

### 3.2.6. ESTUDIOS Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS

#### 3.2.6.1. CSAMT

Los datos obtenidos de las mediciones de campo proporcionan la magnitud y la fase de los campos eléctrico y magnético obtenidos en cada estación. Estos datos son automáticamente entrados al Procesador de datos (GDP-12/2G) que calcula la resistividad aparente según la ecuación descrita en la Secc. 3.2.4.1. y la fase entre los 2 campos. Estos datos son obtenidos para cada frecuencia, desde 4 hasta 2048 Hz. en incrementos binarios, es decir se proveen datos para 10 diferentes frecuencias en cada estación receptora.

Las resistividades aparentes así obtenidas para cada estación, son ploteadas en función de la frecuencia en papel doble logarítmico. Estas curvas de resistividad aparente pueden observarse en el apéndice. En base a éstas, se trazan las pseudosecciones, en donde se plotean los datos obtenidos en función de la frecuencia como parámetro de sondeo, en el eje vertical y de la posición del receptor como parámetro lateral en el eje horizontal.

Para la interpretación teórica de los datos, se utiliza un análisis unidimensional para capas horizontales múltiples. Por ejemplo, para dos capas, la impedancia de onda Z tiene como ecuación:

$$Z = \frac{i\omega}{\gamma_1} \cot h \left( \gamma_1 h_1 + \cot h^{-1} \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \right)$$

$$\text{donde } \gamma_1 = \left( \frac{i\omega\mu}{\rho_1} \right)^{1/2} \quad ; \quad \gamma_2 = \left( \frac{i\omega\mu}{\rho_2} \right)^{1/2}$$

y  $h_1$  = espesor de la primera capa  
 $\rho_1$  = resistividad de la primera capa  
 $\rho_2$  = resistividad de la segunda capa  
 $\omega$  = frecuencia angular

La resistividad aparente, se calcula entonces por la fórmula

$$\rho_a = -i \frac{Z^2}{\omega\mu}$$

combinando ambas ecuaciones, resulta:

$$\rho = -\left( \frac{i\omega\mu}{\gamma_1} \right) \cot h^2 \left( \gamma_1 h_1 + \cot h^{-1} \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \right)$$

Similarmente, para el modelo de 3 capas resulta:

$$Z = \left( \frac{i\omega\mu}{\gamma_1} \right) \cot h \left\{ \gamma_1 h_1 + \cot h^{-1} \left[ \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \cot h \left( \gamma_2 h_2 + \cot h^{-1} \frac{\gamma_2}{\gamma_3} \right) \right] \right\}$$

La Fig 3-2-11 indica ejemplos de curvas de resistividad aparente para 2 capas.

RESISTIVIDAD APARENTE (OHM-M)

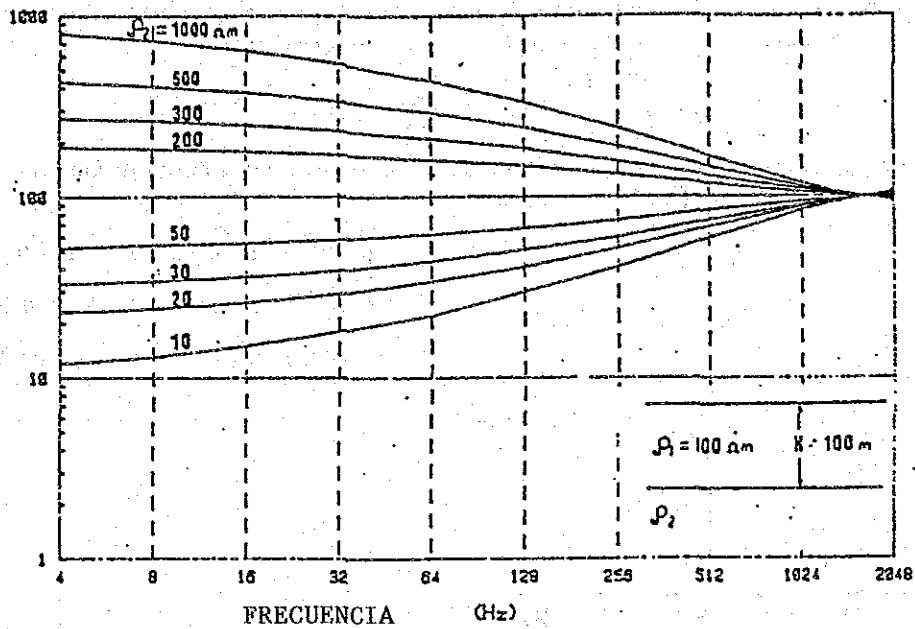


Fig. 3-2-11 EJEMPLO DE CURVAS DE RESISTIVIDAD PARA 2 CAPAS

3.2.6.2. SIP

Los datos de las mediciones de campo dan el desfase y la magnitud de 18 frecuencias desde 0.125 hasta 88 Hz. Estas señales fueron registradas y entradas al GDP-12/2GB donde se calculan las partes real e imaginaria para cada frecuencia, Los valores de resistividad de las 3 frecuencias fundamentales (0.125, 1 y 8 Hz), el valor de la fase desacoplada de 3 puntos y el porcentaje del efecto de frecuencia. Estos resultados son imprimidos y almacenados en un caset de cinta magnética. Otros datos que tambien son almacenados son: la corriente suplida, el error medio estandar (SEM), la localización de la estación, la graduación del filtro supresor de banda escalonada y el número de apilamiento.

A partir de los datos anteriores de campo, se elaboran secciones y diagramas y los resultados analizados para las anomalías IP. El tratamiento incluye la derivación de las siguientes gráficas:

- 1 - Secciones de resistividad aparente (0.125 Hz)
- 2 - Secciones de PFE (0.125 Hz)
- 3 - Secciones de la Fase sin Corregir (0.125 Hz)
- 4 - Diagrama de Cole-Cole
- 5 - Diagrama de la respuesta espectral de fase
- 6 - Diagrama de la respuesta espectral de magnitud
- 7 - Diagrama de la fase desacoplada de 3 puntos.

La fase desacoplada de 3 puntos es una fase aproximada en corriente directa usando 0.125, 0.375 y 0.625 Hz. Si se asume que la fase puede representarse como un polinomio de segundo orden de la frecuencia, entonces la fase  $\phi$  puede calcularse por la ecuación.

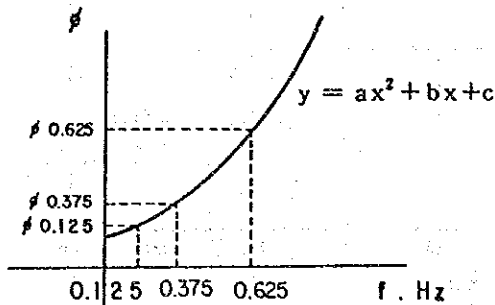
$$\phi = af^2 + bf + c$$

donde c es la fase que puede tener una frecuencia cercana a la corriente

directa y se llama la fase desacoplada de 3 puntos, a y b son constantes y f es la frecuencia. c está dada por la ecuación:

$$c = \frac{15}{8} \phi_{0.125} - \frac{10}{8} \phi_{0.375} + \frac{3}{8} \phi_{0.625}$$

donde  $\phi_{0.125}$ ,  $\phi_{0.375}$  y  $\phi_{0.625}$  son las fases a las frecuencias de 0.125, 0.375 y 0.625 Hz respectivamente.



$$\phi_{0.125} = a(0.125)^2 + b(0.125) + c$$

$$\phi_{0.375} = a(0.375)^2 + b(0.373) + c$$

$$\phi_{0.625} = a(0.625)^2 + b(0.625) + c$$

Fig. 3-2-12 DIAGRAMA DE FASE DESACOPADA DE 3 PUNTOS

### 2.6.3. MEDICION DE LA MUESTRA DE ROCA

Con el objeto de evaluar los resultados observados de las resistividades y de las respuestas espectrales de la magnitud y de la fase en las rocas que se encuentran en el área prospectada, se colectaron un total de 21 muestras de roca de la superficie. Dichas muestras fueron traídas a Japón para determinar sus propiedades.

Es bastante riesgoso y limitado utilizar la resistividad y las respuestas espectrales de fase y magnitud de las muestras superficiales en lugar de las rocas del subsuelo de la misma área; sin embargo, es importante conocer los tipos y cualidades de las rocas locales y especialmente de las rocas anormales que permitirán ayudar a la interpretación de los datos y a la elaboración de los modelos de simulación. El sistema de medición utilizado se muestra en la Fig. 3-2-13.

