

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,  
MINERA Y METALURGICA**

**Escuela de Post-Grado**



**GEOQUIMICA DE LA MINA  
SAN GREGORIO  
( Cerro de Pasco )**

*Tesis Para optar el Grado de Maestro en ciencias  
con Mención : Geología*

**TEODOSIO CHAVEZ CAMPOS**

**LIMA - PERU**

**1985**

A MIS PADRES :

Teodosio y Constanza

E HIJOS :

Israel y Nadia

## INDICE

### GEOQUIMICA DE LA MINA SAN GREGORIO

Páa.

DEDICATORIA

RESUMEN

PRIMER INDICE DE LA OBRA

INDICE DE LAMINAS, CUADROS Y PLANOS

CAPITULO I · GENERALIDADES	11
1.1 Introducción	12
1.2 Objetivos y Fines	13
1.3 Historia	13
1.4 Agradecimiento	14
CAPITULO II: GEOLOGIA REGIONAL Y LOCAL	15
2.1 Tectonica de los Andes Centrales	15
2.2 San Gregorio dentro del marco Meta- logénico del Perú	19
2.3 Ubicación y accesibilidad	29
2.4 Fisiografía	29
2.5 Petrografía	31
2.6 Geología estructural	33

2.7	Estratigrafía local	34
2.8	Geología histórica	36
<u>CAPITULO III : GEOLOGIA ECONOMICA</u>		37
3.1	Mineralogía	37
3.2	Génesis	38
3.3	Textura	40
3.4	Secuencia paragenética	41
3.5	Zonamiento	44
3.6	Longitud de afloramiento	45
3.7	Profundización	46
3.8	Alteración hipógena de las cajas	46
3.9	Alteración supergena de minerales	48
3.10	Tipo de yacimiento	50
3.11	Controles de mineralización	51
3.11.1	Control fisiográfico	51
3.11.2	Control mineralógico	51
3.11.3	Control estratigráfico	52
3.11.4	Control litológico	52
3.11.5	Control estructural	53
<u>CAPITULO IV: GEOQUIMICA</u>		54
4.1	Diferenciación de las rocas ígneas en el Perú central y su relación con San Gregorio.	54
4.2	Diferenciación de la Cuarzomonzonita de San Gregorio	57

4.3	Movilidad de los elementos.	61
4.4	Deposición de la primera etapa de la secuencia paragenética.	65
4.4.1	Asociación geoquímica de sulfuros de la primera etapa.	65
4.5	Deposición de la segunda etapa de la secuencia paragenética.	70
4.5.1	Asociación geoquímica de sulfuros de la segunda etapa.	71
4.5.2	Diagrama Eh/pH para la precipitación de la pirita y la marcasita.	73
4.6	Deposición de la tercera etapa de la secuencia paragenética.	74
4.6.1	Diagrama Eh/pH para la precipitación de la siderita.	74
4.7	Deposición de la cuarta etapa de la secuencia paragenética.	74
4.7.1	Asociación geoquímica de las sulfosalas.	75
4.8	Movilidad de la plata en ambientes hipógenos.	76
4.9	Movilidad de la plata en ambientes supergenos.	77
4.10	Ciclo geoquímico de la plata.	78
4.11	Distribución de metales y elementos trazas en relación a la subprovincia metalogénica en el Perú central.	80

4.12	Patrones de dispersión.	84
4.13	Dirección del flujo mineralizante.	86
4.14	Estudio estructural de datos.	92
4.15	Descripción del equipo utilizado.	103
	V. Conclusiones	104
	VI. Recomendaciones	107
	VII. Referencias	108
	VIII. Apéndice	120

## RESUMEN

En la exploración de los yacimientos es importante determinar las sustancias de interés económico, estudiar su génesis y ver nuevas posibilidades de exploración. El yacimiento de plata de San Gregorio se encuentra ubicado en la latitud  $10^{\circ}30'S$  y longitud  $76^{\circ}30' W$ . Petrográficamente se tiene la diorita, arenisca y cuarzozononita, la pizarra negra (con materia orgánica) y gris, ambos de ambiente marino. El zonamiento no se encuentra definido, los minerales encontrados tenemos la arsenopirita, pirrotita, esfalerita, chalcopirita, pirita, marcasita, siderita y jamesonita. Estructuralmente las pizarras se encuentran plegadas con rumbo al NW y el buzamiento hacia el SW.

La formación Excelsior predomina en la zona, pero Megard (1980) pone en duda su edad. La longitud del afloramiento varía de 400 a 1000 m., la profundidad de mineralización podría pasar los 400 m. En alteración

de cajas se observa la caolinización y la alteración potásica (cuarzomonzonita), no tiene importancia la alteración supergena de minerales.

Es un yacimiento hidrotermal, filoneano, epigenético, primario, hipógeno y xenotermal. El control fisiográfico, mineralógico y estratigráfico no son importantes. En el control litológico la cuarzomonzonita ofrece mayores posibilidades de mineralización en cambio la pizarra negra es un control negativo. En el control estructural las vetas son normales y sinextrales, es común los simoides en sentido horizontal y vertical.

Las rocas ígneas de la zona concuerdan con el proceso de diferenciación y mineralización en la región central. La cuarzomonzonita puede ser la causante de mineralización. La temperatura de formación de secuencia paragenética de la primera etapa es mayor de 350°C en cambio la segunda, tercera y cuarta etapa son menores de 350°C. La baja salinidad permite una mayor movilidad de la plata en ambiente hipógeno, presenta una buena correlación regional de la plata y el plomo, cadmio e indio. La dispersión es del tipo primario.

En la veta Perla E-0 el flujo orienta al SE en cambio en la veta M-P el flujo se orienta al NW y en ambos casos concuerdan con los cocientes metálicos.

## INDICE DE LAMINAS, CUADROS Y

### PLANOS

- Fig. 1.- Evolución de la Cadena Central de los Andes del Perú Central.
- Fig. 2.- Mapa de Yacimientos de Plata en el Perú.
- Fig. 3.- Mapa de ubicación y acceso de San Gregorio
- Fig. 4.- Proporción de B-Ga, en varios ambientes.
- Fig. 8.- Campo de aparición de la caolinita
- Fig. 9.- Diagrama ternario: Cuarzo, Plagioclasa - Ortoclasa.
- Fig. 10.- Diagrama Ternario: Ortoclasa-Anortoclasa - Albita.
- Fig. 11.- Distribución de la temperatura en un stock de cuarzomonzonita.
- Fig. 12.- Zona de estabilidad del vapor acuoso y líquido para un magma de Cuarzomonzonita.

- Fig. 13.- Modelo de deposición de minerales.
- Fig. 16.- Relación del contenido de Hierro y la Temperatura de cristalización.
- Fig. 17.- Relación sistema S-Fe, con la temperatura y la Presión parcial.
- Fig. 19.- Diagrama Eh/pH para la precipitación de la pirita marcasita y siderita.
- Fig. 21.- Relación entre el Boro y la salinidad del agua marina.
- Fig. 22.- Ciclo Geoquímico de la Plata.
- Fig. 23.- Diagrama de correlación en la zona-central del Perú.  
 a) Diagrama Pb-Ag; b) Diagrama Bi-Ag  
 c) Diagrama In-Cd; d) Diagrama In-Ga
- Fig. 24.- Curvas isovalóricas de leyes a) Veta Perla este-oeste b) veta Málaga-Pagaré.
- Fig. 25.- Isovalores de cocientes metálicos  
 a) Veta Perla Este-Oeste ;  
 b) Veta Málaga-Pagaré.
- Fig. 27.- Diagrama de variación de la Veta Perla este-oeste Nivel Perla.  
 -cantidad de metal.
- Fig. 28.- Diagrama de variación de la veta - Perla este-oeste-Nivel húmeda.  
 cantidad de metal.

Fig. 29.- Diagrama de variación de la veta  
Málaga-Pagaré - Nivel Pagaré.

-cantidad de metal.

Fig. 30.- Diagrama de variación de la veta  
Málaga-Pagaré-Nivel Málaga.

-cantidad de metal.

#### CUÁDROS

Fig. 5.- Columna estratigráfica del dis -  
trito Minero de Cerro de Pasco.

Fig. 6.- Temperatura de formación de mine  
rales.

Fig. 14.- Asociación Geoquímica de Sulfu -  
ros de la primera etapa.

Fig. 15.- Asociación Geoquímica de la mar -  
matita.

Fig. 18.- Asociación geoquímica de sulfu  
ros de la segunda etapa.

Fig. 20.- Asociación geoquímica de sulfosa  
les.

Fig. 26.- Promedio de leyes y cantidad de  
metal de vetas en diferentes ro -  
cas encajonantes.

## PLANOS

1. Plano composito de San Gregorio
2. Plano Geológico local.
3. Sección Longitudinal de la veta Perla E-0 nivel Perla.
4. Sección Longitudinal de la veta Perla E-0, nivel Húmeda.
5. Sección longitudinal de la veta Perla E-0, nivel Manuela.
6. Sección Longitudinal de la veta Málaga-Pagaré, nivel Pagaré.
7. Sección Longitudinal de la veta Málaga-Pagaré, nivel Málaga.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1 INTRODUCCION

El progreso reciente de la Geoquímica se debe a la aplicación en la exploración geológica, mediante la búsqueda de los depósitos minerales, que permite una mejor comprensión de los procesos naturales de la mineralización de los yacimientos a través de la aparición de nuevos métodos e instrumentos de análisis químico. En el presente trabajo se utilizó el método espectrográfico que permite la determinación cualitativo, semicuantitativa y cuantitativa de las muestras de los minerales.

Las vetas de San Gregorio es estudiado bajo el aspecto de la distribución de los elementos del fluido mineralizante, diagramas de variación de leyes y cantidades de metales, isovalores de leyes y de

cocientes metálicos, diagrama de correlación, logaritmos de cocientes metálicos para observar su comportamiento en diferentes ambientes y aproximar la temperatura de deposición.

En base al trabajo de campo, análisis de muestras en el laboratorio de espectrometría y el uso del centro de cómputo de la universidad.

## 1.2 OBJETIVOS Y ALCANCES

Los objetivos del presente trabajo, son en primer lugar determinar las sustancias de interés económico que se encuentra en el yacimiento, en segundo aspecto es profundizar en el estudio de su génesis y finalmente, ver nuevas posibilidades de exploración y prospección.

## 1.3 HISTORIA

Por los alrededores del yacimiento en estudio se han encontrado restos de algunos hornos trabajados por los españoles, antiguamente en dicho lugar la Compañía Minera Cabeza de Toro instaló una planta concentradora.

La primera familia que trabajó en el yacimiento es de Alesio Seville, minero de Cerro de Pasco, domi-

nándose Compañía Minera La Perla Escondida, posteriormente fué transferida, trabajando actualmente con el nombre legal la Sociedad Minera San Gregorio.

#### 1.4 AGRADECIMIENTO

El presente trabajo ha sido posible culminar con el apoyo, las orientaciones y correcciones finales del Ing. Pedro Hugo Tumialán y la Ing. María Jesús Ojeda quienes con su experiencia orientaron al mejor desarrollo de esta investigación.

De igual manera, manifestar mi agradecimiento al Ing. Atilio Mendoza y aquellas personas que de alguna manera hicieron posible culminar este trabajo.

## CAPITULO II

### GEOLOGIA REGIONAL Y LOCAL

#### 2.1 TECTONICA DE LOS ANDES CENTRALES

En estos momentos tenemos muchas teorías que por cierto son fructíferos para dar cuenta globalmente de los fenómenos subactuales y actuales en los Andes del Perú, pero hasta que punto pueden explicar la formación de la cadena andina sobre el continente como por ejemplo:

El modelo cordillerano de Dewey y Bird (1970) no parece aplicable directamente a los Andes Centrales del Perú y Bolivia, la formación de la cordillera está relacionado a la transformación de un margen de tipo atlántico (Brasil) en un margen pacífico (Perú).

En lo que atañe a la deformación andina, la causa de la compresión, según James (1971) para los Andes Centrales es la dilatación crustal debida al magmatismo que experimenta la parte occidental de la cadena, es en respuesta a esta dilatación que se produce un plegamiento más al este.

Megard (1980) presenta su modelo inspirado en la tectónica de placas, que se ciñe más a la Geología. La cadena andina del Perú se caracteriza esquemáticamente por una evolución en dos períodos:

- UN PERIODO DE SEDIMENTACION (100 M.A. de duración) marcado por un magmatismo calco-alcalino coetáneo con la sedimentación y localizado en un arco subparalelo al rumbo actual de la fosa oceánica; los sedimentos, parte marinas, parte continentales, se depositaron dentro de cuencas en distensión que tiene un substrato síalico.
- UN PERIODO DE TECTÓROGENESIS (80 M.A. de duración) y sigue posiblemente en la actualidad. Comprende subperíodos tectogénicos que corresponde a fases de plegamiento (menos de 10 M.A.), y subperíodos erogénicos largos marcados por un levantamiento de las zonas plegadas anteriormente y por un magmatismo

calcoalcalino desde el tríasico medio, y su deposición en arco nos lleva a admitir como James, que un régimen de subducción existe desde esta época en el margen occidental del continente.

En lo que se refiere a la síntesis de los datos de superficie se apoya en todo lo expuesto anteriormente, lo que aparece resumido en la Figura N° 1.

### EVOLUCION DE LA CADENA DE LOS ANDES A LA LATITUD DEL PERU CENTRAL

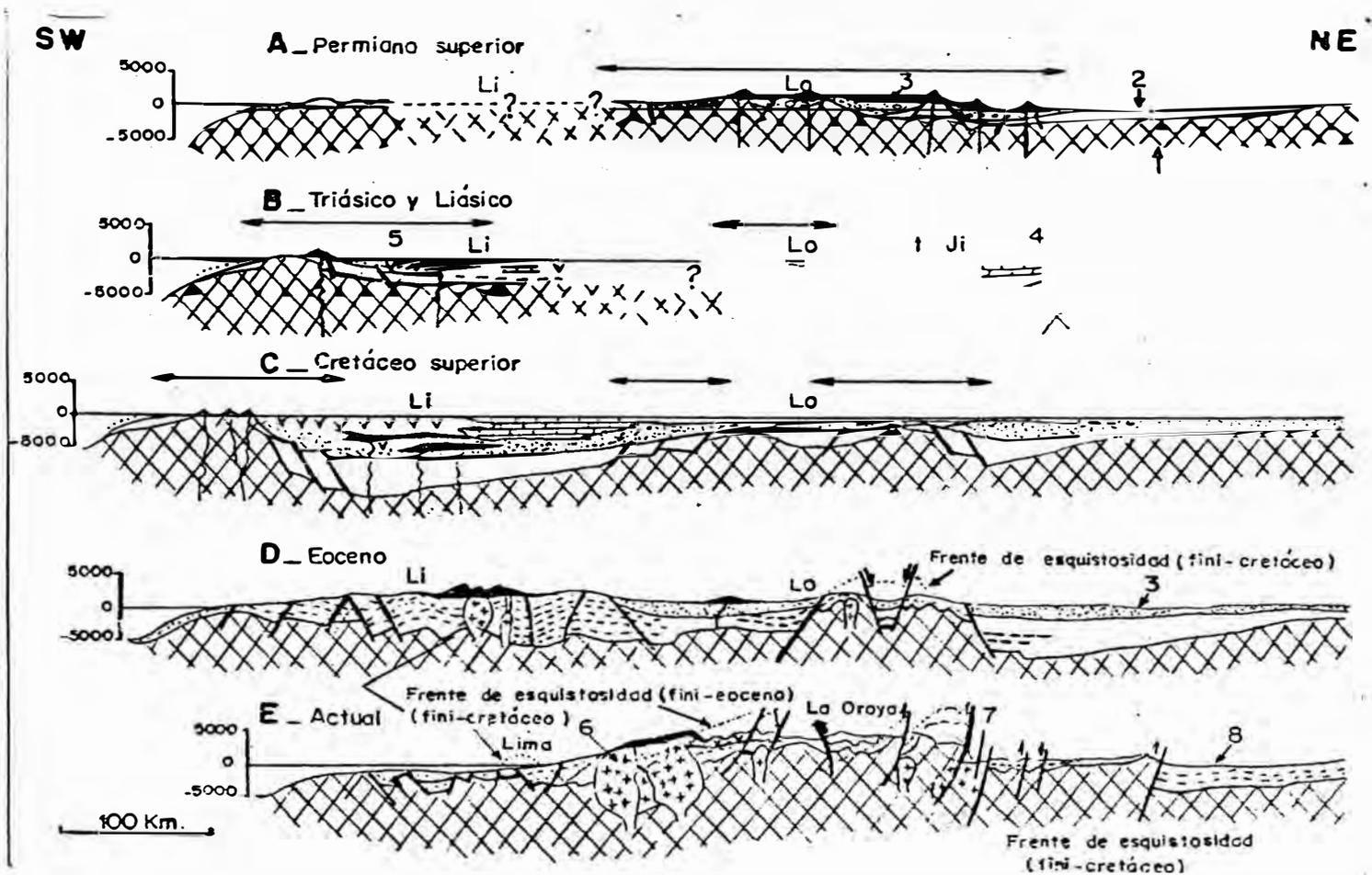


FIGURA N° 1

1.- Substrato precámbrico y hercínico, 2.- Para cada uno de los primeros 5 estadios considerados, con junto de los terrenos andinos de las etapas anteriores. 3.- Series terrígenas, 4.- Series carbonatadas, 5.- Series volcánicas y volcano sedimentarias, 6.- Granitoides andinos, 8.- En el estadio E conjunto de los terrenos andinos. Li = Lima, Lo = La Oroya.

En los Andes del Perú Central donde se encuentra ubicado el yacimiento en estudio, el Paleozoico inferior y medio está fuertemente plegada por la tectogénesis hercínica de edad devoniana superior (o quizás missisipiana inferior), la que está seguida por un magmatismo intrusivo y por una orogénesis marcada.

Contrastando con la precedente, la tectónica tardi hercínica, en el Perú Central, es un episodio de tectónica de ruptura frágil difícil de analizar que afecta al Carbonífero y al Permiano inferior y medio; sin embargo, hay un proceso orogénico fuerte y los relieves así creados dan lugar, al destruirse, a una molasa roja espesa cuya deposición se acompaña de un magmatismo intenso; se trata de Mitu.

## 2.2 SAN GREGORIO DENTRO DEL MARCO METALOGENETICO DEL PERU

La producción de plata en el Perú según A. Benavides (1984) es de 5 grupos de yacimientos (Ver Fig. 2) ubicados relativamente cerca uno del otro y son:

GRUPO A : Cerro de Pasco, Uchucchacua, Huarón, Milpo, Atacocha, Mina Chanca, Colquijirca, Raura, y todos ellos de la franja sedimentaria mesozoica, - excepto Mina Chanca y Huarón en rocas volcánicas - terciarias.

GRUPO B: Casapalca, Morococha, San Cristóbal, Millotingo, Santa Rita, todas ellas de la franja sedimentaria mesozoica a excepción de Casapalca de la franja volcánica terciaria.

GRUPO C: Arcata, Orcopampa, Caylloma. Todas ellas de la franja volcánica Terciaria.

GRUPO D: San Genaro, Caudalosa, Julcani, todas ellas de la franja volcánica Terciaria.

GRUPO E: Cuajone, Toquepala, del batolito de la Costa.

**FIG. 2 8 " LA PLATA EN EL PERU "**  
**SEGUN : A. BENAVIDES ( 1,984 )**



OTRAS como Quiruvilca, Alianza, Cacachara, San Juan de Lucanas de la franja volcánica sedimentaria y Yauricocha, Santa Luisa, Pachapaqui de la franja sedimentaria mesozoica y San Gregorio del Paleozoico-inferior.

En dicho artículo A. Benavides no considera ningún yacimiento en la Cordillera Oriental, precisamente por esta razón presentamos este trabajo para dar a conocer un yacimiento de plata en la Cordillera Oriental con sus características propias. De los 28 yacimientos que se mencionan:

14 yacimientos en rocas volcánicas Terciarias.	- 48.3%
12 yacimientos en la franja sedimentaria mesozoica.	- 41.3%
2 yacimientos en el batolito de la costa.	- 6.8%
1 yacimiento en rocas Paleozoicas	- 4.6%

Lo que significa que el volcánico Terciario es el metalotecto importante de la plata en el Perú.

La producción anual (en millones de onza) de plata de los yacimientos se tiene:

GRUPO A: En la franja sedimentaria mesozoica: Cerro de Pasco (3.8), Uchucchacua (3.0), Milpo (1.8), Atacocha (1.3), Colquijirca (1.1) y Raura (1.0) representa el 26%.

En las rocas volcánicas del Terciario: Huarón (1.8) y Mina Chanca (0.5) tenemos el 4.9%. En este grupo en total tenemos el 30.9% de producción anual.

GRUPO B: En la franja sedimentaria Mesozoica, tenemos a Morococna (2.3), San Cristóbal (1.6), Millitingo (1.1) Santa Rita (0.7) y representa el 12.4%. En la franja volcánica Terciaria tenemos a Casapallca (4.0) y en total representa el 21%.

GRUPO C: En la franja volcánica Terciaria: Arcata (3.0), Orcopampa (2.4) y Caylloma (1.4) y representa el 16.9%.

GRUPO D: En la franja volcánica Terciario: San Genaro (1.3), Causalosa (1.2) y Julcani (1.7) y representa el 9.1%.

GRUPO E: En el batolito de la Costa tenemos: Cuajone (1.3) y Toquepala (1.0) y representa el 4.9%.

OTROS: En la franja volcánica sedimentaria: Quiru-

vilca (2.0), Alianza (1.5) Cacachara (0.7) y San Juan de Lucanas (0.7) y representa el 10.6%.

En la franja sedimentaria Mesozoica: Yauricocha (1.4), Santa Luisa (1.1) y Pachapaqui (0.4) y representa el 6.2%.

En rocas del Paleozoico inferior: San Gregorio (0.18) y representa el 0.4%.

Si observamos el mapa metalogénico tenemos:

21 Yacimientos en la parte central del Perú	72.4%
7 Yacimientos en la parte Sur del Perú	24.0%
1 Yacimiento en la parte Norte del Perú	3.6%

Esto indica que la zona central de la Cordillera de los Andes del Perú el mayor productor de plata.

En el mismo artículo expresa:

Yacimientos polimetálicos dan el	59.2%
Yacimientos de plata propiamente dicho representa el	35.7%
Yacimientos de Cobre porfiríticos representa el	5.1%

De la lista de referencia los yacimientos argentíferos propiamente dichos son:

GRUPO B : Millotingo

GRUPO C : Arcata, Orcopampa y Caylloma

GRUPO D : San Genaro

OTROS        San Juan de Lucanas y San Gregorio.

La edad radiométrica de los intrusivos de las minas de plata que se ubican en los volcánicos Terciarios, en la franja sedimentaria mesozoica son más jóvenes que 20 millones de años o sea que la época metalogenética de la mineralización de la plata en ambas franjas son del Terciario Superior. La plata que proviene del batolito de la Costa son del Terciario inferior al Cretáceo Superior.

Consideramos que San Gregorio se encuentra en la Cordillera Oriental que corresponde al Terciario Superior. Por lo tanto, la época metalogénica importante en el Perú es del Terciario Superior.

W.C. Lacy, reporta que las rocas ígneas que han dado lugar a la mineralización son de composición intermedia ésto es la Monzonita, monzonita cuarcífera, dacita, etc.. La mineralización de Plata en San Gregorio proviene de las soluciones residuales de rocas Cuarzomonzoníticas

Los yacimientos argentíferos están relacionados a pequeños intrusivos no más de 3 km. de diámetro, y al tipo de intrusiones que es subvolcánico o hipobasáltico. En San Gregorio el afloramiento de la monzonita y la diorita es menor de 0.01 km. de diámetro, lo cual nos indica que la mineralización de la plata está ligada a un intrusivo subvolcánico y de pequeño volumen.

Mineralógicamente, las minas de plata podemos dividirlo como parte de yacimientos polimetálicos, con enargita y/o galena y blenda y aquellos en los que los minerales de plata son los más abundantes. Dentro de los yacimientos polimetálicos estarían Casapalca, Morococha, Huarón, Quiruvilca, Milpo, Julcaní, San Cristóbal, Alianza, Yauricocha, Atacocha, Caudalosa, Santa Luisa, Santa Rita, Colquijirca y Raura.

Del primer subgrupo la plata proviene de la galena, sulfosales, sulfuros plata y tetraedrita.

P. Tumialán (1983) reportó que en la mayoría de las minas polimetálicas la plata se halla en profundidad.

Dentro del segundo subgrupo se incluiría a :Uchu-

cchacua, Arcata., Orcopampa, Cailloma, San Genaro Millotingo, Cacachara, Chanca, San Juan de Luanas y San Gregorio.

Del segundo subgrupo se tiene las sulfosales de plata y los sulfuros de plata que se encuentran dentro del zonamiento, ésto se halla cerca de la superficie.

La ganga consiste generalmente de cuarzo, baritina, siderita y pirita. Hay baritina con plata en Colorado (Hualgayoc), cuarzo grisáceo en la mayoría de las minas de plata (no se ve la mineralización de plata).

Hay muchas minas con pirita argentífera en las minas de Hualgayoc, en la veta Anita de Huinac en la Cordillera Negra (Ancash), la siderita es la ganga importante de San Gregorio.

Minerales de Manganeso, acompaña a yacimientos de plata entre ellos la alabandita en Uchucchacua, rodrosita, y rodonita en muchas minas de plata en el Perú.

Los yacimientos de plata pueden ser: filoneanos, tipo manto, en cuerpos irregulares están los yaci

mientos tipo skarn, y los cuerpos entrecruzados formados de venillas y cuerpos brechosos. Yacimiento tipo skarn: Milpo, Morococha, Atacocha, Raura; con vetillas cruzadas: Uchucchacua, Yauricocha; como cuerpos gigantes tenemos a Cerro de Pasco.

Yacimiento tipo manto: Colquijirca, San Cristóbal Huanzalá, en donde la génesis del tipo singenético va adquiriendo mucha fuerza.

La gran mayoría de yacimientos de plata son filonianos, incluyendo San Gregorio.

#### CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE PLATA SEGUN LA POSICION ESTRATIGRAFICA DE SUS CAJAS

##### a. Yacimientos en rocas volcánicas Terciarias:

a.1.- Yacimientos relacionados a un proceso volcánico y a un intrusivo como : Julcani, Quiruvilca, Caylloma, Alianza, Castrovirreyna, Caudalosa Grande, San Genaro y otros.

a.2.- Yacimientos en capas volcánicas cuyo cuerpo ígneo no se conoce, que es la gran mayoría de las minas.

b. Yacimientos en rocas calcáreas Mesozoicas y Terciarias:

Cerro de Pasco, Morococha, Milpo, San Cristóbal, Atacocha, Colquijirca, Yauricocha, Raura y Uchucchacua.

Yacimientos en Calizas del Triásico-Jurásico y en los volcánicos Catalina del Pérmico, tenemos a Cerro de Pasco, Colquijirca, Milpo, Morococha y San Cristóbal.

En la Caliza de la formación Jumasha del Cretáceo medio a Superior tenemos a : Uchucchacua, Raura y Yauricocha.

Las minas del Triásico y Jurásico son principalmente minas de plomo y zinc, en las minas de la formación Jumasha, predomina los sulfosales de plata, tetraedrita y chalcopirita.

c. Yacimientos en rocas sedimentarias no calcáreas Mesozoicas y Terciarias, incluiremos en este grupo a : Casapalca y Huarón, de vetas de gran longitud, escasa potencia. Son mayormente filonéanos y de gran buzamiento siendo los principales minerales la galena, blenda, chalcopirita, pirita, cuarzo y calcita.

d. Yacimiento en rocas del Paleozoico, es el caso de San Gregorio con sulfosales de plata y sus principales minerales es la marmatita, pirita, pirrotita, galena, estibina y siderita, con escasa potencia y se encuentra en la formación Excelsior.

### 2.3 UBICACION Y ACCESO

El yacimiento de plata de San Gregorio, se encuentra ubicado en el distrito minero de Santa Ana de Tusi, provincia de Daniel Alcides Carrión, departamento de Cerro de Pasco (Ver Figura 3), con coordenadas geográficas:

Longitud      76°30' Oeste

Latitud        10°30' Sur

El acceso por carretera desde Lima, se puede dividir en varios tramos:

Lima - Cerro de Pasco            316 km.

Cerro de Pasco - Goyllar        35 Km.

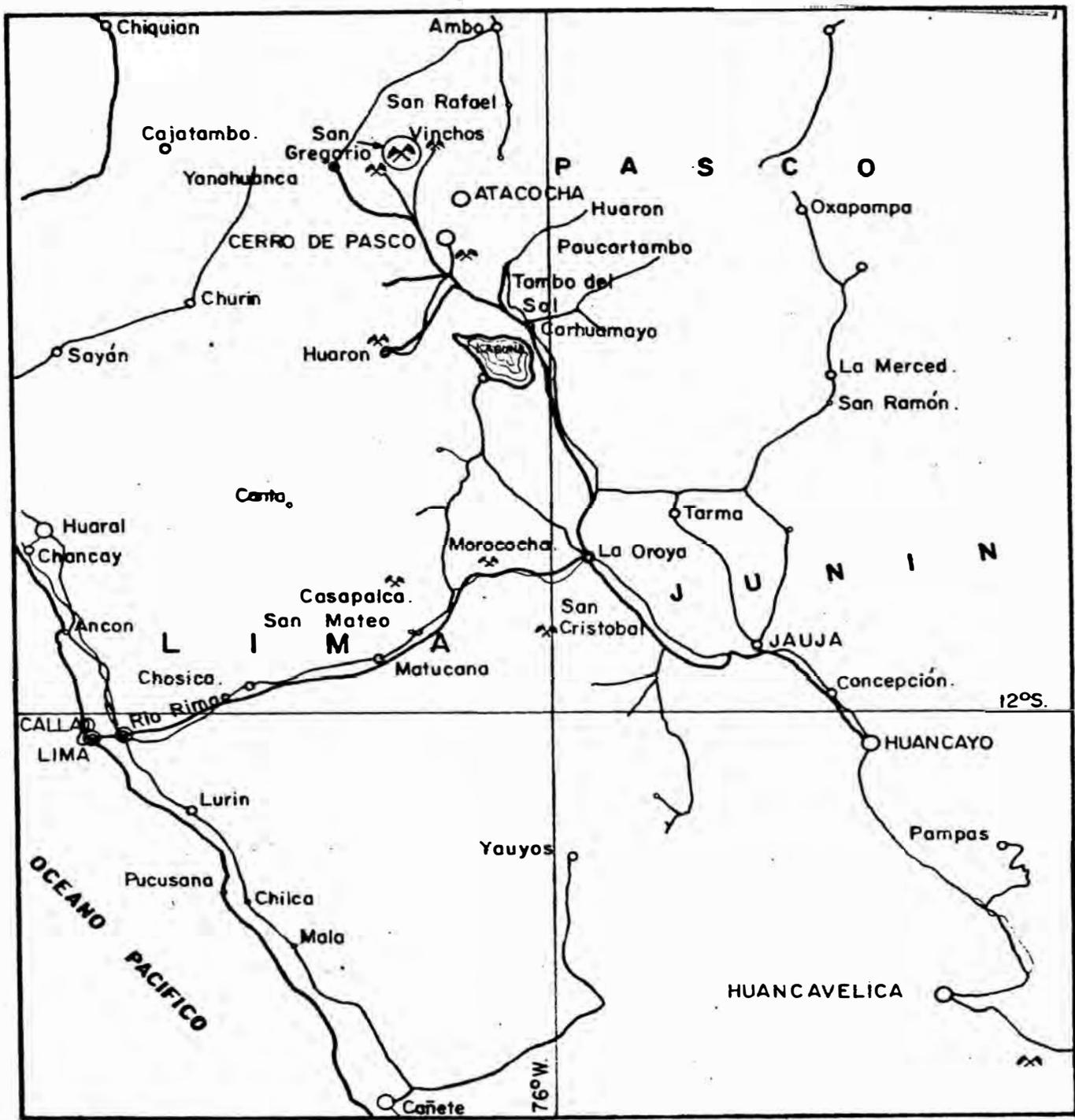
Goyllar - La Mina                12 Km.

TOTAL:                            363 Km.

### 2.4 FISIOGRAFIA

El depósito se encuentra en una depresión en forma de "U" de origen glaciar, a 4300 m.s.n.m. (Región-

FIG. 3 : " PLANO DE UBICACION Y ACCESO "  
 MINA SAN GREGORIO



Puna), la precipitación actual fluctúa entre 400 a 1000 mm (media anual), la temperatura media anual es de 7°C a 0°C. Cuya vegetación son las gramíneas (ichu).

Al sur del Cerro Jogochuccho se encuentra la estructura mineralizada: Perla, Perla Oeste, Manuela, Húmeda y Rahuaytanga. La Perla continúa hacia el Norte hasta la quebrada de Ranra, inclusive atraviesa Ranra, recibiendo otros nombres como Sánchez Mina, Mina Vicuña y Picota.

