

T  
552.22  
505

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO

"ESTUDIO GEOLOGICO PETROGRAFICO  
DE LAS LAVAS  
DE LA REGION DE CHARAZANI"

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA  
CENTRO DE INFORMACIÓN BIBLIOTECARIO

N.º DE INVENTARIO: 0-67528  
VALOR: \$4.00  
CLASIFICACIÓN: 552.22/505  
FECHA DE INGRESO: 25/09/06  
PROCEDENCIA:  
SOLICITADO POR: E.I.C.T.

INGENIERO GEOLOGO

PRESENTADA POR

EDISON SOSA SALAME

GUAYAQUIL-ECUADOR



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

1.980

"ESTUDIO GEOLOGICO PETROGRAFICO  
DE LAS LAVAS  
DE LA REGION DE CHARAZANI"

  
ING. JORGE CALLE G.  
Director de Tesis

  
EDISON SOSA S.  
Autor

## 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 Politécnica del Litoral.

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

---

## DEDICATORIA

A MIS PADRES y ABUELITA,  
artífices de esta conquista,  
a la cual me impulsaron con  
amor , sacrificio y abnega  
ción:



A MI ESPOSA,  
que con su amor y estímulo  
constantes , contribuyó a  
hacer realidad uno de mis  
más grandes anhelos.

A MIS HERMANOS,  
por vuestro aliento para  
culminar el presente tra  
bajo.

## A G R A D E C I M I E N T O

Mi profundo agradecimiento al Ing. Alvaro Fernandez C., Director Ejecutivo del Servicio Geológico de Bolivia, y a los Ings. Guillermo Cortez y Marcelo Claure, Directivos del Proyecto Cordillera, por haberme brindado la oportunidad de realizar el presente trabajo.

Deseo agradecer sinceramente a los Ings. José Pinto, Fernando Vañez y Hernán Villena, por su constante ayuda y asesoramiento, así como a todo el personal técnico, nacional y extranjero, administrativo y de apoyo, del Proyecto Cordillera, que contribuyeron de una u otra forma a hacer realidad esta Tesis de Grado.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral, al Departamento de Ingeniería de Geología Minas y - Petróleo, en especial al Ing. Jorge Calle G., Director de Tesis, así como a los Ings. Fernando - Repetto y Franklin Erazo, por su ayuda y sugerencias durante la redacción del presente trabajo.

---

# C O N T E N I D O

	Pág.
RESUMEN	
1.-INTRODUCCION .....	1
1.1.-OBJETIVO .....	1
1.2.-METODO DE TRABAJO .....	2
2.-GENERALIDADES .....	5
2.1.-UBICACION .....	5
2.2.-ACCESIBILIDAD .....	6
2.3.-CLIMA .....	7
2.4.-VEGETACION .....	9
2.5.-INVESTIGACIONES ANTERIORES .....	11
3.-GEOLOGIA REGIONAL .....	13
3.1.-GEOMORFOLOGIA .....	13
3.1.1.-Generalidades .....	13
3.1.2.-Zonas geomórficas .....	15
3.1.2.1.-El Altiplano .....	15
3.1.2.2.-La Región de los Valles ...	17
3.1.3.-Procesos geomórficos .....	18
3.1.3.1.-Procesos exógenos .....	18
3.1.3.2.-Procesos endógenos .....	20
3.1.4.-Diseños de drenaje .....	21
3.1.4.1.-Diseño subparalelo .....	21
3.1.4.2.-Diseño meándrico .....	22
3.1.4.3.-Diseño dendrítico .....	22
3.1.5.-Formas geomórficas .....	23
3.1.5.1.-Morrenas .....	24
3.1.5.2.-Formas glacialacustres .....	25
3.1.5.3.-Formas glaciéfluviales .....	26
3.2.-ESTRATIGRAFIA .....	27
3.2.1.-Generalidades .....	27
3.2.2.-Secuencia paleozoica .....	29
3.2.2.1.-Sistema devónico .....	29

---

3.2.2.2.-Sistema carbónico .....	32
3.2.2.3.-Sistema pérmico .....	36
3.2.3.-Secuencia mesozoica .....	38
3.2.3.1.-Sistema cretácico .....	40
3.2.3.1.1.-Formación Huarachani ..	40
3.2.3.1.2.-Formación Ococoya ....	41
3.2.3.1.3.-Formación Kumina .....	42
3.2.4.-Secuencia cenozoica .....	43
3.2.4.1.-Sistema terciario .....	43
3.2.4.2.-Sistema cuaternario .....	44
3.3.-GEOLOGIA ESTRUCTURAL .....	46
3.3.1.-Generalidades .....	46
3.3.2.-Plegamientos .....	47
3.3.3.-Fallas .....	49
3.3.4.-Diaclasas .....	53
3.4.-MAGMATISMO .....	55
3.4.1.-Generalidades .....	55
3.5.-DEPOSITOS MINERALES .....	59
3.5.1.-Generalidades .....	59
3.5.2.-Depósitos metálicos .....	60
3.5.3.-Depósitos no metálicos .....	65
3.5.4.-Depósitos radiactivos .....	66
3.6.-GEOLOGIA HISTORICA .....	67
3.6.1.-Generalidades .....	67
3.7.-PROSPECCION GEOQUIMICA REGIONAL .....	72
3.7.1.-Generalidades .....	72
3.7.2.-Resultados e interpretación .....	75
3.7.3.-Conclusiones .....	81
4.-ESTUDIO PETROGRAFICO .....	86
4.1.-GENERALIDADES .....	86
4.2.-DENSIDAD Y METODOS DE MUESTREO .....	88
4.3.-DESCRIPCION Y DISTRIBUCION DE LOS TIPOS LITOLÓGICOS: TEXTURAS, MINERALOGIA Y ALTERACIONES .....	89

---

4.3.1.-Descripción de los tipos litológicos: Texturas, Mineralogía y alteraciones ...	90
4.3.2.-Distribución de los tipos litológicos....	105
4.4.-PETROLOGIA: CLASIFICACION, ESTUDIO DE LA SECUEN- CIA Y VARIACION LITOLOGICA .....	105
4.4.1.-Clasificación .....	107
4.4.2.- Estudio de la Secuencia y variación lito- lógica .....	108
4.5.-RELACION ENTRE LITOLOGIA, MINERALIZACION Y ALTERACIONES .....	109
4.6.-CONCLUSIONES .....	111
5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
5.1.-CONCLUSIONES .....	113
5.2.-RECOMENDACIONES .....	114
6.-APLICABILIDAD DEL ESTUDIO EN EL ECUADOR.....	116
6.1.-INTRODUCCION .....	116
6.2.-GENERALIDADES .....	116
6.3.-ESTUDIO COMPARATIVO .....	121
6.4.-CONCLUSION Y RECOMENDACION .....	123
ANEXOS .....	126
BIBLIOGRAFIA .....	155

#### MAPAS

Nº 1 .- Ubicación Nacional .....	final
Nº 2 .- Ubicación Departamental .....	final
Nº 3 .- Accesibilidad .....	final
Nº 4 .- Geológico .....	final
Nº 5 .- Análisis de Drenaje .....	final
Nº 6 .- Corte Geológico A-A' .....	final
Nº 7 .- Corte Geológico B-B' .....	final
Nº 8 .- Geoquímico .....	final
Nº 9 .- Ubicación de muestras petrográficas .....	final

## GRAFICOS

Nº 1	.- Coordenadas Geográficas del área de estudio . . . . .	131
Nº 2	.- Distribución Acumulativa de frecuencia Cu del Devónico . . . . .	132
Nº 3	.- Distribución Acumulativo de frecuencia Pb del Devónico . . . . .	133
Nº 4	.- Distribución Acumulativa de frecuencia Zn del Devónico . . . . .	134
Nº 5	.- Distribución Acumulativa de frecuencia Cu del Carbo-Pérmico . . . . .	135
Nº 6	.- Distribución Acumulativa de frecuencia Pb del Carbo-Pérmico . . . . .	136
Nº 7	.- Distribución Acumulativa de frecuencia Zn del Carbo-Pérmico . . . . .	137
Nº 8	.- Distribución Acumulativa de frecuencia Cu del Terciario . . . . .	138
Nº 9	.- Distribución Acumulativa de frecuencia Pb del Terciario . . . . .	139
Nº 10	.- Distribución Acumulativa de frecuencia Zn del Terciario . . . . .	140

## FOTOGRAFIAS

Nº 1	.- El Altiplano . . . . .	16
Nº 2	.- Región Cordillerana y de los Valles . . . . .	16
Nº 3	.- Rocas Devónicas . . . . .	31
Nº 4	.- Rocas Carbónicas . . . . .	35
Nº 5	.- Rocas Pérmicas . . . . .	35
Nº 6	.- Contacto entre Rocas Pérmicas y Terciarias . . . . .	45
Nº 7	.- Sinclinal de Huachani, vista panorámica . . . . .	39
Nº 8	.- Falla Suches . . . . .	45
Nº 9	.- Falla Calaya . . . . .	51
Nº 10	.- Rocas Volcánicas . . . . .	57
Nº 11	.- Dique . . . . .	51
Nº 12	.- Rocas Volcánicas: minerales radiactivos . . . . .	54
Nº 13	.- Rocas Volcánicas alteradas . . . . .	54
Nº 14	.- Rocas Volcánicas: vista panorámica . . . . .	85
Nº 15	.- Cuarzo, en riocitas . . . . .	92



**BIBLIOTECA FICHA  
ESPOL**

Nº 16	- Plagioclasa, en riodacitas	92
Nº 17	- Biotita, en riodacitas	94
Nº 18	- Círcón, en riodacitas	94
Nº 19	- Pasta vítrea alterada, en riodacita	96
Nº 20	- Textura porfirítica en riodacitas	96
Nº 21	- Plagioclasa Senicitizada	98
Nº 22	- Calcita en vetillas	98
Nº 23	- Cuarzo en dacitas	100
Nº 24	- Inclusión fluída en cuarzo	100
Nº 25	- Plagioclasa en dacita	102
Nº 26	- Biotita en dacita	102
Nº 27	- Xenolito	104
Nº 28	- Pasta microcristalina en dacita	104
Nº 29	- Textura porfirítica en dacita	106
Nº 30	- Plagioclasa Carbonitizada, en dacitas	106



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL ECUADOR  
ESPOL

#### TABLAS

Nº 1	- Resultados de muestras de sedimentos fluviales: Devónico	141
Nº 2	- Resultados de muestras de sedimentos fluviales: Carbono-Pérmico	144
Nº 3	- Resultados de muestras de sedimentos fluviales: Terciario	146
Nº 4	- Intervalos y Frecuencias de Cu, Pb y Zn en el Devónico	148
Nº 5	- Intervalos y Frecuencias de Cu, Pb y Zn en el Carbono-Pérmico	149
Nº 6	- Intervalos y Frecuencias de Cu, Pb y Zn en el Terciario	150
Nº 7	- Rangos Anomálicos	151
Nº 8	- Mineralogía, Texturas y Alteraciones en Riodacitas	152
Nº 9	- Mineralogía, Texturas y Alteraciones en Dacitas	153
Nº 10	- Variación de composición de unidades litológicas	154

## R E S U M E N

La región de Ulla Ulla está localizada al noroeste de la República de Bolivia, a 200 Km. de la ciudad de la Paz.

Está dividida en dos regiones morfológicas bien diferenciadas, el Altiplano y la de los Valles.

Litológicamente, está constituida por rocas Paleozoicas: Devónico, Carbónico y Pérmico; Mesozoicas: Cretácico; y Cenozoicas: Terciario y Cuaternario. La mayoría son sedimentarias, aunque también hay aquellas con un bajo grado de metamorfismo y rocas ígneas que constituyen el cuerpo volcánico de Charazani, resultado de la intensa actividad magmática que afectó a la región.

Las estructuras están orientadas dentro de un mismo tren estructural de dirección NW-SE, igual al que siguen los Andes Orientales.

La interpretación estadística de los resultados obtenidos de la prospección geoquímica realizada, permitió establecer la presencia de cuatro zonas anómalas: Akamani, Kesanani, Llujlla Khuchu y Ta-

---

cachillani.

Mediante el estudio petrográfico de muestras obtenidas del cuerpo volcánico de Charazani, se determinó que aquel está constituido por dacitas y rioldacitas, todas ellas de textura porfirítica, con fenocristales de cuarzo, feldespatos y biotita alterada, principalmente, dispersos en una matriz afanítica microcristalina, con sericita, clorita, calcita y arcilla, como sus principales minerales de alteración.

---

## 1.- I N T R O D U C C I O N

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y el Servicio Geológico de Bolivia (GEOBOL) firmaron un Convenio, el cual permitió que egresados del Departamento de Ingeniería de Geología Minas y Petróleos de la Institución primero mencionada, reciban un entrenamiento profesional, previo a la obtención del título de Ingenieros Geólogos, durante el lapso de un año, en la República de Bolivia.



Los Directivos del Servicio Geológico de Bolivia designaron al autor para que realice dicho entrenamiento en el área Ulla Ulla, con la asesoría del personal técnico del Proyecto Cordillera y de las Naciones Unidas.

El autor deja constancia de su agradecimiento a las citadas Instituciones por la oportunidad brindada para la realización del presente estudio.

### 1.1.-OBJETIVOS:

Los principales objetivos que condujeron a la presente investigación, fueron realizar:

-El levantamiento geológico del área Ulla Ulla

- La prospección geoquímica regional, para establecer la presencia de los elementos Cobre (Cu), Plomo (Pb), Zinc (Zn), Antimonio (Sb), Estaño (Sn) y Wolfram (W).
- El muestreo de rocas, para determinar los diferentes tipos litológicos y mineralización, asociados al cuerpo volcánico de Charazani.

### 1.2.-METODO DE TRABAJO:

En la conducción del trabajo fueron cumplidas dos etapas, la de los trabajos de campo y la de los trabajos de oficina.

En la etapa de los trabajos de campo se realizaron tres campañas de 10, 22 y 10 días respectivamente, totalizando 42 días de trabajo efectivo de campo.

En la primera campaña, se realizó el mapeo geológico, muestreo de rocas del cuerpo volcánico y prospección geoquímica del sector noreste del área de estudio, correspondiente a las poblaciones de Charazani, Calaya y Canizaya.

En la segunda campaña, se realizaron los mismos trabajos que en la primera, esta vez en los sec-



tores noroeste y central, correspondientes a las poblaciones de Ulla Ulla, Medallani y Chilchata.

En la tercera etapa, se cumplieron trabajos de mapeo geológico, verificando los contactos entre todos los sistemas presentes en el área, poniendo énfasis en los sectores sur y sureste de la misma, además del muestreo de rocas del cuerpo volcánico.

En la etapa de trabajos de oficina, se elaboraron los respectivos mapas geológico, geoquímico, de muestreo petrográfico, de drenaje, etc.

Se mandaron las muestras geoquímicas al laboratorio para la determinación de Cu, Pb, Zn, Sb, Sn y W.

Se clasificaron las muestras petrográficas que debían ser enviadas al laboratorio para la confección de las respectivas secciones delgadas, realizándose el análisis de algunas de estas secciones, aprovechando la disponibilidad del laboratorio respectivo.

La compilación de información fue constante, sumándose a ésta, la obtenida en el dictado de conferen

cias por los distintos grupos de trabajo de las áreas colindantes, relativas a los resultados y las conclusiones preliminares a las que se arribó como producto de los trabajos que hasta la fecha se habían realizado. Este último paso se lo efectuó, ya que el área de estudio formaba parte de un programa de Prospección en Areas Seleccionadas de la Cordillera Central de la República de Bolivia, a cargo del Proyecto Cordillera del Servicio Geológico de Bolivia, con el auspicio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

## 2.- G E N E R A L I D A D E S

### 2.1.-UBICACION:

La zona objeto del presente estudio se encuentra u  
bicada al noroeste de la República de Bolivia, (véa  
se Mapa N° 1). Correspondiéndole la hoja geológica  
de Ulla Ulla, que tiene el cuadrángulo N° 5748. Po  
líticamente pertenece al Departamento de La Paz y  
forma parte de las provincias Bautista Saavedra -  
(Charazani), Franz Tamayo (Ulla Ulla) y Camacho (Hua  
rachani), (véase Mapa N° 2).



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Geográficamente, está delimitada por las siguientes  
coordenadas:

- A: 15°00' Latitud Sur, 69°18'25" Longitud Oeste
  - B: 15°00' Latitud Sur, 68°58'30" Longitud Oeste
  - C: 15°20' Latitud Sur, 68°58'30" Longitud Oeste
  - D: 15°20' Latitud Sur, 69°13'50" Longitud Oeste
  - E: 15°15'30" Latitud Sur, 69° 7'10" Longitud Oeste
  - F: 15° 2'30" Latitud Sur, 69°18'25" Longitud Oeste
- (Véase gráfico N° 1)

Topográficamente, es una zona abrupta ubicada en  
el flanco occidental de la Cordillera Real Boliviana,  
na, con alturas que fluctúan entre 3000 y 5000 m.s.n.m.,

Estructurando tres regiones bien definidas: El Altiplano, los Valles y la Cordillera.

## 2.2.-ACCESIBILIDAD:

Se puede llegar al área de estudio utilizando un camino-carretero, que une la ciudad de La Paz con el cantón Charazani, que con una longitud de 270 Km., (véase Mapa N° 3), constituye el principal carrretero del que parten algunos ramales, sistema que es transitable en determinadas épocas del año y consta de:

El ramal que va hasta la población de Ulla Ulla, situada muy próxima a la frontera con el Perú. De este ramal a su vez, nace otro que conduce a la población de Calaya, situada al noreste de la zona prolongándose hasta el cantón Curva.

El ramal que llega hasta la población de Amarete, situada en el límite sureste del área de estudio.

La zona también cuenta con un sinnúmero de senderos y caminos de herradura, que penetran en el interior

de la misma, pero que igual que los caminos-carreteros citados anteriormente, son transitables solo en determinadas épocas del año.

### 2.3.-CLIMA:

El área de estudio presenta varios tipos de clima, que están de acuerdo con la topografía de la misma, donde se presentan tres zonas climáticas bien diferenciadas:

- 1.- El Altiplano.- Con alturas que fluctúan entre los 4300 y 4700 m.s.n.m., es una región generalmente semidesértica, de estepa, con inviernos secos y fríos y con temperaturas que oscilan entre los 6° y 12°C., en cambio los veranos son mas calientes y con precipitaciones, llegando la temperatura a niveles superiores a los 16°C.
- 2.- La Región Cordillerana.- Constituida por las partes altas de montaña en donde las alturas sobrepasan los 5000 m.s.n.m., se caracteriza por tener un clima de páramo, siempre frío y húmedo, con presencia de fuertes nevadas y densas neblinas la mayor parte del año.
- 3.- Las Cabeceras de Valle.- Con alturas que fluctúan entre los 3500 y 3800 m.s.n.m., donde el



clima es más templado y la humedad mayor. Las lluvias son más frecuentes en el verano acompañadas con densas neblinas, sobre todo matinales, mientras que en el invierno tanto las lluvias como las neblinas son escasas. La temperatura oscila entre los niveles inferiores a los 22°C. en los meses más calientes y los niveles inferiores a los 10°C. en los meses más fríos.

El área está servida por una pequeña estación meteorológica, ubicada en La Cabaña (Ulla Ulla), de la que se logró obtener algunos datos interesantes:

Los meses de verano, diciembre, enero, febrero y marzo, son los de mayor precipitación pluvial. En otoño y primavera las lluvias son esporádicas y de menor intensidad. En el invierno casi no hay lluvias, correspondiendo a los meses de junio y julio la menor precipitación.

El valor medio de precipitación pluvial para la zona varía entre 700 y 1000 mm. anuales.

El mes más caluroso del año es noviembre, con temperaturas comprendidas entre 12° y 16°C., en

cambio el mes más frío es junio y registra temperaturas que oscilan entre 0° y 5°C.

#### 2.4.-VEGETACION:

La vegetación, al igual que el clima, está presente de acuerdo a la topografía de la región, observándose especies típicas para cada una de ellas, así tenemos:

1.- El Altiplano.- Se produce en esta región: papa (*Solanum Tuberosum*), cebada (*Hordeum Vulgare*), quinua (*Chenopodium Quinoa*), oca (*Oxalis Tuberosum*), etc.

Entre los árboles oriundos tenemos Kisguara, Keñua y Kantuta, esta última presenta las variedades *Cantua flexuosa*, *Cantua dependeus* y *Cantua busifolia*. También está caracterizada esta región por la presencia de paja brava y pastos duros.

2.- La Región Cordillerana.- Esta región está caracterizada por la presencia de pequeños charcos, siempre verdes, llamados Bofedales (zona pantanosa), que presenta plantas Higrofitas (*Disticha muscoides*). Existen también pastos

húmedos, entre los que tenemos Grama (*Poa me-yenní*), Totorilla (*Scirpus inundatus* y *Scirpus nudus*), Umaocsas (*Carex divisa* y *Carex paludosa*), Lajchu (*Ciprea* sp.), Chojlla (*Bromus uníoides*) y pastos secos, entre los cuales tenemos Kheña, Kheaculcha no clasificada, Khea-Khea (*Lupinus tomentosus*) y Sankalayo no clasificado.

Existe proliferación de plantas del género *Sphagnun*, que han dado lugar a la formación de Turberas.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

- 3.- Las Cabeceras de Valle.- En esta región se produce papa, maíz, etc., existiendo además una gran variedad de árboles y arbustos. Es abundante la vegetación de clima semitropical, tal como el Bambú (*Arundo forticalis*), una gran variedad de helechos como la Cortadera Seguenka (*Typha augustiflolia*), Romasa (*Rumex rumessa*), Cebil (*Piptodinia macrocarpa*), etc.

Esta es la región de las Epífitas, donde abundan las Lianas y las plantas parásitas del género *Tillandsia*.

## 2.5.-INVESTIGACIONES ANTERIORES:

Son muy pocos los trabajos que se han realizado anteriormente en la zona, obedeciendo esto a la poca accesibilidad de la misma. Sucede también que algunos trabajos fueron abandonados, quedando inconclusos, lo que no permitió que se cumpliera con los objetivos que los animaron.

Los trabajos realizados anteriormente en la zona - son:

DOUGLAS (1914), investigó y sugirió que las rocas calcáreas del Paleozoico Superior, podrían pertenecer al Pérmico, por estudios que hizo en ciertos - Braquiópodos y Gastrópodos.

MOON H.P. (1939), realizó estudios geológicos y fisiográficos del Altiplano, tanto del Perú como de Bolivia.

HEIM A. (1947), realizó estudios sobre la glaciación, cerca de Poto, localidad peruana situada al noroeste del área de estudio.

NEWELL N.D. (1949), realizó investigaciones geológicas en los alrededores del Lago Titicaca y en la zona limítrofe del área de estudio.

RIVAS S. (1962), realizó trabajos geológicos al sur de la zona de estudio.

PEREZ H. (1972), realizó estudios geológicos de la región Ulla Ulla - Charazani, como Tesis de Grado.

PEREZ H. (1973), realizó muestreo de rocas para dataciones radiométricas en la zona del cuerpo volcánico de Charazani.

GEOBOL, Servicio Geológico de Bolivia, (1975) , realizó un estudio geológico - geoquímico, de la zona de Charazani - Medallani, por intermedio de su Proyecto Cordillera.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

### 3.- G E O L O G I A R E G I O N A L

#### 3.1.-GEOMORFOLOGIA:

##### 3.1.1.-Generalidades.-

El área de estudio está dividida en dos regiones morfológicas bien diferenciadas, cada una de las cuales tiene sus características propias tanto litológicas como estructurales y de glaciación. Entre estas dos regiones existe un límite natural, que permite diferenciarlas y que además constituye la divisoria de aguas, (Divortium Aquarum), entre las dos cuencas hidrográficas existentes, que son: la cuenca del Río Beni y la cuenca interna del Lago Titicaca, cuyo principal afluente es el Río Suches, que atravieza toda la zona de estudio y que además sirve como límite de la misma con la República del Perú. (véase mapa N° 5)

Estas dos regiones anotadas anteriormente están conformadas por la Cordillera y de los Valles y el Altiplano, respectivamente.

En general, el área ha sido modelada por un conjunto de procesos geomórficos tanto exógenos como endógenos, cada uno de los cuales desarrolló su

acción en mayor o menor intensidad.

Entre los principales agentes exógenos que actúan tenemos: Glaciación, Erosión, acción del Agua Corriente, tanto superficial como subterránea, observándose que el clima jugó un papel importante en los procesos de erosión y meteorización y que todos los procesos actuaron intensamente, favorecidos por la escasa vegetación existente en la zona.

Entre los agentes endógenos que tuvieron decidida participación tenemos: El Volcanismo y el Diastrorfismo.

La acción de estos procesos, tanto exógenos como endógenos, dió lugar a la aparición de diferentes formas geomórficas como los glaciales, glacialacustres y glaciifluviales; entre las que alcanzaron mayor desarrollo.

Los tipos de drenaje se presentan también de acuerdo a la región, así tenemos que en el Altiplano - los más comunes son el meandrónico y el subparalelo, mientras que en los valles y la Cordillera el más común es el dendrítico.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

También se presentan otros tipos de drenaje pero su desarrollo es localizado, entre ellos podemos mencionar el anastomosado, dicotómico, etc.

### 3.1.2.-Zonas Geomórficas.-

Como hemos mencionado anteriormente, el área de estudio está dividida en dos zonas geomórficas bien diferenciadas que son:

#### 3.1.2.1.-El Altiplano:

Ocupa la parte occidental del área, caracterizado por presentar extensas planicies cubiertas por sedimentos cuaternarios, no consolidados, de topografía suave, donde se observa un desarrollo notable de morrenas y abanicos aluviales, con la presencia de un sinnúmero de ríos pequeños de cauce poco profundo y lagos de origen glacial. (Foto N° 1).

Estos ríos han dado lugar a la formación de diseños característicos de los terrenos no consolidados y de pendientes suaves, como es el caso del subparalelo y el meandrónico. Todos estos ríos pequeños son afluentes del río Suches, que a su vez es el principal afluente de la Cuenca



Foto N° 1.-El Altiplano. Nótese la topografía suave y ondulante del mismo, estas pequeñas elevaciones son morrénicas. En primer plano, afloramientos de areniscas rojas del cretácico y pequeñas lagunas de origen glacial.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

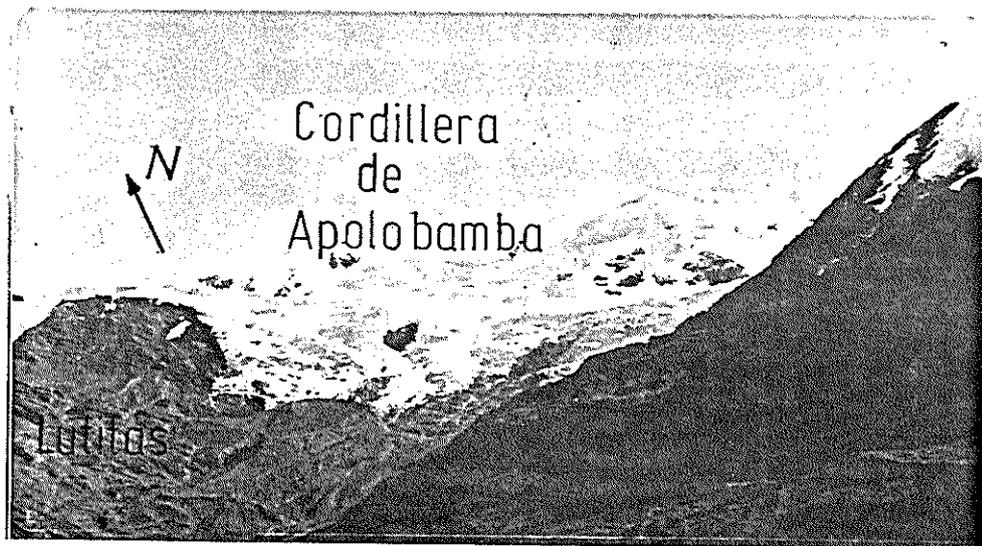


Foto N° 2.-Región Cordillerana y de los Valles. Sector de la Cordillera de Apolobamba. Nótese en las faldas de los nevados la presencia de afloramientos de lutitas pizarrosas devónicas.

interna del lago Titicaca y que al mismo tiempo constituye el nivel de base local de la zona.

### 3.1.2.2.-La Región de los Valles:

Ocupa la parte sur y oriental del área de estudio, desarrollada en el flanco occidental de la Cordillera Real Boliviana. Se caracteriza por presentar cadenas montañosas semiparalelas con valles profundos, constituidas en su totalidad por rocas volcánicas y sedimentarias, todas ellas duras, que han dado lugar a la configuración de una topografía accidentada y abrupta. (Foto N° 2).

El diseño de drenaje dendrítico alcanzó un desarrollo notable, favorecido por factores tales como: rocas duras de resistencia uniforme, falta de control estructural, estratos sedimentarios con buzamientos bajos, etc.

El nivel de base local de la zona lo constituye el río Charazani, uno de los principales afluentes del río Beni.

### 3.1.3.-Procesos geomórficos.-

En el área de estudio han ejercido su influencia diferentes procesos geomórficos entre los cuales podemos destacar los siguientes:

#### 3.1.3.1.-Procesos exógenos:

a) Erosión.- Tuvo un amplio desarrollo originando un relieve con diferencias topográficas notables, debido principalmente a la resistencia relativa que ofrecen las rocas aflorantes en la zona. Este desarrollo amplio de la erosión tuvo su apoyo en dos agentes principales, el agua corriente y el hielo, aunque también actuó en forma reducida el viento.



El agua corriente superficial ejerció su efecto dando como resultado formas tales como abanicos aluviales, en los ríos juveniles de las zonas montañosas, terrazas aluviales en los ríos maduros, planicies de inundación en las mesetas etc.

La acción del agua corriente subterránea, ha dado lugar al desarrollo de cavernas en sectores constituidos de materiales calcáreos, evidenciadas por la presencia de dolinas.

Los efectos de la glaciación fueron intensos, sobre todo en las zonas próximas a los nevados dando lugar a la formación y transformación de algunas formas asociadas a la misma, tales como: morrenas, lagos glaciales, circos, valles en U, etc. Frecuentemente en esta zona donde tuvo lugar un proceso de glaciación, se encuentran derrumbes y escombros de taludes, a causa de la falta de consolidación posterior de los materiales que eran transportados por los glaciares.

b) Intemperismo.- El intemperismo mecánico, - ejerció gran influencia en la modelación del paisaje.

La meteorización es un proceso físico-químico, mediante el cual las rocas son desintegradas y descompuestas por la acción de un conjunto de factores, que en el caso del área del presente estudio, fueron los cambios bruscos de temperatura del día y de la noche, así como la dilatación causada por la congelación. Todos estos factores sumados hicieron que la roca esté sometida constantemente a esfuerzos y tensiones que la fueron desintegrando en forma paulatina.

El intemperismo químico no tuvo gran alcance, a causa de la poca humedad del terreno y al clima muy frío imperante en la región.

c) Remoción en Masa.- Este proceso también se lo conoce como desplazamiento gravitacional de los materiales, que en el área de estudio se manifiesta en forma de derrumbes. Este proceso fue favorecido por la acción conjugada de diferentes factores tales como: escasa vegetación, presencia de laderas abruptas, fracturamiento - intenso de las rocas, etc., entre los más importantes.

### 3.1.3.2.-Procesos Endógenos:

a) Volcanismo.- Dió lugar a la aparición de rocas volcánicas, las mismas que por su naturaleza dura y maciza, ofrecen una resistencia mayor y uniforme a la acción de los agentes erosivos, originando con esto la topografía elevada y accidentada que es característica de la zona donde afloran estas rocas.

b) Diastrofismo.- Este proceso, que conlleva la acción de intensos movimientos geotectónicos, - contribuyó a la formación de las extensas cade

nas montañosas de las cuales forma parte el área de estudio. Este fenómeno trajo consigo - una intensa deformación de las rocas presentes en el área, siendo el resultado el gran número de plegamientos y fallamientos que están ampliamente distribuidos en la misma.

#### 3.1.4.-Diseños de drenaje.-

Los diferentes diseños de drenaje presentes en el área de estudio, son el resultado de las características que reúnen los terrenos por los que atraviezan los sistemas hidrográficos que ocurren en la misma.

De esta manera tenemos que en la región altiplánica, que está constituida de materiales cuaternarios no consolidados, se presentan los diseños subparalelo y meándrico, mientras que en la región de los valles y altas montañas el diseño que se ha desarrollado es el dendrítico. (mapa N° 5).