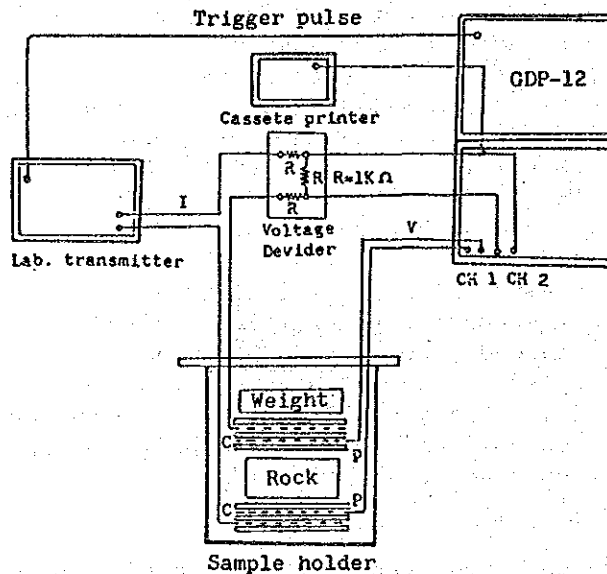
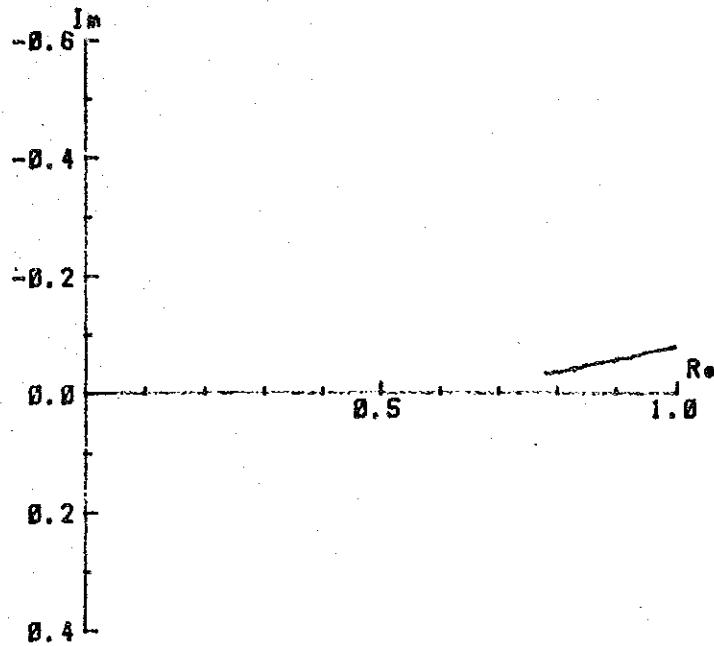


Fig. 3-2-13 DIAGRAMA DE BLOQUE PARA LA MEDICION DE LA MUESTRA

NO. 23  
(PA 12,5A)

Cole-Cole Diagram



NO. 23  
(PA 12,5A)

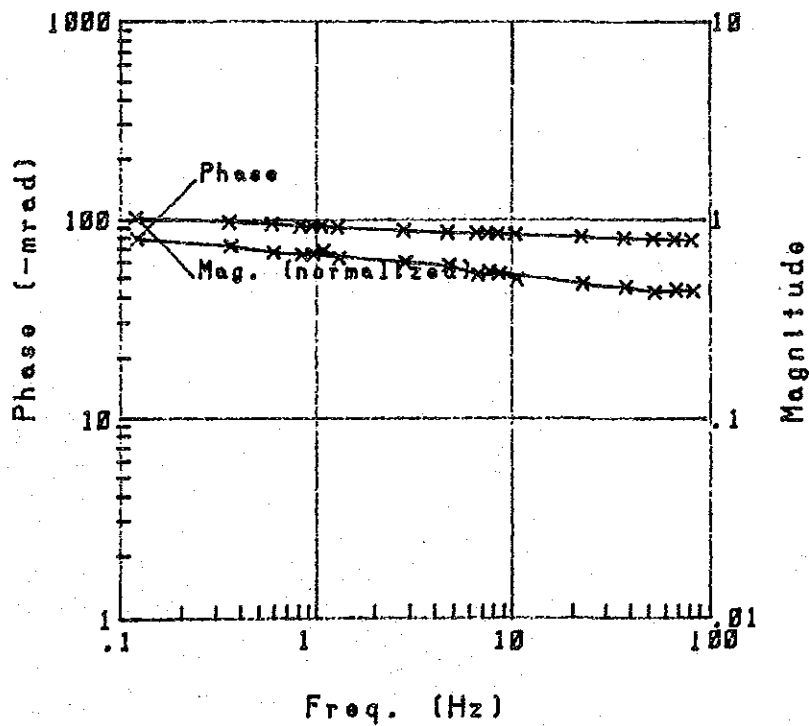


Fig. 3-2-14 EJEMPLO DE DIAGRAMAS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES EN LA MUESTRA PA 12.5A



Los resultados de tales muestras pueden ser clasificados según su espectro en 3 grupos, a saber:

Tipo A: La parte imaginaria disminuye al aumentar la parte real.

Tipo B: La parte imaginaria no experimenta cambio al aumento de la parte real.

Tipo C: La parte imaginaria aumenta al aumentar la parte real.

Un patrón del tipo A pudo observarse en las muestras PA12.5A, PA12.5B y PB12.5D, que se consideran debidas a la fuerte alteración, a los minerales de sulfuro, de grafito y de algunas arcillas minerales.

Un patrón del tipo B pudo notarse en N-2, N-8, N-9, PB12.5A, PB12.5B, PB15.5B y PB13.5. Se cree que este patrón es debido a una moderada alteración y/o a poca pirita.

El tipo C se reconoció para el resto de las 11 muestras, las cuales pueden deberse a una débil alteración, capas sedimentarias y rocas ígneas recientes.

La mayor parte de las muestras de los tipos A y B se colectaron en el área donde las anomalías IP se detectaron desde la superficie, por lo que la mayor parte de la anomalía parece ser debida a minerales de sulfuro o de arcilla.

La resistividad, la fase sin corregir, la fase desacoplada de 3 puntos y el efecto del porcentaje de frecuencia se indican en la table 3-2-3. La resistividad se obtuvo a frecuencias de 0.125 Hz.

#### 3.2.6.4. MODELO DE SIMULACION

Para las 3 anomalías IP detectadas en ambas líneas PA y PB, los resultados de la condición geológica, del levantamiento CSAMT y de la medición de las propiedades físicas se consideran también para asumir el mejor modelo de resistividad y del PFE. Después de varios ensayos de simulación por métodos de aproximación espaciales, se determinó la simulación más aceptable. Los resultados de ésta, se indican en las figuras Nos. 3-2-15 y 3-2-16 para las líneas PA y PB.

En la línea PA, la resistividad calculada resultó casi la misma que los valores esperados, excepto en las profundidades de las estaciones Nos. 6 y 9 donde se reconocieron resistividades altas. En la sección PFE, el modelo para la anomalía de la zona C fue difícil de estimar, sin embargo, la forma y el patrón, coincidieron con los medidos. La anomalía de la zona B desaparece en este modelo ya que el valor de la anomalía es demasiado pequeño.

En la línea PB, el modelo asumido alrededor de los puntos Nos. 5 y 7, se ajusta bastante bien a los valores observados, pero en la sección PFE la localización del modelo parece estar desplazado 100 m. hacia el Sur. Aunque el modelo en la anomalía de la zona A se parece al valor observado, la anomalía detectada en el centro, desaparece al igual que en el caso mencionado sobre la línea PA.

Las propiedades físicas asignadas al modelo, son escasamente más pequeñas que el que deberían tener, sin embargo, el patrón en general y la distribución de la anomalía son confirmadas por el modelo de simulación.

#### 3.2.7. RESULTADOS DE LOS ANALISIS

Mapas en plano de resistividad aparente se elaboraron para las 10 frecuencias medidas en el campo, sin embargo, considerando la geología del área y los objetivos de la prospección, se seleccionó entre esos, para la interpretación, el mapa para la frecuencia de 512 Hz.

Como se mencionó en la sección 3.2.4, como parámetro de la profundidad de alcance, se utilizó la profundidad de penetración que es una función de

la frecuencia y de la resistividad, así, las bajas frecuencias por ejemplo, reflejan la resistividad a gran profundidad.

#### 3.2.7.1. MAPA DE RESISTIVIDAD APARENTE

Zonas de alta resistividad, mayores de 250  $\Omega$ -m, están distribuidos en el área occidental (cerca de Loma San Francisco), en el centro (al este de Alto San Francisco) y en el sur.

La zona de alta resistividad coincide con las intrusivas del grupo de la granodiorita, andesita y dacita porfirítica y diabasa.

Los bajos resistivos más interesantes, menor de 60  $\Omega$ -m, están fundamentalmente distribuidos en el centro del área y en el este, entre La Puertica y El Potrero.

Dos bajas anomalías independientes, se observan en los mapas de 1024 y de 512 Hz. Sin embargo, en los mapas de frecuencias menores de 256 Hz, las 2 zonas se combinan cerca de La Puertica y se extiende hacia la Degre-sión.

La baja resistividad detectada en la mitad del área, también corresponde con el área de granodiorita y andesita y dacita porfirítica. No obstante, la baja anomalía también puede ser atribuida a la alteración mineral dentro de dicha zona. Este bajo resistivo se extiende desde la superficie hasta la profundidad de 1000 m., sin embargo, la distribución más amplia del bajo resistivo se observa desde la superficie hasta una profundidad de 300 m. aproximadamente.

Una zona baja resistiva en la dirección NE-SO se encuentra en La Puertica y El Potrero y que también se extiende a la misma profundidad que en el centro del área. Esta anomalía extiende su área en la profundidad y se distribuye ampliamente rodeando la zona de alta resistividad en el sur de La Puertica. En esta zona anómala se asume, por geología, que una falla la atraviesa y ya que no se encontró ninguna alteración mineral, se deduce que el bajo resistivo se debe a esta falla y a su zona fracturada.

Otra zona baja resistiva que se considera que refleja la zona fracturada, se observa desde Alto San Francisco, pasando por El Potrero hasta Loma Las Monjas, en la dirección NE-SO.

#### 3.2.7.2. SECCIONES DE RESISTIVIDAD

##### i) Sección A-A'

Esta sección corta, en la dirección E-O, en dos mitades al área prospectada. Se observa un fuerte contraste entre las estaciones Nos. 35 y 55, donde se asume una falla a los lados, indicando una estructura plana estratificada.

En el área del fuerte contraste, entre las estaciones Nos. 53 y 55 existe un domo alto resistivo, asumiendo las fallas alrededor de las estaciones Nos. 104 y 53. La cima de este domo existe a la profundidad de 200 m., cerca de las estaciones Nos. 55 y 54 y cubierta por un manto bajo resistivo de menor de 50  $\Omega$ -m y 100 m. de espesor.