## 2.5 PETROGRAFIA

En esta zona, al este hay presencia de arenisca hacia el Centro y oeste hay una secuencia de horizontes de pizarra negra y gris, a manera de stocks en pequeñas áreas tenemos la Diorita y la Cuarzomonzonita.

PIZARRA.- Es una roca metamórfica, se presenta en estratificaciones y granulometría fina. La pizarra negra a carbonosa se ha formado en su inicio por la presencia de materia orgánica y material arcilloso en un ambiente marino, en cambio la pizarra gris -- tiene el mismo origen, pero no se ha depositado material orgánico y son más consistentes.

ARENISCA.- Son rocas sedimentarias, constituidas por estratos más gruesos, con granos de cuarzo, feldespato y máficos, pudiendo denominarse arcosa. Estas rocas son de origen continental y se observa un ligero metamorfismo regional.

DIORITA.- Se observa una textura equigranular conformados por plagioclasas, hornblendas, sin cuarzo con signos de alteración cerca a la estructura mineralizada. Es de origen magmático del tipo stock, según los rasgos geológicos no es responsable de la mineralización.

CUARZOMONZONITA.- Su textura es equigranular cuya composición es : cuarzo, plagioclasa en igual proporción que la ortosa, se observa pocos minerales máficos presentan mayor alteración hipógena cerca a la estructura mineralizada, su origen es magmático. Además es causante de la mineralización de este yacimiento.

## 2.6 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Toda esta zona con excepción de Azulmina, se halla más plegado y tiene cambios locales de rumbo y buzamiento, pero en general el rumbo de las pizarras es hacia el NW y su buzamiento promedio es hacia el SW.

Con respecto al sistema de fallamiento tan sólo debemos indicar las fallas preminerales, los cuales se han mineralizado. En cambio, las fallas post-minerales serían de reactivación de las fallas preminerales de menor importancia.

La falla Perla es una excepción a lo expresado casi paralelo a las vetas Perla este-oeste. Los intrusivos están en forma de stocks cuya sección horizontal aumenta ligeramente a mayor profundidad.

## 2.7 ESTRATIGRAFIA

Las rocas existentes en esta zona corresponde a la formación Excelsior (D.M. McLaughlin 1924) cuya columna estratigráfica local es la siguiente: En la base tenemos la arenisca; con intercalaciones de pizarra gris y negra hacia el oeste intruído este paquete por la diorita (terciario superior) y cuarzomonzonita más joven ver la estratigrafía del distrito minero de Cerro de Pasco. (Cuadro 5).

Referencias de G. Steinmann (1929) sobre la presencia del Devoniano en el valle de Yanahuanca, parecen ahora dudosas, pues las areniscas y esquistos pizarrosos "devonianos" localizados por Steinmann al noreste de Viroy contienen en su base residuo de plantas análogas al del Missisipiano.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL DISTRITO MINERO CERRO DE PASCO

ERAS	SIS-TEMAS	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	DESCRIPCION LITOLOGICA	POTENT. (mts.)
CENOZOICO	CUATERNARIA	Depósitos fluvioglaciares	Morrenas y depósitos fluvioglaciares asociados con materiales aluviales y lacustres.	
	TERCIARIO	Diques de pórfido Monzonítico Cuar-cífero Albitizado	Pórfido monzonítico cuarcífero albitizado con feo- cristales de ortoclasa, plagioclasa y cuarzo.	
		Pórfido Monzonítico Cuar-cífero Ce- rro de Pasco	Pórfido gris-claro con fenocristales grandes de or- toclasas menores y abundantes de cuarzo y biotita.	
		Aglomerado Rumiallana	Aglomerado gris oscuro formado por fragmentos de - lutitas, cuarcitas, calizas, fragmental lourdes y pórfidos en matriz fina de material volcánico y par- tículas finas de rocas más antiguas.	
		Fragmental Lourdes	Roca gris-claro constituída de fragmentos silíceos y de monzonita en matriz volcánica; de apariencia por- forítica.	305
MESOZOICO	FORMACION POCOBAMBA	Miembro-Calera	Interestratificación de lutitas y areniscas rojas con capas delgadas de caliza gris-claro.	260-70
		Conglomerado Shuco	Bloques angulares a subangulares calcáreas de tama- ño variado en matriz fina calcárea.	30-15
		Miembro inferior	Lutitas y areniscas verde-gris intercaladas con - margas y lutitas rojizas.	300-30
	GRUPO MA- CHAY	Formación Jumacha	Discordancia Angular	?
		Formación Pariatambo	Calizas y dolomitas gris-amarillentas	?
		Formación Chulec	Calizas, calizas dolomíticas, margas y lutitas - gris-oscuros.	?
	GRUPO GOY- LLARISQUIZ- CA		Calizas y dolomitas gris-amarillentas	
GRUPO PU- CARA	Formación Paria	Areniscas bruno amarillento con intercalaciones de lutitas negras y carbón	?	
	Form. Uliachin.	Discordancia Angular		
PALEOZOICO	GRUPO MITU	Depósitos Continenciales	Capas potentes y delgadas de calizas grises inter- caladas con algunas capas delgadas de lutitas ne- gras	200-29
	GRUPO EXCELSIOR		Lutitas rojas y amarillas con intercalaciones de - calizas amarillentas con chert.	?
PALEOZOICO	GRUPO MITU	Depósitos Continenciales	Discordancia Angular	
	GRUPO EXCELSIOR		Conglomerado forrado por fragmentos de cuarcitas, lu- titas y cuarzo, cementadas por arena rojiza, con in- tercalaciones de areniscas y cuarcitas rojo-ladrillo	50-30
PALEOZOICO	GRUPO EXCELSIOR		Discordancia Angular	
PALEOZOICO	GRUPO EXCELSIOR		Lutitas, filitas de color gris-negro a gris-verde, cuarcitas gris claro y esquistos cloríticos	800-100

(Según Geólogos de la Cerro de Pasco, 1953)

En conclusión, la incógnita pesa aún sobre la estratigrafía del Paleozoico inferior y medio del Perú Central, 60 años después que Mclaughlin identificó y bautizó como el grupo Excelsior permitiendo plantear los problemas de su Paleografía y no resolverlo (Megard 1980).

## 2.8 GEOLOGIA HISTORIA

Las rocas estratificadas se depositaron en un ambiente acuoso, cerca a la costa y las areniscas en un ambiente continental en el Devónico-Silúrico. Posteriormente, esta deposición continental marina se depositaron sedimentos del Paleozoico inferior-medio y superior que han sido totalmente erosionado en esta zona por esta razón, no se observa.

La zona se ha levantado hasta la cota actual con fenómenos de tectonismo y erosión subsiguientes desde el tectonismo eohercínico hasta el Terciario. A fines del Terciario hay un proceso de emplazamiento de la cuarzomonzonita y subsiguiente a ello el proceso de la mineralización. El proceso de erosión y la formación de la morfología actual se tuvo durante la época del Terciario superior al cuaternario.

CAPITULO III  
GEOLOGIA ECONOMICA

3.1 MINERALOGIA

En el estudio mineralógico observamos que tiene en orden de mayor a menor abundancia:

NOMBRE	FORMULA	NOMBRE	FORMULA
- Marmatita	ZnFeS	-Jamesonita	$S_{14}Sb_6Pb_4Fe$
- Pirita	FeS <sub>2</sub>	-Chalcopyrita	CuFeS <sub>2</sub>
- Pirrotita	Fe <sub>1-x</sub> S	-Siderita	FeCO <sub>3</sub>
- Galena	PbS	-Estibina	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
- Marcasita	FeS <sub>2</sub>	-SFS de Plata	

Debemos agregar la identificación microscópica de:

- Bornita	Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub>
- Cubanita	CuFe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
- Estannita	Cu <sub>2</sub> FeSnS <sub>4</sub>
- Tetraedrita	(Cu,Ag) <sub>10</sub> (Fe,Zn) <sub>2</sub> (Sb,As) <sub>4</sub> S <sub>13</sub>

- Arsenopirita       $AsFeS$
- Calcita             $CaCO_3$
- Cuarzo             $SiO_2$

La mineralogía es un caso especial para este yacimiento ya que tenemos mezclados minerales de alta, mediana y baja temperatura. Ver cuadro 6.

#### CUADRO N° 6

##### TEMPERATURA DE FORMACION DE MINERALES

ALTA TEMPERATURA > 500°C	MEDIANA TEMPERATURA < 500°C	BAJA TEMPERATURA. < 250°C
Pirrotita	Tetraedrita	Estibina
Marmatita	Estannita	Jamesonita
Chalcopyrita	Bornita	Siderita
Arsenopirita	Marcasita	Polibasita

### 3.2 GENESIS

A. Benavides expresa la presencia de yacimientos - argentíferos en rocas Paleozoicas "Hay un buen número de yacimientos que se presentan en las cercanías de rocas antiguas, tal es el caso de Cerro de

Pasco, Morococha, San Cristóbal, Julcani, donde alforan rocas del Paleozoico en contacto discordante con rocas mesozoicas o terciarias mientras que en otros, estas rocas están enteramente ausentes".

El autor parece indicar que las rocas del Paleozoico son áreas positivas en el fondo del geosinclinal de los Andes, con presencia de grandes fallas geológicas antes del levantamiento de los Andes, que fueron los canales importantes para el ascenso de los stocks magmáticos cuyas soluciones residuales dieron origen a los yacimientos de plata.

Esta suposición tiene importancia en la mineralización de la plata en San Gregorio dado que se encuentra en las rocas del Paleozoico, relacionado a dos fallas de gran longitud, en una de ellas se emplaza un stock de cuarzo monzonita y diorita causante de la mineralización de la plata. En este caso la roca encajonante es la Pizarra negra, gris y la arenisca de la formación Excelsior, con la peculiaridad que tiene minerales de alta, media y baja temperatura.

### 3.3 TEXTURA

La pizarra negra y gris es reacia a un reemplazamiento y es un poco difícil observar una estructura brechada como resultados de los fallamientos.

La mineralización en sentido vertical y horizontal de estas soluciones han producido cuerpos de mineralización reemplazando a las pizarras con una textura de reemplazamiento, luego de la primera época de la mineralización (menor temperatura y presión) viene una textura de relleno. Observamos la textura posterior a la mineralización de material molido en forma de panizo cerca a las cajas con minerales de plata.

En San Gregorio, la marmatita tiene microfacturas con relleno de Jamesonita, la textura de reemplazamiento es íntimo, la textura de crustificación con una subsiguiente telescopización no es muy notorio en este yacimiento. Se observa brechamiento con textura clara de relleno o sea que el flujo de menor temperatura se emplazó por reapertura de la estructura posterior al emplazamiento de los minerales de alta temperatura.

### 3.4 SECUENCIA PARAGENETICA

Estos depósitos tienen una secuencia paragenética confusa ya que minerales de alta temperatura se hallan con minerales de baja temperatura.

El estudio de las muestras indican que corresponden a la zona primaria de una mineralización hidrotermal que aparentemente se ha desarrollado en 4 etapas principales, indicando de mayor a menor temperatura:

ETAPA I : Está constituido por la deposición de un conjunto de sulfuros de variada composición que incluye la arsenopirita, pirrotita, esfalerita, galena, chalcopirita y cobre gris, con cantidades subordinadas de estannita, cubanita y mackinawita; nos indica que dicha mineralización debe corresponder a una deposición de alta temperatura.

ETAPA II : Corresponde a una mineralización de pirita y marcasita.

ETAPA III: Corresponde a una deposición de carbonatos que atacan intensamente a los minerales metálicos en especial a la galena.

ETAPA IV : Se produce la deposición de sulfuro de plomo (del tipo Jamesonita).

Junto con los minerales de zinc se observa los minerales de plomo, plata, antimonio y cobre es decir, minerales que se depositan a alta, mediana y baja temperatura, ver cuadro N° 7.

#### SECUENCIA PARAGENÉTICA

MINERALES	TIEMPO →			
	1a. ETAPA	2a. ETAPA	3a. ETAPA	4a. ETAPA
ARSENOPIRITA	—			
ESFALERITA	—			
PIRROTITA	—			
CHALCOPIRITA	—			
ESTANNITA	—			
GALENA	—			
COBRE GRIS	—			
SFS. DE PLATA	—			
PIRITA		—		
MARCASITA		—		
CARBONATOS			—	
JAMESONITA				—

De acuerdo a este estudio mineragráfico nos valemos para decir que la primera etapa corresponde a una mineralización de la arsenopirita, esfalerita pirrotita, chalcopirita, correspondiente a una de posición de alta temperatura (Meso-Hipotermal) y a fines de esta etapa se deposita la galena y cobre gris, esta característica de la primera etapa de mineralización corresponde a Manuela, Húmeda y Perla.

La segunda, corresponde al emplazamiento de Pirita y Marcasita completando a rellenar cavidades y estructuras restantes casi acompañados con la tercera etapa de Carbonatos con ausencia de sulfuros de Pb, Ag, y Zn.

La cuarta etapa es probable que haya sido la más importante debido a que las soluciones mineralizantes eran todavía ricos en iones de Ag, Pb, Zn, Fe, Cu, Sb, etc., pero ya operando a baja temperatura, llegando a formar Jamesonita reemplazando al Cobre gris en diferentes estructuras que se encuentra a la misma cota pero con reemplazamiento de la primera etapa.

### 3.5 ZONAMIENTO

Sabemos que el zonamiento es función directa de la secuencia paragenética, y está en relación directa de la temperatura, también de la proporción de los iones metálicos entre sí o sea en función de sus cocientes metálicos.

Los valores que se obtienen a la aplicación de los cocientes metálicos debe sujetarse a los resultados del zonamiento hallados mediante el método de los logaritmos de estos cocientes. Los mayores valores del coeficiente de correlación del logaritmo de los cocientes metálicos están alineados (Ver Cuadro VII).

El zonamiento hallado por el logaritmo de los cocientes metálicos de mayor a menor temperatura tenemos : Ag, Sn, Cu, Sb, As y Zn.

En este yacimiento, el zonamiento no se encuentra en relación directa de la secuencia paragenética (Ver cuadro 7) y el logaritmo de los cocientes metálicos. En un yacimiento del tipo xenotermal no presentan estas relaciones directas.

### 3.6 LONGITUD DEL AFLORAMIENTO

La longitud del afloramiento está en función de la longitud de fallamiento o sea que depende del aspecto tectónico y estructural de la zona.

En el distrito se produjeron fallas considerables por las grandes fuerzas tectónicas con ciertas características. A pesar que las pizarras Excel<sub>sior</sub> son rocas incompetentes no se fallan pero se pliegan.

La longitud de las fallas preminerales varían de 400 a 100 m. y en sentido vertical posiblemente sea mayor de 500 m., para llegar al foco mineralizador.

Al norte de la veta Rahuaytanga Manuela al sur y al norte de la veta Perla, se observa que ciertas fallas preminerales, terminan bruscamente en sentido horizontal, y si uno continúa según el mismo rumbo encontrará la continuación de la falla premineral, no podemos considerarlo como falla en echelón sino como fallas colineales, teniendo en este caso el comienzo y el fin de fallas preminerales colineales.

### 3.7 PROFUNDIZACION

Para cada veta debe hallarse el fondo mineralógico el cual se puede predecir con el análisis espectrográfico, la veta Perla, la distancia vertical trabajada es de 80 m., la veta este-oeste la distancia vertical trabajada es 100 m. y la veta Málaga-Pagaré es de 150 m. de distancia vertical-trabajado.

### 3.8 ALTERACION HIPOGENA DE LAS CAJAS

En la cuarzomonzonita se observa la alteración potásica, al producirse la metalización de la solución mineralizante fué rico en fierro y calcio que se combinaron entre sí para producir los minerales de relleno de las vetas sin intercambio iónico de las cajas.

Antes de la época de metalización, la solución mineralizante fué excesivamente rica en agua supercalentada a una temperatura encima de 200°C que emanaron a manera de gases que al ponerse en contacto con las cajas produjeron una intensa caolinitización y sericitización.

La potencia de alteración oscila de 10 a 15 cm. por que las pizarras son muy impermeables y no -

hay mucha difusión.

La alteración hipógena de este yacimiento tiene alteración de alta temperatura y de baja temperatura, además dichas alteraciones están superpuestas.

Se ha comprobado experimentalmente que en un medio ácido de  $\text{pH} = 4$  y que cumpla con la relación  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 2/1$ , aparece la caolinita. Esta relación igual se encuentra en la fórmula de este mineral. Siendo el  $\text{pH} = 4.8$  de la roca encajonante (cuarzomonzonita). Ver figura 8.

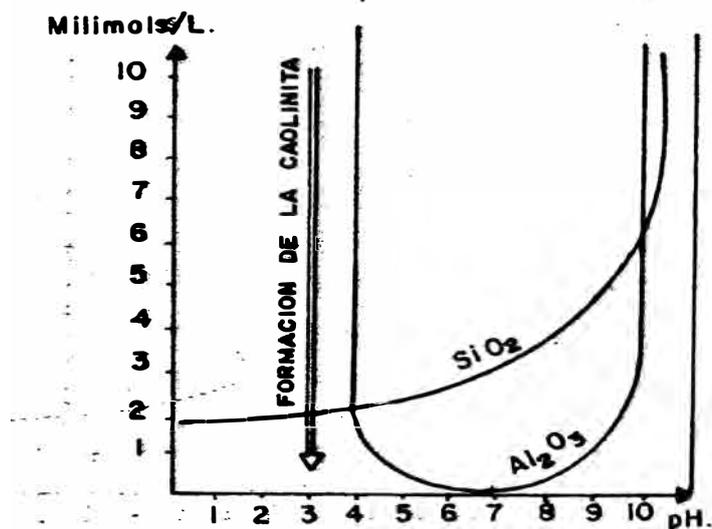
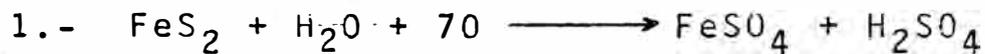


Figura 8 . Solubilidad del  $\text{SiO}_2$  y el  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en función del pH. Campos de aparición de la Caolinita. (Masson 1966)

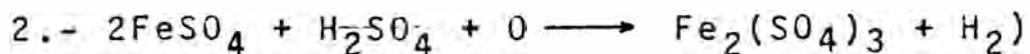
### 3.9 ALTERACION SUPERGENEA DE LOS MINERALES

En superficie la pirita, marcasita, darán una leve limonitización. Se ha demostrado que los sulfuros de Hierro son de gran importancia en promover la descomposición y el enriquecimiento de los depósitos supergénos.

Por los experimentos de H.S. Buchler y V.H. Gottschalk, se ha llegado a conocer por la siguiente ecuación y expresa la reacción que tiene lugar cuando se descompone la pirita:



Este sulfato ferroso formado en presencia del ácido sulfúrico y oxígeno adicional puede reaccionar como sigue: Para formar sulfato férrico que es un agente oxidante muy poderoso:



El sulfato férrico también puede ser formado por agua oxigenada, de ahí que:



Algo del sulfato férrico a través de la hidrólisis es convertido en hidróxido férrico:



Finalmente, este hidróxido férrico daría LIMONITA que como se observa no es un mineral simple con composición definida.

Estas ecuaciones muestran que la composición de la pirita y marcasita produce sulfato férrico y ácido sulfúrico y de ahí que provee importantes solventes para otros constituyentes.

La estibina, galena, siderita y jamesonita son minerales estables en la superficie, es decir no tiene rasgos de oxidación, los minerales de plata deben ser también estables porque a la poca oxidación que hubo fué erosionado por el exceso de lluvia y el proceso glacial. En resumen, la alteración supérgena de minerales tiene poca importancia con este yacimiento.

### 3.10 TIPO DE YACIMIENTO

Es un yacimiento de alcance xenotermal (alta temperatura y baja presión). La formación Excelsior en San Gregorio se expuso a la superficie luego del gran levantamiento (Cretáceo Superior - Terciario) se erosionó, bajo esta forma la posición espacial de las rocas del Paleozoicas y cumple con la condición de tener poca sobrecarga (baja presión) y descenso rápido de la temperatura para formar el yacimiento cerca a la superficie.

Es un yacimiento filoneano por el relleno de fallas preminerales. Es un yacimiento epigenético por mineralizar después de la formación de las rocas encajonantes.

Es un yacimiento primario e hipógeno por ser el resultado de la mineralización de soluciones calientes de origen magmático.

En el Perú, no se compara a ningún yacimiento de plata, por lo que consideramos que este yacimiento es un aporte a la Geología Económica del Perú.

### 3.11 CONTROLES DE MINERALIZACION

#### 3.11.1 Control Fisiográfico

La estructura mineralizada está formada - por una serie de cuerpos mineralizados de plata con partes estériles; además, los - cuerpos mineralizados están formados por sulfuros erosionables, siendo el cuarzo - resistente a la erosión. Además, se tie- ne que la cantidad de pirita, marcasita, pirrotita y chalcopirita se hallan en muy pequeñas cantidades en superficie.

Por lo expuesto, la cantidad de limonita en superficie será mínima que nos dará - indicios a simple vista en superficie al explorarlos los pequeños cuerpos espaciaa dos horizontalmente, son erosionados y cuu biertos por el material de desintegración de las pizarras.

#### 3.11.2 Control Mineralógico

Cualquier mineral, ya sea la estibina, jau mesonita, marmatita y siderita son todos ellos gufas de mineralización porque con ellos estará la galena y el mineral de - plata. El conjunto de minerales del ya-

cimiento conducen a la mineralización de la plata. Pero si uno ve estibina y jame sonita, indican mejores leyes de plata, pero si hay aumento de pirita disminuye las leyes de plata.

### 3.11.3 Control estratigráfico

Estas vetas están en la pizarra negra y gris de la formación Excelsior que por lo general, no son buenas receptoras de mineral de este yacimiento. Por el momento, tomemos como un control estratigráfico dentro de una longitud de 2km. ésto conduce a afirmar que posiblemente dentro de este distrito las vetas serán de plata con las asociaciones de antimonio, plomo o de zinc, en este yacimiento.

### 3.11.4 Control litológico

La cuarzomonzonita ofrece mayores posibilidades de mineralización de igual manera la pizarra gris, en cambio la pizarra negra es un control negativo, salvo que las pizarras negras tengan cuerpos cerca al contacto con la pizarra gris. La presencia de materia orgánica en la pizarra negra no ofrecen reacciones favorables al -

paso de las soluciones mineralizantes para formar los cuerpos mineralizados.

#### 3.11.5 Control estructural

En la intersección de las vetas hay mineral. Todo los cuerpos son explotables. - Cuando una veta termina si se explora en la misma dirección se ubicará la continuación de otras vetas. Es común los buzos con lazos simoides en sentido horizontal y vertical, cuando la veta es más parada, es más ancho y con mayor ley de plata por ser la veta una falla normal, las vetas son sinextrales.

## CAPITULO IV

### GEOQUIMICA

#### DIFERENCIACION DE LAS ROCAS IGNEAS EN EL PERU CENTRAL Y SU RELACION CON SAN GREGORIO

El estudio de la petrología según Lacy (1953) en la región Central del Perú deja entrever un proceso uniforme de actividad ígnea y deposición metálica. Le reconocen en general, dos fases de actividad ígnea Terciaria: (1) Una fase preliminar explosiva (2) una segunda fase intrusiva calmada que puede haberse prolongado hasta después de haber terminado el período de mineralización sulfurosa y que cubre la gama de la diorita cuarcífera, granodiorita, monzonita cuarcífera, monzonita cuarcífera rica en soda, además de cambios texturales y mineralógicos.

Parece que las soluciones metálicas se hubieran colado durante la fase monzonita cuarcífera, siguiendo

las zonas de debilidad estructural "la fase explosiva no se presenta en todos los depósitos. La segunda fase es muy tranquila, Lacy encontró que las variedades máficas aparecen primero y después las rocas ricas en sodio, pero éstas fueron seguidas en algunos casos todavía por dikes basálticos. Lacy trazó en los dos diagramas triangulares: Cuarzo-Ortoclase-Plagioclase y Ortoclase-Albita-Anortita, las diversas composiciones de las rocas donde se incluye la composición (Ver cuadro I ) de la cuarzomonzonita de San Gregorio. El primer diagrama (Fig. 9) evidencia que las rocas más ricas en feldespatos potásicos tienden a ser más cuarzosas que las que consisten predominantemente de plagioclase. El segundo diagrama (Fig. 10) demuestra que la componente de anortita en las plagioclases es  $An_{40-60}$ , cuando la ortoclase es escasa y que las plagioclases son albiticas cuando las rocas son ricas en ortoclase (en este caso serían la granodiorita y la cuarzomonzonita).

Se cree que el proceso de diferenciación y mineralización duro en la región central desde la época Miocénica media a superior (18 a 6 M.A.) donde se generaron yacimientos de filiación ígneo-hidrotermal (Vidal 1983). Las dataciones radiométricas disponibles actualmente demuestran la validez de ciclo volcánico a escala regional (McKee & Noble, 1982).

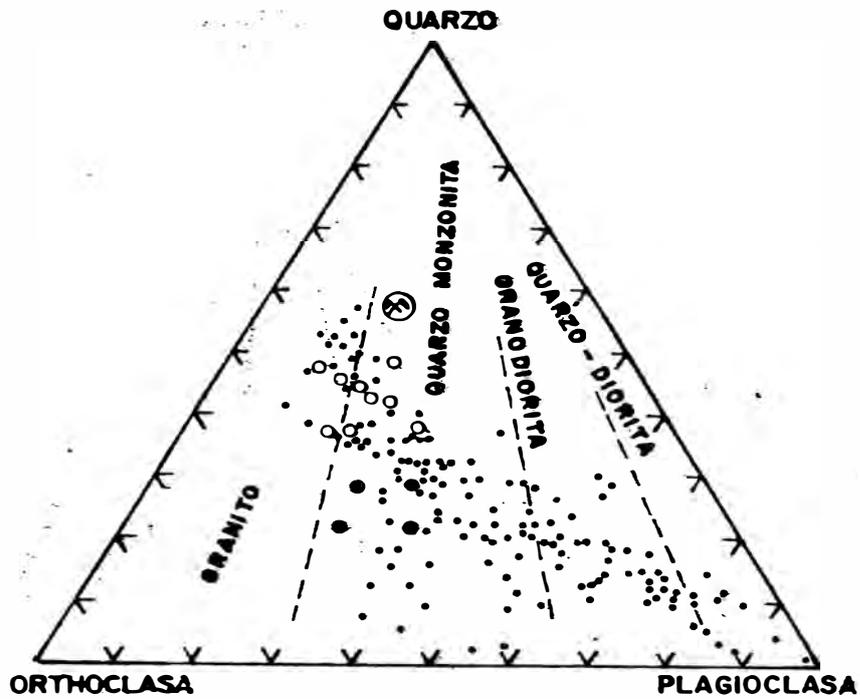


Figura 9.- DIAGRAMA TERNARIO, Cuarzo-Plagioclasa Ortoclasa, muestra tendencia de la variación - composicional en las rocas ígneas del Perú Central (Según Lacy, 1953).



Figura 10.- DIAGRAMA TERNARIO, Ortoclasa-Anortita-Albita, muestra la tendencia de la variación composicional en las rocas ígneas de los distritos mineros del Perú Central (Lacy, 1953).

#### 4.2 DIFERENCIACION DE LA CUARZOMONZONITA

El origen de los yacimientos hidrotermales a intrusiones magmáticas han sido documentado a través de los años y a guiado a muchos investigadores a mirar la evolución de las fases volátiles de un magma cristalino como la fuente del material depositado Barren, 1933, Emmons, 1933, Fenner 1933, Lindgren 1937, Newman 1948, Burnham 1969. La evolución de una fase de vapor durante la cristalización de un cuerpo ígneo ha sido referido como un "segundo-hervor" (Bown, 1933) o hervor-resurgente, (Burnham, 1967).

Podríamos aproximar algunos parámetros para explicar la génesis de este yacimiento hidrotermal. Durante el Mioceno medio a superior la Cordillera Occidental contaba con un relieve moderado y extensos ambientes lagunares (Farrar & Noble 1960). El nivel de erosión de este yacimiento es aproximadamente 2 km. de profundidad (Tumialán, 1982), se puede corroborar comprobando que algunos distritos mineros del Mioceno medio a superior que el nivel de erosión actual oscila entre 0.8 y 3 km. de profundidad (Landis & Rye, 1974, Noble 1971) y la gravedad específica aproximada es de 2.9 g/cc y cuya presión sería de 0.58 Kbar. El porcentaje del pe-

so del agua de la cuarzomonzonita en la zona de Cerro de Pasco calculado por Lacy (1953) llega a un promedio de 4.15%. Los resultados hallados en San Gregorio es de 2.90%. Se encuentran correlacionados la temperatura, profundidad y la presión.

Whitney (1975) menciona que la evolución de una fase de vapor acuoso de un magma de cuarzo monzonita simplificado durante la intrusión y cristalización que ha sido cualitativamente modelado usando la distribución termal para un stock de sección cuadrada de mezcla. Calculada de acuerdo a la teoría simplificada de Jaeger (1969) y modificada para una inicial distribución de la temperatura.

Durante la intrusión de un cuerpo la porción intruída a presiones significativamente menores de cierto punto de intersección ( $P_1$ ) en un diagrama (Figura 13) de isocomposición de la presión y temperatura que generara fase de vapor. La presión del punto  $P_1$  es dependiente del contenido de agua y de la masa composicional del magma, la presión generado por los vapores depende también de la temperatura.

Sobre la cristalización aquellas partes del cuerpo a presiones menores de  $P_1$  activamente generará una fase de vapor formando una capa de vapor satu-

rado.

Aquellas porciones a presiones mayores del punto de intersección de  $P_2$  generará una fase de vapor solamente dentro de una estrecha región contigua a la solidificación frontal del magma donde la cristalización ha seguido suficientemente hasta alcanzar la saturación del vapor.

La generación del vapor acuoso del fluido magmático de cuarzomonzonita en conjunción con aguas innatas y aguas meteóricas circulando a través de porciones cristalinas del cuerpo y rocas circundantes puede ser importante en la generación de soluciones hidrotermales.

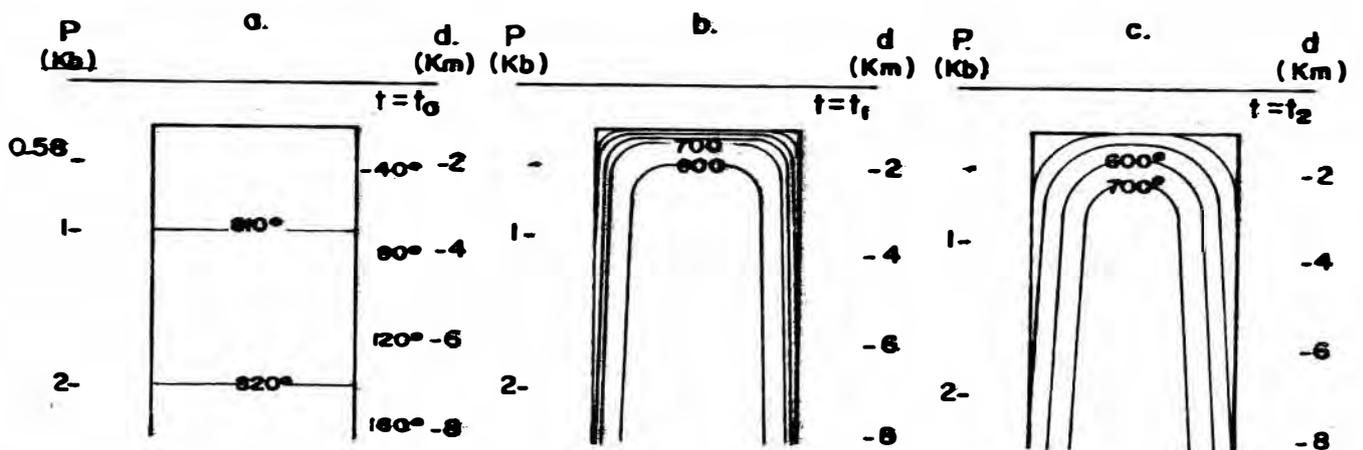


Figura 11. Distribución de la temperatura dentro de un stock ígneo del perfil de la sección cuadrada. Calculada sobre la Teoría de Jaeger(1969). Modificado para una distribución inicial de temperatura.

- Distribución inicial de la temperatura.
- Tiempo cerca de 1,250 años después de la intrusión.
- Tiempo cerca de 12,500 años (Según Whitney, 1975).