##### 3.1.4.1.-Diseño subparalelo.-

Es el diseño densamente distribuido en la región del altiplano, como consecuencia de los

materiales sueltos y poco consolidados presentes en la misma, además de la topografía suave y ondulante. Todos los ríos de esta zona son consecuentes y de cauce poco profundo.

#### 3.1.4.2.-Diseño meándrico.-

Este diseño se presenta en el sector noroccidental del área de estudio, desarrollado principalmente en el río Suches, cuando atravieza la extensa llanura de Ulla Ulla. Este diseño es característico de los ríos maduros como el Suches, en él se observan meandros abiertos y cerrados, además de lagunas en forma de herradura, que constituyen los restos de antiguos meandros.

El río Suches a diferencia de sus tributarios que son consecuentes, en la zona que nos ocupa es subsecuente, ya que su cauce se ha desarrollado aprovechando la falla Suches.

#### 3.1.4.3.-Diseño dendrítico.-

Su desarrollo ha sido favorecido gracias a diferentes factores, entre los cuales el litoló-

gico es el más importante.

Esta región de topografía accidentada está constituida por un complejo de rocas ígneas-sedimentarias de baja permeabilidad, que ofrecen una resistencia uniforme a la erosión, con densidad de drenaje de media a baja, siendo todos ellos afluentes del río Beni.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

A parte del factor litológico, otros factores que han jugado un papel importante en el desarrollo de este diseño son: falta de control estructural, estratos sedimentarios con buzamientos bajos, etc. :

### 3.1.5.-Formas geomórficas.-

Están ampliamente representadas en la zona, en especial en la región del altiplano, donde se encuentran ocupando casi la totalidad de la misma.

Entre las formas geomórficas que están cubriendo mayores espacios de terreno, en orden de importancia, tenemos: morrenas, glacialacustres y glaci-fluviales, además de otras de menor importan-

cia como son: valles, circos glaciares, etc.

### 3.1.5.1.-Morrenas.-

Son las formas más importantes y de mayor distribución. Ocupan extensos sectores tanto en el altiplano como en los valles y las altas montañas, constituyendo paisajes de topografía ondulante, formados principalmente de fragmentos de roca de las que afloran en la región respectiva, tales como: cuarcitas, lutitas, pizarras, areniscas, etc. Estos fragmentos tienen formas que van de las angulosas a las subredondeadas y están cementados por una matriz areno-arcillosa.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Se presentan varios tipos de morrenas tales como: frontales, laterales y de fondo, existiendo áreas donde se observa una morfología tal que permite diferenciar los distintos tipos de morrenas presentes en la misma.

Las morrenas frontales, formadas en la parte exterior del glacial, entre las que podemos mencionar como importantes a las del valle del río Cañuma y sus alrededores, están constituidas -

principalmente de material clástico grueso y en menor proporción de material fino (arcilloso).

Las morrenas laterales, formadas a lo largo y a ambos lados del glacial, han alcanzado su me jo r desarrollo en el sector noroeste del área de estudio, constituyendo verdaderas serranías con elevaciones de hasta 250 m. de altura, con formas alargadas y depresiones sin cursos de agua. El material del que están constituidas estas morrenas es similar al de las morrenas frontales.

Las morrenas de fondo, formadas en la parte ba ja del glacial, están constituidas por ma te ri a l e s compactos de textura gruesa, depositados durante la fusión final del glacial.

### 3.1.5.2.-Formas glacialacustres.-

Constituidas principalmente por los lagos de origen glacial, que se formaron al fundirse las enormes masas de hielo depositadas en las depresiones, en muchas áreas estas masas se de po s ita ron irregularmente y dieron lugar a la

formación de pequeñas lagunas.

Entre los lagos más importantes, de origen glacial, presentes en el área de estudio tenemos: Jankho Khala, Catantina, Chojña Kkota, Llacho Kkota, etc.

### 3.1.5.3.-Formas glaciófluviales.-

Originadas por la acción combinada del agua y del glacial.

El glacial al fundirse en su descenso por las llanuras de inclinación suave dió origen a cur sos de agua temporales que transportaron los materiales y sedimentos que venían siendo arra trados por él.

Al disminuir la pendiente de las llanuras, los glaciales perdieron velocidad lo que permitió la depositación de estos materiales y sedimen tos, originando los abanicos aluviales y los co nos de deyección.

Estos abanicos aluviales ocurren en el sector noroeste del área de estudio, presentando cier

ta alineación y una marcada clasificación de los materiales, encontrándose los más gruesos en la cabecera del abanico y los más finos en su parte terminal.

### 3.2.-ESTRATIGRAFIA

#### 3.2.1.-Generalidades.-

En el área de estudio ocurren rocas desde el Paleozoico hasta el Cenozoico.

Las rocas paleozoicas están ampliamente distribuídas, perteneciendo los sistemas Devónico, Carbónico y Pérmico. La mayoría son sedimentarias, aunque también hay aquellas de las que conforman la Cordillera de Apolobamba, que presentan un bajo grado de metamorfismo, del que afectó a la región.

Las rocas carbónicas son de origen continental, mientras que las pérmicas y devónicas, marinas.

De las rocas paleozoicas, las más pobremente expuestas son las carbónicas, forman franjas alargadas concordantes con las pérmicas, lo que mo-

tivó que no se pueda establecer un contacto exacto entre los dos sistemas, estableciéndose por lo tanto un sistema único que se lo denominó Carbo-Pérmico.

El Mesozoico, expuesto al sur del área, está constituido por rocas de edad Cretácica, todas ellas sedimentarias, de origen continental, y se encuentran suprayaciendo discordantemente a las rocas pérmicas.

El Cenozoico está representado por los sistemas Terciario y Cuaternario.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

El terciario está constituido por rocas ígneas pertenecientes al cuerpo volcánico de Charazani, aflorante en el sector noreste del área. También podrían pertenecer a este sistema los diques que afloran en los alrededores del cuerpo volcánico.

El material detrítico y poco consolidado del cuaternario, es el más ampliamente expuesto, llegando a ocupar casi el 50 % del área. Está constituido de gravas, arenas y arcillas que han formado variados tipos de depósitos, entre los

que destacamos a los morrenicos, aluviales, coluviales, glaciales, etc., hasta los más recientes que constituyen los derrumbes y deslizamientos.

A causa de que el área ha sido fuertemente tectonizada, la determinación de los contactos de los diferentes sistemas presentes en la misma, se tornó dificultosa, sumándose a esto la escasez de fósiles, por lo que la edad de algunos de estos sistemas se la determinó en base a las observaciones de campo y a la comparación con las secuencias aflorantes en áreas vecinas, donde dichas determinaciones son más exactas.

### 3.2.2.-SECUENCIA PALEOZOICA

#### 3.2.2.1.-Sistema Devónico.-

Este sistema se halla ampliamente distribuido en el área, en los sectores norte, sur y oriental.

Las rocas devónicas se caracterizan por su gran complejidad tectónica puesto que la mayoría de los afloramientos se encuentran entrapados entre fallas inversas y además están afec

tadas por un metamorfismo regional de bajo grado.

Litológicamente, están representadas por lutitas que gradan a pizarras, debido al metamorfismo regional que afectó la zona. Estas lutitas son de coloración gris oscura, bien estratificadas, fisibles, brillosas, debido a la abundante moscovita que contienen, presentan clivaje marcado, con intenso fracturamiento, untuosas al tacto, con espesores que varían entre 5 y 30 cm., intercaladas por delgadas capas de arenisca clara de 1 a 3 cm. de espesor, todo este conjunto se repite, constituyendo series muy potentes. Sobre las lutitas se encuentran potentes estratos de cuarcita y arenisca cuarcítica, de coloración blanca a gris clara, grano fino a medio, localmente presentan pirita diseminada, con espesores que varían entre 30 y 100 cm., formando grandes afloramientos de paredes abruptas. (Foto N° 3).

En la conducción del presente trabajo no se encontraron fósiles en la zona, pero se han hecho hallazgos en zonas vecinas, lo que ha permitido determinar la edad de estas rocas como



Foto N<sup>o</sup> 3.-Rocas devónicas, cuarcitas en las que se observa claramente la estratificación cruzada.

devónicas. Entre los principales fósiles encontrados en anteriores estudios de estas zonas tenemos: (Pérez H. , 1972)

Homalonotidae indet.    Orbiculolides cf.  
Leptocoelia indet.    Austrolocoelia tourteloti  
Pelecypoda indet.    Conularia cf. quichua  
Tentaculitis sp.    Schuchertella Agassisi  
Schelwinelle sp.

A causa del intenso fallamiento al que han estado sometidas estas rocas, no fue posible hacer una determinación exacta del espesor de este sistema, pero por las observaciones de campo y los datos suministrados por otros autores, se estima que el espesor del mismo sobrepasa los 2000 m. (Informe Geobol, 1975). Este potente espesor de sedimentos finos y gruesos, intercalados, fueron depositados en un ambiente marino de poca profundidad, en las facies epinerítica y nerítica.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

### 3.2.2.2.-Sistema Carbónico.-

Es el sistema de menor distribución en la zona de estudio, comparado con los extensos aflora-

mientos de los otros sistemas.

Sus afloramientos ocurren en los sectores norte y suroriental, formando franjas alargadas confinadas entre fallas inversas. Está representado casi en su totalidad por sedimentos clásticos con estratificación gradada.

Litológicamente está constituido por una secuencia alterna de lutitas y areniscas, encontrándose éstas hacia el tope y aquellas hacia la base de la secuencia.

Las lutitas son pizarrosas, bastante friables, y de color gris oscuro. Se encuentran intercaladas con delgadas capas de arenisca blanca, dando lugar a la formación de paredes abruptas.

Las areniscas, por lo general son cuarzosas, relativamente blancas, presentan pigmentaciones rojizas, de granulometría media a gruesa, resistentes a la erosión, presentan estratificación cruzada y además forman paredes abruptas. (Foto N° 4).

Una característica predominante del carbónico, es la presencia de tillitas en algunos de sus pisos. Estas tillitas son de color gris oscu-

ro, constituídas por clastos de diferente com  
posición entre los que predominan los de síli  
ce (Pedernal), englobados en una matriz areno  
arcillosa.

Una secuencia característica de este sistema -  
presenta, hacia la base, lutitas rojas a marrón  
rojizas, intercaladas con areniscas rojas de  
grano fino en estratos de 20 a 40 cm. de espe-  
sor. Continúa con una intercalación de arenis-  
cas arcillosas y feldespáticas, de color marrón  
claro a violáceo, de grano fino a medio, dis-  
puestas en estratos de 30 a 60 cm. de espesor,  
intercaladas con delgadas capas de lutita gris  
y hacia el tope se observan areniscas amarillen-  
tas a blanquecinas, de grano medio a grueso, en  
estratos de 20 a 30 cm. de espesor, con estrati-  
ficación cruzada.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

No se han encontrado fósiles en la zona de es-  
tudio, pero la edad de estas rocas fue determi-  
nada en base a las observaciones de campo y -  
por las características propias de este siste-  
ma, como es el caso de la presencia de las tí-  
llitas.



Foto N° 4.-Rocas Carbónicas, areniscas cuarzosas blancas, con pigmentaciones rojizas.



Foto N° 5.-Rocas Pérmicas. Estratos de calizas del Grupo Copacabana. En primer plano, el camino que conduce a Charazani.

El espesor tampoco se lo conoce exactamente, pero en base a estimaciones de otros autores, es del orden de los 300 m., terminando esta secuencia con la aparición de la primera caliza del Pérmico.

Los sedimentos del Carbónico son de origen continental, fueron depositados por corrientes - fluviales, a poca profundidad, hipótesis corroborada por la presencia de estratificación cruzada de bajo ángulo, con predominancia de la - facie arenosa.

### 3.2.2.3.-Sistema Pérmico.-

Este sistema, de la misma manera que el Devónico presenta un desarrollo notable en el área. Aflora en forma regular en todos los sectores de la misma, en parte cubierto por el cuerpo volcánico de Charazani. Contiene abundante - fauna fosilífera, lo que ha permitido hacer una fácil determinación de la edad de los mismos.



Litológicamente es uniforme, la secuencia comienza con estratos de areniscas calcáreas,

blanco grisáceas a rosadas, de grano fino a medio, compactas, con intercalaciones de delgadas capas de lutitas plomas y verdosas. Por encima de la secuencia anterior siguen estratos potentes de caliza blanca, conocidas como las Calizas del Grupo Copacabana, también las hay de color plomo grisáceo, con delgados estratos intercalados de lutitas y margas de color plomo y esporádicos horizontes de arenisca glauconítica con nódulos de pedernal. (Foto N° 5). Hacia el tope de la secuencia se presentan una serie de estratos de areniscas blanco-grisáceas de grano medio con capas intercaladas de yeso, de naturaleza lenticular.

Las rocas calcareas son particularmente resistentes a la erosión, se encuentran formando crestas y presentan buzamientos bajos.

La edad de estas rocas ha sido determinada en base a los fósiles, de abundante ocurrencia, éstos pertenecen a las familias de los Broquiópodos, Gastrópodos, Equinodermos y Fusulinas. Entre los más importantes podemos mencionar:

*Linoproductus* cf. *cora* (D. Orbigny, 1824)      *Orbiculoidea* sp.  
*Neospirifer* *condor* (D. Orbigny, 1824)      *Dictyoclostus* sp.

*Hustedia cf. mormoni*  
*Hustedia mormoni*  
*Linoproductus sp.*

*Crinoidea indet.*  
*Fusulinidae indet.*

El espesor de este sistema ha sido estimado en 700 m. , descansa en aparente concordancia sobre el Carbónico, siendo su límite, probablemente, el primer estrato calcáreo del Pérmico. Este contacto no pudo ser determinado en el campo, razón por la que se los mapeó, a los dos sistemas, como si se tratase de uno solo. A este complejo sedimentario se le asignó el nombre de Carbo-Pérmico y su espesor se estima que sobrepasa los 1000 m.

Estos sedimentos fueron depositados en un ambiente marino de aguas someras y tranquilas, de temperatura moderada, en la zona nerítica. Los estratos intercalados de margas y lutitas, indican aportaciones periódicas de materiales de grano fino. Las capas de yeso indican que dichas aguas en cierta época estuvieron sometidas a fuerte evaporación.

### 3.2.3.-Secuencia Mesozoica.-



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

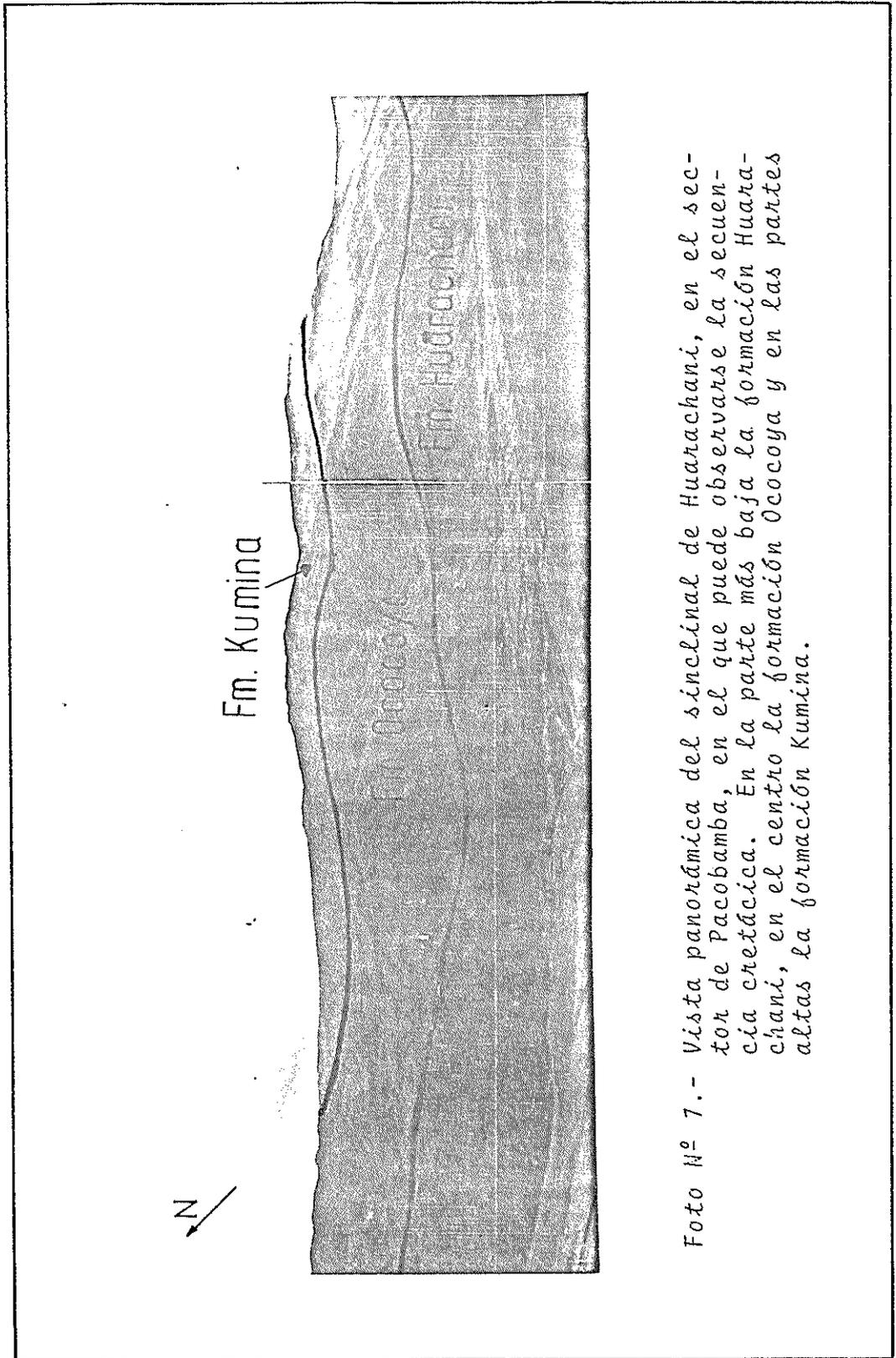


Foto N° 7.- Vista panorámica del sinclinal de Huarachani, en el sector de Pacobamba, en el que puede observarse la secuencia cretácica. En la parte más baja la formación Huarachani, en el centro la formación Ocoyoa y en las partes altas la formación Kumina.

### 3.2.3.1.-Sistema Cretácico.-

Aflora al sur del área de estudio. Constituido por tres formaciones que estructuran el Sinclinal de Huarachani y que estratigráficamente son: Huarachani, Ococoya y Kumina. (Foto N° 7).

#### 3.2.3.1.1.-Formación Huarachani.-

Denominada también Formación Huancané, según N.D.Newell, 1949. Es la más desarrollada de las formaciones cretácicas. Constituida de una secuencia arenosa de grano medio a grueso con estratificación cruzada dispuesta en estratos de diferente espesor. Se distinguen dos miembros: El miembro inferior, que es más delesnable, está formado de areniscas rosadas, sacaroides, con pequeños lentes de arcilla, intercalados, y de color violeta, y; el miembro superior, constituido por areniscas rojizas, muy duras, de aspecto columnar.

Son del Cretácico inferior (Hauteriviano), edad determinada en base a su posición estratigráfica con relación a la Formación Ococoya, que descansa concordantemente sobre ella y en

la cual aflora un horizonte guía que se lo de nomina horizonte Ayavacas, al que se le ha - asignado una edad del Cretácico superior.

El espesor aproximado de esta secuencia alcanza los 250 m., y fue depositada posiblemente en un ambiente continental subacuoso. (Pérez H. 1976).

### 3.2.3.1.2.-Formación Ococoya.-

Denominada Grupo Moho por N.D. Newell, 1949. - Se encuentra menos expuesta que la formación anterior, está constituida por una secuencia de tres unidades bien diferenciadas que son:



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

Unidad inferior, en la que predominan las lu titas rojas, muy friables y fisibles, intercaladas por areniscas arcillosas rojizas, de grano fino.

Unidad media, constituida por un horizonte - calcáreo, de dos metros de espesor, de color grisáceo, muy compacto, denominado Horizonte Ayavacas, debido a que su unidad tipo aflora en la localidad peruana homónima. Este horiz

zonte calcáreo descansa concordantemente sobre la unidad anterior.

Unidad superior, constituida por lutitas, margas arcillosas todas ellas de poca consistencia, de colores rojizo a marrón oscuro, que descansan concordantemente sobre la unidad anterior.

La edad de esta secuencia va desde el Eo-Cretácico (Aptiano-Albiano), para la unidad inferior, hasta el Neo-Cretácico (Turoniano), para la unidad superior, pasando por el Cenomaniaco, que es la edad que se le asigna al horizonte Ayavacas.

La secuencia tiene un espesor aproximado de 300 m., y fue depositada en un ambiente maríno, en un brazo de mar, con conexión intermitente con el mar abierto. (Pérez, H. 1976).

### 3.2.3.1.3.- Formación Kumina.-

Denominada Formación Cotacucho por N.D. Newell, 1949. Es la menos expuesta de las formaciones cretácicas. Está constituida por una secuen-

cia de areniscas blancas y grises, hacia la base, de grano fino, intercaladas con lutitas rojas y un horizonte dolomítico, de color gris claro de un metro de espesor. Hacia el tope, se observan areniscas rojas, de grano medio a grueso, subredondeados, de matriz calcárea ó cuarcítica, bien estratificadas e intercaladas con estratos de arenisca rosada y delgadas capas de lutita roja. Toda esta secuencia descansa concordantemente sobre la formación Ococoya.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

El espesor estimado para la formación Kumina es de 100 m. Su depositación ocurrió en el Cretácico superior, en un ambiente continental alternando con un ambiente marino de poca profundidad, con características más continentales que marinas, (Pérez, H. 1976 ).

### 3.2.4.-Secuencia Cenozoica.

#### 3.2.4.1.-Sistema Terciario.-

Está representado en el área por un extenso afloramiento de rocas volcánicas, cuyas caracterís-

ticas más importantes serán analizadas posteriormente en los capítulos referentes al Magmatismo y a la Petrografía.

Se ha propuesto la edad terciaria, por observaciones de campo, ya que se encuentran descansando discordantemente sobre las rocas pérmicas, además de guardar estrecha relación con las manifestaciones magmáticas ocurridas en zonas vecinas y cuya edad ha sido determinada como terciaria. (Foto N° 6).

#### 3.2.4.2.-Sistema Cuaternario.-

Es el más expuesto de la zona, llegando a ocupar casi el 50 % de la misma, porcentaje presente casi en su totalidad en la región del Altiplano, mientras que en la región Cordillerana y de los Valles su presencia es mínima.

El Sistema Cuaternario está constituido, principalmente, por depósitos y acumulaciones de materiales poco consolidados y mal clasificados, cuya granulometría varía desde las gravas hasta las arcillas, pasando por las arenas.

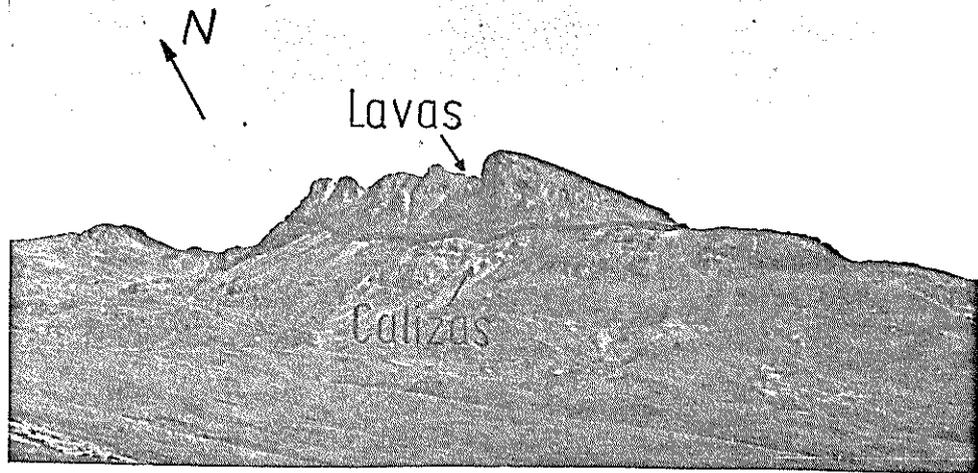


Foto N<sup>o</sup> 6.-Contacto entre calizas, pérmicas abajo; y lavas ácidas, terciarias, arriba.

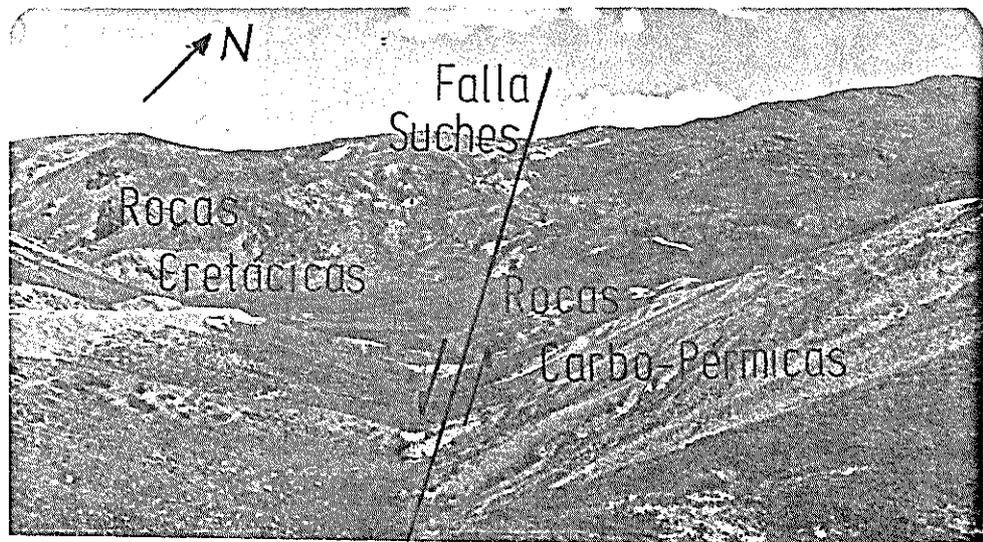


Foto N<sup>o</sup> 8.-Falla Suches. Alineada con el conjunto de depresiones, como embudos, en las que se observa pequeños afloramientos blancos de yeso.

Las características más importantes de estos de pósitos y acumulaciones fueron analizadas anteriormente.

### 3.3.-GEOLOGIA ESTRUCTURAL:

#### 3.3.1.-Generalidades.-

Debido a los fuertes movimientos tectónicos que afectaron a la región, esta quedó plegada y falla da. Todas estas estructuras están enrumbadas den tro de un mismo tren estructural de dirección NW-SE, igual al que siguen los Andes Orientales. La dirección de estas estructuras indica que los esfuerzos a los que fueron sometidas eran de carácter compresivo, teniendo su máxima dirección de acción en la perpendicular al de las estructuras, es decir en la dirección NE-SW. Estos esfuerzos fueron de poca magnitud pero actuaron durante mu cho tiempo y estuvieron relacionados directamente al tectonismo de la Cordillera Real y fueron originados por dos factores muy importantes, a saber:

-El empuje de sollevamiento vertical del bloque andino, a nivel regional, y



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

-La extrusión del cuerpo volcánico, a nivel local.

La mayoría de los plegamientos presentes en el área, han sido fallados y desplazados por la acción continua de los movimientos tectónicos.

Las fallas más importantes que se presentan, son de tipo inverso, con bloques buzantes hacia el noreste. Estas fallas afectan a los ejes de los anticlinales dando lugar a la formación de estructuras imbricadas. Se presentan también fallas menores de desplazamiento o de reajuste a las inversas, con un rumbo perpendicular al tren general de las estructuras.

Las diaclasas, generalmente están presentes en las rocas ígneas que constituyen el cuerpo volcánico emplazado en el sector de Charazani.

### 3.3.2.-Plegamientos.-

Entre los más importantes que se presentan en la zona tenemos:

-Anticlinal Cañuma, desarrollado sobre rocas devónicas, tiene un rumbo aproximado de  $N45^{\circ}W$ , su -

eje en algunos sectores está cubierto por depósitos morrénicos.

-Anticlinal Condorini-Pacotallani, emplazado sobre rocas pérmicas, presenta un rumbo aproximado de  $N30^{\circ}W$ , su eje desaparece en el sector noroccidental debido a la presencia de una falla de desplazamiento.

-Anticlinal de Huancarani, desarrollado sobre rocas paleozoicas, presenta la característica principal de ser volcado, su eje ha sido deflectado por numerosas fallas transversales de reajuste, sigue un rumbo aproximado de  $N30^{\circ}W$ , desapareciendo a la altura de la falla Amarca, que junto con la falla Suches hacen que la estructura quede en trampa. La presencia de dichas fallas ha hecho que el anticlinal adquiera forma asimétrica.

-Anticlinal Huarachani, al igual que el sinclinal homónimo, está desarrollado sobre rocas cretácicas, su eje tiene un rumbo mas o menos paralelo al eje del sinclinal. En general la estructura es más pequeña.

-Sinclinal Cañuma, también desarrollado sobre ro

cas devónicas, su eje es mas o menos paralelo al del anticlinal del mismo nombre y se interrumpe en el sector oriental en el contacto con la falla Medallani.

-Sinclinal Condorini-Pacotallani, de rumbo mas o menos paralelo al anticlinal del mismo nombre, desarrollado también sobre rocas pérmicas, esta estructura es más pequeña que el correspondiente anticlinal.

-Sinclinal Huarachani, es el plegamiento más importante que presenta la zona, desarrollado sobre rocas cretácicas, más o menos simétrico, su eje tiene una dirección N45°W, está desplazado por pequeñas fallas de reajuste.

Fotogeológicamente se infirieron otros plegamientos más pequeños, tanto en rocas paleozoicas como cretácicas, pero no pudieron ser verificados en los trabajos de campo.

### 3.3.3.- Fallas.-

Están presentes en gran número, algunas de ellas han sido inferidas, debido a que no pudieron ser

comprobadas en toda su magnitud. El rumbo generalizado es NW-SE, entre las más importantes podemos mencionar las siguientes:

-Falla Medallani, inversa, pone en contacto rocas devónicas y pérmicas, su eje posiblemente continúa por debajo del cuerpo volcánico de Charazani, constituyendo uno de los conductos de salida de las lavas que conforman el mismo.

-Falla Calaya, de gravedad, desarrollada entre rocas devónicas, su eje ha sido inferido. (Foto N° 9).

-Falla Canizalla, inversa, desarrollada entre rocas paleozoicas, pone en contacto el Devónico con el Carbo-Pérmico. Su eje ha sido inferido debido a la interrupción que produce en la normal exposición de la secuencia sedimentaria aflorante en la zona.

-Falla Curva, de desplazamiento, desarrollada entre rocas devónicas, su eje ha sido inferido, podría tratarse de un ramal de la falla Canizalla.

