

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

F-N

ARMA GIAN GIKOAYA, 183110 KA

DE ROMA

MADE IN

(ROMA)

MAR 20 1987

LIBRARY MARKING AGENCY OF CANADA

JAPANESE LIBRARY MARKING AGENCY

UICN  
SULZMAN  
702  
66.1  
MPN  
IBRAR



INFORME DE INVESTIGACION GEOLOGICA

EN

AREA GRAN CHOCAYA, REPUBLICA

DE BOLIVIA

FASE IV

(SUMARIO)

MARZO 1982

METAL MINING AGENCY OF JAPAN  
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

JICA LIBRARY



1054314(8)

No.13578

702

66.1

MPN

国際協力事業団	
受入 期日 84.9.27	702
登録No. 109170	66.1 MPN

## PROLOGO

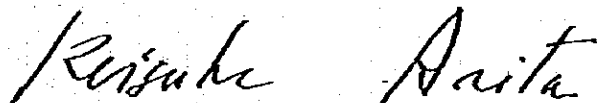
El Gobierno del Japón, de acuerdo con la solicitud del Gobierno de la República de Bolivia, decidió efectuar estudios relativos a la exploración minera tales como investigaciones geológicas, etc., para comprobar la existencia de recursos minerales en el área Gran Chocaya situada al sur de dicho país, y encargó la ejecución de los estudios a la Japan International Cooperation Agency (JICA). La JICA pidió a la Metal Mining Agency (MMAJ) llevar a cabo estos estudios, sobre la geología y los recursos minerales.

Estos estudios se han realizado por el término de tres años desde septiembre de 1979 hasta febrero de 1982, y se han concluido tal como estaban planeados, gracias a las cooperaciones de las autoridades gubernamentales de la República de Bolivia, en especial, el Ministerio de Minería y Metalurgia y la Corporación Minera de Bolivia.

Se han resumido en este informe los resultados de las investigaciones de los tres años.

Al terminar, quisiéramos manifestar nuestro profundo agradecimiento a todos los señores concernientes a las autoridades gubernamentales bolivianas, el Ministerio de Relaciones Exteriores, el Ministerio de Comercio Internacional e Industria, del Japón, la Embajada del Japón en Bolivia y todas las empresas privadas relativas.

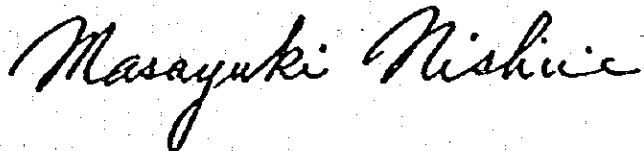
Febrero de 1982



Keisuke Arita

Presidente

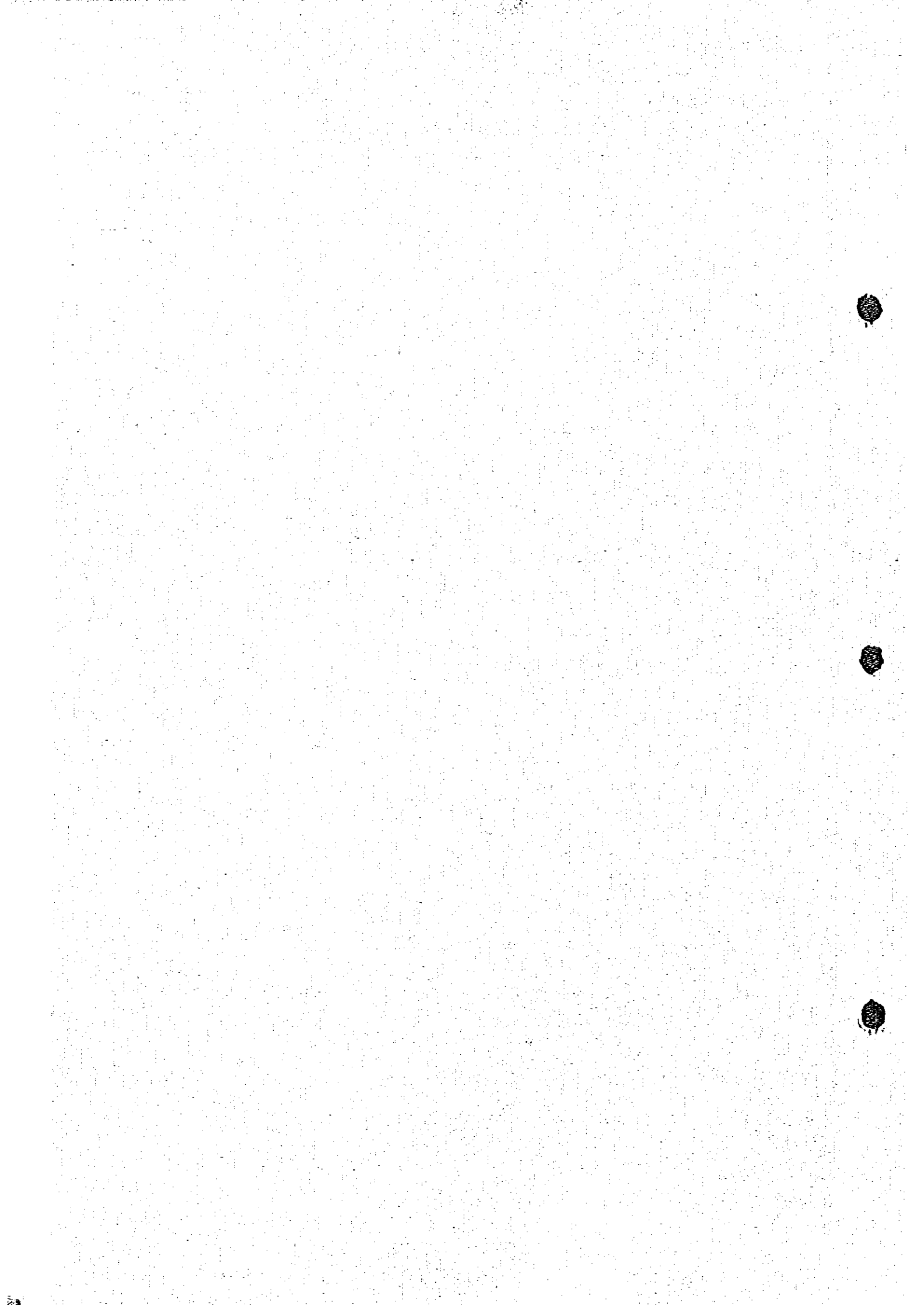
Japan International Cooperation Agency



Masayuki Nishiie

Presidente

Metal Mining Agency



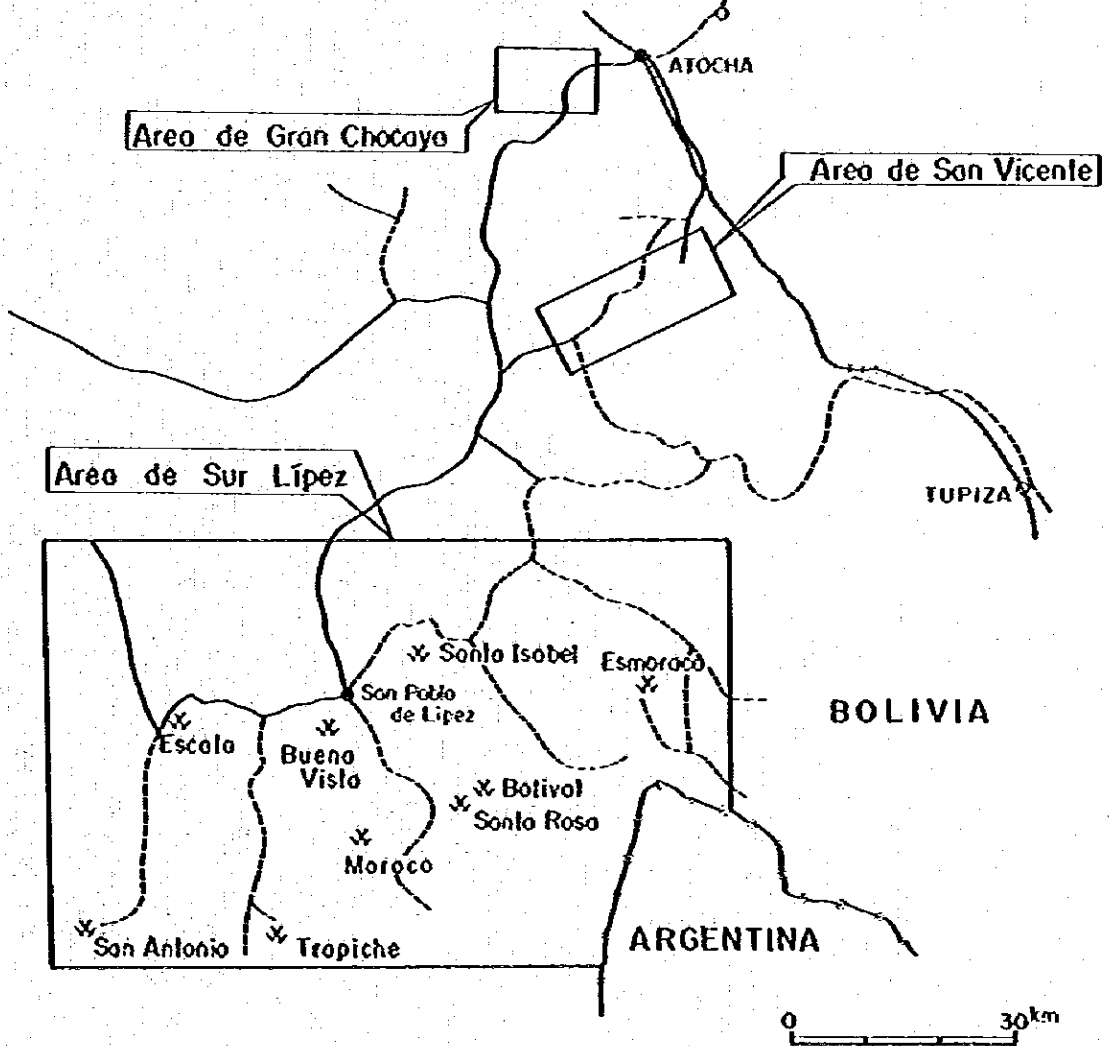
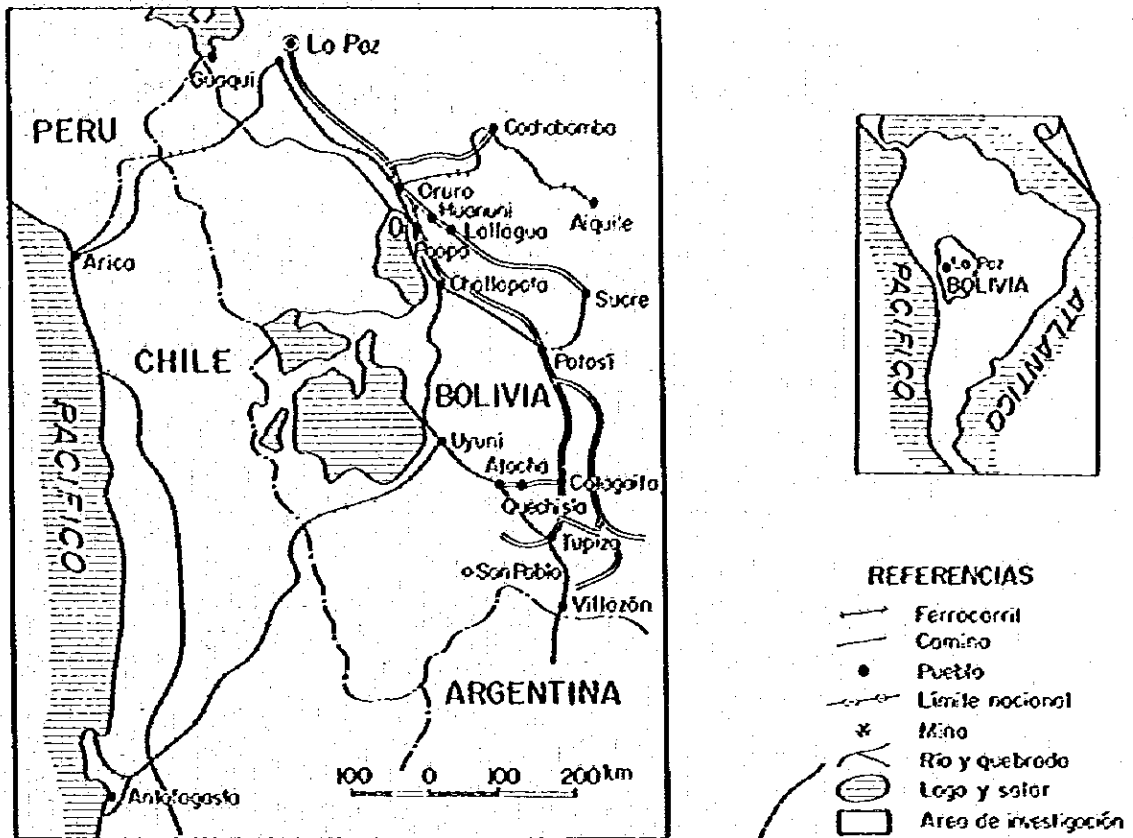















Fig. 1 Plano general del área de investigación

- REFERENCIAS**
-  Ferrocarril
  -  Río y quebrado
  -  Camino
  -  Pueblo
  -  Mina     Ingenio
  -  Área de la investigación semi detallada (1979)
  -  Área de la investigación detallada (1979)
  -  Área de la investigación de interior mina (1980)
  -  Área de la prospección geofísica (1980)
  -  Ubicación de sondeo (1980)
  -  Ubicación de sondeo (1981)
-  0 5 kms

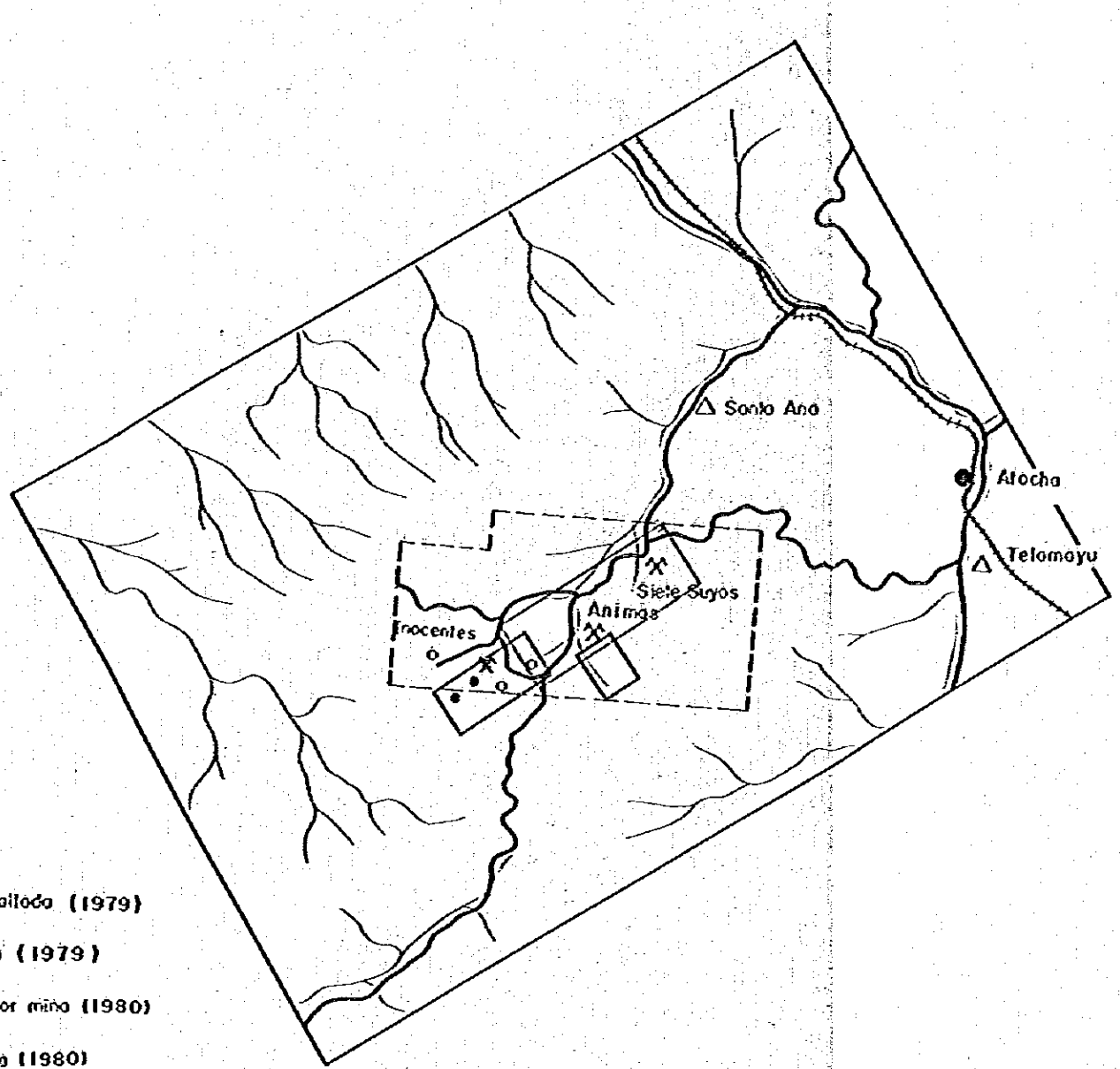
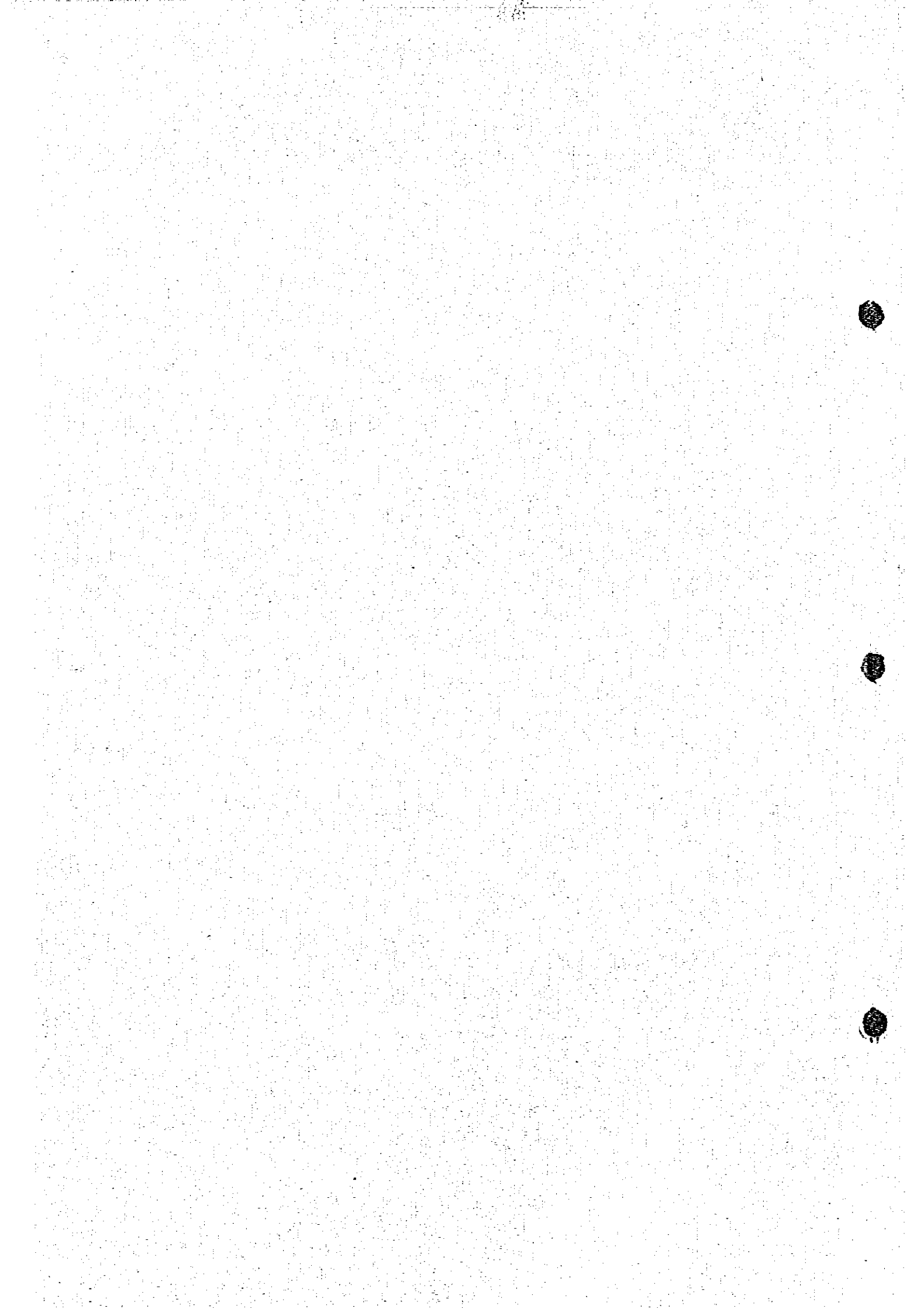


Fig 2 Plano de alcance del área de investigación





## RESUMEN

El objeto de la presente investigación fue descubrir recursos minerales principalmente como cinc, estaño y plata, en el área Gran Chocaya ubicada al sur de la República de Bolivia, y la investigación duró tres años desde septiembre de 1979 hasta febrero de 1982. En el año 1981 se realizó la investigación geológica preliminar del área de Sur Lípez, situada al extremo sur de la República de Bolivia, que limita con Argentina.