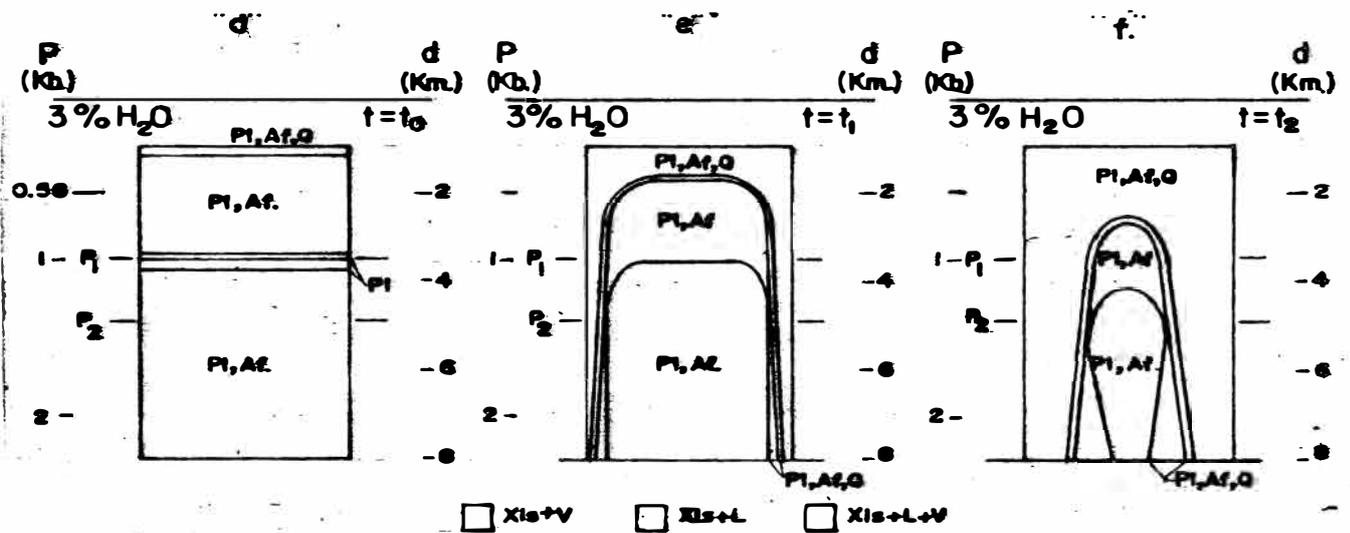


Figura 12. Zona de estabilidad del vapor acuoso y líquido silicatado para un magma de cuarzo monzonita con 3% de agua. La fase estable cristalina son listados para varias regiones.

- Intrusión inicial.
- Tiempo ( $t_1$ ) cerca de 1,250 años
- Tiempo ( $t_2$ ) cerca de 12,500 años. (Según Whitney, 1975).

La causa más conveniente del movimiento ascendente de las soluciones hidrotermales se plantea la -

presión de la fase vaporosa que acumula durante la cristalización del magma, la cual está relacionada hidráulicamente con la columna de la solución condensada. Este punto de vista lo comparte la mayoría de los investigadores (Ver gráfico 13).

La investigación de campo realizada desde varias décadas atrás por L. de Launay, J.E. Spurr, W.H. Emmons y otros demostraron que en los yacimientos hidrotermales los sulfuros metálicos se disponen bastante consistentemente en zonas concéntricas alrededor de un núcleo (cuarzomonzonita) caracterizadas de adentro hacia afuera por los siguientes elementos, Sn, Cu, Zn, Pb, Ag, Sb en un gradiente de temperatura decreciente hacia la derecha (Gonzales 1972).

#### 4.3 MOVILIDAD DE LOS ELEMENTOS

Desconocemos la composición mineral exacta de las soluciones hidrotermales. De una manera indirecta se puede determinar, que estas soluciones acuosas están compuestas de cloruros, fluoruros, bicarbonatos, sulfatos y silicatos de metales alcalinos y alcalinos-térreos, de su hidratos, sílice y están saturadas con ácido carbónico. Además de  $\text{SiO}_2$  en las soluciones predominan  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , hay cantidades apreciables de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , hay pe-

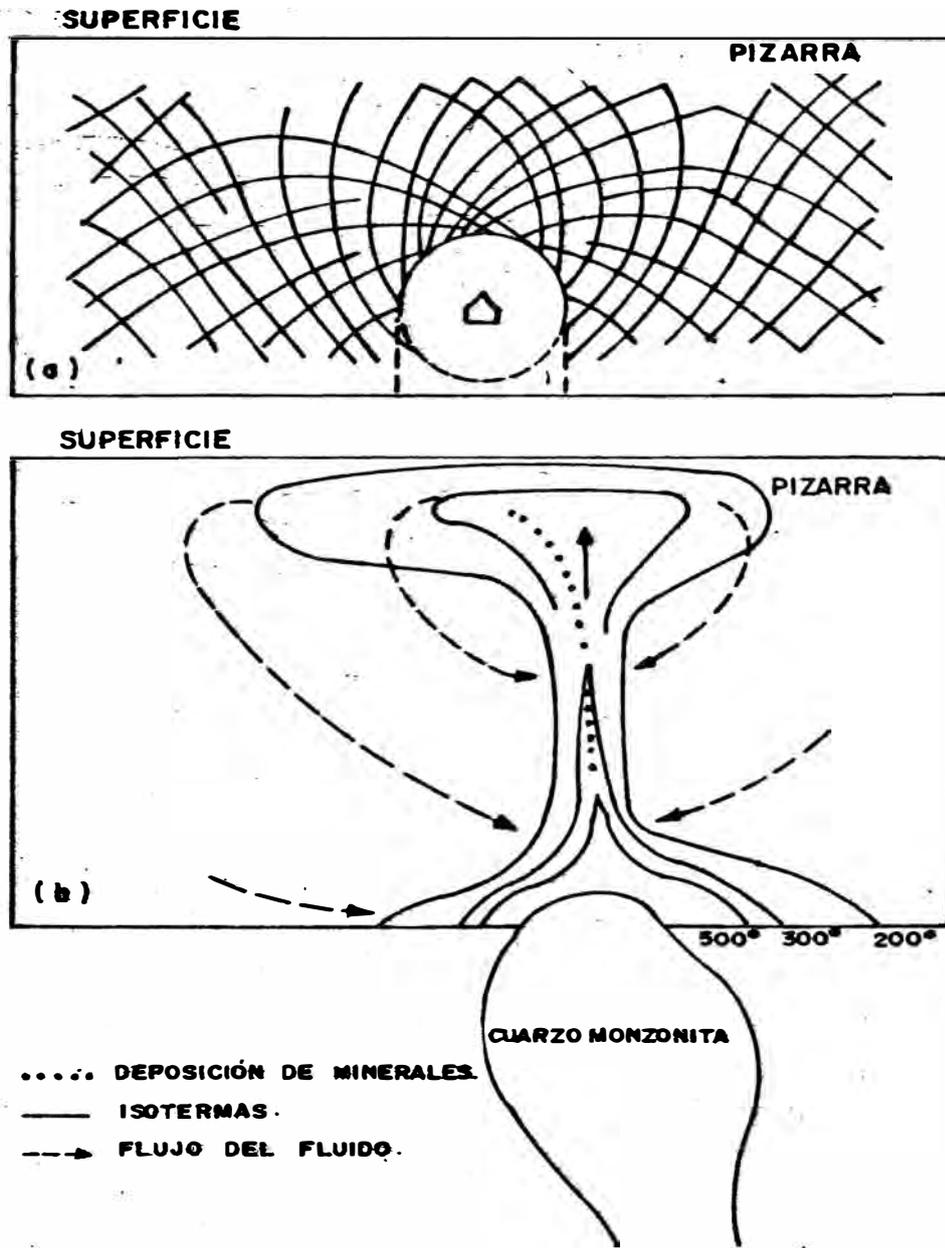


Figura 13. Modelo esquemático para deposición de minerales. Una intrusión de cuarzomonzonita caliente invade la corteza cerca a la superficie de fracturas (13a) y mueve un sistema de flujo de convección en que participa el agua superficial. El material mineral disuelve en el ciclo de calefacción y se deposita en el ciclo de enfriamiento de retorno. (Fyfe, 1981).

queñas dosis de Fe, Mn, Ni, Co, Cu, Pb, Zn, Mo, W, Sn, Ag, Li, Ba, Sr, V, Ti y otros metales.

La hipótesis de la transferencia de las sustancias minerales en los compuestos solubles de las soluciones iónicas complejas, se hizo dominante en los últimos tiempos.

Lo atractivo de esta hipótesis de la transferencia de las sustancias minerales en las soluciones complejas se debe a que por parte la solubilidad de los componentes complejos de metales es mayor que su solubilidad cuando están en forma iónica simple.

Por otra parte, las soluciones complejas son bastante sensibles a la alteración de la característica físico-química de las soluciones dado lo cual, los complejos se desintegran con relativa facilidad en iones simples, formando compuestos poco solubles que se precipitan. Todo esto redundaría en beneficio de una explicación más aceptable del proceso de formación hidrotermal de menas. Según los datos de P. Barton las soluciones hidrotermales en forma de complejos pueden generar la mayoría de compuestos metálicos.

Para la formación de los sulfuros hidrotermales, -

tiene una importancia especial el paso de los metales en el agua con las moléculas de  $H_2S$  disueltas y con los productos de su disociación  $HS^-$  y  $S^{2-}$  en los complejos del tipo de  $Me^{x+} (HS)^{x+}$  que se desintegran en  $Me^{x-1}$  y  $HS^-$ . En este caso, los sulfuros pueden depositarse al disminuir la concentración del hidrógeno sulfurado en la solución y concentración del ligando ( $HS^-$ ), que está condicionado por dicha disminución (durante la desgasificación, la oxidación de  $S^{2-}$  hasta  $S_2^{2-}$ ,  $S^0$  y  $SO_4^{2-}$ , las reacciones con las rocas laterales).

Ellos también irán depositándose causa del aumento de la alcalinidad de las soluciones (al reaccionar con las rocas laterales y al desgasificarse el ácido carbónico, etc.).

El sílice, además de integrar complejos compuestos pueden transferirse en forma de complejo simple  $SiO_2 \cdot nH_2O$ , y el hierro en forma de hidrocomplejos  $FeOH$  y  $Fe(OH)_2$ . La transferencia en soluciones del zinc en forma de  $Zn (HS)_3$ , el Cadmio en forma de  $Cd(H_2S)$ , del cobre en forma de  $Cu(HS)_4$ , la transferencia en soluciones del plomo en forma de  $PbClH^{2-}$   $PbCl^-$  por Hegelson.

#### 4.4 DEPOSICION DE LA PRIMERA ETAPA

Esta primera etapa está constituida por la deposición de un conjunto de sulfuros de variada composición que incluye: Arsenopirita, Esfalerita, Pirrotita, chalcopirita, estannita, galena, cobre gris y sulfosales de plata (Polibasita y pearcita).

##### 4.4.1 Asociación Geoquímica de sulfuros de la primera etapa.

Son minerales formados por la afinidad de metales con el azufre. Los análisis de multielementos de acuerdo a la clasificación de szadeczký-Kardoss (1958), nos revela las asociaciones sulfocalcófilos y litófilos en sulfuros de este yacimiento, ésto se muestra en la tabla 14:

TABLA N° 14

Asociación Geoquímica de Sulfuros de la primera etapa

MINERAL	FORMULA	ASOCIACION SULFOCALCOFILO	ASOCIACION LITOFILO
Arsenopirita	FeAsS	Sb, Co, Ni, Mn, Pb, Cu Ag, Zn.	Si, Al, Mg, Ti
Esfalerita	ZnS	Fe, Mn, Cu, Pb, Ag, Cd, In.	Si, Al, Mg.

Tabla 14.

Chalcopyrita	$\text{CuFeS}_2$	Zn, Bi, Ag, Ni, Co, Sn.	Si, Al, Mg
Galena	PbS	Sb, Mn, Fe, Cu, Ag, Zn	Si, Al, Mg, Ti

La tabla revela el carácter sulfocalcófilo de la plata en esta primera fase de paragénesis. Los elementos de esta asociación se hallan comunmente como trazas y los litófilos como vestigio.

Recientemente, el sistema S-Fe-As, ha sido estudiado experimentalmente, uno de los aspectos de interés geológico es que a 1 atmósfera la asociación pirita-arsenopirita solo puede existir de manera estable y en equilibrio por debajo de  $491^\circ\text{C}$ . Por encima de esta temperatura es reemplazada por una línea que va de pirrotita a un líquido en el sistema binario S-As. Es interesante observar que por sí solos tanto la pirita como arsenopirita son estables hasta temperaturas mucho más elevadas pero no juntos. Otro aspecto interesante de este sistema es que la composición de la arsenopirita depende fuertemente de la temperatura, presión y composición del sis

tema. Petersen, 1971.

Es posible deducir que la arsenopirita en este yacimiento se forma sobre los 491°C y además la pirita se deposita en una segunda etapa.

Es de recalcar un aspecto interesante de esta asociación mineralógica la marmatita con mineral de plata (Ver cuadro 15) mezclado con minerales de alta y baja temperatura.

CUADRO N° 15

Asociación Geoquímica de la Marmatita

E. MAYOR	E. MENOR	TRAZAS		VESTIGIO	
		<u>M</u>	<u>i</u>		<u>m</u>
Fe,Zn		Mn	Cu,Cd	Ag,Sn	Co,Ti
			Co,Si	Al,In	
			Pb.	Mg.	

Tenemos en la muestra analizada como elemento traza el Indio (50 ppm) que es característico cuando la marmatita se forma a altas temperaturas. (Petrascheck, 1965).

Según Kullerud (1953) menciona que en presencia de un exceso de Hierro, cuanto más elevada es la temperatura mayor es la cantidad de Hierro presente hasta llegar a  $849^{\circ}\text{C}$  en que hay 36.5% de FeS. En este yacimiento el Fe y Zn pasan del 10% ver Figura 16, y que la temperatura de formación de la marmatita es mayor de  $350^{\circ}\text{C}$ . Se ha establecido que el límite de integración del Hierro en la esfalerita cambia mucho bajo la influencia de la solución acuosa de composición diferente en particular en función de la presión parcial del azufre (P. Barton). La relación entre el contenido de Hierro y la temperatura de cristalización está representado gráficamente en la Figura 16.

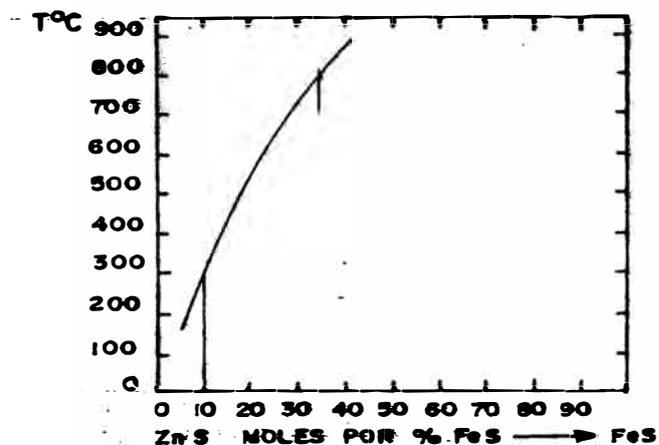


Figura 16. Relación del contenido de Fe y la temperatura de cristalización (Kullerud, 1953).

En el gráfico 17, se relaciona diferentes especies del sistema S-Fe con la temperatura y la Presión - parcial del azufre en las soluciones hidrotermales, cualquiera que sea su composición o estado físico. Así, para una temperatura determinada, digamos 600°C, tenemos que exceder cierta presión parcial, del azufre para depositar Pirrotita en vez de Hierro nativo, y otra presión de azufre para depositar pirita en lugar de la pirrotita. Estos diagramas nos sirven para poner límites a la posible composición del fluido mineralizante.

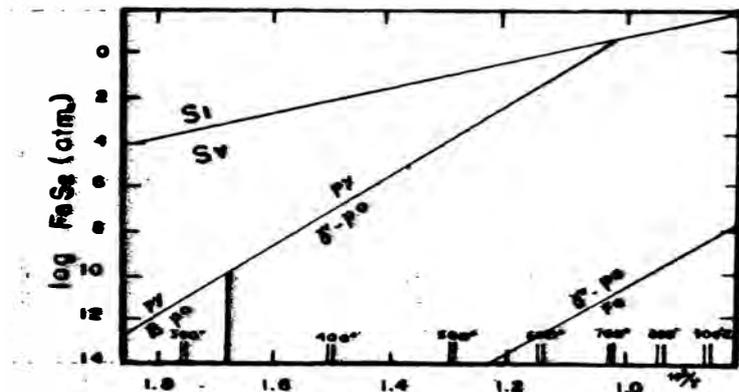


Figura 17. Relación Sistema S-Fe con la temperatura y la presión parcial.

Entre la esfalerita, Pirrotita, Chalcopirita y Estannita, se observa microscópicamente toda una gama de intercrecimiento - del tipo diseminado que junto con las inclusiones de bornita y cubanita y/o dentro de la chalporitia indican un proceso-complejo de desmezcla.

Probablemente, al fin de esta etapa se produjo la deposición de la galena y cobre - gris junto con cantidades menores de sulfosales de plata (pearcita y polibasita)

En el trabajo de Hall (1967) en sus diagramas muestran que el Cobre es un componente esencial, tanto de la Pearcita como de Polibasita, es decir, en ausencia de cobre no puede formarse estos minerales.

#### 4.5 DEPOSICION DE LA SEGUNDA ETAPA

La composición de la pirrotita en equilibrio con la pirita cambia con la temperatura y presión, como este cambio es independiente de la presencia de otros componentes (excepto quizás del níquel) no provee de un excelente termómetro geológico.

Uno de los aspectos más interesantes del Sistema S-Fe es la conformación del Solvus o región de inmiscibilidad entre la pirrotita y pirita (Peter - - sen, 1971) que justamente se cumple en la paragenésis de este yacimiento la pirrotita precipita en la primera etapa, en cambio la pirita se deposita en la segunda etapa. La alteración de los sulfuros existentes se forma pirita y marcasita.

#### 4.5.1 Asociación geoquímica de los Sulfuros de la Segunda Etapa.

La asociación geoquímica de esta segunda etapa se da en el siguiente cuadro 18.

CUADRO 18

Asociación Geoquímica de sulfuros de  
la segunda etapa

MINERAL	FORMULA	ASOCIACION SULFOCALCOFILO	ASOCIACION LITOFILA
Pirita	$FeS_2$	Zn, Pb, Bi, Mn, Cu Ag.	Si, Al, Mg
Marcasita	$FeS_2$	Pb, Zn, Bi, Ag, Mn, Cu.	Si, Al, Mg

La tabla revela el carácter SULFOCALCOFILO de la plata en esta segunda fase de la paragénesis. Los elementos de esta asociación se hallan comúnmente como trazas y los litófilos como vestigio.

Hasta el momento no ha sido posible establecer con precisión la relación entre la pirita y la marcasita. A ambas se le atribuye la fórmula  $FeS_2$  lo único que ha determinado es que al calentar la marcasita se transforma monotrópicamente en pirita a  $450^{\circ}C$ . Aún a  $365^{\circ}C$  tiene lugar cierto grado de transformación, lo que significa que con la presencia de marcasita no puede haber excedido unos  $350^{\circ}C$  desde su deposición.

Podemos deducir si la marcasita se depositó en la segunda etapa entonces la precipitación de la primera etapa fué mayor de  $350^{\circ}C$  y de tercera y cuarta etapa fué menor de  $350^{\circ}C$ .

#### 4.5.2 Diagrama Eh/pH para la precipitación de la Pirita y la Marcasita

Los diagramas Eh/pH pueden utilizarse para describir el campo de estabilidad de los minerales. Por ejemplo, formación de la pirita y la marcasita, se determina mediante el Eh y el pH y sus relaciones determinadas se muestran en la figura 19.

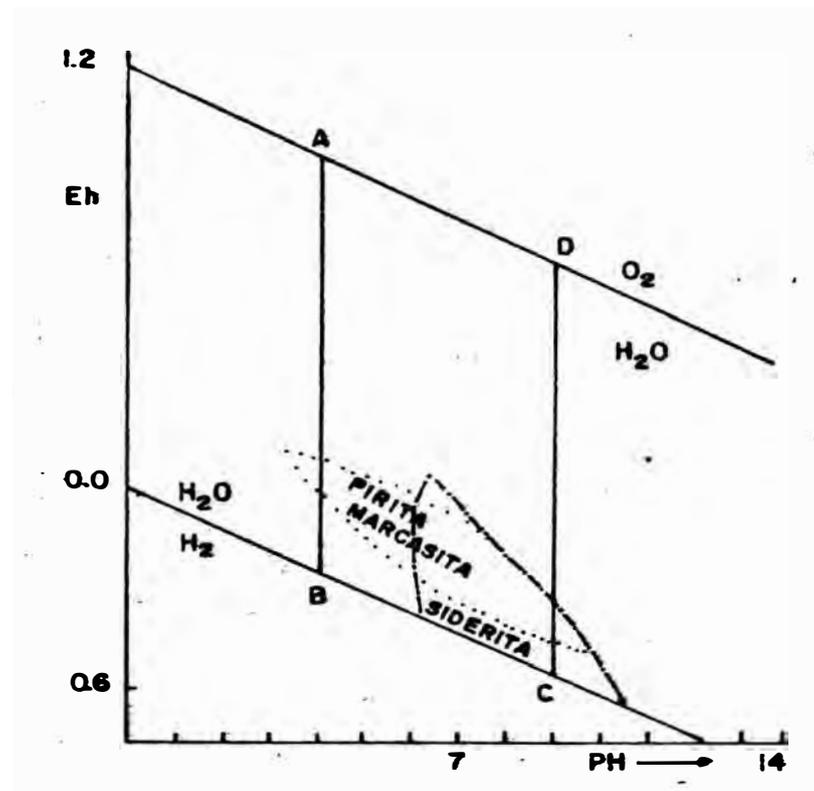


Figura 19. Diagrama Eh/pH para la precipitación de Pirita, Marcasita y Siderita.

Para que la Pirita y la Marcasita  $\text{FeS}_2$  precipite son necesarias condiciones reductoras aunque el pH puede variar hacia-

arriba o abajo a partir del neutro ( $\text{pH} = 7$ ). La variación en las cantidades de - otros componentes de la solución afecta a la posición del campo de estabilidad.

#### 4.6 DEPOSICION DE LA TERCERA ETAPA

Corresponde a una deposición de Carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{FeCO}_3$ ) que atacan intensamente a los minerales metálicos. La siderita ( $\text{FeCO}_3$ ) en solución saturada disminuye la solubilidad ante la presencia de la Calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) y luego, precipitan ambas debido a la ley de Nernst.

##### 4.6.1 Diagram Eh/pH para la Precipitación de la Siderita

La precipitación de la siderita en soluciones **ácidas** se debe a un incremento en la concentración de hierro total, ver Figura 19.

#### 4.7 DEPOSICION DE LA CUARTA ETAPA

Probablemente en esta última etapa se produce la deposición de sulfosales de plomo (del tipo jame<sub>sonita</sub>). Se observa microscópicamente que estas sulfosales se forman por alteración del cobre gris. El reemplazamiento del cobre gris por jame<sub>sonita</sub> produce abundantes inclusiones relictivas.

cias (de variado tamaño) que podrían causar una apreciable ley de plata.

#### 4.7.1 Asociación Geoquímica de las Sulfosales

Este grupo complejo de minerales tiene como unión principal al azufre ligado a metales monovalentes de Cu, Ag, Ti (que se encuentran como elementos trazas), metales divalentes como Pb, Fe, Zn (se encuentra como elementos menor y mayor) y Semimetales tri valentes de Sb, As, Bi (como elementos menor y trazas). La mayor ocurrencia de las asociaciones geoquímicas de los minerales de este yacimiento se dá en la Tabla - 20.

MINERAL	FORMULA	ASOCIACION SULFOCALCOFILO	ASOCIACION LITOFILO
Tetraedrita	$S_{13}Sb_4Cu_{12}$	As, Ag, Fe, Zn, Mn Cd, B, Bi, Pb, Sn	Si, Al, Mg
Jamesonita	$S_{14}Sb_6Pb_4Fe$	Zn, Cu, Sn, Ag, Bi Mn	Si, Al, Mg Ti

#### CUADRO 20 ASOCIACION GEOQUIMICA DE SULFOSALES

Este cuadro revela la afinidad de la plata por el S, As, Sb.

#### 4.8 MOVILIDAD DE LA PLATA EN AMBIENTES HIPOGENOS

La movilidad de la plata durante las diferentes etapas de deposición hidrotermal está influenciado principalmente por un ambiente geoquímico, formado por fases líquido-caserosas, temperatura, salinidad baja, que gobierna la distribución y estabilidad de este metal en las etapas hidrotermales.

En los diferentes niveles de este yacimiento los valores de la plata son mayores que el boro, que generalmente se encuentran como vestigio (promedio 3 ppm). Según Dercourt (1978) menciona que es posible indicar que de acuerdo con el postulado del uniformitarismo podemos decir que el Boro, ha sido siempre proporcional a la salinidad (Ver figura 21) de acuerdo a este gráfico tenemos de 10 a 20% de salinidad que es relativamente baja y permite una mayor movilidad de la plata.

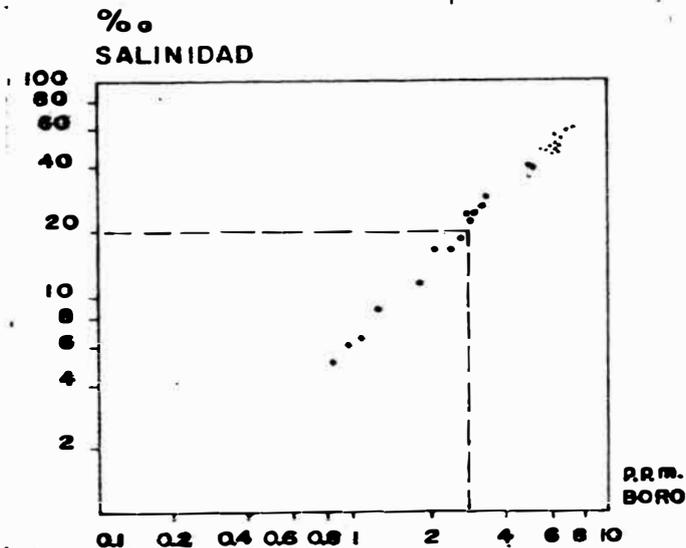


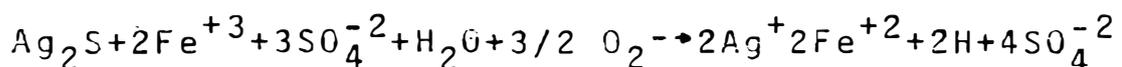
FIGURA 21. Relación entre el Boro y la Salinidad del agua marina (Dercourt, 1978)

Además la movilidad de la plata estaría condicionado a la formación del complejo  $(AgCl_2)^-$  por disolución de AgCl en soluciones concentradas de HCl, generando después de la precipitación de las sulfosales en un medio ligeramente ácido.

#### 4.9 MOVILIDAD DE LA PLATA EN AMBIENTES SUPERGENOS

La movilidad de la plata depende principalmente de la estabilidad de los sulfuros, sulfosales, frente a los agentes del intemperismo como son el oxígeno, agua, temperatura, dióxido de carbono y materia orgánica, quienes al solubilizar los minerales por reacción de hidrólisis y oxidación principalmente dejan libre los iones de la plata ( $Ag^+$ ) en soluciones ácidas generados por la pirita, pirrotita, chalcopirita, arsenopirita que actúan sobre los otros sulfuros y sulfosales.

La reacción siguiente indica como por efecto de hidrólisis en un medio ácido producido por sulfuros de hierro se libera la plata ( $Ag^+$ ) de la acantita ( $Ag_2S$ ).



De este modo la plata migrará produciendo enriquecimiento secundario, pero en muy poca proporción se encuentra la acantita en este yacimiento.

#### 4.10 CICLO GEOQUÍMICO DE LA PLATA

En el ciclo geoquímico de la plata, ha tomado en cuenta como guía las unidades litológicas que sirven como medio de movilidad, deposición y dispersión hipógeno y supérgeno de este metal (Ver siguiente gráfico 22).

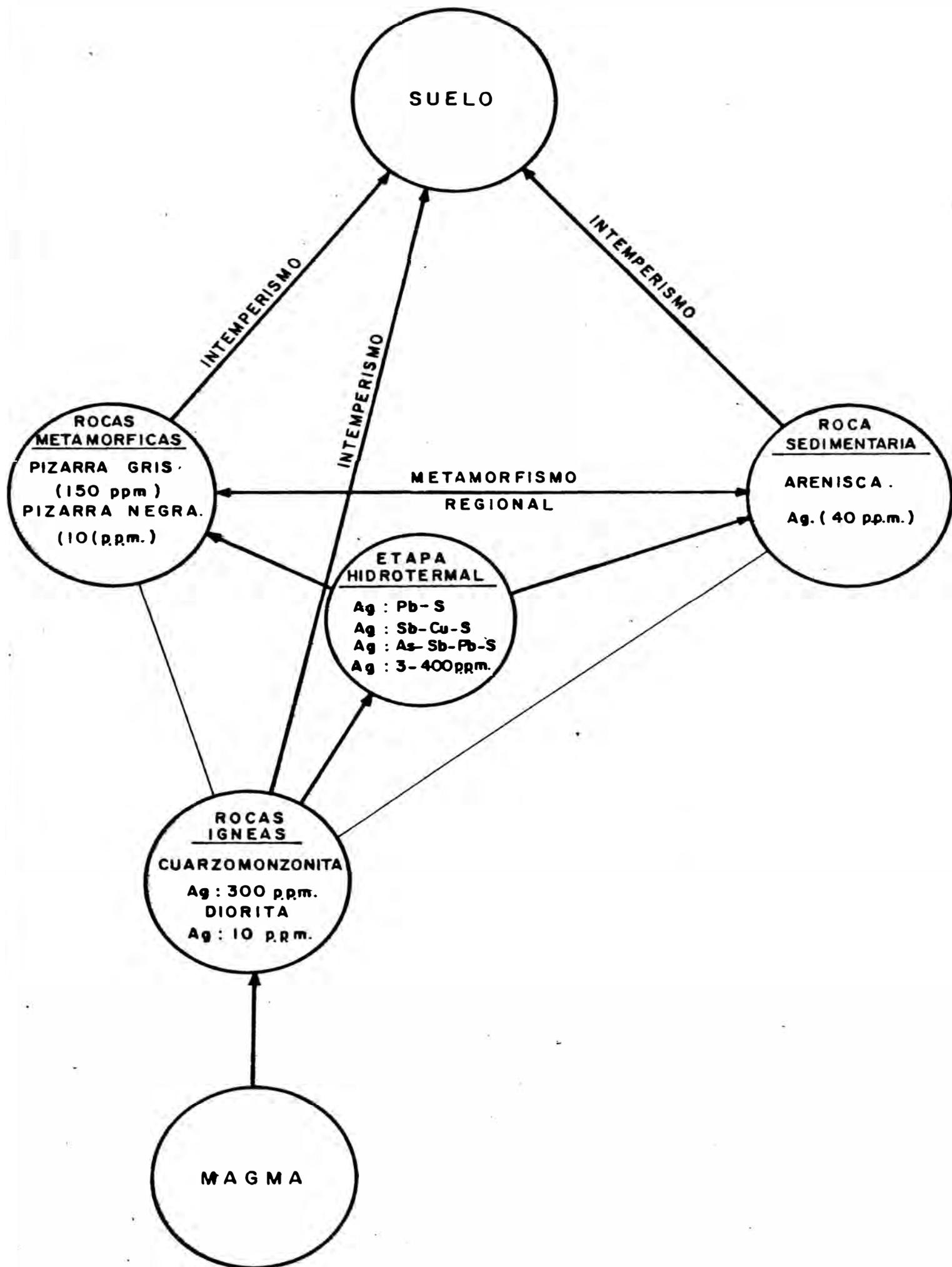
En el ambiente hipógeno estos metales son enriquecidos en una fase magmática de rocas intermedias que contienen plata (300 ppm) en cuarzo monzonita y en la Diorita (10 ppm) por la presencia de la presión, temperatura elevada y agua, que al cristalizarse forman las rocas de la corteza terrestre.

Fluidos hidrotermales generados posteriormente a la cristalización de los silicatos, formadores de rocas, producidos por precipitaciones cuantitativas - al disminuir la presión y temperatura se depositan los sulfuros, los carbonatos y luego las sulfosales.

En un ambiente supérgeno la plata  $Ag^+$  se libera de la acantita ( $Ag_2S$ ) en muy pequeñas cantidades.

La redistribución de estos metales en rocas metamórficas del Paleozoicas (formación Excelsior) de-

**FIG.22 : CICLO GEO-QUIMICO DE LA PLATA**



la Cordillera Oriental se encuentra distribuidas en matrices litófilas de Si-Al-Fe-Mg-Ca-Na-K-Ti-Mn.

#### 4.11 DISTRIBUCION DE METALES Y ELEMENTOS TRAZAS EN RELACION A LA SUBPROVINCIA METALOGENICA EN LA ZONA CENTRAL DEL PERU

Los yacimientos de la zona Central, están comprendidos desde Raura hasta Viso (10°-12° Latitud Sur), los que pertenecen a la subprovincia polimetálica de la provincia metalogénica occidental (Bellido 1972, Ponzoni 1982). La interpretación de la distribución de los metales y trazas según Soler (1982) está basado en las observaciones de campo y datos bibliográficos que permiten caracterizar cada yacimiento desde el punto de vista metalogénico y el promedio de leyes para cada uno de los yacimientos muestreados, incluido San Gregorio.

