111	Lamprofido con qz-tum-Clorita-marc-calpy-jamesonita
4.	47034	83170/05035	Mina Suka veta Titizan
5.	47062	82975/05170	Mina Pajchani
6.	47037	05030/83170	Amareta arenisca gris verduzca (metarenisca)
7.	47042	05000/83240	Río Charazani - Cuerpo volcánico
8.	47044-1	05040/83170	Mina Suka Caja veta callinchusca
9.	47044-3	05040/83170	Mina Suka Caja veta callinchusca
10.	47045	" "	Mina Suka dique en la veta callinchusca
11.	47046	" "	Mina Suka veta Porvenir, Caja silicificada
12.	47072	05035/83215	Inca pórfido
13.	47082-1	05012/83143	Ochila brecha de falla
14.	47083	05020/83156	Amarete dique
15.	47083-2	050210/83156	Amarete dique
16.	47084	05022/83124	Frente a Suka, Cuarcita devónica.

MUESTRAS PULIDAS

1.	47011	05093/83227	Punta de camino veta de Pb-Zn
2.	052	05111/03135	Lamprofiro mineralizado
3.	035	05020/83240	Niñocorin veta de Sb.
4.	036	05020/83230	Frente a Chuparco zona de Sb.
5.	038	05050/83210	Sacanacon zona de Sb.

6.	040	05040/83220	Inca zona de b
7.	043	05010/83240	Frente a Cucho Molino zona de Sb.
8.	044-2	05040/83170	Suka veta Callinchuzco
9.	069-1	05042/83212	NW de Sacanacon Sb.
10.	071	05035/83212	Socavon occ. zona de Inca Sb. Pb.
11.	076	05042/83100	Mina Tambillo Pb. Ag.
12.	077	" "	" " " "
13.	078	05042/83038	" "
14.	082-1	05012/83143	Mina Ochilla Pb. Ag.
15.	082-2	" "	" "
16.	085	05028/83338	Abajo de Cucho Molino Sb.
17.	086	05045/83200	Sacanacon nivel más bajo Pb. Sb.
18.	087	050125/83240	Soc. Virgen del Carmen Niñoocorin Sb.
19.	088	05628/83228	Cucho Molino Sb.
20.	089	05005/83238	Cortes Cielo abierto entre Charazani y Khata
21.	090	05032/83201	Inca Sb.
22.	091-1	05043/83125	Veta frente a Putiputini qz, py, aspy, Sn.
23.	091-2	" "	" " " "
24.	091-2	05042/83200	Mina Apacheta Sb. Pb.
25.	094	05040/83100	Mina Tambillo Pb.
26.	096	05042/83200	Mina Apacheta Sb. Pb.

## APENDICE 2

ANALISIS QUIMICOS POR ESPECTROFO  
METRIA DE ABSORCION ATOMICA EFEC  
TUADOS A MUESTRAS MINERALIZADAS.

---

Muestra: Rocas mineralizadas

SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA  
INFORME DE LABORATORIO - ANALISIS: GEOQUIMICO

Informe No.:

Zona: Charazani-Callinzani /Camata

Fecha: 6 de junio de 1979

Geólogo: Galo Montenegro

Interesado: Proyecto Cordillera

Analistas:

No. LAB	No. Muestra	Observación	Cu	Ph	Zn	Sb %	Sn %
3296	47035		200	150	60	34.6	0.3
3297	47036		150	3500	1000	7.1	- 0.0
3298	47038		40	200	90	4.3	0.1
3299	47038-1		100	25	30	35.4	- 0.0
3300	47038-2		30	610	15	1.5	- 0.0
3301	47038-3		120	310	130	10.9	- 0.0
3302	47038-4		310	40.1 %	820	3.8	- 0.0
3303	47039		240	4.8 %	600	28.9	- 0.0
3304	47040		3000	1.6 %	410	6.2	0.1
3305	47040-1		1800	17.9 %	220	4.6	- 0.0
3306	47043		3000	2.2 %	4.4 %	3.9	- 0.0
3307	47044						
3308	47044-2	1.2 %		1000	180	11.1	29.7
3309	47046		900	600	180	1.7	
3310	47068		360	570	30	13.2	- 0.0
3311	47069		35	1200	4000	2.6	- 0.0
3312	47069-1		70	6.7 %	600	19.4	- 0.0
3313	47069-2		190	40.7 %	1500	5.0	- 0.0
3314	47071		7000	43.1 %	360	11.2	- 0.0