-Falla Charazani, inversa, desarrollada en rocas paleozoicas, de rumbo EW, su eje también podría

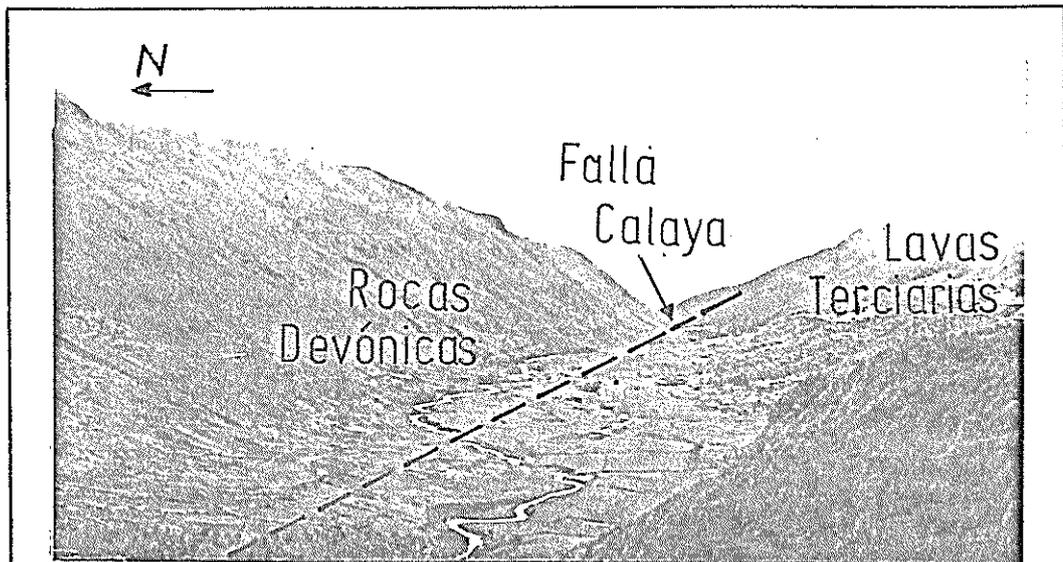


Foto N° 9.-Falla Calaya. Vista hacia el SE. Hacia la izquierda rocas devónicas y hacia la derecha lavas ácidas del terciario. Nótese la presencia del valle en U del río Calaya.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

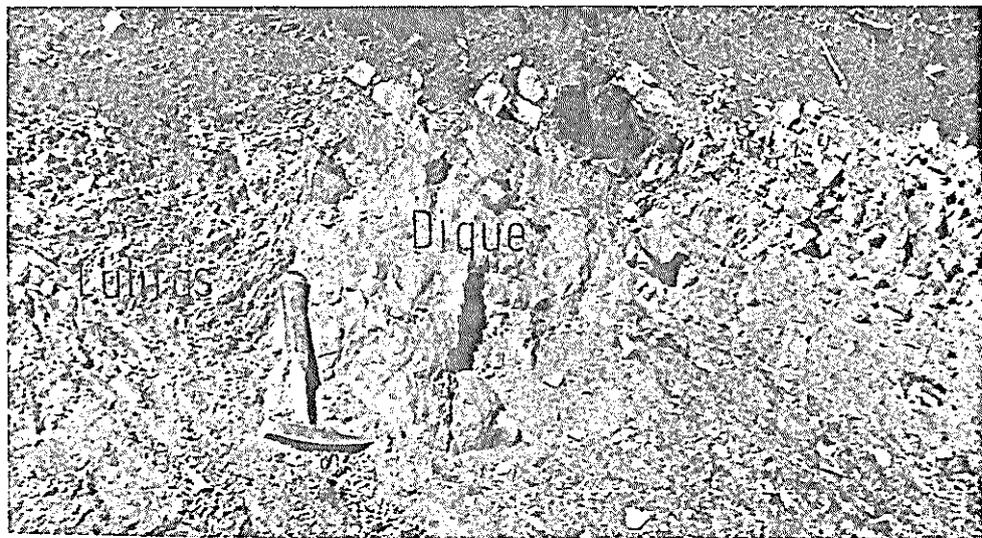


Foto N° 11.-Dique, que intruye lutitas devónicas, sector Pachachani. Obsérvese las pequeñas fallas de cizallamiento y el metamorfismo presente en las lutitas.

continuar por debajo del cuerpo volcánico de Chazani y desempeñar el mismo papel que la falla Medallani. A lo largo de su traza se ha detectado la presencia de manifestaciones magmáticas, tales como fumarolas, manantiales termales, etc.

-Falla Suches, inversa, es la más importante que se presenta en la zona, pone en contacto rocas carbo-pérmicas con cretácicas, de rumbo NW-SE, su eje se prolonga tanto hacia el SE, saliéndose de la zona, como hacia el NW, hacia el Perú, siguiendo probablemente la dirección del río homónimo, hecho corroborado por la presencia de abanicos aluviales alineados a lo largo de su posible traza. (Foto N° 8).

-Falla Amarca, inversa, pone en contacto rocas devónicas con carbo-pérmicas, su eje tiene doble rumbo, inicialmente es EW y posteriormente se vuelve NS.

Todas las fallas anotadas en párrafos anteriores son de carácter regional, en ciertos casos como las de Suches, Amarca, Calaya-Canizalla, etc., limitan áreas de terrenos paleozoicos donde se han desarrollado otras estructuras en las que se pue-

de observar numerosas fallas menores de reajuste, de dirección perpendicular a la de la falla regional.

#### 3.3.4.-Diaclasas.-

En su mayoría, las más importantes, están presentes en el cuerpo volcánico de Charazani, en tres sistemas principales con direcciones NS, NW-SE, y NE-SW, siendo este último el predominante, ( Foto N° 13 ). Los buzamientos son fuertes, llegando a constituir planos verticales. El origen de las diaclasas podría ser asimilado a las tensiones producidas durante el posterior enfriamiento de esta masa ígnea.

En las zonas de contacto de estas rocas con las circundantes se observó diaclasas rellenas con mineralización.

También se presentan diaclasas en las rocas de los otros sistemas, pero no revisten importancia, en todo caso la dirección de las mismas es similar a la del tren general de las estructuras de la zona y sus buzamientos son de medios a fuertes.

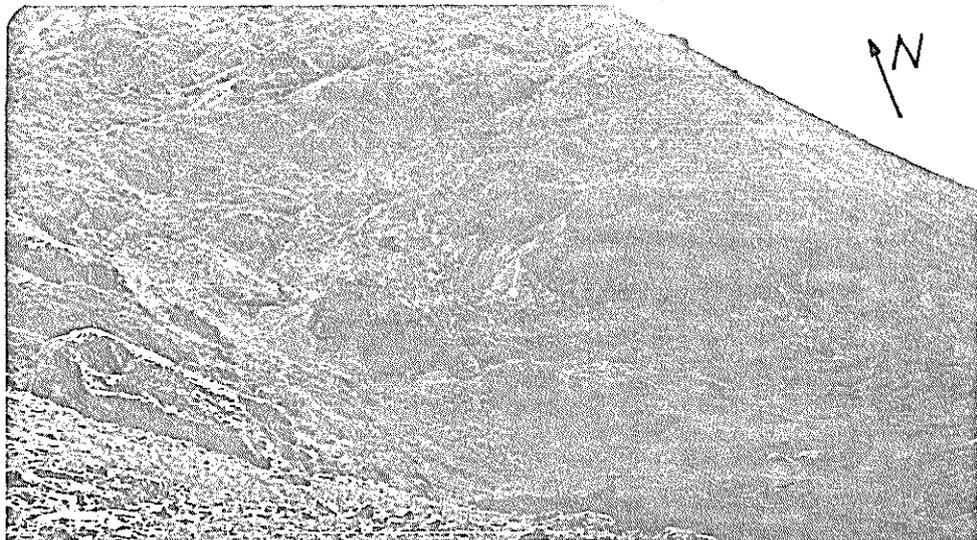


Foto N°12.-Ocurrencias de rocas volcánicas im-  
pregnadas de minerales radiactivos  
en el sector del cerro Kohuila.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

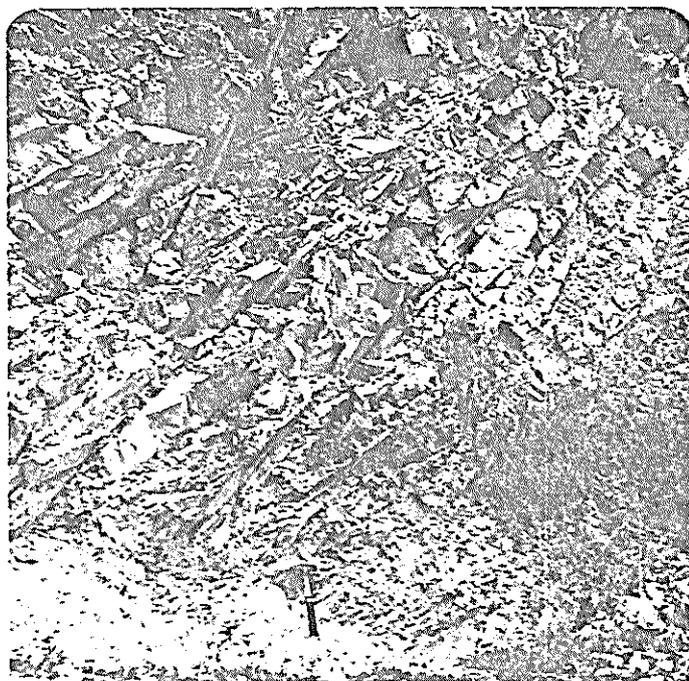


Foto N°13.-Rocas volcánicas alteradas, obsér-  
vese el intenso diaclasamiento -  
que da el aspecto de estratifica-  
ción.

### 3.4.-MAGMATISMO

#### 3.4.1.-Generalidades.-

La actividad magmática de la zona fué intensa, dió como resultado el emplazamiento de un extenso cuerpo volcánico y de pequeños diques y tubos rodeando al mismo. Este cuerpo aflora en el sector nororiental, con una área aproximada de 100 Km<sup>2</sup>, que abarcan desde el río Llujlla Khuchu, en el norte, hasta las inmediaciones del camino-carretero que conduce a la población de Charazani, en el sur, y desde el río Calaya, en el este, hasta las alturas de Pacha Kkota en el oeste.

La forma del cuerpo es elongada, con rumbo NNW-SSE, de composición ácida, constituido principalmente de dacitas y riodacitas, de aspecto macizo. El color varía entre el verdoso y el gris claro en superficie fresca y entre el violeta y el marrón rojizo en superficie meteorizada. La textura es porfirítica, con fenocristales de cuarzo y feldespatos, principalmente, con una matriz silícea, criptocrystalina.

En el sector norte del cuerpo afloran brechas de -

color gris oscuro con tintes verdosos, presentan abundantes clastos líticos, subredondeados, de pizarras y cuarzo, englobados en una matriz fina.

El cuerpo está entre los 4000 y los 4500 m.s.n.m., surcado por valles profundos que dan lugar a una topografía abrupta en la que se observa diferentes formas geomórficas como valles colgados, circos, lagunas glaciales, etc., que son las huellas de la intensa glaciación a la que estuvo sometida la región.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Posiblemente este cuerpo volcánico deba su origen a fallas profundas, zonas de debilidad por donde pudieron emerger estas lavas.

El cuerpo está en contacto con rocas pérmicas y devónicas. Con las pérmicas pseudoconcordantemente y con las devónicas por intermedio de fallas. Surcado por tres juegos de diaclasas con planos de ángulos fuertes originadas por la contracción de la masa ígnea, al producirse el enfriamiento de la misma. (Foto N° 10)

En algunos sectores se encontraron rocas con cristales de pirita, siderita, turmalina e impregna-

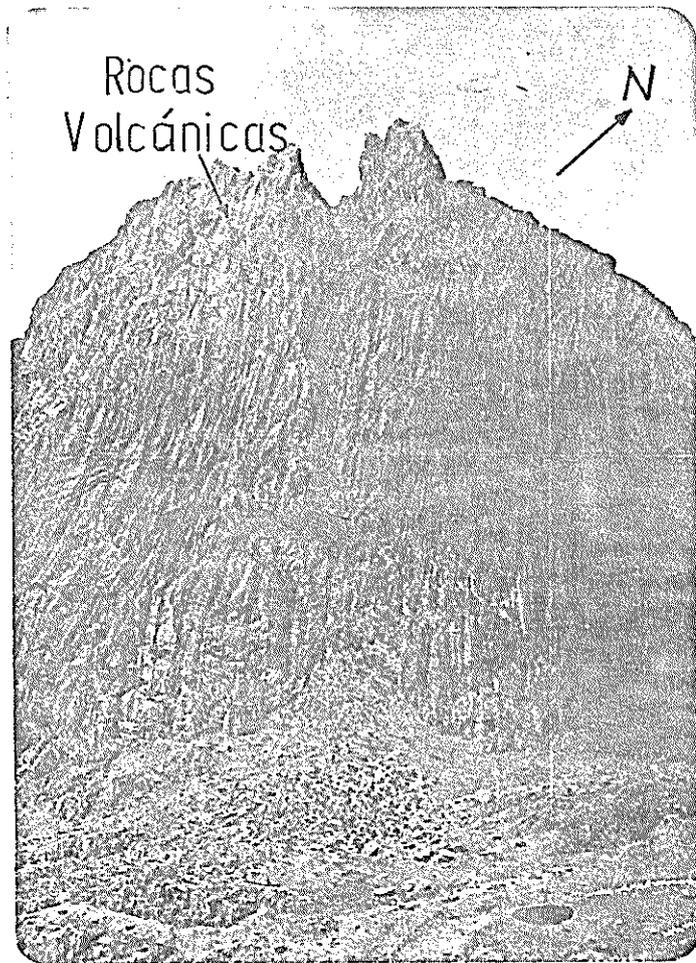


Foto N°10.-Afloramiento de rocas volcánicas en el sector de cerro Kohuila, nótese el diaclasamiento de las mismas.

ciones de malaquita. La presencia de turmalina y sulfuros, se debe probablemente a zonas intruídas dentro del cuerpo volcánico y que corroboran el origen profundo atribuído al mismo, además de que la turmalina podría tener su origen en formaciones neumatolíticas.

En años anteriores se realizó un muestreo de este cuerpo, para realizar análisis radiométricos y de terminar la edad del mismo, no se conocen aún los resultados, por lo tanto no se le puede asignar una edad exacta, pero por relaciones de campo y por la similitud con otras manifestaciones magmáticas ocurridas en regiones próximas se le ha otorgado una edad post-pérmica, posiblemente terciaria.

Los diques que rodean a este cuerpo, están constituidos principalmente de: brechas, con las características anotadas anteriormente, y rocas con textura porfirítica, fenocristales de cuarzo y feldspatos, marcadamente alterados, con ligera mineralización diseminada de pirita en una matriz fina. El color varía entre el gris verdoso y el marrón rojizo. Estos cuerpos se hallan emplazados en áreas muy reducidas, intruyendo rocas devónicas -

(lutitas) y pérmicas (calizas), intrusión que ha originado un ligero metamorfismo de contacto y un gran número de fallas de cizallamiento, muy pequeñas, sobre todo en las rocas del devónico. (Foto N° 11).

### 3.5.-DEPOSITOS MINERALES:

#### 3.5.1.-Generalidades.-

El área en general ha sido explorada en un elevado porcentaje. Las ocurrencias mineralógicas que en ella existen son pocas, muchas de las cuales fueron explotadas en épocas anteriores por los habitantes del sector, encontrándose en la actualidad agotada la parte aflorante de las mismas.

El área de estudio en un porcentaje considerable está ubicada en cabeceras de valle, por lo tanto revisten mayor interés los depósitos metálicos - primarios. Entre las ocurrencias primarias más importantes podemos mencionar a las situadas en los sectores de Niñocorín, Chacahuaya, Sarahuarchi, Kesanani, etc.

Los depósitos metálicos secundarios de interés -



constituyen las morrenas auríferas que ocupan ca  
si todo el sector altiplánico de Ulla Ulla.

En cuanto a los depósitos no metálicos, los más -  
importantes son los de caliza, que ocurren amplia-  
mente distribuidos.

De singular importancia son las ocurrencias radiac  
tivas detectadas en el cuerpo volcánico de Chara-  
zani.

### 3.5.2.-Depósitos metálicos.-

Los sectores de ocurrencias metálicas primarias -  
más importantes son:

-Sector Niñocorín, conocido también como mina Ni  
ñocorín, situada cerca a la pequeña población del  
mismo nombre, es la única ocurrencia mineralizada  
que se mantiene en explotación, la misma que es  
rudimentaria. Hasta la fecha se han obtenido 200  
toneladas de antimonio, al 67 %, siendo la produc-  
ción de 0.5 a 1.0 toneladas por mes, de concentrado.

Se han construido aproximadamente 10 socavones y 2 pequeñas canteras. En las zonas donde se lo explota a cielo abierto se observa una fuerte intemperización. El socavón principal se lo denomina Virgen de Fátima, tiene una longitud de 25m., en él se puede observar una mineralización brechifiorme, que es característica de las de antimonio, en la zona, en ella se observa un sinnúmero de pequeñas vetillas mineralizadas, dislocadas, y de buzamientos no muy claros. Como mineral primario está la antimonita y como secundario la cervantita, siendo la siderita y el cuarzo los minerales de ganga.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

En general las vetas tienen rumbos y buzamientos que varían entre  $N30^{\circ}-60^{\circ}E/30^{\circ}-50^{\circ}N-S$ , con espesores fluctuantes entre 0.15 y 0.60 m.

La roca de caja la constituye una pizarra fuertemente tectonizada y dislocada cuyo rumbo y buzamiento general es de  $N45^{\circ}-60^{\circ}W/20^{\circ}E$ . (comunicación verbal de G.Montenegro, 1979).

-Sector Sarahuarachi, situado en las cabeceras - del río Akanani, allí se construyó un socavón para explotar dos vetas de calcopirita, actualmente

dichos trabajos están abandonados, por cuanto se agotó la parte aflorante de las vetas. Estas son aproximadamente perpendiculares, con espesor promedio de 0.8 m. y valores de rumbo y buzamiento de  $N25^{\circ}E/65^{\circ}W$  y  $N70^{\circ}W/70^{\circ}S$ , respectivamente. Además de las anteriormente citadas, existen vetas de hematita, de longitud y espesor considerable, en el centro del circo glacial, vetas que han aprovechado el diaclasamiento de las rocas para encajarse; junto con la hematita hay otros minerales tales como calcopirita, siderita, pirita, turmalina y ocasionalmente malaquita. La roca de caja la constituyen las lavas ácidas del cuerpo volcánico de Charazani.

-Sector Chacahuaya, conocido también como mina Ochilla, situado cerca a la población de Amarete, en la actualidad ya no existe mineralización visible.

En dicha mina se construyeron 5 socavones para explotar 4 vetas con mineralización de plomo, principalmente. Entre los restos de la mineralización que todavía existe se observa galena argentífera, blenda, baritina, pirita y cuarzo. Los valores de rumbo y buzamiento de las vetas son  $NE/65^{\circ}W$ ,

con espesores que varían entre 0.3 y 0.6 m.

La roca de caja la constituye una pizarra silicificada con horizontes cuarcíticos y hornfelsicos, con valores de rumbo y buzamiento de  $N48^{\circ}W/50^{\circ}E$ .

Como productos de alteración están presentes, una intensa silicificación y cloritización, (comunicación verbal de G. Montenegro, 1979).

-Sector Kesanani, situado en las cabeceras del río del mismo nombre, en la actualidad está abandonado, pero en años anteriores allí se construyeron 2 socavones para explotar 2 vetas con mineralización de plomo, cobre y hierro, mineralización que se agotó en su parte más rica, razón por la cual fue abandonada.

Una veta tiene  $NS/80^{\circ}E$  de rumbo y buzamiento, mientras que la otra es  $N35^{\circ}W/80^{\circ}E$ , hace una flexión y luego es paralela a la anterior. Ambas vetas son perpendiculares a los estratos de la roca de caja que es una lutita pizarrosa con  $N50^{\circ}W/75^{\circ}E$ , de rumbo y buzamiento.

-Sector Río Charazani, son dos cateos ubicados en

el margen izquierdo del río Charazani, en los alrededores de la población del mismo nombre. En dicho sector se efectuaron 2 cateos pequeños, para explotar la mineralización visible de plomo y antimonio, principalmente. En cada cateo se explotó una veta, con mineralización de aspecto brechiforme, que presenta un sinnúmero de pequeñas vetillas falladas y dislocadas, rellenas con minerales tales como galena, antimonita, cervantita, siderita y cuarzo.

La roca de caja la constituye una pizarra gris, con valores de  $N45^{\circ}W/22^{\circ}E$ , de rumbo y buzamiento.

Como depósitos metálicos secundarios es interesante mencionar, que en las morrenas de la zona de Ulla Ulla, provenientes de la Cordillera de Apolobamba, se ha detectado oro en muchos bateados realizados en la misma, lo que hace pensar en la existencia de un gran depósito aurífero. Esta aseveración se ve corroborada por el hecho de que en localidades peruanas cercanas, se explota oro, en el mismo tipo de morrenas, utilizando monitores, además al norte del área de estudio existía un placer aurífero que fue explotado por los moradores de la región, incluso en la actualidad se realizan batea

dos en busca del preciado elemento, en morrenas que son del mismo tipo que las del área de estudio.

### 3.5.3.-Depósitos no metálicos.-

Los principales depósitos no metálicos están relacionados con los potentes espesores de calizas - pérmicas, del Grupo Copacabana, aflorantes en el área de estudio. En este mismo tipo de calizas, que afloran al sur del área, en la época en que se realizó el presente estudio, se estaban realizando muestreos sistemáticos de las mismas, para determinar su composición química, como parte de un proyecto destinado a estudiar la posibilidad de utilización de estas calizas en la industria del cemento.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Además de las calizas, tienen importancia los depósitos de yeso que afloran en los alrededores de la población de Pacotallani y en el anticlinal de Huancarani, en el camino que conduce al poblado de Pacobamba, al sur del área de estudio. De los dos depósitos, el más importante es el segundo. Posiblemente de naturaleza lenticular, con espesores que varían entre 100 y 150 m., pero que se es

trangulan en profundidad. No se han realizado estudios detallados de estos depósitos, que proporcionen datos sobre su volumen y rentabilidad.

#### 3.5.4.-Depósitos radiactivos.-

Se ha detectado minerales radiactivos en el cuerpo volcánico de Charazani, en el sector comprendido entre el cerro Kohuila y la laguna de Chorcolaya. (Foto N° 12).

Estos minerales radiactivos se encuentran impregnados en la roca o rellenando las diaclasas presentes en la misma. Cuando rellenan las diaclasas forman vetas que alcanzan espesores del orden de los 0.1 a 0.6 m., con longitudes de hasta 10 m.

La roca de caja la constituye una lava ácida de composición posiblemente dacítica, de color marrón rojizo.

En campañas anteriores se tomaron muestras de estos minerales y de la roca encajante, que fueron analizadas en los laboratorios del Servicio Geológico de Bolivia. En los resultados se detectó la existencia de Uraninita, como mineral primario, y

de torbernita, autunita, uranofano, iriginita, Wol  
sendorfita, etc., como minerales de alteración.  
Esta mineralización presenta diferentes colores ta  
les como gris, rosado, verde, amarillo, etc., en-  
contrándose acompañada con apreciables cantidades  
de calcopirita, hematita, limonita y cuarzo. (Anexo 1)

### 3.6.-GEOLOGIA HISTORICA:

#### 3.6.1.-Generalidades.-

La historia geológica del área de estudio estuvo -  
íntimamente ligada a la formación y desarrollo de  
un gran geosinclinal que penetraba en territorio -  
boliviano, desde el sur peruano, cuyo eje longitudi-  
nal tenía rumbo NW-SE y que continuaba hasta el  
norte argentino. A este geosinclinal se lo conoce  
con el nombre de Geosinclinal Oriental de Steimann,  
el mismo que se originó en el Paleozoico inferior,  
fue rellenándose con sedimentos de facies marinas,  
principalmente, y con sedimentos de carácter conti  
ental en menor escala, este proceso se desarrolló  
hasta el Pérmico inclusive. Los sedimentos mas an  
tiguos que afloran en el área pertenecen al Devóni-  
co, por lo tanto, los acontecimientos geológicos de  
la misma, se desarrollan a partir de esa época.

Durante el Paleozoico, en el área andina se distribuyeron ampliamente las transgresiones marinas, de tal manera que al principio del Devónico, un profundo brazo de mar se extendía por toda el área luego en el Meso-devónico se produce el retroceso de dicho mar, surgiendo el ambiente nerítico, que trae consigo las acumulaciones de sedimentos marinos característicos de este ambiente, que están constituidos por sedimentos finos y gruesos alternantes. Esta acumulación de sedimentos, así como el hundimiento de la cuenca, debieron ocurrir en forma simultánea, puesto que solo así se explica la presencia de grandes espesores de sedimentos con características de depositación a poca profundidad.

Hacia el final del Devónico, fase Acadiana, se produce el levantamiento del área andina, primera fase del plegamiento Hercínico, que trajo como consecuencia que este mar Devónico se retire.

Los sedimentos del Carbónico, fueron depositados en un ambiente netamente continental y subacuoso. Estos sedimentos arenosos y arcillosos presentan fósiles de plantas, lo que indica que tuvieron su origen en aguas dulces. Estas aguas cubrían el

área pero en forma aislada, como pequeños oasis , quedando desiertas otras zonas, dando lugar a la depositación de sedimentos de ambiente continental desértico. Las tillitas presentes en la zona probablemente fueron originadas en un lago que existía frente a un nevado y que recibía los sedimentos arenosos, limosos y arcillosos, mezclados con clastos de origen glacial.

La depositación de estos sedimentos de origen continental fue interrumpida a comienzos del Pérmico, por una transgresión marina, que alcanzó otra vez el territorio boliviano. Un brazo marino proveniente del noroeste ocupó las depresiones longitudinales alineadas a lo largo del antiguo geosinclinal oriental. Esta transgresión marina permitió la acumulación de grandes bancos de calizas, muy fosilíferas, intercaladas con margas, lutitas y areniscas calcáreas. Todos estos sedimentos marinos testimonian el avance del mar en esa época del Pérmico. Del gran contenido de fósiles que tienen estas calizas, se deduce que las condiciones de vida para la fauna de la época, eran favorables.

Hacia fines del Pérmico inferior o tal vez durante el Pérmico medio, se produce el retiro de este mar,

dejando en las partes bajas grandes masas de agua que se constituyeron en brazos de mar semi o totalmente aislados, lo que trajo consigo un empobrecimiento de la fauna, haciendo que las calizas se vuelvan impuras y que predominen los sedimentos psamíticos. Las extremas temperaturas reinantes en la época, provocaron la evaporación de sales como la anhídrita, que con una posterior hidratación dieron origen al yeso.



BIBLIOTECA  
ESPOL

Durante el Paleozoico superior se produjeron fuertes movimientos orogénicos, tectónica Hercílica tardía, que originaron intensos plegamientos y fallamientos, que están ubicados entre la última formación plegada del Pérmico y la primera formación discordante del Cretácico. Estos movimientos orogénicos hicieron que el área quede emergida, presentando altos topográficos, de tal manera que no pudieron depositarse los sedimentos correspondientes al resto del Pérmico, Triásico, y Jurásico, o si lo hicieron, fueron barridos por una intensa erosión que se desarrolló posteriormente en toda la región.

Estos sedimentos plegados durante la tectónica Hercílica tardía, volvieron a ser plegados durante la

orogenia Alpina, movimientos orogénicos que dividieron el geosinclinal oriental en numerosas cuencas menores denominadas Cuencas Intermontanas, separadas por altos topográficos, sobre las cuales se depositaron los sedimentos Cretácicos y Terciarios. Estos sedimentos Cretácicos, inicialmente depositados en un ambiente continental y subacuoso, fueron cambiando a sedimentos marinos a causa de la transgresión de un brazo de mar proveniente del noroeste. Posteriormente esta depositación fue adquiriendo características continentales conforme al lento retiro de las aguas, siendo la depositación, al final, eminentemente continental.

Hacia fines del Cretácico, la región es afectada por nuevos movimientos orogénicos ligeros, Orogenesis Laramídica, dando como resultado que la región quede en tierra firme, siendo estos movimientos los causantes de la discordancia existente entre los sedimentos cretácicos y terciarios.

Estos movimientos continuaron en el Terciario, con un intenso plutonismo y volcanismo, Eoceno-Oligoceno, llegando a su etapa de mayor intensidad durante el Oligoceno-Mioceno, orogenia Incaica, época en que predominaron las intrusiones y extrusio

nes magmáticas, como consecuencia del intenso ple  
gamiento y fallamiento a que fueron sometidos los  
estratos, siendo probablemente en esa época que  
fueron emplazadas las rocas pertenecientes al cuer  
po volcánico de Charazani.

El paisaje morfoestructural que se observa actual  
mente, pudo haber sido modelado durante la oroge-  
nia Plio-Pleistocénica.

Finalmente, durante el Pleistoceno, tuvieron lugar  
cuatro ciclos de glaciación, siendo la tercera la  
más intensa, glaciación Milluni, puesto que llegó  
a cubrir la mayor parte del flanco occidental de  
la Cordillera Real, con extensos depósitos morreñi  
cos, muchos de los cuales fueron barridos posterior  
mente por las aguas de deshielo.

### 3.7.-PROSPECCION GEOQUIMICA REGIONAL:

#### 3.7.1.-Generalidades.-

La prospección Geoquímica es una técnica de pros-  
pección minera relativamente reciente, que propor-  
ciona valiosa información a reducido costo.

Su operación está basada en criterios empíricos adquiridos con el pasar del tiempo y en criterios teóricos bien definidos, pero cuya interacción no está bien entendida.

La técnica consiste en la determinación de los diversos elementos que se encuentran presentes en los materiales constitutivos de la corteza terrestre, cumpliéndose de esta manera con los conceptos enunciados por V.M.Goldschmidt y resumidos por B.Mason, que dice: "Geoquímica es la determinación de la abundancia relativa y absoluta de los elementos presentes en la corteza terrestre, además de la distribución y migración de estos elementos con el propósito de determinar los principios que gobiernan dicha distribución y migración".

En la prospección geoquímica se utilizan varios métodos, dependiendo del tipo de estudio que se desea realizar, siendo los principales los siguientes:

- 1.- Prospección Geoquímica con: Suelos
- 2.- Prospección Geoquímica con: Rocas
- 3.- Prospección Geoquímica con: Sedimentos fluviales.

- 4.- Prospección Geoquímica con: Agua
- 5.- Prospección Geoquímica con: Gases
- 6.- Prospección Geoquímica con: Vegetales.

La prospección geoquímica regional del área de Ulla Ulla es parte del programa "Prospección en Áreas Seleccionadas de la Cordillera Central de Bolivia, el que es conducido por personal del Servicio Geológico de Bolivia con asistencia de las Naciones Unidas, para lo cual se realizó la "Cobertura Geoquímica Estratégica" de sedimentos fluviales finos. Se empleó este método, por cuanto ha demostrado, en prospecciones previas en áreas de características similares, ser el que mejor se adapta a un reconocimiento a nivel regional, por cuanto proporciona información a un costo razonable. Estos sedimentos finos recogidos de los drenajes, proporcionan una imagen geoquímica coherente, muy relacionada con las características geoquímicas de la cuenca drenada.

El muestreo, en el área de estudio, se lo realizó exclusivamente en terrenos Paleozoicos (Devónico, Carbónico y Pérmico) y Cenozoicos (Terciario), ya que en estos terrenos es donde ocurren los depósi

tos más importantes de minerales metálicos que se explotan en Bolivia.

En la toma de las muestras, se prefirió los sedimentos activos, aprovechando la porción de sedimentos pasantes la apertura de 0.177 mm. (malla N<sup>o</sup> 80), tomándose el peso necesario, en exceso, de sedimentos que serían enviados posteriormente al laboratorio. Al concluir el muestreo se logró recolectar un total de 128 muestras, que sumadas a las 106 muestras tomadas en campañas anteriores a la realización del presente estudio, da un gran total de 234 muestras, para un área aproximada de 400 Km<sup>2</sup>., arrojando una densidad de muestreo de 1:1.7 (una muestra por cada kilómetro y setecientos metros cuadrados).

### 3.7.2.-Resultados e Interpretación.-

Las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio, para ser analizadas por el método de Espectrometría de Absorción Atómica, para la determinación de Cu, Pb, Zn, Sb, Sn y W.

Las valoraciones obtenidas para Sb, Sn y W, fueron muy bajas, por lo tanto su interpretación en el -

presente estudio, fue descartada.

Para realizar la interpretación de los valores de Cu, Pb y Zn, se procedió a distribuir las muestras de acuerdo a las diversas unidades litológicas presentes en el área. Como resultado de dicha distribución tenemos el siguiente esquema:

- 1.- Sistema Devónico, (Pizarras-Cuarcitas) 124 -  
muestras.
- 2.- Sistema Carbo-Permiano, (Areniscas-Calizas) 48  
muestras
- 3.- Sistema Terciario, (Lavas ácidas) 62 muestras.

Las que están detalladas en las tablas 1, 2 y 3 ,  
respectivamente.

Posteriormente se procedió a eliminar los valores más altos para cada elemento, en los diferentes - sistemas, valores que se los considera como erráticos, ya que no tienen relación de homogeneidad con los otros, Después de realizar dicha selección se obtuvo el siguiente cuadro:

Sistema Devónico.-Cu.109 muestras, valor más alto, 58p.p.m.  
Pb.110 muestras, valor más alto, 70p.p.m.

Zn. 109 muestras, valor más alto, 344 p.p.m.

Sistema Carbo-Permico.-Cu. 48 muestras, valor más alto, 28 p.p.m.

Pb. 46 muestras, valor más alto, 87 p.p.m.

Zn. 46 muestras, valor más alto, 350 p.p.m.

Sistema Terciario.-Cu. 62 muestras, valor más alto, 21 p.p.m.

Pb. 62 muestras, valor más alto, 37 p.p.m.

Zn. 62 muestras, valor más alto, 93 p.p.m.