##### PLOMO-PLATA

En los yacimientos genéticamente ligados al magmatismo andino en esta zona, el plomo y la plata están sistemáticamente presentes, las leyes son muy variables.

Se nota a escala regional una correlación bastante

te fuerte entre la plata y el plomo (ver figura 23a). La plata está en la mayoría de los casos como sustitución de la galena, pero se presenta también como sulfosales.

#### PLOMO-BISMUTO

Observamos en la Figura 23b, los siguientes grupos:

GRUPO I Presentan leyes muy bajas de Bi. (Menor de 10 g/tn) asociadas a las leyes bajas y medias de plata. Tenemos a Shalipayco, yacimiento estratoligado de la base Pucará.

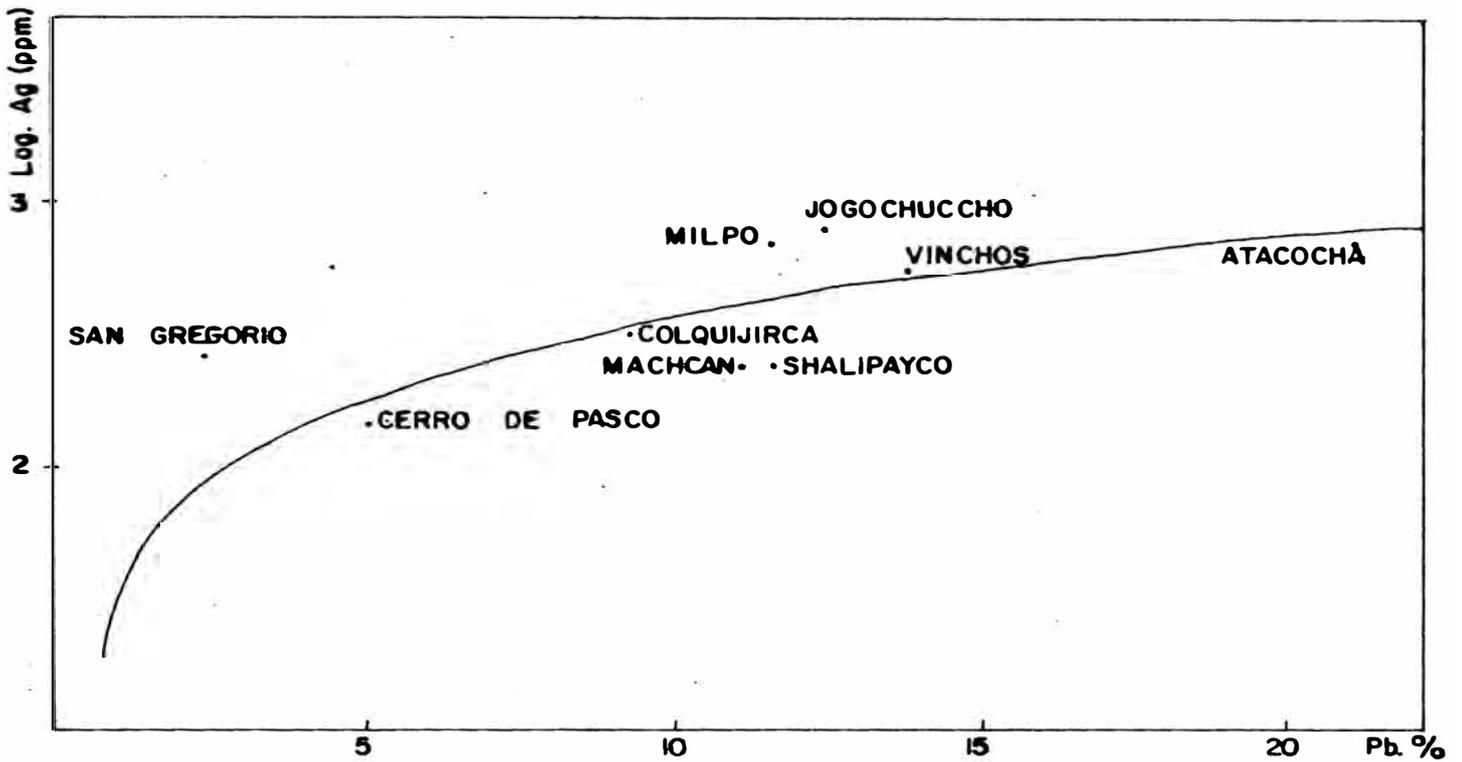
GRUPO II: Presenta leyes bajas de Bi con leyes altas de plata. Son yacimientos hidrotermales terciarios y tenemos a San Gregorio del Paleozoico inferior (Bi : 3ppm y Ag : 425 ppm).

GRUPO III: Presentan leyes media de Bi, son yacimientos filoneanos mesotemales. Tenemos a Cerro de Pasco y Vinchos.

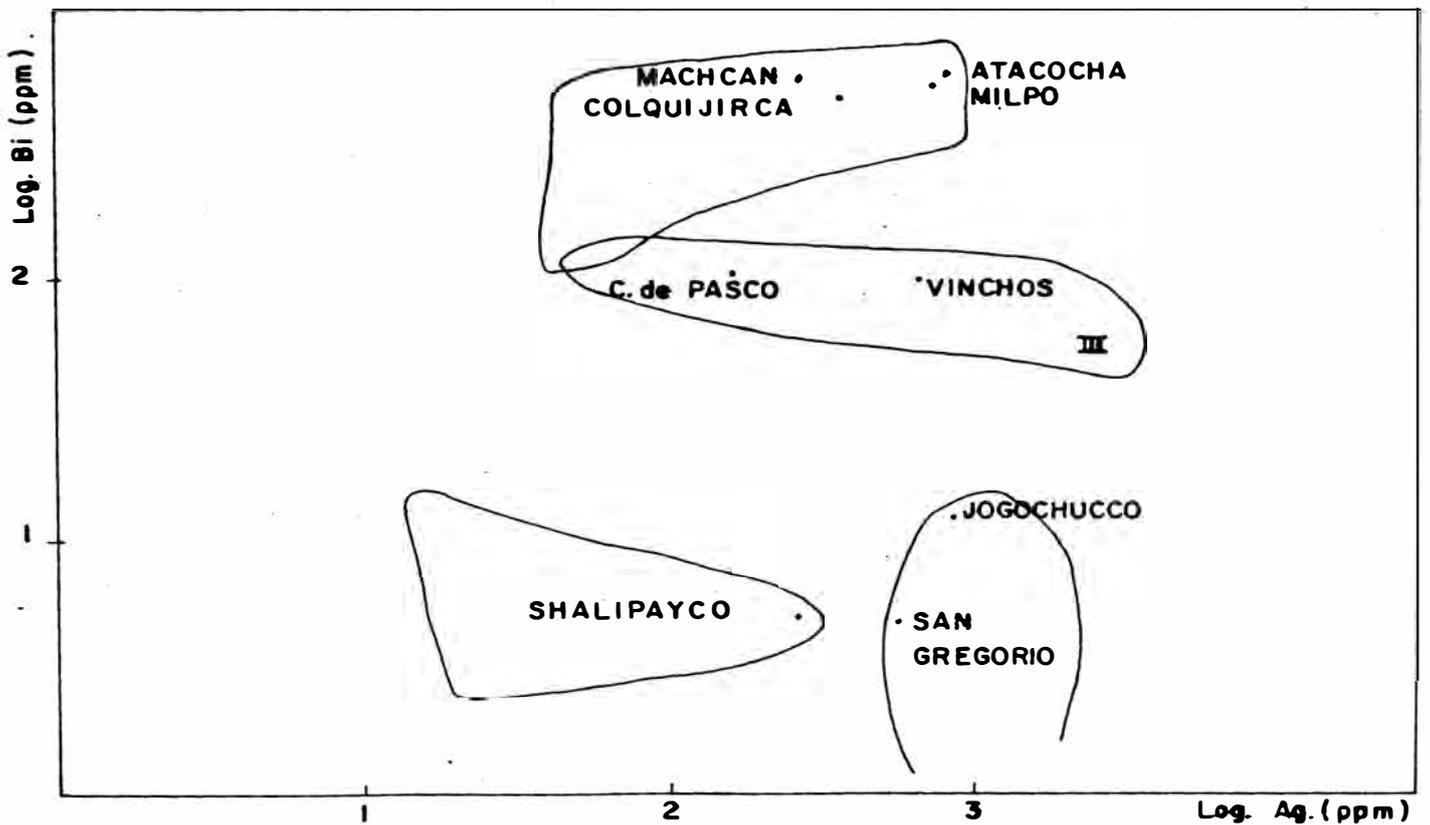
GRUPO IV: Presentan leyes altas de Bi son yacimientos pirometasomático y yacimientos complejos de alta temperatura (con influencia pirometasomático). El Bismuto en este grupo no se correlaciona ni con la plata ni con el plomo.

# FIG. 23 : " DIAGRAMA DE CORRELACION REGIONAL "

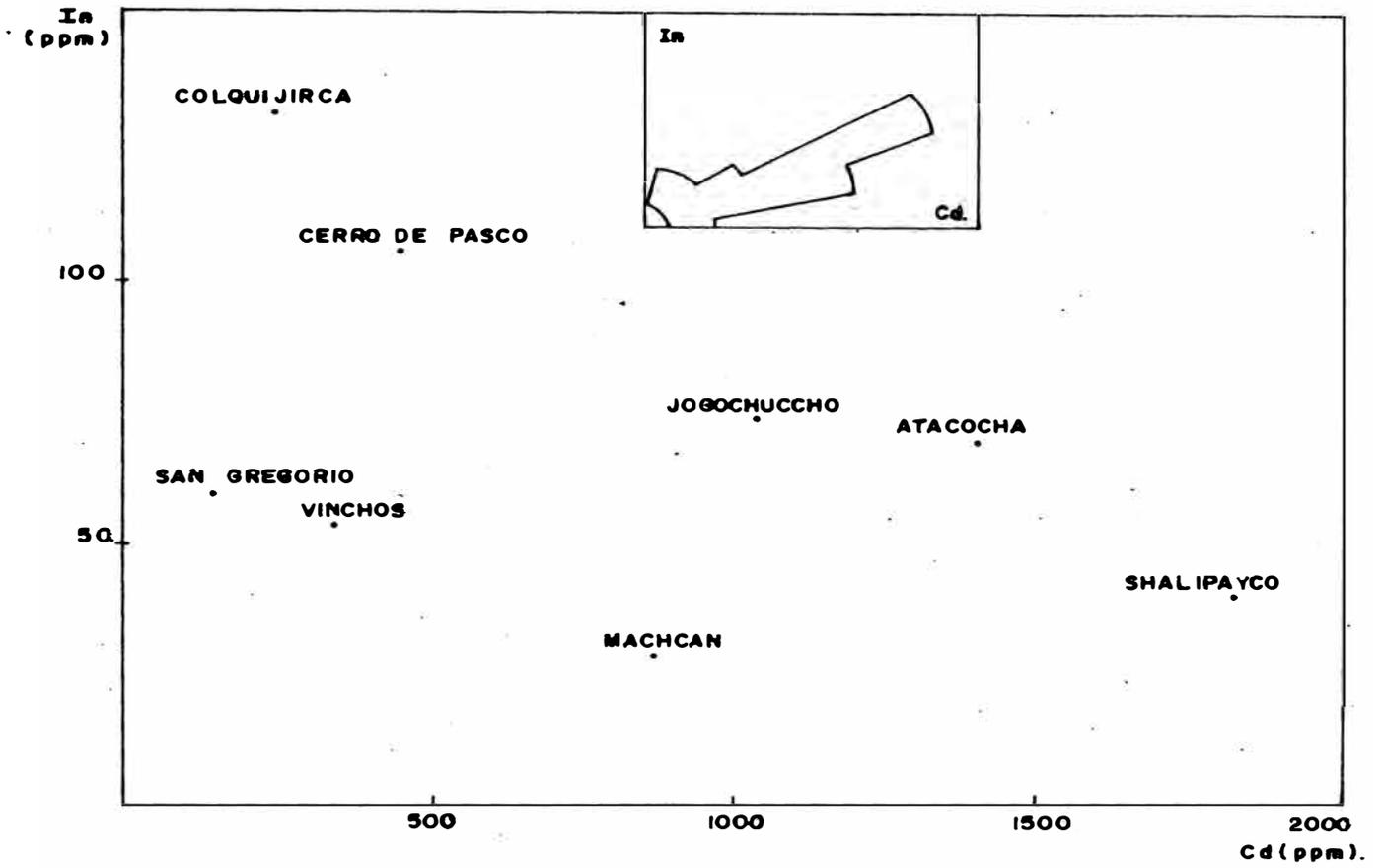
## a) DIAGRAMA Ag. vs. Pb.



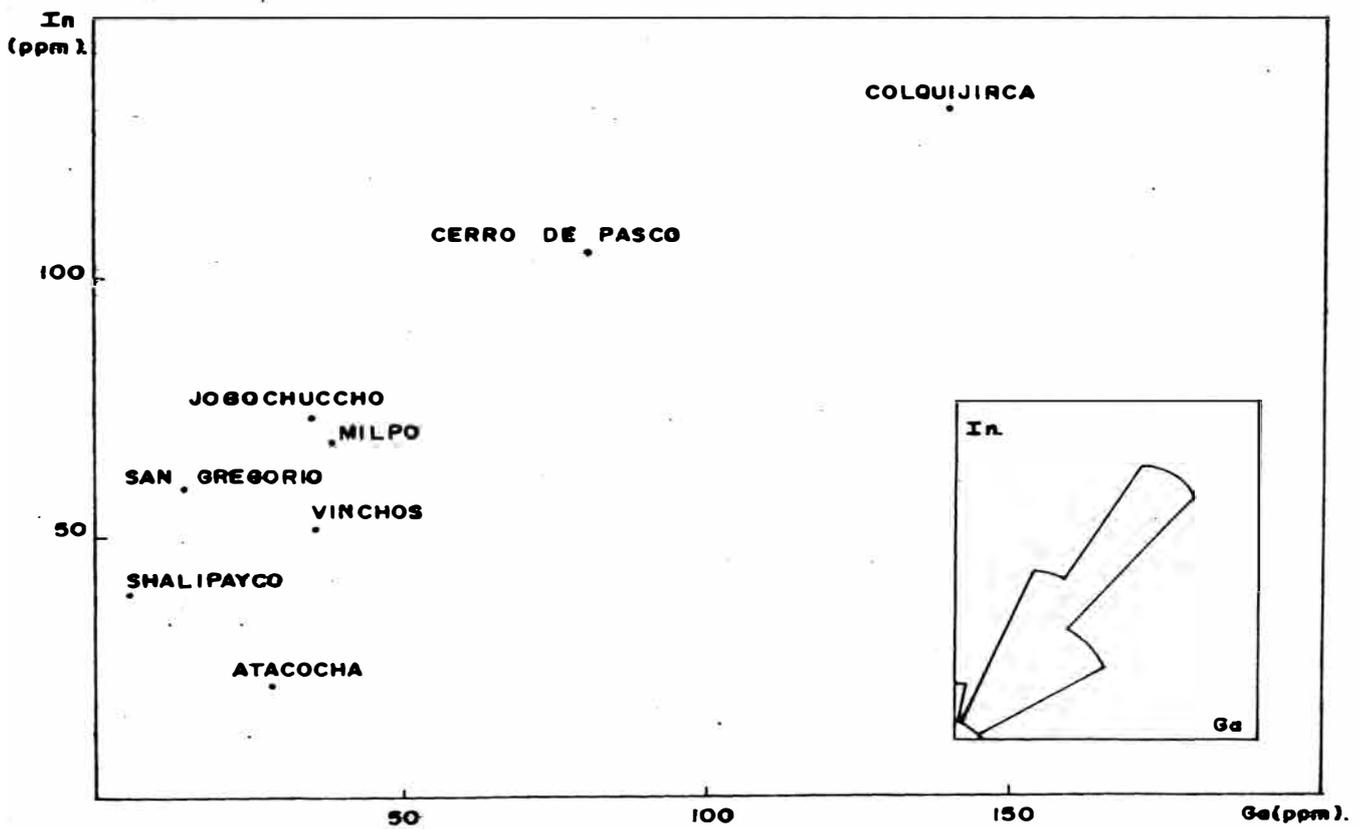
## b) DIAGRAMA Bi. vs. Ag.



**c) DIAGRAMA In. vs. Cd.**



**d) DIAGRAMA In. vs. Ga.**



mo. Colquijirca pertenece a este grupo que lo distingue de los yacimientos volcano-sedimentario de la base del Pucará.

#### INDIO-CADMIO

Se nota una correlación nítida del Cadmio con el Indio a escala regional (Ver figura 23c). En San Gregorio teniendo como roca encajonante la cuarzomonzonita se tiene Cd: 414 ppm. e In: 59 ppm.

#### INDIO - GALIO

Las leyes de ambos elementos están fuertemente correlacionados con el promedio de In/Ga = 1.3. El yacimiento de Shalipayco se distingue por una razón In/Ga mucho más fuerte (4). En San Gregorio la razón es de 4.1. Se nota correlación In-Ga para yacimientos en el Paleozoico. (Figura 23d).

#### 4.12

#### PATRONES DE DISPERSION

En este yacimiento la dispersión es del tipo primario, por la inyección del magma. En la dispersión de rocas encajonantes se considera la permeabilidad y la porosidad. En la diorita y la cuarzomonzonita la porosidad promedio es de 1.0 (en % de volumen), en la pizarra

negra y gris la porosidad promedio es de 4.0.

La porosidad efectiva en las vías de circulación de las soluciones hidrotermales suele aumentar en el estado temprano de pre mineralización debido a los fenómenos de lixiviación y luego vuelve a disminuir en el estadio de mineralización cuando los poros se llenan de mineral.

La permeabilidad no depende de la porosidad. La pizarra negra tiene mayor carbón (más permeable), en cambio la pizarra gris es más silicificada (menos permeable). D. Rundkvist aumenta considerablemente al subir la temperatura de las rocas y las soluciones que se filtran a través de ellas; en virtud de esto, la permeabilidad aumenta con la subida de la presión y baja con el incremento de la concentración de las soluciones.

#### 4.12 DIRECCION DEL FLUJO MINERALIZANTE

##### a) Veta Perla-Este-Oeste

a.1) Curvas Isovalóricas de Leyes. En las curvas isovalóricas de la Ag, Sn, Cu, Sb, Zn, Cd, Ing, As, se ha detectado un solo flujo Este flujo tiene un ascenso vertical hasta el nivel Humeda y luego, se tiene paulatinamente hacia el SE en forma horizontal en el nivel Perla.

En el nivel Perla y Humeda este flujo tiene una buena mineralización de Plata (500 ppm) estaño (500 ppm), Cobre (700 ppm), antimonio (800 ppm) Zinc (10,000 ppm), Cadmio (400 ppm), Indio (80ppm) y Arsenico (100 ppm).

Este primer flujo mineralizante que ha mineralizado una considerable área está íntimamente relacionado a la Cuarzomonzonita que es el foco mineralizante (Ver figura - 24 a).

a.2) Curvas Isovalóricas de cocientes metálicos

En las secciones longitudinales de isovalores de cocientes: Ag/Sn, Ag/Cu, Ag/Sb, Ag/

Cu, Ag/Sb, Ag/Zn, Sn/As, Cu/Sb, Cu/Zn, Cu/As, Ag/As, Sn/Cu, Sn/Sb, Sn/Zn, Sb/Zn, Sb/As y Zn/As observamos que los cocientes metálicos con mayor valor concuerda con los flujos mineralizantes hallados. Por lo tanto los flujos mineralizantes de los isovalores de leyes y de los cocientes metálicos son concordantes y similares. (Ver figura 25 a).

b) Veta Málaga - Pagaré

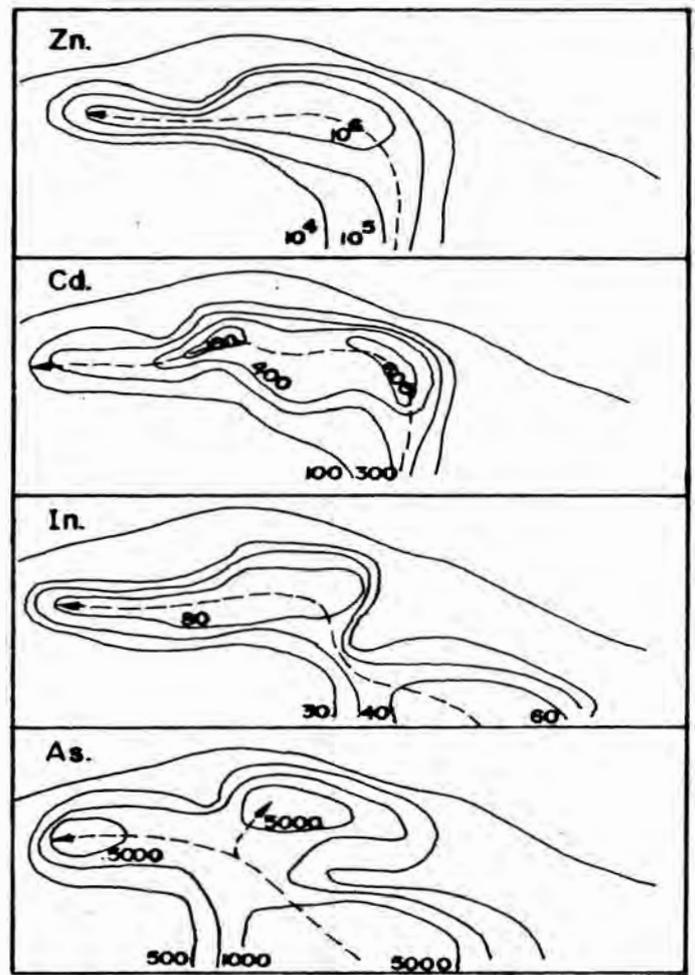
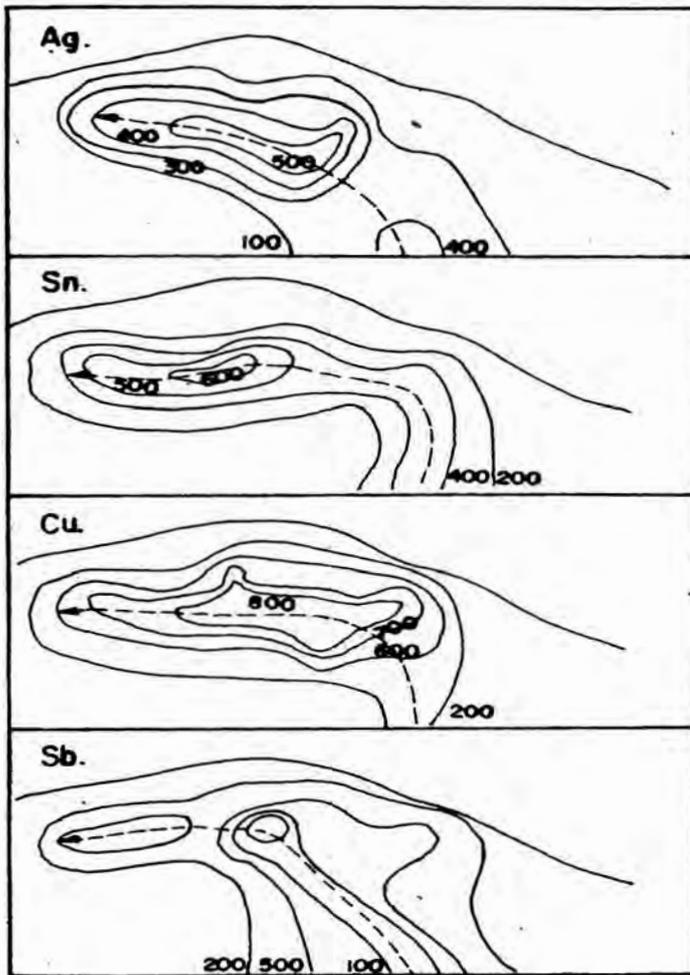
b.1) Curvas Isovalóricas de leyes. En las curvas isovalóricas (en ppm.) de la Ag, Sn, - Cu, Sb, Zn, Cd, In y As, se ha detectado - un solo flujo mineralizante. Este flujo tiene un ascenso inclinado hacia el NW, hasta el nivel Pagaré. (Ver figura 24b).

b.2) Curvas Isovalóricas de cocientes metálicos  
En las secciones longitudinales de isovalores de cocientes Ag/Sn, Ag/Cu, Ag/Sb, Ag/Zn, Sn/As, Cu/Sb, Cu/Zn, Cu/As, Ag/As, Sn/Cu, Sn/Sb, Sn/Zn, Sb/Zn, Sb/As, Zn/As se observa que los cocientes con mayor valor concuerdan con los flujos mineralizantes hallados. Podemos decir que los flujos de

los isovalores de leyes y de los cocientes metálicos son concordantes y similares. (Ver figura 25 b).

**FIG. 24 . " CURVAS ISOVALORICAS DE LEYES "**

**a) VETA PERLA ESTE - OESTE.**



**b) VETA MALAGA - PAGARE.**

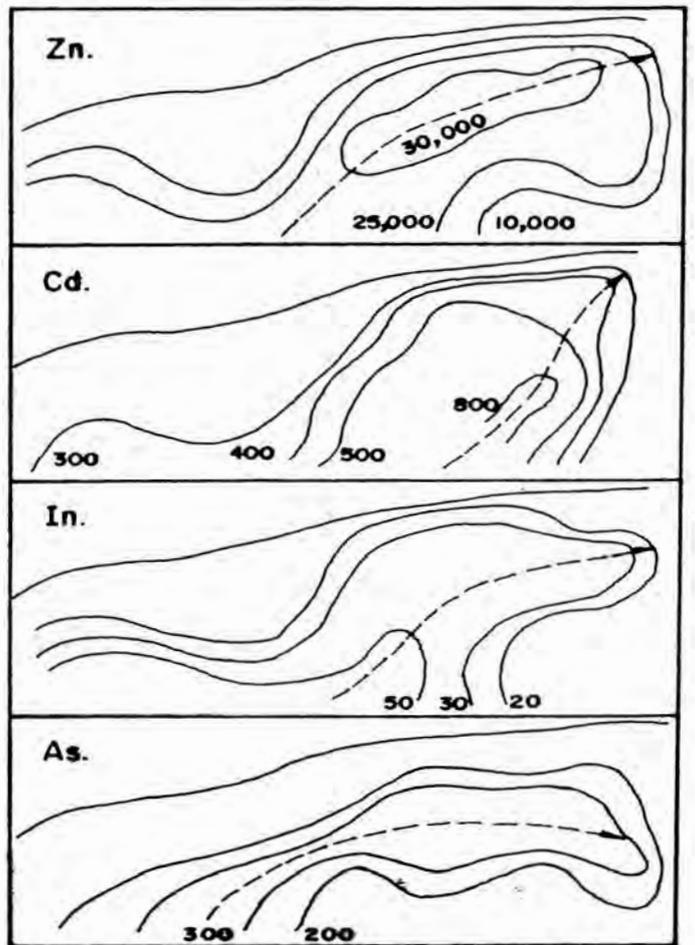
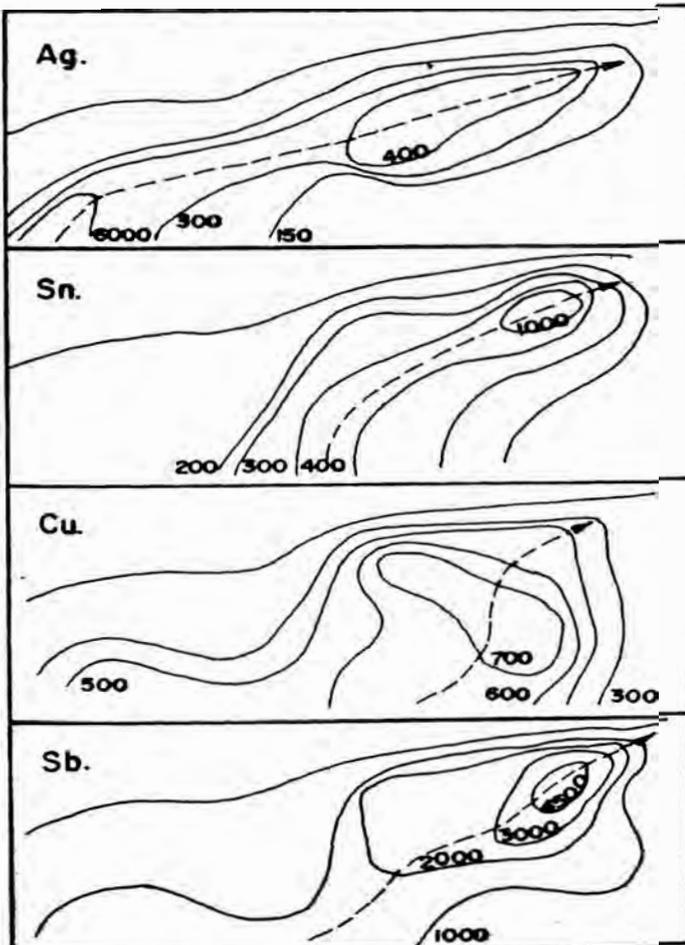
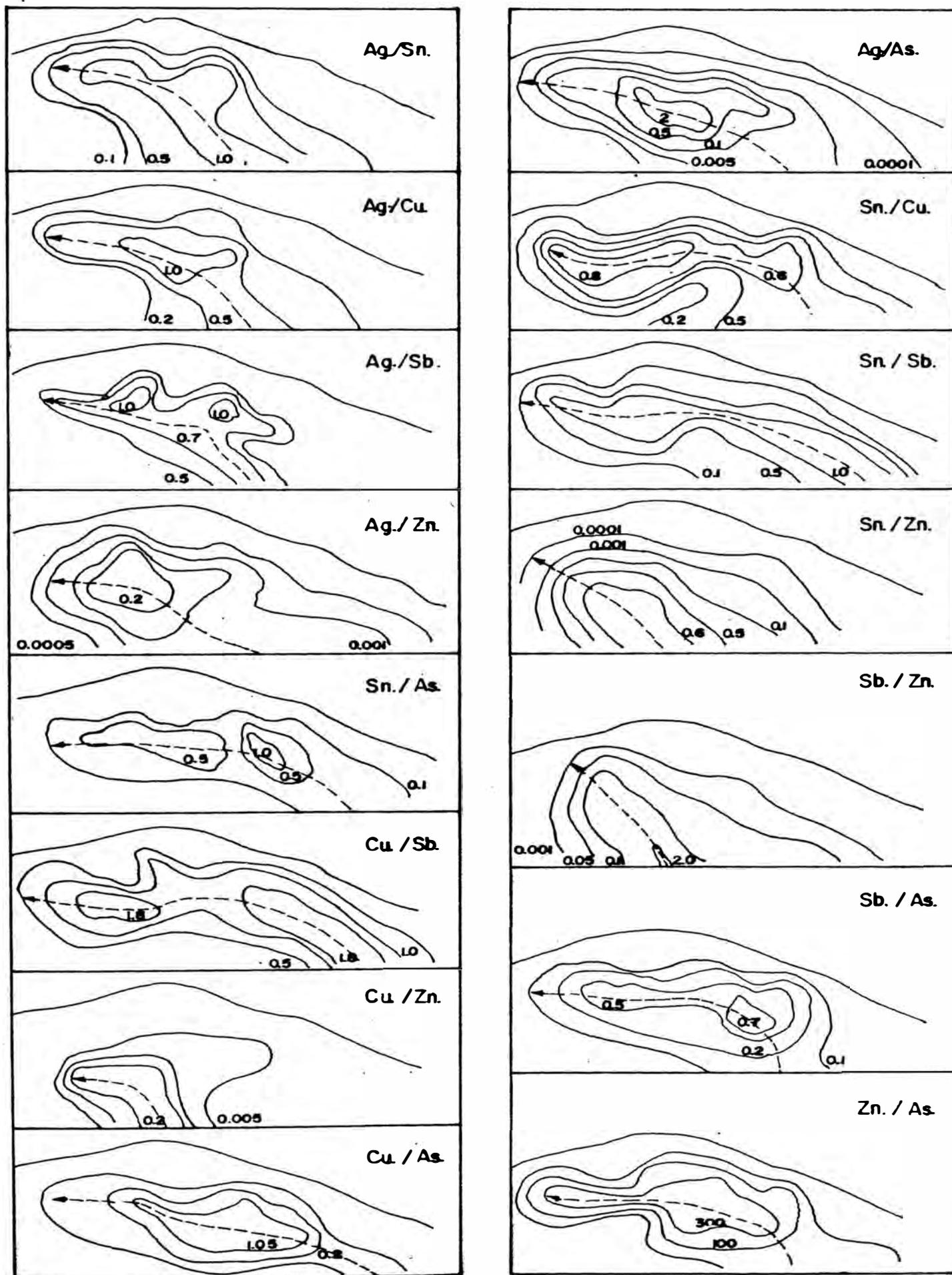
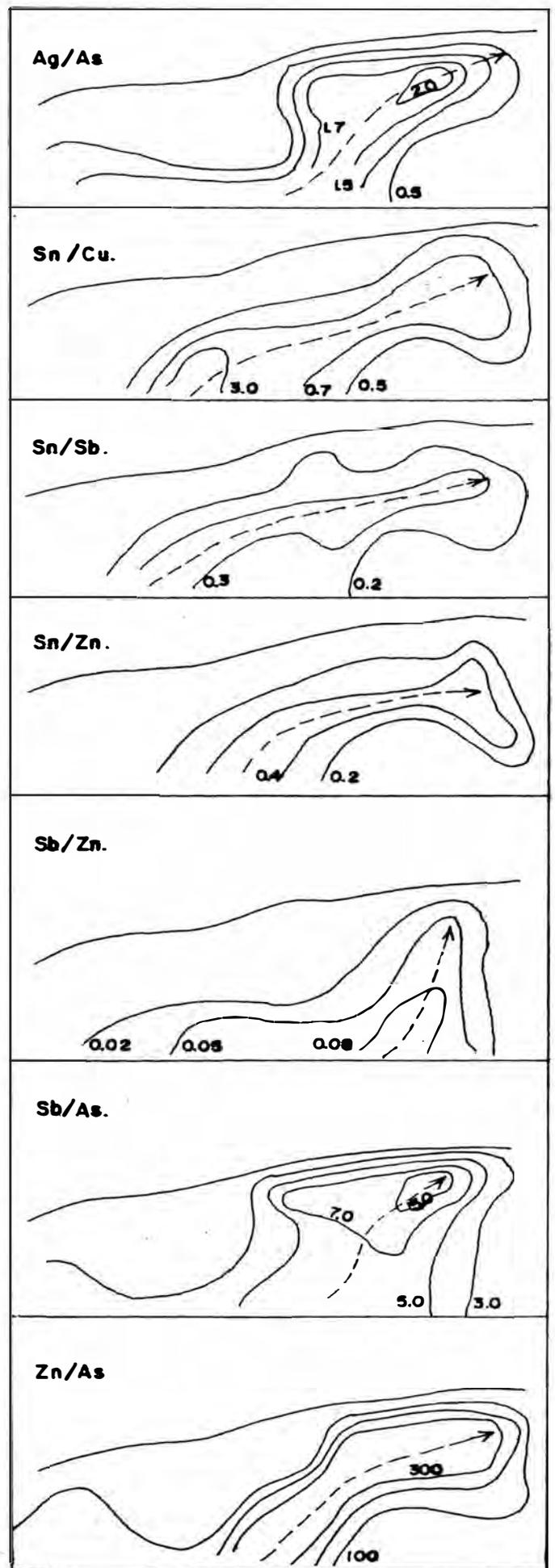
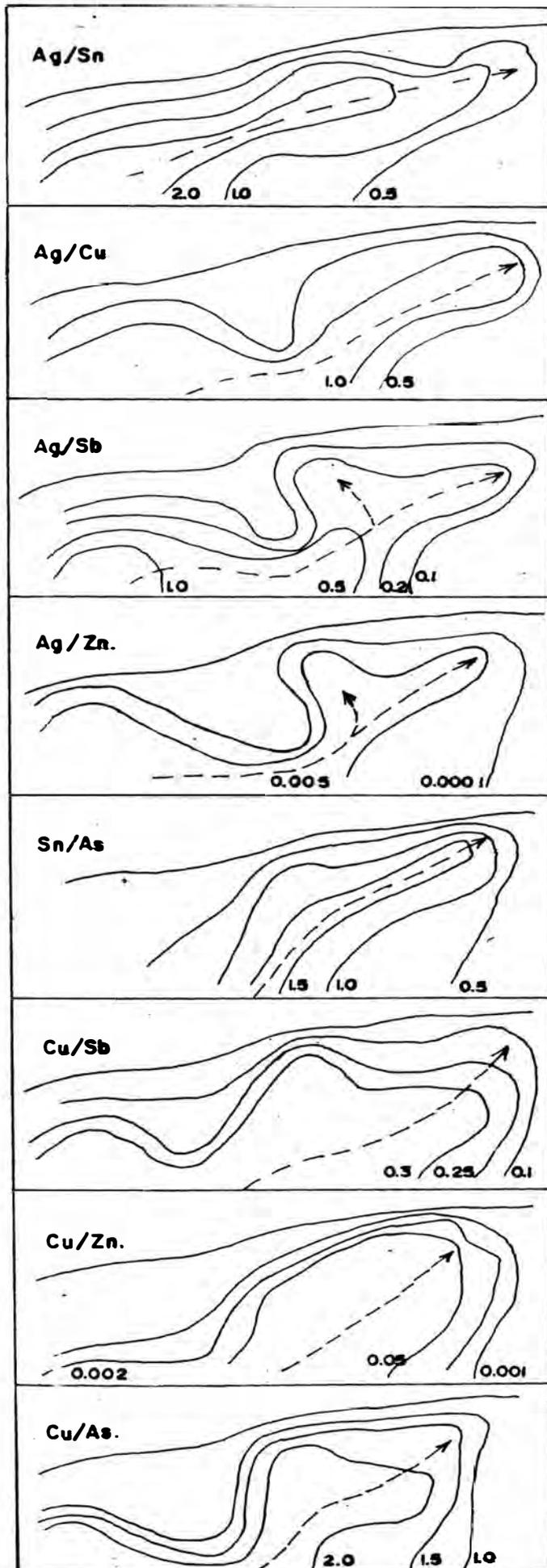