##### ii) Sección B-B'

Esta sección pasa a través de El Potrero y La Puertica. Al igual que la sección A-A', se puede observar una baja resistividad en la capa intermedia, de menos de 50  $\Omega$ -m y de 100 a 150 m. de espesor. Cerca de la estación No. 69 se asume una falla donde puede reconocerse una resistividad de menos de 50  $\Omega$ -m en toda su profundidad. En esta sección, las dos primeras capas tienen una resistividad en su mayor parte de menos de 100  $\Omega$ -m con un espesor entre 300 y 350 m.





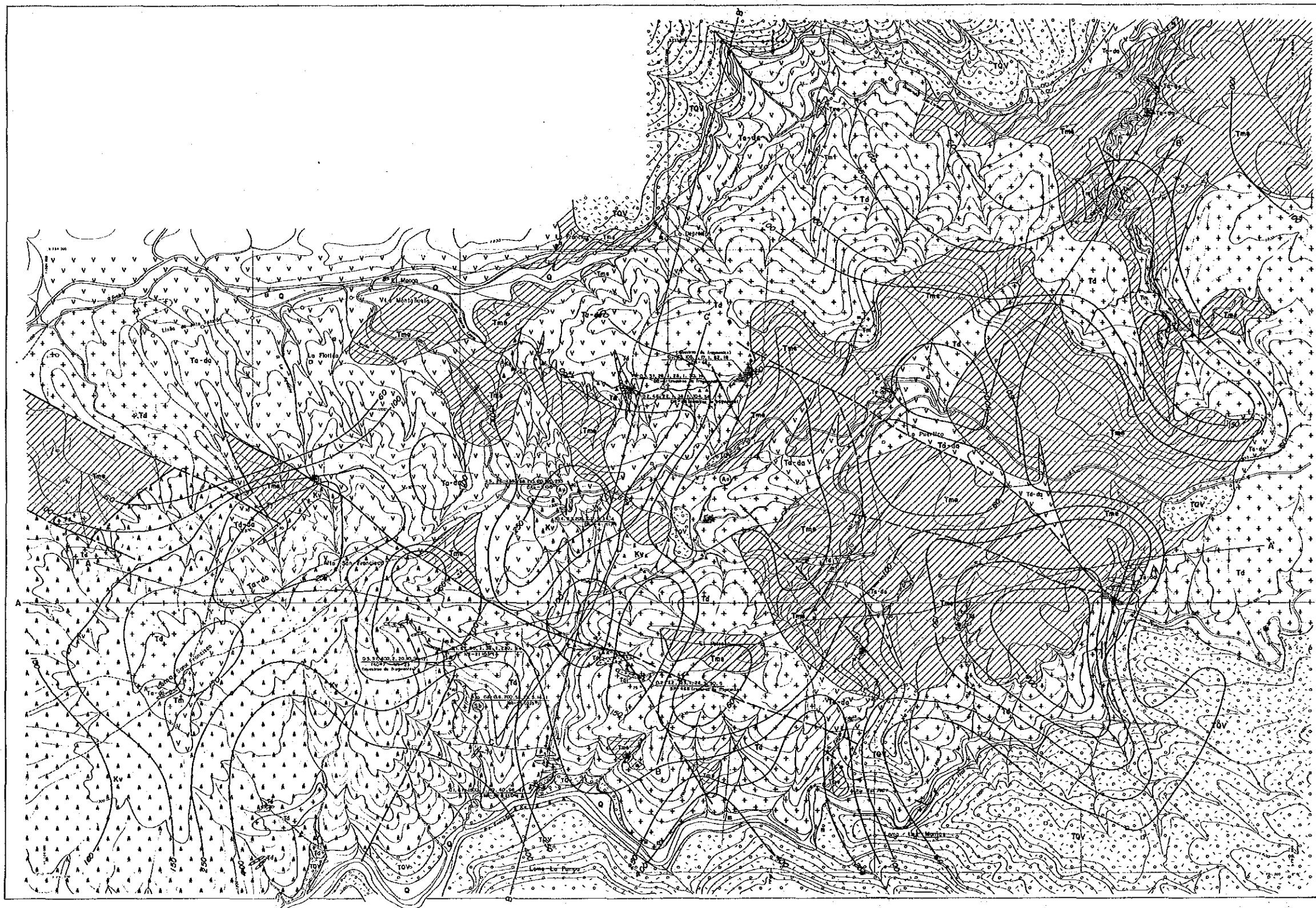




Tab. 3-2-3 RESULTADOS DE MEDICIONES DE LABORATORIO  
EN LAS MUESTRAS DE ROCAS

No.	Sample Name	( $\Omega m$ ) Resistivity	(-mrad) Raw Phase	(-mrad) 3PT Decouple	(%) PFE	Type of Cole-Cole	Rock Name
1	N-1	463	13.9	15.9	1.44	C	limolita
2	N-2	1565	16.1	16.2	2.14	B	dacita
3	N-3	4926	7.0	6.3	1.11	C	diabasa
4	N-4	403	7.0	8.6	0.94	C	diorita
5	N-5	2771	1.55	1.3	0.3	C	diabasa
6	N-6	6279	12.0	10.0	2.0	C	"
7	N-7	6025	7.2	6.0	1.24	C	limolita
8	N-8	2882	27.1	24.6	4.19	B	granodiorita porfido
9	N-9	502	16.5	16.0	2.28	B	dacita
10	N-10	378	10.5	11.1	1.41	C	limolita
11	N-11	9849	2.6	2.1	0.46	C	dacita
12	PA12.5A	641	70.4	82.0	9.99	A	Silicificacion diorita
13	PA12.5B	879	95.6	98.9	12.7	A	"
14	PB 2.8	6509	6.2	5.5	0.99	C	diorita- porfirita
15	PB12.5A	3840	20.7	17.2	3.43	Bc	granodiorita
16	PB12.5B	3752	22.7	19.7	3.57	Bc	diorita
17	PB12.5C	5934	14.9	14.3	2.11	C	limolita
18	PB12.5D	6962	30.9	29.8	4.67	A	diorita
19	PB15.5A	5481	13.8	11.4	2.29	B	"
20	PB13.5	1010	14.8	13.6	2.23	B	granodiorita
21	PB15.5B	4783	10.7	9.2	1.75	B	limolita





0 500 m

LEYENDA

ROCAS ESTRATIFICADAS

CENOZOICO	Q	Depósitos no consolidados	Arcillas, arenas, gravas
	TOV	Formación Topón	Talpa, lavas volcánicas, lavas, lavas piroclásticas
	Tme	Formación Esmita	Lajas, lavas, lavas piroclásticas, lavas piroclásticas
MESOZOICO	Tm	Formación Mosquera	Lajas, lavas, lavas piroclásticas, lavas piroclásticas
	Ks	Rocas sedimentarias Cretácicas sin clasificar	Lajas, lavas, lavas piroclásticas, lavas piroclásticas
PALEOZOICO	Kv	Grupo Diabólico	Dibasos, granitos, granitos
	Kte	Oftolitas	Peridotitas, Rocas básicas
	Pm	Grupo Cajamarca (?)	Esquistos verdes, Esquistos verdes, Esquistos

ROCAS IGNEAS

Terciario	Tdi	Diabasos
	Tr	Riolitas Cuarzo-Forfinitas
	Tada	Andesita Porfírica, Dacita Porfírica
	Tm	Mordiorita
	Td	Granodiorita, Diorita, Cuarzodiorita
		Zona silicificada

- ▲ Mineralización de Sulfuros
- Fallo
- Veto evaporifera
- Esquistosidad
- Rumbo y buzamiento
- ▲ Eje Sinclinal
- ▲ Eje Anticlinal
- JL Socavón
- ▲ Línea de corte
- ⊙ Parte muestreada
- Curvas de isoresistividad

Fig. 3-2-17 MAPA EN PLANO DE RESISTIVIDADES APARENTE (512HZ)