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

*Galo Montenegro*

Muestra: Rocas mineralizadas  
 Zona: Charazani-Callinzani/Camata  
 Geólogo: Galo Montenegro

SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA  
 INFORME DE LABORATORIO - ANALISIS: GEOQUIMICO  
 Interesado: Proyecto Cordillera

Informe No.:  
 Fecha: 6 de Junio de 1979  
 Analistas:

No. LAB	No. Muestra	Observación	Cu	Pb	Zn	Sb %	Sn %
3315	47073		50	2600	40	5.6	-0.0
3316	47074		20	720	10	3.0	-0.0
3317	47075		20	380	30	1.4	-0.0
3318	47076		350	850	420	24.8	-0.0
3319	47077		680	18.4%	11.8%	6.4	-0.0
3320	47078		1200	13.5%	2000	21.5	-0.0
3321	47079		5000	800	120	4.7	-0.0
3322	47080		810	3900	70	3.2	-0.0
3323	47081		9000	11.9%	1.8%	25.7	0.2
3324	47082-1		560	15.7%	1.7%	3.2	-0.0
3325	47082-2		160	33.5%	5.1%	1.6	-0.0
3326	47085		70	65	230	20.9	-0.0
3327	47086		200	40	60	19.8	-0.0
3328	47087		220	65	1000	50.3	-0.0
3329	47088		1.1%	28.2%	5000	15.6	-0.0
3330	47089		120	230	80	20.4	-0.0
3331	47090		800	14.7%	70	24.4	-0.0
3332	47091		700	4000	1400	15.8	-0.0
3333	47091-1		1.2%	6.7%	7.7%	16.5	0.9
3334	47091-2		6400	800	300	9.1	-0.0

Firma: Galo Montenegro 125

Muestra: Rocas mineralizadas

SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA

Informe No:

Zona: Chareyani-Callinzani/Cameta

INFORME DE LABORATORIO - ANALISIS: GEOQUIMICO

Fecha: 6 de junio de 1979

Geólogo: Galo Montenegro

Interesado: Proyecto Cordillera

Analistas:

No. LAB	No. Muestra	Observación	Cu	Pb	Zn	Sb %	Sn %
3335	47092		120	700	340	1.9	-0.0
3336	47093		450	340	190	9.8	-0.0
3337	47094		70	8000	70	9.6	-0.0
3338	47095		60	10	30	22.9	0.1
3339	47096		50	320	120	13.2	0.1
	47038B		560	720	110	11.7	

BIBLIOTECA



## APENDICE 3

TABLAS RESUMIDAS DE PROPIEDADES  
OPTICAS DE ALGUNOS MINERALES EN  
EL MICROSCOPIO METALOGENICO

---

TABLA RESUMIDA DE PROPIEDADES OPTICAS DE ALGUNOS MINERALES EN EL METALOGENICO

PROPIED. MINERAL SISTEMA FORMULA (abreviación)	LUZ NATURAL				LUZ POLARIZADA				
	PULIDO	DUREZA	PODER REFLECTIVO	COLOR Y PLEOCROISMO	CLIVAJES FACIES	ANISOTROPIA	MACLAS	RET. INT.	OBSERVACIONES
Galena (cúbica) Pb.S. gn	bueno triangular pits	Suave mas blando que Cp y mas duro que Agr y Coveli- na.	42.4%-43.8%	blanco brillan te ligeramente mas claro que la estibina.	clivajes cúbicos per- fectos. Es- tructura zo- nal revela- da por ata- que.	Isótropo			Inclusiones frecuentes de blenda, cobre gris estanina, boulangerita minerales de plata.
Esfalerita (cú- bica) Zn S. con un fuerte por- centaje de hie- rro se dice mar- matita	variable	mediana	17.8%-18.5%	gris mas oscu- ro que el de la magnetita.	Clivaje 110 visible en granos grue- sos. Estruc- tura zonal frecuentemen- te revelada por ataque.	Isótropo	Pueden ser reveladas por ataque semiselec- tivo.	Con tintes rojizos ama- rillos par- dos o pardo rojizas se- gún el cont. de hierro.	Exsoluciones con calpy
Calcopirita (Te tragonal) Cu Fe S2. cpy	bueno	mediana más duro que la ga- lena y mas blan- do que blend. y pirrot.	43.2%-44.9%	amarilla con el oro y la mi- llenita. Los $\bar{1}$ nicos que pre- sentan color.		Pobre po- co discer- nible.	Casi siem- pre presen- te y de va- rias leyes		Desmezclas de esf. en forma de estrellitas.