FIG. 25 : "CURVAS ISOVALORICAS DE LOS COCIENTES"

o) VETA ( PERLA ESTE - OESTE ).



**b) VETA MALAGA - PAGARE**



#### 4.14 ESTUDIO ESTRUCTURAL DE DATOS

a) Promedio de las Vetas con diferentes rocas encajonantes.

##### a.1) VETA PERLA ESTE-OESTE

Si la roca encajonante es la Cuarzomonzo nita los valores promedios de la cantidad de metal obtenidos de la Ag, Sn, Su, Sb, Zn, Cd, In, Ga y As, son mayores que cuando tienen como roca encajonante la Pizarra gris a excepción del Bi y Ga que son relativamente mayores. (Ver cuadro N°26).

##### a.2) VETA PERLA

Si la roca encajonante es el contacto de la pizarra negra y gris los valores promedio de la cantidad de metal obtenidos de la Ag, Sn, Cu, Sb, Zn, Cd, In, Bi, - Ge y As son mayores que cuando la roca encajonante es la pizarra gris a excepción el Galio.

##### a.3) VETA MALAGA-PAGARE

Los mayores valores del promedio de la cantidad de metal teniendo como roca encajonante la arenisca tenemos la Ag y - el Ga, en la Pizarra gris tenemos el In

CUADRO N° 26

PROMEDIO DE LAS VETAS CON DIFERENTES ROCAS ENCAJONANTES (ppm)

VETA Roca Encaj.	PERLA ESTE-OESTE		PERLA		MALAGA	PAGARE	
	QMz	Pizarra Gris	Pn-Pg	Pg	Arenisca	Pizarra Gris	Pizarra Negra
Ag	212.6	6.9	72.5	9.03	267.3	0.7	1.32
Sn	194.5	100.5	45.6	37.8	186.8	172.0	462.0
Cu	349.9	254.2	183.6	34.7	286.3	235.0	742.5
Sb	385.4	213.5	69.8	18.9	1436.0	732.5	2200.0
Zn*	401.2	0.22	10.9	10.5	29.3	18.4	110.0
Cd	223.9	212.0	60.4	13.7	207.7	133.0	660.0
In	29.9	16.3	4.9	4.4	17.6	1395.0	36.3
Bi	2.2	2.5	0.92	0.42	1.6	2.4	3.3
Ga	7.5	7.8	5.4	6.7	11.1	6.0	11.0
Ge	14.8	11.3	8.5	5.3	15.4	15.8	27.5
As	1306.7	699.9	91.4	63.0	163.0	179.5	308.0

NOTA : El valor del Zn se debe multiplicar por  $10^3$ .

dio y en la Pizarra negra tenemos el Sn, Cu, Sb, Zn, Cd, Bi, Ge y As.

#### b) Correlación en los Sulfocalcófilos

De acuerdo a la clasificación geoquímica de Szadeczky-Kardoss (1958), en la familia de los Sulfocalcófilos, se observa una buena correlación positiva (mayor de 0.7) de la cantidad de metal de los siguientes elementos:

##### b.1) VETA PERLA ESTE-OESTE

- Cu,Sb-(Cd, Bi,Ga, Ge) en el nivel Perla (Ver Figura 27 y Cuadro XI).
- Ga-Ge en el nivel Húmeda.(Ver Figura 28 y Cuadro XII).
- Cu,Bi, As-In,Bi-Ga y Bi-Ge se observa una correlación negativa (desde -0.899 a -0.752), ésto significa que a medida que aumenta los valores de uno, disminuye, los valores del otro y/o viceversa. (Nivel Húmeda).
- Ag,Ge, Sn-In,Cu-(Cd,In,Ga,Ge) Zn-(Cd In,Ge) y Ga-In, teniendo como roca encajonada ~~en~~ la Cuarzomonzonita.(Ver Cuadro V)

- Sn-(Cd,Ga,Ge), Cu-(Cd,Ga,Ge), Sb-(Cd Ga,Ge) y Ga-Ge, teniendo como roca - encajonante la pizarra gris (Ver cuadro XVI).

#### b.2) VETA MALAGA PAGARE

- Ag-(In,Bi,Ga,Ge), Cu-(In,Ga,Ge), Sb-(Cd,Bi,Ga,Ge) y el As-(Cd,In,Bi,Ga, Ge), en el nivel Pagaré. (Ver Figura 29 y Cuadro XIII).

Sn (Cd,In,Bi,Ga,Ge), Cu-(Cd,In,Bi,Ga, Ge), Sb-(Cd,In,Bi,Ga,Ge) y el As-(Cd, In,Bi,Ga,Ge) en el nivel Málaga. (Ver Figura 30 y Cuadro XIV).

- Ag-(In,Bi,Ga,Ge), Sn-(Bi,Ge), Cu-(In, Bi,Ga,Ge), Sb-(Cd,Bi,Ga,Ge), As-Cd, Cd-Bi y Bi-(Ga,Ge), teniendo como roca - encajonante la Arenisca. (Ver cuadro XVII).

#### c) Asociación Mineralógica de la Plata

La asociación mineralógica de la plata se observa por una correlación positiva. (mayor de 0.7), entre sus componentes principales tenemos:

## c.1) VETA PERLA ESTE-OESTE

-Ag-Sb en las sulfosales-estibina en el nivel Perla.

-Ag-Cu-Sb en las sulfosales (Tetraedrita, Polibasita, Jamesonita) en el nivel Húmeda.

-Ag-(Cu-Sb) en las sulfosales, teniendo como roca encajonante la Cuarzomonzonita.

-La Plata no presenta una buena asociación mineralógica. (Bajo coeficiente de correlación), siendo la roca encajonante la Pizarra gris.

## c.2) VETA MALAGA-PAGARE

-Ag-(Sn,Cu,Sb,As) en las sulfosales en el nivel Pagaré.

-La plata no presenta una buena asociación mineralógica en el nivel Málaga. (Baja correlación).

-Ag-(Sn,Cu,Sb,As) en las sulfosales, - teniendo como roca encajonante la arenisca.

d) Asociación de minerales que se depositaron a alta temperatura.

De acuerdo al estudio de la paragénesis (Ver cuadro 7) del yacimiento, la primera etapa de deposición se forma a alta temperatura y se observa una buena correlación positiva - (mayor de 0.7) entre sus componentes principales tenemos:

d.1) VETA PERLA ESTE-OESTE

-Zn-Sn, se encuentra en la marmatita y en la estannita en el nivel Perla.

-Zn-Cd-In, en la marmatita hay una gran afinidad al Cadmio e Indio en el nivel Húmeda.

-Zn-As,Cu-(Sb-Zn) y Sn-(Cu,Zn) se encuentra en la arsenopirita, marmatita y chalcopirita, teniendo como roca encajonante la Cuarzomonzonita, posible causante de la mineralización.

-Zn-As,Cu-Sb y Sn-(Cu,Sb), se encuentra en la arsenopirita, marmatita y chalcopirita, teniendo como roca encajonante la pizarra gris.

d.2) VETA MALAGA-PAGARE

-En el nivel Pagaré las correlaciones son muy bajas.

-Sn-(Cu,Sb,Zn,As) se encuentra correlacionado con la arsenopirita, marmatita y chalcopirita, en el nivel Málaga.

-As -(Sn & Cu), se encuentra en la arsenopirita y la chalcopirita, teniendo como roca encajonante la arenisca.

- e) Asociación de minerales que se depositaron a alta y baja temperatura.

Es interesante observar una buena correlación positiva (mayor de 0.7) entre elementos que representa a minerales que se depositaron a baja temperatura (estibina y jamesonita) con minerales que se depositaron a alta temperatura (arsenopirita, marmatita y chalcopirita), en diferentes rocas encajonantes:

- Sb-As, en la pizarra gris.
- Sb-(As,Zn,Cu,Sn) en la arenisca).

FIGURA 27.- DIAGRAMA DE VARIACION DE LA CANTIDAD DE METAL DE LA VETA PERLA ESTE-OESTE, NIVEL PERLA.

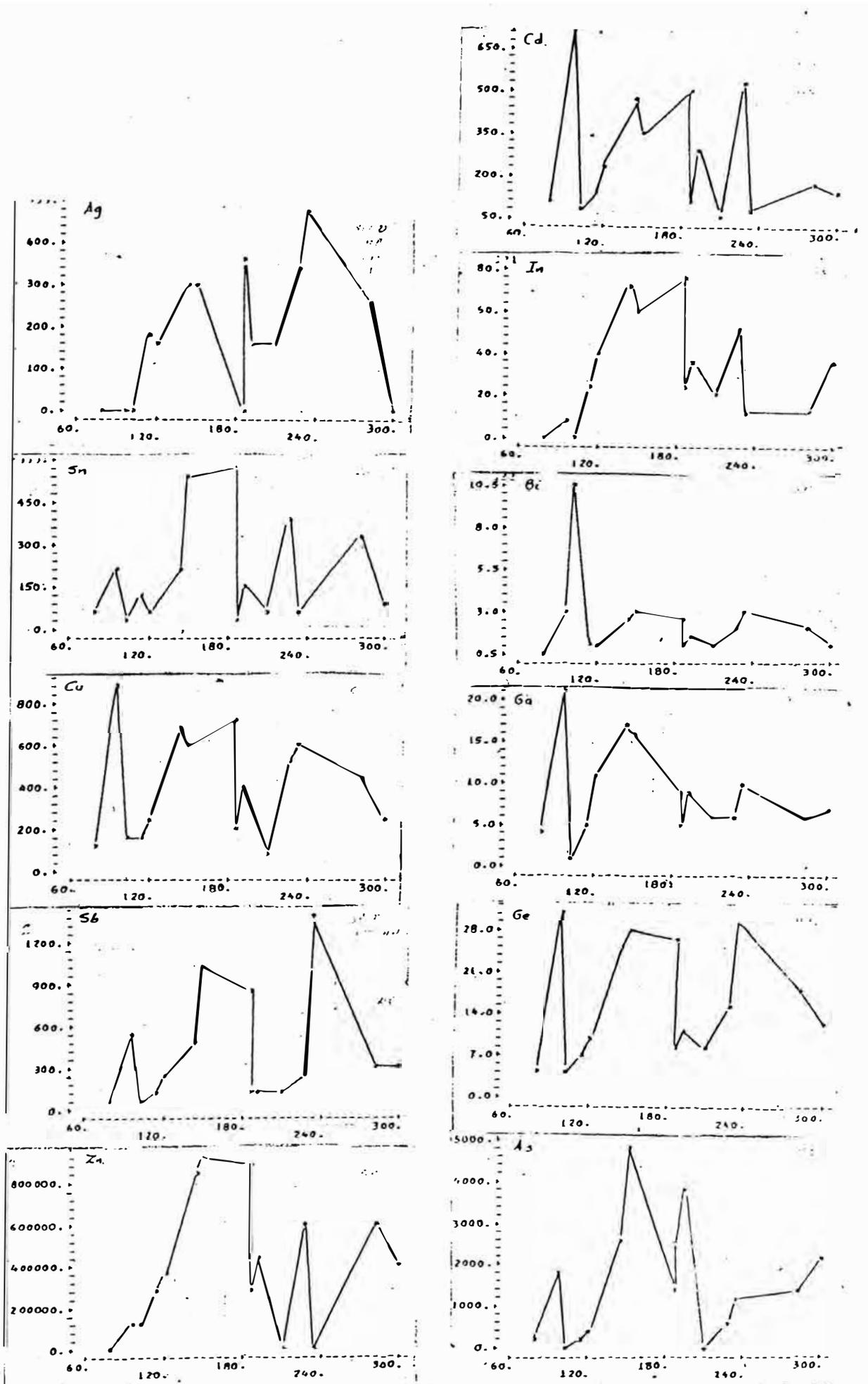


FIGURA 28.- DIAGRAMA DE VARIACION DE LA CANTIDAD DE METAL DE LA VETA PERLA ESTE-OESTE, NIVEL HUMEDA.

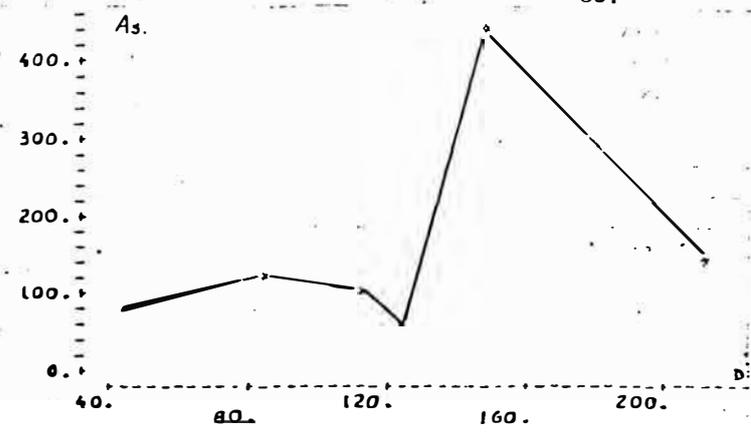
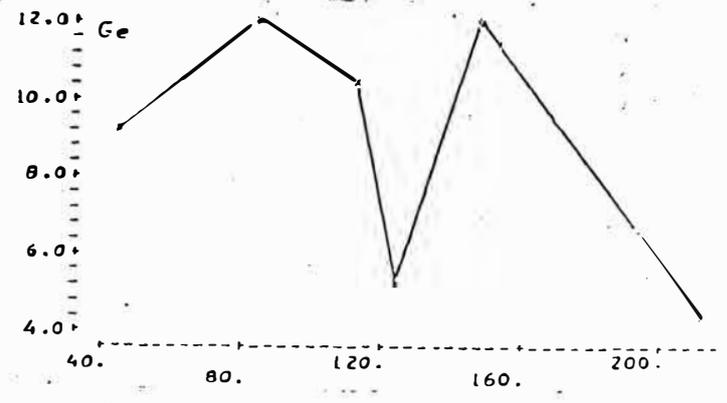
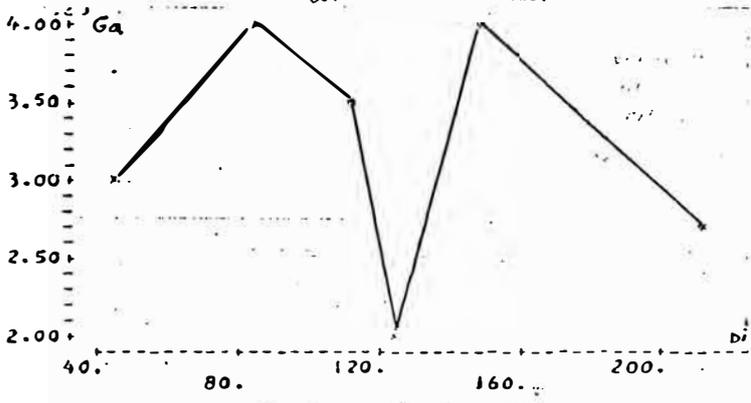
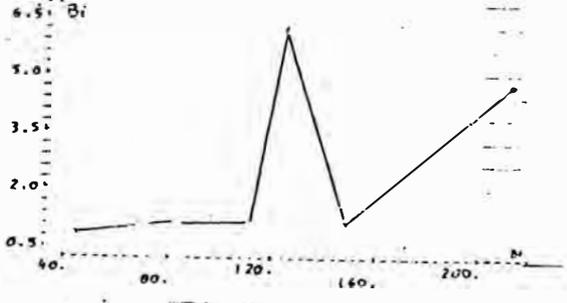
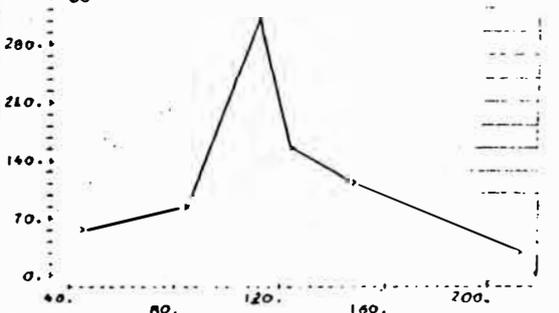
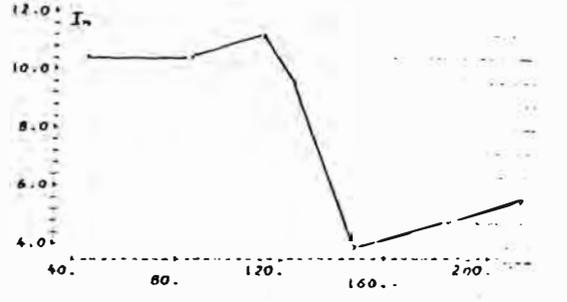
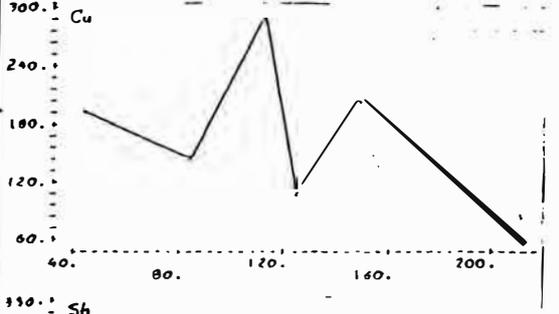
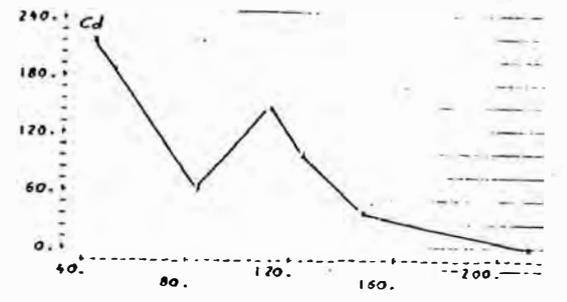
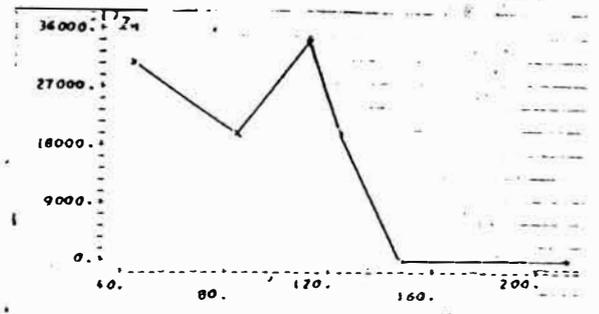
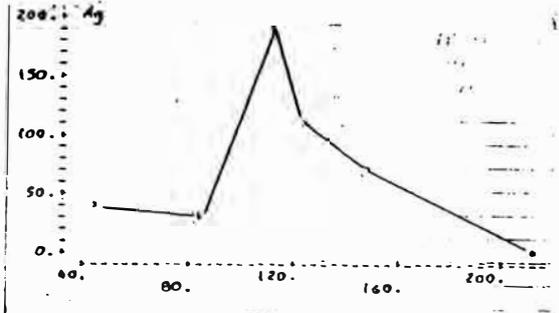


FIGURA 29 DIAGRAMA DE VARIACION DE LA CANTIDAD DE METAL DE LA VETA MALAGA-PAGARE, NIVEL PAGARE

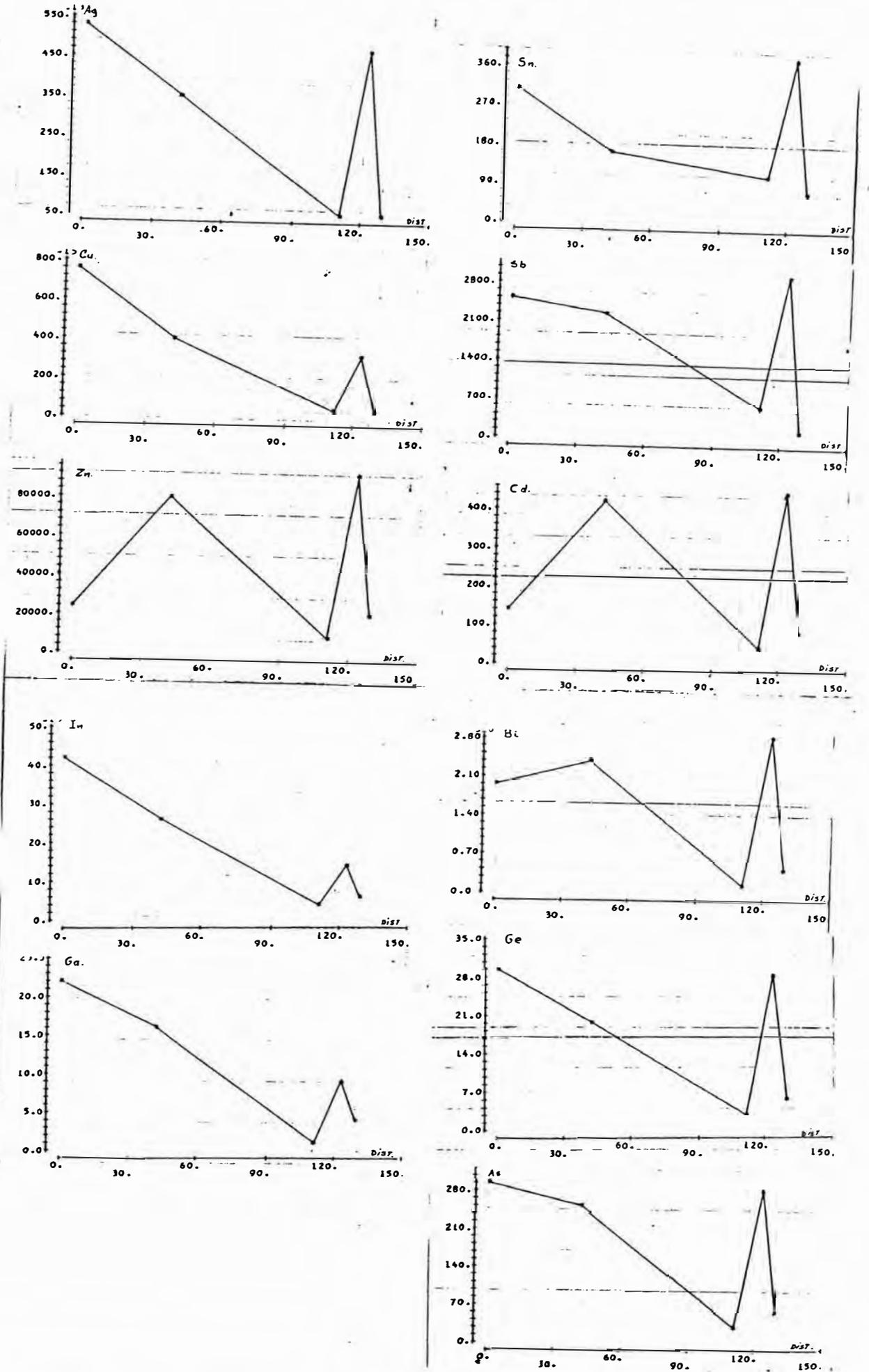
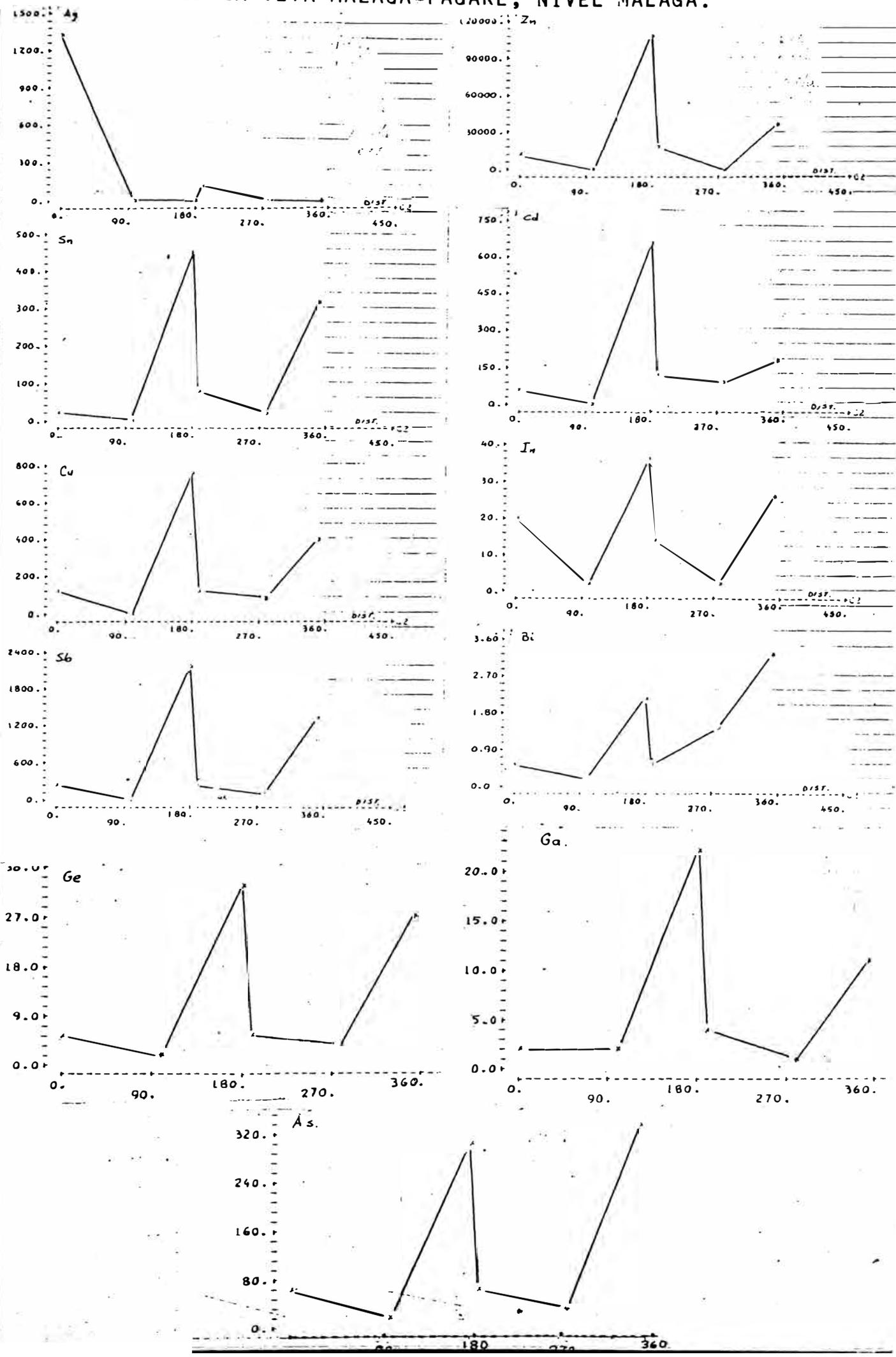


FIGURA. 30 DIAGRAMA DE VARIACION DE LA CANTIDAD DE METAL DE LA VETA MALAGA-PAGARE, NIVEL MALAGA.



#### 4.15 DESCRIPCION DEL EQUIPO UTILIZADO

En esta investigación el equipo utilizado en el laboratorio de Espectrometría de la Universidad Nacional de Ingeniería, es el espectrográfo Jarrrell-Ash, modelo 70-300 serie 3.4.

Este equipo permite producir, dispersar y detectar los espectros para la determinación cualitativa, semicuantitativa y cuantitativa simultánea de los elementos.

Las muestras han sido recogidas en los niveles de la Mina San Gregorio. Después de cuartear fueron molidas y pesadas. Se utilizó en cada electrodo 12.5 mgr. de muestra, a ella se le agrega 12.5 mgr. de grafito espectroscópico.