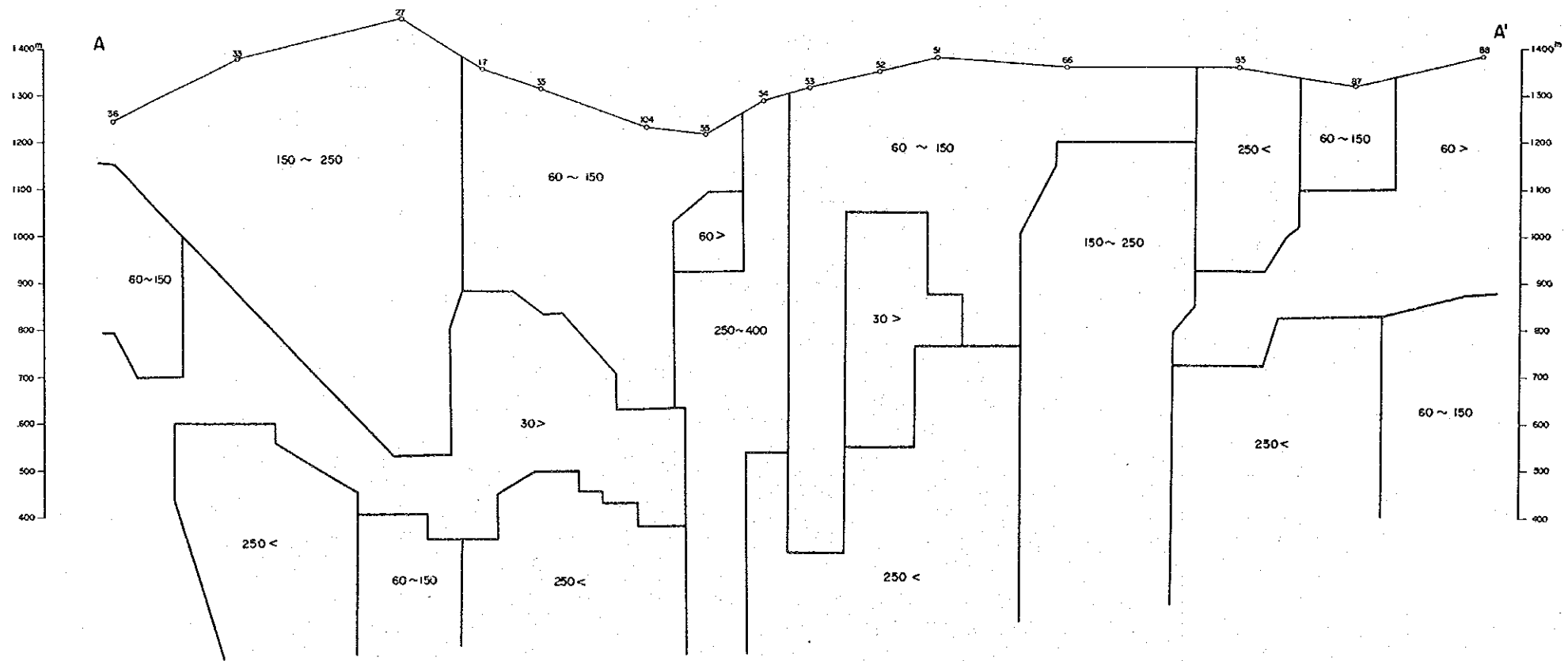
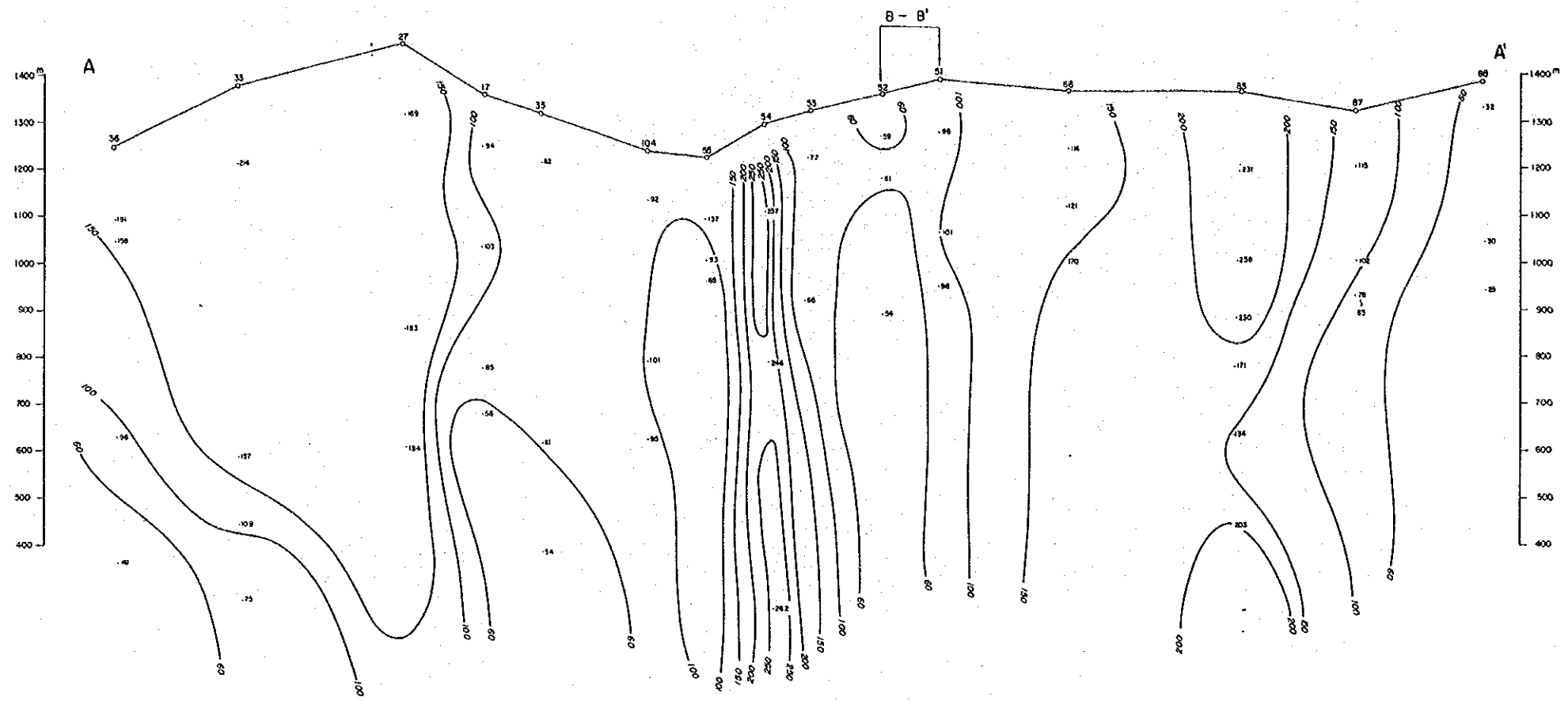


Fig. 3-2-18 MODELO BIDIMENSIONAL DE RESISTIVIDAD (A-A')



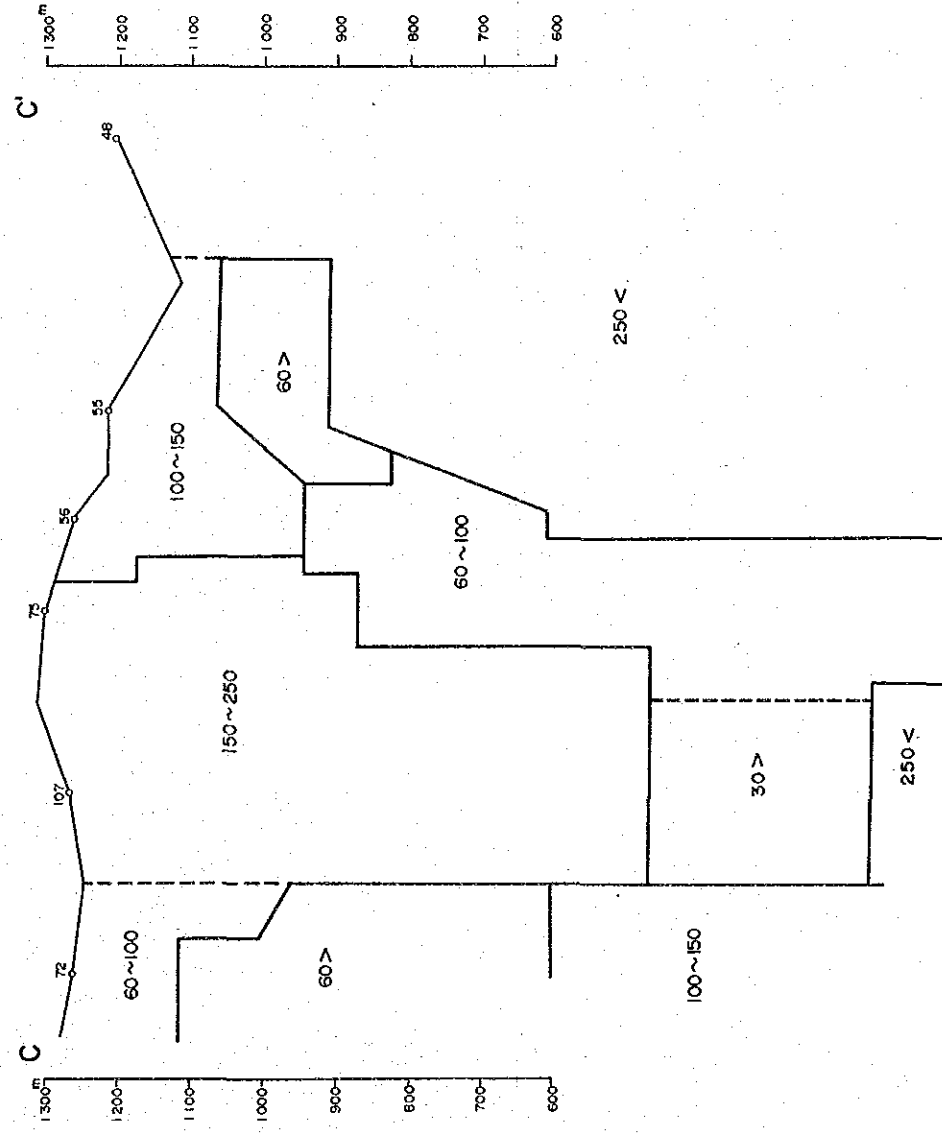
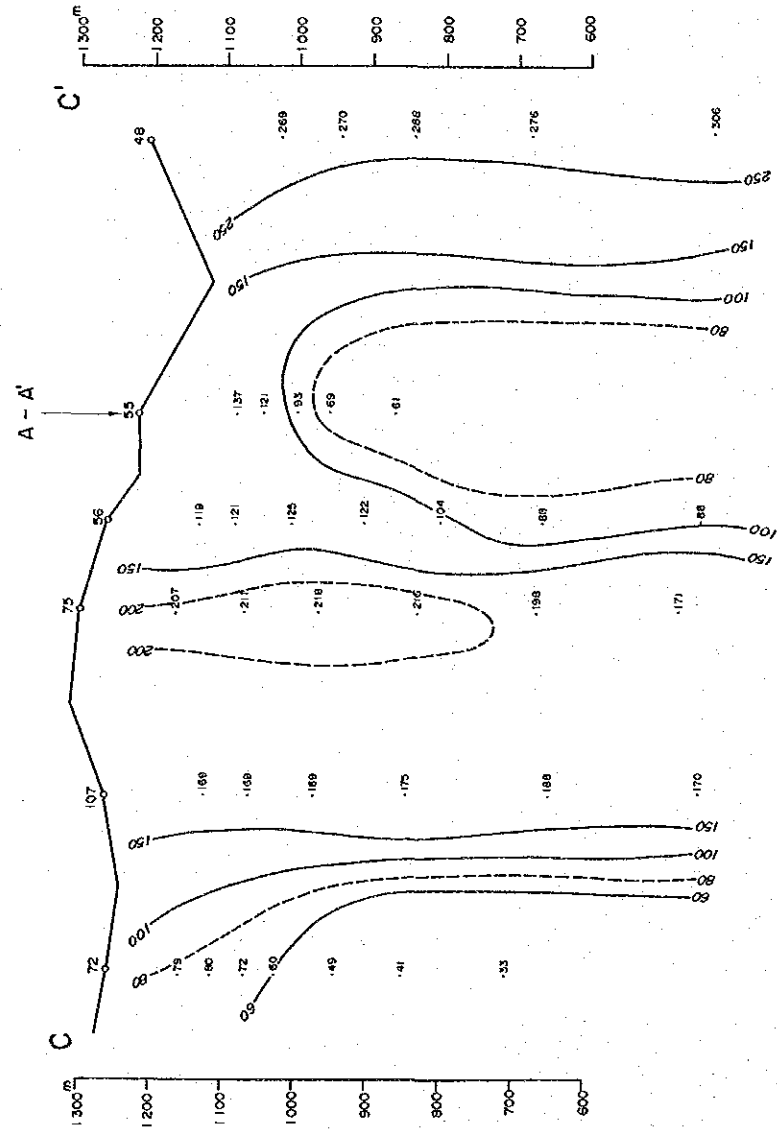