### I EL AREA DE GRAN CHOCAYA

1. En la investigación, se eligieron gradualmente varias áreas que tuvieran posibilidad de existir yacimientos. Se efectuaron la investigación geológica semidetallada y la detallada, la detallada del interior de mina, la prospección geofísica y la exploración por sondeo, dependiendo del objeto.

2. El área investigada se ubica en la zona del altiplano situada al sur de la República de Bolivia. Su topografía es muy abrupta, debido al avance de erosión, y la altura alcanza a 4.700 m. La precipitación anual del área es muy poca. Por tener un clima medio-desierto, hay diferencia grande entre las temperaturas diurna y nocturna. No se reconoce casi nada de flora y fauna. Por lo tanto, enseña tierra estéril con condiciones climatológicas estrictas.

3. La geología del área investigada, a base del sistema Ordovícico, consta del Cretácico y el Terciario. El Ordovícico desarrollado alrededor del área consta de pizarra, arenisca y de la alternancia de ambas, y limita con el estrato superior en discordancia inclinada y falla. El Cretácico se desarrolla al extremo este y al oeste en pequeña escala, constado principalmente de arenisca roja, se limita con los sistemas superior e inferior en discordancia inclinada y falla. El sistema Terciario Neógeno consta de dacita y roca piroclástica dacítica que ocupan la mayoría del área.

4. La estructura geológica se refleja principalmente en la estructura plegada y la de falla. La estructura plegada tiene la dirección predominante noroeste-sudeste que concuerda con la estructura básica de los Andes. El Terciario Neógeno no sufrió casi nada de plegamiento. La dirección de falla es variable y no se reconoce ninguna dirección determinada, pero, básicamente se sugiere que esté controlada por la falla de San Vicente que forma el esqueleto de los Andes que pasan por el oeste del área del norte al sur.

5. Los yacimientos del área es grupo de vetas desarrolladas a torno de la mina Animas, y su distribución se limita en un campo por donde se desarrolla dacita del Terciario Neógeno. Y alude que las actividades ígneas tienen relación muy estrecha con la formación de yacimiento, y su época cae en la última etapa del Mioceno después de medir edad absoluta por método de K-Ar.

6. Se sugiere que el sistema de fisuras que tiene estas vetas sean fisuras de cizalla y de tensión formadas por la presión lateral de la dirección nordeste-suroeste. La dirección de la presión lateral se cruza en ángulo recto con el eje de pliegue, y la presión lateral se debe al movimiento tectónico que actuó sobre la presente área.

7. El presente yacimiento produce una gran variedad de minerales. Los minerales que se han reconocido hasta el momento son los siguientes: calcopirita, tetraedrita, covellina, galena, jamesonita, bournonita, sulfateras, esfalerita, casiterita, estannita, frankeita, pirargirita, canfieldita, pirita, arsenopirita, siderita, marcasita, magnetita, pirrotina, bixbita, bismutina o bismutita, Ag-Sn-Pb-sulfosales, cuarzo, sericita, etc..

Aparte de éstos ya mencionados, se reconocieron nuevamente a través de los estudios efectuados en el segundo año los siguientes minerales y sulfosales.

plagionita ( $Pb_5Sb_8S_{17}$ ), Bi-plagionita, Ag-plagionita, bismuto nativo, ferberita ( $FeWO_4$ ), huebnerita o hübnerita ( $MnWO_4$ ), wolframita [ $(FeMn)WO_4$ ], cinquenita ( $Pb_6Sb_{14}S_{27}$ ), boulangerita ( $P_5Sb_4S_{11}$ ), gudmundita ( $FeSbS$ ), Bi-Ag-sulfosales, Pb-Zn-sulfosales, Pb-Sn-sulfosales, Ag-Sn-sulfosales, Pb-Fe-sulfosales y rutilo.

Por consiguiente, este yacimiento tiene características de tener gran variedad de minerales y de la complejidad de textura de minerales.

8. Dentro de estos minerales, si se sintetizan en general el geotermómetro de wolframita y rutilo de formación de alta temperatura, y de marcasita y wurtzita de formación de baja temperatura, el resultado del experimento de inclusión fluida y la observación microscópica de muchos minerales de (7), este yacimiento es del tipo Xenotermal. Se sugiere que el centro de alta temperatura se sitúe por veta Rosario ubicada al noroeste de este yacimiento.

9. Debido a la combinación de elementos metálicos, este yacimiento se clasifica en 5 zonas, desde zona I de la formación de alta temperatura comparativamente y de la combinación bastante simple de minerales, hasta zona V de la formación de baja temperatura y de la combinación compleja y variable de minerales, por lo cual se aclaró la distribución zonal de yacimiento.

10. La zona alterada que se desarrolla en gran escala a torno del yacimiento, después del análisis por rayos-X, se clasifica en 5 zonas a través de caolinita, clorita, plagioclasa y calcita, desde la parte central de mineralización hacia el exterior. Y se aclaró que su resultado es aplicable a la exploración.

11. La veta Burton y veta Inca VI, que son principales de la mina Animas, tienen varias bonanzas cuya dirección de clavo es casi vertical.

12. El sondeo MJ-1 realizado en la parte prolongada suroeste de veta

Nueva, que es principal de la sección Inocentes, no se cortó veta alguna. Después de analizar testigos por microscopio y por rayos-X, la mineralización y la alteración son pobres, y se aclaró que el punto de sondeo se ubica en el extremo suroeste de la zona de yacimiento de Animas.

13. El sondeo MJ-6, realizado en la zona alterada desarrollada al sur del Pueblo Gran Chocaya, no se cortaron vetas, y por el resultado de los análisis microscópico y rayos-X de testigo, la alteración de este taladro es muy pobre y alude que la cercanía de este lugar se sitúa al extremo occidental de la zona mineralizada de Animas, lo cual concuerda con el resultado de la investigación geológica detallada.

14. Los sondeos MJ-2 y MJ-5, que se realizaron en la zona de anomalía de IP situada a medio camino entre la punta de veta Nueva de la sección Inocentes y la de veta Rosario de la mina Animas, no se cortaron vetas. Por el resultado de los análisis microscópico y rayos-X de testigo, se dilucidó que veta Nueva y veta Rosario tienen centro de mineralización distinto respectivamente, y que ambas vetas no están continuadas, y la mineralización y la alteración en este taladro están empobrecidas.

15. El sondeo MJ-3, que se realizó en la zona de anomalía de IP en la parte prolongada suroeste de veta Burton, no se cortaron vetas, pero se aclaró que la mineralización y la alteración, ambas, son muy notables por los análisis microscópico y de rayos-X de testigo. Su resultado alude que haya alta posibilidad de la existencia de alguna veta por este taladro y se aclaró la causa de la anomalía de IP.

16. El sondeo MJ-4, realizado en la zona de anomalía de IP a unos 600 m al suroeste de MJ-3, se cortaron dos vetas de alta ley de 40 cm y de 50 cm de longitud. Y se aclaró que gran variedad de clases y combinaciones de minerales y la alteración muy notable de roca madre es igual que la parte central del yacimiento de Animas. Por consiguiente, el área, en

donde es centro este taladro situado al suroeste de la mina Animas, es área muy prometedora e importante para exploración.

17. Después de la exploración por método IP, se comprobaron varias zonas alteradas. Se realizó la exploración en alguna parte. En la zona alterada al suroeste de veta Rosario se efectuó MJ-5, pero no se comprobó ninguna zona mineralizada ni alterada notable, por lo cual se interpretó que esta zona alterada es un espejo de la zona alterada situada por la superficie de la tierra.

En la zona alterada al suroeste de veta Burton se realizaron MJ-3 y MJ-4 por los cuales se comprobaron la mineralización y la alteración predominantes. MJ-4, sobre todo, comprobó dos vetas de escala y ley suficientes que podrían ser objeto laborable.

18. Después de explorar por sondeo en zonas alteradas, se confirmó la causa de zona alterada, por lo cual se demostró que este método de exploración sería muy útil en el futuro para la exploración de otros yacimientos similares al de la mina Animas dentro de Bolivia.

19. La política futura de exploración de este yacimiento es alcanzar por recorte hasta las vetas cortadas por MJ-4 y realizar exploración por corrida hacia el nordeste y el suroeste. Y, aprovechando de este recorte, se efectúa la exploración por sondeo en la parte sudeste de MJ-3 y MJ-4. Entonces, se podrá explorar el área prometedora con alta posibilidad de existencia de yacimientos en la parte suroeste de la mina Animas.

20. Se debe realizar alguna investigación de persecución en la zona de anomalía comprobada, en las partes extremas suroeste y sudeste de la línea de medición, por el resultado de la exploración por método IP del segundo año.

21. Para aumentar el valor de los minerales sacados en esta mina, el examen de selección de minerales para levantar el recobro de metales valiosos

incluidos es notablemente importante para la administración de esta mina.

## II EL AREA DE SUR LIPEZ

1. En esta área se reconocen muchísimos indicios, minas abandonadas y faja alterada. Y actualmente en la mina San Antonio y la mina Buena Vista se está realizando la exploración y en la mina Esmoraca la explotación.

2. Esta área no está explotada y la naturaleza es la más severa de Bolivia, por lo cual hay que hacer un proyecto minucioso de las investigaciones con preparación detallada.

3. La mayor parte de las zonas mineralizadas, sobre todo, las zonas prometedoras, se concentran en los lugares montañosos a la altura más de 4,500 m, y está lejos de la carretera para automóvil.

4. Hay que abastecer el área de mano de obra, de alimentos y de otros materiales para las investigaciones fuera del área.

5. Después de haber examinar los factores de localización y las condiciones del punto de vista geológico en cuanto a las partes mineralizadas comparando una con otra, hemos decidido que la mina San Antonio tiene la preferencia de ser explorada por las razones siguientes:

(1) Geográficamente está cerca de la mina Escala que es centro de la exploración en esta área, y que es base principal de materiales.

(2) La zona alterada desarrollada por la mina es notablemente de gran escala y predominante, se desarrolla otra zona alterada de misma escala y de misma calidad por el Cerro Amarillo situado al este.

(3) Hay indicio de que se explotaba en gran escala durante la época de colonización española.

(4) En la superficie de la tierra se observan muchos afloramientos de 200 cm de ancho de veta, como máximo, y vestigios de explotación de varios metros de potencia en el nivel de la Mesa de Plata.

(5) El yacimiento consta de muchas vetas paralelas situadas por el

Sistema de Veta No I, que es el principal, y se supone que la prolongación total de rumbo alcanza más o menos a 1,000 m y a varios metros de máxima potencia.

(6) La veta contiene minerales metálicos en el nivel de la Mesa de Plata, situada a unos 150 m bajo la superficie de la tierra, pero sus minerales principales son óxidos aún.

(7) Hay indicio de haber explotado bajo el nivel también, pero no se sabe bien sobre su escala ni informaciones geológicas de yacimiento ni causas de haber suspendido la explotación.

(8) Los minerales son plomo y cinc argentíferos que son de alto precio, lo cual se ha comprobado por el resultado de análisis de los minerales sacados en el vestigio de explotación y el nivel.





## CONTENIDO

PRÓLOGO

PLANO DEL AREA DE INVESTIGACION

RESUMEN

<b>CAPITULO 1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>5</b>
1-1	Reseña histórica y objeto de la investigación	5
1-2	Reseña de los trabajos de la investigación	6
<b>CAPITULO 2</b>	<b>RESEÑA GENERAL DEL AREA DE INVESTIGACION</b>	<b>11</b>
2-1	Localidad y accesibilidad	11
2-2	Geomorfología y clima	11
2-3	Reseña de la Empresa Minera de Quechisla y de sus yacimientos	12
<b>CAPITULO 3</b>	<b>RESEÑA DE GEOLOGIA DEL AREA DE INVESTIGACION</b>	<b>15</b>
3-1	Reseña de geología	15
3-2	Estructura geológica	19
3-3	Geología histórica	20
3-4	Yacimientos	23
<b>CAPITULO 4</b>	<b>INVESTIGACION DEL PRIMER AÑO</b>	<b>33</b>
4-1	Método de investigación	33
4-2	Resultado de la investigación del primer año	35
<b>CAPITULO 5</b>	<b>INVESTIGACION DEL SEGUNDO AÑO</b>	<b>41</b>
5-1	Método de investigación	41
5-2	Resultado de la investigación del segundo año	42
<b>CAPITULO 6</b>	<b>INVESTIGACION DEL TERCER AÑO</b>	<b>45</b>
6-1	Método de investigación	45
6-2	Resultado de la investigación del tercer año	45

<b>CAPITULO 7</b>	<b>CONCLUSION Y LA VISTA EXTENOIDA PARA EL FUTURO .....</b>	<b>49</b>
7-1	Método de investigación .....	49
7-2	Conclusión .....	51
7-3	Política de exploración para el futuro.....	52
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>.....</b>	<b>53</b>

**APENDICES**

## LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 Plano general del área de investigación
- Fig. 2 Plano de alcance de área de investigación
- Fig. 3 Sistema de transporte de minerales en secciones Animas y Siete Suyos
- Fig. 4 Columna Geológica
- Fig. 5 Perfil idealizado
- Fig. 6 Modelo de vetas
- Fig. 7 Modelo de Fisuras
- Fig. 8 Zona de elementos metálicos principales
- Fig. 9 Mapa de distribución de ley de Ag de Veta Burton y Veta Inca VI
- Fig. 10 Mapa de distribución de ley de Cu, Pb, Zn, Sn de Veta Burton
- Fig. 11 Mapa de distribución de ley de Cu, Pb, Zn, Sn de Veta Inca VI
- Fig. 12 Alcance de temperatura de homogenización
- Fig. 13 Distribución de minerales detectados por rayos-X en la línea de medición que cruza rectangularmente el grupo de vetas de Animas-Siete Suyos
- Fig. 14 Clasificación de zona alteradas
- Fig. 15 Mapa de interpretación sumaria de geofísica
- Fig. 16 Mapa de ubicación de pozos y sus perfiles geológicos

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1 Lista de estratigrafía del área de Sur Lipez
- Tabla 2 Lista de las vetas de la mina Animas-Siete Suyos
- Tabla 3 Ley promedia de los elementos metalicos principales
- Tabla 4 Correlaciones de los elementos metalicos principales
- Tabla 5 Lista de las minerales por observación micróscopia de las secciones pulidas
- Tabla 6 Salinidad de inclusiones fluidas de muestra F-1 de veta Rosario
- Tabla 7 Lista de clasificación de los minerales alterados
- Tabla 8 Tiempo necesario para trasladar de la mina Escala a cada indicios del área de Sur Lipez
- Tabla 9 Lista de minas y indicios del área de Sur Lipez

## LISTA DE APENDICE

Columnas geológicas de taladro de sondeo

## LISTA DE PLANO

Mapa geológico y sus perfiles del área estudiada semi detallada

## CAPITULO I INTRODUCCION

### 1-1. Reseña histórica y objeto de la investigación

La República de Bolivia es uno de los principales países productores de estaño, como Malasia e Indonesia, y es un país de industria minera cuyas finanzas estatales depende en gran manera de esa producción.

Sin embargo, para tomar medidas contra el alza del costo de transporte de minerales y en consideración al aumento de valor añadido, el Gobierno ha venido esforzándose por progresar la política de la industria minera: construir fundiciones en el país. Como parte integrante de esta política, instó al Gobierno del Japón que le colaborara técnicamente para construir fundición de cinc. Y el Gobierno del Japón, en respuesta a esta solicitud, envió un equipo de ingenieros con el fin de investigar y estudiar sobre la construcción de alguna fundición de cinc e infraestructura que la acompaña, en 1975 y 1976.

El Gobierno de Bolivia, al pensar en la aseguramiento de minerales de cinc, pidió al Gobierno del Japón su colaboración técnica en la exploración de yacimiento de cinc. En consecuencia, el Gobierno del Japón realizó la exploración de yacimiento desde el año 1976 hasta 1978, en un área cuyos centros son las minas San Vicente y Tatasí al sur de la República de Bolivia.

Mientras tanto, el Gobierno boliviano encargó además al Gobierno del Japón la cooperación tecnológica en la exploración de yacimiento en el área Gran Chocaya situada al norte del área arriba mencionada. Por consiguiente, el Gobierno del Japón realizó la investigación de esta área desde 1979 hasta 1981.

El objeto de esta investigación era descubrir nuevos yacimientos y aclarar los caracteres de la estructura geológica y de yacimientos del área investigada, y escoger áreas encajonadas de yacimientos utilizando s

algún método de exploración más eficaz. Además, en el tercer año se realizó la investigación geológica preliminar del área de Sur Lípez y examinaron el orden de prioridad para exploración de partes mineralizadas de esta área.

#### 1-2. Reseña de los trabajos de la investigación

"La investigación básica colaborada en la exploración de recursos naturales en el área Gran Chocaya" que duró desde el año 1979 hasta 1981 se realizó en una extensión de  $280 \text{ km}^2$ , como se demuestra en Fig. 1, cuyo centro era la mina Animas.

Con la atenta cooperación de COMIBOL, se realizaron la investigación geológica de la superficie de la tierra, la investigación geológica detallada en el interior de mina, la prospección geofísica (Método IP) y la prospección por sondeo.

Por medio de analizar sintéticamente los resultados de dichas investigaciones una por una, se han seleccionado zonas encajonadas de yacimientos más prometedores dentro de las áreas estudiadas. Para ellas se usaron métodos de exploración más adecuados. En la investigación geológica preliminar del área de Sur Lípez se efectuó la investigación geológica semidetallada del interior y el exterior de mina en los lugares mineralizados principales esparcidos en una extensión de  $4.300 \text{ km}^2$ .

Los investigadores que participaron en la investigación se presentan en la siguiente lista.

LISTA DE INVESTIGADORES

Año de investigación	1979	1980	1981
Administración general y relaciones públicas	Takeo Kuroko Kenji Nakamura Kazuhiro Chimura	Kyuzo Tadokoro Ken Ishibashi Kenji Nakamura Atushi Osame	Kyuzo Tadokoro Makoto Ishida Kenji Nakamura
Grupo de investigación geológica	Hiroji Kuronuma Toshiya Itoh Masao Hori Hideo Janome Mitsuo Kitabatake Tsutomu Ooyama H. Martínez J.C. Seguro A. Flores J. Caballero V. Choque T. Magne G. Wieler	Toshiya Itoh Hideo Janome Ryoichi Kono Ikuo Kinryu Kyoichi Kawakami W. Salinas D. Garzón J. C. Seguro H. Martínez P. Velazco J. Caballero V. Choque	Zenji Kita Kenji Nakamura Takeshi Sahara Toshiya Itoh J. Murillo C. Soruco P. Velazco
Grupo de prospección geofísica		Yasuo Endo Eiji Tanaka Shigeo Matasaka Kazunori Miura C. Angulo J. Larrea	
Grupo de investigación de sondeo		Masanobu Kajio Shigeru Kano Ikuo Tanikawa Hiromichi Kusano	Masanobu Kajio Hisashi Shimizu Kyuya Fujii



### 1-2-1 Investigación del primer año

En el primer año, se realizaron la investigación geológica semi-detallada dentro del área de  $280 \text{ km}^2$  incluida la mina Animas, y la investigación geológica detallada en la zona alterada y mineralizada con  $30 \text{ km}^2$  de superficie cuyo centro es dicha mina. Después de realizar la investigación semidetallada, se ha hecho un mapa geológico a la escala de un veintemilésimo basado en un mapa de rutas a la escala de un diezmilésimo. Como el resultado de la investigación geológica detallada, se ha hecho un mapa geológico a la escala de un cincomilésimo que presenta precisamente la zona alterada y mineralizada de las minas abandonadas y los afloramientos etc., y otro mapa a la misma escala que presenta la clasificación de zonas alteradas.