La interpretación de los datos se la hizo aplicando el método de C. Lepeltier, basado en la construcción de la curva de "Distribución de frecuencias acumulativas de probabilidad", para lo cual establece fórmulas para el cálculo de los intervalos logarítmicos, en base a los cuales se grafica la curva respectiva. Este intervalo se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula empírica:

$$\text{Log. int.} = \frac{\log. R}{n}$$

log. int. = logaritmo del intervalo de clase

R = relación entre el valor más alto y el más bajo

n = número de intervalos

Como ejemplo tenemos el caso del plomo en el Terciario:

$$\text{log. int.} = \frac{\log. R}{n} = \frac{\log. 37/2}{14} = \frac{\log. 18.5}{14} = \frac{1.27}{14} = 0.091$$

Esto nos indica que 0.1 es el mejor intervalo logarítmico que se ajusta a la curva de distribución del plomo del Terciario, en general se puede calcular para los demás elementos y el resultado será - aproximadamente el mismo, en base a dicho intervalo establecemos que los límites serán los siguientes:

Límite de clase (log.)	0.27	0.37	0.47	0.57	0.67...
Límite de clase (p.p.m.)	186	234	295	372	468...

En base a los límites de clase anotados, se confeccionaron tablas que contienen: los intervalos, los números de muestras por elemento, las frecuencias relativas en % y las frecuencias acumuladas en %, (véase tablas 4, 5 y 6).

Los datos contenidos en las tablas, se los grafica en un papel log.-probabilidad, la frecuencia acumulativa contra los límites de clase. Como resultado de este proceso se obtiene una recta en la cual se puede determinar el valor de fondo y el umbral anómalo, en las ordenadas correspondientes a los porcentajes 50 y 2.5, respectivamente.

De esta manera se elaboraron los gráficos del 2 al

10, de los cuales se obtuvo los siguientes resultados:

*Sistema Devónico.-*

Valor de fondo			Umbral anómálico		
Cu.	Pb.	Zn.	Cu.	Pb.	Zn.
22	25	78	60	88	350

*Sistema Carbo-Permiano.-*

Valor de fondo			Umbral anómálico		
Cu.	Pb.	Zn.	Cu.	Pb.	Zn.
12	27	90	33	115	410

*Sistema Terciario.-*

Valor de fondo			Umbral anómálico		
Cu.	Pb.	Zn.	Cu.	Pb.	Zn.
8	12	31	18	34	92

En los gráficos 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, se obtiene una recta quebrada, que se origina por un exceso, ya sea de los valores altos o bajos, o por la mezcla de dos poblaciones. En nuestro caso, en todos los gráficos, se observa un exceso en los valores bajos, que no afectan la interpretación, haciéndose la lectura de valor de fondo y umbral anómálico en la rama principal de la recta.

Con los resultados detallados en las tablas 1, 2 y 3, se procedió al cálculo de la media ( $\bar{x}$ ), desviación estandar (S), y varianza ( $S^2$ ), empleando las siguientes fórmulas:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)} \quad S = + \sqrt{S^2}$$

$x_i$  = cada uno de los valores de las tablas,

$n$  = número de muestras por unidad litológica.

Sistema Devónico.-	$\bar{x}$	S	$S^2$
Cu.	25	13	159
Pb.	28	15	237
Zn.	101	74	5461

Sistema Carbo-Permiano.-	$\bar{x}$	S	$S^2$
Cu.	13	6	38
Pb.	33	20	412
Zn.	117	84	7056

Sistema Terciario.-	$\bar{x}$	S	$S^2$
Cu.	9	4	14
Pb.	13	7	50
Zn.	35	18	335

Una vez realizados los cálculos respectivos, con todos los datos que se han obtenido gráfica y matemáticamente, se procedió al cálculo de los rangos anómicos, resultados que se detallan en la tabla 7, dichos rangos muestran que el umbral anómico obtenido por el método de Lepeltier, es del mismo orden que el obtenido por el método matemático. Posteriormente, estos valores fueron graficados en el respectivo mapa geoquímico y se delimitó las zonas anómalas, clasificándolas para el efecto en tres tipos de anomalías que son:



Anomalías probables, valor que corresponde a la suma de la media mas tres veces la desviación estandar;

Anomalías posibles, valor que corresponde a la suma de la media mas cuatro veces la desviación estandar; y ,

Anomalías seguras, valor que corresponde a la suma de la media mas cinco veces la desviación estandar.

### 3.7.3.-Conclusiones: anomalías detectadas.-

Como resultado de los cálculos efectuados, se de-

tectaron las siguientes zonas anómalas:

- 1.- Anomalía Kesanani                    Cu. y Zn.
- 2.- Anomalía Akamani                    Cu. Pb. y Zn.
- 3.- Anomalía Tacachillani                Pb. y Zn
- 4.- Anomalía Llujlilla Khuchu          Cu. y Zn

1.- Anomalía Kesanani.-

Asociada con pizarras de edad devónica, es de Cu. y Zn., aunque también hay Pb. en la muestra 20034, que está comprendida en el rango de las anomalías seguras, mientras que para el Cu. y Zn., las muestras 20034, 20035 y 20036, también están comprendidas dentro del rango de las anomalías seguras, a excepción del Zn. de la muestra 20034 que corresponde a las anomalías probables. Esta anomalía - Kesanani, tiene relación con unas ocurrencias mineralizadas situadas en las cabeceras de la quebrada del mismo nombre, en las que anteriormente se explotó colcopirita y otros sulfuros.

2.- Anomalía Akamani.-

Asociada con pizarras de edad devónica, es de Cu., Pb. y Zn., sus muestras 20018, 20019, 20020, 20021, 1430 y 1461, están comprendidas en el rango de las anomalías seguras, posiblemente relacionadas a una

labor minera situada en las cabeceras del r $\acute{a}$  Aka man $\acute{i}$  que fue explotada por los moradores de la regi $\acute{o}$ n, su ubicaci $\acute{o}$ n no pudo ser verificada cuando se realiz $\acute{o}$  el presente estudio.

### 3.-Anomal $\acute{i}$ a Tacachillani.-

Asociada con pizarras de edad dev $\acute{o}$ nica, es de Pb. y Zn., comprendida en el rango de las anomal $\acute{i}$ as posibles, las muestras 1962 - 1963, ambas para Zn., y anomal $\acute{i}$ as seguras, las muestras 1961 - 1965 Cu. y Zn., y 1962 - 1963 ambas para Cu.

### 4.- Anomal $\acute{i}$ a LLujlla Khuchu.-

Asociada con lavas  $\acute{a}$ cidas de edad terciaria, es de Cu. y Zn., existiendo tambi $\acute{e}$ n un valor para Pb. en la muestra 20056, anomal $\acute{i}$ a segura. Las muestras 20042, 20056, 20057, 20058 y 20059, est $\acute{a}$ n en el campo de las anomal $\acute{i}$ as seguras, a excepci $\acute{o}$ n de la 20056 (Zn.) que es anomal $\acute{i}$ a probable y de la 20058 (Zn.) que es anomal $\acute{i}$ a posible.

Se obtuvieron tambi $\acute{e}$ n valores an $\acute{o}$ malos para otras muestras, siendo las mismas aisladas, motivo por el cual fueron descartadas, lleg $\acute{a}$ ndose a la conclusi $\acute{o}$ n de que estos valores eran altos debido a la contaminaci $\acute{o}$ n. Entre las muestras que est $\acute{a}$ n en esta s $\acute{i}$ .

tuación tenemos: la 20110 Pb. y Zn., situada en terrenos Carbo-Permicos, la 1982, Pb., ubicada en terrenos Devonicos, etc., para citar dos casos.

N  
↓

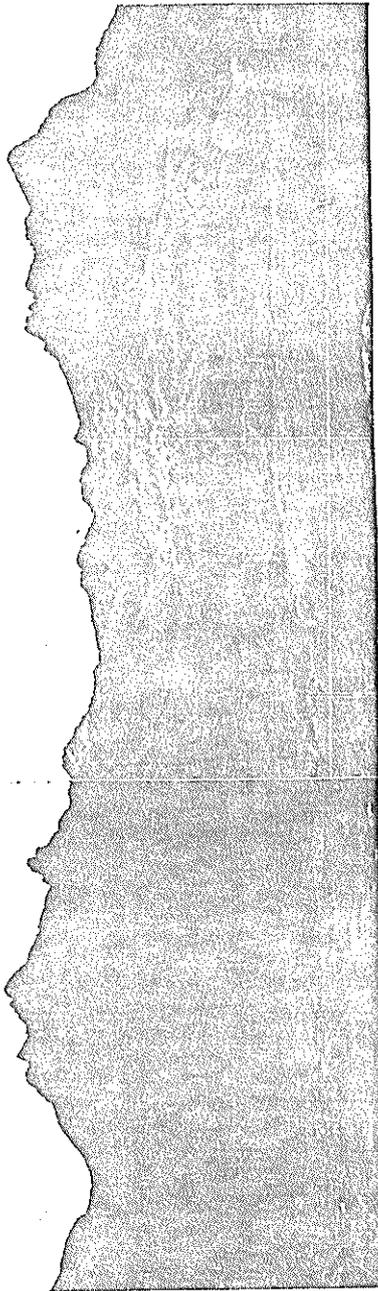


Foto N°14. - Vista panorámica del cuerpo volcánico de Charazani, tomada del oeste hacia el este, en el sector de la laguna Jallani. Hacia el fondo, cubierta por nubes está la Cordillera Central. (Apolobamba).

#### 4.- ESTUDIO PETROGRAFICO

##### 4.1.-Generalidades.-

Las lavas de la región de Charazani, constituyen un cuerpo de 100 Km<sup>2</sup>. de superficie, aproximadamente, emplazado en el sector nororiental de la hoja geológica de Ulla Ulla, (véase foto N° 14).

El acceso al cuerpo es bueno, no así el clima imperante en la región que es muy inestable, azotada por fuertes lluvias y nevadas. Regionalmente el cuerpo ocupa la zona de los valles, limitada naturalmente por la región cordillerana al este y la región altiplánica al oeste, drenado en su totalidad por la cuenca del río Charazani, motivo por el que se le asignó dicho nombre.

Estas rocas son de carácter ácido, de composición que varía entre las riodacitas y dacitas, de color verdoso a marrón rojizo. La textura es porfirítica, con fenocristales de cuarzo y feldespatos, principalmente, dispersos en una matriz afanítica microcristalina, que contiene micas, además de los minerales mencionados anteriormente. Los minerales accesorios son circón, magnetita, hematita, etc., entre otros.

Los minerales de alteración más importantes son: sericita, clorita, calcita, etc.

El origen de las lavas está asimilado al de fallas profundas, además están surcadas por conjuntos de diaclasas, productos del enfriamiento del magma.

El cuerpo está en contacto con rocas devónicas y pérmicas, siendo estos contactos fallados o pseudo-concordantes.

Se han localizado en los alrededores del cuerpo diques de composición similar que intruyen rocas Paleozoicas.

No se ha determinado la edad del cuerpo, anteriormente se realizó un muestreo para determinarla por métodos radiométricos, pero los resultados no se han publicado hasta el momento, pero se la considera de edad post-pérmica, debido a su posición estratigráfica. Dicha edad podría ser terciaria, ya que estas rocas presentan características similares a las que ocurren en regiones cercanas y que fueron emplazadas en eventos magmáticos ocurridos durante dicha época.

Para realizar el muestreo del cuerpo, se empleó un

método de selección basado en la consideración de ciertos parámetros, determinados previamente, que permitieron obtener una densidad aceptable.

#### 4.2.-Densidad y métodos de muestreo.-

En el muestreo del cuerpo volcánico, se utilizó un método selectivo, basado en la representatividad de la muestra, para un sector determinado del mismo. Se utilizó este método por dos motivos fundamentales; la poca accesibilidad del cuerpo, desde el punto de vista de su topografía, y porque se tenía conocimiento previo de que no se iba a contar con el tiempo suficiente, como para realizar un muestreo sistemático. Los parámetros fundamentales que se tomaron en consideración para establecer la representatividad de una muestra, fueron los siguientes:

- Color
- Tamaño de los granos
- Textura
- Grado de alteración
- Presencia de mineralización.

Como producto de este muestreo selectivo, se recolectó un total de 37 muestras, 32 del cuerpo y 5 de los diques circundantes, (véase mapa N° 9)

En años anteriores se realizó un muestreo del cuerpo para determinar su composición, el proyecto fue abandonado y no se obtuvieron resultados completos. El autor logró recolectar la información referente a la ubicación de dichas muestras, llegándose a ubicar un total de 10, que sumadas a las 37 recolectadas en el presente trabajo se obtiene un total de 47 muestras.

Relacionando las muestras con la superficie del cuerpo muestreado, se obtiene una densidad de 1:2, aproximadamente, (una muestra por cada dos kilómetros cuadrados), densidad aceptable desde el punto de vista de la escala a la que se realizó el muestreo.

De las 37 muestras recolectadas por el autor, se confeccionaron 27 secciones delgadas, escogidas por los Directivos del Proyecto Cordillera del Servicio Geológico de Bolivia. Además, se obtuvo la información referente a dos secciones delgadas de las muestras recolectadas en el muestreo anterior, es decir que, para realizar el estudio petrográfico del cuerpo se contó con un total de 29 secciones delgadas.

#### 4.3.-Descripción y distribución de los tipos litológicos: texturas, mineralogía y alteraciones.-

En este capítulo se describirán las unidades litológicas, presentes en el cuerpo volcánico de Charazani. La descripción se la realizará en base a tres características importantes que presentan las rocas ígneas: mineralogía, texturas y alteraciones. Posteriormente se hará un estudio de la distribución de estas rocas en el cuerpo.

#### 4.3.1.- Descripción de los tipos litológicos: mineralogía, texturas y alteraciones.-



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

El cuerpo volcánico de Charazani está constituido por dos tipos de rocas: riodacitas y dacitas. Ambos tipos, macroscópicamente, presentan color verdoso, en roca fresca, y marrón rojizo, en roca alterada, la textura predominante es la porfirítica, en la que se observan fenocristales de cuarzo y feldespatos, principalmente, dispersos en una matriz afanítica microcristalina.

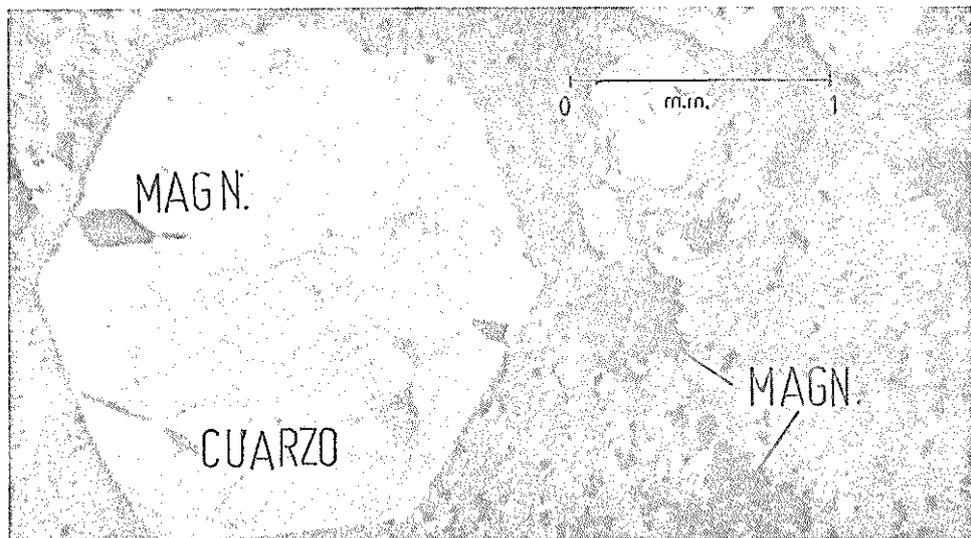
Para efectuar el análisis de la mineralogía, texturas y alteraciones se considerarán a los dos tipos de roca por separado.

Riodacitas:

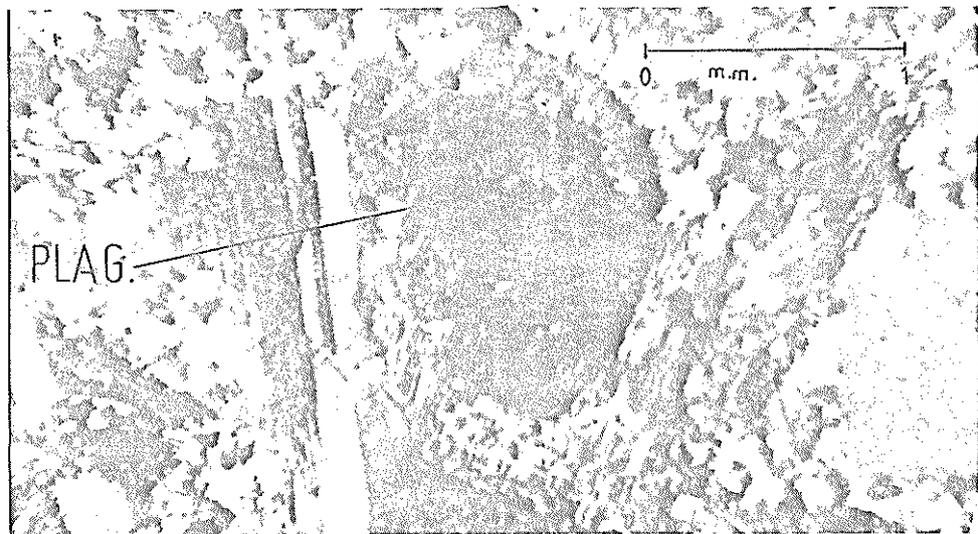
## Míneralogía.-

La descripción de los minerales presentes en las rocas de este tipo, se hará teniendo en cuenta las características presnetes en la mayoría de ellas, (véase se tabla N° 8).

- a) Cuarzo, presente en fenocristales de euhedrales a anhedrales, con extinción recta, fracturas irregulares, generalmente rellenas de sericita y/o calcita, bordes de reabsorción magmática, inclusiones gaseosas, generalmente reunidos en grupos de 2 y 3 individuos. El cuarzo está presente en un promedio del orden del 35 % del total de la roca, que equivale al 41 % del total de los mínerales félsicos. (véase foto N° 15).
- b) Plagioclasa, presente en fenocristales euhedrales y subhedrales la mayoría alterados a sericita, arcilla, etc., la plagioclasa de este tipo se la reconoce, ya sea por la alineación que presentan - las escamas de alteración según los planos de macla, o por el contorno prismático de los individuos, que muestran los vestigios del cristal original. Existe una segunda generación de plagioclasas, mejor preservadas a la alteración, en las que



Microfotografía N°15.-Cuarzo, fenocristal euhe-  
dral, con inclusión de mag-  
netita. Además cristales  
diseminados de magnetita.  
(Nícoles paralelos, 2.5 X)



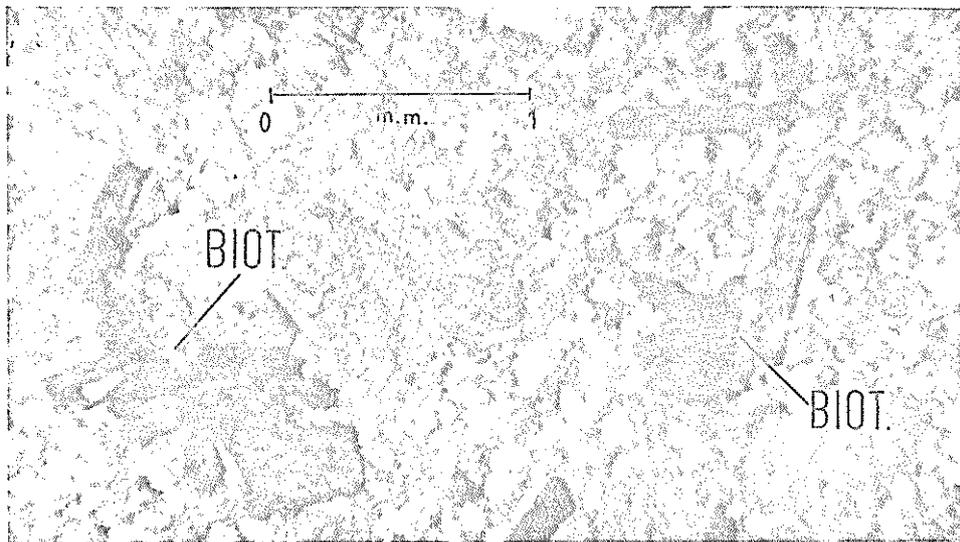
Microfotografía N°16.-Plagioclasa, cristal con -  
macla de Albita-microclina  
zonada. Cuarzo microcrista-  
lino. (Nícoles cruzados,  
2.5 X)

se observa el plano de macla según las leyes de albita y albita-carlsbad, combinadas. La composición del mineral varía entre andesina y oligoclasa, siendo su promedio de presencia en la roca del orden del 30 %, que equivale al 60 % del total de feldespatos. (véase foto N° 16).

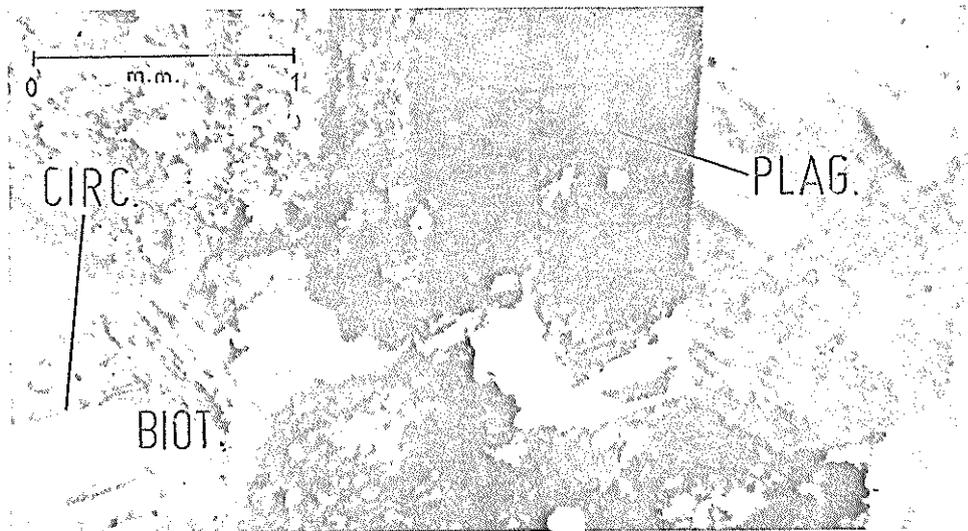
c) Feldespato potásico, (Sanidina), se presenta en fenocristales generalmente subhedrales, maclados según la ley de Carlsbad, alterados, pero con menor intensidad que las plagioclasas. Su promedio de presencia en la roca es del orden del 20%, que equivale al 40 % del total de los feldespatos.

d) Biotita, es el principal mineral fémico, fuertemente alterado, se lo reconoce por la presencia de agregados escamosos de clorita, que rellenan los fenocristales originales, se infiere también su presencia por la alineación de impregnaciones de óxidos de hierro, orientados siguiendo el plano de clivaje original de la mica. (véase foto N° 17).

e) Entre los minerales accesorios podemos mencionar la presencia de magnetita, hematita, circón, etc., apatita raramente, (muestras 27021 y 151). Todos ellos ocurren en microcristales subhedrales, dis-



Microfotografía N°17.-Biotita, cristales anhedrales cloritizados. Cuarzo microcristalino en la pasta. (Nícoles áraalelos. 2.5X).



Microfotografía N°18.-Circón, cristal incluido en biotita alterada. Plagioclasa con macla de carlsbad. Pasta de cuarzo microcristalino. (Nícoles cruzados, - 2.5 X).

persos en la matriz, o incluidos en los vestigios de la biotita alterada. (véase foto N° 18).

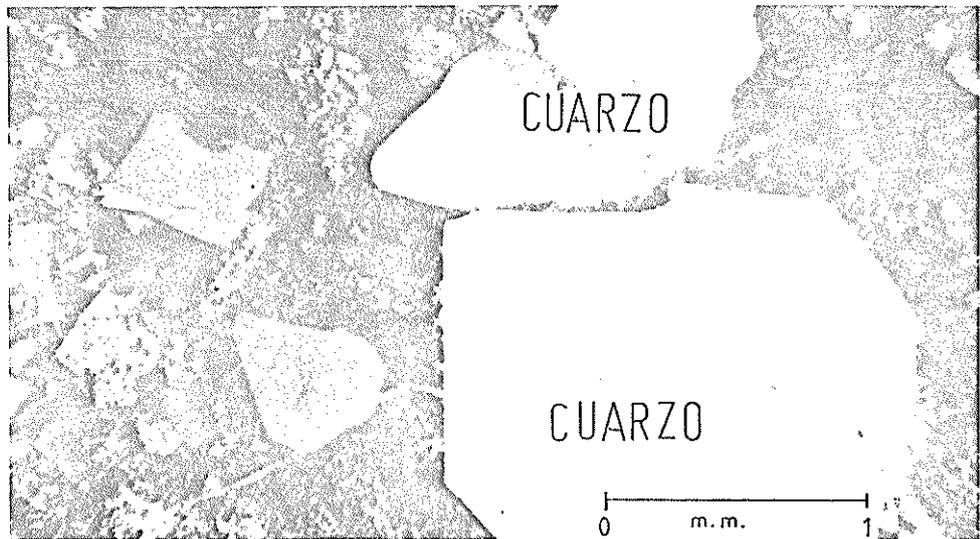
f) La pasta, originalmente vítrea, ha sido sustituida por un agregado microcristalino de cuarzo anhedral, sericita y/o arcilla indeterminada. En algunas secciones se observa la estructura fluidal dejada por los vestigios del vidrio original. (véase foto N° 19).

#### Texturas.-

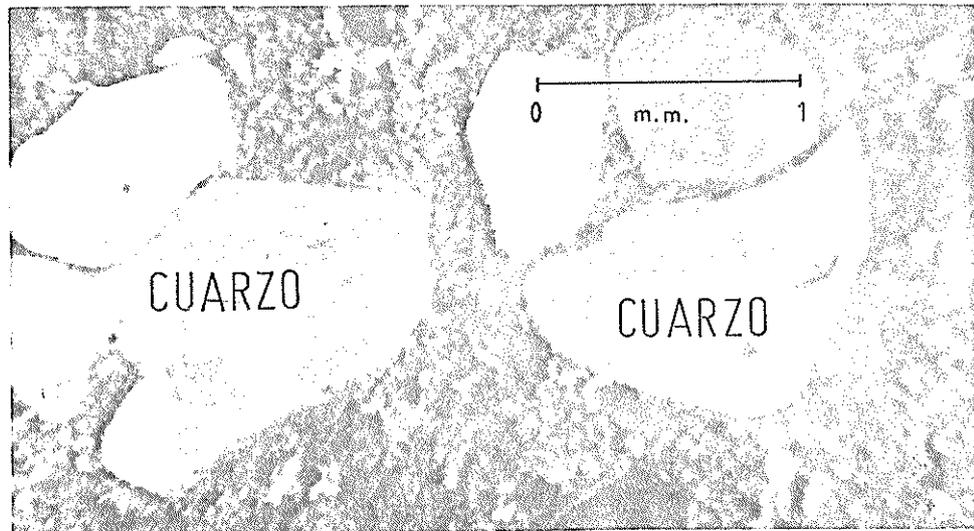
La textura predominante es la porfirítica, con dos fases de cristalización bien observables, la una con fenocristales de cuarzo, feldespatos y biotita alterada, la otra con microcristales y criptocristales, que constituyen la matriz afanítica. (véase foto N° 20). Esta textura porfirítica en unos casos es Hialoporfirítica, cuando los fenocristales están dispersos en una matriz afanítica vítrea, en otros casos es Glomeroporfirítica, cuando los fenocristales están reunidos en grupos de 2 y 3 individuos.

#### Alteraciones.-

Los minerales de alteración más comunes, presentes en



Microfotografía N°19.-Pasta vítrea alterada, feno-  
cristales subhedrales de -  
cuarzo. (Nícoles cruzados, -  
2.5 X).



Microfotografía N°20.-Textura Porfirítica, feno-  
cristales fracturados de -  
cuarzo en matriz microcristalina. (Nícoles cruzados, -  
2.5 X).

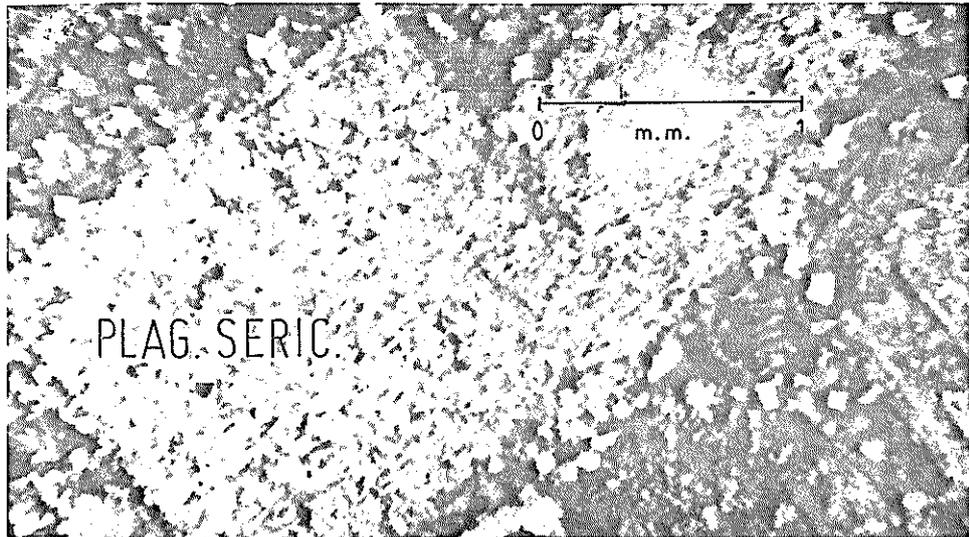
este tipo de roca son: sericita, clorita, calcita y arcilla, indeterminada, en orden de abundancia, la epidota es rara (muestras 27036, 27048 y 27049). - (véase fotos Nos. 21 y 22).

La sericita ocurre como producto de alteración de los feldespatos, principalmente de las plagioclasas, y también de la biotita. La clorita ocurre como producto de alteración de los minerales ferromagnesianos, principalmente de la biotita. La calcita y la arcilla ocurren en porcentajes reducidos, ligadas generalmente a la alteración de los feldespatos, plagioclasas principalmente. La presencia de epidota es rara, podría estar ligada a un proceso de propilitización que conlleva la formación, además de clorita y calcita, de zoisita, sulfuros, etc., pero estos últimos no fueron determinados.

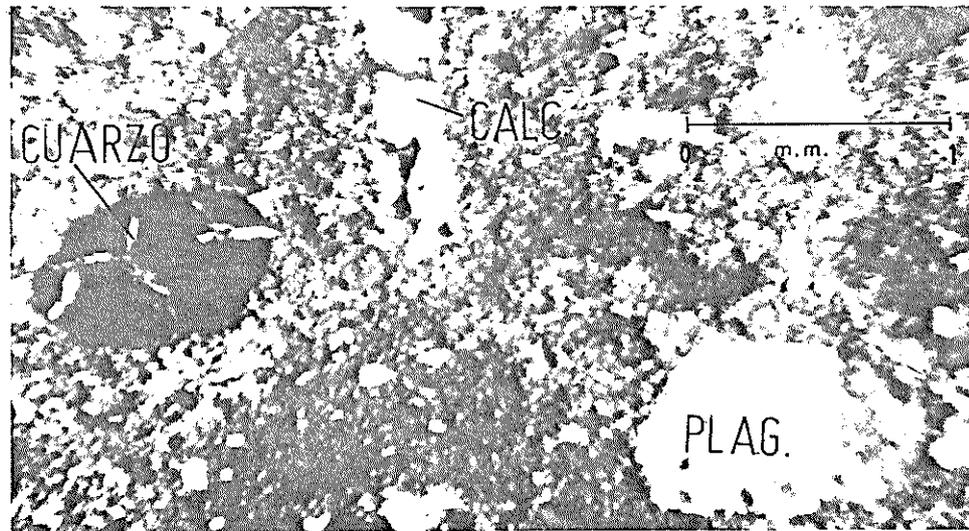
Sumada a las alteraciones ya anotadas, se observa un proceso de silicificación, que sería el origen del cuarzo secundario microcristalino que se presenta en la pasta de estas rocas.

Dacitas:

Mineralogía.-.



Microfotografía N°21.-Plagioclasa sericitizada ,  
cuarzo microcristalino en  
la pasta. (Nícoles cruzados  
2.5 X).