Las condiciones experimentales del equipo son:

Dispersión lineal	: 5A°/mm en el 1er. orden.
Excitación	: arco C- D
Apertura	: 4 mm.
Intensidad de la corriente	: 9 Amp.
Tiempo excitación	: 60 segundos.
Región espectral	: 2200 - 3550 A°
Eléctrodos	: Gráfito
Impurezas electrodos	: Cu 1.2 ppm. , Mg 06. ppm. Si 0.5 ppm.
Peso por muestra	: 25 mgrs.
Emulsión de las placas:	SA- 1

### CONCLUSIONES

La presencia del Ga (3 ppm) Vs B (50 ppm) en la pizarra negra y Ga (4 ppm) Vs B (60 ppm) en la pizarra gris, demuestra el carácter marino de las rocas mencionadas.

La presencia del Vanadio (10-100 ppm) como elemento traza en la pizarra negra más que en la pizarra gris demuestra la presencia de materia orgánica en la muestra.

Los principales minerales encontrados en este yacimiento son: senopirita, esfalerita, pirrotita, chalcopirita, estannita, galena, cobre gris, pearcita, polibasita, pirita, marcasita, siderita y jamesonita y son minerales de alta, media y baja temperatura de deposición.

Las rocas ígneas del yacimiento San Gregorio concuerdan con el proceso de diferenciación y mineralización en la región central, donde se generaron estos yacimientos de filiación ígneo-hidrotermal.

La generación del vapor acuoso del fluido magmático de la cuarzomonzonita, en conjunción con aguas inna-

tas y meteóricas, puede ser importante en la generación de las soluciones hidrotermales.

Los análisis de los multielementos nos revela las asociaciones sulfocalcófilo y litófilo en sulfuros de este yacimiento.

La presencia del In como elemento traza en la marmatita indica que se ha formado a alta temperatura (mayor de 350°C).

La precipitación de la primera etapa de la secuencia paragenética fué mayor de 350°C y la segunda, tercera y cuarta etapa fue menor de 350°C.

La salinidad (10-20%) permite una mayor movilidad de la plata en un ambiente hipógeno.

Presenta una buena correlación regional la relación Ag Vs. Pb, Cd Vs. In, además las leyes de Bismuto son bajas y altas las leyes de plata.

En la veta Málaga-Pagaré, se observa en las curvas isovalóricas de leyes un ascenso inclinado hacia el NW y que concuerda con los cocientes metálicos.

En la veta Perla Este-Oeste, teniendo como roca encajonante la Cuarzomonzonita, el promedio de leyes de la potencia, Ag, Sn, Cu, Sb, Zn, Cd, In, Bi y Ge son mayores que cuando tienen como roca encajonante la pizarra gris a excepción del Ga y As que son relativamente mayores.

En la veta Perla Este-Oeste, teniendo como roca encajonante la Cuarzomonzonita, el promedio de la

cantidad de metal de la Ag, Sn, Cu, Sb, Zn, Cd, In, Ge y As son mayores que cuando tienen como roca encajonante la pizarra gris a excepción del Bi y Ga que son relativamente mayores.

En la veta Perla, teniendo como roca encajonante el contacto Pizarra negra y gris, el promedio de leyes de la potencia Ag, Sn, Cu, Sb, Zn, Cd, In, Bi y Ge son mayores que cuando tienen como roca encajonante la pizarra gris a excepción del Ga y As que son relativamente mayores.

En la veta Perla, teniendo como roca encajonante el contacto Pizarra negra y gris, el promedio de la cantidad de metal de la potencia, Ag, Sn, Cu, Sb, Zn, Cd, In, Bi, Ge y As, son mayores que cuando tienen como roca encajonante la pizarra gris a excepción del Ga.

En la veta Málaga-Pagaré, teniendo como roca encajonante, la arenisca, el promedio de leyes de la Ag, Sn, Sb, Zn, In, Ga, Ge y As son mayores en la pizarra gris es mayor el Cu, en la pizarra negra la potencia Zn y Cd son mayores.

En la veta Málaga-Pagaré, los mayores valores del promedio de la cantidad de metal teniendo como roca encajonante la arenisca tenemos la Ag y el Ga, en la pizarra gris tenemos el In, en la pizarra negra tenemos el Sn, Cu, Sb, Zn, Cd, Bi, Ge y As.

## VI. RECOMENDACIONES

En el nivel San Gregorio explorar al NW, en una distancia aproximada de 90 m. y hacia el SE en una distancia aproximada de 90 m.

En la veta Perla Este-Oeste, explorar varios niveles debajo del nivel Manuela, ésto significa explorar - desde el NW, de una quebrada a menor cota de Manuela. A 320 m. al NW del flujo es posible hallar otro flujo mineralizante.

En la veta Perla, habilitar esta sección en el nivel Manuela para explotar esta zona, explorar el nivel inferior de Manuela desde la quebrada al NW de la zona.

Explorar la veta Málaga-Pagaré en el nivel Málaga - en la parte superior previa correlación geológica del tope de la veta Málaga con un crucero hacia el NE.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AHRENS TAYLOR (1961) Spectrochemical Analysis
- BARNES H. L y CZAMENSKE (1967) - Geochemistry of Hydrothermal ore deposits.
- BARSTAD JAN (1959) Phase relations in the system Ag-Sb-S at 400°C - ACTA CHEM. Scandinavia, v. 13, pp 1713-1768.
- BAYLY BRIAN (1972) Introducción a la Petrología.
- BELLIDO E & DE MONTRUIL (1972) Metalogenia del Perú.
- BENAVIDES Q.A. (1984) La Plata en el Perú, Revista Minería, N° 180, pp 5-11.
- BRODE WALLACE (1966) - Chemical Spectroscopy, 2a. Ed.
- BUCHLER H.S. y GOTTSCHALK W.H.
- BURNHAM W.C., OHMOTO M. (1980) Late Stage Processes of Felsic Magmatism.
- CANEPA C. (1979) Estudio microscópico de muestras en la Mina Jogochucho.
- CRAIG R. J. (1979) Review or Research on Modern Problems in Geochemistry, pp 238-245.

- DAMIANI ●. (1968) Algunos aspectos de la Alteración Hidrotermal.
- DERCOU J. & PAQUET J. (1978) Geología Ed. Reverté, S.A.
- FYFE W.S. (1981) Introducción a la Geoquímica.
- GASS H.G. & SMITH P.J. & WILSON R.C.L. (1978), Introducción a las Ciencias de la Tierra, Ed. Reverté S.A.
- GILETE B.J. & DAY H.W. (1968) Potassium Argon Age of Intrusive Rocks of Peru, Econ. Geol. v. 69, pp 347-361.
- GONZALES B.F. (1972), Introducción a la Geoquímica, OEA.
- HALL H.T. (1967) The Pearcite and Polibasite, Series, Amer. Mineralogist. v. 52, pp 1311-1321.
- HALL H.T. y ROUND R. (1964) Equilibrium relations among some silver sulphosalts and arsenic sulphides. Amer. Geophys Union Transactions. v. 45 N° 1, pp 122.
- HAWKES W.R. (1962), Geochemistry in Mineral Exploration.
- KULLERUD G. (1953) A Geological Thermometer, Nors. Geol. Tidssk V. 32, pp 81-147.
- LACY W.C. (1953) Differentiation of igneous rocks and its relation to ore deposition in central Peru. Bol. Soc.Geol. v. 26, pp. 121-138.

Geol. V. 72.

(1982) ESTUDIOS CUANTITATIVOS DEL ZONAMIENTO HIDROTHERMAL. Seminario de exploración y metalogenia de yacimientos minerales.

- PONZONI E. (1982) - Uso de los mapas metalogenéticos de exploración y su aplicación en el Perú, Seminario de Exploración y metalogenia de yacimientos minerales.
- RANKAMA, K. Y SAHAMA G.T. (1954) Geoquímica.
- SILBERMAN M.L. & NOBLE D.C. (1977) Age of igneous activity and mineralization, Cerro de Pasco, Central Perú. Econ. Geol. v. 72, pp. 925-930.
- SMIRNOV (1982) Geología de Yacimientos Minerales. 1ra. Edición 1976.
- SOLER P & ZULOAGA F. & GALOSO (1983) Estudio de la repartición de los elementos trazas asociados a los yacimientos e indicios de Pb-Zn del Perú Central.
- SZADÉCZKY-KARDOSS (1959) Seltene Elemente Und Geochemie
- TUMIALAN. P.H. (1978) Discusión sobre yacimientos xeno<sup>o</sup>termales en el Perú, XIV Convención de Ingenieros de Minas, T. II, Pag. 197-201.

- LACY W.C., HOSMER H.L. (1955) Hydrothermal leaching in central Perú, v. 51, pp 66-69.
- LAUBACHER G. (1978) El Paleozoico inferior de la Cordillera Oriental del Sudeste del Perú.
  - MASSON (1966) Principles of Geochemistry, Wiley New York
  - MCLAUGHLIN D.H. (1924) Geology and Physiography of Peruvian Cordillera Departments of Junin and Lima. Geol. Soc. America Bull., v. 35 pp 591-632.
  - OJEDA MARIA J. Ciclo Geoquímico del Oro. Plata. Bol Soc. Geol.
  - PETERSEN U. (1962) - Genesis of Ore deposits in the Andes of Central Peru, Ph D Thesis Harvard University, Cambridge U.S.A.
  - (1965) REGIONAL GEOLOGY AND MAJOR ORE DEPOSITS OF CENTRAL PERU, Econ. Geol. v. 60, N° 3, pp. 407-476.
  - (1969) COCIENTES METALICOS Y ZONAMIENTO APLICADOS A LA EXPLORACION, CONVENCION DE INGENIEROS DE MINAS.
  - (1971) ALGUNOS ASPECTOS DE IMPORTANCIA EN EL SISTEMA S-Fe-Cu-As-Sb-Pb- Bol. Soc. Geol. T. 41, pp. 21-31.
  - (1972) NUEVAS INVESTIGACIONES DE YACIMIENTOS PERUANOS. Bol. Soc. Geol. t. 42, pp.36-52.
  - (1977) GEOCHEMISTRY OF TETRAEDRITE AND MINERAL ZONING AT CASAPALCA, PERU. Econ. -

- (1978) Mineralización de Plata en la franja del Paleozoico de Cerro de Pasco.
- (1979) Metalogenia del Perú comparada con la de Bolivia. Revista Minería. N° 155, pp. 197-201.
- (1981) Investigación en la Génesis de yacimiento de minerales metálicos del Perú.
- (1983) Zonamiento de Yacimientos Hidrotermales en el Perú, Revista Minería N°178 Parte I. pp 26-32 y Parte II N° 179, pp 23-31.
- VIDAL C. y PETERSEN G. (1983) Tres épocas metalogenéticas evidenciadas en el Cenozoico del Perú. Bol. Soc. Geol.
- WHITNEY A. J. (1975) Vapor Generation in a quartz monzonite magma: A synthetic model with application to porphyry copper deposits. Econ. Geol. Vo. 70 pp. 346-358.

LEYENDA

Rocas Intrusivas (Terciario Superior)

Cuarzomonzonita Qmz

Diorita Dio

Rocas Metamórficas (Devónico-Silúrico) Pe

de la formación Excelsior:

Arenisca Ar

Pizarra negra Pn

Pizarra gris Pg.

SIGNOS CONVENCIONALES

Labores Subterráneas y puntos topográficos

(Del Plano 3 al 7)



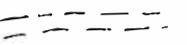
Afloramiento de Veta a la vista.

(Plano 2)



Afloramiento de Veta inferido

(Plano 2)

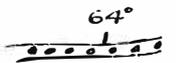


Contacto de roca



Vetas y buzamiento en labores subterráneas

(Plano 3 al 7)



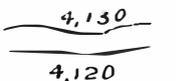
Rumbo y buzamiento de estratos

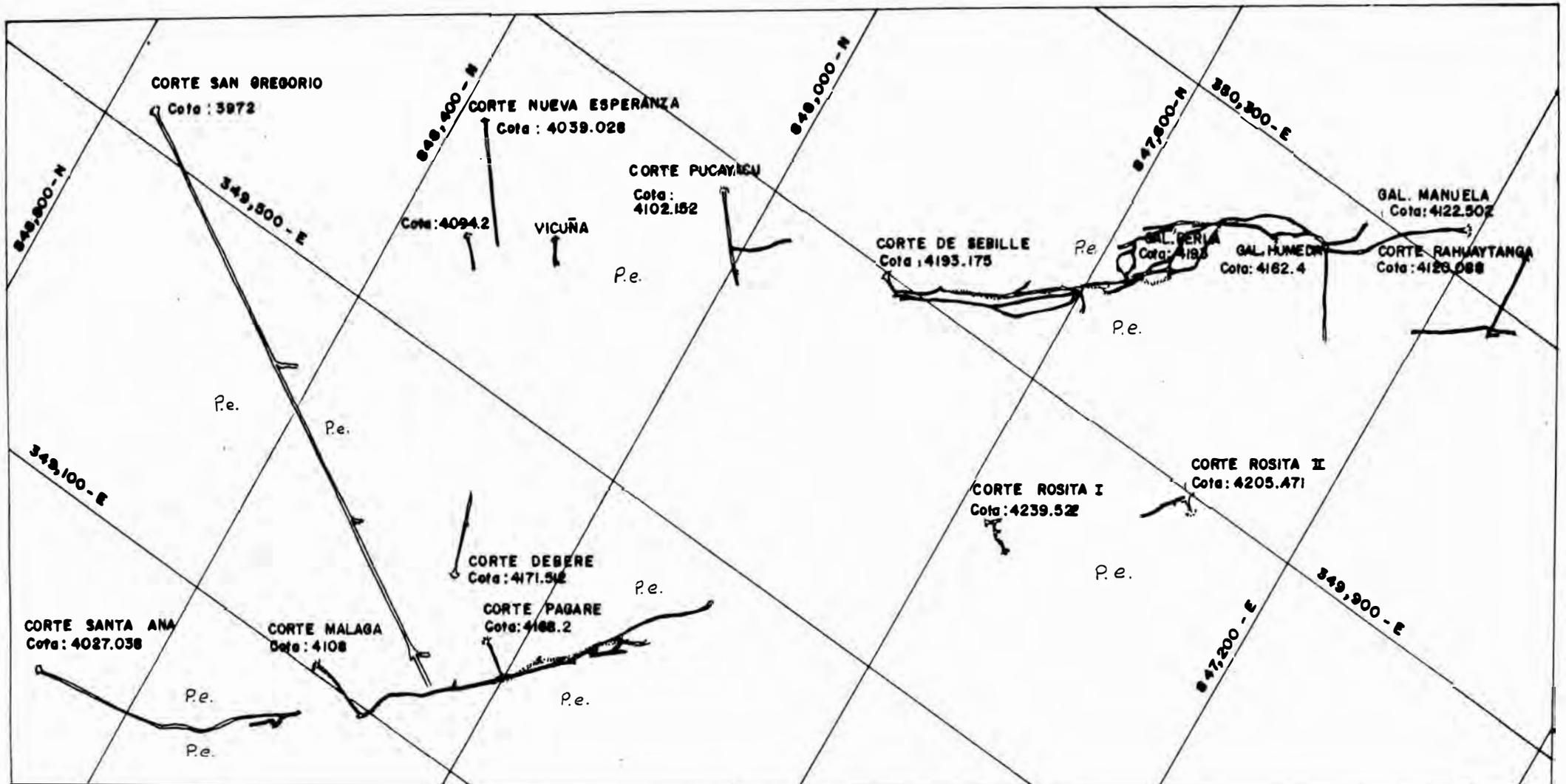


Sección longitudinal

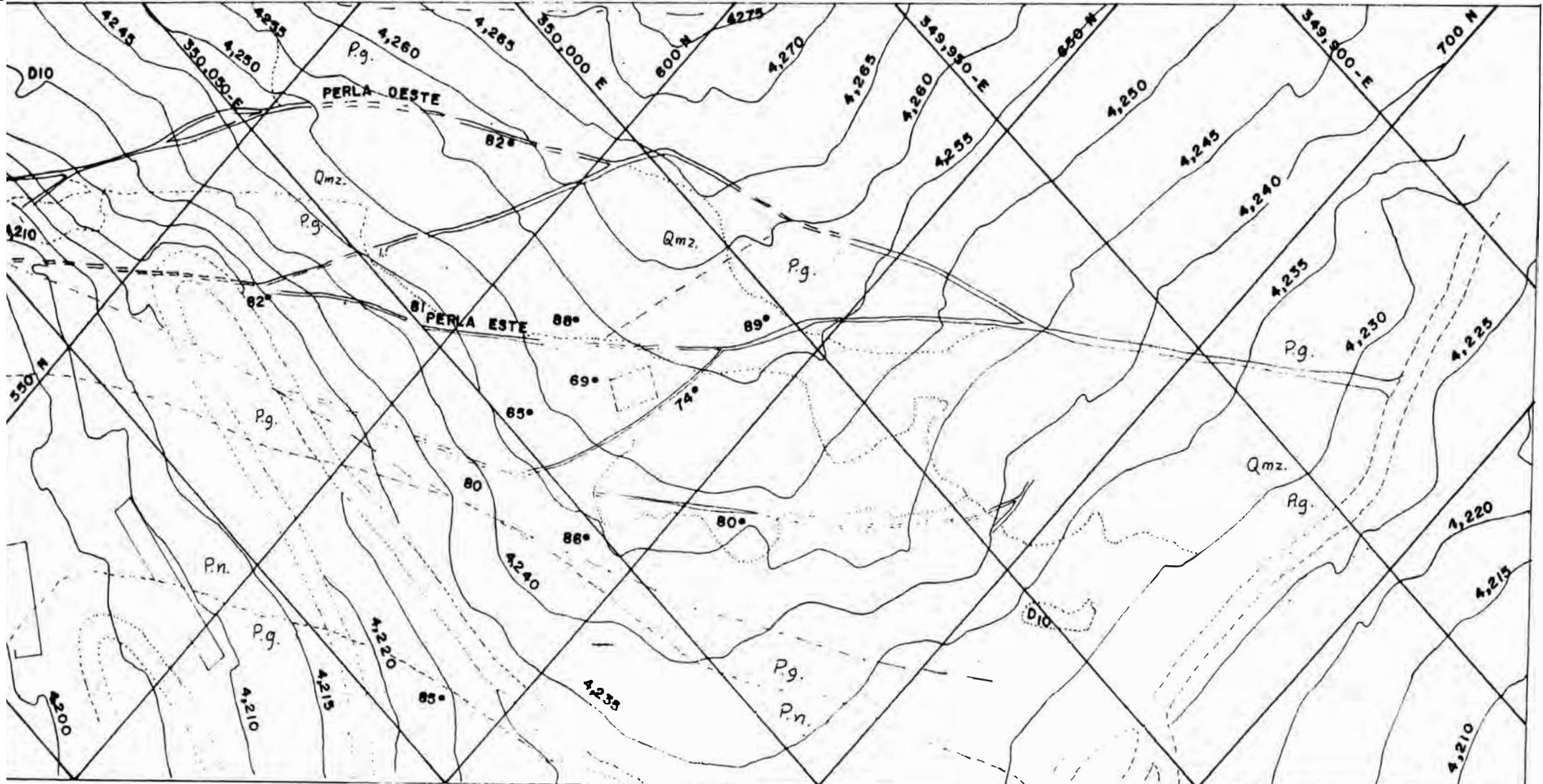


Curvas de nivel



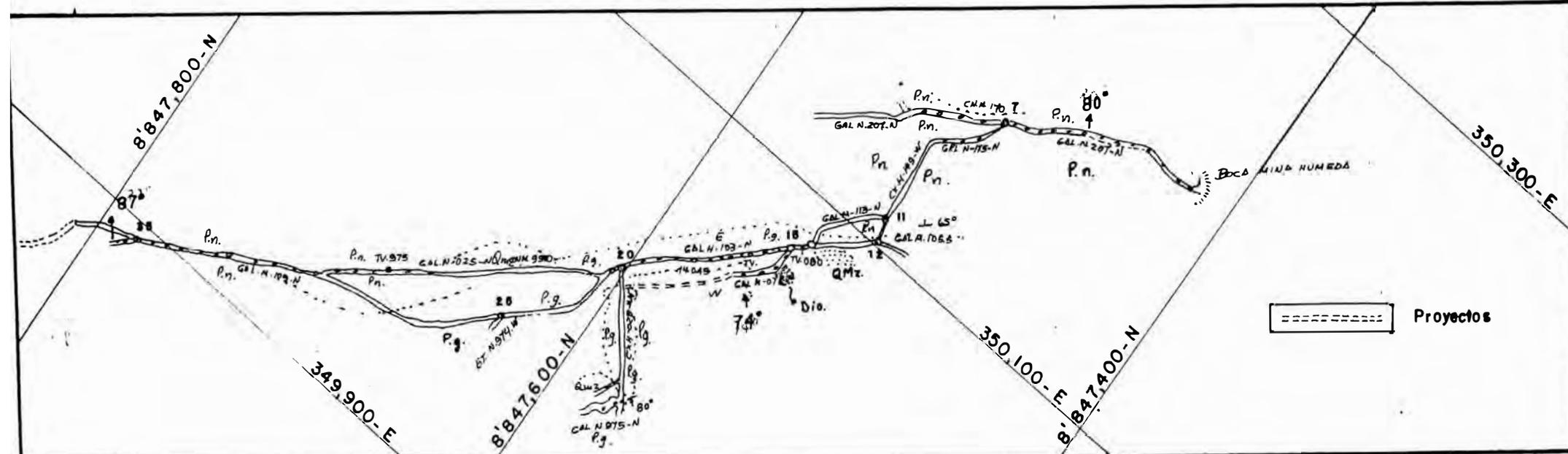
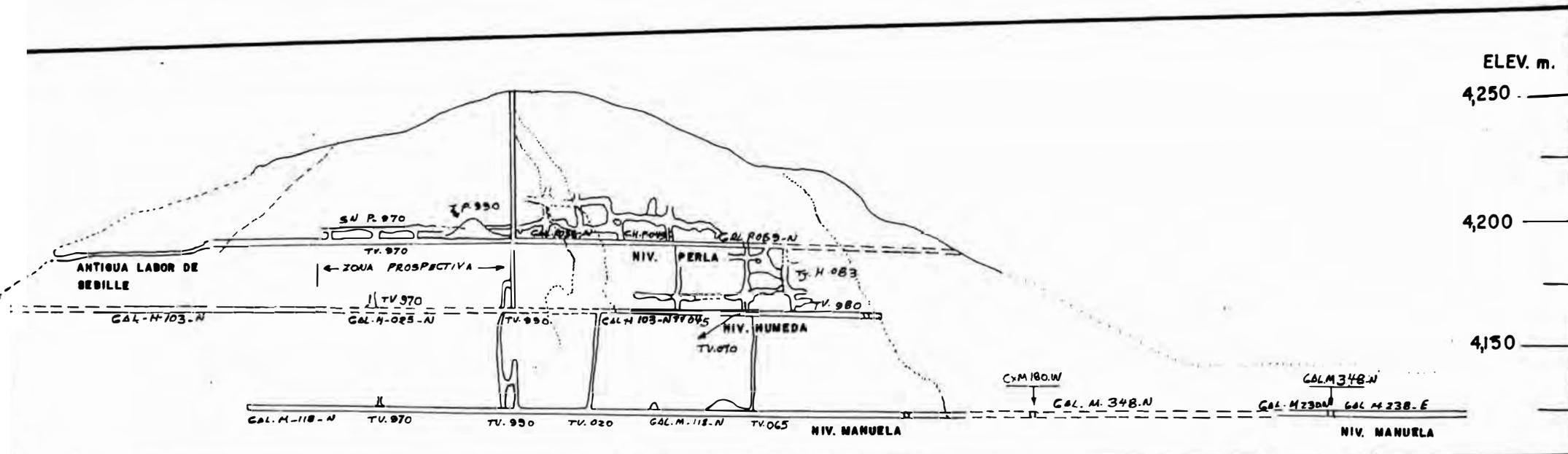


TOPOGRAFIA:		FECHA:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA ESCUELA DE GRADUADOS "GEOLOGIA"	PLANO Nº <b>1</b>
GEOLOGIA :				
APROBADO :		DIBUJO:H.R.C.	PLANO COMPOSITO DE LA NIÑA "SAN GREGORIO"	
ESC: 1/2500		COOR: U.T.M.		

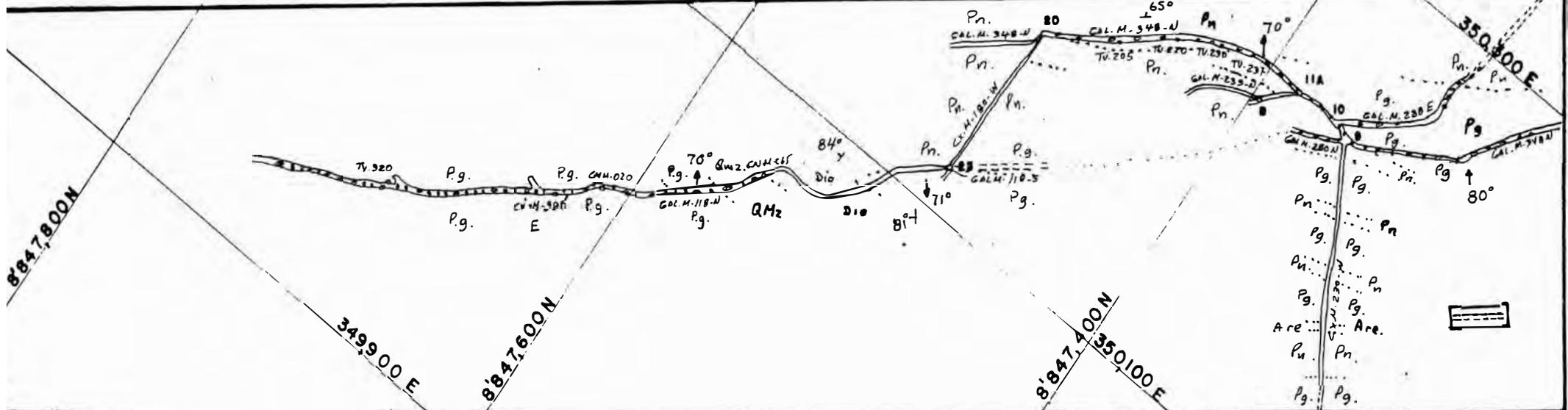
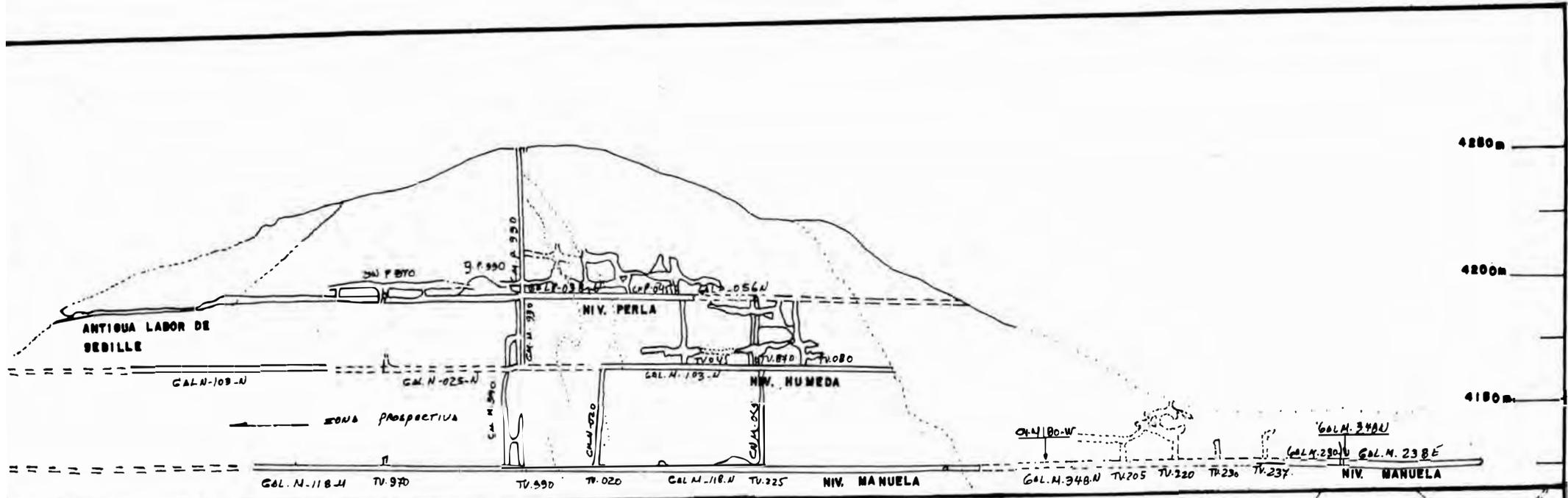


TOPOGRAFIA:	FECHA:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	PLANO Nº
GEOLOGIA :	DIBUJO:H.R.C.		
APROBADO :	COOR:	PLANO GEOLOGICO LOCAL	
ESC: 1/500			2



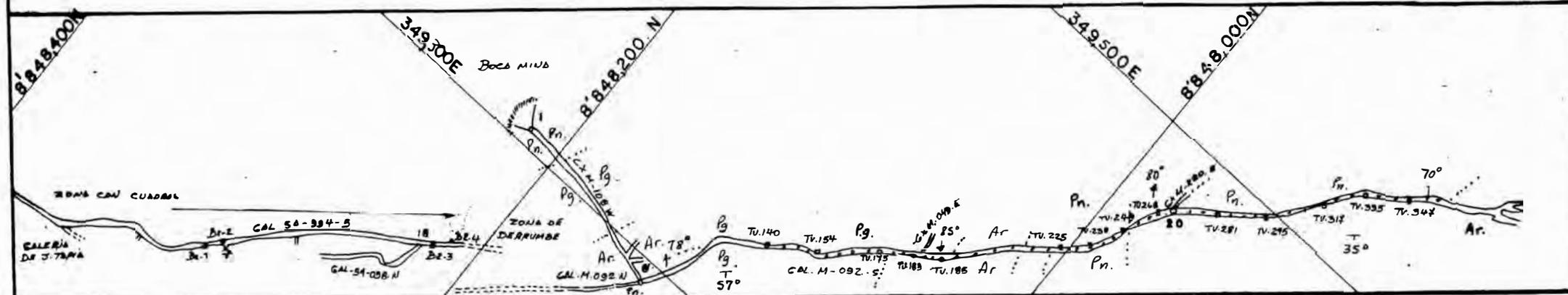
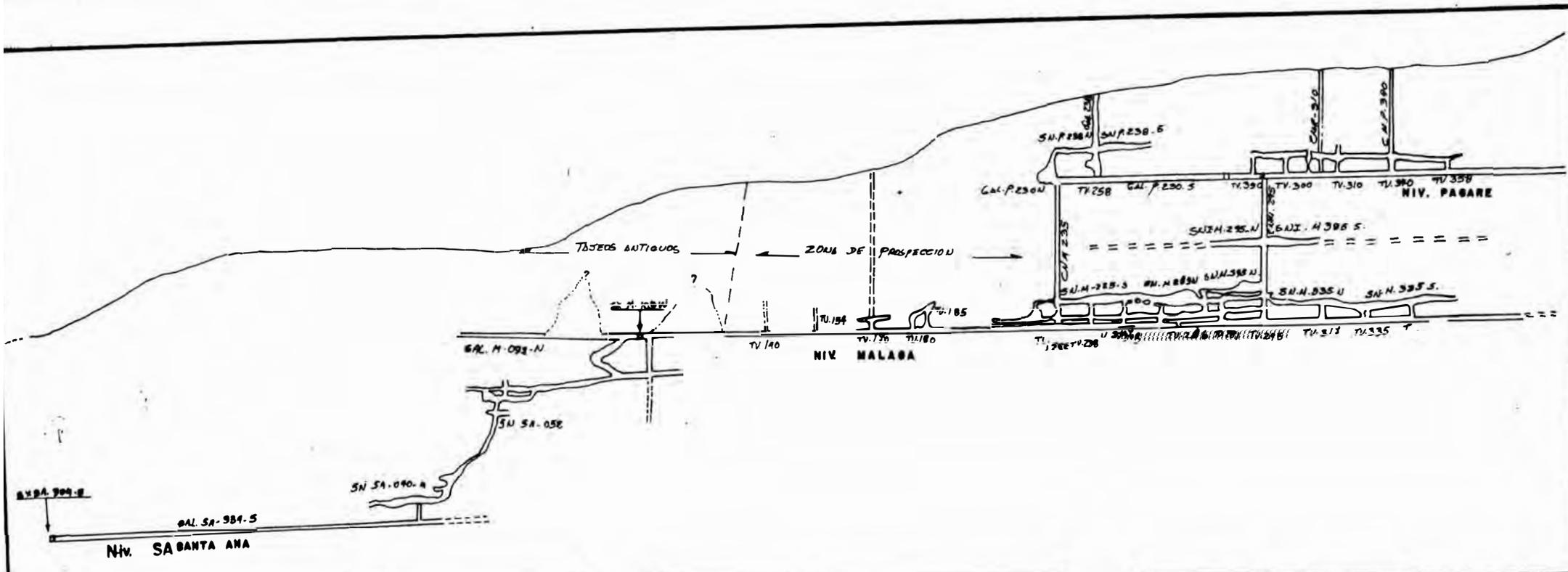


Topografía:	Fecha:	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>	Plano N°
Geología: ING <sup>o</sup> T.CHAVEZ			
Dibujo: V.S.V		<b>VETA PERLA. E-O NIVEL HUMEDA</b>	<b>4</b>
Aprobado:		ESCALA: 1/2500	



Topografía:	Fecha:	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA DE GRADUADOS-ESPEC. GEOLOGIA</b> <b>VETA PERLA E-O NIVEL MANUELA</b>	Plano N°  <b>5</b>
Geología: ING. T. CHAVEZ			
Dibujo: V.S.V			
Aprobado:			
		ESCALA: 1/2500	COORD: U.T.M.