### 1-2-2 Investigación del segundo año

La investigación del segundo año se realizó dentro de la misma zona ( $30 \text{ km}^2$ ) donde se efectuó la investigación detallada del primer año. Se efectuaron la investigación geológica detallada de la superficie de la tierra, la investigación geológica en el interior de mina, la prospección geofísica (Método IP) y sondeos. La investigación geológica detallada de la superficie de la tierra se realizó en una zona de  $1.5 \text{ km}^2$  de extensión incluido los puntos de obra de sondeo, cuyo centro es la sección Inocentes. La investigación en el interior de mina se realizó a los niveles 302m, 510m, 617m, 661m, 700m, 740m y 780m de la mina Animas y al nivel 132m de la sección Inocentes, y la longitud total de galería investigada alcanzó a 26 km. En la investigación, a base del bosquejo geológico a la escala de un milésimo, se hicieron un mapa geológico del interior de mina y otro mapa geológico perfil. Además, 510 muestras de minerales sacadas se usaron para el análisis químico y otros experimentos en el laboratorio. Después de examinar sintéticamente esos resultados, alararon la mineralización,

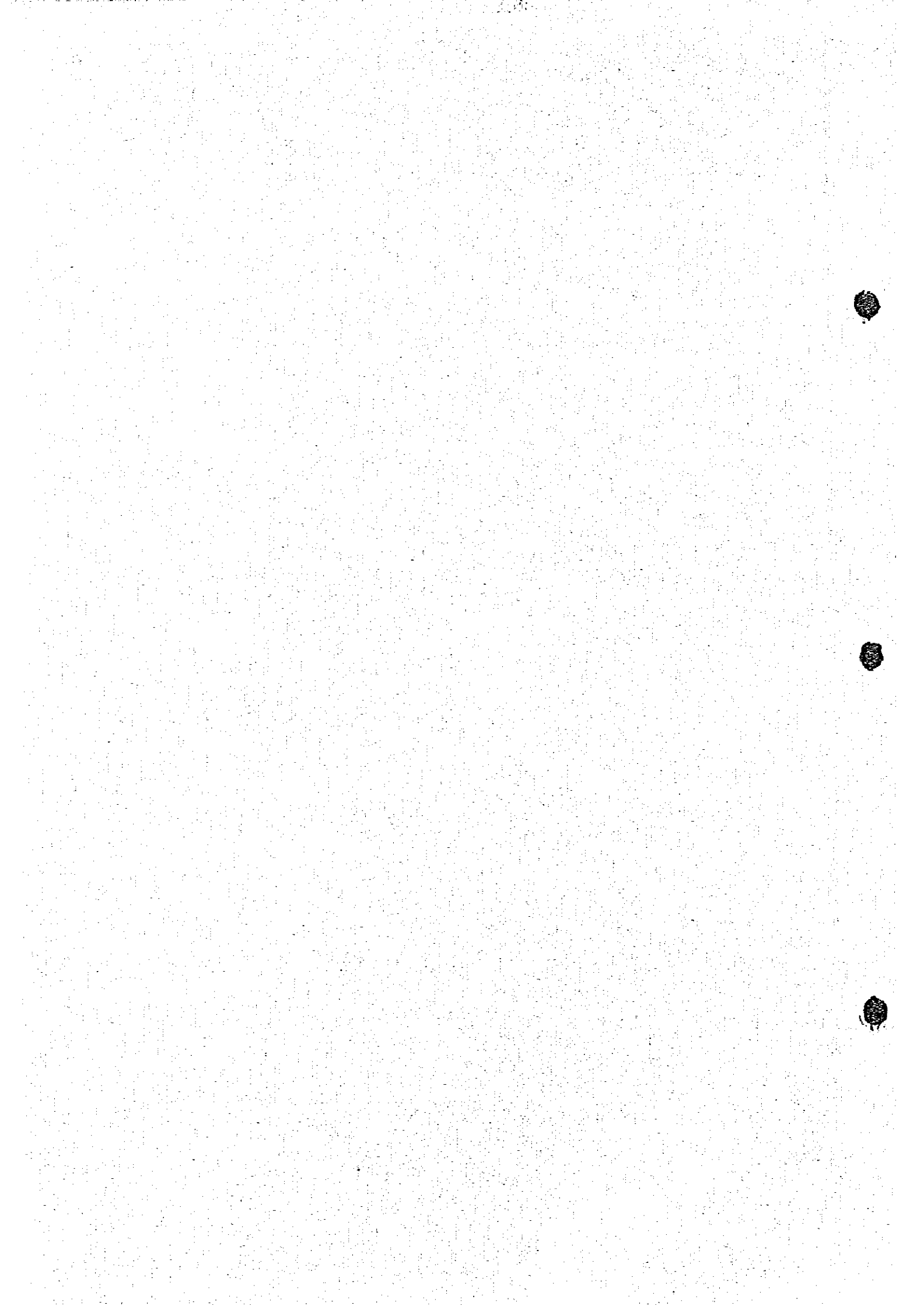
la alteración y otros caracteres como la formación de las fracturas que encajonan yacimientos. Especialmente se dilucidaron la relación entre los componentes minerales y la composición mineral, y bonanza, la forma de distribución de bonanza y de varios componentes metálicos.

La prospección geofísica por método IP se realizó por la línea de medición, 17.2 km en total, dentro de la cual 13.2 km se ejecutó del suroeste de la mina Animas hacia la sección Inocentes, y el resto 4 km al sudeste de la mina Animas. En esta investigación se aplicó el método de dominio de frecuencia, y respecto a la colocación de electrodo el método Dipolo-Dipolo salvo una parte en que se adoptó el método de tres electrodos promedios. Mientras se realizaron estas investigaciones, se tomaron 35 muestras de rocas y minerales en la zona investigada y sus alrededores, se ofrecieron para el experimento en el laboratorio para conseguir la interpretación de los datos y los datos del análisis de simulación.

Las obras de sondeo se realizaron en las partes prolongadas de la punta del nordeste y de la punta del suroeste de la veta Nueva, la principal de la sección Inocentes, y se perforaron 2 taladros (uno en cada lugar) y la longitud total de perforación alcanza a 802.25 m.

#### 1-2-3 Investigación del tercer año

La investigación del tercer año se planificó y realizó conforme al resultado de la investigación del segundo año. Se perforaron 3 taladros (1.054 m de longitud de perforación) en la zona de anomalía de IP y en la parte prolongada suroeste de la veta Rosario, Burton y Colorada, de la mina Animas, un taladro (401.5 m de longitud de perforación) en la zona alterada en el sur de la Pueblo Gran Chocaya.



## CAPITULO 2 RESEÑA GENERAL DEL AREA DE INVESTIGACION

### 2-1. Localidad y accesibilidad

El área investigada se sitúa a unos 520 km al sursudeste de La Paz. Administrativamente pertenece a la provincia de Nor Chicas del Departamento de Potosí.

Se puede llegar al área investigada de La Paz en tren y en automóvil. En caso de tren se tarda unas 15 horas para ir a Atocha, por la línea ferroviaria La Paz-Villazón. Luego se puede llegar en menos de media hora en vehículo a la mina Animas, que queda en el centro del área investigada.

En caso de viaje en automóvil hay varias rutas. En la estación seca se tarda 2 días corriendo unos 860 km de La Paz a Animas vía Potosí y Cotagaita. En la estación de lluvia la carretera se corta en muchos sitios y queda hundida de modo que no se puede definir la hora necesaria ni la ruta. Existe la posibilidad de que se corte el tráfico.

### 2-2. Geomorfología y clima

El área investigada se sitúa en el altiplano ubicado al sur de Bolivia, donde tiene de 3.600 m de altura s.n.m. hasta 4.703 m que es la altura de Cerro Khumullani situado en el centro del área estudiada. Por el centro del área estudiada corre el Río Chocaya hacia el nordeste, y la erosión de su lecho está avanzada y se forma topografía empinada de la etapa madura. Alrededor de la mina Animas, se ven las montañas (4.500 m ~ 4.700 m de altura) formadas de dacita que estaba activa en el Mioceno Terciario. La topografía contrasta con el área plana difundida de rocas sedimentarias en contorno del área estudiada. Se observan relaciones estrechas entre la geología y la topografía.

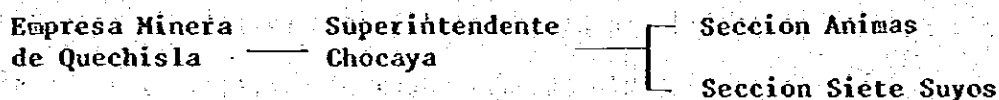
El área estudiada se sitúa a unos 21° de la latitud sur, de modo que

debe tener el clima tropical. Debido a que se sitúa en el lugar muy alto, sin embargo, tiene un clima particular. Se dice que la temperatura media anual es entre 5 y 6 centígrados y la temperatura nocturna en invierno baja hasta 25 centígrados bajo cero. La máxima temperatura invernal marca alrededor de 15 centígrados en julio, y unos 25 centígrados en diciembre (en verano). Pero, baja mucho por la noche, por lo cual la diferencia de temperatura llega a más de 20 centígrados. La temporada seca y la de lluvia están bien marcadas. La temporada de lluvia dura desde diciembre hasta marzo, y la mayoría de toda la precipitación anual es de esta temporada, de modo que se interrumpen las carreteras en muchos sitios y se paraliza el tráfico.

En la temporada seca apenas llueve y es muy seco, cuando la humedad señala entre 0 y 30 % más o menos. Así las estrictas condiciones climáticas de esta área influyen mucho sobre fauna, flora y la vida de los habitantes. La mayoría del área presenta tierra estéril.

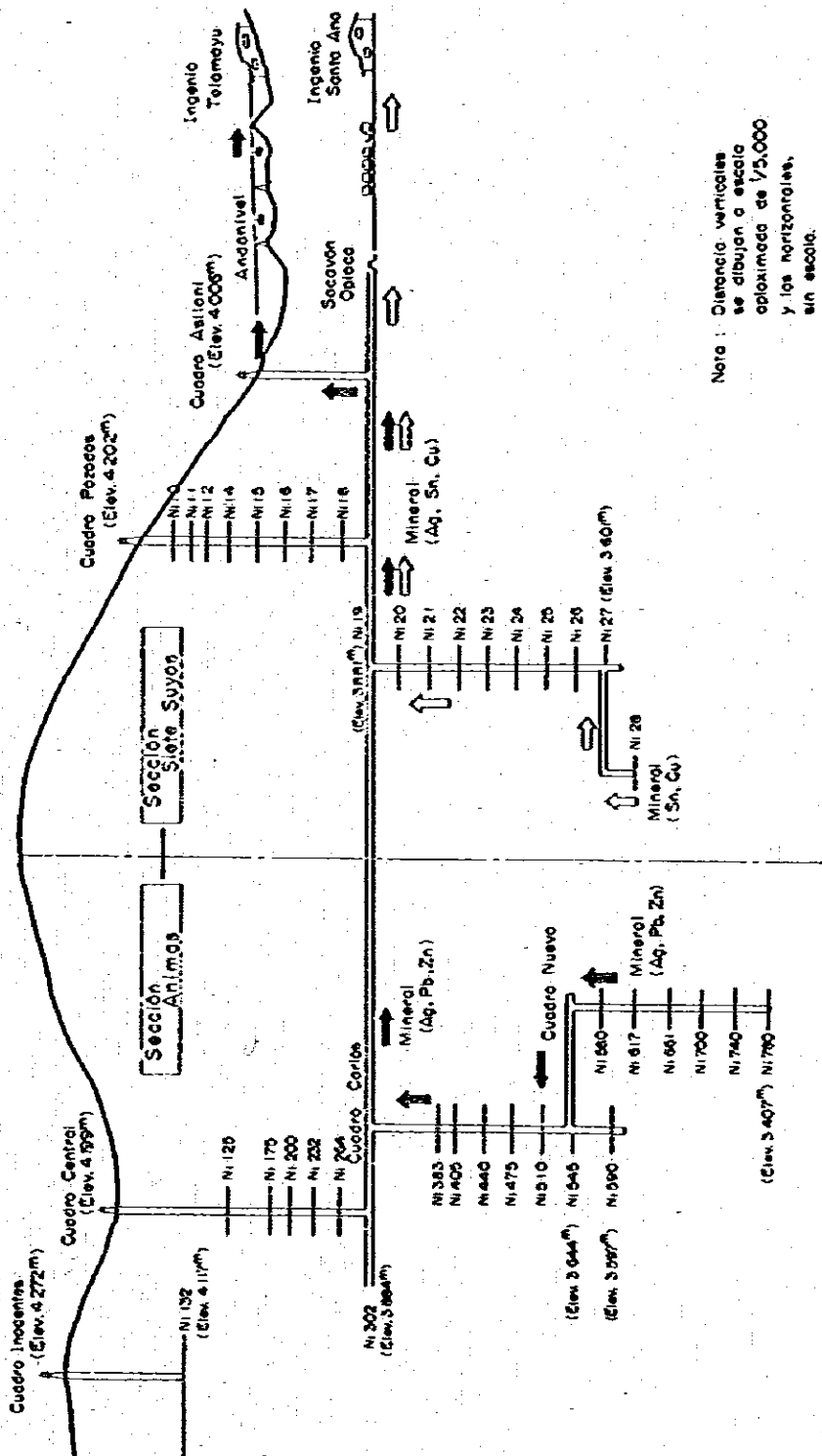
### 2-3. Reseña de la Empresa Minera de Quechisla y sus yacimientos

La mina Animas y Siete Suyos pertenecen a COMIBOL y el organograma funcional es el siguiente:



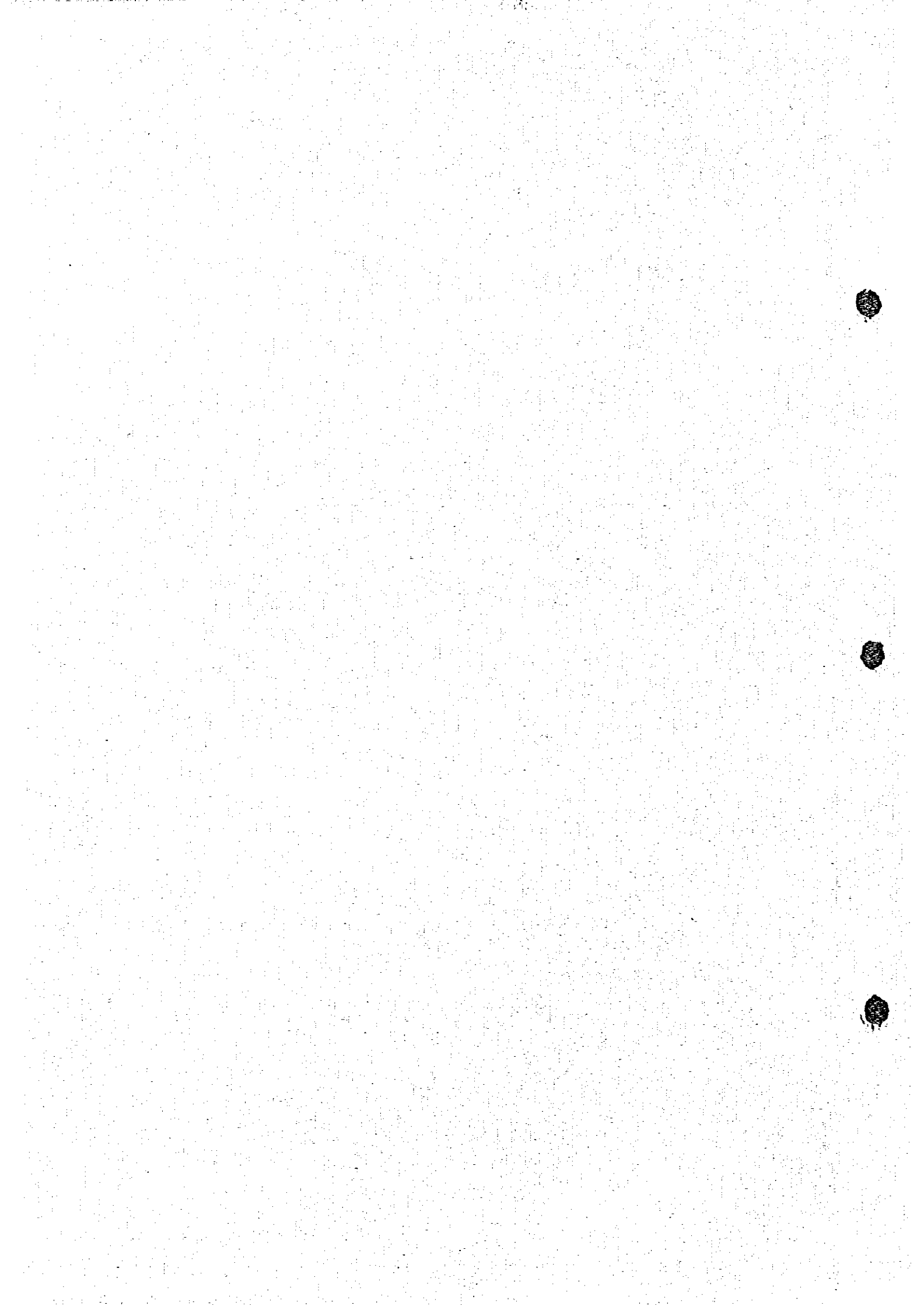
Ambas minas se explotaron en la época colonial española y son de escala notablemente grande con su larga historia. La parte del nordeste de este yacimiento se explotó por la mina Siete Suyos, y la parte del suroeste por la mina de Animas.

Llega a 780 m. de profundidad, y todavía la mineralización es dominante. Especialmente la veta Burton es principal de la mina Animas, y su producción ocupa 90 % de la total.



Nota : Distancia verticales se dibujó a escala aproximada de 1/5,000 y los horizontales, sin escala.

Fig.3 Sistema de transporte de minerales en secciones Animas y Siete Suyos



En la mina Animas se explotan principalmente menas de plata-plomo-cinc, y se tratan en el Ingenio Telamayu.

En la mina Siete Suyos se explotan menas de plata-estaño-cobre, y se tratan en el Ingenio Santa Ana.

La producción mensual de mina, en 1981, es de casi 21.800 toneladas en total. Dentro de ella, 17.000 toneladas (Ag 325 g/t, Pb 1.81 %, Zn 3.08 %) se transportan al Ingenio Telamayu, y 4.800 toneladas (Ag 160 g/t, Sn 0.35 %, Cu 0.19 %) al de Santa Ana. En ambas minas trabajan aproximadamente 1.150 personas, y 60 % de ellos trabajan en el interior de las minas.

La Empresa Minera de Quechisla se forma de la sección única de administración que dirige las minas descritas abajo.

Mina Choroluque : Es la mina que tiene la máxima altitud entre todas las minas del mundo. Y es el yacimiento del tipo veta de estaño que se encajona dentro de la roca piroclásticas y dacita del Terciario en su alrededor.

Mina Tazna : Es la mina representativa de bismuto en el interior de Bolivia. En Telamayu se construyó una refinería para los minerales de esta mina. Por el empeoramiento del estado del mercado, actualmente, en el año 1981, no se explota bismuto sino tungsteno. Es el yacimiento del tipo veta que se encajona en los pórfidos cuarcíferos del Terciario Neógeno y el sistema Ordovícico.

Mina Tatasi : En esta mina se realizó la investigación geológica fundamental para la exploración de recursos naturales que duró 3 años (1976-1979). Es el yacimiento del tipo veta de plata-estaño-plomo cinc, que se encajona dentro de dacita y piroclástica dacíticas del Terciario.

Mina San Vicente : Al igual que la mina arriba mencionada, se realizó



la investigación geológica por 3 años (1976-1979). Es el yacimiento del tipo veta que está compuesto principalmente de esfalerita acompañada de plata-estaño. Esto está encajonado dentro de las areniscas rojas del sistema Terciario.

Ingenio Telamayu : Junto al ignenio están la fundición de bismuto y la maestranza. Esa maestranza encarga la instalación, la reparación y el arreglo de maquinarias de dichas minas.

## CAPITULO 3 RESEÑA DE GEOLOGIA DEL AREA DE INVESTIGACION

### 3-1. Reseña de geología

La geología de Bolivia demuestra en general la disposición paralela a la dirección del movimiento tectónico de los Andes, y desde la zona fronteriza oriental con Brasil hacia el oeste se demuestra la disposición regular en orden del Pre-Cámbrico del Escudo Brasileño, el sistema Terciario que ocupa la zona de la ladera oriental de los Andes Orientales, el Paleozoico que ocupa toda la zona de los Andes Orientales, los sistema Terciario y Cretácico que ocupan el altiplano, rocas volcánicas del Terciario y Cretácico que ocupan toda la zona de los Andes Occidentales.