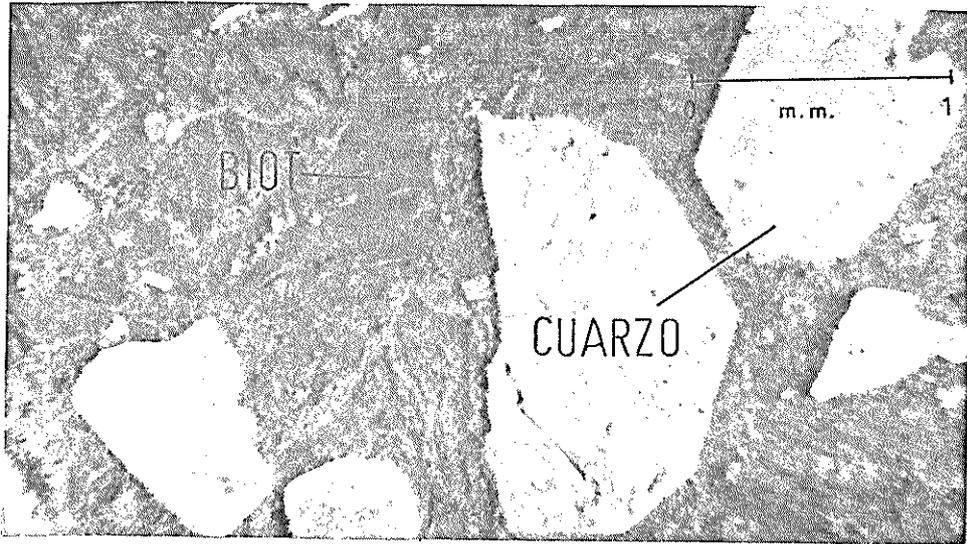
Microfotografía N°22.-Calcita, en pequeñas veti-  
llas, cristales de cuarzo,  
hematita y plagioclasa. (Ní-  
coles cruzados, 2.5 X).

La descripción de los minerales presentes en este tipo de roca, se hará de manera similar a la que se empleó para describir los minerales de las riodacitas, (véase tabla N° 9).

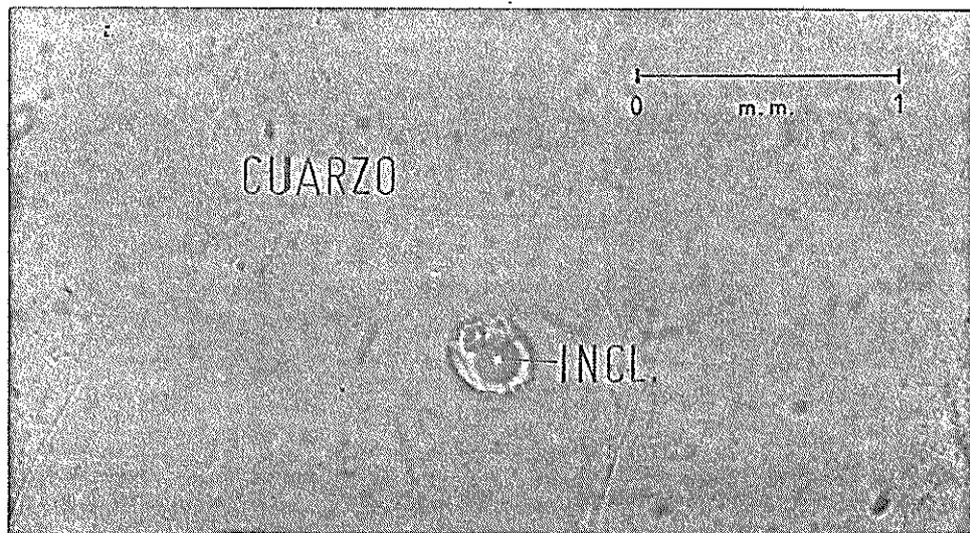
- a) Cuarzo, presenta características similares al de las riodacitas, siendo su promedio del orden del 35 %, es decir, igual al de las rocas antes anotadas. (véase fotos Nos. 23 y 24).
- b) Plagioclasa, presenta características similares a las de las riodacitas, pero, en ciertas secciones se observa intercrecimientos, muy pequeños, de albita y microclina, textura peritítica. La composición de la plagioclasa es andesina u oligoclasa. La plagioclasa en estas rocas es más abundante que en las riodacitas, llegando a ocupar un promedio del orden del 40 % del total de la roca, que equivale al 80 % del total de los feldespatos. (véase foto N° 25)
- c) Feldespato potásico (Sanidina), presente como mineral accesorio, los fenocristales son raros, con características similares al de las riodacitas, llegan a ocupar un promedio del orden del 10 % del total de la roca, que equivale al 20 % del to



BIBLIOTECA FIC.  
ESPOL



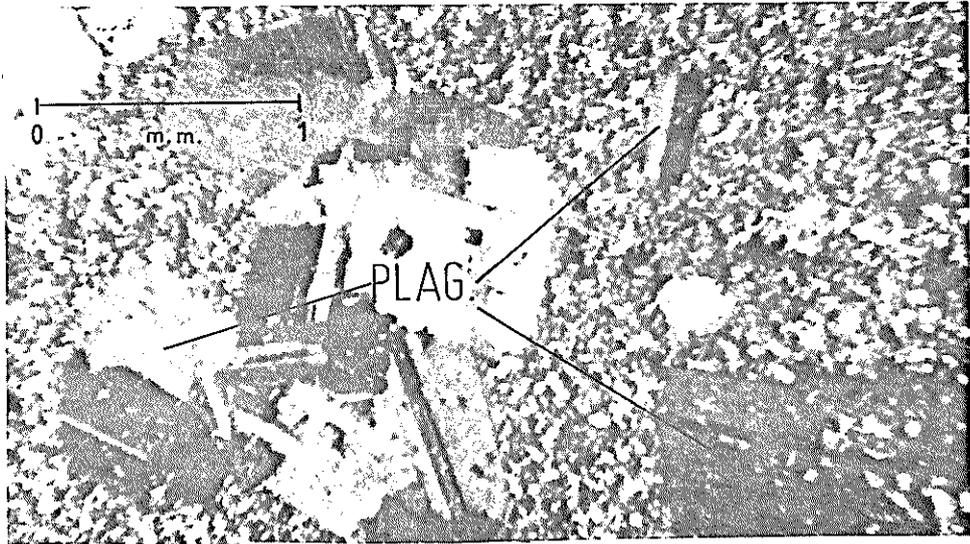
Microfotografía N°23.-Cuarzo, fenocristales fracturados en matriz afanítica. Biotita cloritizada. (Nícoles paralelos, 2.5 X).



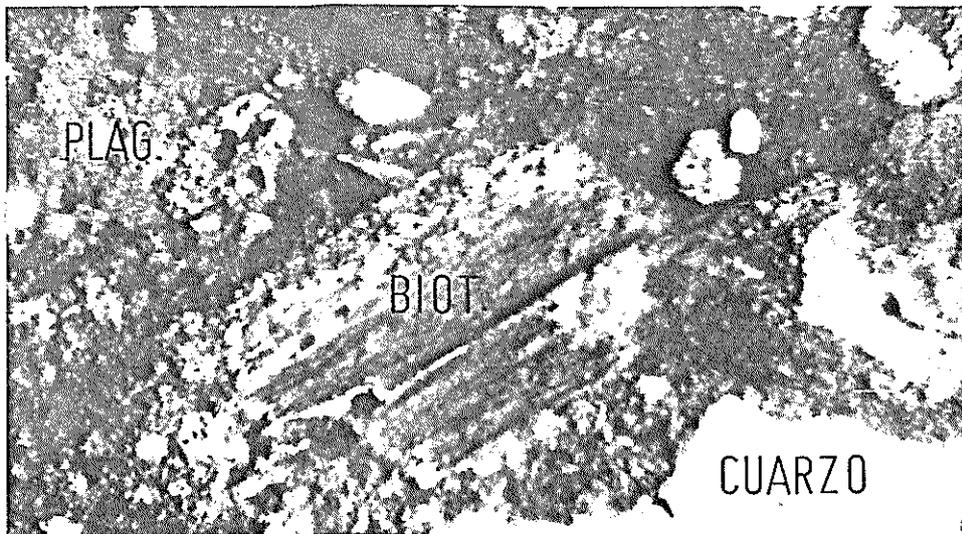
Microfotografía N°24.-Inclusión fluida en cristal de cuarzo. (Nícoles paralelos, 2.5 X).

tal de los feldespatos.

- d) Biotita, presente con características similares a la de las riodacitas, se diferencian porque el pleocroísmo en estas rocas es café rojizo, mientras que en aquellas es verdoso oscuro, además su promedio de abundancia en estas rocas es menor que en las riodacitas. (véase foto N° 26).
- e) Entre los minerales accesorios tenemos: magnetita, hematita, circon, etc., entre otros, ocurren de manera similar a como lo hacen en las riodacitas.
- f) Xenolitos, presentes en forma de agregados de cuarzo granular, micas y alteración sericitica, estas dos últimas localizadas en los intersticios dejados por los cristales de cuarzo. Tienen forma angulosa y proceden de sedimentos arenosos (posiblemente paleozoicos), que han sido asimilados por el magma. (véase foto N° 27). Están presentes en las muestras 27003, 27005, 27006 y 27027, localizadas cerca del contacto del cuerpo volcánico con las rocas paleozoicas circundantes.
- g) La pasta originalmente vítrea, ha sido sustituida por un agregado microcristalino de cuarzo anhedral,



Microfotografía N°25.-Plagioclasa, cristales agrupados, con macla de albite-carlsbad, cuarzo microcristalino en la pasta. (Nícoles cruzados, 2.5 X).



Microfotografía N°26.-Biotita, fenocristal alterado a clorita. (Nícoles cruzados, 6.2 X).

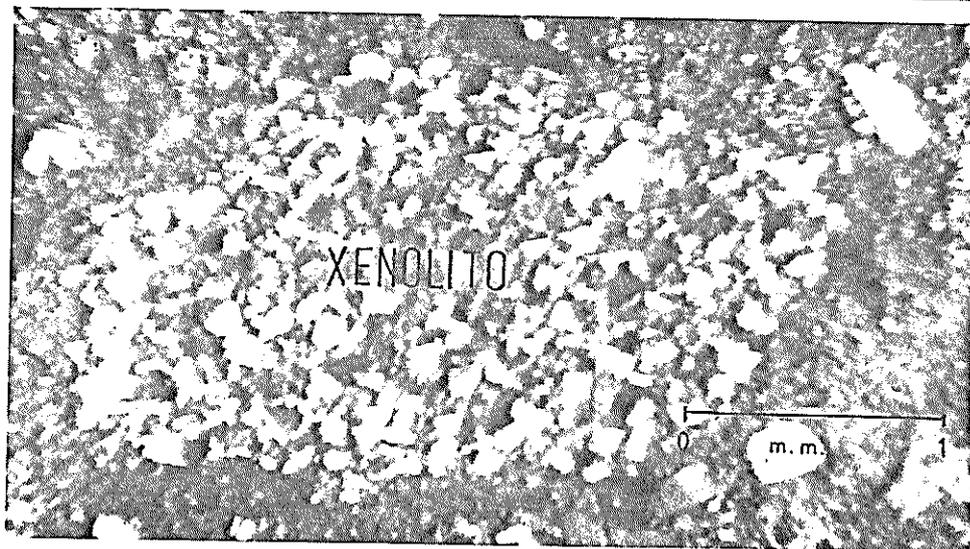
presentando las mismas características que fueron anotadas en la descripción de las riodacitas. (véase foto N° 28).

#### Texturas.-

La textura predominante es la profirítica, con dos fases de cristalización bien observables, como en las riodacitas. (véase foto N° 29). Esta textura puede ser: Hialopofirítica, cuando se observa a los fenocristales dispersos en una matriz afanítica criptocristalina; Glomeropofirítica, cuando se observa a los fenocristales reunidos en grupos de 2 a 3 individuos; Pertítica, cuando se observa un intercrecimiento de albita y microclina, en los fenocristales de plagioclasa; y Brechosa, en aquellas muestras en las que están presentes los xenolitos sedimentarios.

#### Alteraciones.-

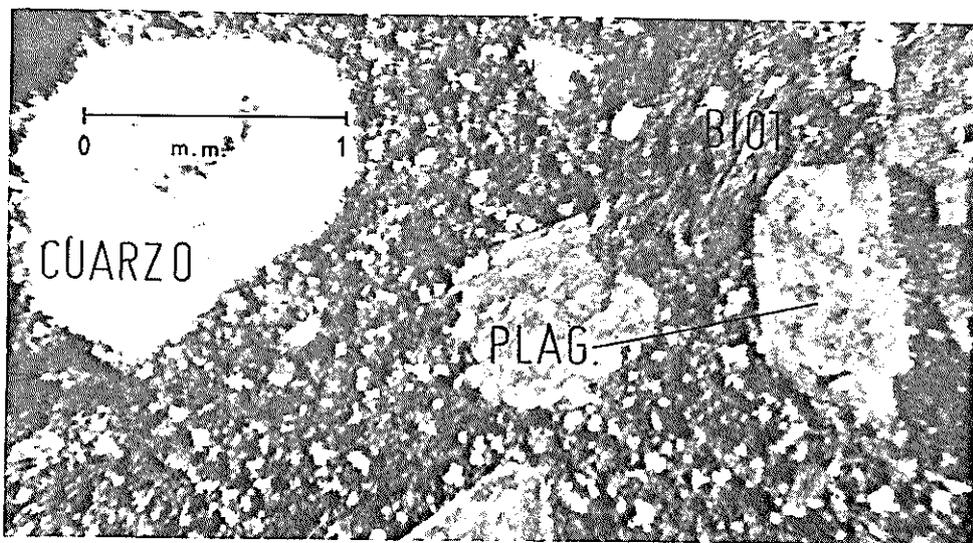
Los minerales de alteración más comunes, que se presentan en este tipo de rocas son: sericita, clorita, calcita, arcilla indeterminada y epidota, en orden de abundancia, los porcentajes de ocurrencia son más o menos similares a los observados en las riodacitas, siendo su origen también similar. (véase foto N° 30).



Microfotografía N°27.-Xenolito, de roca sedimentaria, microcristales agrupados de cuarzo, sericita en los intersticios. (Nícoles cruzados, 2.5 X).



BIBLIOTECA FIC  
ESPOL



Microfotografía N°28.-Pasta microcristalina, rodeada de fenocristales de cuarzo, plagioclasas alteradas y biotita cloritizada. (Nícoles cruzados, 2.5X).

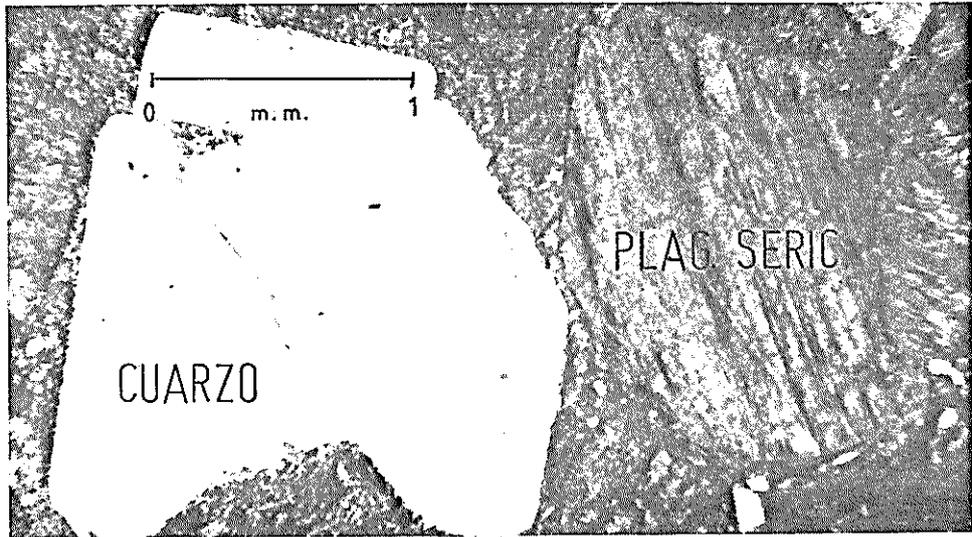
#### 4.3.2.-Distribución de los tipos litológicos.-

Las unidades litológicas más distribuidas son las riodacitas, ocupan aproximadamente el 70 % del total del área del cuerpo volcánico de Charazani, aflorando en los sectores norte y sur del mismo. En el primero, desde el límite norte hasta las inmediaciones del río Lapalaya, (margen izquierdo), y en el segundo, desde las inmediaciones del río Charazani, (margen derecho), hasta el límite sur.

Las dacitas están menos distribuidas con relación a las anteriores, ocupan aproximadamente el 30 % restante, emplazadas en el sector central, entre los afloramientos de riodacitas, hacia el sur del río Lapalaya y hacia el norte del río Charazani.

Los diques, que afloran en los alrededores del - cuerpo, tienen composición alternante entre riodacítica y dacítica, tanto al norte como al sur, siendo riodacíticos los más próximos al cuerpo y daclíticos los mas alejados del mismo.

#### 4.4.-Petrología: Clasificación, estudio de la secuencia y variación litológica.-



Microfotografía N°29.-Textura porfirítica, fenocristales de plagioclasa sericitizada con macla de Albita, y cuarzo en matriz fanítica microcristalina. (Nícoles cruzados, 2.5 X).



Microfotografía N°30.-Plagioclasa carbonatizada, fenocrystal rodeado de matriz microcristalina. (Nícoles cruzados 2.5 X).

En este capítulo, se analizará la clasificación de estas lavas, dentro del campo de las rocas ígneas, posteriormente se estudiará la secuencia y variación de las unidades litológicas, tanto en el interior - como en los alrededores del cuerpo.

#### 4.4.1.-Clasificación.-

El cuerpo volcánico de Charazani, está constituido por rocas ígneas, hipabisales, es decir que el magma que las originó, en el presente caso, salió a través de fallas, enfriándose a profundidades muy cercanas a la superficie, constituyendo, en realidad, un cuerpo subvolcánico.

Estas lavas son hipabisales porque, además, presentan características que son distintivas para dichos tipos de rocas, tales como: textura porfirítica, predominante, en matriz afanítica de holocristalina a merocristalina, ocasionada por el cambio de condiciones, debido a la ocupación por parte del magma, de niveles cada vez más altos en la corteza terrestre, en estos casos la textura expresa las condiciones en las cuales tuvo lugar el enfriamiento de dicho magma, además de la presencia de biotita alterada y fenocristales de cuarzo, frecuente-

mente con inclusiones gaseosas, debido a que estos minerales son estables a profundidad, pero tienden a descomponerse en un medio ambiente volcánico de baja presión y alta temperatura.

#### 4.4.2.-Estudio de la secuencia y variación litológica.-

Para el estudio de la secuencia y variación litológica del cuerpo volcánico de Charazani no se cuenta con las dataciones radiométricas del mismo, que hagan posible establecerla correctamente, secuencia volcánica no tan sencilla considerando que está controlada por las irregularidades de la topografía, de tal manera que se podrían obtener relaciones engañosas, sobre todo en el presente caso que se trata de lavas ácidas, que se caracterizan por ser muy viscosas.

Por la forma como están distribuidas las rocas de este cuerpo, se puede establecer que fueron originadas por dos focos magmáticos, situados el uno al norte y el otro al sur del mismo. El foco del norte podría estar ubicado en el sector noroccidental, con desplazamiento del flujo lávico hacia el sector suroriental, en cambio, el foco sur, en el sector suroriental con desplazamiento hacia el sector noroccidental. (véase mapa N° 9).

Inicialmente, el flujo magmático tenía composición dacítica, luego fue aumentando su contenido en sílice, evolucionando a un flujo de composición riodacítica.

En general, el contenido de cuarzo de estas rocas disminuye en el sentido norte-sur, mientras que el de feldespatos aumenta; en el sentido oeste-este, que coincide con los desniveles de los más altos hacia los más bajos, respectivamente, el contenido de cuarzo aumenta al mismo tiempo que el de los feldespatos se mantiene más o menos constante, (véase tabla N° 10).



Los diques ubicados en los alrededores del cuerpo, podrían tener un origen independiente de los dos focos antes anotados, surgiendo por conductos menores o como remanentes del cuerpo mayor, esto debido a que tienen composición similar pero alternante, entre dacítica y riodacítica, no guardando relación con lo que se observa en el interior del mismo.

#### 4.5.-Relación entre litología, mineralización y alteraciones.-

En las lavas del cuerpo subvolcánico de Charazani, se ha observado que las riódacitas están relacionadas con ocurrencias mineralógicas de sulfuros, como lo demuestran la presencia de pirita diseminada en las muestras 27021, 27049, 27050 y 151, también por la presencia de vetas mineralizadas con calcopirita que fueron explotadas en el sector de Sarahuarachi descritas en líneas anteriores, en cambio las dacitas están relacionadas con la ocurrencia de minerales radiactivos, uraninita y otros, en el sector del cerro Kohuila, acompañados de calcopirita, cuarzo, etc. En ambos casos, tanto en las riódacitas como en las dacitas, la mineralización es de origen hidrotermal, puesto que se encuentra rellenando diaclasas y constituyendo vetas.

Los minerales de alteración sericita, clorita, calcita, arcilla indeterminada y epidota, están relacionadas tanto a las riódacitas como a las dacitas, en porcentajes de abundancia más o menos similares. Estos minerales de alteración suministran una guía valiosa en la exploración de cuerpos mineralizados, por cuanto están distribuidos, comunmente, en la vecindad de dichos cuerpos.

El uso de estos minerales de alteración como guías de

mineralización no es tan sencillo, puesto que hay - que considerar otros factores que son muy importantes, como es el caso de la presión. temperatura, composición de las soluciones, composición de la roca - encajonante, etc.

#### 4.6.-Conclusiones.-

Al concluir el estudio petrográfico de las lavas de la región de Charazani, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1.- Las lavas de la región de Charazani, constituyen un cuerpo subvolcánico ácido, de composición dacítica y riodacítica, de mineralogía similar, textura porfirítica predominante, con dos fases de cristalización diferentes, en la que se observa fenocristales de cuarzo y feldespatos, principalmente, dispersos en una matriz afanítica microcristalina.

2.- En dicho cuerpo subvolcánico, las riodacitas - afloran en los sectores norte y sur mientras que las dacitas lo hacen en el sector central. Estas lavas fueron emplazadas a través de fallas, a profundidades cercanas a la superficie, constituyendo un cuerpo hipabisal, rodeado de pequeños diques, de composi

ción similar, remanentes del anterior o que aprovechan conductos menores para surgir.

3.- La composición mineralógica de este cuerpo varía tanto de norte a sur como de este a oeste y en altura. En el sentido norte-sur el cuarzo disminuye, mientras que los feldespatos aumentan. En el sentido oeste-este y de altura, el cuarzo aumenta, mientras que los feldespatos se mantienen más o menos constantes. En los minerales máficos, el porcentaje es más o menos similar para ambos tipos de roca.

4.- Las riodacitas están relacionadas con mineralización de sulfuros tales como pirita y calcopirita, mientras que las dacitas lo hacen con minerales radiactivos como la uraninita. Ambos tipos de mineralización son de naturaleza hidrotermal.

5.- Los minerales de alteración, sericita, clorita, calcita, arcilla indeterminada y epidota, están presentes tanto en las riodacitas como en las dacitas, constituyendo una guía importante en la búsqueda de cuerpos mineralizados, aprovechando la ocurrencia de éstos en los sectores de Sarahuarachi y Kohuila.

## 5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1.-CONCLUSIONES.-

De acuerdo con el estudio geológico-petrográfico - realizado, se puede concluir en lo siguiente:

- 1.-El contacto entre el Carbónico y el Pérmico, coincide con el primer estrato calcáreo correspondiente al Pérmico, que yace sobre el último estrato arenoso del Carbónico.
- 2.-El tren general de las estructuras de la zona, sigue la misma dirección que el que presentan los Andes Orientales de la República de Bolivia, NW-SE.
- 3.-Los esfuerzos que originaron dichas estructuras fueron de carácter compresivo, de poca magnitud, pero actuaron durante mucho tiempo, teniendo su máxima dirección de acción en la perpendicular al tren general de las estructuras, NE-SW.
- 4.-La prospección geoquímica regional revela la existencia de zonas anómalas, ligadas a ocurrencias mineralizadas de Cu, Pb y Zn, que en etapas ante

riores fueron explotadas en su parte aflorante , en cambio para los elementos Sn y W, los resulta dos no llegaron ni siquiera a los valores de ba se determinados para este tipo de rocas.

5.-La presencia de oro detectada en los bateados rea lizados en las morrenas de Ulla Ulla, indican que éstas pueden contener depósitos económicos del pre ciado elemento, similares a los encontrados en otros sectores aledaños a la zona, constituidos - por el mismo tipo de morrenas.

#### 5.2.-RECOMENDACIONES.-

1.-Realizar estudios locales en las zonas anómicas detectadas en la prospección geoquímica regional, aprovechando la información existente de las ocu rrencias mineralizadas que fueron explotadas en anteriores oportunidades, en dichas zonas.

2.-Realizar estudios y muestreos sistemáticos de las morrenas de Ulla Ulla, orientados a la localiza ción de acumulaciones auríferas de carácter eco nómico.

3.-Realizar un muestreo sistemático de los potentes

estratos de calizas pérmicas del Grupo Copacabana, para determinar su contenido en carbonatos, volumen y demás características que poseen estos materiales y que son indispensables para que puedan ser utilizados en la industria del cemento y otras.

4.- Realizar estudios detallados de las ocurrencias radiactivas del cuerpo volcánico de Charazani, que permitan establecer su área de emplazamiento, número de vetas mineralizadas, concentración del mineral, etc., y otras características que son imprescindibles para que estos minerales puedan ser utilizados económicamente.

5.- Realizar muestreos detallados del cuerpo volcánico de Charazani para establecer su edad, secuencia y variación litológica, así como las relaciones entre las alteraciones y la mineralización presentes en este cuerpo volcánico, parámetros, todos, que no pudieron ser determinados con amplitud en el presente estudio.

## 6.- APLICABILIDAD DEL ESTUDIO EN EL ECUADOR

### 6.1.-INTRODUCCION:-

Se incluye este capítulo en el presente estudio , con el objeto de cumplir con una disposición expresa de la Junta de Departamento de Ingeniería de Geología, Minas y Petróleo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, de que se agregue al temario presentado un capítulo de aplicabilidad del trabajo realizado a una zona de la geología ecuatoriana.

El estudio geológico-petrográfico realizado en la región de Charazani (Bolivia), puede efectuarse en cualquier región del Ecuador, por cuanto se trata de un análisis muy generalizado de las características presentes en la región antes anotada , de todas maneras se tratará de establecer las características geológicas a nivel regional y local, para ambos países, de tal manera que, de ser posible, se pueda establecer una región del Ecuador que presente características semejantes, que permita realizar un estudio similar.

### 6.2.-GENERALIDADES.-

Tanto Ecuador como Bolivia pertenecen al gran Cinturón Andino que atravieza el Hemisferio, que en el Ecuador, bisecta al país de N-S estructurando tres regiones morfoestructurales bien diferenciadas que son:

a) Zona Costera.- situada al occidente, ribereña del Oceano Pacífico, es una zona relativamente plana con elevaciones estructuradas a modo de Horts, las mismas que corren a lo largo de la costa, cuyo núcleo está prácticamente constituido por rocas volcánicas y sedimentarias mesozoicas que en la región de Pascuales están intruídas por cuerpos plutónicos terciarios.

b) Zona Andina.- presenta intrusiones plutónicas mesozoicas y cenozoicas, rocas metamórficas paleozoicas, rocas sedimentarias y volcánicas, mesozoicas y cenozoicas. Las formaciones metamórficas y sedimentarias están fuertemente deformadas por plegamientos y fallamientos. Diferentes tipos de mineralización ocurren en esta región.

Este complejo cordillerano está constituido por tres elementos morfoestructurales que son:

- 1.-La Cordillera Occidental.- constituída de sedimentos marinos y rocas volcánicas mesozoicas y cenozoicas, e intrusiones cretácicas y terciarias discontinuas que corresponden a tres manifestaciones principales, de composición mesosilícicas, en general granodioríticas a tonalíticas, al sur en la provincia de Loja y El Oro en la Cordillera de Mollepungo y los de la región centro-septentrional que son las de proporciones mayores.
  
- 2.-La Cordillera Real.- que contiene rocas cristalinas pre-cretácicas del basamento, altamente deformadas, y sedimentos paleozoicos, la misma que también está afectada por un cinturón magmático mesozoico de composición granítica, que se extiende de sur a norte en el flanco oriental de ésta, constituído por los batolitos de Zaruma, Abitagua y La Bonita. Esta cordillera constituye la "columna vertebral" de los Andes Ecuatorianos.
  
- 3.-La Trinchera Quito.- llamada también Depre-sión Interandina, yace entre las dos cordille-ras, es un graben lleno con depósitos volcá-nicos y continentales del Mioceno al Reciente.

c) *El Oriente.*- constituída por una espesa secuencia de sedimentos marinos paleozoicos y mesozoicos y continentales terciarios. Esta secuencia se encuentra cubriendo las rocas ígneas y metamórficas del basamento y están fuertemente plegadas y falladas.

Esta es probablemente una de las más grandes provincias petroleras del Hemisferio Occidental, con pliegues y trampas estratigráficas con potenciales aún no establecidos. Constituye la parte superior de la Cuenca Amazónica y comprende un área de bajo relieve, limitada al oeste, al pie de los Andes, por el levantamiento Napo-Galeras y las Cordilleras del Cutucú y Cóndor.

Bolivia en cambio, está constituída por los siguientes elementos morfoestructurales:

a) *La Cordillera Occidental.*- cuyo núcleo está constituído por el llamado Batolito Andino del Mesozoico, formado principalmente de granodioritas. También se encuentran expuestos en esta cordillera, extrusivos del terciario.

b) *El Altiplano.*- planicie elevada, cubierta por depósitos glaciales y aluviales recientes. Du

rante la mayor parte del terciario, el altiplano fue una depresión adyacente a las cordilleras, que recibía los materiales clásticos y continentales de las zonas altas. Dichos sedimentos fueron atravesados por numerosos stocks de edad Mioceno-Plioceno, posiblemente, que están relacionados con los depósitos de Cu.nativo, Pb., Zn. y Ag.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

c) Las Cordilleras Central y Oriental.- constituidas principalmente por rocas paleozoicas.

La Cordillera Central o Real es la "columna vertebral" de los Andes Bolivianos, está constituida por intrusiones graníticas y cuarzo-monzoníticas, terciarias o mesozoicas, que intruyen a las rocas devónicas y más antiguas.

Emplazados en la zona de contacto entre estos batolitos y unos stocks dacíticos y andesíticos, que ocurren sobre todo al sur de esta cordillera, se encuentran los depósitos de minerales más valiosos que pertenecen al Cinturón Boliviano del Estaño.

La Cordillera Oriental, está constituida prin

principalmente de sedimentos ordovísicos y en menor proporción de silúricos y devónicos.

- d) El Oriente.- está constituido generalmente de sedimentos marinos devónicos y continentales post-devónicos (permo-carbóníferos y mesozoicos). En el interior de esta zona están localizados los pliegues productores de petróleo del sur de Bolivia.
- e) Las planicies del Beni-Chaco.- constituidas por considerables espesores de sedimentos marinos y continentales del paleozoico inferior, marinos a fluvio-glaciales del paleozoico superior y continentales del mesozoico y terciario.
- f) El Escudo Brasileño.- en el que se encuentran expuestas las rocas precámbricas del basamento.

### 6.3.-ESTUDIO COMPARATIVO.-

Con los elementos morfoestructurales anotados en líneas anteriores y las características tanto litológicas como tectónicas que ofrecen las diferentes re

giones descritas para Ecuador y Bolivia, se puede establecer ciertas coincidencias regionales, sin que esto constituya una correlación.

- 1.-La Zona Costera del Ecuador con el Altiplano de Bolivia, ya que en ambas ocurren sedimentos mesozoicos y terciarios, que fueron intruídos por rocas plutónicas terciarias.
  
- 2.-La Cordillera Occidental de Ecuador con la homónima de Bolivia, puesto que ambas están constituídas por rocas sedimentarias y volcánicas, mesozoicas y cenozoicas con intrusiones plutónicas del mesozoico y cenozoico.
  
- 3.-La Cordillera Real de Ecuador con la correspondiente cordillera de Bolivia, puesto que ambas - están constituídas en su núcleo por rocas paleozoicas, intruídas por cuerpos ígneos mesozoicos. En ambos países esta cordillera constituye la verdadera columna vertebral de los Andes respectivos.
  
- 4.-El Oriente de Ecuador con el correspondiente de Bolivia, ya que ambos están constituídos por espesas secuencias sedimentarias marinas del paleo

zoico y mesozoico, y continentales mesozoicas y terciarias.