Topografía:	Fecha:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA ESCUELA DE GRADUADOS-ESPEC. GEOLOGIA VETA MALAGA - PAGARE NIVEL MALAGA.	Plano N°
Geología: ING. T. CHAVEZ			7
Dibujo: V.S.V.		ESCALA: 1 / 2500	COORD: U.T.M.
Aprobado:			

CAPITULO VIII

APENDICE

CUADRO N° 1

ANALISIS DE LA CUARZOMONZONITA

	<u>% PESO</u>
SiO <sub>2</sub>	65.10
TiO <sub>2</sub>	0.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.90
FeO	1.95
MnO	6.33
MgO	1.30
CaO	3.20
Na <sub>2</sub> O	2.95
K <sub>2</sub> O	3.83
H <sub>2</sub> O	2.89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.70

CUADRO II

PARAMETROS PARA OBTENCION DE ESPECTROGRAMAS

Nº LAB.	ESCALA	TIEMPO (Seg)	PLACA 270 INT.	PLACA 271 INT.	Nº LAB.	PLACA 272 ESCALA	INT.	TIEMPO (Seg)
1 Ref.	7	30	9.0	9.0	1	17	8.6	30
2	20	30	8.2	8.2	2	20	8.4	30
3	23	30	8.2	8.2	3	23	8.4	30
4	26	30	8.4	8.2	4	26	8.2	30
5	29	30	8.4	8.1	7	35	8.2	30
6	32	30	8.4	8.0	13	53	8.2	30
7	35	30	8.2	8.2	14	56	8.0	30
8	38	30	8.1	8.2	17	65	8.2	30
9	41	30	8.2	8.2	18	68	8.0	30
10	44	30	8.4	8.3	19	71	8.0	30
11	47	30	8.2	8.1	20	74	7.9	30
12	50	30	8.0	8.3	21	77	7.9	30

CUADRO II : Continuación

13	53	30	8.4	8.1	23	83	8.2	30
14	56	30	8.1	8.0				
15	59	30	8.1	8.3				
16	62	30	8.0	8.4				
17	65	30	8.0	8.6				
18	68	30	8.2	8.2				
19	71	30	8.2	8.4				
20	74	30	8.4	8.4				
21	77	30	8.2	8.4				
22	80	30	8.1	8.4				
23	83	30	8.1	8.4				
24	86	30	8.2	8.6				
25	89	30	8.2	8.2				
26	92	30	8.2	8.4				

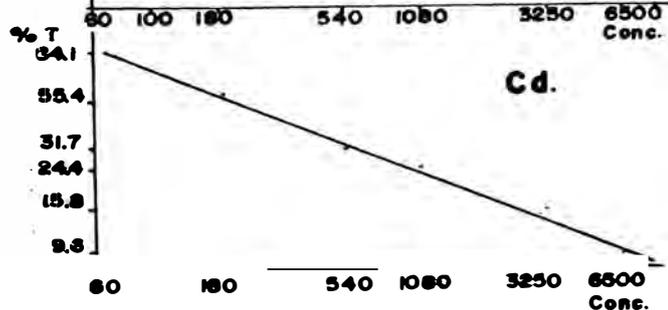
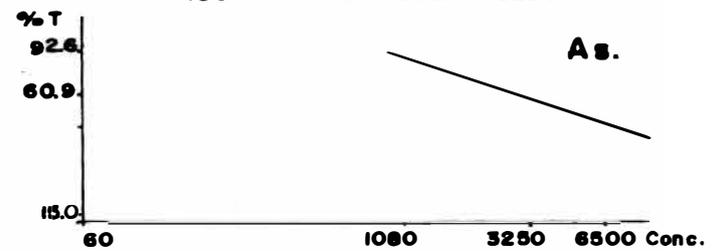
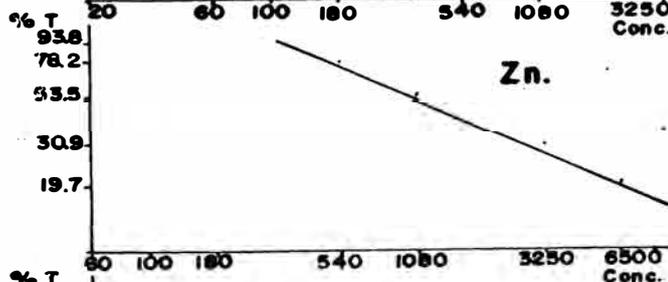
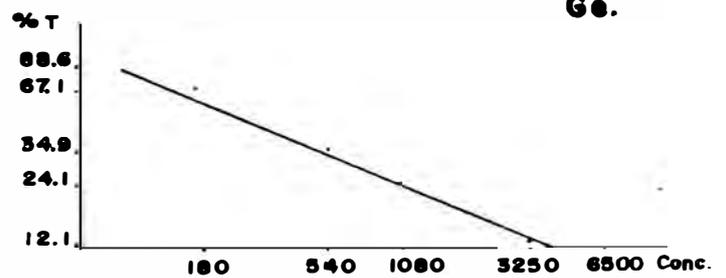
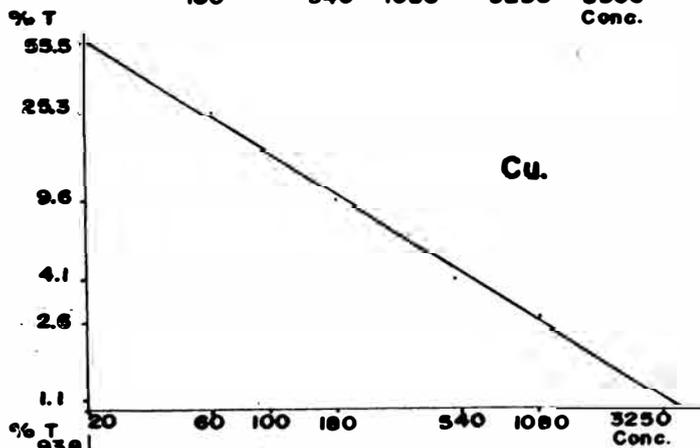
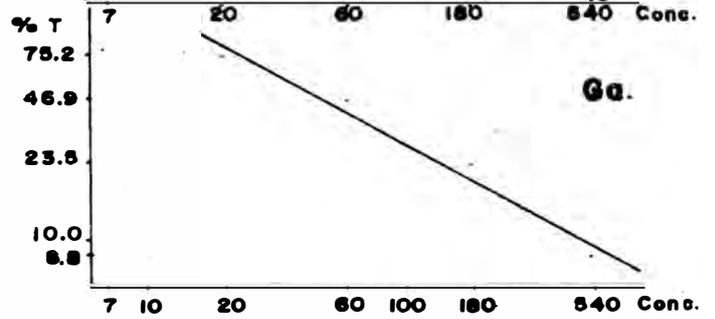
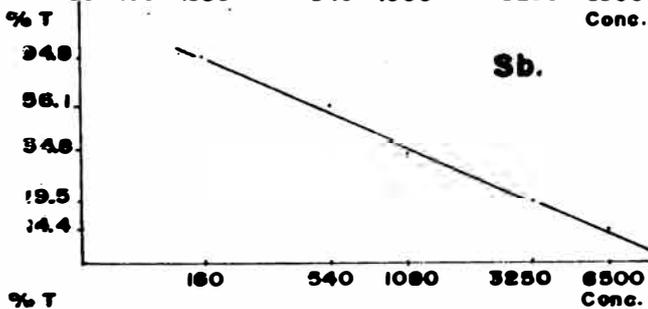
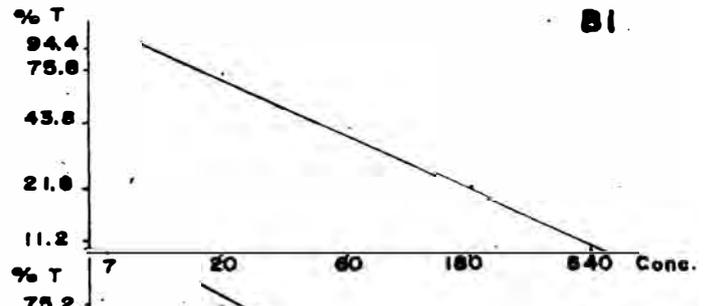
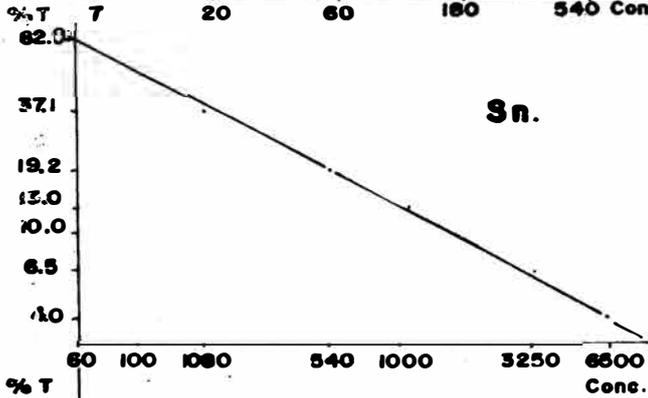
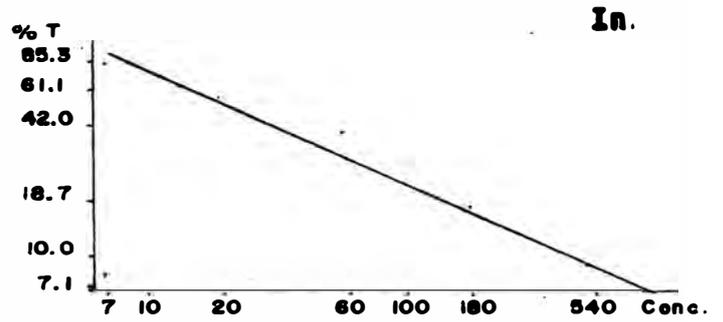
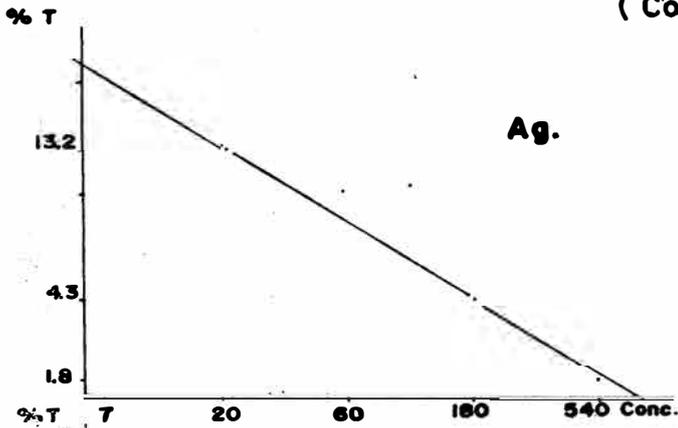
CUADRO III

DATOS PARA CURVAS DE CALIBRACION

CONCENTRACION (ppm)	% T Ag	% T Sn	% T Sb	% T Cu	% T Zn	% T Cd	% T In	% T Bi	% T Ge	% T Ga	% T As
6500		4.0	14.4	1.0	19.7	9.6					43.8
3250		6.5	19.5	1.1	30.9	15.8			12.1		60.9
1080		13.0	34.8	2.6	53.5	24.4			24.1		92.6
540	1.8	19.2	56.1	4.1	78.2	31.7	7.1	11.2	34.9	8.8	
180	4.3	37.1	94.8	9.6	93.8	55.4	18.7	21.8	67.1	23.5	
60	13.2	82.0		25.7		84.1	42.0	43.8	88.6	46.9	
20	21.1			55.5			61.1	75.8		75.2	
7	47.1						85.3	94.4			

# Grafico IV: CURVAS DE CALIBRACION OBTENIDAS POR ESPECTROGRAFIA

(Conc. en P.P.M. )



CUADRO V: RESULTADOS DE ANALISIS ESPECTROGRAFICO  
 CUALITATIVOS

PLACA 270

N° LAB.	E MAYOR	E MENOR	E. MAYOR	TRAZAS INT.	MENOR	VEST.
2	Zn	Fe, Si Pb	Cu, Al Mg, Mn	Ag-Ca Sn	In-Sb Cd-Ti Co	As B
3	Zn	Fe, Al Si	Mg, As Pb, Mn	Sn-Cd	Sb-Co. Cu-In Ag-Ti Co.	B
4	Zn	Fe, Si	Al-Mg As-pb Mn	Cu.	Sb-Ca-Sn Cd-In-Ag Co	B
5	Zn	Fe, Si Pb	Al-As-Mg Mn	Cu-Sn Ag	Sb-Cd. In-Ti-Ca	Ca B
6	Zn	Fe, Pb	Si-As Mn.	Cu, Sn Cd, Ag Al, Mg.	Sb-In Co	Ti Co, B
7	Zn	Fe, Si	Al-As Mg-Pb Mn.	Cu.	Sb-Sn Cd-In Ag-Ti Co-Ca	B
8	Zn	Fe, Si	Al-As	Cu-Sn Ag-Mn	Sb-Cd Ti-Co	Ca In, B

CUADRO V Continuación

17	Zn.	Fe, Si	Mn-Pb, Mn	Ca-Cu Sn-Ag Al	Cd-In Sb-Ti Co	N
18	Zn	Fe	Si-Mn	Cu-Sn Al-Mg Pb	Cd-In Sb-Ag Co	Ca Ti B
19	Zn	Pb, Sb	Si-Mn	Cu-sb Ag-Al Mg	Sn-Cd In-Ti Co	Ca B
20	Zn	Fe, pb Al, Si	Ag-Mg Mn, Pb	Cu-In Sn-Ti	Ca-sb Cd-Co	
21	Si	Fe Zn	Pb, Ca As	Cu-Sn Mg-Mn	Ag-Ti	Ca Sb Cd In Co
22	Si	Fe	Mg-As	Cu-Sn Ti-Pb	In-Ag Zn-Co Al-Mn	Ca Sb Cd
23	Fe-Si		Al-Mg	Cu-Zn Ti-Pb Mn	Ca-Sn Ag	Sb Cd Co
24	Zn	Si	Cu-Al Mg-As Pb-Mn	Sn-Ag	Sb-Cd In-Ti Co	Ca

CUADRO V : Continuación

25	Si	Fe-Zn	Al-Mg Pb-Mn	Cu-Sn Ag-Ti	Ca-Sb Cd-In	Co
26	Al-Si	Fe-Mg K		Zn-Ti Pb-Mn Na	Cu Sn-Ag In-Co	Ca Sb Cd.

LAB.	E MAYORES	E MENORES	MAYOR	INT.	E. TRAZAS MENOR	VEST.
2	Zn	Fe-Pb Si-As	Ag-Al Mn	Cu-Sn Mg	In-Cd Sb-Ti Co-B	Ca
3	Si	Fe-Al	Zn-As Mg-Mn	Ti-Pb B	V-Cu In-Sn Ag-Co	Ca
4	Al-Si	Fe-Zn K-Mg	Pb-Mn	Ti-Na	Ca-V Cu-In Sn-Ag Co-As B	Cd    B
5	Fe-Zn	Al-Pb Si-Mg	Cu-Sn Mn	Ag Ti	Cd-In sb-Co	V
6	Fe-Si	Zn-Pb Al-Mg	K-Mn	Cu-Sn Ti	V-Cd In-Sb Ag-Co	
7	Al-Si	Fe-Mg Zn	Cu-Ag K-Pb	Sn-sb Ti	V-Cd In-Co	
8	Zn-Si	Fe	Al-Pb Mn	Cu-Sb In-Ag Ti-Mg.	V-Sn Cd-Co	
9	Zn	Fe-Pb Si	Cu-Sb Ag-Al Mn.	Sn-Cd Ti-Mg	In-Co	

10	Zn-Si	Fe-Pb	Ag-Al Mn	Cu-Sb Ti-Mg	Sn-Cd In-Co	
11	Pb	Fe-Zn Si.	Ag-Al Mn	Cu-Sn Ti	Ca-Sb Cd-In Co	
12	Pb	Fe-Si Cu-Zn	Ag-Al Mn	Ca-Sn Ti	Sb-Cd In-Co	
13	Zn	Fe-Si Ag-Pb	Cu-Al Mn	Sn-Cd. Ti	Ca-Sb In-Co	
14	Zn-Si	Fe	Al-Pb	Cu-Sn Cd-In Ag-Ti Co-Mg	Ca-V Sb	
15	Zn	Fe-Si Pb	As-Mn	Cu-Sn Cd-Sb Ag-Al Mg	Ca-Ti Co	
16	Al-Si	Fe-Mg K		V-Zn Na-Ti Mn	Ca-Cu Sn-In Ag-Co Pb-B	B
17	Al-Si	Fe-Mg K	Ti	Na-Mn	Ca-V Cu-Ag Zn-Pb B	Sb In Co
18	Si	Fe-Al K-Mg	Mn	Ca-Cu Ag-Zn Na-Ti Pb	V-Sb In-Co B	Sn

19	Al-Si	Fe-Mg K	Ti	Ca-Cu Na-Mn	V-Zn Pb-B	Ag In Co Sb
20	Zn	Fe-Si Pb	Mn	Ca-Cu Cd-Al Mg	Sn-Sb Ag-Ti Co	In
21	Pb	Fe-Si	Cu-Zn Ag-Mn	Sn-Sb Al-Mg	Ca-Cd In-Ti Co	
22	Fe	Zn-Si	Mn	Ca-Cu Cd-Al Pb-Mg	Sn-Ag Ti-Co	In
23	Si	Fe-Pb Zn-Al	Cu-Mg Mn	Ca-Sn Cd-Ti	Sb-In Ag-Co	V
24	Si	Fe-Al	Zn-K Mg-Pb	Sn-Sb Ti-Mn	Co-V Cu-In Cd-Ag Co-B	
25	Si	Fe-Al	Zn-K Mg-Pb	Sn-Sb Ti-Mn	Ca-V Cu-In Cd-Ag Co-B	
26	Zn	Fe	Si-Pb Mn	Cu-Sn Cd-Sb In-Ag Al-Mg	Ca-Ti Co	

N° LAB.	E MAYOR Al-Si	E MENOR Fe-Mg K	MAYOR	E. TRAZAS		VEST.
				INT. Ca-Na Ti-Pb Mn	MENOR V-Cu Sn-In Ag-Zn Co-B	
3	Al-Si	Fe-Mg	Zn-Mn K	Cu-Sn Ag-Na Ti-Co Pb	Ca-V Cd-Sb In-B	
4	Si	Fe-Al Mg	Mn-K	Zn-Ti Co-Pb	Ca-V Cu-Sn Cd-In Ag-Na B	
6	Si	Fe-Al	Zn-Mg	Mn-As	Ca-Ag Ti-Co Pb	
11	Al-Si	Fe-Ca Na-K Mg		Ti-Mn	V-Cu In-Zn Co-Pb	Ag B
12	Al-Si	Fe-Mg K	Ti	Mn	Ca-Cu V-Ag Sn-Zn Na-Pb	Co
15	Fe	Si	Cu-Ag Al	Sb-Pb Mn-Mg	Co-Zn Na.	

16	Fe		Si	Cu-Al Mn-Mg	Ag-Sb Zn-Pb	V
17	Zn-Fe		Mn	Cu-Cd Si-Mg	Co-Ag Al-Pb	
18	Fe	Si	As	Cu-Zn Co-Al Mg-Pb Mn	Co-Ag In-Ti	
19	Fe	Si	As	Cu-Zn Co-Al Mg-Pb Mn	Co-Ag In-Ti	
20	Fe-Zn		Mn	Cu-Cd Co-Si Pb	Ag-Sn In-Al Mg	Co Ti

CUADRO VI

RESULTADOS DE ANALISIS CUALITATIVOS POR ESPECTROGRAFIA

Veta Perla Este - Oeste : Nivel Perla (ppm)

POT. m.	Ag	Sn	Cu	Sb	Zn	Cd	In	Bi	Ga	Ge	As
0.16	5.4	440.0	650.0	520.0	100,000	675.0	9.0	3.0	22.0	25.0	900.0
1.05	3.3	190.0	825.0	510.0	100,000	670.0	8.0	3.0	20.0	30.0	1700.0
0.12	1.2	300.0	1500.0	540.0	1000,000	670.0	8.0	3.0	10.0	30.0	300.0
0.30	580.0	380.0	560.0	470.0	1000,000	480.0	80.0	3.0	18.0	25.0	950.0
0.37	450.0	190.0	600.0	590.0	1000,000	625.0	105.0	3.0	30.0	25.0	1100.0
0.83	370.0	238.0	825.0	595.0	1000,000	555.0	87.0	3.0	20.0	30.0	3200.0
0.93	330.0	580.0	650.0	1100.0	1000,000	380.0	66.0	3.0	17.0	30.0	5100.0
0.27	36.0	165.0	700.0	535.0	1000,000	420.0	95.0	3.0	18.0	30.0	5000.0
0.87	420.0	650.0	845.0	1000.0	1000,000	560.0	88.0	3.0	10.0	30.0	3100.0
0.45	360.0	340.0	850.0	300.0	1000,000	672.0	79.0	3.0	19.0	25.0	8500.0
0.27	580.0	240.0	340.0	400.0	4,200	202.0	78.0	3.0	21.0	30.0	300.0
0.62	540.0	650.0	825.0	430.0	1000,000	850.0	81.0	3.0	10.0	25.0	1100.0
0.98	480.0	58.0	595.0	1400.0	6,000	80.0	11.0	3.0	10.0	30.0	1200.0
0.61	420.0	540.0	700.0	465.0	1000,000	270.0	19.0	3.0	10.0	30.0	2200.0
0.40	3.6	240.0	600.0	800.0	1000,000	318.0	87.0	3.0	18.0	30.0	5400.0

CUADRO VI : Continuación. NIVEL HUMEDA

0.30	14.5	400.0	650.0	210.0	100,000	740.0	35.0	3.0	10.0	30.0	300.0
0.40	82.0	125.0	350.0	210.0	50,000	165.0	26.0	3.0	10.0	30.0	300.0
0.35	540.0	170.0	825.0	880.0	100,000	400.0	32.0	3.0	10.0	30.0	300.0
0.20	541.0	260.0	520.0	750.0	100,000	478.0	48.0	31.0	10.0	25.0	300.0
0.40	170.0	290.0	500.0	280.0	2,100	95.0	10.0	3.0	10.0	30.0	1100.0
0.15	2.0	285.0	390.0	212.0	1,000	3.0	36.0	32.0	18.0	30.0	950.0

NIVEL MANUELA

0.28	10	50.0	75.0	4.0	3,600	50.0	67.0	3.0	32.0	25.0	300.0
0.18	450	425.0	280.0	900.0	100,000	317.0	66.0	23.0	10.0	30.0	5000.0
0.10	18	30.0	75.0	340.0	50	30.0	10.0	3.0	19.0	30.0	8000.0

VETA MALAGA-PAGARE; NIVEL MALAGA

Pot. m.	Ag	Sn	Cu	Sb	Zn	Cd	In	Bi	Ga	Ge	As
0.2	6500.0	140.0	660.0	1150.0	50,000	360.0	100.0	3.0	10.0	30.0	300.0
0.05	200.0	167.0	50.0	250.0	5,000	50.0	25.0	2.0	31.0	25.0	300.0
1.10	5.0	420.0	675.0	2000.0	100,000	600.0	33.0	2.0	20.0	30.0	280.0
0.20	540.0	390.0	520.0	1000.0	100,000	630.0	67.0	3.0	21.0	30.0	310.0
0.1	5.0	250.0	850.0	1450.0	16,000	900.0	14.0	14.0	10.0	30.0	290.0
1.1	5.0	290.0	350.0	1200.0	32,000	160.0	24.0	3.0	10.0	25.0	300.0

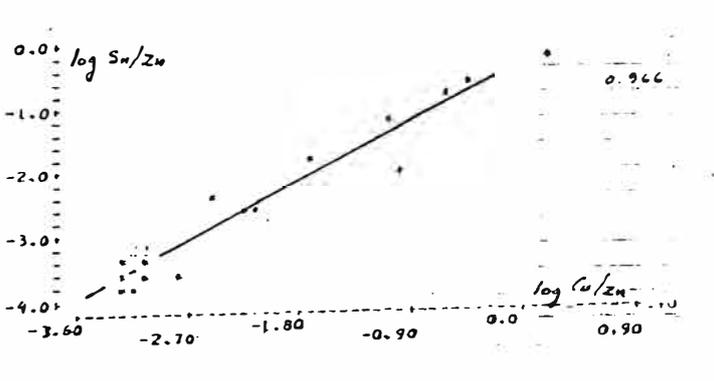
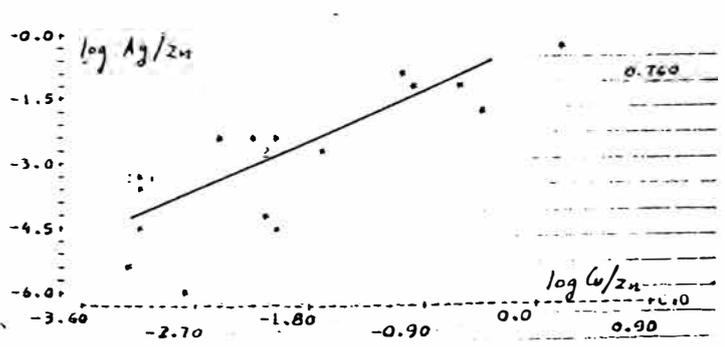
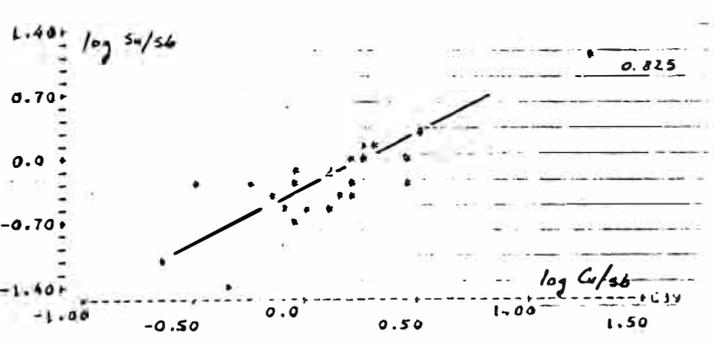
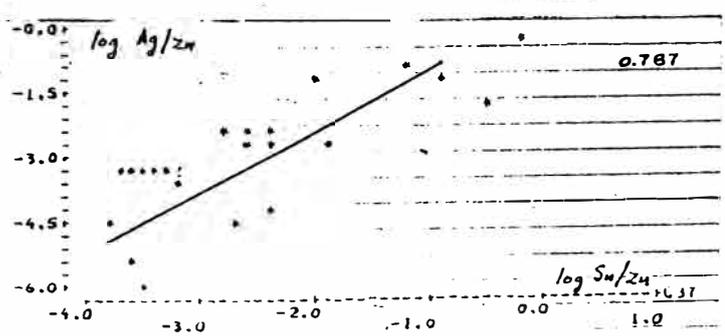
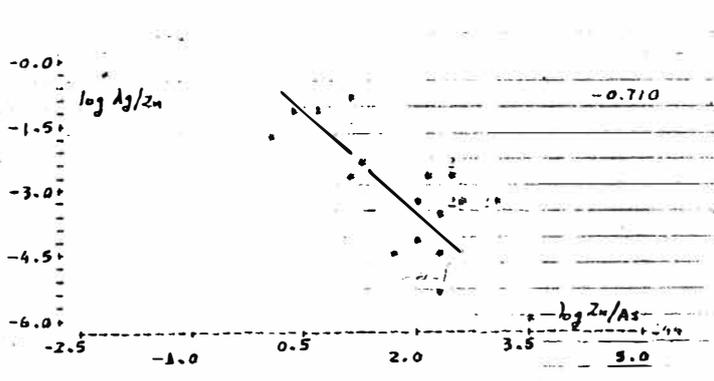
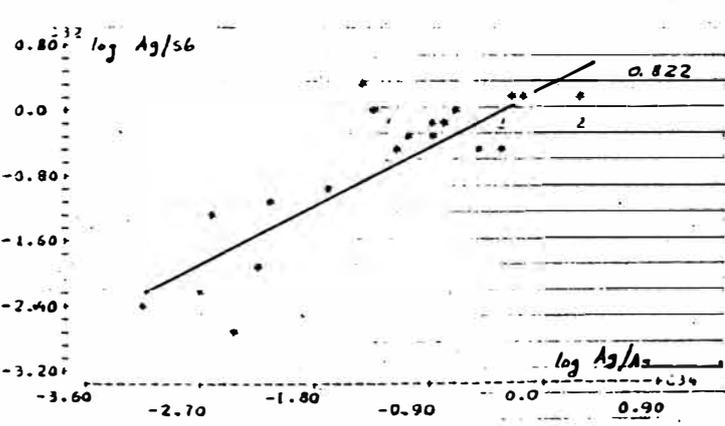
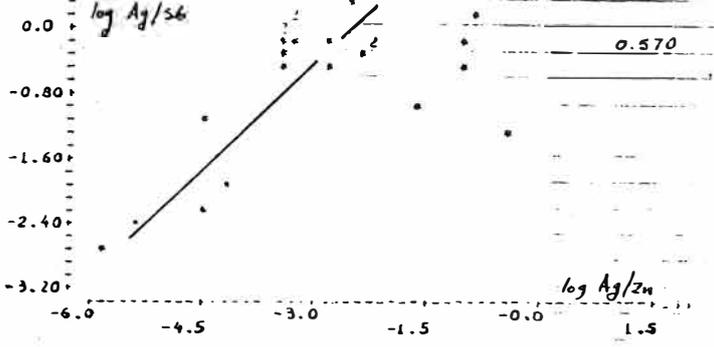
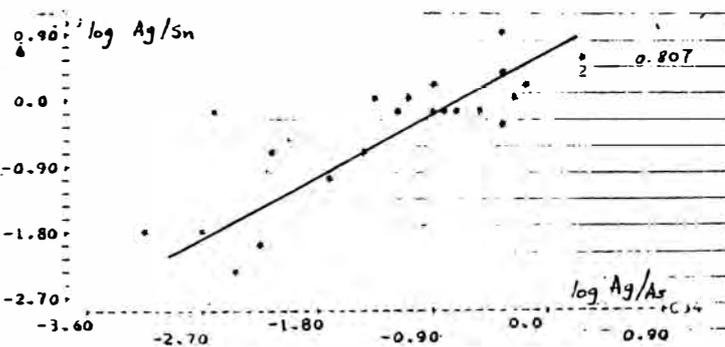
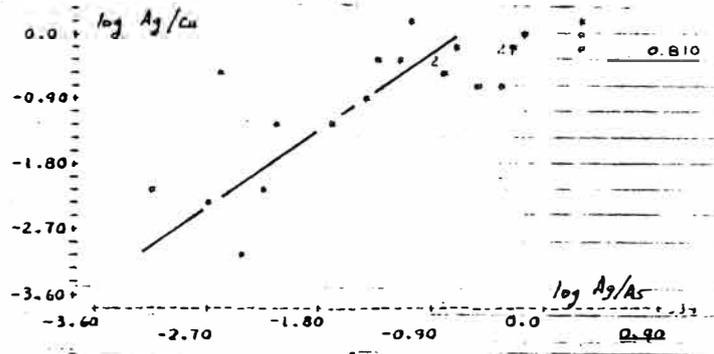
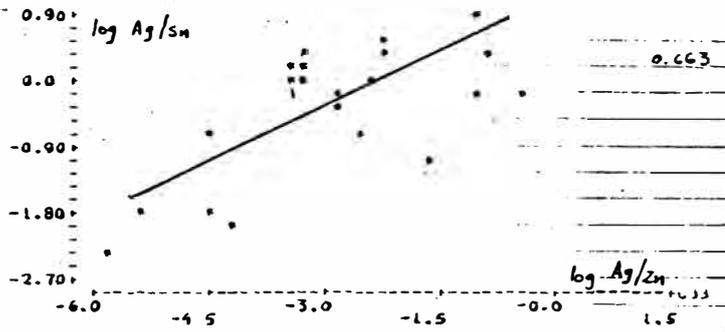
NIVEL PAGARE