Estanina (cúbica o tetragonal) Seudo-cúbica Cu <sub>2</sub> Fe Sn S <sub>4</sub> Sn	buen pulido	mediana comparable a la de la calpy y blenda.	23 % - 27.6%	gris con tinete oliva o pardo pleocromo poco observable.	raramente observados los clivajes. Estructuras zonales reveladas. H <sub>2</sub> O + KOH	débil en los tonos violáceos y verdosos	análogas a la de la calpy y blenda.	Se puede confundir sólo con los tetrahedrita. Exsoluciones con Sf y calpy arsenopy-py cast, tet. bismuto, bism. galena.
Covelina (Sistema Hexagonal) Cu S	muy bueno	baja, análoga a la de la calcosina e inferior a la gal y calpy	al eje axial 15.1% 9.5%	intenso en los tonos de azul.	cliv. hexagonal visible.	bastante fuerte con colores desde el naranja al rojo.	poco visibless.	
Marcasita (Ortorrónica) Fe S <sub>2</sub> mc	Se pule con dificultad.	grande comparable a la py (algo menor).	51.5%	blanco bastante ligeramente amarillento análoga a la py algo más clara.	zonado a veces.	fuerte en los tonos de azul, verde amari-llento, puro, gris violáceo.	corrientes en láminas o lar gas, poli-puras, gris sintéticas.	
Pirita (cúbica) Fe S <sub>2</sub> py	variable general-mente con dificultad.	bastante grande.	54.5%	crema amarillento bien distinto del blanco de los denominados py blancos.	crucero (100) visible.	generalmente no se puede reconocer pero algunas son marcadamente anisotrópicas.	tendencia al idiomorfismo por su energía de forma estructuras coloidales (bacterias piritizadas).	

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Arsenopirita (monoclinico o pseudo ortorróm bico) Fe As S aspy	bastante bueno	elevada pero in- ferior a la de la pirita.	52.4%	blanco lige- ramente te- ñido de un tinte amari- llo o amari- llo rosado Poco pleo- croica.	clivaje gene- ralmente au- sente.	fuerte en los tonos de azul verde, amari- llo pardo ten- diente al ro- jo.	lamelares ha- ciendo pensar en una sime- tría ortorróm- bica.	
Pirrotina (hexagonal) Fe S pyrrot	bastante bueno	elevada superior a la de la cpy inferior a la de la py	39.9%	tiene unpleo- croismo ne- to con colo- res pasando de crema par- duzco claro a pardo ne- tamente ro- jizo.	clivaje difi- cil de discer- nir sino en especimenes alterados. es estructura zonal frecuente.	fuerte en los tonos de ama- rillo, grisá- ceo, gris ver- doso y gris a- zulado.	raras	magnetismo fuerte exsolucio- nes en S.
Hematita (u Oligisto) (romboédrico) Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> hem	buena	elevada análoga a la de la py	27.2%	gris claro con tinte azul. poco pleo- croica.	cxs tabulares automórficos	mediana en los tonos gris azu- lado y geis amarillento	frecuentes	poco visi- bles en el aire, en aceite ro- jizas.
Jamesonita (monoclinico) 4PbS, FeS, ESb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> jam	bueno	baja in- ferior a la de la galena.	37.7%	fuerte pleo- croismo en los blancos blanco lig. verdoso o sensiblemen- te idénti- co que el de la gal. más claro que la antimoni- ta.	clivaje a la elongación de los cxs que son visibles.	fuerte en los tonos de gris café, azul claro o azul.	polisintéti- cos láminas //s al elon- gamiento del cxl dife- rencian de la antimoni- ta.	