Considerando que en la región de Charazani, donde se realizó el estudio geológico-petrográfico del cuerpo volcánico allí emplazado, solo están presentes dos elementos morfoestructurales de los cuatro anotados anteriormente, las coincidencias a nivel local se las puede establecer así:

- 1.-La Zona Costera de Ecuador con el Altiplano de Bolivia; y ,
- 2.-La Cordillera Real de Ecuador con la Cordillera Real de Bolivia.

#### 6.4.-CONCLUSION Y RECOMENDACION.-

Una vez establecidas las coincidencias entre los elementos morfoestructurales de ambos países y considerando que en el Altiplano Boliviano los stocks plutónicos que intruyen los sedimentos terciarios están relacionados con depósitos de Cu.nativo, Pb., Zn. y Ag., y que en la Cordillera Real Boliviana , en la zona de contacto entre los cuerpos plutónicos y los cuerpos volcánicos que intruyen a los sedimentos paleozoicos, están presentes los depósitos de -

minerales más valiosos que se explotan en Bolivia, que pertenecen al famoso Cinturón Boliviano del Estaño, se puede concluir que en el Ecuador, tanto - en la Zona Costera como en la Cordillera Real se pueden presentar depósitos similares, puesto que - como se ha establecido, dichos elementos morfoestructurales presentan características semejantes a los respectivos elementos que se presentan en Bolivía.



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

Sin embargo, es una verdad reconocida que el emplazamiento de este tipo de depósitos minerales no guarda relación con determinados tipos de roca y edades geológicas, puesto que pueden ocurrir en rocas ígneas ácidas o básicas que pertenezcan a edades que van del Paleozoico al Cenozoico.

Considerando estos factores se puede recomendar la realización de estudios geológicos programados en áreas específicas, que presenten las características anotadas anteriormente, cumpliendo con dos fases muy importantes en la búsqueda de depósitos minerales que son:

- 1.- Mapeo Geológico regional del área; y ,
- 2.- Prospección Geoquímica regional.

En dichas fases debe ser utilizada la valiosa información que se tiene de los depósitos de minerales - ya descubiertos, explotados en la actualidad, que serviría para ubicar las regiones similares, en donde podrían ocurrir otros depósitos.



2.84	10	213	Autunita
2.69	12	202	Meta-Autunita
2.56	25	601	Uranofano
2.45	20	220(110)	Meta-Autunita-Cuarzo
2.39	15	222	Autunita
2.36	12	222	Meta-Torbernita
2.28	10	102	Cuarzo
2.25	8	S. Índices	Meta-Autunita-Uranofano
2.20	7	S. Índices	Meta-Autunita
2.12	15	200	Cuarzo-Meta-Torbernita
2.04	5	314	Autunita
2.00	8	S. Índices	Uranofano
1.98	8	201	Cuarzo
1.82	20	112	Cuarzo
1.77	5	0,210	Autunita
1.75	5	S. Índices	Meta-Autunita
1.71	7	"	Uranofano
1.65	15	"	Meta-Autunita
1.62	5	"	Meta-Torbernita
1.60	8	"	Meta-Torbernita
1.54	15	"	Autunita
1.50	20	"	Uranofano

Resultado: Autunita con cantidades subordinadas de Meta-Autunita  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2-6\text{H}_2\text{O}$  y Uranofano  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_3)_2(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . La presencia

de Meta-Torbernita  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 6-8\text{H}_2\text{O}$  es dudosa .  
 El cuarzo pertenece a la roca encajonante.

-----

Muestra: 131 (1)      Ubicación: Cerro Kohuila

d (A°)	I	hkl	Mineral(es)
10.4	100	002	Autunita
6.46	20	011	Autunita ?
4.26	15	100	Cuarzo
3.57	25	015	Autunita
3.33	30	101, 022	Cuarzo-Autunita
3.13	80	111	Pechblenda
2.84	5	213	Autunita
2.71	35	200	Pechblenda
2.44	10	110	Cuarzo
2.33	10	118	Autunita
2.28	5	102	Cuarzo
2.21	10	111	Cuarzo
2.12	40	200	Cuarzo
1.92	35	220	Pechblenda
1.81	15	112	Cuarzo
1.73	5	325	Autunita
1.64	25	311	Pechblenda
1.57	8	222	Pechblenda

Resultado: Pechblenda  $\text{U}_3\text{O}_8$  y Autunita  $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{U})(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  con abundante Cuarzo de la roca encajonante.

ANALISIS DE DIFRACCION DE RAYOS X

Muestra: 131 (3a)                      Ubicación: Laguna Chorcolaya  
 Condiciones del Equipo: Difractómetro Phillips-Norelco  
 Corriente del tubo de Rayos X: 36 Kv., 18 mA.  
 Tubo: Cu.; Filtro: Ni.              Rango:  $2 \times 10^3$  c.p.s.  
 Velocidad Goniómetro: 2°/min. Velocidad reg.: 60/hora  
 Constante de tiempo: 4 seg. Angulo de partida: 3°

d. (A°)	I	hkl	Mineral(es)
10.4	65	002	Torbernita
6.65	15	101	"
5.18	20	004	"
4.92	45	110, 103	"
4.44	35	112	"
3.70	10	S.Indices	"
3.56	80	105, 114	"
3.33	100	101	Cuarzo
3.12	70	111	Pechblenda
3.00	25	111	Uraninita ?
2.84	20	S.Indices	Torbernita
2.73	75	002	"
2.45	25	110	Cuarzo
2.23	5	S.Indices	Torbernita
2.19	10	"	"
2.12	20	200	Cuarzo
2.04	6	S.Indices	Torbernita

2.00	10	201	Cuarzo
1.91	25	S.Indices	Torbernita
1.85	10	"	"
1.82	15	112	Cuarzo
1.63	20	311	Pechblenda

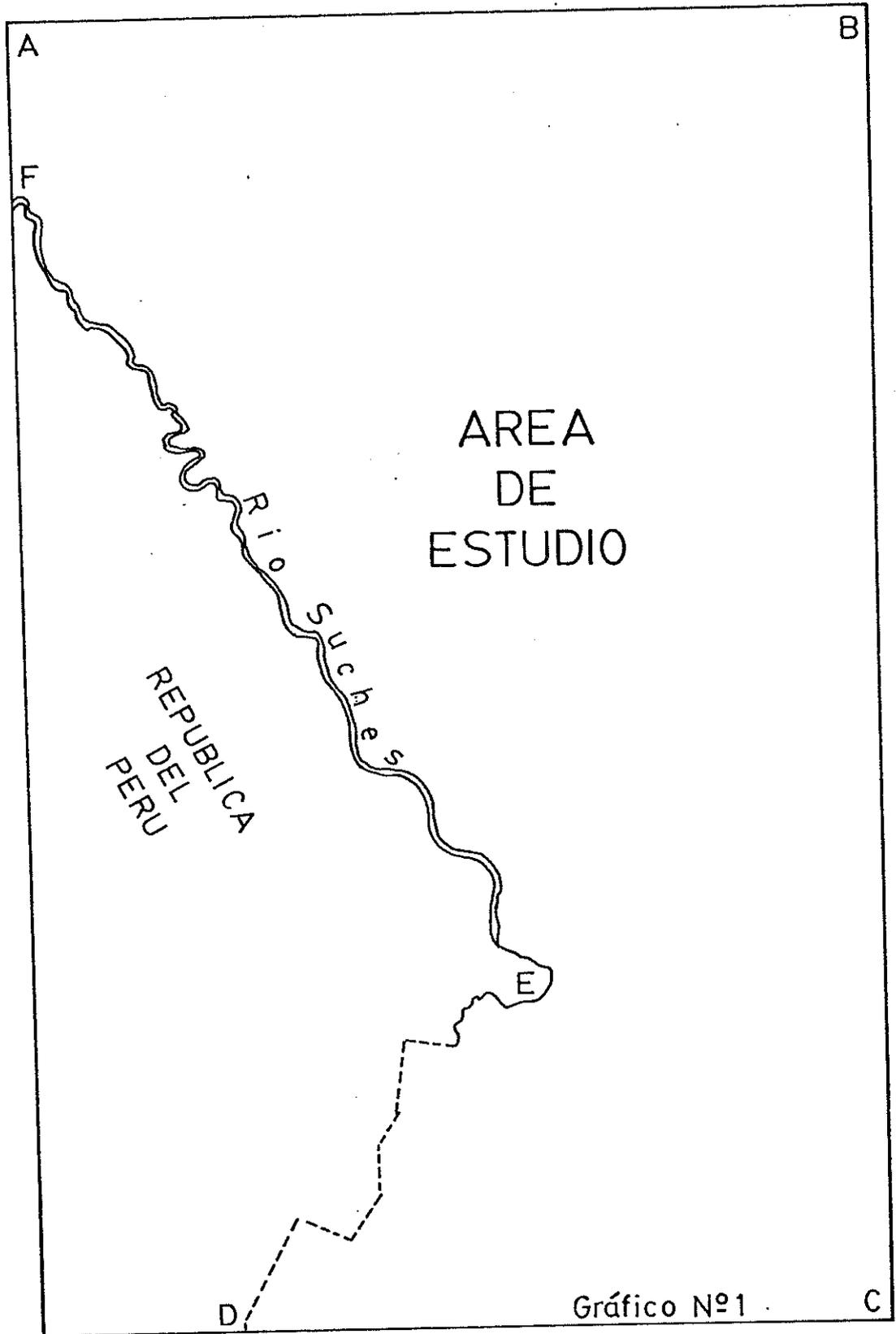
Resultado: Torbernita  $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8-12H_2O$ , con pequeñas cantidades de Pechblenda y posiblemente algo de Uraninita. El Cuarzo es una impureza de la roca encajonante.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Muestra:	131	(3c)	Ubicación:	Laguna Chorcolaya
d. (A°)	I	hkl	Mineral(es)	
6.80	15	020	Wolsendorfitas ?	
3.46	60	320, 301	"	
3.13	100	111	Pechblenda	
2.71	90	200	"	
2.12	40	200(152, 213)	Cuarzo-Wolsendorfitas ?	
1.81	35	003	Cuarzo	
1.57	20	222	Pechblenda	
1.64	90	103	Cuarzo	

Resultado: Pechblenda  $U_3O_8$  y posiblemente Wolsendorfitas  $(Pb, Ca)O \cdot 2UO_3 \cdot H_2O$  con impurezas de Cuarzo de la roca encajonante.



# Distribución de Frecuencia Acumulativa: Cud del Devónico

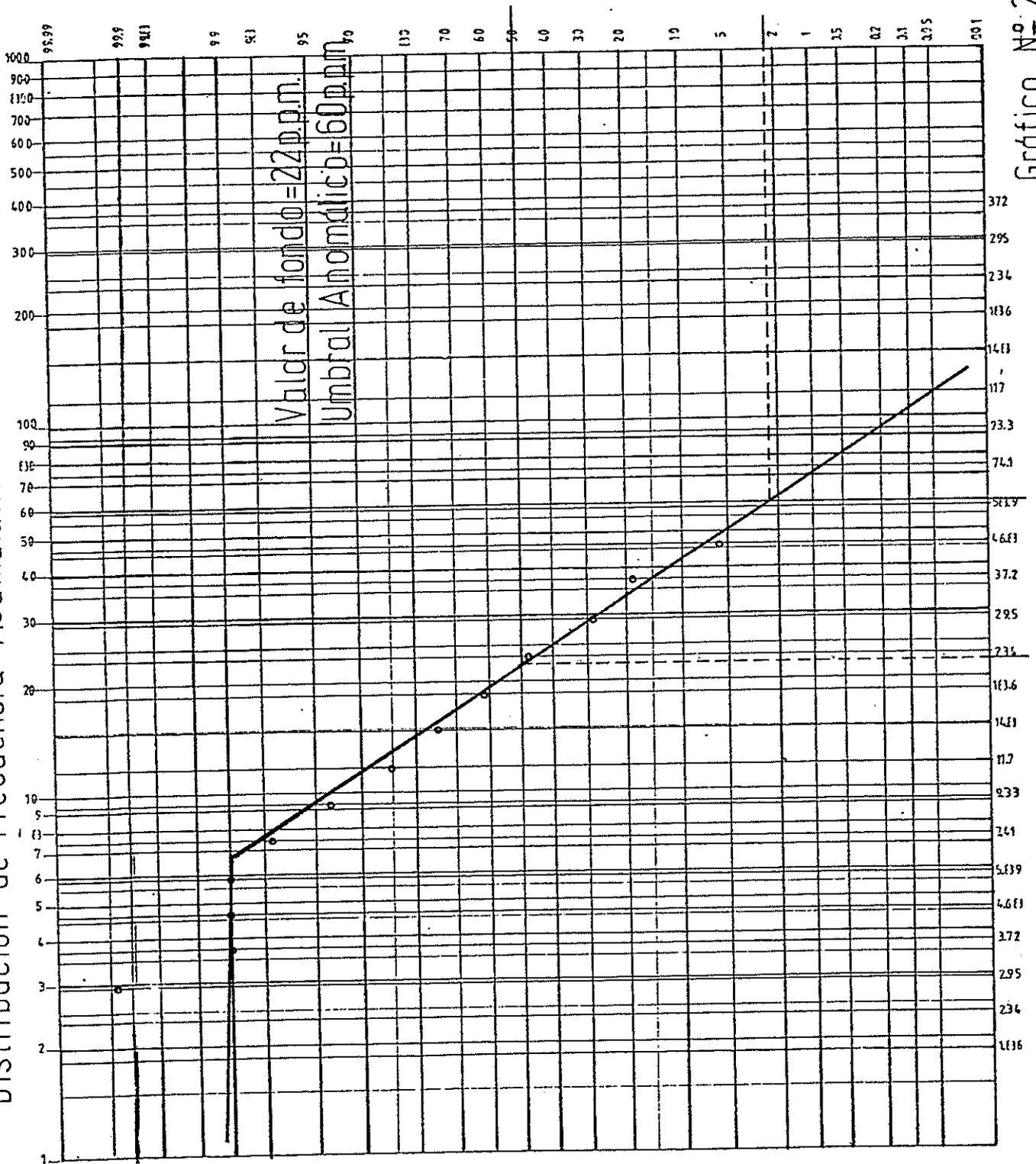


Gráfico No. 2

# Distribución de Frecuencia Acumulativa: Pb del Devónico

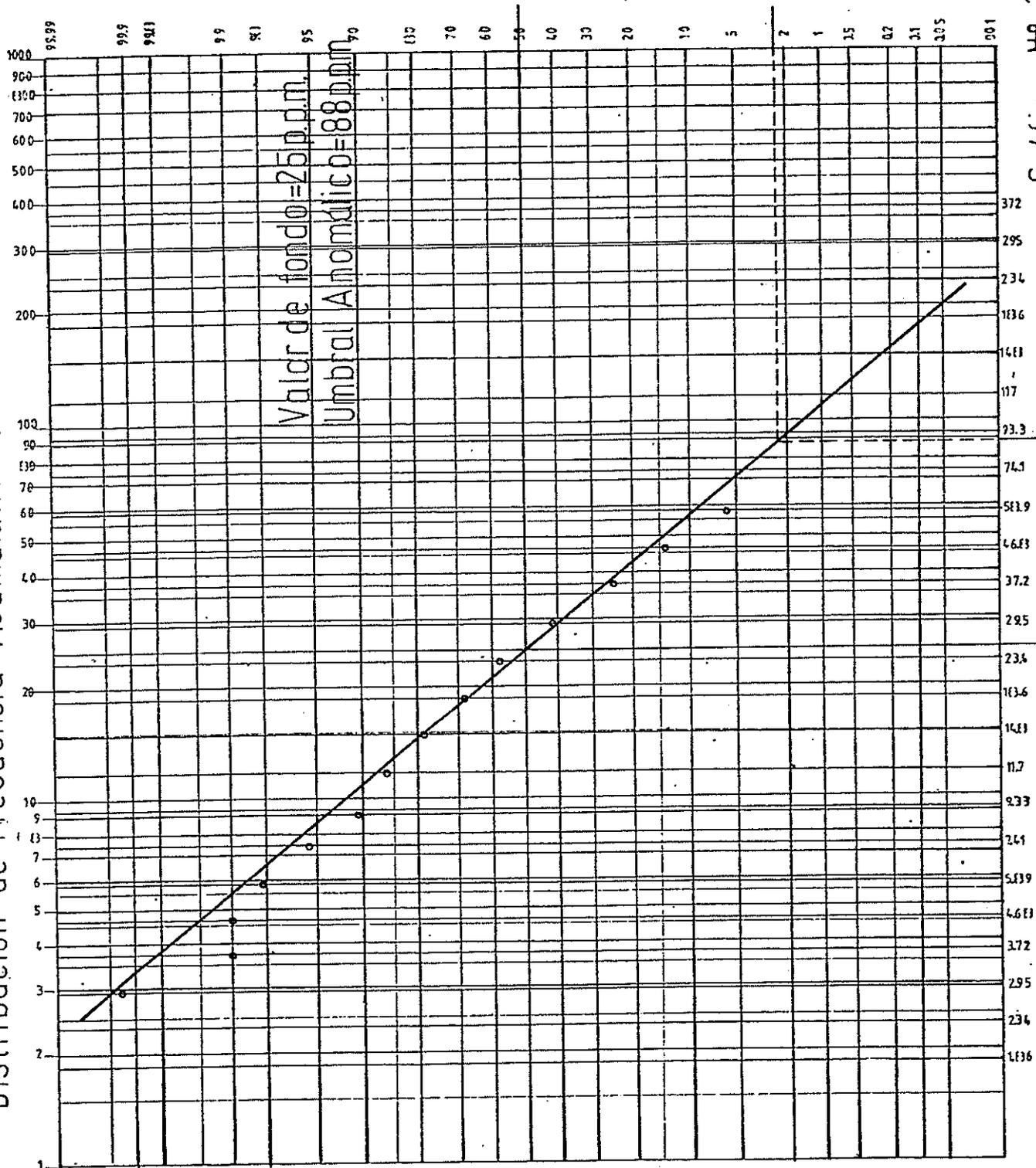
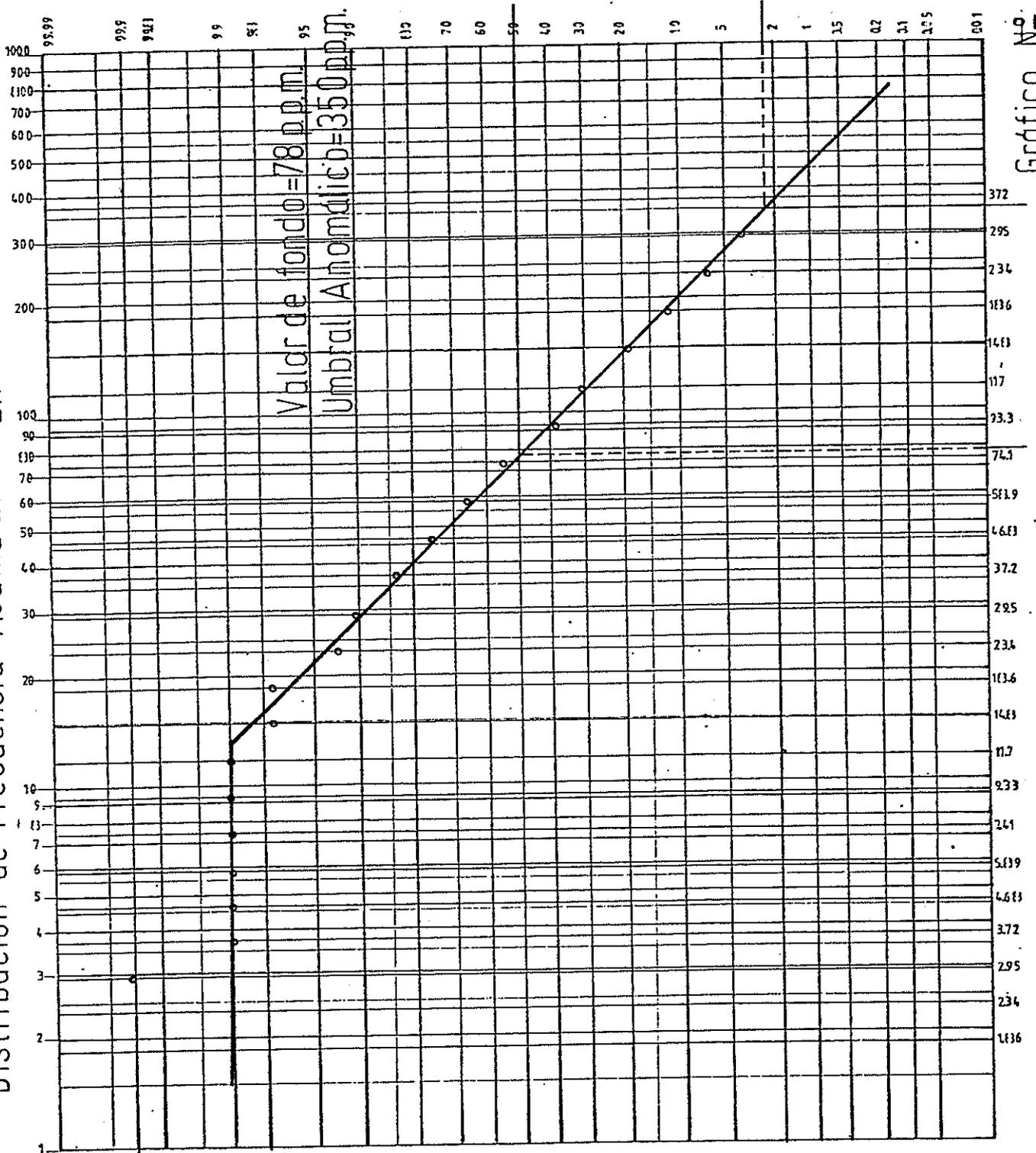


Gráfico Nº 3

Distribución de Frecuencia Acumulativa: Zn del Devónico



# Distribución de Frecuencia Acumulativa: Cu del Carbo-Pérmico

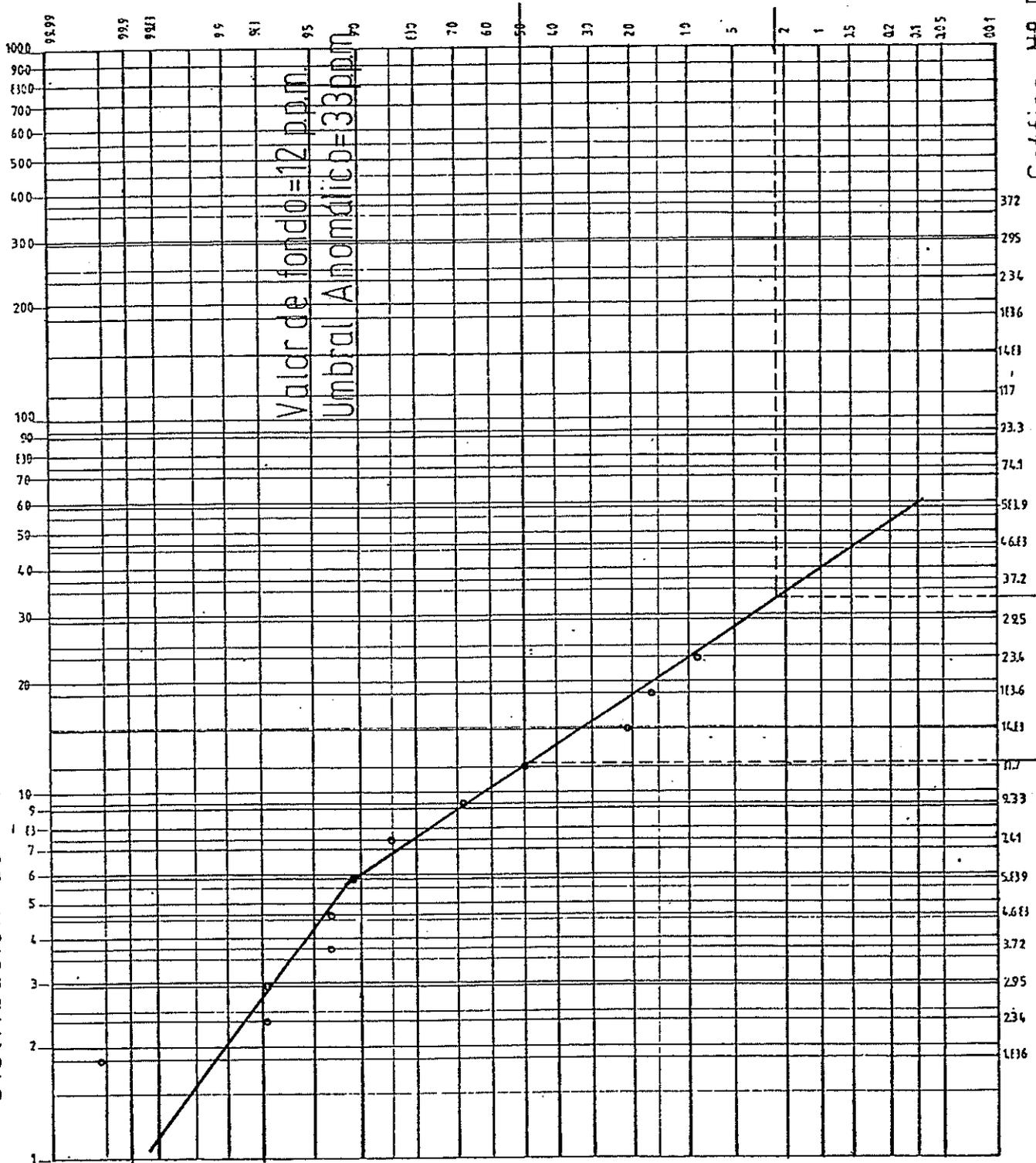


Gráfico N.º 5.