La presente área estudiada se ubica cerca del límite entre el Paleozoico que ocupa toda la zona de los Andes Orientales y el Terciario difundido en el altiplano. Alrededor de este límite, se desarrollan sedimentos miogeosinclinales muy monótonos, salvo rocas volcánicas ácidas por intrusión o efusión consideradas como actividades posteriores al Terciario. Estas rocas volcánicas ácidas traen cambio a la difusión de dichos sedimentos compuestos principalmente del Ordovícico y brecha de la época tardía del Terciario. Estas rocas volcánicas, pertenecientes a la serie alcalina cálcica, se desarrollan no sólo en las minas de la presente área estudiada y su cercana sino también en las principales zonas mineralizadas de Bolivia, y contribuyen a la formación de yacimiento de estaño, plata, plomo, cinc, antimonio y bismuto. La actividad ígnea de la presente área estudiada, sobre todo, alcanza hasta la frontera con Chile vía Sur López y forma zonas mineralizadas anchas así como en el área de Sur López.

La geología de esta área estudiada está compuesta por el Ordovícico, el Cretácico y el Terciario. El Ordovícico se considera como el basamento de la presente área.

Tabla 1 Lista de estratigrafía del área de Sur Lipez

Edad	Area	Sur Lipez		Gran Chocaya		Rocas
		Unidades		Unidades		
QUOTERNARIO	Mioceno Superior	Aluviones, Terrazas etc.				
		Lavas y rocas piroclásticas		Lavas y rocas piroclásticas		Intrusivos, lavas y piroclásticos
		Formación Quehua		Formación Quehua		Tobas, Tobas lapilli, Tobas brecha etc
				Formación Rondal		Lava de basalto
				Formación San Vicente		Arenisca con conglomerado
TERCIARIO	Eoceno	Formación Potoco		Formación Potoco		Areniscas
		Formación El Molino		Formación El Molino		Areniscas y calizas
		Miembro Peña Azul		Areniscas y pizarras, alternante de areniscas y pizarras		Areniscas y pizarras
CRETACICO		Miembro Peña Blanca				
ORDOVICICO						

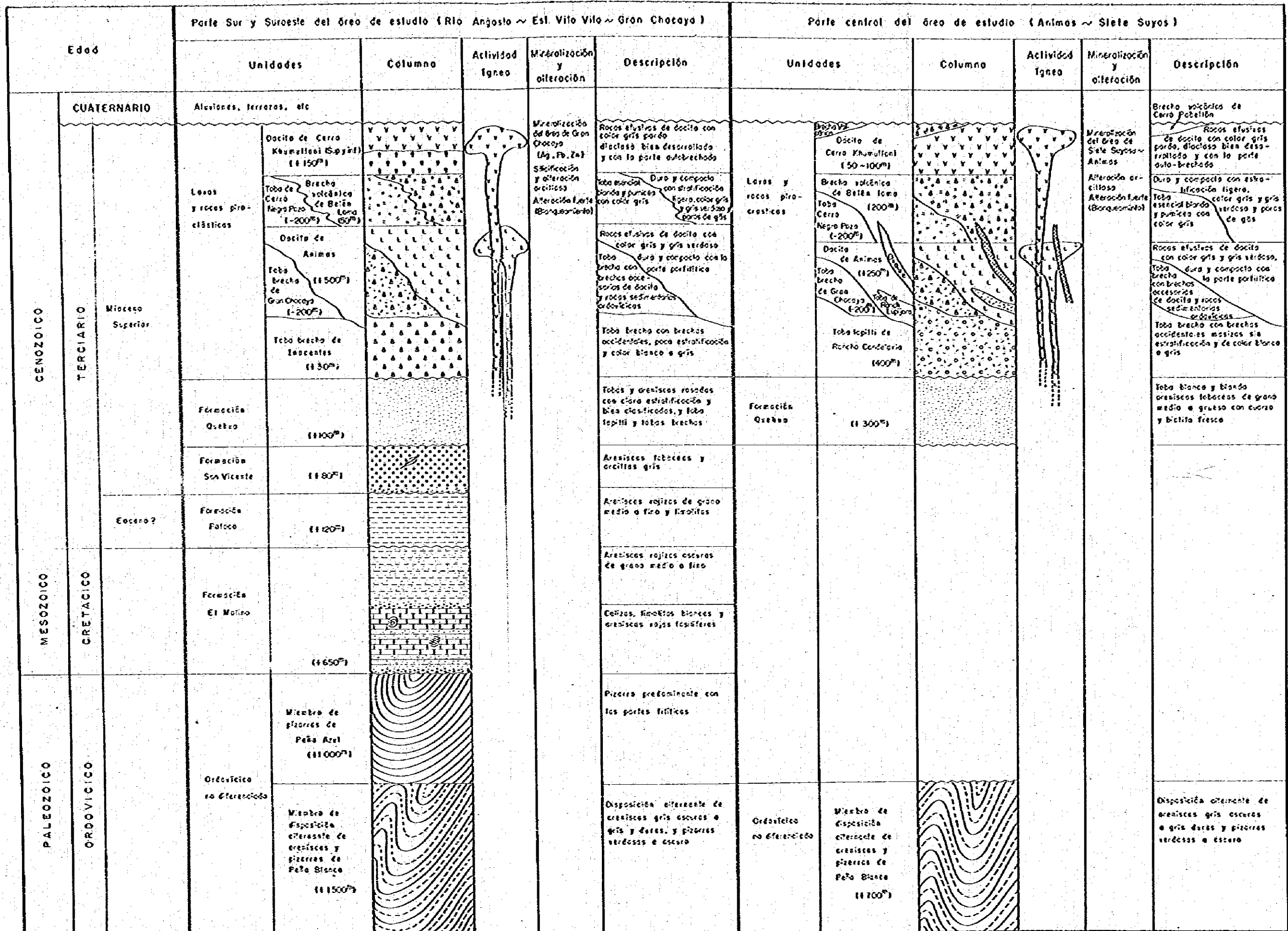
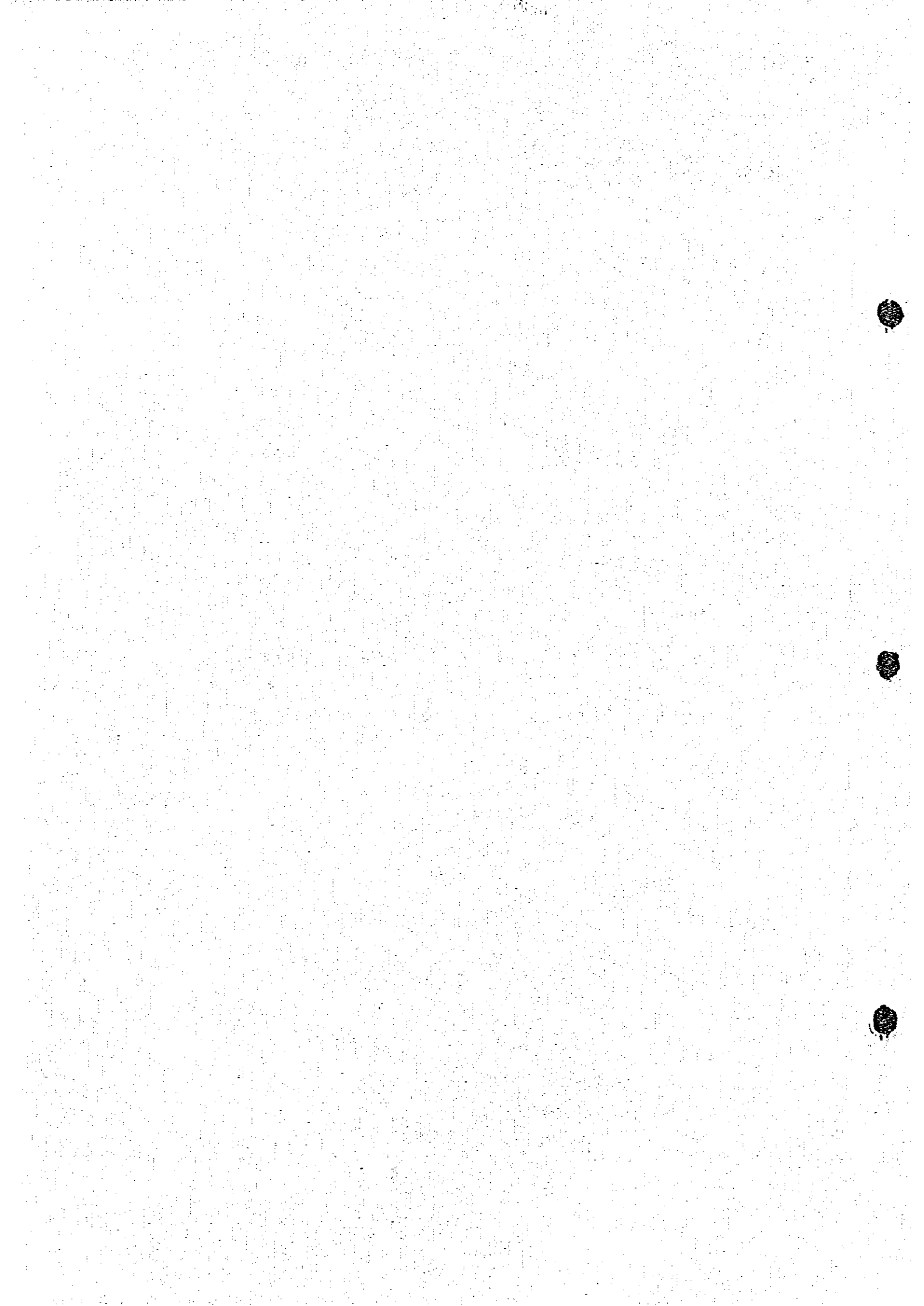
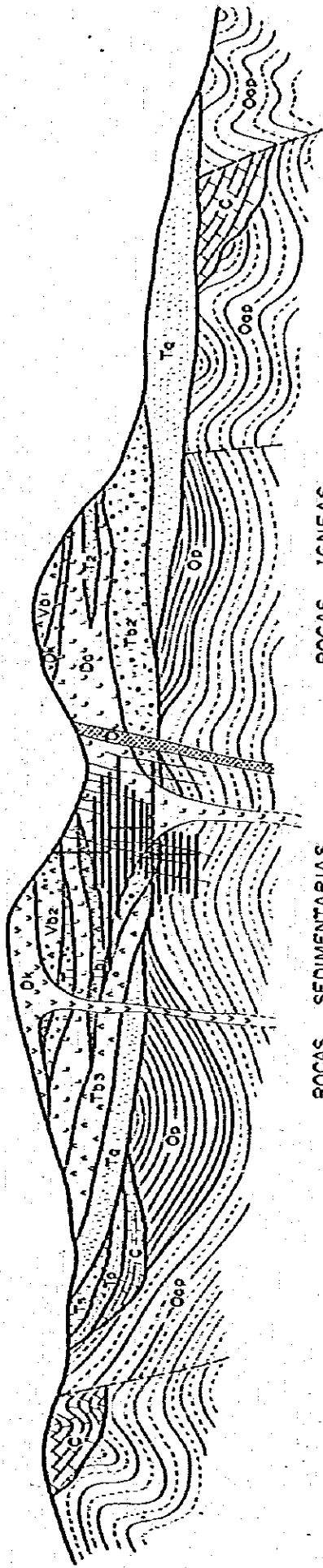


Fig. 4 Columna geológica





ROCAS SEDIMENTARIAS

ROCAS IGNEAS

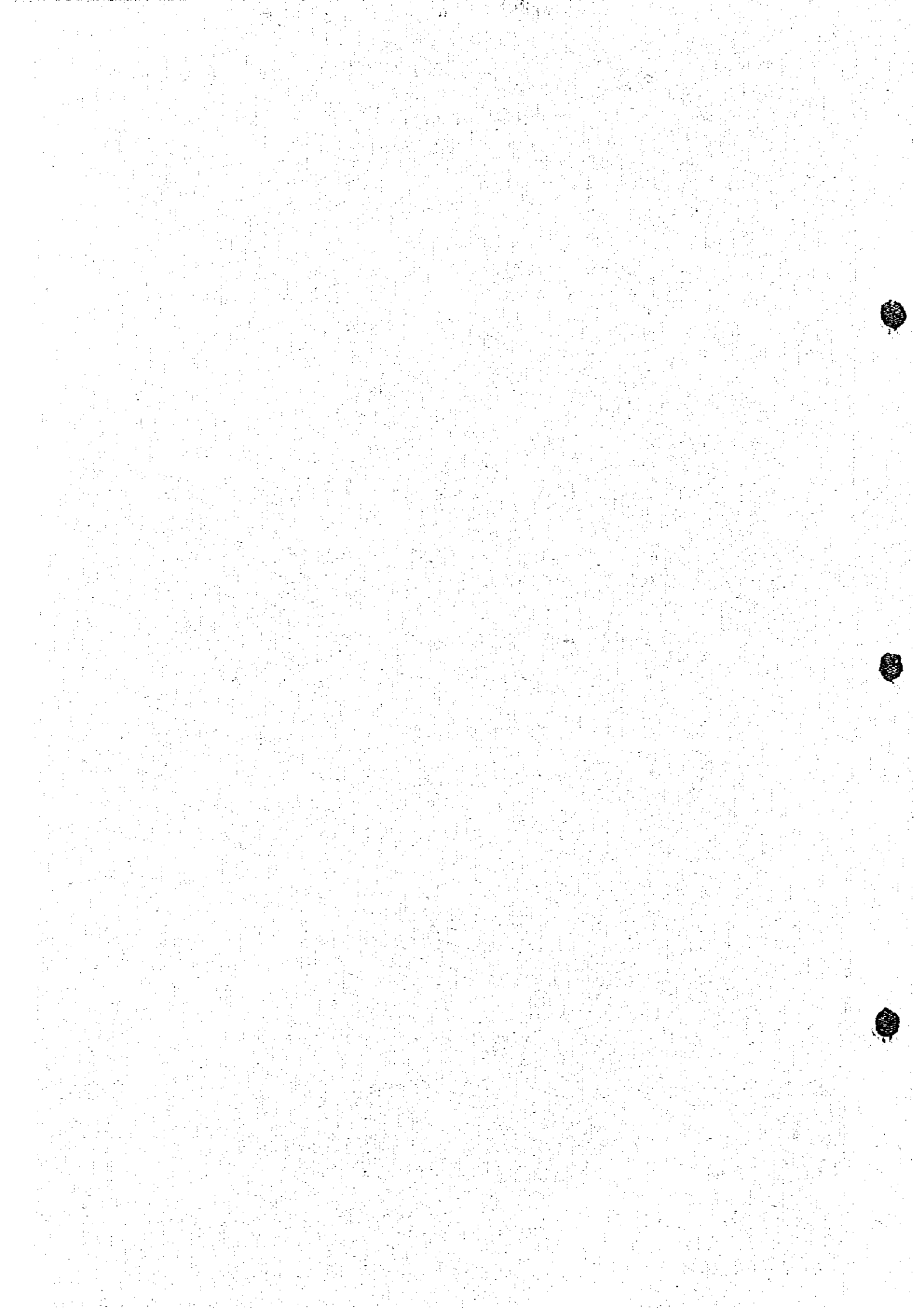
	Brecho volcánico de Cerro Pabellón		Dique de dacito
	Brecho volcánico de Berán Lomo		Dacito de Cerro Khumullani (Lavas)
	Toba de Cerro Negro, Pozo		Dacito de Animas (Lavas)
	Toba de Rancho Lupjara		
	Toba brecho de Gran Chocayo		
	Toba Lapilli de Rancho Congelario		
	Toba brecho de Inocentes		
	Formación Quechuo		Yetas
	Formación San. Vicente		Pello
	Formación Potoco		Socovón
	Formación El Molino (Calizas y areniscas rojas)		
	Miembro de pizarras de Peño Azul		
	Miembro de disposición alternante de areniscas y pizarras de Peño Blanco		

TERCIARIO

CRETACIO

ORDOVICICO

Fig. 5 Perfil idealizado



**El sistema Ordovícico :** Este sistema está distribuido ampliamente en el este y el suroeste del área estudiada. Consta principalmente de arenisca y pizarra. Se dividen en la parte inferior, el miembro alternante de arenisca y pizarra de Peña Blanca, y en la parte superior, el miembro de pizarra de Peña Azul, pero se observa plegamiento violento en ambas partes. En el primero se alterna la pizarra de color negro a gris oscuro y la arenisca de grano fino de color gris claro a gris, con el espesor de unos 10 cm. respectivamente y se observan las hermosas estructuras de forma bandeada y de asentamiento en todas partes del miembro. El miembro de pizarra de Peña Azul consta principalmente de pizarra negra en el cual se observa la estratificación indistinta con clivaje desarrollado.

Este sistema tiene más de 1.500 m. de espesor, pero no intercala roca piroclástica ni conglomerado, y es de simple sedimento eugeosinclinal típico. Este sistema limita en falla y discordancia inclinada con el Cretácico superior.

**El sistema Cretácico :** El Cretácico en Bolivia es sedimento nerítico y continental desarrollado en el área donde se difunde el grupo Paleozoico con formación del geosinclinal estrecho y largo, y consta de arenisca roja, caliza y arenisca cálciza. Este sistema presenta la distribución zonal en la parte oriental en dirección norte-sur, y en la parte occidental la distribución en forma de domo, las cuales son de pequeña escala respectivamente. Este sistema consta principalmente del estrato de arenisca roja bien estratificada, y en la parte superior intercala un estrato de caliza de poco espesor. Según el resultado del análisis de los fósiles de plantas y animales encontrados en estos estratos, y las litofacies, el Cretácico se compara con la formación de El Molino en el país. Con el Terciario superior se limita gradualmente en discordancia inclinada.

**El sistema Terciario :** En el Terciario de esta área difundido



ampliamente por la mina Anímas se superponen la formación Potocó difundida en la parte oeste del área, la formación San Vicente que cubre la anterior en discordancia inclinada, la formación Quehua que cubre la segunda en discordancia y que ocupa casi 30 % del área investigada, y rocas ígneas y piróclástica. Este Terciario, aunque una parte sufrió influencia de agua, se puede considerar en general como sedimentos continentales, y presenta el buzamiento claro y casi horizontal excepto la formación Potoco que enseña buzamiento escarpado.

La formación Potoco : Esta formación, que presenta una distribución zonal de pequeña escala al oeste del área estudiada, es de sedimento continental constado de arenisca roja-roja grisácea y limo estratificados con falsa estratificación. Es difícil distinguir el estrato de arenisca roja de esta formación del de la formación El Molino inferior, pero la concretación de esta formación es más débil que la de la formación El Molino. Se supone que la relación entre las dos formaciones sea de discordancia paralela, o gradual.

La formación San Vicente : Esta formación consta de arenisca tobácea roja y arenisca roja que presenta estratificación indistinta difundidas en muy pequeña escala al oeste del área estudiada, y se limita acompañada de conglomerado básico en discordancia inclinada con la formación Potoco inferior. Según el resultado del análisis de fósiles de plantas encontrados en esta formación, ésta se compara con la formación San Vicente que consta principalmente de conglomerado masivo de litofacies completamente distinta.

La formación Quehua es de rocas piróclásticas de muchas litofacies que se difunden ampliamente rodeando el área estudiada. Estas son rocas muy blandas y tobáceas sin acción de diagénesis excepto el estrato delgado de arenisca roja con forma de lentes intercalado parcialmente. Sin embargo, en las litofacies se observan toba lapilli de pumita, toba pumícea, toba

lapilli, y toba pisolita. Las rocas ígneas y piroclásticas son una serie de dacita con hornblenda y biotita desarrollada ampliamente por la mina Animas. La mineralización y la alteración se observan solamente en el área de distribución de estas rocas, e indica que estas actividades volcánicas ácidas tienen relación estrecha con la formación de yacimientos igual que otras zonas mineralizadas principales polimetálicas en Bolivia. En la roca ígnea se observa la facies intrusiva parcialmente compacta y dura que tiene diaclasa columnar, pero, consta principalmente de la facies de lava que indica la estructura fluida y la autobrechosa, y se reconocen dos actividades. La lava de la primera actividad se nombra lava de dacita de Animas, y la lava de la segunda, lava de dacita de Cerro Khumullani.