Estibina o antimonita (ortorrómbica) $Sb_2S_3$ est.	baja inferior a la de la galena	a) 42% b) 27% c) 48%	fuerte pleoc. estructura nada revela da por ataque pasa de blanco a grisáceo con tinte oliva o marrón.	bastante fuerte en los tonos de azul, gris claro, café rosáceo, extrusión recta.	al elongamiento del cristal.
Wolframita (monoclínica) $WO_4(Fe, Mn)$ Serie isomorfa ferberita $WO_4Fe$ Hubnerita $WO_4Mn$ W	bueno pero difícil de pulir	Ferberita 17.9% Wolframita 18.1% Hubnerita 17.1%	gris semejante a la esferulita un poco mas oscuro que la magnetita más claro que cost. gris pardo en contacto con calpy.	débil, de gris a gris con tinte pardo extrucción oblicua.	frecuentes polisintéticas según 100 cuentas si nunca laminares.
Casiterita $SnO_2$ (tetragonal) cas	mal pulido	11%	color gris mate pleocroismo bajo.	manifiesta en nícoles cruzados.	inexistentes en los términos ferríferos más frecuentes en la Hubnerita colores rojo café a rojo oscuro.
	muy duro mas que el cuarzo		color gris mate pleocroismo bajo.	manifiesta en nícoles cruzados.	muy frecuentes amarillentas.

## LISTA DE ILUSTRACIONES Y MAPAS

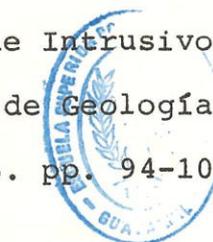
- FIGURA N<sup>o</sup> 1. Subdivisiones de la Cordillera Real.
- FIGURA N<sup>o</sup> 2. Diagrama de estructuras mineralizadas.
- FIGURA N<sup>o</sup> 3. Roseta de estructuras mineralizadas.
- FIGURA N<sup>o</sup> 4. La provincia Boliviana del Sn-Ag.
- FIGURA N<sup>o</sup> 5. Depósito y principales ocurrencias de Sn en América del Sur.
- FIGURA N<sup>o</sup> 6. Zona de recomendación a ser prospectada por Sn en el Ecuador.
- MAPA N<sup>o</sup> 1. Mapa de ubicación
- MAPA N<sup>o</sup> 2. Mapa de drenaje
- MAPA N<sup>o</sup> 3. Mapa de valores anómalos de concentrados de bateas.
- MAPA A. Mapa geológico regional Hoja Camata (SE) III. En la so lapa al
- MAPA B. Mapa Geológico-Minero Area Charazani Mina Suña Callinzani. final.



## BIBLIOGRAFIA

1. AHLFELD, Federico, Geología de Bolivia, Cochabamba, Los amigos del libro, 1972.
2. AHLFELD, Federico; Geología de los yacimientos Wolfram de Bolivia. La Paz; Biblioteca de Geobol, 1940. 90 pp.
3. AHLFELD, Federico. Geografía Física de Bolivia, Amigos del libro Cochabamba, 1969. 239 pp.
4. AHLFELD, F. BRANISA, L.; Geología de Bolivia; La Paz, Edit. Don Bosco, 1960, 245 pp.
5. AHLFELD, F. SCHEERBINA, A.S.; Yacimientos minerales y de Hidrocarburos de Bolivia. Boletín N° 5 DNG. La Paz, D.N.G. 1964. 338 pp.
6. ANDRE R. Orlando, Estudio geológico de la Región comprendida entre Combaya, Chuchulaya, Mina Matilde, Ancoraimés. Tesis de grado no publicada. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), La Paz, 1967. 167 pp.
7. ARDUZ, Marcelo. Estudio petrográfico de Intrusivo Ayamcuna. La Paz, Anales 3ª Convención Nacional de Geología, Boletín 19. Sociedad Geológica Boliviana, 1973. pp. 94-101.
8. AVILA, Waldo. Un modelo de Tectónica de Placas para el origen del cinturón estanífero Boliviano; parte septentrional