BIBLIOTECA FIC  
ESPORA

# Distribución de Frecuencia Acumulativa: Pb del Carbo-Pérmico

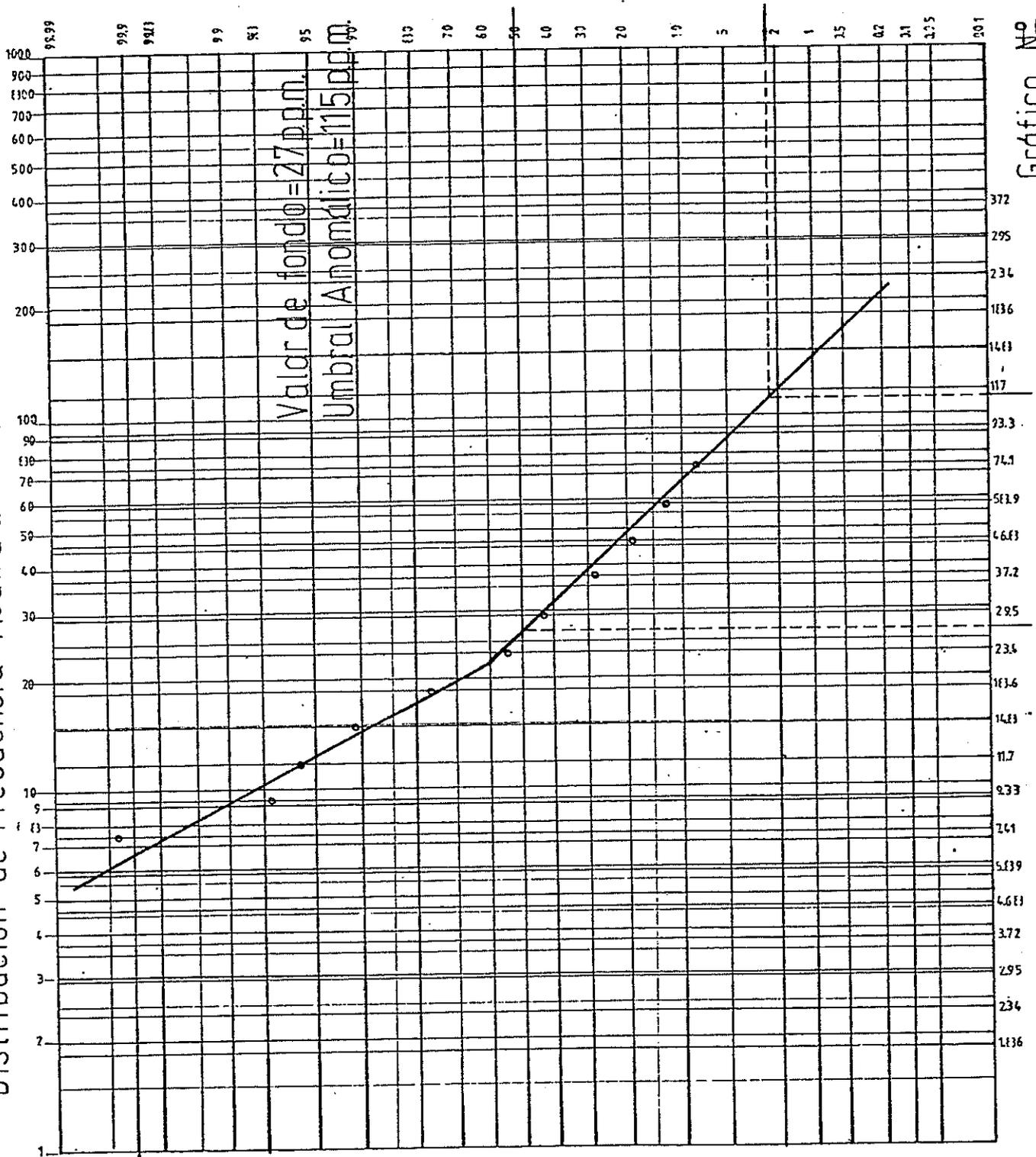


Gráfico Nº 6



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

# Distribución de Frecuencia Acumulativa: Zn del Carbo-Pérmico

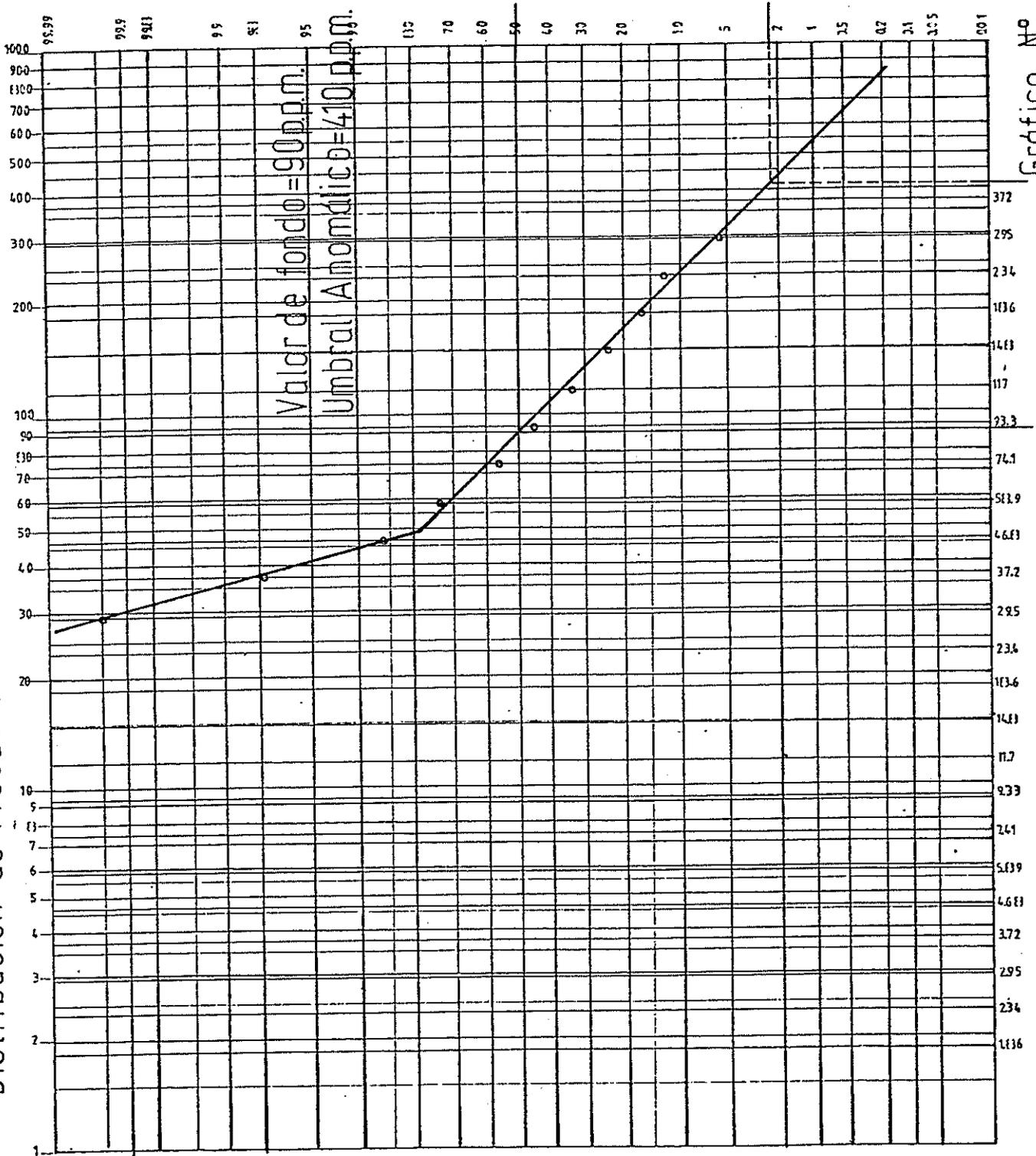


Gráfico Nº 7

# Distribución de Frecuencia Acumulativa: Cu del Terciario

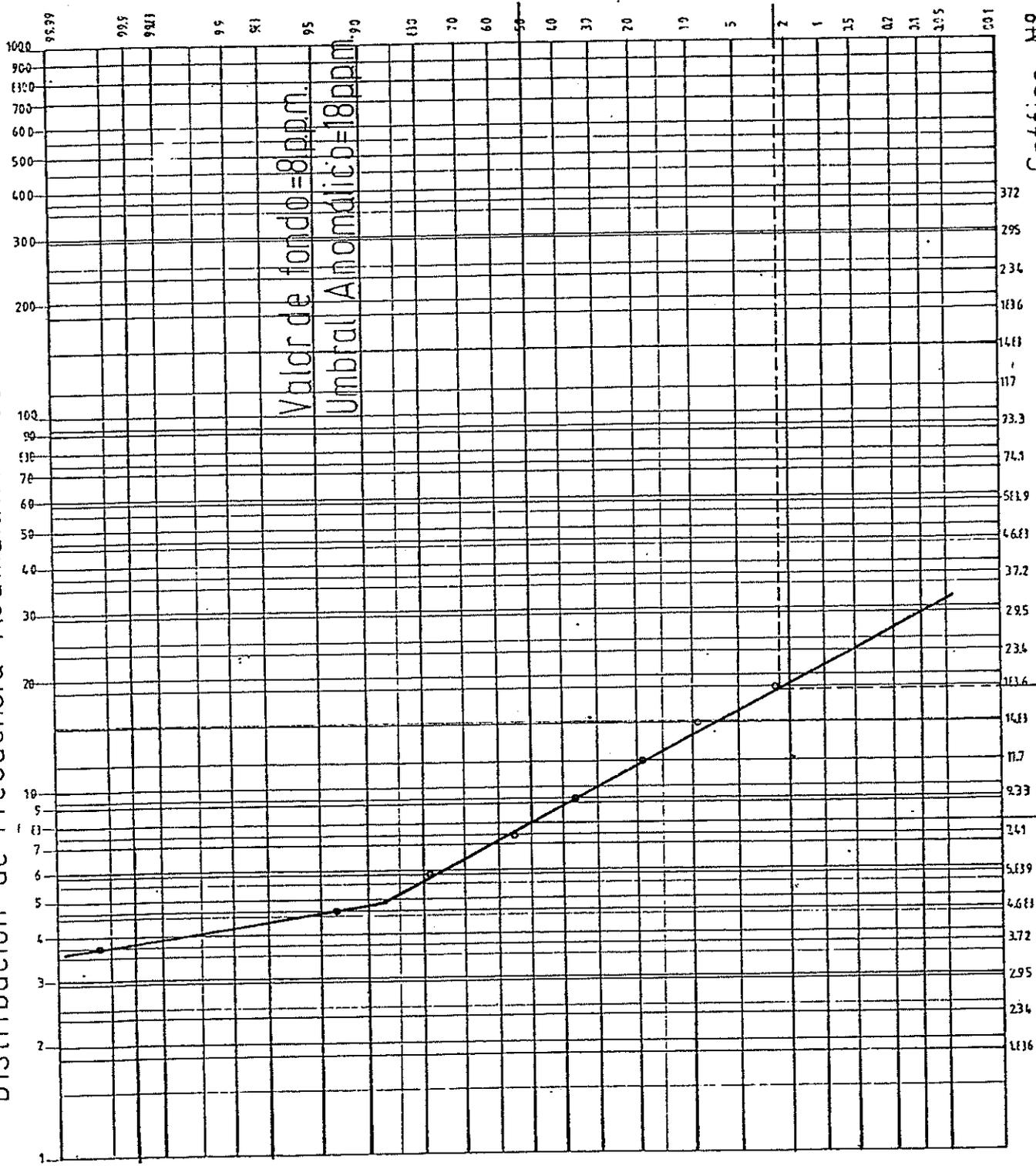


Gráfico N° 8

# Distribución de Frecuencia Acumulativa: Pb del Terciario

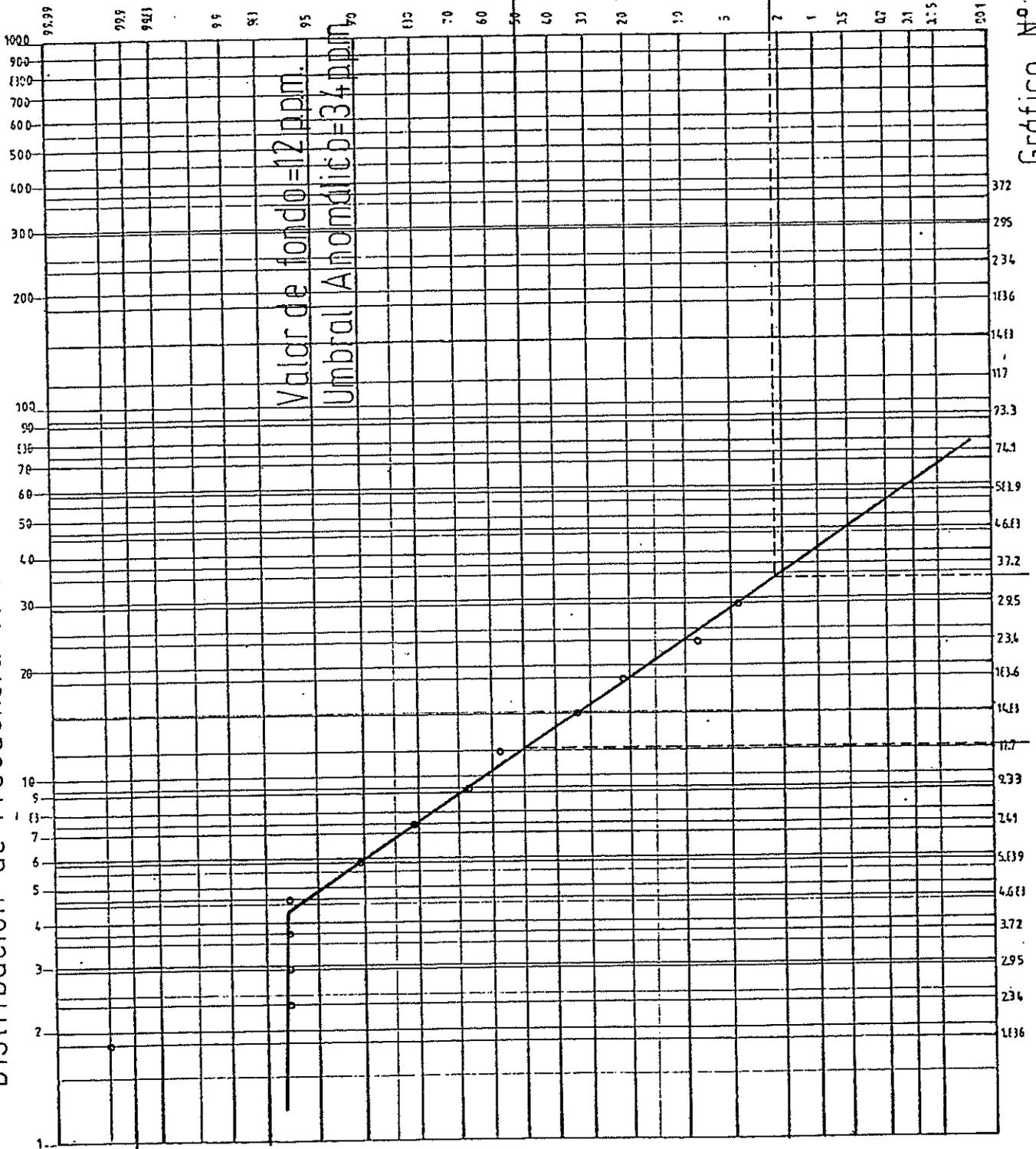


Gráfico No. 9

# Distribución de Frecuencia Acumulativa: Zn del Terciario

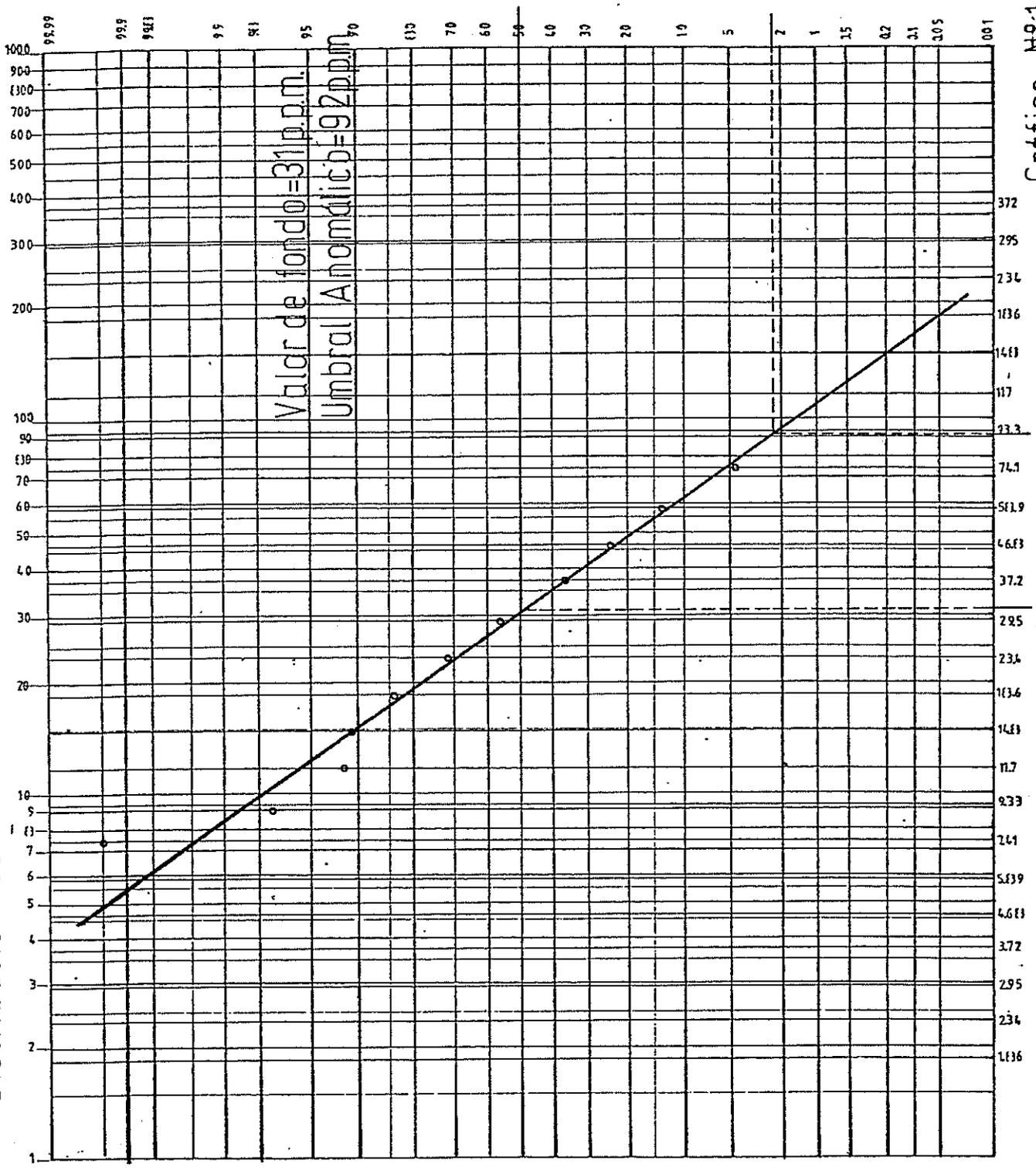


Gráfico No.10

TABLA N° 1

Resultados de las Muestras de Sedimentos Fluviales

DEVONICO

N° Muestra	Cu	Pb	Zn	N° Muestra	Cu	Pb	Zn
20008	31	67	275	20038	64	32	210
20016	50	64	220	20039	33	17	110
20017	21	28	90	20040	45	18	155
20018	860	284	2200	20041	21	14	70
20019	950	295	2000	20042	220	44	850
20020	390	490	790	20044	45	20	200
20021	300	263	1200	20045	44	51	182
20022	24	23	130	20046	15	12	42
20023	15	20	165	20047	30	25	90
20024	11	9	52	20048	11	8	32
20026	25	24	125	20049	18	12	52
20027	28	25	130	20050	16	14	50
20028	26	36	300	20051	56	63	340
20029	39	39	140	20052	23	21	75
20030	34	20	195	20053	58	49	242
20032	47	43	105	20056	148	115	325
20033	43	38	99	20057	700	57	135
20034	530	155	410	20058	280	69	460
20035	100	46	530	20059	270	58	700
20036	125	64	670	20063	14	9	43
20037	32	16	90	20064	42	35	161



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

20065	28	53	224	* 1374	21	17	53
20066	9	11	43	* 1377	26	25	61
20067	27	25	125	* 1378	36	26	64
20068	31	27	125	* 1379	29	33	65
20069	12	10	44	* 1380	36	30	147
20070	31	26	120	* 1381	26	40	77
20071	12	13	49	* 1382	40	32	162
20072	29	70	185	* 1383	18	28	74
20073	21	33	140	* 1385	29	54	113
20074	11	14	19	* 1387	9	14	20
20075	16	28	140	* 1430	164	158	930
20076	14	19	145	* 1431	32	21	76
20077	43	33	62	* 1432	29	25	98
20078	32	49	67	* 1433	40	30	83
20079	13	7	29	* 1434	52	44	114
20080	15	9	36	* 1435	26	24	74
20081	18	20	57	* 1436	53	40	104
20082	13	5	38	* 1437	29	18	66
* 1355	47	26	269	* 1438	24	30	89
* 1356	11	19	44	* 1439	13	17	67
* 1357	9	18	51	* 1459	13	16	64
* 1358	39	30	85	* 1460	9	14	50
* 1359	13	27	88	* 1461	281	141	1110
* 1360	27	31	92	* 1462	18	15	185
* 1372	45	31	258	* 1463	6	29	47
* 1373	11	22	40	* 1464	21	41	89

* 1465	20	36	93	* 1971	42	26	75
* 1546	7	31	33	* 1972	10	11	36
* 1547	18	47	67	* 1973	22	34	23
* 1959	29	76	102	* 1974	3	3	3
* 1960	39	44	83	* 1975	17	14	34
* 1961	23	195	503	* 1976	10	9	20
* 1962	50	247	344	* 1977	11	21	28
* 1963	24	185	380	* 1978	20	6	13
* 1964	21	44	76	* 1979	24	26	56
* 1965	22	118	492	* 1980	15	7	14
* 1966	21	41	115	* 1981	14	13	30
* 1967	21	30	68	* 1982	16	610	45
* 1968	14	23	43	* 1983	11	16	32
* 1969	21	50	118	* 1984	15	11	22
* 1970	24	42	96	* 1429	15	31	76

\* Muestras tomadas en trabajo anterior

Este trabajo = 60 muestras

Trabajo anterior = 64 muestras

TOTAL = 124 muestras

TABLA N° 2

Resultados de las Muestras de Sedimentos Fluviales

CARBONICO - PERMICO

N° Muestra	Cu	Pb	Zn	N° Muestra	Cu	Pb	Zn
20000	9	73	290	20114	10	20	64
20001	14	87	270	20115	6	15	48
20002	12	39	85	20116	9	21	70
20003	10	84	350	20117	12	18	58
20004	14	66	240	20118	11	17	71
20005	13	135	225	20119	9	14	59
20009	6	13	30	20120	14	24	44
20010	28	31	81	20121	7	16	50
20011	21	28	94	20122	27	38	340
20012	11	17	43	20123	9	20	98
20025	20	11	65	20124	10	33	71
20031	23	22	67	20125	2	15	50
20054	28	37	102	20126	11	33	93
20055	28	24	74	20127	15	23	220
20093	3	9	39	* 1527	10	51	151
20094	9	16	300	* 1529	12	40	118
20095	11	20	55	* 1530	12	30	103
20108	13	20	40	* 1533	12	48	106
20109	5	19	39	* 1713	9	79	406
20110	14	530	860	* 1714	3	76	78
20111	9	21	53	* 1715	16	52	154

* 1716	14	33	129	* 1719	20	27	110
* 1717	12	28	148	* 1720	9	21	92
* 1718	12	42	186	* 1721	11	31	128

\* Muestras tomadas en trabajo anterior

Este trabajo = 35 muestras

Trabajo anterior = 13 muestras

TOTAL = 48 muestras

TABLA N° 3

Resultados de las Muestras de Sedimentos Fluviales

TERCIARIO

N° Muestra	Cu	Pb	Zn	N° Muestra	Cu	Pb	Zn
20006	6	15	28	20098	15	8	39
20007	9	19	33	20099	15	16	80
20013	5	14	22	20100	11	15	48
20014	6	19	28	20101	9	13	35
20015	7	10	36	20102	5	10	19
20043	14	7	37	20103	9	9	17
20060	14	12	52	20104	12	8	19
20061	11	7	30	20105	6	10	26
20062	4	2	24	20106	5	12	10
20083	10	6	11	20107	7	17	30
20084	5	2	9	20112	8	13	37
20085	9	5	8	20113	5	5	14
20086	8	11	28	* 1353	8	9	22
20087	13	9	22	* 1354	21	19	39
20088	19	19	93	* 1371	5	14	23
20089	12	18	48	* 1375	7	6	16
20090	11	16	50	* 1376	10	14	18
20091	15	14	41	* 1528	8	14	24
20092	11	13	55	* 1534	10	21	55
20096	7	17	59	* 1535	14	30	76
20097	11	12	44	* 1536	15	36	66



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

* 1537	6	11	26	* 1723	6	6	36
* 1538	11	37	59	* 1724	10	22	44
* 1539	10	24	42	* 1725	8	19	54
* 1540	9	26	61	* 1726	4	12	24
* 1541	7	9	30	* 1727	5	11	31
* 1542	6	8	22	* 1728	6	9	43
* 1543	9	14	33	* 1729	6	15	67
* 1544	8	13	15	* 1730	5	5	22
* 1545	4	5	11	* 1731	5	19	25
* 1722	4	6	33	* 1732	6	13	41

\* Muestras tomadas en trabajo anterior

Este trabajo = 33 muestras

Trabajo anterior = 29 muestras

TOTAL = 62 muestras



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

TABLA N° 4

LIMITE DE	SISTEMA DEVONICO								
	COBRE			PLOMO			ZINC		
	N° p.p.m.	Fre. Rel. %	Fre. Acu. %	N° Mu.	Fre. Rel. %	Fre. Acu. %	N° Mu.	Fre. Rel. %	Fre. Acu. %
1.86									
2.34									
2.95	1	0.91	99.94	1	0.90	99.93	1	0.91	99.91
3.72	-	-	99.03	-	-	99.03	-	-	99.00
4.68	-	-	99.03	1	0.90	99.03	-	-	99.00
5.89	2	1.83	99.03	3	2.72	98.13	-	-	99.00
7.41	4	3.66	97.20	5	4.54	95.41	-	-	99.00
9.33	9	8.25	93.54	4	3.63	90.87	-	-	99.00
11.7	11	10.09	85.29	10	9.09	87.24	2	1.83	99.00
14.8	15	13.76	75.20	10	9.09	78.15	-	-	97.17
18.6	15	13.76	61.44	12	10.90	69.06	5	4.58	97.17
23.4	20	18.34	47.68	18	16.36	58.16	2	1.83	92.59
29.5	11	10.09	29.34	17	15.45	41.80	7	6.42	90.76
37.2	13	11.92	19.25	13	11.81	26.35	9	8.25	84.34
46.8	8	7.33	7.33	9	8.18	14.54	10	9.17	76.09
58.9				7	6.36	6.36	13	11.92	66.92
74.1							17	15.59	55.00
93.3							10	9.17	39.41
117							13	11.92	30.24
148							7	6.42	18.32
186							5	4.58	11.90
234							4	3.66	7.32
295							4.	3.66	3.66
372									

N°Mu. = Número de Muestras por elemento

Fre.Rel = Frecuencia Relativa en porcentaje

Fre.Acu. = Frecuencia Acumulada en porcentaje



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

TABLA N° 5

LIMITE DE CLASE p.p.m.	SISTEMA CARBONICO-PERMICO								
	COBRE			PLOMO			ZINC		
	N° Mu.	Fre. Rel. %	Fre. Acu. %	N° Mu.	Fre. Rel. %	Fre. Acu. %	N° Mu.	Fre. Rel. %	Fre. Acu. %
1.86									
2.34	1	2.08	99.96						
2.95	-	-	97.88						
3.72	2	4.16	97.88						
4.68	-	-	93.72						
5.89	1	2.08	93.72						
7.41	3	6.25	91.64						
9.33	8	16.66	85.39	1	2.17	99.93			
11.7	9	18.75	68.73	1	2.17	97.76			
14.8	14	29.16	49.98	2	4.34	95.59			
18.6	2	4.16	20.82	7	15.21	91.25			
23.4	4	8.33	16.66	10	21.73	76.04			
29.5	4	8.33	8.33	5	10.86	54.31			
37.2				7	15.21	43.45	1	2.17	99.95
46.8				4	8.69	28.24	5	10.86	97.78
58.9				3	6.52	19.55	6	13.04	86.92
74.1				2	4.34	13.03	8	17.39	73.88
93.3				4	8.69	8.69	5	10.86	56.49
117							6	13.04	45.63
148							4	8.69	32.59
186							3	6.52	23.90
234							2	4.34	17.38
295							3	6.52	13.04
372							3	6.52	6.52

N°Mu. = Número de Muestras por elemento

Fre.Rel. = Frecuencia Relativa en porcentaje

Fre.Acu. = Frecuencia Acumulada en porcentaje

TABLA N° 6

LIMITE DE CLASE p.p.m.	SISTEMA TERCARIO								
	COBRE			PLOMO			ZINC		
	N° Mu.	Fre. Rel. %	Fre. Acu. %	N° Mu.	Fre. Rel. %	Fre. Acu. %	N° Mu.	Fre. Rel. %	Fre. Acu. %
1.86				2	3.22	99.95			
2.34				-	-	96.73			
2.95				-	-	96.73			
3.72	4	6.45	99.97	-	-	96.73			
4.68	9	14.51	93.52	4	6.45	96.73			
5.89	14	22.58	79.01	6	9.67	90.28			
7.41	12	19.35	56.43	8	12.90	80.61	2	3.22	99.95
9.33	11	17.74	37.08	6	9.67	67.71	3	4.83	96.73
11.7	6	9.67	19.34	15	24.19	58.04	1	1.61	91.90
14.8	4	6.45	9.67	8	12.90	33.85	4	6.45	90.29
18.6	2	3.22	3.22	8	12.90	20.95	8	12.90	83.84
23.4				2	3.22	8.05	9	14.51	70.94
29.5				3	4.83	4.83	12	19.35	56.43
37.2							8	12.90	37.08
46.8							7	11.29	24.18
58.9							5	8.06	12.89
74.1							3	4.83	4.83
93.3									
117									
148									
186									
234									
295									
372									

N°Mu. = Número de Muestras por elemento

Fre. Rel. = Frecuencia Relativa en porcentajes

Fre. Acu. = Frecuencia Acumulada en porcentajes



BIBLIOTECA FICT.  
ESPOL

TABLA N° 7

Resultados de Los Rangos Anomálicos

SISTEMA DEVONICO			SISTEMA CARBONICO-PERMICO				SISTEMA TERCIARIO				
Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
$\bar{X} < 25$	$\bar{X} < 28$	$\bar{X} < 101$	$\bar{X} < 13$	$\bar{X} < 33$	$\bar{X} < 117$	$\bar{X} < 9$	$\bar{X} < 13$	$\bar{X} < 35$			
S = 13	S = 15	S = 74	S = 6	S = 20	S = 84	S = 4	S = 7	S = 18			
$\bar{X} + S = 38$	$\bar{X} + S = 43$	$\bar{X} + S = 175$	$\bar{X} + S = 19$	$\bar{X} + S = 53$	$\bar{X} + S = 201$	$\bar{X} + S = 13$	$\bar{X} + S = 20$	$\bar{X} + S = 53$			
$\bar{X} + 2S = 51$	$\bar{X} + 2S = 58$	$\bar{X} + 2S = 250$	$\bar{X} + 2S = 25$	$\bar{X} + 2S = 73$	$\bar{X} + 2S = 285$	$\bar{X} + 2S = 17$	$\bar{X} + 2S = 27$	$\bar{X} + 2S = 71$			
U M B R A L A N O M A L I C O											
$\bar{X} + 3S = 65$	$\bar{X} + 3S = 75$	$\bar{X} + 3S = 325$	$\bar{X} + 3S > 31$	$\bar{X} + 3S = 95$	$\bar{X} + 3S = 370$	$\bar{X} + 3S > 21$	$\bar{X} + 3S > 35$	$\bar{X} + 3S > 90$			
$\bar{X} + 4S = 80$	$\bar{X} + 4S = 90$	$\bar{X} + 4S = 400$		$\bar{X} + 4S = 115$	$\bar{X} + 4S = 455$						
$\bar{X} + 5S > 95$	$\bar{X} + 5S > 105$	$\bar{X} + 5S > 475$		$\bar{X} + 5S > 135$	$\bar{X} + 5S > 540$						

TABLA N° 8

Mineralogía, Texturas y Alteraciones de las Riodacitas

MUESTRAS	MINERALOGIA										TEXTURAS				ALTERACIONES					
	Cuarzo	Plagioclasa	Feldespato K	Biotita	Magnetita	Hematita	Circón	Apatito	Oxidos de Fe	Calcedonia	Pirita	Porfirítica	Hialoporfir.	Glomeroporf.	Brechosa	Sericita	Clorita	Calcita	Arcilla	Epidota
27002	35	35	20	9	.2	.5	.3					X			X	X	X	X		
27004	40	30	20	8.5	1		.5						X			X	X			
27007	30	35	20	14.5			.5						X			X	X	X		
27017	35	35	20	8	.5	1	.5					X				X	X	X		
27021	30	25	25	12	3	.5		.5		4		X				X	X	X		
27025	40	30	20	4	3	3						X				X	X			X
27036	35	30	20	10	3	1	1					X				X		X		X
27037	35	35	20	8	.5	.5	1						X			X				
27038	25	45	25	3	.5		.5						X			X				
27039	25	35	25	13	.5	.5	1						X			X				
27040	25	35	20	18.5	.5	.5	.5						X			X	X			
27047	40	30	25	2.5	1.5	1						X				X	X			
27048	40	30	25	3	1	.5	.5					X				X	X	X	X	X
27049	25	30	20	5	8	7				5					X	X	X	X	X	X
27050	25	30	20	.5	10	8				6.5		X			X		X	X		
90	35	25	20	1	.5			3.5	15			X						X		X
151	40	25	20	3	1	7	1	1		2		X								X



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

TABLA N° 9

Mineralogía, Texturas y Alteraciones de las Dacitas

MUESTRAS	MINERALOGIA								TEXTURAS				ALTERACIONES					
	Cuarzo	Plagioclasa	Feldespato K.	Biotita	Magnetita	Hematita	Circón	Pirita	Xenolitos	Porfirítica	Hialoporfir. firit.	Glomero-porfir.	Brechosa	Sericita	Clorita	Calcita	Arcilla	Epidota
27001	45	35	15	4	.5		.5				X			X				X
27003	30	40	15	9	.5			5		X		X		X				
27005	35	30	10	3	1			20			X	X		X	X			
27006	35	45	10	3				7			X	X		X	X		X	
27027	15	25	10	2	2			45				X		X	X			
27028	35	40	15	8.5	.5		.5			X				X	X			
27032	40	45	10		2		1			X				X	X			
27041	40	30	10	18.5	.5		.6			X				X	X		X	
27042	35	40	10	14	.3		.5			X				X	X		X	
27043	35	45	10	8	1					X				X	X		X	
27044	35	50	10	3.7	.6		.4			X				X	X		X	
27046	45	35	15	4	.5		.3			X				X	X		X	



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

TABLA N° 10

Variación de la composición de las unidades litológicas (minerales silíceos)

R I O D A C I T A S						D A C I T A S					
MUESTRAS	Cuarzo	Plag.	Fel.K	Dirección	MUESTRAS	Cuarzo	Plag.	Fel.K	Dirección		
27025	40	30	20	Norte-Sur	27001	45	35	15	Norte-Sur		
27048	40	30	25	"	27003	30	40	15	"		
27002	35	35	20	"	27041	40	30	10	"		
27007	30	35	20	"	27043	35	45	10	"		
27039	25	35	25	"	27044	35	50	10	"		
27038	25	45	25	"	27046	45	35	15	"		
27047	40	30	25	Este-Oeste	27003	30	40	15	Este-Oeste		
27025	40	30	20	"	27042	35	40	10	"		
27048	40	30	25	"	27044	35	50	10	"		
27007	30	35	20	"	27028	35	40	15	"		
27039	25	35	25	"	27046	45	35	15	"		
27040	25	35	20	"							



**INSTITUTO POLITÉCNICO DEL LITIO DE ESPAÑA**

## B I B L I O G R A F I A

AHLFELD F., BRANISA L., 1960.- Geología de Bolivia. Instituto Boliviano del Petróleo. LA PAZ - BOLIVIA.

AHLFELD F., SCHNEIDER SHERVINA, A., 1964.- Los yacimientos minerales y de hidrocarburos de Bolivia. Boletín D.N.G. especial N° 5. LA PAZ - BOLIVIA.

AVILA W., MONTERREY, J., PLOSKONKA, S., 1971.- Informe inédito sobre la mineralización de Uranio de Chazani. Provincia Muñecas. DPTO. LA PAZ GEOBOL. LA PAZ - BOLIVIA.

BACKBONE OF THE AMERICAS, 1963, a Symposium. TECTONIC history from pole to pole. MEMOIR 2. Published by THE AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS, OKLAHOMA U.S.A.

BERTRANEU J., GONI J., WILHELM E., 1977.- Estado actual del desarrollo de la prospección geoquímica multielementos. Background Document N° 68. AGID, CARACAS - VENEZUELA.

CARMICHAEL, I.S.E., TURNER, F.J., VERHOOGEN J., 1974 IGNEOUS PETROLOGY. Mc Graw - Hill Book Company, Inc. U.S.A.

COMPTON R., 1970.- Geología de Campo. Editorial - Pax - Mexico. Librería Carlos Cesarman, S.A. Rep. Argentina 9 - Mexico 1, D.F.

CORPORACION MINERA DE BOLIVIA, DPTO. EXPLORACIONES -  
GEOLOGICAS, 1955. Alteración hidrotermal como guía  
de mineralización. LA PAZ - BOLIVIA.

FAUCHER B. Y SAVOYAT E., 1975.- ESQUEMA GEOLOGICO  
DE LOS ANDES ECUATORIANOS. Editado por la Federación  
de Estudiantes de Geología Minas y Petróleos del E-  
cuador. (Traducción de STALIN BENITES A.)

HEINRICH, E.W.M., 1972.- Petrografía Microscópica .  
Ediciones Omega S.A. BARCELONA - ESPAÑA.

HUANG W.T., 1968.- Petrología. Editorial Hispano-Ame-  
ricana. Mexico D.F. Fuentes Impresores S.A. MEXICO  
D.F.

KERR P.F., 1965.- Mineralogía Optica. Mc Graw-Hill  
Book Company Inc. Ediciones Castilla S.A. MADRID -  
ESPAÑA.

LEPELTIER C., 1969.- A SIMPLIFIED STATISTICAL TREAT-  
MENT OF GEOCHEMICAL DATA BY GRAPHICAL REPRESENTATION.  
Economic Geology Vol.64. U.S.A.

MUNOZ REVEZ J., 1977.- Geografía de Bolivia. LA -  
PAZ - BOLIVIA.

NEWELL N.D., 1949.- Geology of the lake Titicaca Re-  
gión, Perú and Bolivia; Geol. Soc. Am. Memori 36.

OPPENHEIM V., 1945.- Las glaciaciones en el Perú. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú. Tomo XVIII. LIMA - PERU.