A compás de estas dos actividades volcánicas, se desarrollan algunas unidades de roca piroclástica dacítica en los alrededores de las lavas que se originan de las mismas. Se efectuó la medición de la época absoluta de la roca piroclástica dacítica en cuestión adoptando el método K-Ar, y se logró como resultado el valor  $11.7 \pm 0.6$  m.y.  $\sim 12.1 \pm 0.6$  m.y., lo que asegura que las actividades ígneas mencionadas arriba ocurrieron en el última etapa del Mioceno.

### 3-2. Estructura geológica

La estructura geológica del área en cuestión presenta la dirección del noroeste-sursudeste al este-oeste, es decir esta área se ubica en el lugar donde la estructura geológica que continua en dirección norte-sur desde los alrededores de la frontera con Argentina hace curva hacia la frontera con Perú en dirección noroeste-sureste, Estas estructura geológica se reflejan principalmente en las fallas y plegamientos del sistema Cretácico y el sistema Ordovícico.

En cuanto a los movimientos de pliegue, las capas anteriores al Cretácico, después de haber sufrido los movimientos orogénicos de Variscan, Nevada y Alpes, demuestra una estructura plegada violenta. La dirección de su eje de pliegue es diversa en cada área bloqueada por falla. Pero, en la extensión de 20 km a los lados este y oeste de la mina Animas se observa pliegue isoclinal menor de unos cientos metros de longitud de onda estable, sobre todo, en las zonas mineralizadas.

La estructura plegada es común en el sistema Ordovícico, pero la dirección del eje plegado prominente es noroeste-sudeste, y su longitud de onda es menos de unos cientos metros, y se presenta pliegue de la misma inclinación y la sección del eje está casi vertical. Se observa esta estructura plegada en algunas partes excepto en la dirección noroeste-sudeste, pero todas se pueden restringir en parte especial donde está dividido en partes pequeñas por actividad de fallas. (Marten nordeste de veta Colorada, nivel 510m, cerca de nivel 545m, Cuadro Carlos, etc.). También se puede observar una estructura plegada de una inclinación muy suave en la dirección de cruzarlo rectangularmente con este eje principal de pliegue, pero sobre el detalle no está claro.

### 3-3. Geología histórica

Como la presente investigación se ha realizado en una área limitada, no se ha llegado a aclarar la geología histórica. A continuación, se va a dar una idea general de ella aprovechando datos ya publicados y resultados de investigación.

Esta área en la era Paleozoica pertenecía al geosinclinal de los Andes Occidentales ubicado entre el Escudo Brasileño y la Cordillera de los Andes Occidentales y tiene sedimentos de la era Paleozoica. La regresión del mar avanzó sobre todo en el Ordovícico y se convirtió en el sitio del mar

de gran profundidad. Se dice que su espesor alcanza hasta 10.000 m, y el sistema Ordovícico difundido en esta área era una parte suya. Este geosinclinal no tiene actividades ígneas y demuestra caracteres del miogeosinclinal. Entre el sistema Ordovícico y el Silúrico se demuestra la relación de discordancia por influencia del movimiento orogénico Tacónico. Se imagina que se desarrolle el sistema Silúrico por Uyuni ubicado al norte de la presente área, el cual se extiende hasta esta área, pero no es seguro. En la parte central de Bolivia hubo transgresión y regresión del mar en el Devónico, y en el Pérmico transgresión de escala pequeña, pero no alcanzó hasta esta área. Probablemente no se sedimentó después del Devónico. En caso de haberse sedimentado, se infiere que tal estrato era muy delgado y formaba una parte oeste del mar abierto al este. Desde el final del Triásico hasta el primer período del Cretácico, la mayoría de Bolivia se convirtió en tierra. Durante este período las rocas pertinentes a la era Paleozoica sufrieron notablemente el plegamiento, y por erosión se traspasó en peneplanicie. Se considera que este plegamiento notable coincide con el movimiento orogénico Variscano tardío o la facies de tiempo Nevada del Alpino primario. En el período del Cretácico se formaron geosinclinales pequeñas de Perú al sur de Bolivia, y se formaron sedimentos del mar poco profundo o litoral. La formación El Molino en el área investigada es un sedimento de la etapa tardía del período Cretácico que gradualmente se cambia en un sedimento continental del Paleógeno del período Terciario, no siendo claro su límite. En el período Cretácico ocurrió la actividad volcánica de basalto, pero en esta área no se la observa. El sistema Cretácico es la última formación marina en Bolivia, y desde entonces no ha ocurrido sedimentación de estrato marino.

Llegando al período Terciario Paleógeno, los Andes Orientales y Occidentales se levantaron formando la cuenca sedimentaria de altiplano

rodeada por éstos. Esta cuenca sedimentó el Sistema Terciario, cuyo espesor llega a ser 10.000 m por sollevamiento sucesivo de los Andes de ambos lados y hundimiento continuo de ésta misma. El hundimiento y la sedimentación de la cuenca han continuado y continúan sin cesarse. En el área investigada y su alrededor, la formación marina del sistema Cretácico se cambia gradualmente o con discordancia paralela a la formación continental de la formación Potoco del Terciario Paleógeno. En el área Sur López situada al suroeste del área estudiada, en la parte superior de la formación Potoco se encuentra la efusión de basalto o andesita. Pero ésta no alcanza al área estudiada. En esta área ocurrieron actividades volcánicas fuertes, cuando se sedimentó la formación Quehua, cubriendo ésta ampliamente con rocas piroclásticas. En esta área y su alrededor, ocurrieron efusión e intrusión de roca de la serie alcalina cálcica, tales como dacita, pórfido cuarcífero, entre la época Oligocena y la Miocena. Acompañadas de dichas actividades volcánicas, ocurrieron diversas mineralizaciones, tales como de estaña, oro, plata, plomo, cinc, antimonio, bismuto y cobre. Dentro de la presente área, relacionada con dichas actividades volcánicas, ocurrió rodeando Animas efusión de rocas piroclásticas y lavas de varias clases. Se considera que, las mineralizaciones de las áreas Animas, Siete Suyos, Gran Chocaya, etc., ocurrieron acompañadas de dichas actividades volcánicas. Es decir, estratigráficamente las rocas volcánicas y piroclásticas difundidas alrededor de Animas y la formación Quehua están en relación concordante. Según la determinación de edad por el método K-Ar, lavas de Animas y Cerro Khumullani indican valores entre 11 m.y. ~ 12 m.y. pertinentes a la última etapa del Mioceno, o sea, edad un poco posterior a las rocas volcánicas situadas en torno a San Vicente y Tatásí.

Se dice que los movimientos de pliegue asociados con el movimiento

orogénico Alpino, después de haber entrado en el período Terciario, ocurrieron en la etapa temprana del Eoceno, la temprana y la tardía del Mioceno y la tardía del Plioceno. La formación Potoco está plegada fuertemente por los movimientos de pliegue hasta la etapa temprana del Mioceno y durante este período se formaron las principales fallas del área estudiada. Por consiguiente, la formación Potoco está en relación de discordancia inclinada con la formación San Vicente pertinente a la época tardía Miocena. Esta formación y rocas formadas posteriormente a ésta tienen pliegues suaves. Es decir, los plegamientos después de la etapa tardía del Mioceno no influyen mucho en esta área estudiada.

#### 3-4. Yacimientos

El área investigada forma la parte central de la inmensa zona mineralizada polimetálica que se sitúa al extremo occidental del sistema Cordillera de los Andes Orientales ubicado al suroeste de la República de Bolivia, y que se prolonga del norte al sur. Cerca de esta área están observadas muchas minas ya explotadas y partes mineralizadas. Se interpreta que son los yacimientos del tipo xenotermal que tienen relación estrecha con las actividades ígneas de dacita del Terciario Neógeno genéticamente. La mina Chocaya tiene una historia larga desde que se explotó en la época de la colonización española. Alrededor de la mina Animas, se ubica la mina Siete Suyos a la prolongación del noroeste de ésta, y al suroeste se queda la sección Gran Chocaya en explotación. La escala de la zona mineralizada es de unos 6 km a la prolongación del rumbo NE-SO y de unos 3 km a la dirección cruzada con ésta en ángulo recto. Y está explotada hasta 780 m bajo la superficie de la tierra, pero todavía la mineralización sigue siendo predominante.

Se aclaró que la formación de su fractura se hizo por la compresión

lateral de la dirección nordeste-suroeste de cruzarse rectangularmente con el eje principal de pliegue del sistema Ordovícico que forma el basamento de esta área. Los minerales para explotar son como plata, estaño, plomo, cinc, y cobre. Las clases y combinaciones de los minerales producidos son diversos, y además de esto, la complejidad de la composición de minerales es característica de este yacimiento.

La roca madre del yacimiento se compone del sistema Ordovícico en la parte inferior y en la parte superior del Terciario, pero, la mineralización muestra la tendencia de predominación en el sistema Ordovícico. El rumbo del yacimiento es casi de nordeste-suroeste, pero respecto a la inclinación existen dos sistemas que inclinan al noroeste y sudeste, y cada uno se compone de muchas vetas paralelas.

La escala de la veta llega a casi 2.000 m hacia la dirección del rumbo en veta Colorada como la máxima, y en la dirección de inclinación veta Burton y veta Inca VI están explotadas hasta 780 m bajo la superficie de la tierra. La condición de veta está todavía predominante. Se puede observar la diferencia evidente en el ancho de veta según las vetas, aun en una veta misma ensanchamiento y estrechamiento varían en gran manera de veta máximo llega a más de 2 m. La escala y los minerales componentes de las vetas principales se indican en la lista de vetas (Tabla 2).

La veta principal en explotación en el yacimiento Animas es veta Burton, de donde se saca más de los 90 % de la producción total, y además, de alta ley.

En la superficie de la tierra, se dispersa zona blanqueada y alterada de gran escala, minas abandonadas innumerables, y señales de zanjas, alrededor de la zona en donde existe veta, pero no se puede encontrar el afloramiento normal de veta, así que se considera este yacimiento como el yacimiento sin afloramiento.

Tabla. 2 Lista de las vetas de mina Animas-Siete Suyos

Veta	Rumbo	Buzamiento	Longitud(m)	Plomedia de Ancho de Veta(cm)
Rosario	N50°E	80°N	1,450	21
San Juan	N55°E	80°N	550	31
Colorada	N45°E	75°S	2,000	17
Inca	N30°E	50°N	400	22
Inca I	N45°E	80°N	750	50
Judfos	N40°E	70°N	150	33
Rafael	N50°E	80°S	250	59
Animas	N40°E	80°S	250	37
Dejada	N50°E	85°S	100	25
Esperanza	N60°E	80°S	250	22
San Patricio	N60°E	70°S	400	11
Salvadora	N50°E	70°S	300	24
Arturo	N50°E	65°S	600	16
Nueva	N55°E	70°S	700	31
Chorro	N50°E	65°S	300	
Burton	N50°E	80°S	1,500	25
Inca II	N40°E	80°S	550	14
Inca III	N50°E	65°S	300	
Inca IV	N40°E	70°S	150	10
Inca V	N80°E	70°S	250	
Inca VI	N50°E	75°S	250	29
Inca VII	N45°E	65°S	100	10
A	N55°E	70°S	40	25
B	N45°E	70°S	150	15
C	N55°E	70°S	250	19
D	N60°E	75°S	150	17
E	N60°E	85°N	100	9
F	N45°E	80°N	150	12
G	N50°E	50°N	150	18
H	N40°E	80°N	350	50
I	N40°E	80°S	100	30
J	N35°E	70°N	150	35
K	N70°E	70°N	200	29
H	N50°E	70°S	100	19



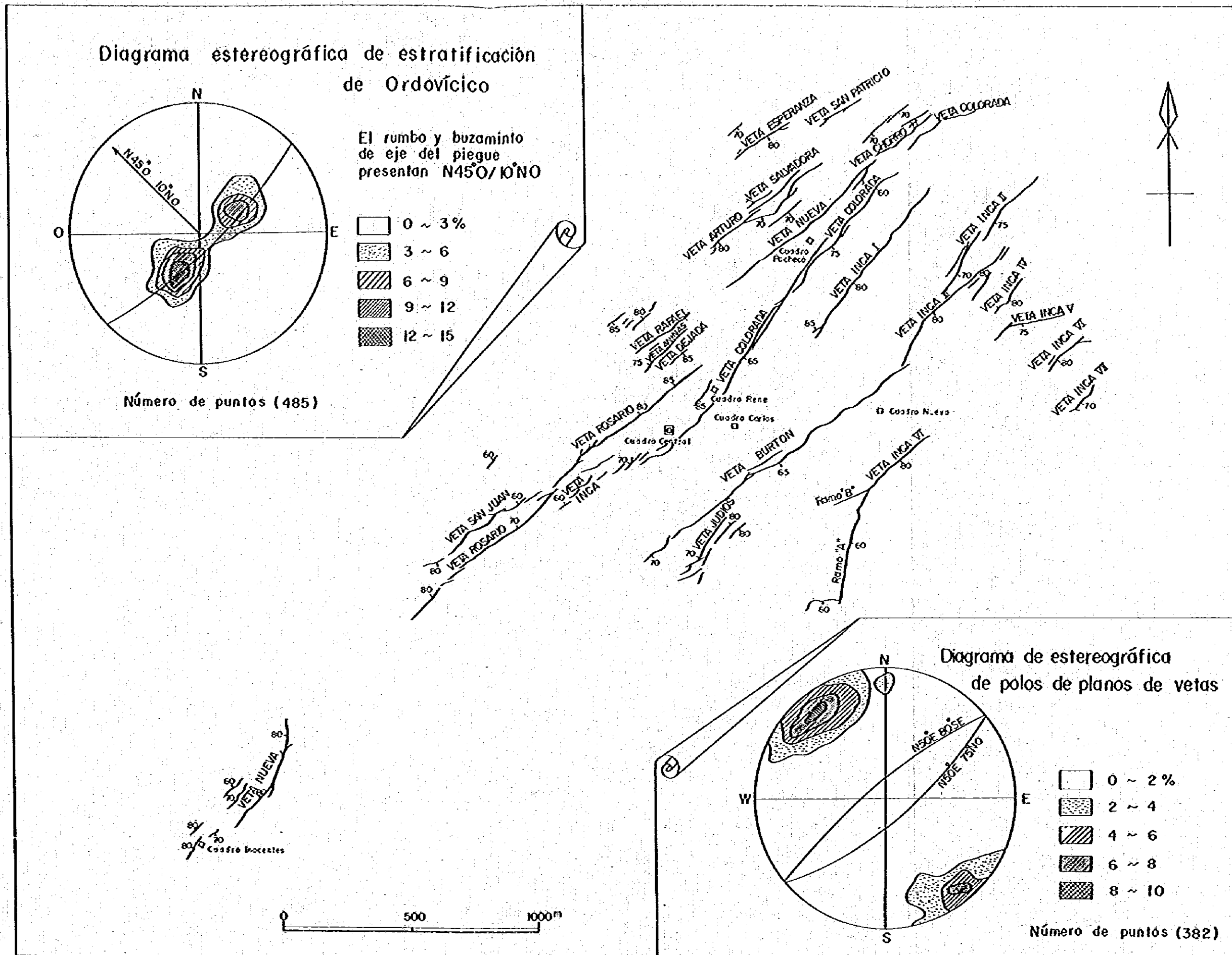


Fig.6 Modelo de vetas

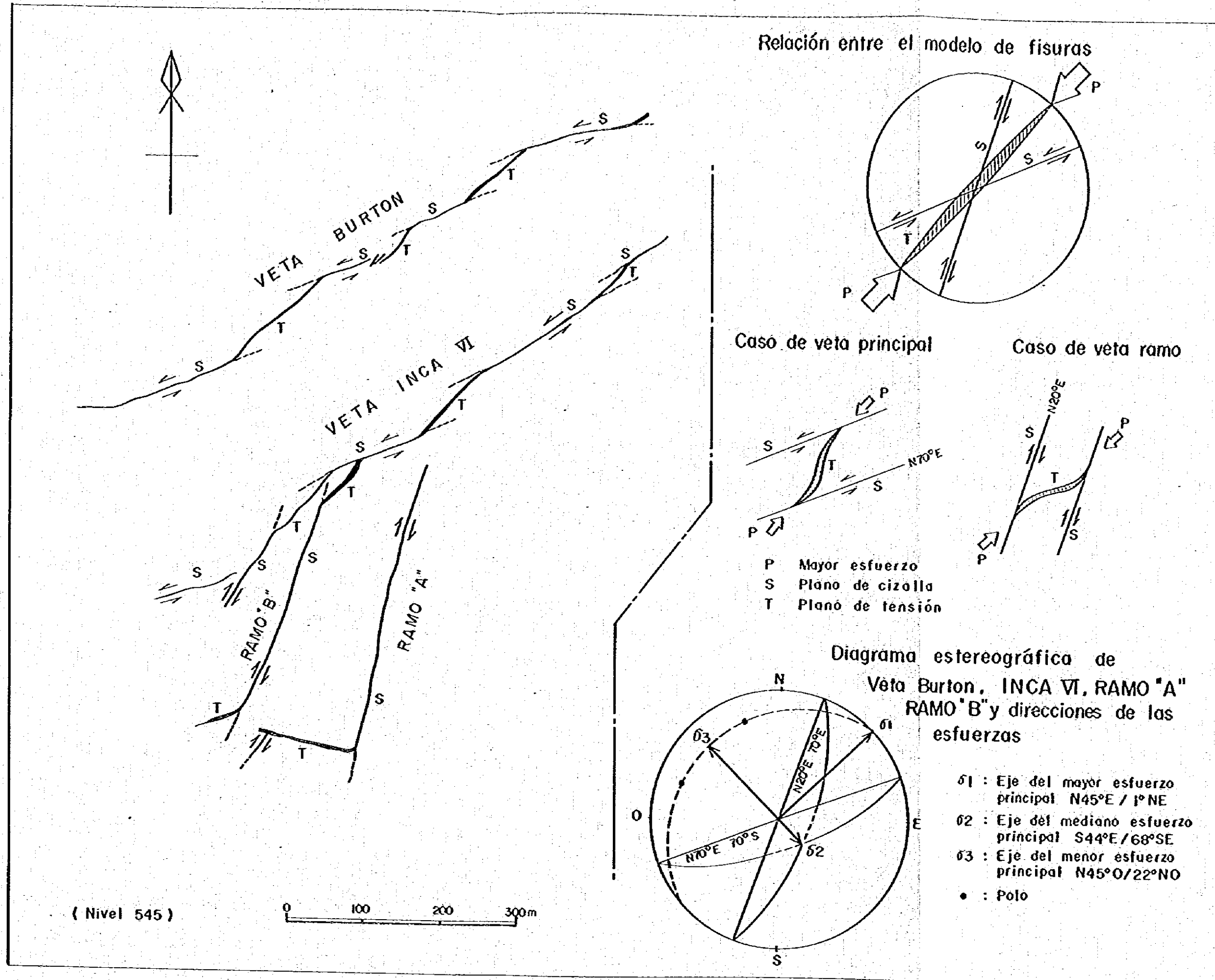


Fig. 7 Modelo de fisuras



La sección Inocentes, que se encuentra en la prolongación suroeste del yacimiento Animas, está explotada de galería sólo en el nivel 132 m.

Esta mina es de gran escala y abunda de plata y estaño que son de alto precio, de modo que se espera que el desarrollo de esta mina contribuya mucho al de la Empresa Minera de Quechísla y esta región.

#### 3-4-1 Vetos

Como se ve en Table 2. Fig. 6. el yacimiento de Animas consta de muchas vetas paralelas de distinta calidad y de varios tamaños, sus vetas principales se consideran como veta Colorada, veta Inca VI, y veta Burton, por su escala y ley. Las minas de Animas y mina Siete Suyos explotan el mismo grupo de vetas, pero la relación de vetas entre ambas minas y la sección Gran Chocaya no está aclarada directamente por galería.

#### 3-4-2 Interpretación de la formación del sistema de fisuras

Según el resultado de la investigación geológica detallada del interior de mina, muchos sistemas de fisuras que encajonan vetas se componen del sistema de fisuras de cizalla y del de fisuras de tensión. La dirección del máximo esfuerzo principal que hizo formar estas fisuras es de NE-SO, y dicho esfuerzo se considera como el estructura. Esta dirección NE-SO, se cruza en ángulo recto con el eje de pliegue del sistema Ordovícico que constituye la estructura geológica de la presente área, por lo que resulta armoniosa con la estructura geológica y no se contradice con el hecho de que el sistema de fisura existe continuada desde el sistema Ordovícico hasta dacita de Animas.