Fig. 3-2-20 MODELO BIDIMENSIONAL DE RESISTIVIDAD (C-C')





### iii) Sección C-C'

Esta sección va casi paralela a la sección B-B', al oeste de ésta y en la dirección OE-SSO. Cerca de las estaciones Nos. 107 y 55 la resistividad es de mas de 100  $\Omega$ -m y se distribuye en una capa gruesa. En la estación No. 55 en la capa intermedia quetiene una resistivad aparente de menos de 100  $\Omega$ -m y distribuida hasta el Sur de la No. 58, 2 estructuras estratificadas son detectadas y con una distribución de comparativamente alta resistividad sobre la superficie.

Por otra parte, la sección B-B' muestra una resistividad relativamente baja para la primera y segunda capa y con un espesor de alrededor de 300 m. En cambio, la alta resistividad correspondiente a la diorita puede verse en la sección A-A' sobre las estaciones Nos. 68 y 67. Además, al oeste se observa el espesor de la cubierta con una resistividad inferior a los 100  $\Omega$ -m que corresponde a la capa intermedia. Al analizar los resultados de la prospección geológica, se observa que lo anterior puede deberse a las fallas que rodean a esta área.

### 3.2.7.3. INTERPRETACION SIP

Dentro del área seleccionada por el método CSAMT donde se confirmó la zona baja resistiva y despues de analizar los resultados de las prospecciones geológicas y geoquímicas, se planificaron 2 líneas SIP, que se designaron como PA y PB y cuya interpretación se describe a continuación.

#### 1) Línea PA

Resistivades aparentes sobre esta línea anduvieron generalmente por mas de 150  $\Omega$ -m, excepto en el centro de la línea, en las estaciones Nos. 7 a 9.5 que tuvieron resistividades menores de 100  $\Omega$ -m sobre la superficie. Altas resistividades mayores de 200  $\Omega$ -m se observan especialmente al Norte de la estación No. 4, como también en las profundidades de las estaciones Nos. 6 a 9 y de las estaciones Nos. 11 y 13. En estas 3 áreas, se detectaron efectos IP muy altos. En el extremo de la línea y a ambos lados de ésta, se encontraron anomalías de fase de mas de -30 mrad. Estas 2 anomalías se convierten en una sola en las profundidades alrededor de las estaciones Nos. 7 y 9, indicando mas de -20 mrad. Esta anomalía de fase entre -20 y -30 aumenta de espesor al Norte de No. 8. La mayor parte de la anomalía muestra mas del 3% de PFE, indicando buena correlación con zonas de anomalía de -20 mrad. A través de las secciones PFE se pueden notar 3 anomalías prominentes con que se puede asumir la forma de la fuente, entre las cuales, la mas interesante está entre las estaciones No. 9 y 10 correspondiendo a una resistividad mayor de 250  $\Omega$ -m, esto significa que está alta resistividad indica una zona alterada al oeste de rocas compactadas y recientes. La anomalía detectada en el extremo N-S de la línea indica una anomalía masiva que es la mejor en esta línea y con tendencia a extenderse hacia el N-O. La anomalía detectada en el extremo SO, en otras palabras, al sur de la No. 12, debe ser un halo de la anomalía que puede estar al sur de la No. 16. La anomalía detectada en el centro de la línea, alrededor de las estaciones No. 7 y 8 y a la profundidad del No. 2 se profundizan hacia el sur a la profundidad del No. 10. Esta anomalía que indica casi un rumbo NE a SO es tambien detectado en la otra línea, especialmente la detectada sobre la superficie de los No. 4 y 6 sobre la línea PA extendida a la profundidad de la No. 8. La anomalía profundizandose hacia el sur fue confirmada en el centro de la línea alrededor de las estaciones Nos. 7 y 8 y es una extensión casi al SO de la misma fuente y de todas aquellas anomalías detectadas en otra línea. 3 anomalías rodeadas por resistividades relativamente altas, corresponden con los resultados de la

prospección CSAMT especialmente la detectada al extremo NO de la línea que indicó mas de 150  $\Omega$ -m por ambos métodos CSAMT y SIP. Por otra parte, la anomalía detectada sobre el extremo SO indica resistividades abajo de alrededor de los 100  $\Omega$ -m, profundizándose hacia el N e indicando una anomalía PFE de 3%. No obstante, esta anomalía no es sobresaliente ni en la sección de fase sin corregir, ni en la fase desacoplada de 3 puntos. El tipo de espectro encontrado en el extremo de ambas líneas, a juzgar por la poca diferencia entre los patrones del espectro, se dice que es debido a los minerales de sulfuro. La anomalía detectada en el extremo NO de la línea muestra o un pequeño o casi ningún aumento de fase con el aumento de la frecuencia, esta variación es típica aquí. En cambio, en la anomalía encontrada en el extremo SO de la línea, la fase disminuye con el aumento de la frecuencia en el rango de frecuencia mas bajo. La anomalía detectada a la mitad de la línea, alrededor de las estaciones Nos. 9 y 10, se asemejan al encontrado en el extremo NO de la línea, mostrando algun cambio en las frecuencias de 0.625 a 1.25 Hz. Esta anomalía, a diferencia de las otras 2, se debe a una fuente mas debil.

ii) Línea PB

Las resistividades aparentes sobre esta línea oscilan desde 100 hasta 700  $\Omega$ -m. El área de resistividades que van desde los 100 hasta los 150  $\Omega$ -m disminuye en esta línea en comparación con la línea PA, sin embargo, la resistividad de 150  $\Omega$ -m es un valor dominante en esta línea. Al igual que en la línea anterior, se detectaron tambien fuertes anomalías IP en zonas de alta resistividad, alrededor de los 150  $\Omega$ -m. Para dichas anomalías, el efecto IP es poco diferente, sin embargo se encuentra un cambio en la resistividad, la cual hace que los tipos de espectro sean diferentes.

3.2.7.4. CONSIDERACIONES SOBRE EL METODO CSAMT

El método CSAMT nos proporciona la distribución de resistividad en el área que, al relacionarla con la geología, permite determinar adecuadamente las fallas, las zonas fracturadas, grado de mineralización etc.

El método CSAMT adoptado en esta área, muestra que el área de alta resistividad concuerda con roca de alta densidad compuesta por rocas terciarias de grano-diorita y diorita; en cambio, el área de baja resistividad concuerda con las rocas sedimentarias del grupo Esmítico y tambien con tobas y brechas volcánicas del grupo de Popayán. La principal tendencia de la resistividad detectada en esta área muestra direcciones NE a SO, sin embargo, en la parte oriental del área cerca de La Puertica, Alto San Francisco y El Potrero, se detectan algunas resistividades bajas debido a la estructura geológica de las fallas de las líneas en la dirección NO-SE. Este bajo resistivo se convierte en la dirección N-S del área central alrededor de los 300 m. abajo de la superficie cerca de La Puertica y que tambien se extiende al Norte de La Degresión. La zona de bajo resistivo que se encontró en medio del área y que se alinea en la dirección N-S, puede ser debida a una causa diferente del bajo resistivo que une la zona de La Puertica y El Potrero alineada NO a SE. La previa baja resistividad, a juzga por el valor de resistividad y por la geología, puede deberse a la granodiorita, sin embargo, en el extremo de la zona de baja resistividad existe alguna alteración mineral en la superficie, de tal forma que puede decirse que esta zona baja resistiva puede deberse a alteración mineral. La última zona de baja resistividad parece deberse a la falla y a la zona fracturada, sin embargo, esto debe estudiarse con mas detalle.