PEREZ H., 1972.- Contribución al conocimiento geológico de la zona de Ulla Ulla - Charazani. Tesis de Grado. LA PAZ - BOLIVIA.

PEREZ H., 1976.- Estudio Geológico de la Región de Ulla Ulla - Charazani. Yacimientos petrolíferos fiscales bolivianos, revista técnica, volumen 5. LA PAZ BOLIVIA..

RIVAS S., 1962.- Geología de la Región Norte del Lago Titicaca. Departamento Nacional de Geología. Boletín N° 2. LA PAZ - BOLIVIA.

RUSSO A., RODRIGO L., 1965.- Estratigrafía y Paleogeografía del Grupo Puca en Bolivia. Y.P.F.B. Boletín IBP Vol.5 , N° 3-4, LA PAZ - BOLIVIA.

SCHLATER L. E., 1966.- Bosquejo de la Geología y Paleogeografía de Bolivia. GEOBOL - BAMIN, Vol N° 8. LA PAZ - BOLIVIA.

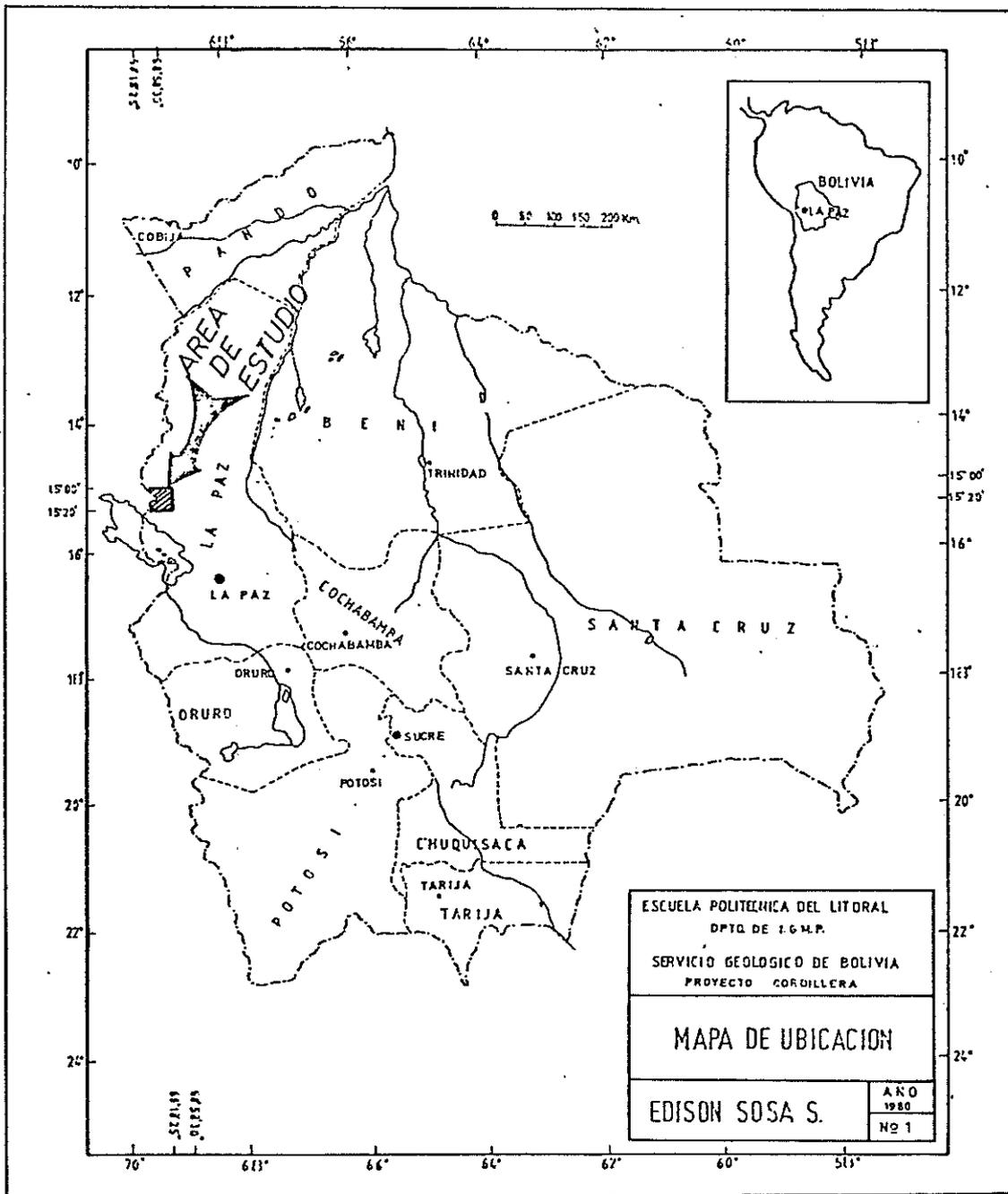
SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA, PROYECTO CORDILLERA, 1975.- Estudio Geológico de la Zona de Charazani - Medallani. Informe. LA PAZ - BOLIVIA.

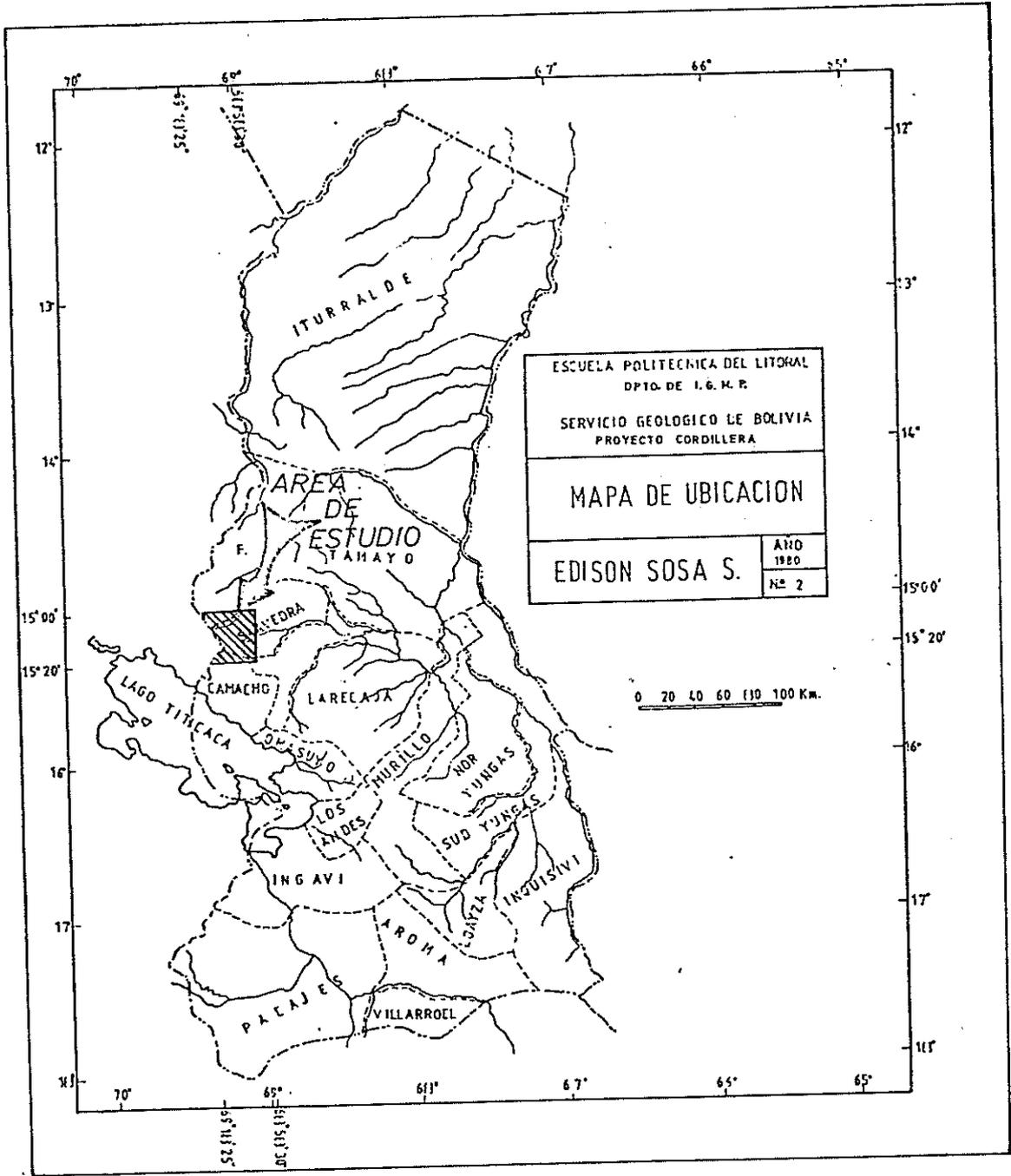
URBANI F. Y BLACKBURN W.H., 1975.- Petrología y -

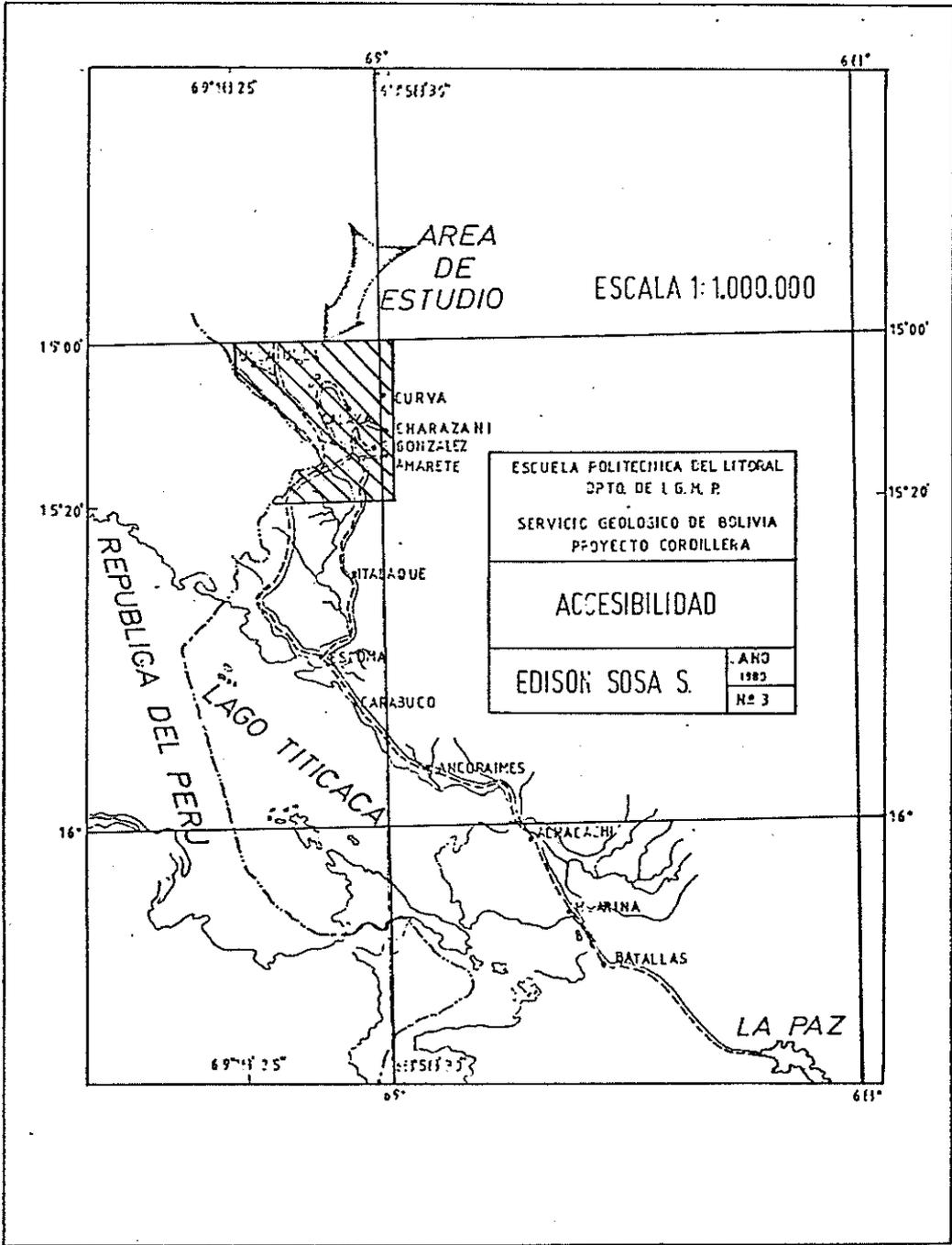
Geoquímica de las rocas ígneas del área de ALMONT ,  
Colorado. Revista GEOS. Vol.Nº 21. CARACAS - VENE  
ZUELA.

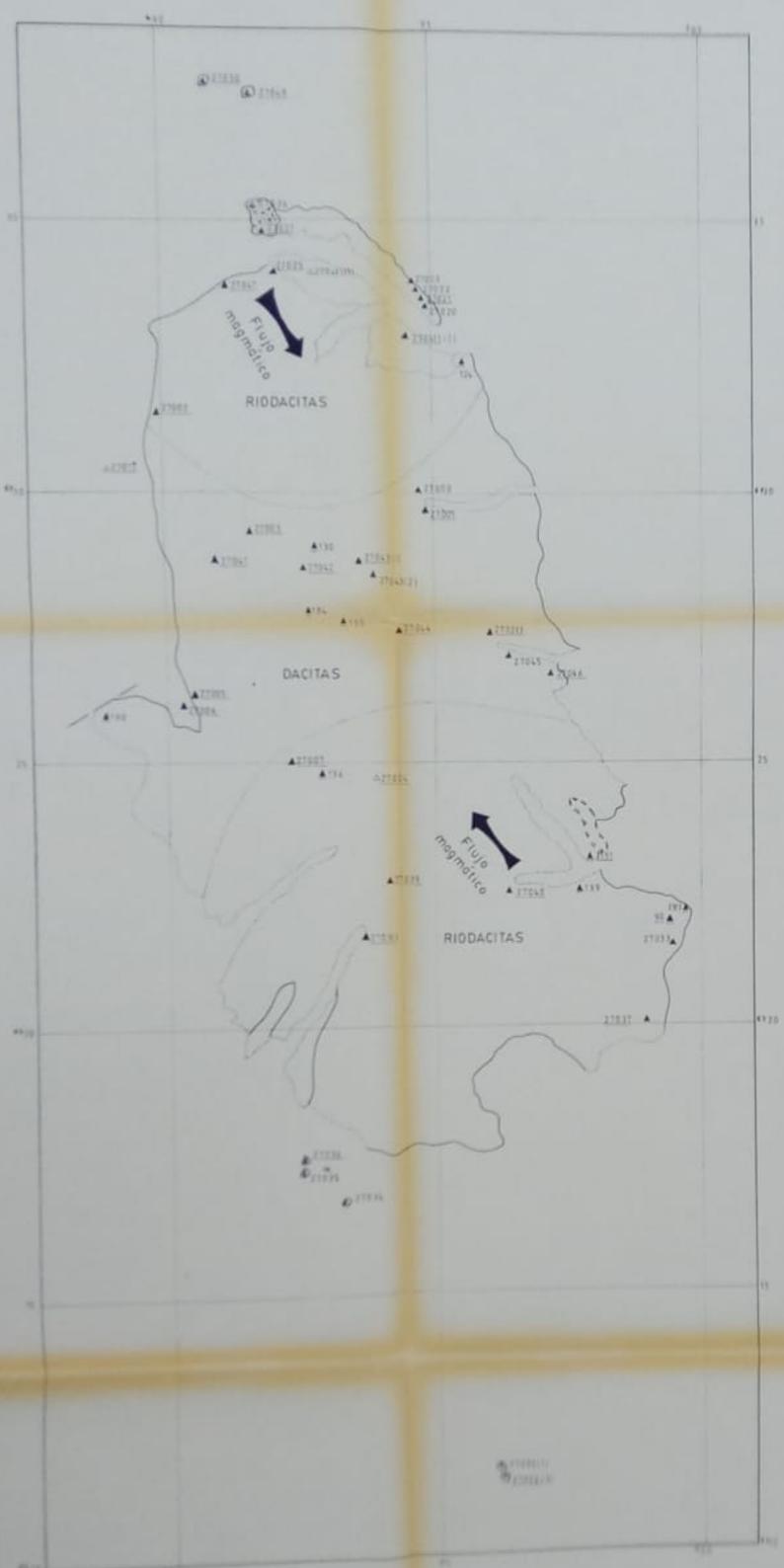


BIBLIOTECA FICT  
ESPOL









### REFERENCIAS

#### Simbolos Geologicos

- Contacto
- - - Contacto inferido
- - - - - Falla
- - - - - Deslizamiento

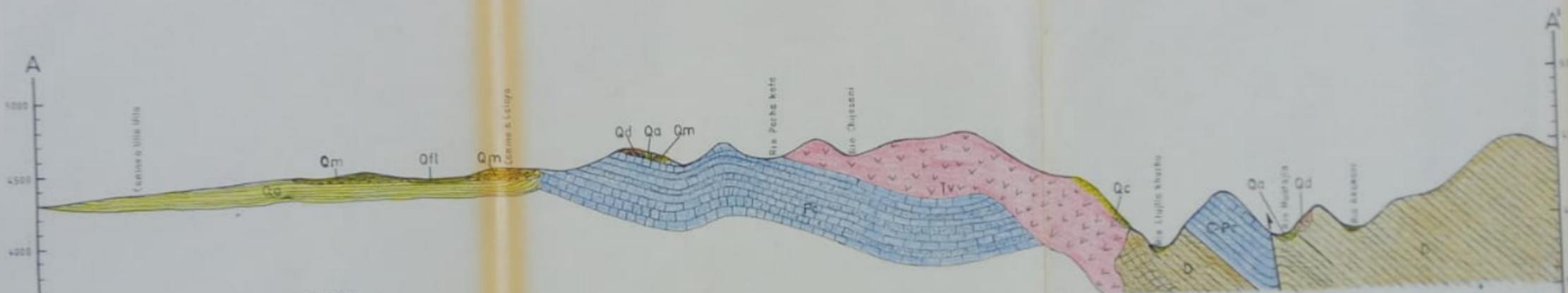
#### Muestras

- ▲ 27000 Aflojamiento
- ▲ 27004 Rodada
- ▲ 27005 Afloj. con estudio petrográfico
- ▲ 27006 Rod. con estudio petrográfico
- ▲ 27009 Diques
- ▲ 27010 Din. con estudio petrográfico
- ▲ 190 Afloj. muestreo anterior
- ▲ 35 Afloj. muest. ant. con estudio petrográfico

Escala 1:50000



ESCUELA POLITÉCNICA DEL LITORAL	
SERVICIO GEOLÓGICO DE BOLIVIA	
PROYECTO X-10000-100	
MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS	
EDISON SOSA S.	Nº 0



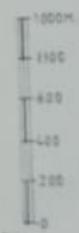
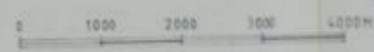
**LEYENDA**

- |               |      |                             |
|---------------|------|-----------------------------|
| CUATERNARIO   | Qc   | Dep. aluviales              |
|               | Qr   | Dep. coluviales             |
|               | Qd   | Deslizamientos              |
|               | Qll  | Dep. fluvia-lacustres       |
|               | Qm   | Morrenas                    |
| TERCIARIO     | Tv   | Dacitas, Riódacitas         |
| CARBO-PERMICO | C-Pc | Areniscas, Calizas, Lutitas |
| DEVONICO      | D    | Lutitas, Cuarcitas          |

**SIMBOLOS GEOLOGICOS**

- |  |           |
|--|-----------|
|  | Calizas   |
|  | Areniscas |
|  | Lutitas   |
|  | Cuarcitas |
|  | Lavas     |

ESCALAS:  
 HORIZONTAL 1:50000  
 VERTICAL 1:20000



ESCUELA POLITECNICA DEL LITORAL DEPARTAMENTO DE G.M.F. SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA PROYECTO CONDOLERA	
<b>PERFIL GEOLOGICO A-A'</b>	
EDISON SOSA SALAME	ANO 1970 Nº6

REFERENCIAS

LEGENDA TOPOGRAFICA

- Contorno
- Rio
- Caucecillo
- Contorno irregular
- Sombra
- Puntos altos
- Centro de temperatura
- Límite nacional

LEGENDA GEOLOGICA

- Arenas y limas amarillentos de arenamiento fino
- Limas amarillentos Cu-2r
- Limas amarillentos Cu-2p
- Limas amarillentos Ps-2r

LEYES

- 2000 - 2500
- 2500 - 3000
- 3000 - 3500
- 3500 - 4000
- 4000 - 4500
- 4500 - 5000

OTRAS ABELAS

- Asentamiento
- Arroyo
- Cauce efímero
- Tercer orden

REPUBLICA  
DEL PERU

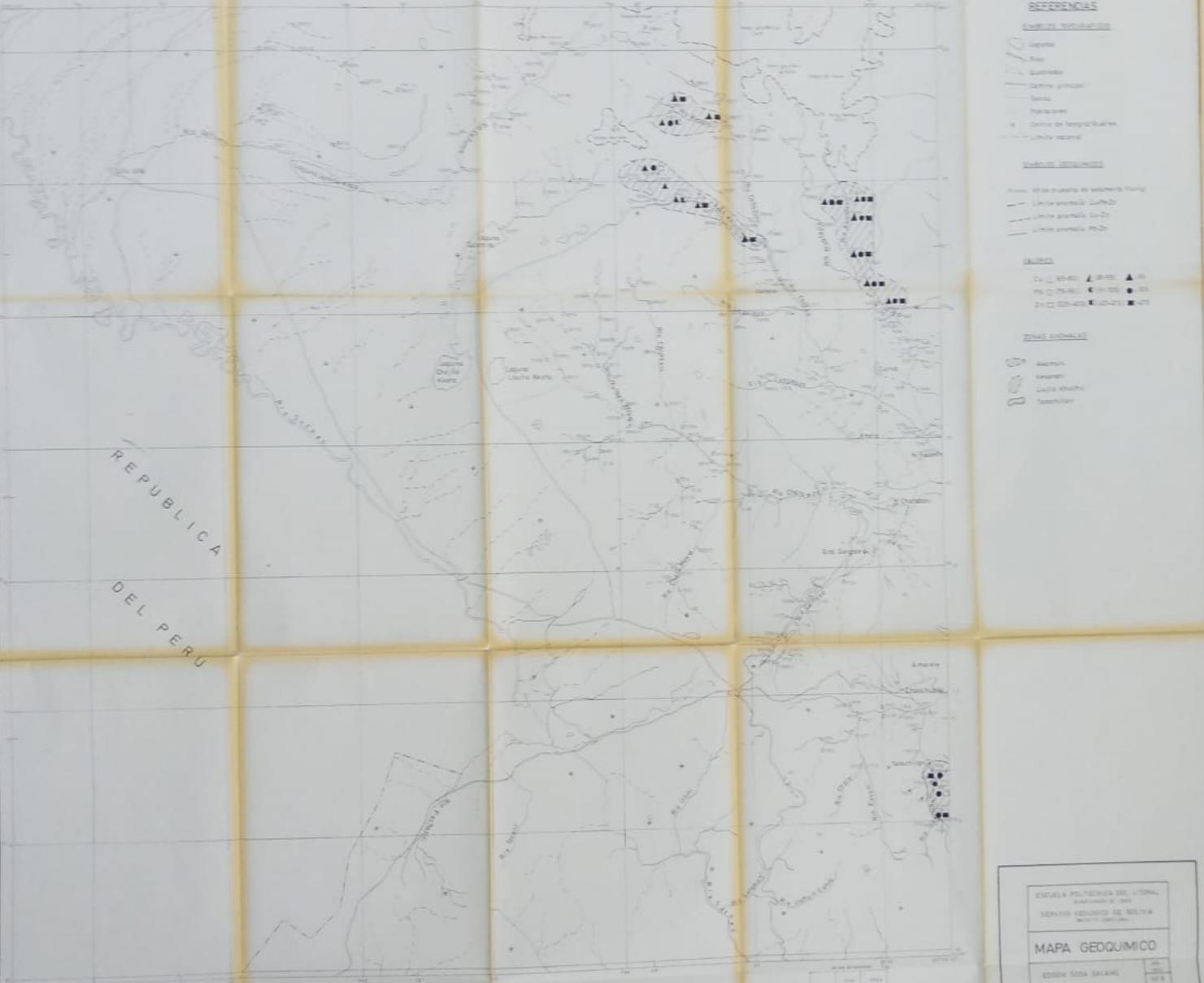
ESCUELA POLITÉCNICA DEL LITORAL  
Instituto de Geología

SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA  
MERCADO BOLIVIANO

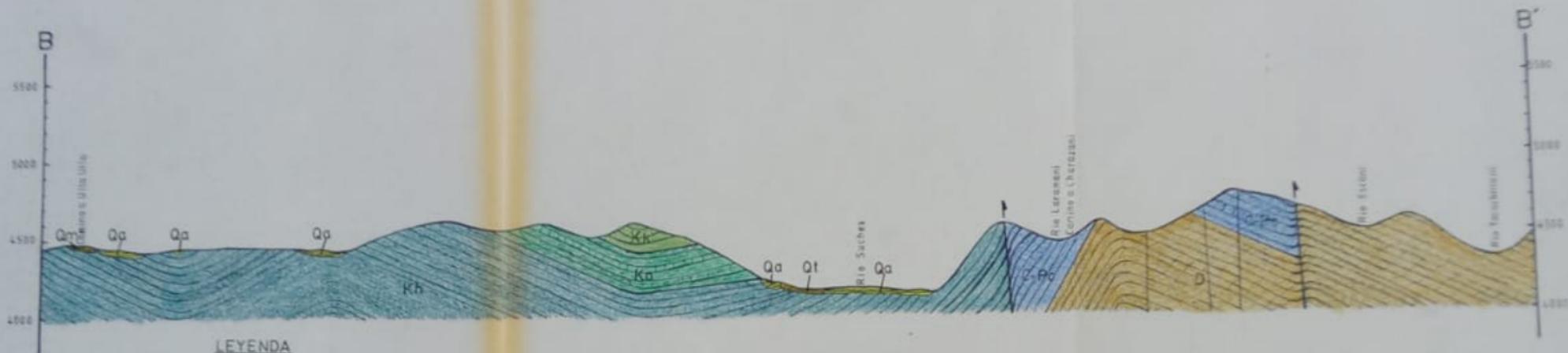
**MAPA GEOQUIMICO**

ZONAS SIDA SALCAME

1:50,000	1:100,000
1:200,000	1:500,000
1:1,000,000	1:5,000,000



Escala 1:50,000



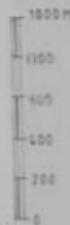
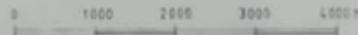
LEYENDA

- |               |      |                             |
|---------------|------|-----------------------------|
| CUATERNARIO   | Qa   | Dep. aluviales              |
|               | Qm   | Morrenas                    |
|               | Ql   | Terrazas                    |
| CRETACICO     | Kk   | Fm. Kumina, areniscas       |
|               | Ka   | Fm. Ocoyoa, lutitas         |
|               | Kb   | Fm. Huarachani, areniscas   |
| CARBO-PERMICO | Z-Pa | Areniscas, Calizas, Lutitas |
| DEVONICO      | D    | Lutitas, Cuarcitas          |

SIMBOLOS GEOLOGICOS

- |  |           |
|--|-----------|
|  | Calizas   |
|  | Areniscas |
|  | Lutitas   |
|  | Cuarcitas |

ESCALAS:  
HORIZONTAL 1:50.000  
VERTICAL 1:20.000

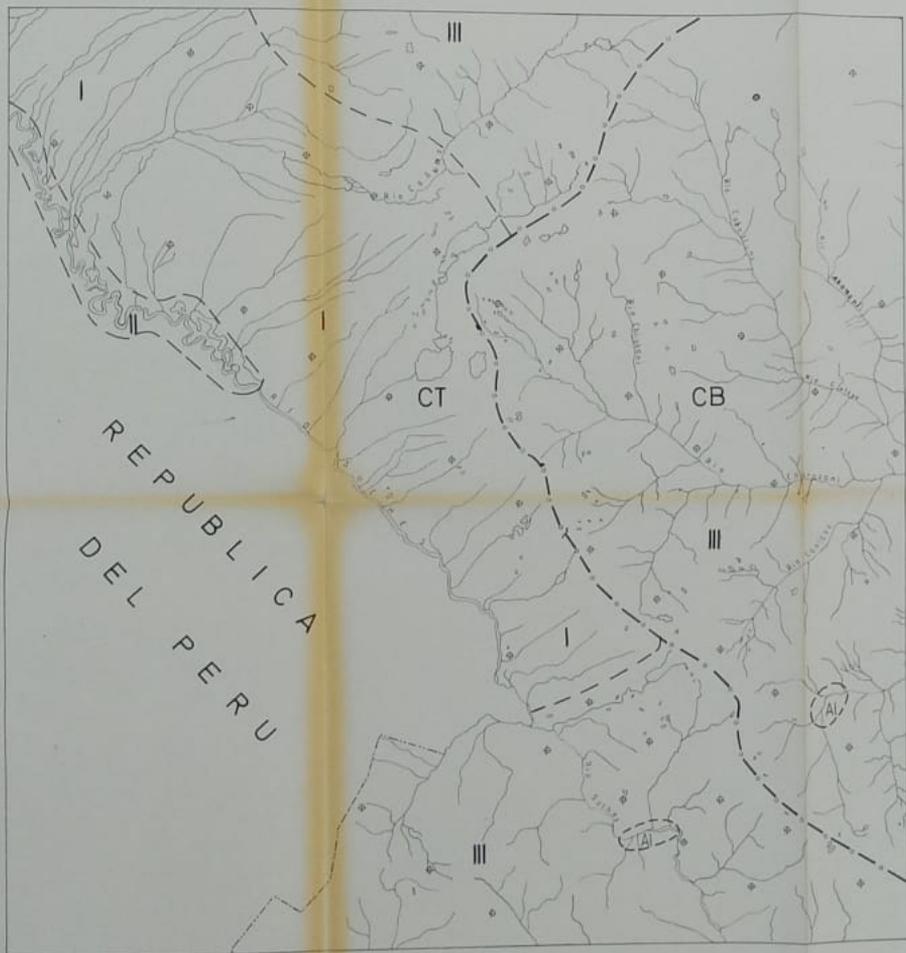


ESCUELA POLITECNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE I.G.M.P.  
SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA  
PROYECTO CORDILLERA

PERFIL GEOLOGICO B-B'

EDISON SOSA SALAME

ANO  
1988  
Nº 7



## REFERENCIAS

### SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS

-  Lagunas
-  Ríos
-  Nº de fotografía aérea
-  Divisoria de aguas
-  Límite nacional

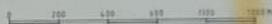
### TIPOS DE DRENAJE

- CT (Cuenca del lago Titicaca)
- I Subparalelo-Terrenos Cuaternarios
- II Meándrico-Río Suches
- CB (Cuenca del río Beni)
- III Dendrítica-Rocas Igneas-Sedimentarias

### ANOMALIAS

- AI Deflección simple

Escala 1:100000



ESCUELA POLITÉCNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE LSMP

SERVICIO GEOLÓGICO DE BOLIVIA  
PROYECTO TOROQUELLA

MAPA DE ANÁLISIS  
DE DRENAJE

EDISON SOSA SALAME

AÑO  
1980  
Nº

REFERENCIAS

SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS

- Llagunas
- Ríos
- Quebradas
- Camino principal
- Senderos
- Poblaciones
- Centro de triangulación aérea
- Límite nacional

LEYENDA

- Depósitos aluviales
- Depósitos coluviales
- Terrazas
- Aluviones aluviales
- Delimitaciones
- Depósitos fluvio lacustres
- Arenas
- Estructuras de fracturas subterráneas
- Formación Kuntus, areniscas negras
- Formación Ocas, lutitas y margas rojas
- Formación Huastani, areniscas laminadas
- Arenas de aluvión, arenas lacustres, arenas aluviales, lutitas silíceas
- Lutitas, gresos, arenitas

SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

- Contacto
- Contacto irregular
- Eje estructural normal
- Eje estructural
- Eje sinclinal
- Falda con dirección de movimiento vertical
- Falda normal, donde indican dirección subida
- Falda invertida
- Diques
- Rueda y bastidor de estratos
- Dosis de hidrorepresión
- Círculo geológico

MINAS

- Mina activa
- Mina abandonada



REPUBLICA  
DEL PERU

INSTITUTO NACIONAL DEL VIAL  
SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA  
MAPA GEOLOGICO  
COTON WSA SALANI

1:50,000	1:100,000
1:200,000	1:500,000