#### 3-4-3 Distribución zonal

Desde hace tiempo las vetas del presente yacimiento se clasificaban globalmente en dos grupos, es decir, el grupo de plata-plomo y el otro de plata-estaño. Al primer grupo pertenecían veta Burton, veta Judíos, veta Inca II, veta Inca III, veta Arturo, veta Nueva, etc., y al segundo veta

Colorada, veta Inca I, veta San Juan, etc., pero esta clasificación no indicaba cuantitativamente la naturaleza del presente yacimiento y de sus vetas integrantes.

Según el resultado de la investigación detallada del interior de mina, se realizó la clasificación cuantitativa del presente yacimiento, subdividiéndolo en cinco zonas, desde zona I hasta zona V, según la forma de combinación de los elementos metálicos constituyentes. Asimismo, se practicó una serie de observación microscópica rigurosa como un respaldo mineralógico a fin de reconocer leyes analizadas y correlaciones de los elementos en cada una de estas zonas subdivididas. A continuación, se describe brevemente la característica de cada zona.

Zona I : Se trata de un grupo de vetas de cobre-estaño-plata, representado por veta Rosario. La mayoría de sus principales minerales son pirita y cuarzo. Se observa una correlación directa muy evidente entre el estaño y la plata, y entre el estaño y el cobre.

Zona II : Es grupo de vetas de cobre-estaño, representado por veta Animas. Los principales minerales en su mayoría son pirita y cuarzo. Se observa una correlación directa bien clara entre el estaño y el cobre, y también entre el plomo y el cinc.

Zona III : Es grupo de vetas de plomo-cinc-estaño-plata, representado por veta Esperanza, siendo sus principales minerales pirita, cuarzo, galena, esfalerita, etc. Se observa una correlación directa prominente entre la plata y el plomo, entre el cobre y el plomo, y también entre el estaño y el plomo.

Zona IV : Es grupo de vetas de plomo-cinc-estaño-plata, representado por veta Burton. Sus principales minerales son galena y esfalerita. Se observa una correlación directa bien clara entre la plata y el plomo, entre el cobre y el cinc, entre el estaño y el plomo, y también entre el

Tabla. 3 Ley promedio de elementos metalicos principales

	Números de análisis	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Sn(%)	Ag(g/t)
Zona I	37	0.94	2.39	3.03	1.29	877
Zona II	14	1.05	0.36	2.00	1.07	331
Zona III	40	0.37	4.66	9.93	1.57	1271
Zona IV	48	0.06	22.14	14.04	0.95	2545
Zona V	70	0.31	22.91	17.04	0.61	1206
Total	209	0.41	13.80	11.42	1.01	1383

Tabla. 4 Correlaciones de elementos metalicos principales

	Correlación positivo	Correlación negativo
Zona I	Sn-Cu Sn-Ag	
Zona II	Sn-Cu	Pg-Zn
Zona III	Sn-Cu Ag-Pb Sn-Pb	Cu-Pb
Zona IV	Sn-Cu Ag-Pb Sn-Pb Sn-Ag	Cu-Zn
zona V	Ag-Pb	Cu-Zn Pb-Zn

Confianza : más 95%

Grupos de vetas en cada zona

- Zona I : Veta Rosario, San Juan.
- Zona II : Veta Rafael, Animas, Dejada.
- Zona III: Veta Esperanza, Salvadora, Arturo, Chorro.
- Zona IV : Veta Burton, Inca II, III, IV, Judios.
- Zona V : Veta Inca V,VI,VII.

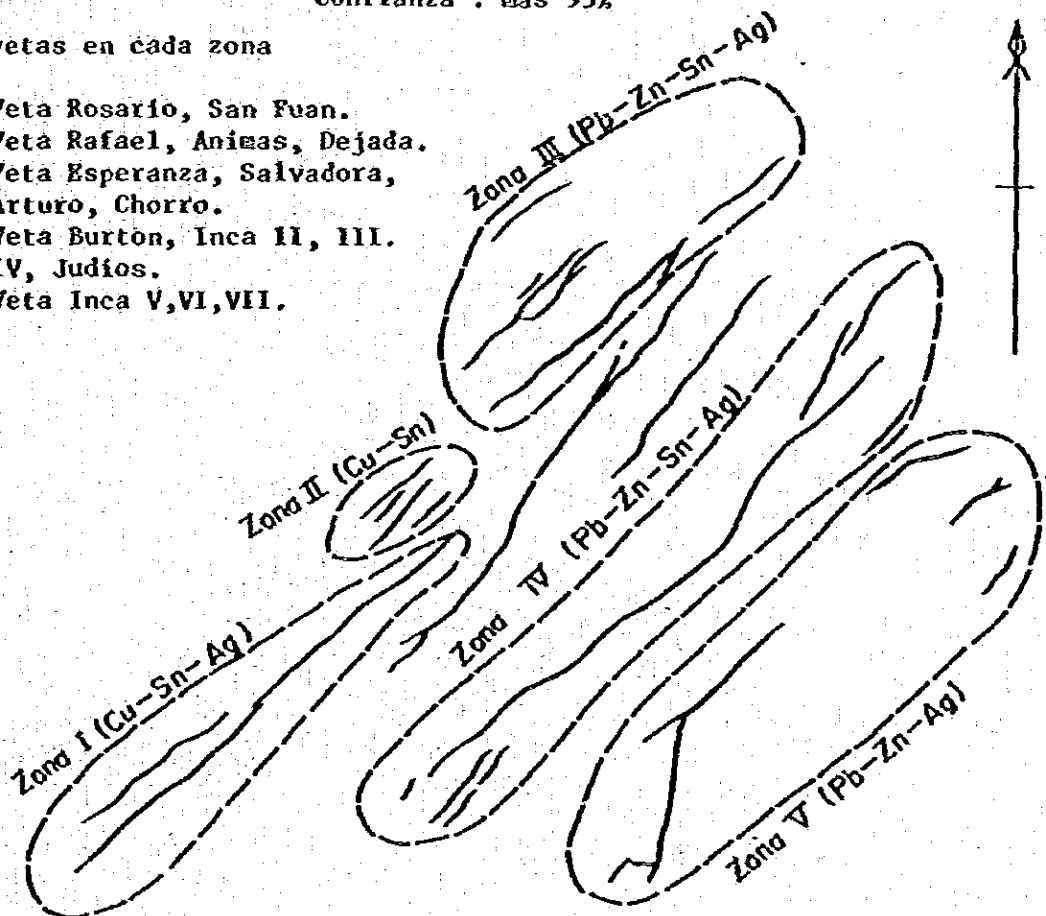
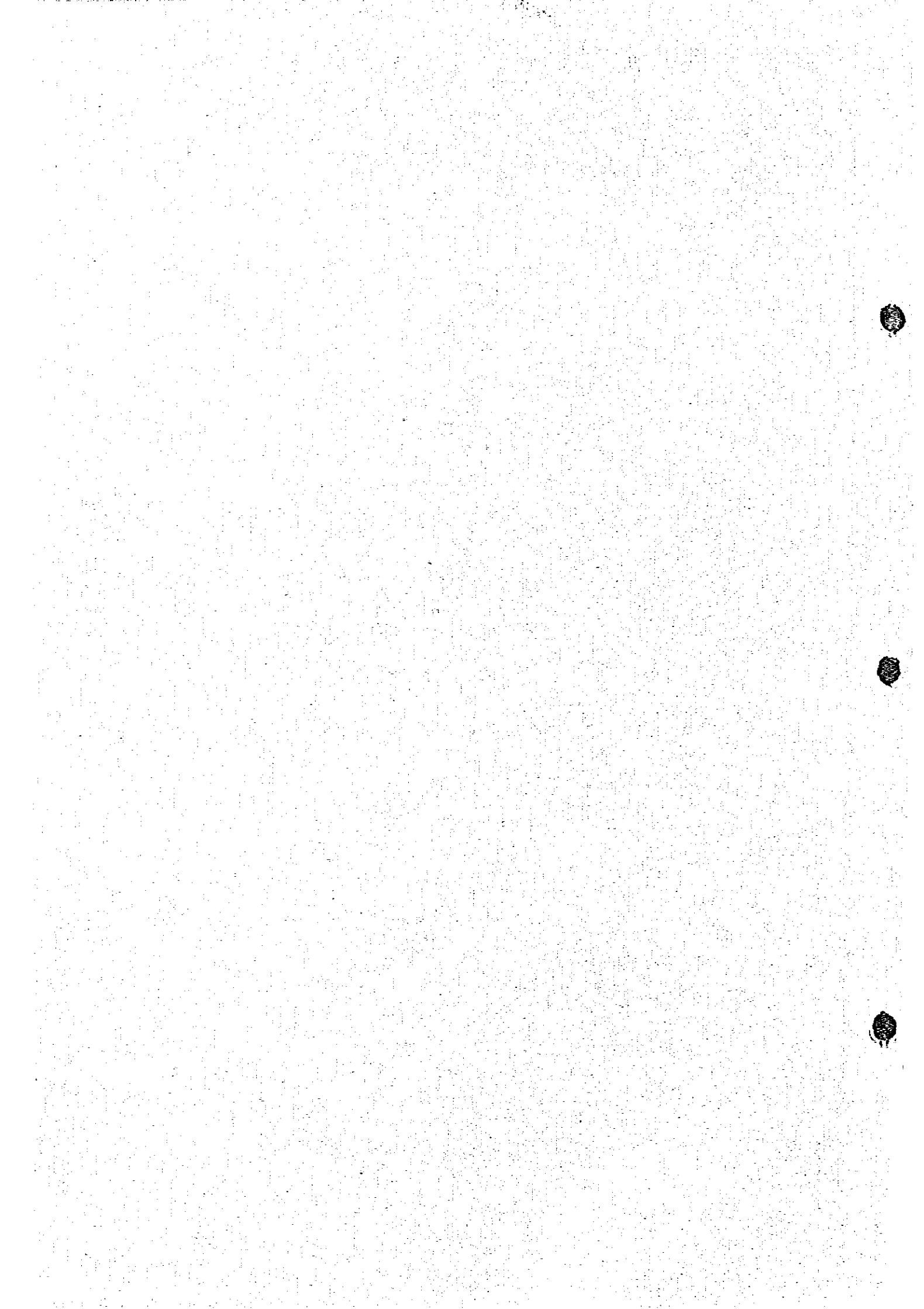


Fig. 8 Zona de elementos metalicos principales



estaño y la plata.

Zona V : Es grupo de vetas de plomo-cinc-(estaño)-plata, representado por veta Inca VI, siendo galena y esfalerita sus principales minerales.

Se observa una correlación directa entre la plata y el plomo, y una correlación indirecta prominente entre el plomo y el cinc, y también entre el cobre y el cinc.

Por consiguiente, se evidenció que en el yacimiento existe una distribución zonal paralela al rumbo de las vetas, identificable en base a la combinación y ley de los elementos metálicos así como la correlación que hay entre cada uno de los elementos.

#### 3-4-4 Distribución zonal de elementos metálicos

En el presente estudio no se efectuó el examen crítico minucioso sobre la distribución en plano horizontal de los valores analizados de cada elemento, pero sí se practicó sobre la distribución en plano vertical de los valores analizados de la veta Burton y veta Inca VI.

Como resultado de dicho trabajo, se aclaró que en veta Burton se da parte enriquecida de cada elemento o sea parte concentrada, por lo menos, una parte concentrada tanto en el sector este como en el sector oeste y, al parecer, sus leyes analizadas van bajándose con regularidad a partir de sus partes concentradas hacia la dirección rumbeante de la veta. Por otro lado, la veta Inca VI cuenta con una parte concentrada sólo en un lugar y dicho bolsón presenta una característica más o menos similar a la de la veta Burton.

En vista de que la parte enriquecida de elementos o sea la parte concentrada tiende a desarrollarse concentrada y duplicadamente más o menos en el mismo lugar, la composición mineralógica de tal parte concentrada tiene que ser necesariamente algo muy compleja. Por lo tanto, la distribución de ley de cada elemento presenta una tendencia a empobrecerse simétricamente



a partir de la parte concentrada como su centro hacia la dirección de rumbo de la veta, sin que por ello se presente su variación en dirección vertical.

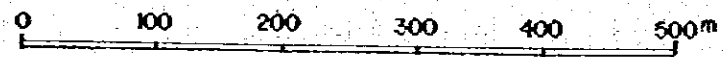
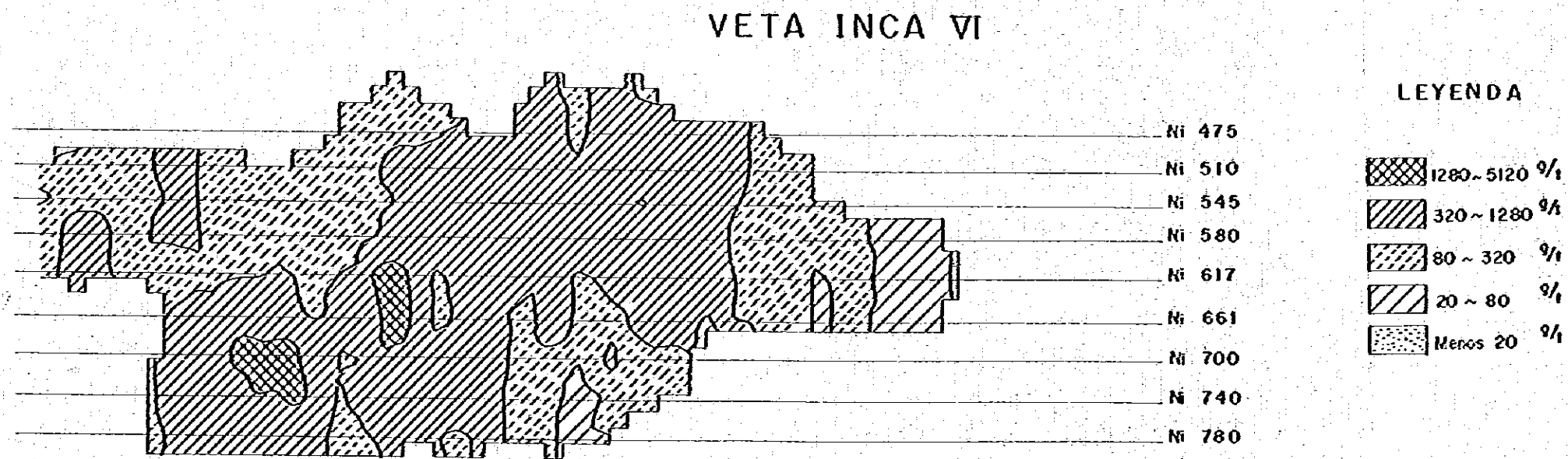
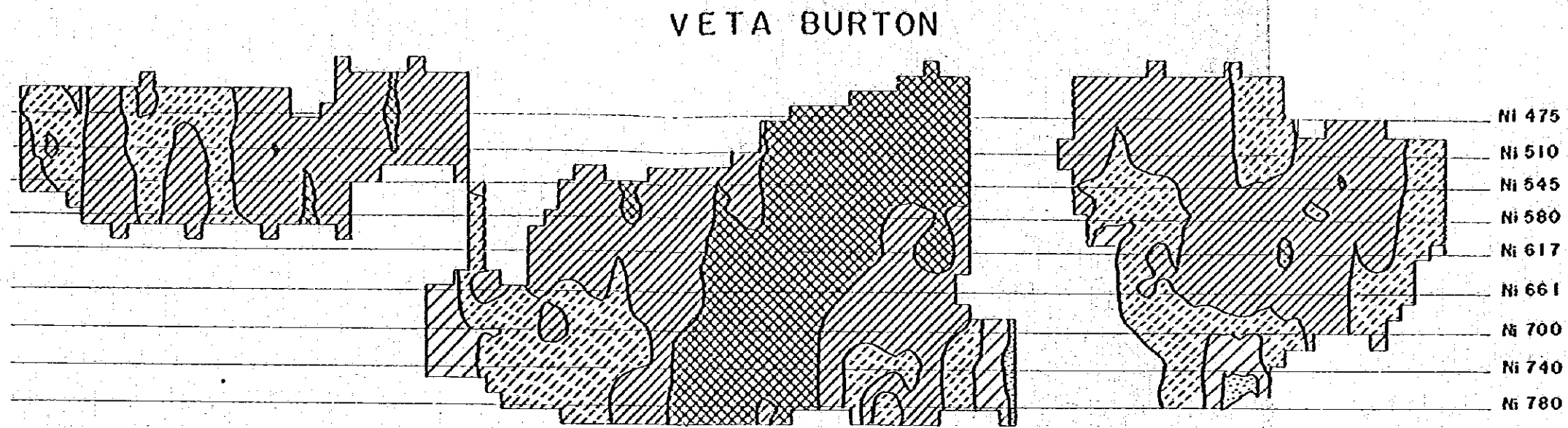
### 3-4-5 Minerales

El presente yacimiento produce una gran variedad de minerales. Los minerales que se han reconocido hasta el momento son los siguientes : calcopirita, tetraedrita, covellina, galena, jamesonita, bournonita, sulfateras, esfalerita, casiterita, estannita, frankeita, pirargirita, canfieldita, pirita, arsenopirita, siderita, marcasita, magnetita, pirrotina, bixbita, bismutina o bismutita, Ag-Sn-Pb-sulfosales, cuarzo, sericita, etc..

Aparte de éstos ya mencionados, se reconocieron nuevamente a través de los estudios efectuados en el segundo año los siguientes minerales y sulfosales.

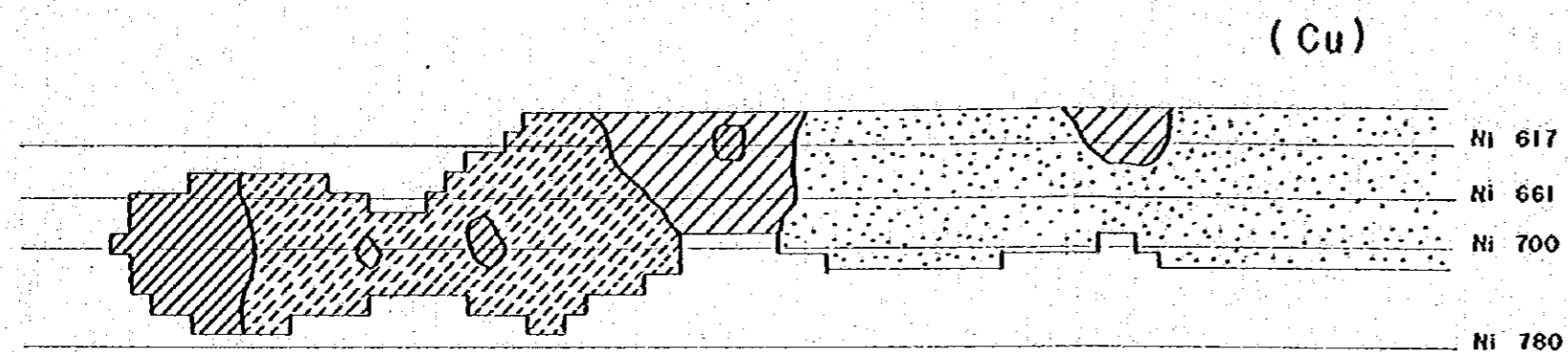
plagionita ( $Pb_5Sb_8S_{17}$ ), Bi-plagionita, Ag-plagionita, bismuto nativo, ferberita ( $FeWO_4$ ), huebnerita o hübnerita ( $PnWO_4$ ), wolframita [ $(FeMn)WO_4$ ], cinquenita ( $Pb_6Sb_{14}S_{27}$ ), boulangierita ( $P_5Sb_4S_{11}$ ), gudmundita ( $FeSbS$ ), Bi-Ag-sulfosales, Pb-Zn-sulfosales, Pb-Sn-sulfosales, Ag-Sn-sulfosales, Pb-Fe-sulfosales y rutilo.