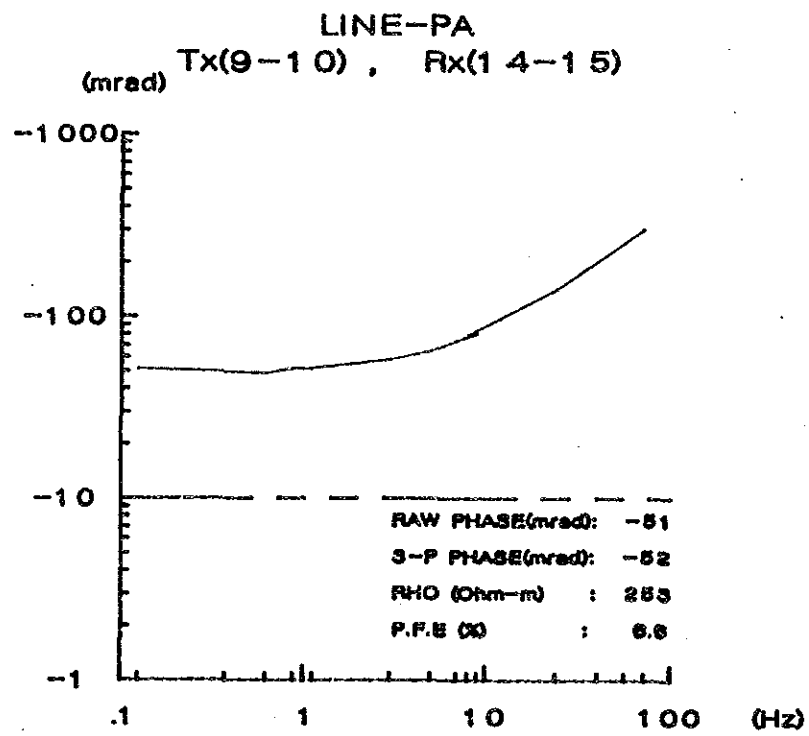
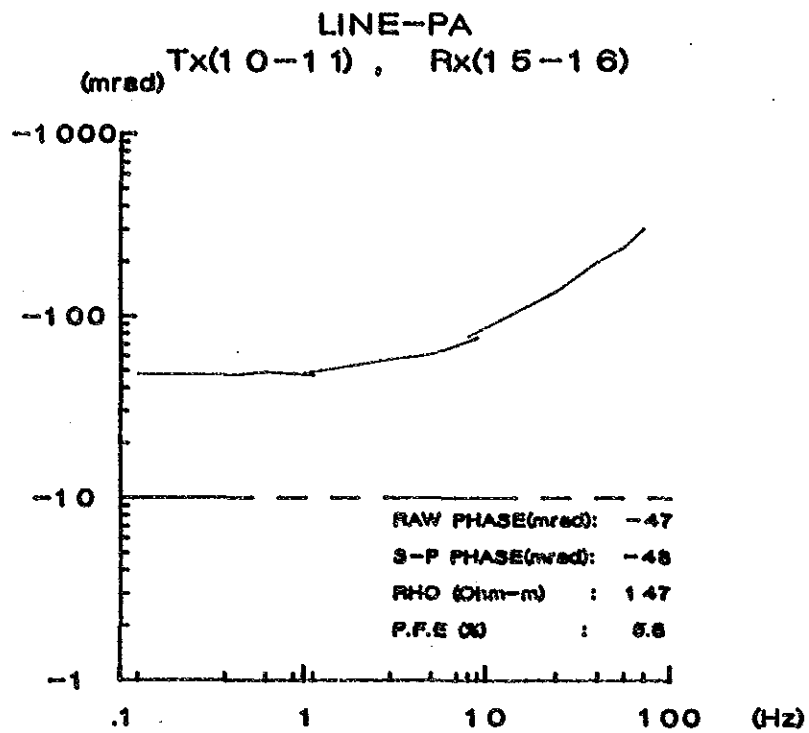


Fig. 3-2-21 TIPO DE ESPECTRO DE FASE TIPICA DE LA LINEA-PA

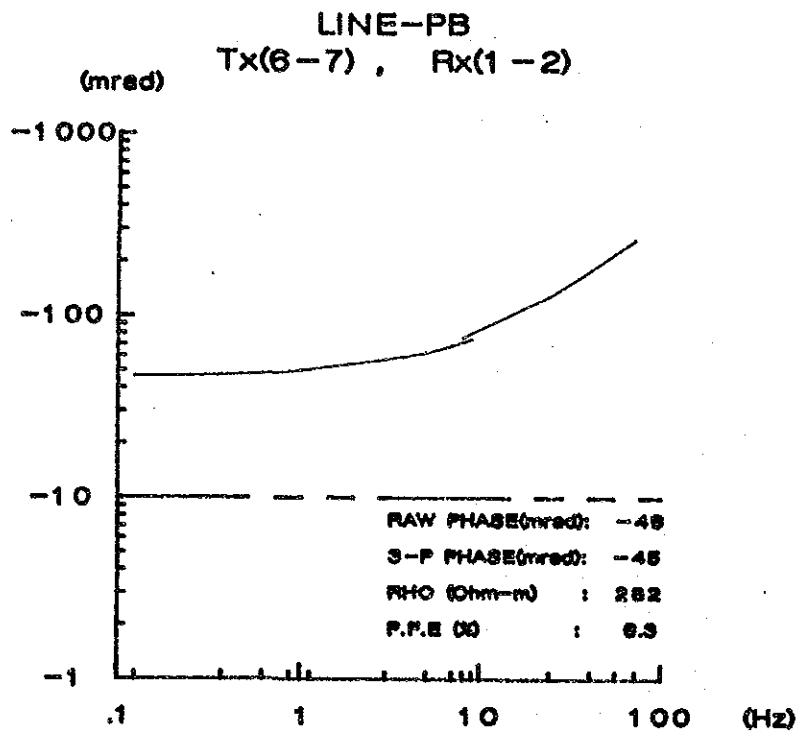
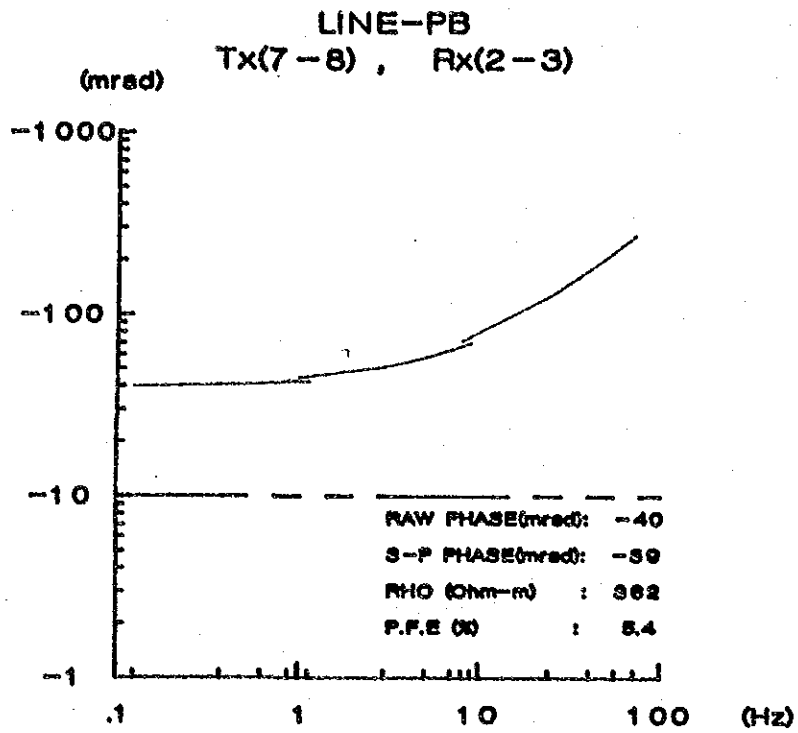


Fig. 3-2-22 TIPO DE ESPECTRO DE FASE TIPICA DE LA LINEA-PB

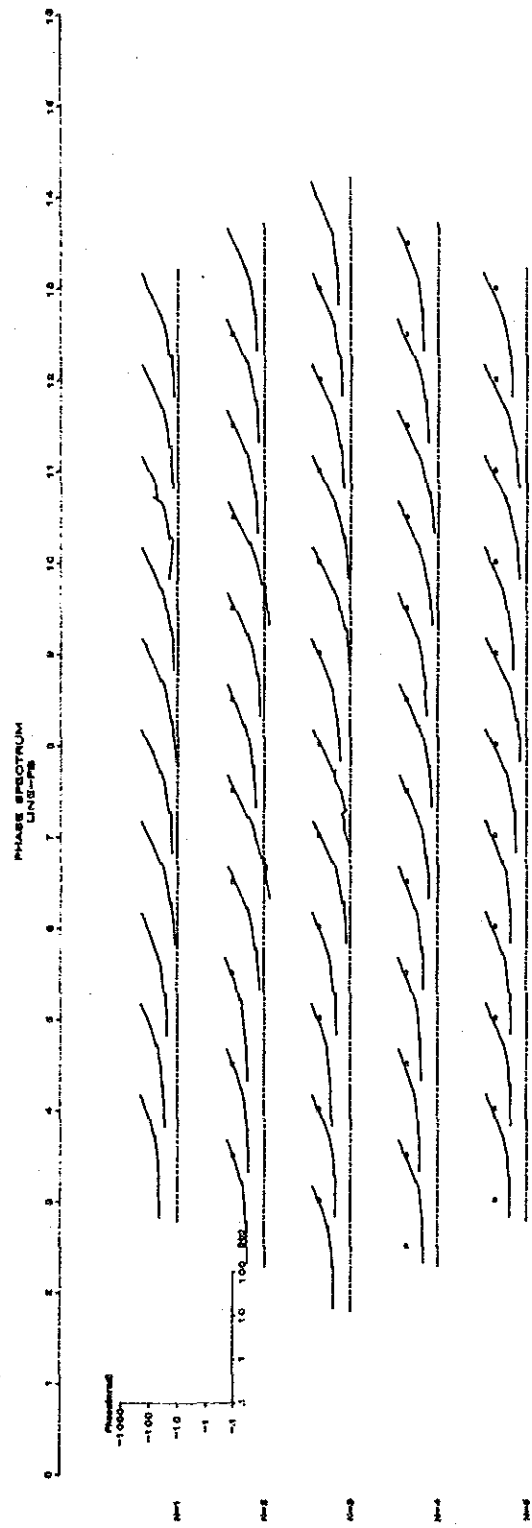
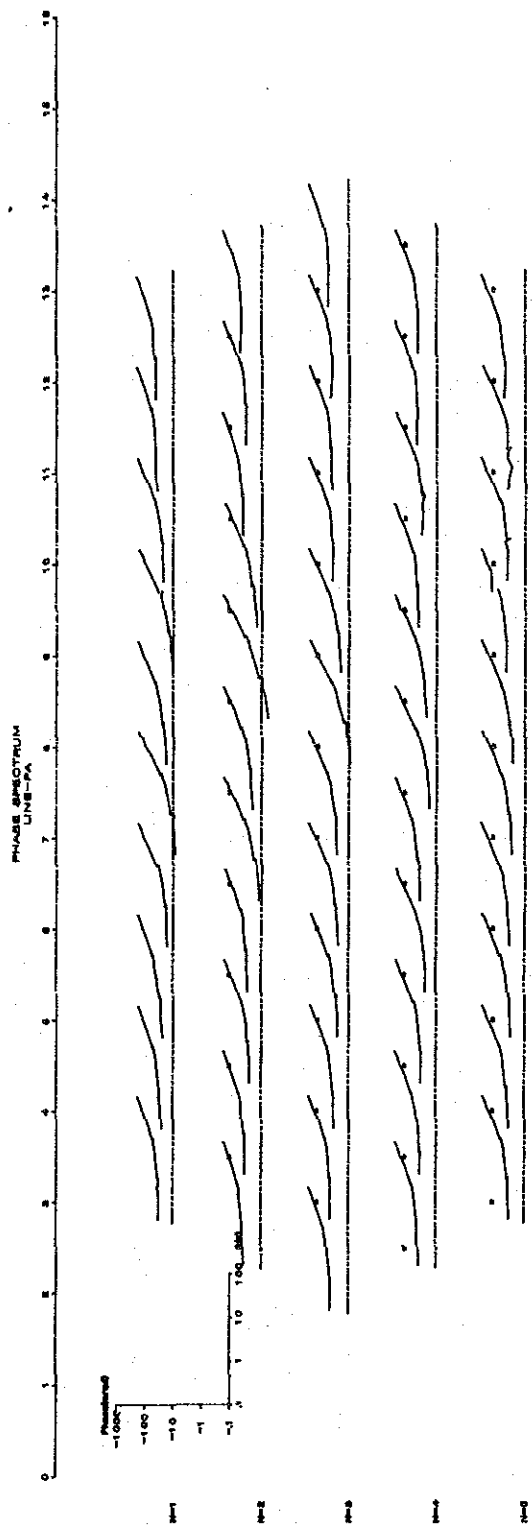