BIBLIOTECA



- La Paz, Sociedad Geológica Boliviana. Boletín N° 21, 1975.  
pp. 31-50.
9. AVILA, Waldo. Un modelo de Tectónica de Placas para el origen del cinturón estanífero Boliviano Central y Meridional; La Paz, Sociedad geológica Boliviana. Boletín N° 22, 1975.  
pp. 3-23.
10. BADGLEY, Peter C.; Structural Methods for the exploration Geologist, New York, Harper Brothers edit. 1959.
11. BARNES, Hubert Lloyd (editor). Geochemistry of hidrotermal ore deposits. New York. Holt Rinchart and Wiston, Inc. edit. 1967.
12. BARRAGAN, Vargas C.; Geología de Yacimientos antimoníferos contribución a su esclarecimiento. Universidad Técnica de Oruro, 1971 11 pp.
13. BARTH, Tom F.W. Theoretical Petrology (second edition) New York, John Wiley & Sons Inc. edit. 1962.
14. BATEMAN, A.B.; trad. Jose Luis Amorós. Yacimientos minerales de rendimientos económico, Barcelona-España. Omega 1957  
946 pp.
15. BERBERSMA, G. OROZA C. SARAVIA, A. El antimonio en Bolivia Volúmenes I-II (Castellano-Inglés) Biblioteca del Geobol
-

(inédito) La Paz, 1968.

16. BERNARD, A. Poirot, J.P. *Travoux Practiques de Metallographic des Minerails Nancy, Ecole Nationale Superiore de geología apliquee et de prospection miniere*, 1960. 120 p.
  17. CLARK, A.; COELLES, J.S.; FARRAR, E.; Mc BRIDE S.; ROBERTSON, R; *Geochronological Relationships in the Central Andean Tin Belt of Bolivia and Argentina. Publication II Congreso Latinoamericano de Geología, Caracas. 1973 (Resumen)*.
  18. CLARK, A. FARRAR, E. *The Bolivia Province, notes on the - available geochronological data, Econ. Geol. Vol 68 N° 1. pp. 102-106.*
  19. DALY, Reginald A. *Igneous Rocks an their origin 1ª edition. New York. Mc Graw Hill Book Co. Inc. 1914.*
  20. DIVISION DE TECNOLOGIA MINERA, GEOBOL. *Investigaciones preliminares sobre tectónica y metalogénesis en las cordilleras Real y Quimsa Cruz. La Paz Geobol Boletín # 9. 1968. 64 pp.*
  21. EDWARDS, A.B.; *Textures of the ore minerals and their significance Aust. Inst. MM reimpresión 1974.*
  22. EMMONS, W. Harvey; *Principles of Economic Geology (second Edition) N.Y. MC Graw Hill Book Co. Inc. 1940. 529 pp.*
-

23. FEBREL MOLINERO, TIRSO; Microscopía de Minerales opacos. Madrid, E.T.S. de Ingenieros de Minas, departamento de publicaciones 1970. 93 pp.
  24. FLETCHER, C.J.N.; Estructuras en rocas plegadas. Ministerio de desarrollo de Ultramar, Reino Unido de Gran Bretaña y de Irlanda del Norte. Impresión en Inglaterra por - Reedprint Ltd. 1976.
  25. FREUND, Hugo; editor, Applied Ore microscopy, theory and technique. New York, Mc Millan Co. 1966.
  26. HUTCHINSON, Charles S.; Laboratory Handbook of Petrographic Techniques. University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia. John Wiley & Sons, New York, 1974.
  27. KELLY, W.; y TURNEAURE, F.S.; Mineralogy, Paragenesis and Geothermometry of the Tin and Tungsten Deposits of the Eastern Andes, Bolivia. Econ. Geol., V. 65 N° 6; 1970 pp. 609-680.
  28. LAMEY, Carl., Metallic and Industrial Mineral Deposits. McGraw Hill Book Company, 1966. 567 pp.
  29. LJUNGGREN, Pontus. Los depósitos de Rodonia Brasil comparados con la mineralización estañífera Bolivia Bol. # 6 Soc. Geol. Bol. La Paz. 1968.
  30. LJUNGGREN, P. Los Batolitos Estañíferos y la mineralización
-