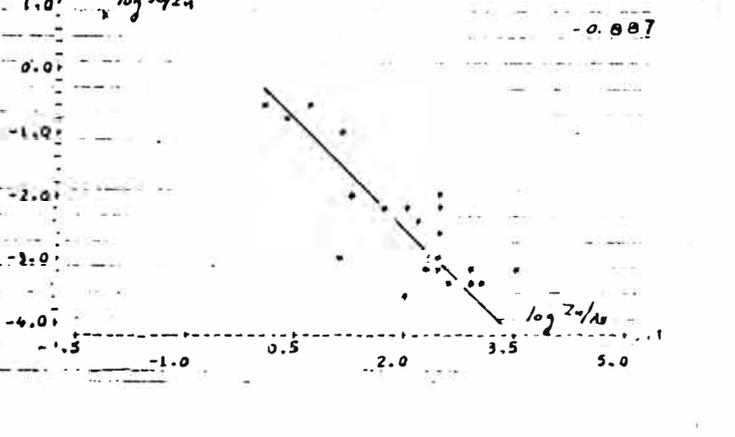
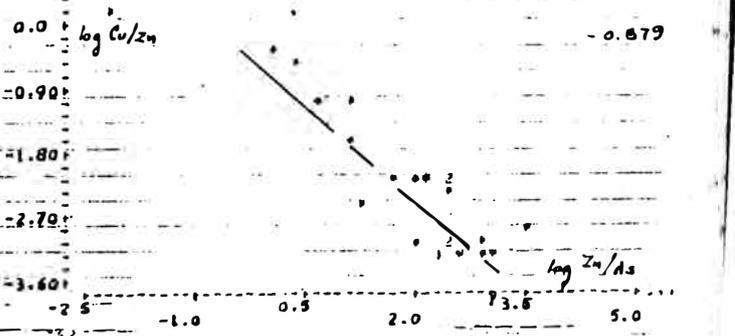
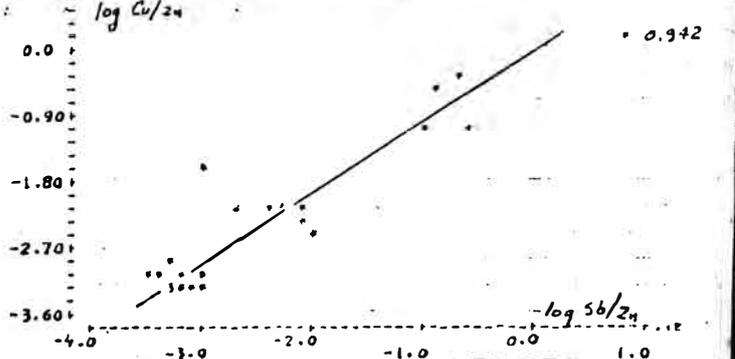
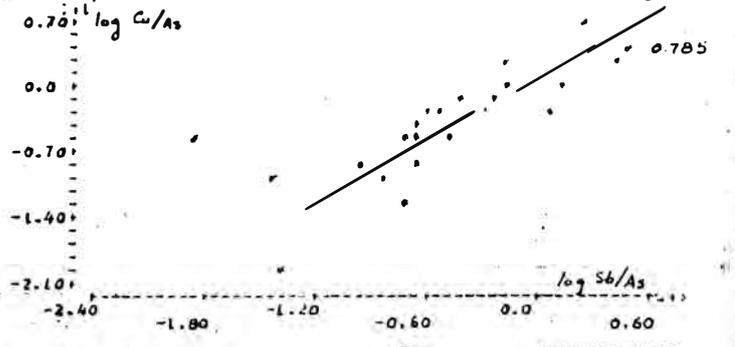
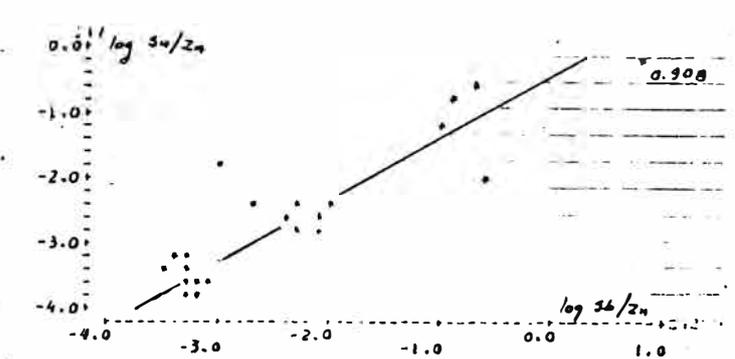
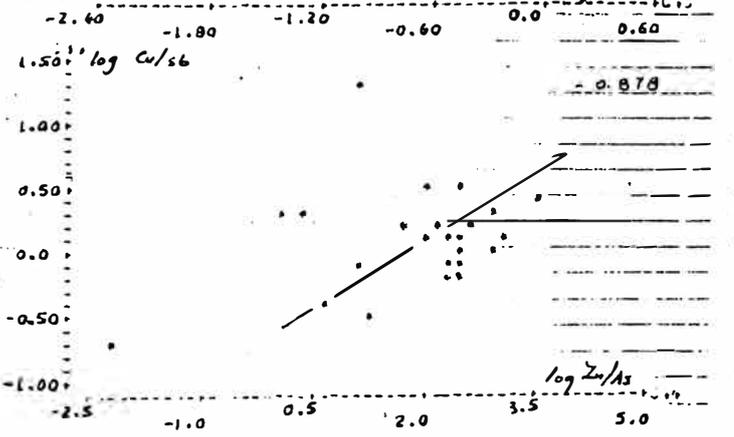
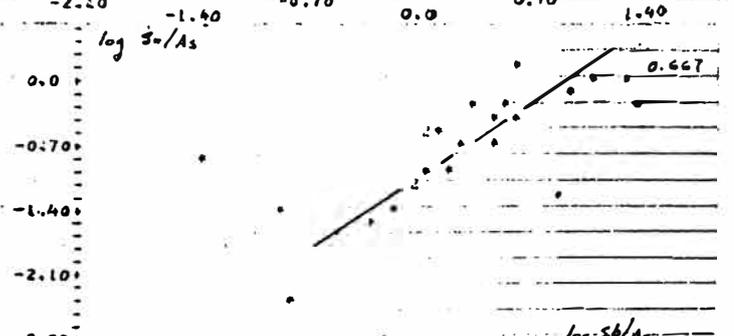
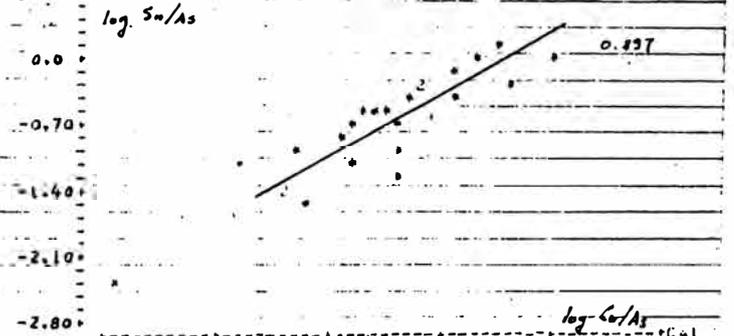
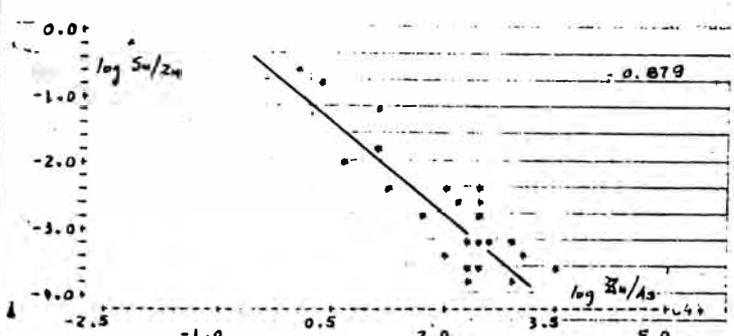
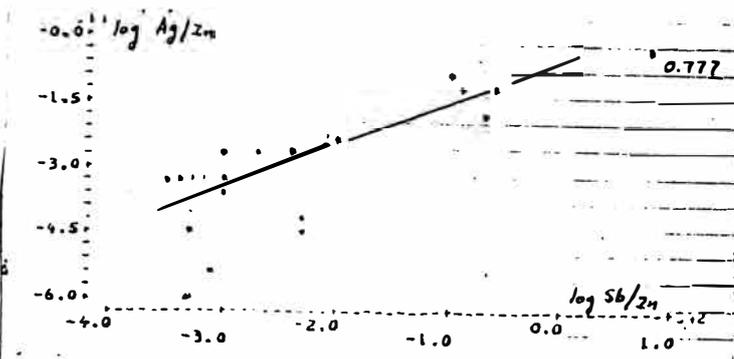
1.00	540.0	310.0	780.0	2500.0	25,000	140.0	42.0	2.0	22.0	30.0	300.0
0.80	450.0	210.0	520.0	2800.0	100,000	515.0	32.0	3.0	20.0	25.0	319.0
0.10	580.0	1150.0	560.0	5000.0	100,000	485.0	33.0	2.0	10.0	25.0	290.0
0.92	520.0	415.0	335.0	3200.0	100,000	478.0	16.0	3.0	10.0	30.0	300.0
0.20	270.0	320.0	250.0	1000.0	100,000	375.0	34.0	2.0	20.0	30.0	300.0

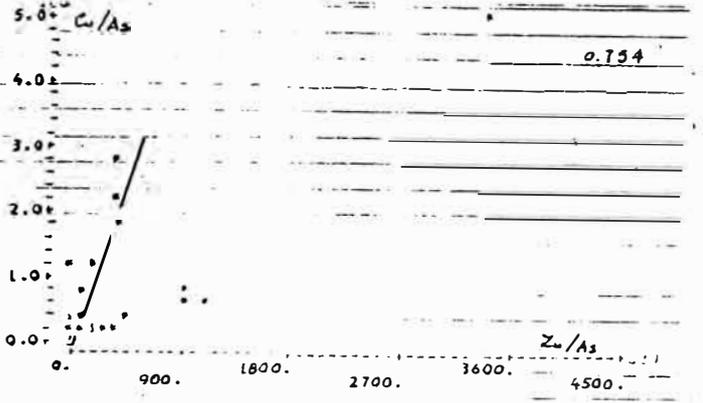
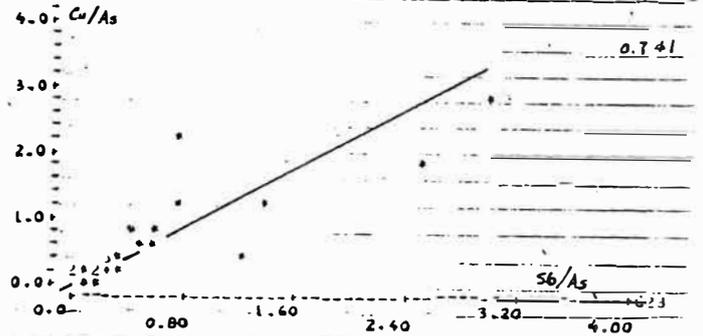
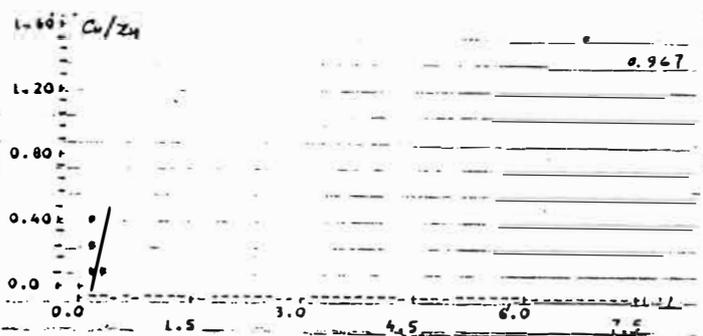
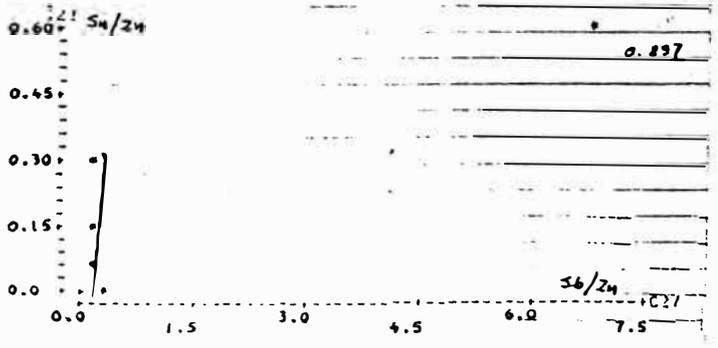
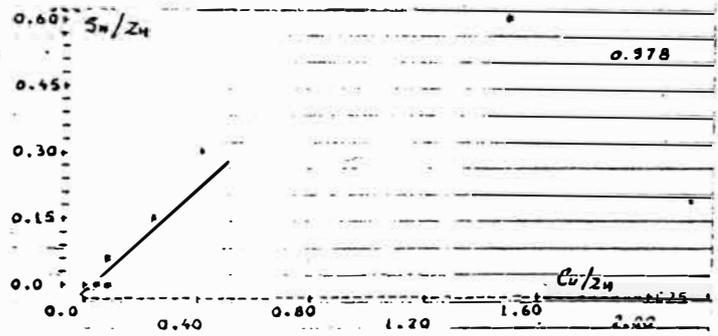
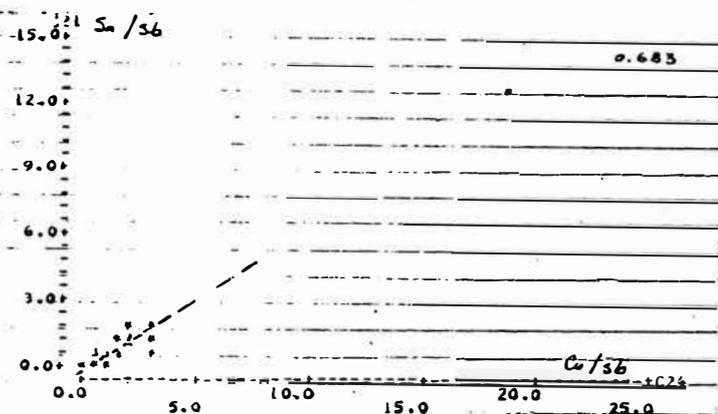




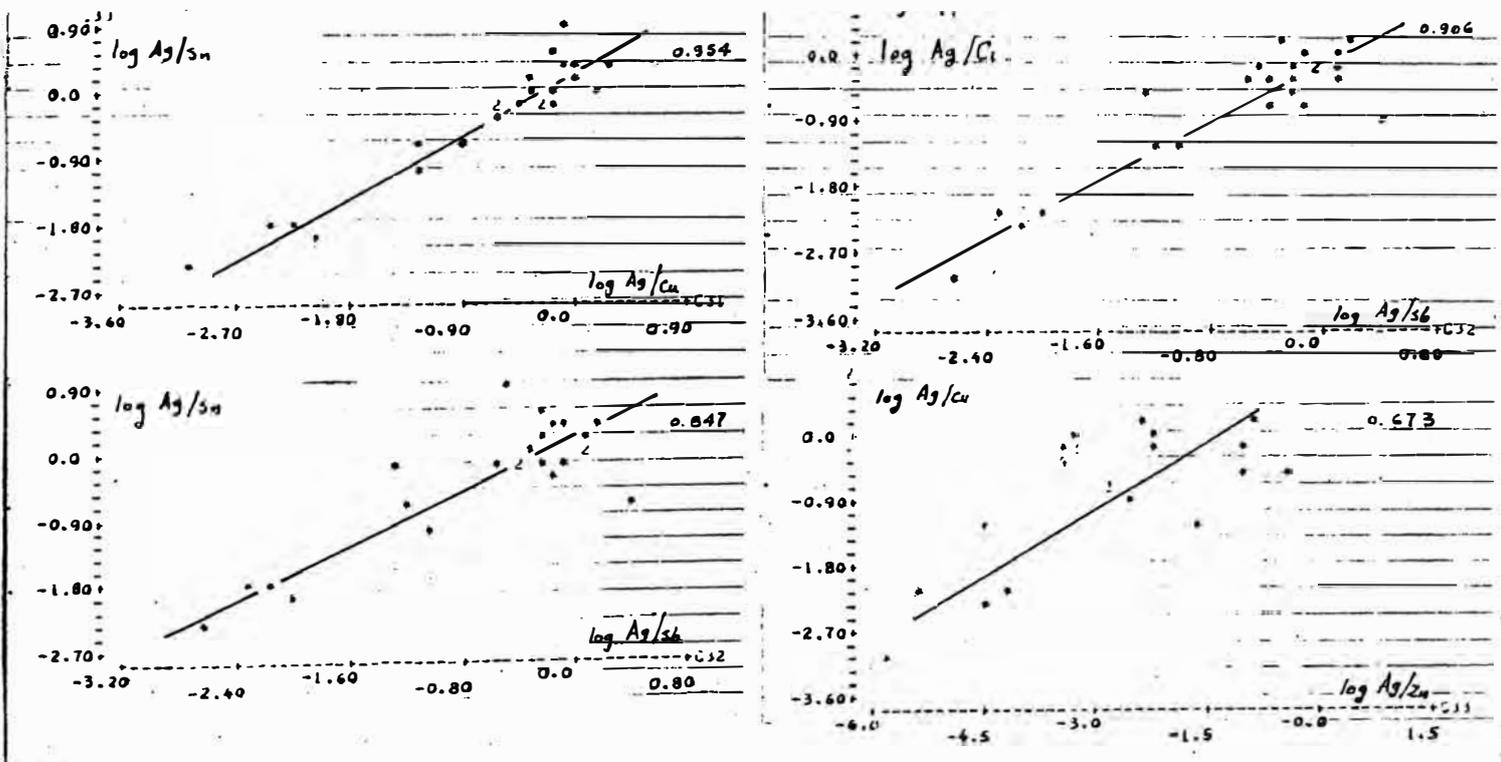
**CUADRO IX : CORRELACION DEL LOGARITMO DE COCIENTES METALICOS DE LA VETA PERLA ESTE-OESTE**

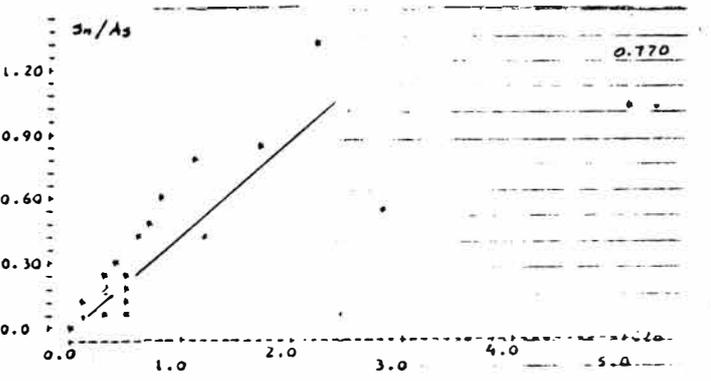
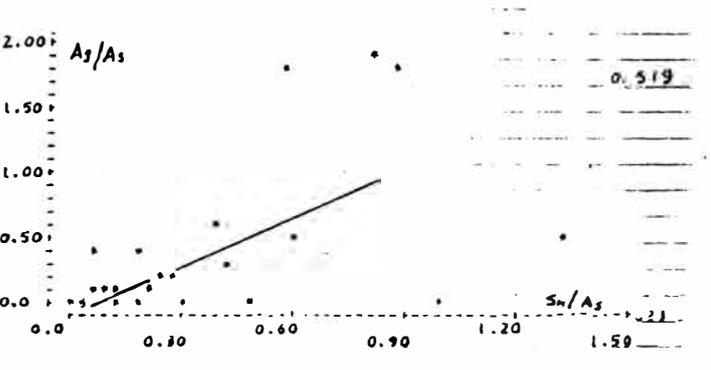
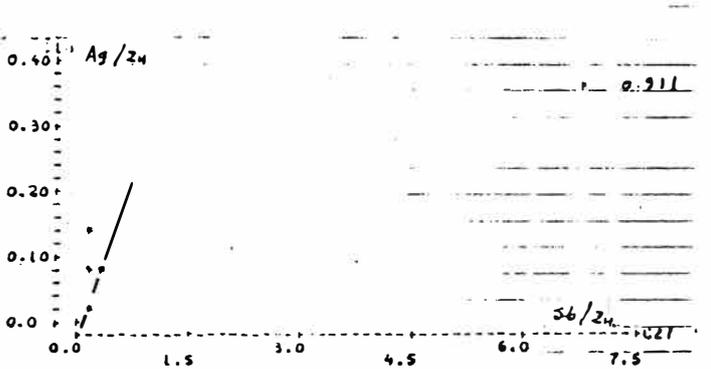
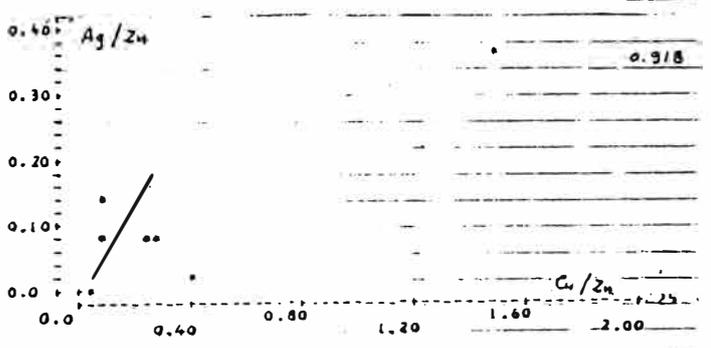
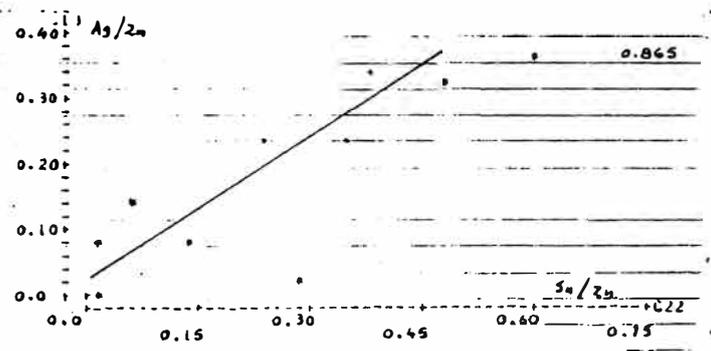
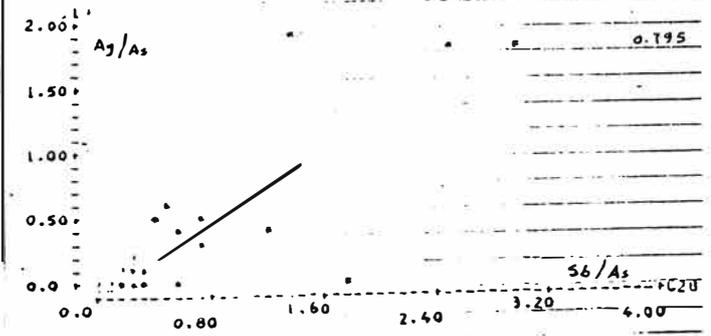
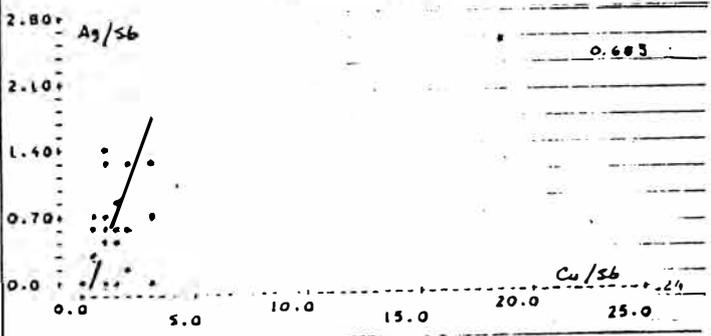
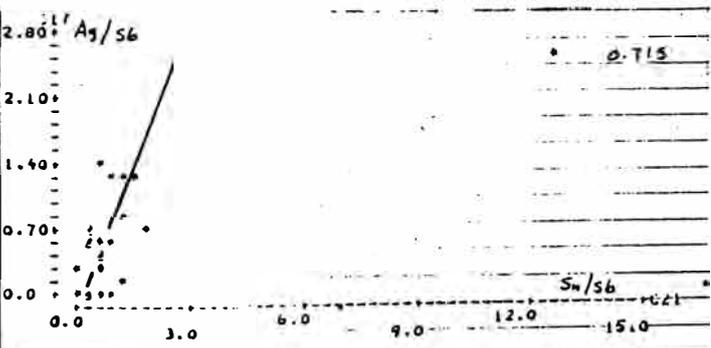
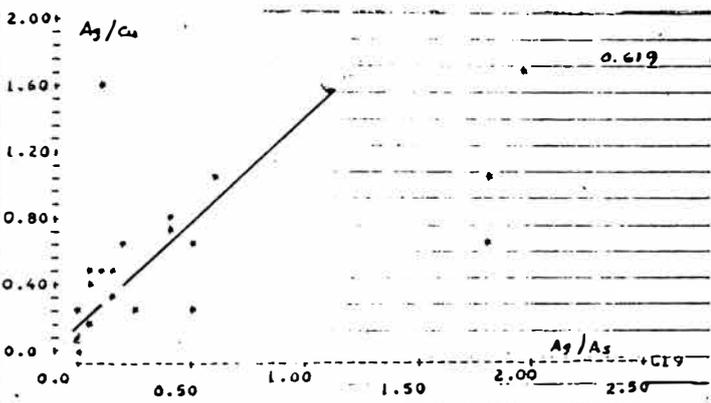
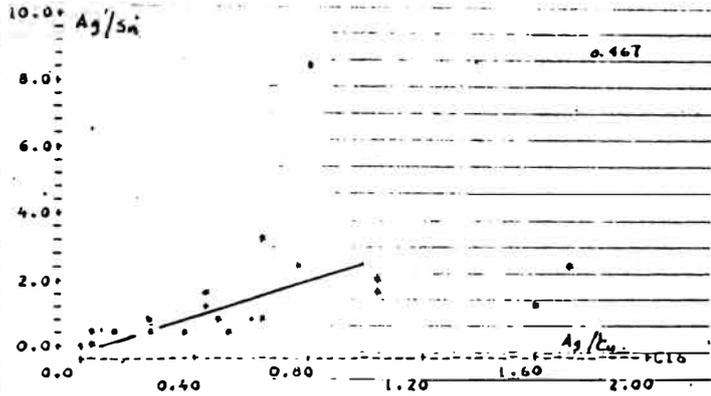






**CUADRO X : CORRELACION DEL LOGARITMO DE COCIENTES METALICOS DE LA VETA MALAGA - PAGARE**





CUADRO XI      CORRELACION DE LA CANTIDAD DE METAL DE LA VETA  
 PERLA-OESTE-NIVEL PERLA

Pot.	Ag	Sn	Cu	Sb	Zn	Cd	In	Bi	Ga	Ge	As
Sn	0.549										
Cu	0.517	0.634									
Sb	0.700	0.451	0.692								
Zn	0.499	0.819	0.498	0.283							
Cd	0.219	0.610	0.827	0.257	0.496						
In	0.528	0.668	0.460	0.325	0.866	0.509					
Bi	0.596	0.624	0.916	0.840	0.388	0.654	0.331				
Ga	0.233	0.329	0.782	0.513	0.335	0.723	0.384	0.731			
Ge	0.596	0.577	0.942	0.846	0.423	0.645	0.399	0.960	0.797		
As	0.297	0.584	0.575	0.478	0.686	0.436	0.611	0.549	0.564	0.573	

CUADRO XII : CORRELACION DE LA CANTIDAD DE METAL DE LA VETA  
PERLA ESTE-OESTE - NIVEL HUMEDA

Pot.	Ag	Sn	Cu	Sb	Zn	Cd	In	Bi	Ga	Ge	As
Sn	-0.067										
Cu	0.729	0.444									
Sb	0.982	-0.157	0.742								
Zn	0.615	0.019	0.608	0.591							
Cd	0.371	0.465	0.564	0.286	0.854						
In	0.457	-0.205	0.366	0.447	0.947	0.727					
Bi	-0.128	-0.563	-0.752	-0.190	-0.342	-0.405	-0.193				
Ga	-0.005	0.311	0.517	0.105	-0.051	-0.110	-0.121	-0.851			
Ge	0.200	0.443	0.687	0.261	0.175	0.114	-0.899	0.931			
As	-0.135	0.532	0.173	-0.125	-0.644	-0.444	-0.791	-0.326	0.577	0.474	

CUADRO XIII : CORRELACION DE LA CANTIDAD DE METAL DE LA VETA  
MALAGA-PAGARE - NIVEL PAGARE

Pot.	Ag	Sn	Cu	Sb	Zn	Cd	In	Bi	Ga	Ge	As
Sn	0.901										
Cu	0.880	0.648									
Sb	0.967	0.909	0.753								
Zn	0.585	0.574	0.211	0.754							
Cd	0.627	0.587	0.279	0.787	0.995						
In	0.827	0.542	0.989	0.689	0.180	0.250					
Bi	0.909	0.816	0.664	0.971	0.866	0.393	0.623				
Ga	0.852	0.553	0.972	0.741	0.305	0.373	0.989	0.705			
Ge	0.994	0.897	0.861	0.955	0.599	0.633	0.813	0.911	0.842		
As	0.982	0.830	0.859	0.965	0.670	0.713	0.827	0.950	0.875	0.982	

CUADRO XIV      CORRELACION DE LA CANTIDAD DE METAL DE LA VETA  
MALAGA-PAGARE - NIVEL MALAGA

Pot.	Ag	Sn	Cu	Sb	Zn	Cd	In	Bi	Ga	Ge	As
Sn	-0.342										
Cu	-0.217	0.974									
Sb	-0.278	0.992	0.990								
Zn	-0.242	0.930	0.972	0.950							
Cd	-0.252	0.891	0.955	0.921	0.989						
In	0.118	0.880	0.900	0.888	0.856	0.801					
Bi	-0.344	0.796	0.710	0.764	0.547	0.516	0.646				
Ga	-0.345	0.985	0.927	0.963	0.856	0.719	0.866	0.853			
Ge	-0.264	0.989	0.955	0.980	0.882	0.834	0.904	0.847	0.993		
As	-0.274	0.955	0.889	0.931	0.788	0.726	0.868	0.902	0.989	0.985	

CUADRO XV CORRELACION DE LA CANTIDAD DE METAL DE LA VETA  
PERLA ESTE-OESTE - ROCA ENCAJONANTE CUARZOMONZONITA

Pot	Ag	Sn	Cu	Sb	Zn	Cd	In	Bi	Ga	Ge	As
Su	0.526										
Cu	0.859	0.719									
Sb	0.848	0.438	0.746								
Zn	0.556	0.854	0.786	0.373							
Cd	0.505	0.742	0.752	0.255	0.850						
In	0.540	0.721	0.745	0.388	0.884	0.893					
Bi	0.060	0.041	-0.031	0.229	-0.062	-0.107	-0.068				
Ga	0.614	0.446	0.737	0.588	0.736	0.576	0.757	-0.162			
Ge	0.871	0.633	0.931	0.890	0.641	0.509	0.583	0.019	0.744		
As	0.437	0.646	0.684	0.508	0.752	0.558	0.670	0.071	0.724	0.646	

CUADRO XVI : CORRELACION DE LA CANTIDAD DE METAL DE LA VETA  
 PERLA ESTE-OESTE ROCA ENCAJONANTE PIZARRA GRIS

Pot.	Ag	Sn	Cu	Sb	Zn	Cd	In	Bi	Ga	Ge	As
Sn	-0.055										
Cu	-0.033	0.949									
Sb	-0.073	0.951	0.936								
Zn	-0.106	0.303	0.258	0.501							
Cd	-0.064	0.942	0.988	0.913	0.169						
In	0.093	0.126	0.061	0.309	0.802	0.002					
Bi	-0.103	0.411	0.351	0.292	-0.147	0.324	-0.078				
Ga	-0.066	0.846	0.880	0.839	0.137	0.904	0.216	0.350			
Ge	0.154	0.914	0.943	0.907	0.190	0.937	0.170	0.385	0.936		
As	-0.159	0.622	0.602	0.815	0.782	0.564	0.635	0.085	0.558	0.588	

CUADRO XVII : CORRELACION DE LA CANTIDAD DE METAL DE LA VETA  
MALAGA-PAGARE- ROCA ENCAJONANTE ARENISCA

Pot.	Ag	Sn	Cu	Sb	Zn	Cd	In	Bi	Ga	Ge	As
Sn	0.914										
Cu	0.893	0.689									
Sb	0.963	0.923	0.778								
Zn	0.627	0.621	0.284	0.773							
Cd	0.652	0.615	0.330	0.783	0.993						
In	0.817	0.550	0.975	0.669	0.213	0.274					
Bi	0.920	0.840	0.700	0.965	0.878	0.895	0.629				
Ga	0.867	0.607	0.975	0.768	0.369	0.417	0.975	0.737			
Ge	0.994	0.912	0.875	0.958	0.641	0.657	0.799	0.923	0.859		
As	0.983	0.858	0.873	0.968	0.705	0.727	0.809	0.956	0.887	0.985	