FIG. 3-2-23 ESPECTRO DE FASE

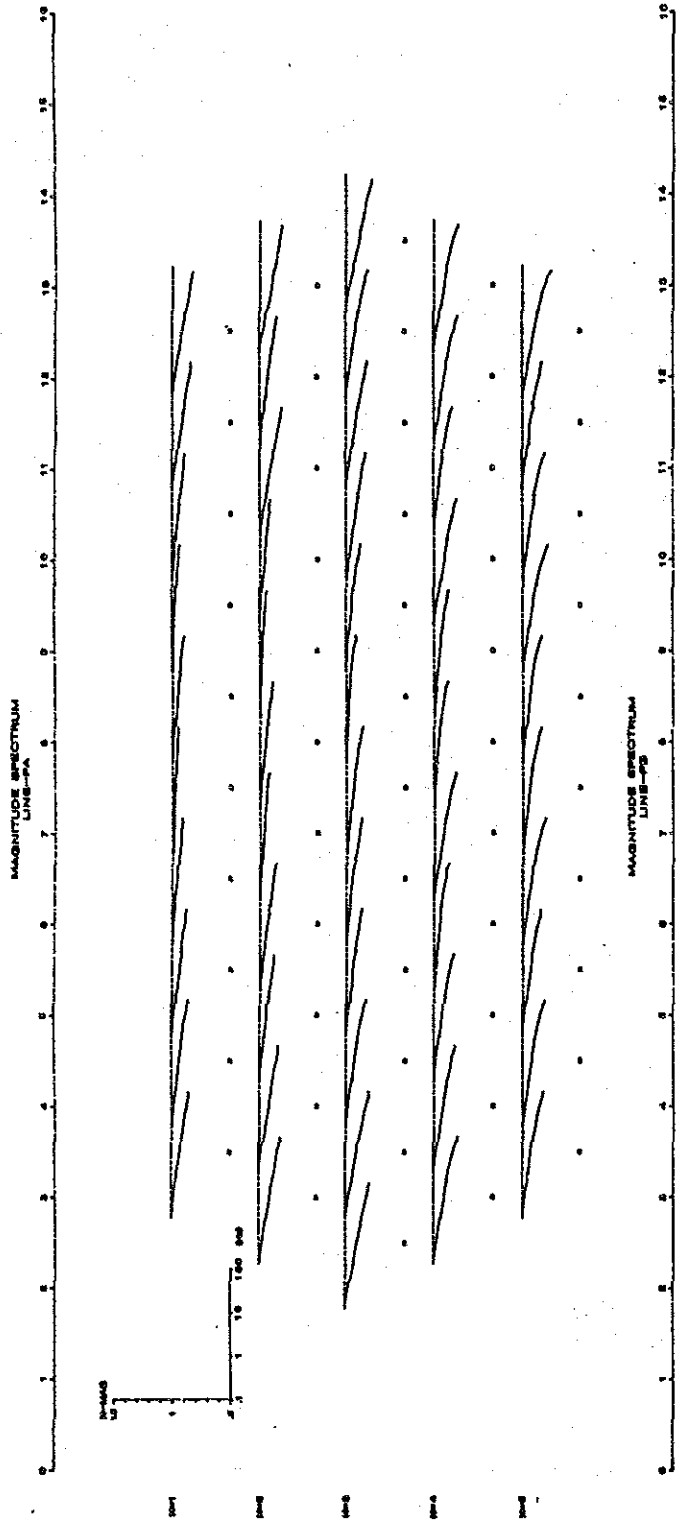


Fig. 3-2-24 ESPECTRO DE MAGNITUD

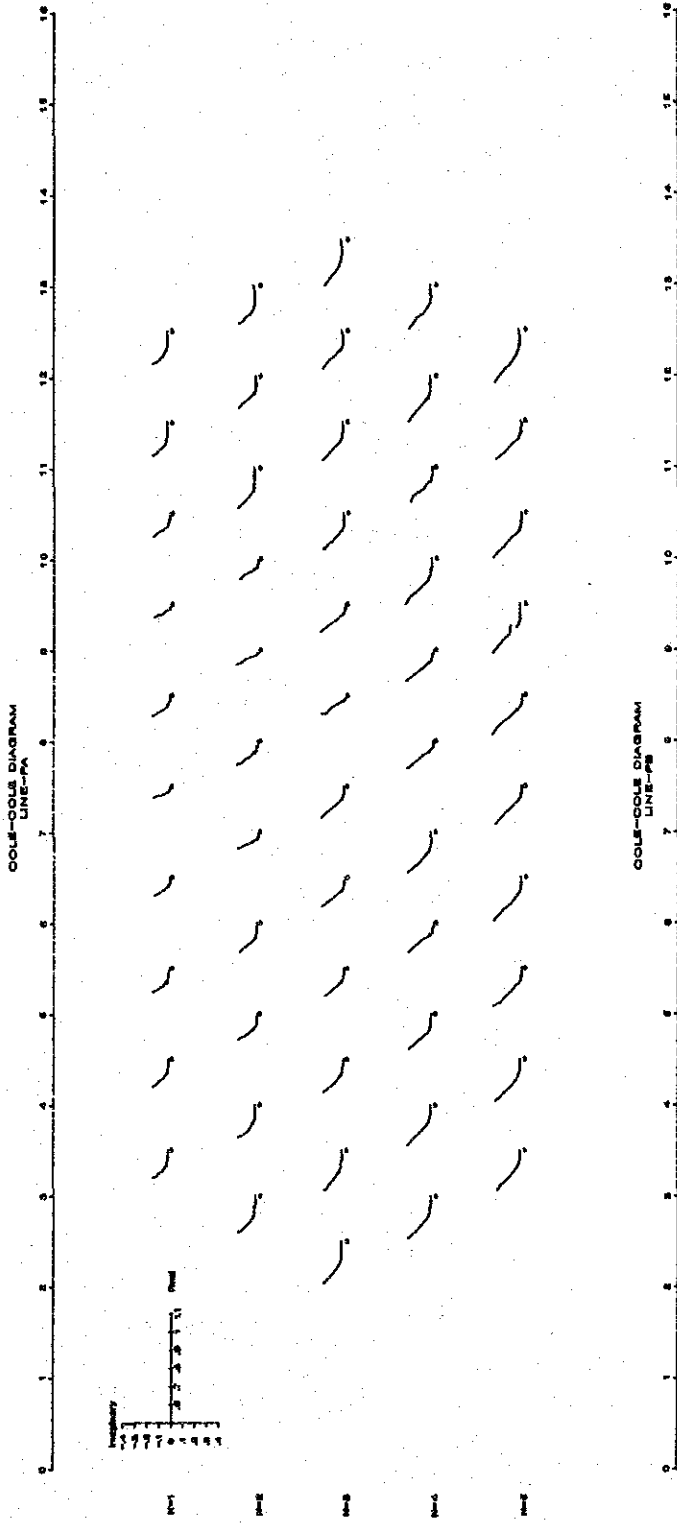


FIG. 3-2-25 DIAGRAMA DE COLE-COLE



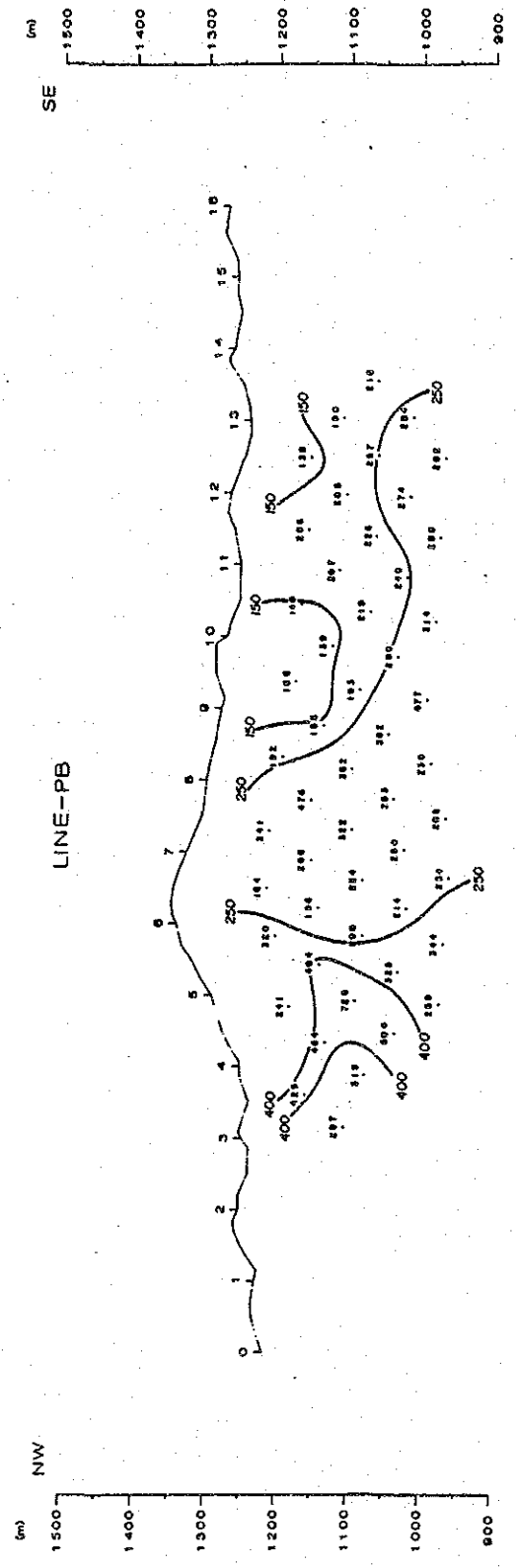