- de la Cordillera Real, Bolivia Petróleo Boliviano, Vol. 4 N  1; 1962.
31. MARTINEZ, C.; SUAREZ R.; SUBLETA T.; La cadena Hercínica en la parte septentrional de los Andes Bolivianos Boletín N  15, Geobol, La Paz 1971.
  32. Mc BRIDE, Sandra L; Dataciones Radiométricas K-Ar de la cordillera Real, Tesis Doctoral no publicada Universidad de Queens 1977.
  33. MEGARD F.; DALMAYRAC B.; LAUBACHER, G.; MAROCCO, R.; MARTINEZ, C.; PAREDES, J.; TOMASI, P. La Cha ne Hercyniqnne au Perou et en Bolivia Premier resultats cahiers O.R.S. T.O.M. Serie Geol. Vol. III N  1, 1971, 83 pp.
  34. MUÑOZ REYES JORGE; Geografía de Bolivia la Paz. Artes Gráficas Don Bosco, 1977.
  35. OELSNER, Trad. del alemán al francés por R. Mignon Atlas des principales parageneses minerales vues au microscope. Gauthier Villars, Paris 1965.
  36. PARK CF, Mac DIARMICK. Ore deposits.
  37. PEREZ. Guarachi, Herberto; Contribución al conocimiento geológico de la zona Ulla Charazani. Tesis inédita UMSA 1972. 80 pp.
  38. RUSSO, A.; Unidades Fisiográficas de Bolivia Inst. Boliviano del Petróleo. Vol. 5 N  3 - 4. 1965 pp.



39. SCHLATTER, LE.; NEDERLOF, M.M. Bosquejo de la Geología y Paleografía de Bolivia, Geobol, La Paz, Bolivia 1966.
40. SCHNEIDER, Alexander; Apuntes sobre el concepto de Provincia Metalífera Estaño-Argentífera. Bol. Inst. Boliviano del Petróleo T2 V2 La Paz 1961, pp. 27-28.
41. STANTON, R.L. ORE PETROLOGY. Department of Geology the University of New England, Australia Mc Graw Hill Book Co. 1972.
42. SUAREZ, MILTON. Estudio geológico de la Región de Mocomoco-Chuma-Ayata-Ambana (Cordillera de Muñecas). Tesis de Grado (Inédita) U.M.S.A. La Paz 1972, 101 pp.
43. TURNEAURE, F.S. 1955 Metallogenic. Provinces and epochs, Econ. Geol. 50 th Ann. Vol. Parte I pp. 38-98.
44. TURNEAURE, F.S.; The Bolivian Tin-Silver Province Econ. - Geol. Vol. 66; 1971 pp. 215-225.
45. VILLAPANDO, Abelardo; Consideraciones generales sobre la mineralización y distribución de estaño del noreste de Bolivia. Publicación Anales III Convención Nacional de Geología Boletín N° 19 Soc. Geol. Boliviana 1973 pp. 50-93.
46. ZAPATA, Hugo. Informe sobre asistencia técnica a Empresa Minera Suka Ltda. (inédito). Archivo Técnico de GEOBOL. La Paz 1971, 12 pp. 2 anexos.



BIBLIOTECA  
FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA





REFERENCIAS

OPORTUNIDAD DE UBICACION



LEYENDA GEOLOGICA

- CUATERNARIO:
  - Cuaternario aluvial
  - Cuaternario coluvial
  - Cuaternario morrénico
  - Cuaternario no diferenciado
- DREMIACO:
  - Pisos subvolcánicos
- PERMO CARBONIFERO:
  - Ofiolitas
- DEVONICO:
  - Serie devónica granítica

SÍMBOLOS GEOLOGICOS

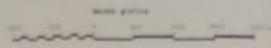
- Contacto inferior
- Contacto mojado en el terreno
- Trazo de plano de estratificación
- Eje Anticlinal
- Eje Sinclinal
- Faltas y dislocas verticales
- Faltas huérfanas, los dientes indican el bloque superior
- Venas con indicación de buzamiento, poroférricas y
- Número de muestra
- Rumbo y buzamiento de estratos
- Estratificación vertical
- Estratificación horizontal
- Rumbo y buzamiento de la estructura
- Fallamiento vertical
- Equivalencia vertical

MINERIA

- ▲ Ocaso a labor minera de exploración
- Sector a labor minera de explotación con salero o desmonte

SÍMBOLOS TOPOGRAFICOS

- Lagunas
- Rieles
- Quebradas
- Camino principal
- Camino secundario
- Senda
- Poblaciones
- Altos tomados con altímetro



PESES DE GRADO POR GALO MONTENEGRO

MAPA GEOLOGICO MINERO  
 AREA CHARAZANI-MINA SUKA  
 CALLIZANI

ESCALA 1:5000	FECHA DE ELABORACION	6
Auto	1980	
Autor		
Bajo Muestreo		