Entre estos minerales, la presencia de wolframita, rutilo, wurtzita, etc., cuya existencia fué debidamente confirmada, ha sido de utilidad para calcular la temperatura de mineralización puesto que sirven como geo-termómetro y también para realizar el examen crítico minucioso sobre el resultado del estudio de la inclusión fluida, que se menciona más adelante. En cuanto a los minerales de sulfuros de hierro excepto pirita, se reconoce que en zona I se produce arsenopirita universalmente, pero su cantidad se va disminuyendo paulatinamente conforme a que se vaya pasando a zona II, zona III y zona IV, sobre todo, en zona V su cantidad es apenas



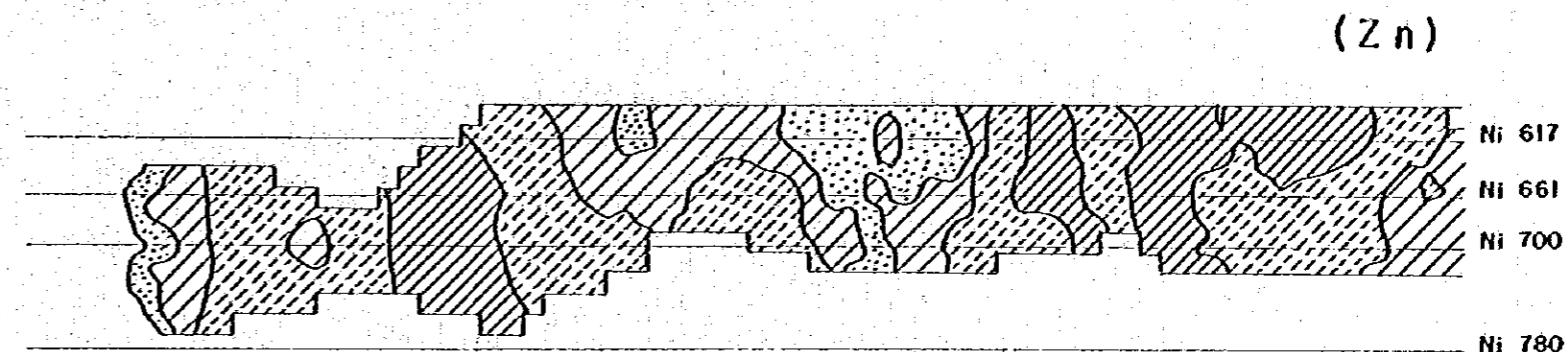
Nota : Por cálculo de computadora con  
datos de mina Animas

Fig. 9 Mapa de distribución de ley de Ag de Veta Burton y Veta Inca VI



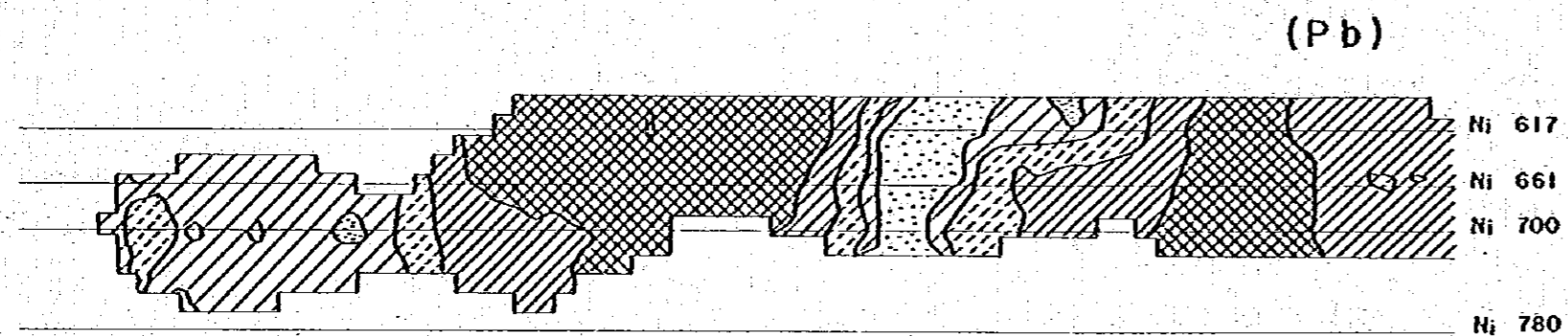
LEYENDA

	0.17 ~ 0.40 %		0.03 ~ 0.07 %
	0.07 ~ 0.17 %		Menos 0.03 %



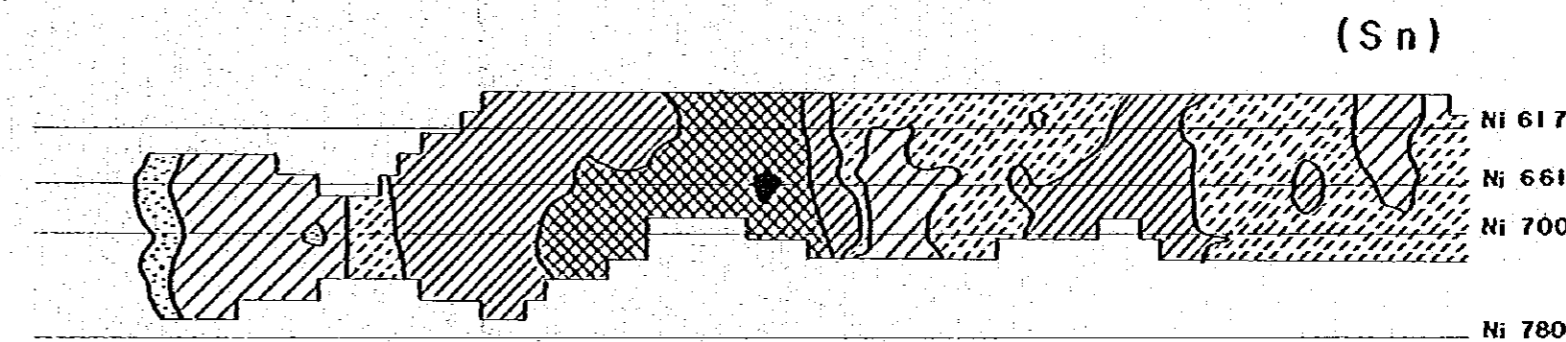
LEYENDA

	20.00 ~ 31.50 %		7.90 ~ 12.60 %
	12.60 ~ 20.00 %		Menos 7.90 %



LEYENDA

	26.50 ~ 60.00 %		5.15 ~ 11.70 %		Menos 2.27 %
	11.70 ~ 26.50 %		2.27 ~ 5.15 %		



LEYENDA

	Más 4.00 %		0.69 ~ 1.16 %		0.12 ~ 0.29 %
	1.16 ~ 4.00 %		0.29 ~ 0.69 %		Menos 0.12 %



Nota : Por cálculo de computador

Fig. 10 Mapa de distribución de ley de Cu, Pb, Zn, Sn de Veta Burton

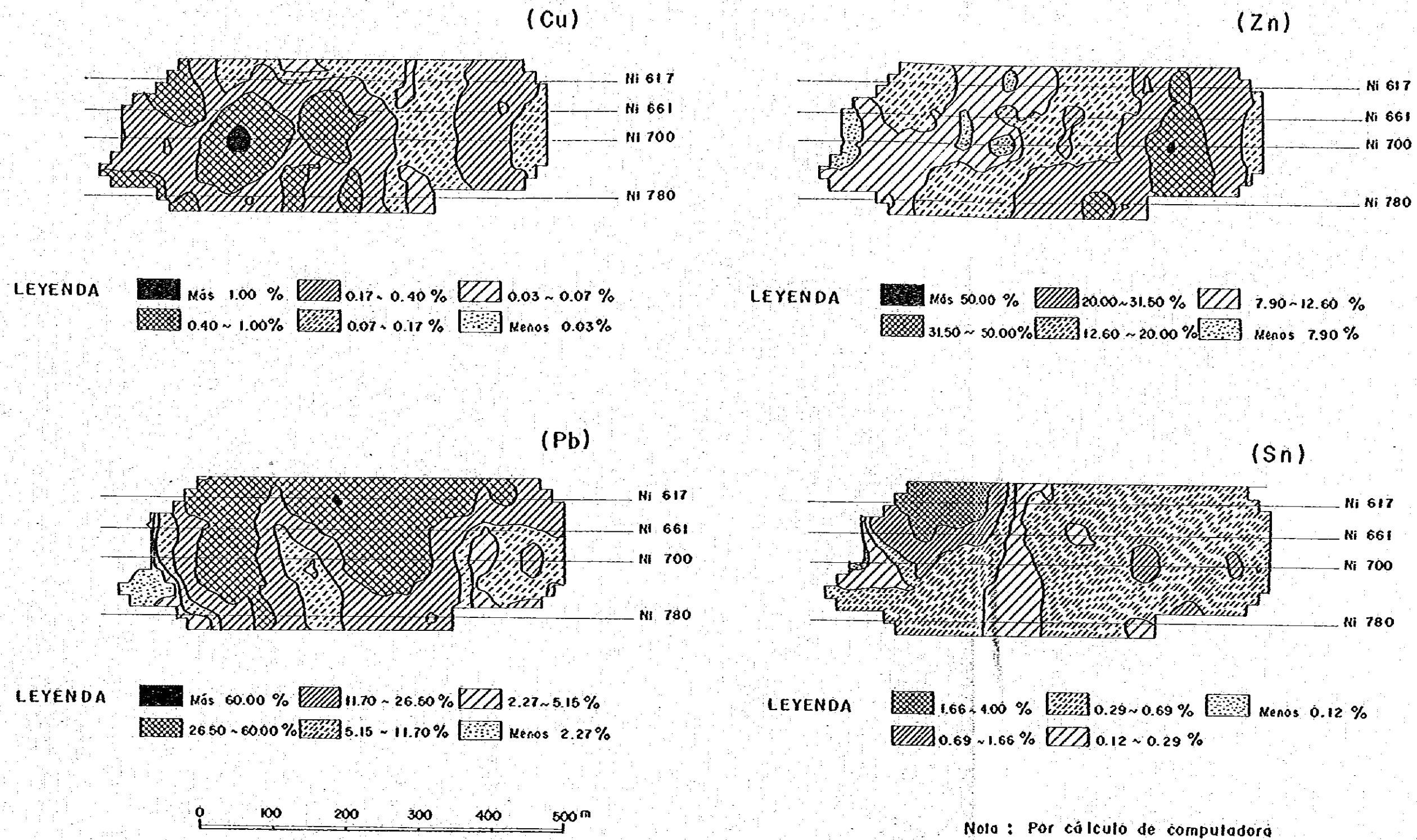


Fig. II Mapa de distribución de ley de Cu, Pb, Zn, Sn de Veta Inco VI

Tabla. 5 Lista de las minerales por observación microscópica de secciones pulidas

veta	Minerales principales					Minerales accesorios								Otros Minerales
	py	qz	sp	cp	gn	stan	cas	fc	canf	Ag-Pb	Ag-Bi	asp	po	
Rosario	•	•	•	•	•	•	•		•	•		•		rt, wurt, bi, bmt, ferb, Ag-Pg
San Juan	•	•		•		•	•				•	•		
Rafael	•					•	•				•	•		
Animas	•		•			•					•	•		fre
Colorada	•	•	•			•	•							
Inca	•	•		•		•					•	•		cv, Bi-SS
Inca I	•	•	•	•		•	•					•	•	Pb-Fe, Pb-Zn
Esperanza	•	•	•	•	•	•	•		•	•				Pb-Sn, Pb-Zn
San Patricio	•	•	•			•		•				•		jm
Arturo	•	•	•	•		•	•					•		jm, td, Pb-Fe, Pb-Zn
Animas	•		•			•					•	•		fre
Burton	•	•	•				•					•	•	jm, wurt
Inca II	•	•	•	•	•					•		•		gud, Ag-SS, Pb-Zn
Inca IV		•	•		•							•		
Inca VI	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	jm, bo, mar, ang, td, pr, zk, bi, Ag-Pg, Pg
Inca VII	•		•										•	mar
B	•	•	•				•					•		Pb-Zn, Pb-Fe, Pb-SS
C	•	•	•									•		
D	•	•	•		•									Pb-SS
G	•	•			•	•	•					•		rt
J	•		•		•	•								Pb-Zn

Símbolos

py : Pirita  
 qz : Cuarzo  
 sp : Esfalerita  
 cp : Calcopirita  
 gn : Galena  
 stan : Estamina  
 cas : Casiterita  
 fc : Franckeita  
 canf : Canfieldita

Ag-Pb : Ag-Pb Sulfosale  
 Ag-Bi : Ag-Bi Sulfosale  
 asp : Arsenopirita  
 po : pirrotina  
 rt : Rutilo  
 wurt : Wurtzita  
 bi : Bismuto nativo  
 bmt : Bismutina

ferb : ferberita  
 cv : covellina  
 jm : Jamesonita  
 td : Tetrahedrita  
 fre : Freibergita  
 gud : Gudmundita  
 bo : Bournonita  
 mar : Marcasita  
 ang : Anglesita

zk : Cinquentita  
 bl : Boulangerita  
 pg : Plagionita  
 Ag-Pg : Ag-Plagionita  
 Pb-Sn : Pb-Sn Sulfosale  
 Pb-Zn : Pb-Zn Sulfosale  
 Pb-Fe : Pb-Fe Sulfosale  
 Pb-SS : Pb Sulfosale  
 Ag-SS : Ag Sulfosale  
 Bi-SS : Bi Sulfosale

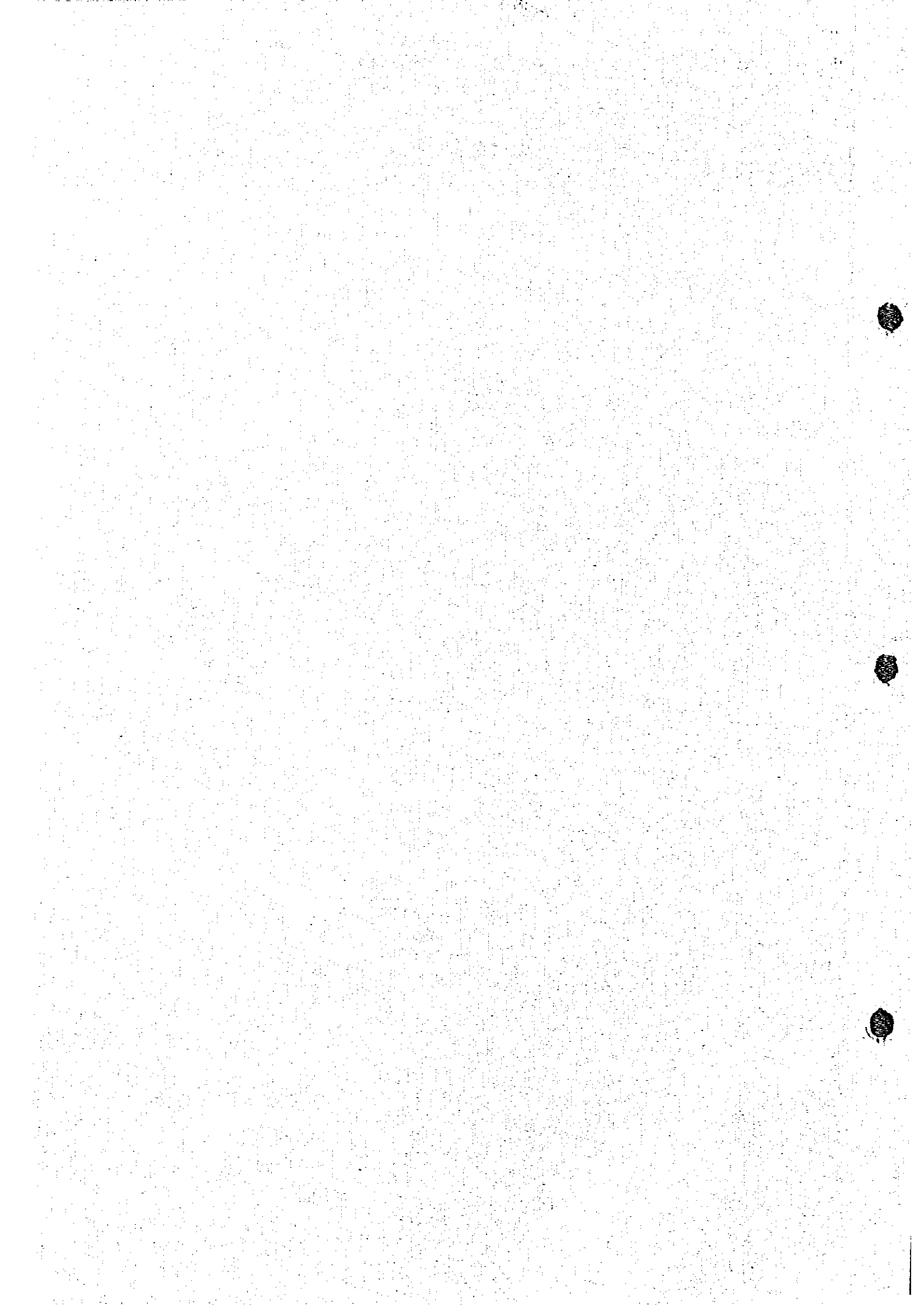


Tabla. 6 Salinidad de Inclusiones fluidas de muestra F-1 de veta Rosario

Nº	Temperatura helada (°C)	Salinidad (wt. % NaCl eq.)	Temperatura de homogenización(°C)	Origin
1	-18.5	21.6	303	segunda seuda
2	-18.0	21.2	314	"
3	-17.6	20.9	264	segunda
4	-13.3	17.3	271	"
5	-8.4	12.2	290	primera
6	-6.2	9.5	299	"

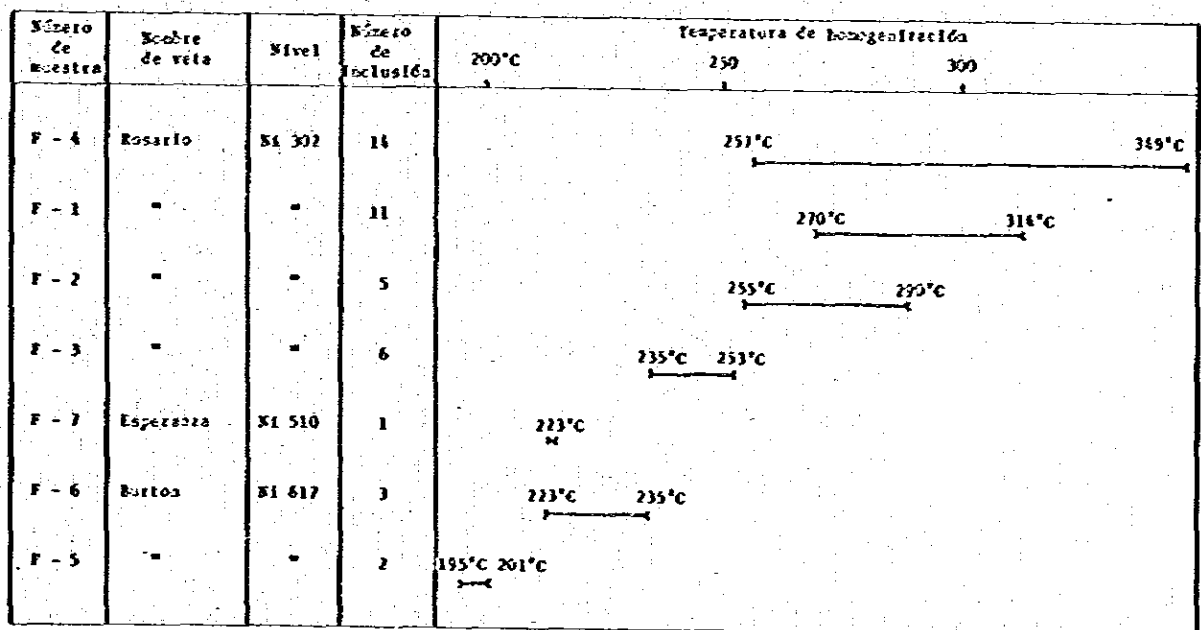
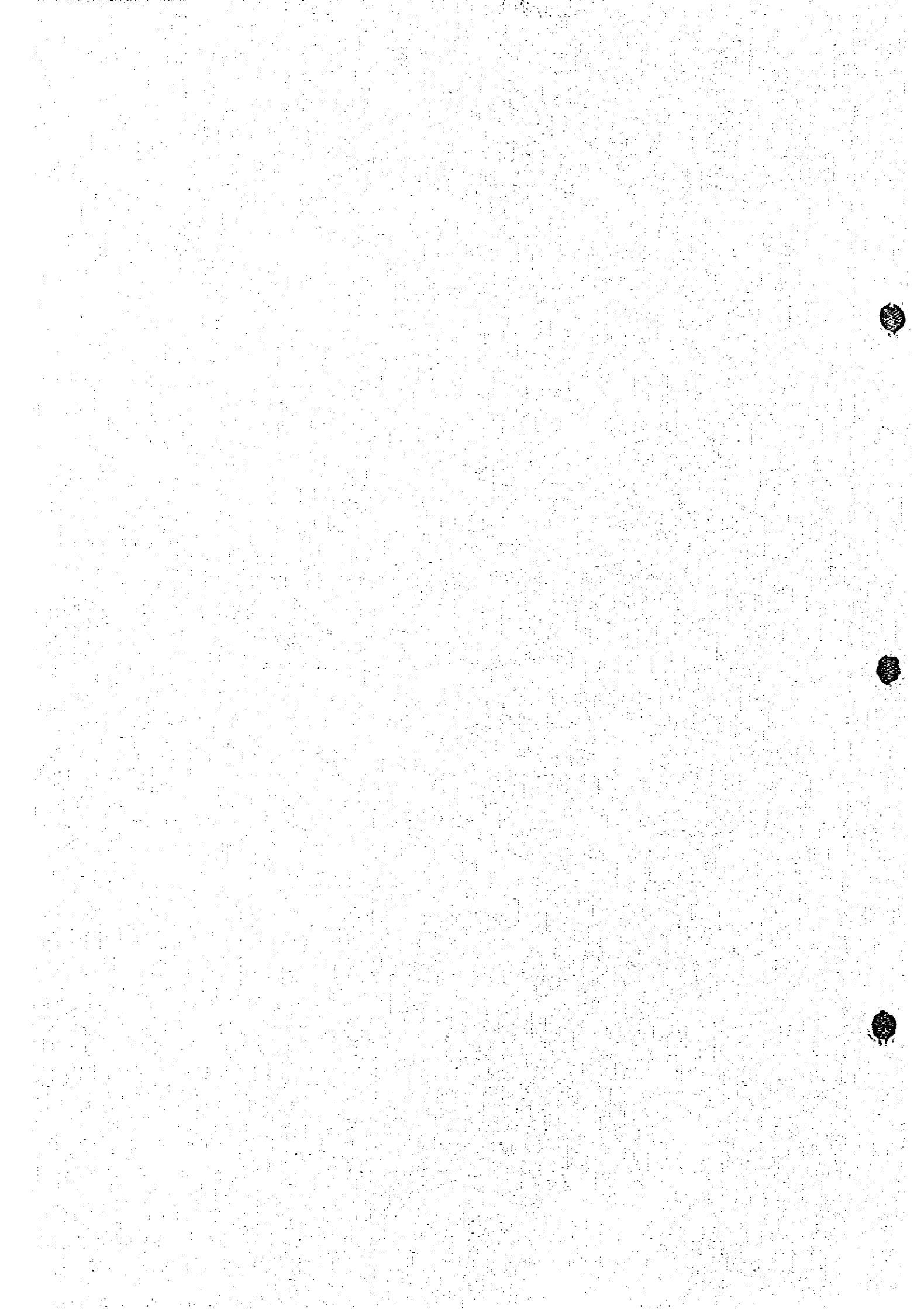


Fig. 12 Alcance de temperatura de homogenización





un 30 % de lo que se produce en zona I. Por otra parte, pirrotina no está reconocida totalmente en las zonas I, II, III, pero ésta sí aparece sólo en un lugar dentro de zona IV. En zona V, ella aparece con más frecuencia.

En cuanto a marcasita, no se reconoce absolutamente nada en las zonas que comprenden desde zona I hasta zona IV, pero dentro de zona V se reconoce en dos lugares. Referente a las clases y frecuencias de presencia, de los sulfosales complejos, se observa que en términos generales en las zonas IV y V, se producen con una abundancia abrumadora en comparación con la zona I. Se considera que cualquier estudio detenido que se realice sobre esta materia aportará una gran utilidad para esclarecer propiedades físico-químicas de la mineralización del yacimiento.

#### 3-4-6 Inclusión fluida

En el segundo año se realizó el trabajo de muestreo de la inclusión fluida desde la veta Rosario, veta Esperanza, veta Burton, etc. con el propósito de medir su temperatura de homogenización, al mismo tiempo, efectuando la medición de salinidad sobre una parte de las muestras a fin de calcular la temperatura metalogénica del presente yacimiento, que varió de 195°C a 349°C. Esta temperatura se registró más alta en el sector de la veta Rosario al oeste, pero se fué bajando gradualmente hacia el sureste y SE y también hacia el este. Como ya se mencionó anteriormente, los resultados que se obtuvieron a través de estos estudios de laboratorio concuerdan muy bien con los resultados del geo-termómetro, que se realizó utilizando algunas clases de minerales antes referidos.

#### 3-4-7 Mineralización

El presente yacimiento está compuesto por una serie de vetas complejas en las cuales se encuentran cristalizados y formados casi simultáneamente una gran diversidad de minerales. No obstante, el estudio detenido global sobre su ley analizada, su forma de distribución de ley, su composición

mineralógica, y la inclusión fluida, nos permite puntualizar en la siguiente forma el resumen de la mineralización que se reconoce en el yacimiento:

(1) La temperatura de mineralización fué más alta en las proximidades de la zona I que otra zona, de donde se fué bajando hacia alrededor. Esta deducción será confirmada, a la vez, justificada a través del estudio de laboratorio de la inclusión fluida y del estudio de geo-termómetro.

(2) La estructura zonal del presente yacimiento se desarrolla paralela a las vetas. Este fenómeno fué verificado por el hecho de que el yacimiento se puede dividir en 5 zonas integrantes según sus rasgos distintivos que se observan con respecto a la forma de combinación de elementos y ley, y también la correlación entre los elementos componentes.

(3) Dentro de la misma veta existe más de un centro de mineralización, y tal centro de mineralización no ha cambiado de su ubicación. También, tal centro de mineralización es el mismo que la parte enriquecida de cada elemento, salvo ciertos casos de excepción. Se comprende todo esto al echar una mirada a los hechos de que dentro de la veta Burton existen dos bonanzas enriquecidas de cobre, plomo, cinc, estaño, plata, etc. y también a partir de estas bonanzas hacia la dirección de rumbo de la veta la ley de cada elemento va bajándose en forma simétrica.

(4) Aunque se observa entre estos diversos minerales metálicos cierta diferencia de cantidad de minerales cristalizados, se cristalizaron estos minerales en la misma época más o menos. Esto es bien claro si se toma en cuenta la observación a simple vista y también por microscopio de los minerales, así como la relación de paragénesis de los mismos.

#### 3-4-8 Alteración

La zona alterada de este yacimiento se desarrolla ampliamente en contorno al mismo. Para interpretar la relación entre esta zona alterada y el yacimiento hemos instalado la línea de medición de 3.800 m en la

dirección cruzada en ángulo recto con la veta y hemos sacado 37 muestras a lo largo de la línea de medición y 31 en la zona alterada al azar, es decir, 68 muestras en total, y realizamos el análisis de todas muestras por rayos-X y lo examinamos. Por consiguiente, como se presenta en Fig. 13, 14 y tab. 7, la parte mineralizada se clasifica en cinco zonas por minerales alterados o combinación de minerales:

Zona I : Zona de caolinita y clorita

Zona II : Zona de clorita

Zona III : Zona de caolinita

Zona IV : Zona de plagioclasa

Zona V : Zona de plagioclasa y calcita mezcladas

Se interpretó que la formación de la zona alterada de estas combinaciones complejas de minerales es resultado de la alteración hidrotermal ácida y la hidrotermal neutra que accionaron en el mismo lugar.

Por consiguiente, se aclaró que es posible aplicar a la exploración de yacimientos la decisión de la combinación de minerales por el análisis de rayos-X.

Tabla. 7 Listas de clasificación de minerales alterados

7-1 Lista de los números detectados de cada mineral por intensidad

Nombre de mineral / Intensidad	Qu	Cbt	Pl	Or	Ser	Chl	Mnt	Kao	Dol	Cal	Gy	Sid	Py	Sph
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0
2	0	0	5	17	62	27	1	29	2	14	8	5	23	1
3	3	1	16	31	14	1	0	3	1	3	0	1	1	0
4	4	1	21	16	5	0	0	0	1	1	0	5	0	0
5	93	2	9	4	12	1	0	0	0	1	1	0	5	0
Total	100	4	51	68	94	29	1	32	4	19	9	11	32	1

Qu : Cuarzo  
 Cbt : Cristobalita  
 Pl : Plagioclasa  
 Or : Ortoclasa  
 Ser : Sericita  
 Chl : Clorita  
 Mnt : Montmorillonita  
 Kao : Caolinita  
 Dol : Dolomita  
 Cal : Calcita  
 Gy : Yeso  
 Sid : Siderita  
 Py : Pirita  
 Sph : Esfalerita

7-2 Lista de los números detectados de interior y exterior de minas, y por cada mineral

Nombre de mineral / Ubicación	Qu	Cbt	Pl	Or	Ser	Chl	Mnt	Kao	Dol	Cal	Gy	Sid	Py	Sph
Exterior de la mina	68	4	43	53	67	22	1	16	1	10	4	0	10	1
Interior de la mina	32	0	8	15	27	7	0	16	3	9	5	11	22	0
Total	100	4	51	68	94	29	1	32	4	19	9	11	32	1

7-3 Lista de Intensidades medias geométricas de interior y exterior de mina, y por cada mineral

Nombre de mineral / Ubicación	Qu	Cbt	Pl	Or	Ser	Chl	Mnt	Kao	Dol	Cal	Gy	Sid	Py	Sph
Exterior de la mina	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	3	0	2	1
Interior de la mina	5	0	3	3	3	2	0	2	3	3	2	3	3	1
Promedio	5	4	4	3	3	2	2	2	3	3	2	3	2	1

Intensidad

1 : muy débil  
 2 : débil  
 3 : mediano  
 4 : fuerte  
 5 : muy fuerte



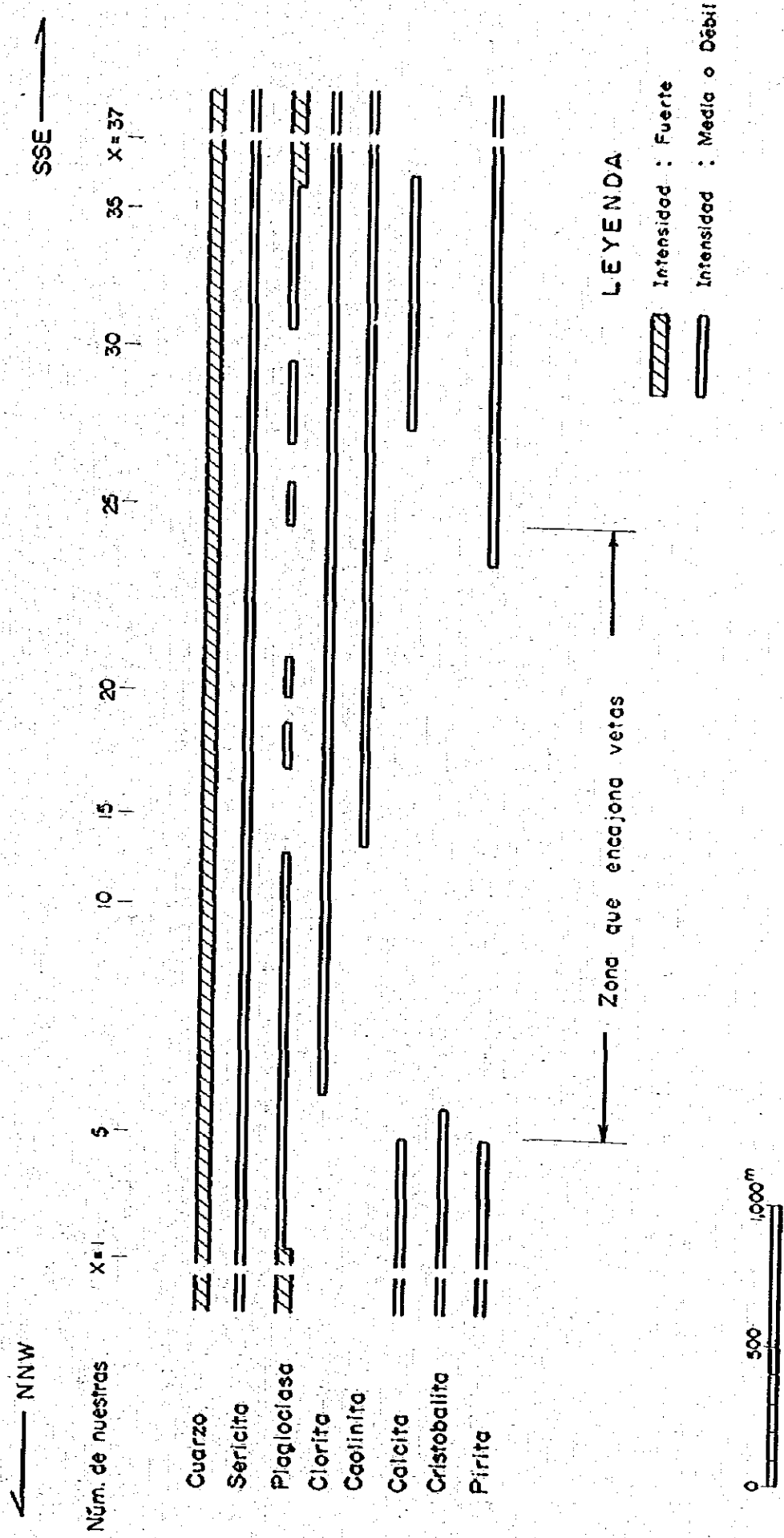
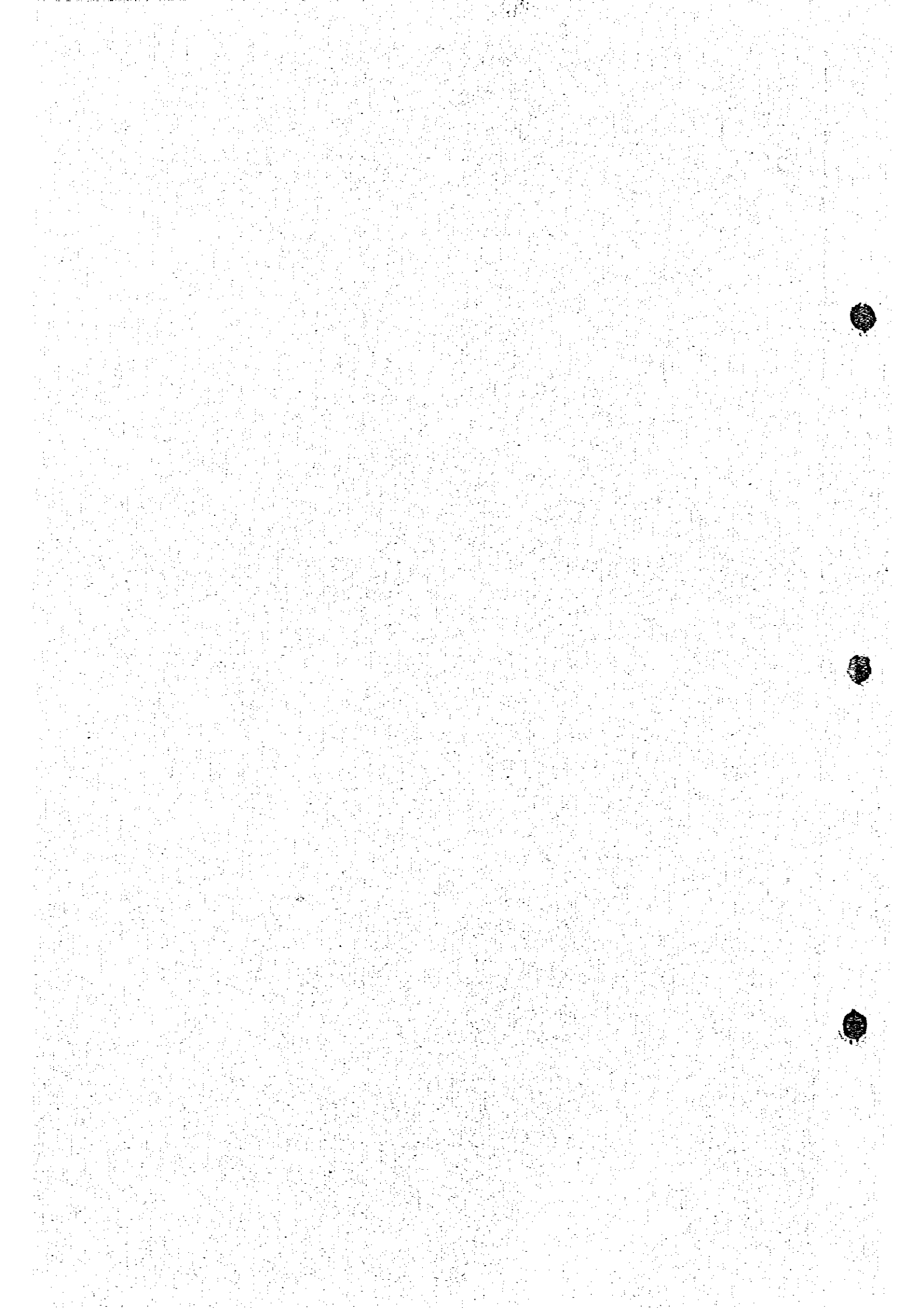


Fig. 13 Distribución de minerales detectados por rayos-X en la línea de medición que cruza rectangularmente el grupo de vetas de Animas-Siete Suyos



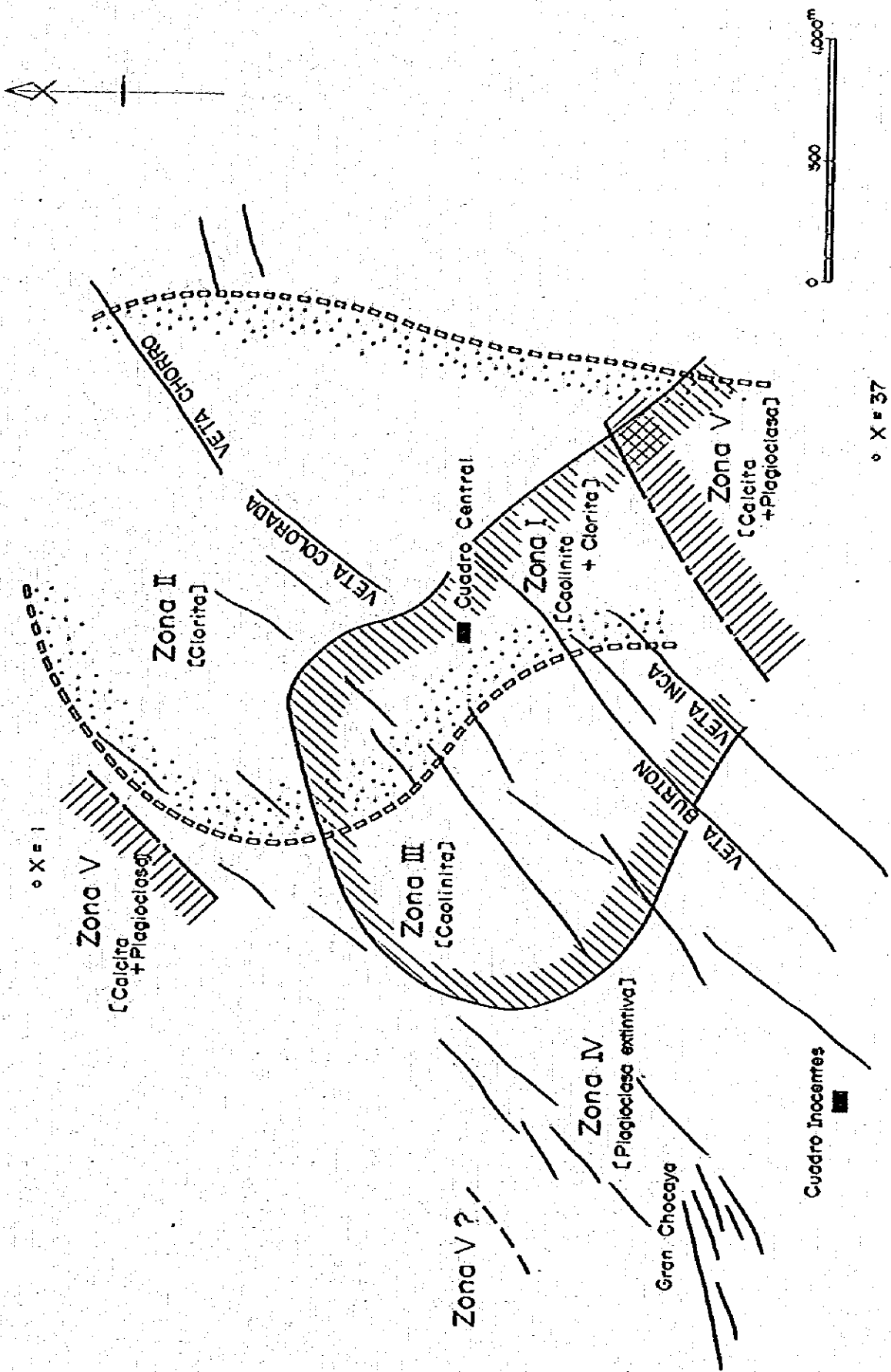


Fig. 14 Clasificación de zonas alteradas