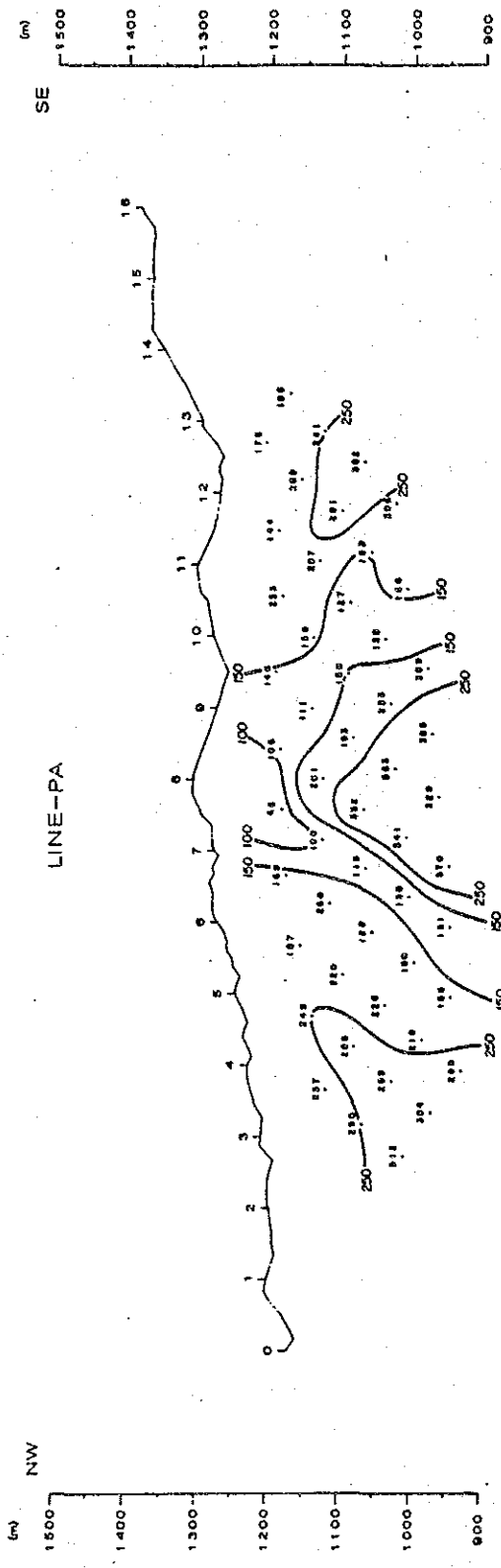


FIG. 3-2-26 RESISTIVIDAD APARENTE (OHM-M)

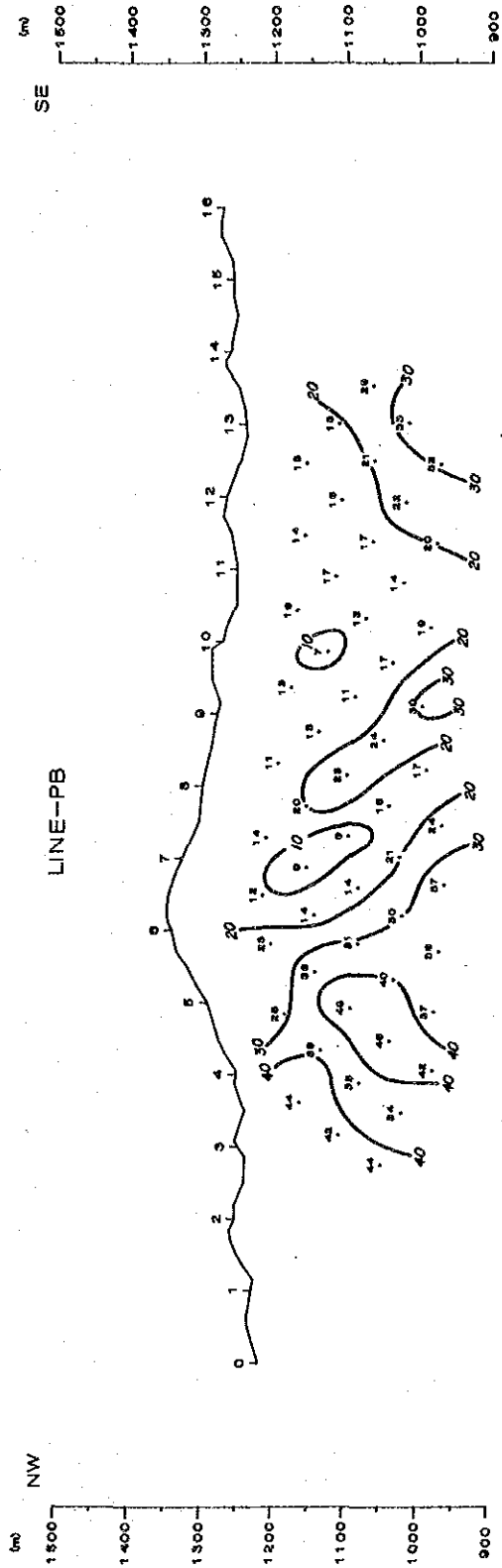
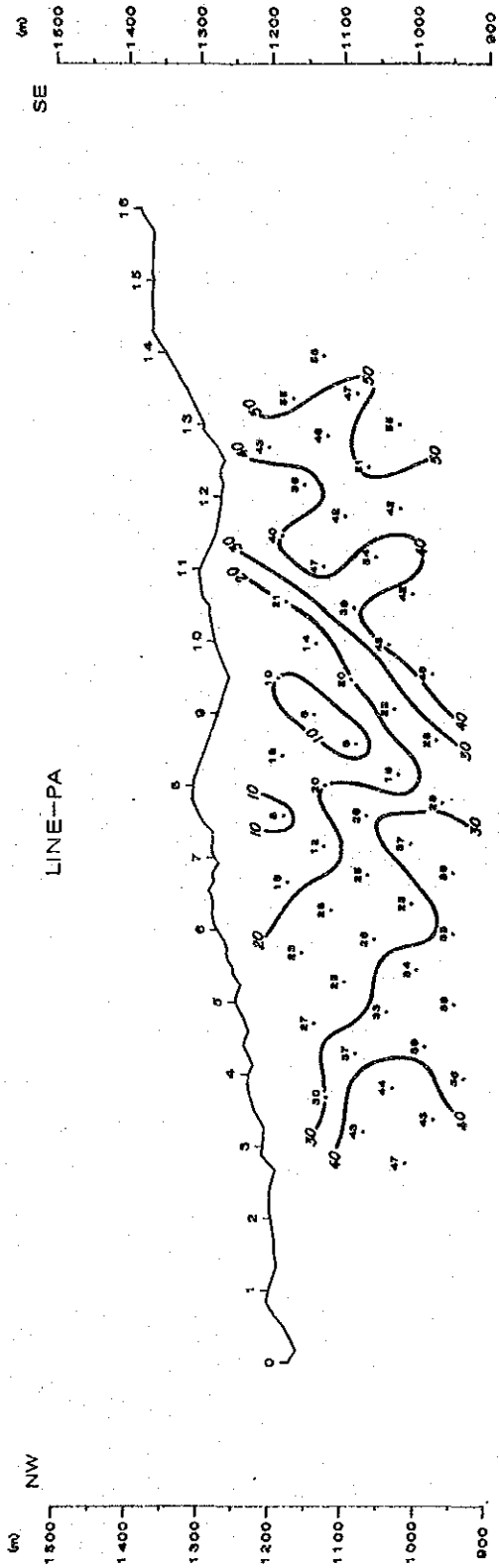


FIG. 3-2-27 FASE SIN CORREGIR (0.125HZ)

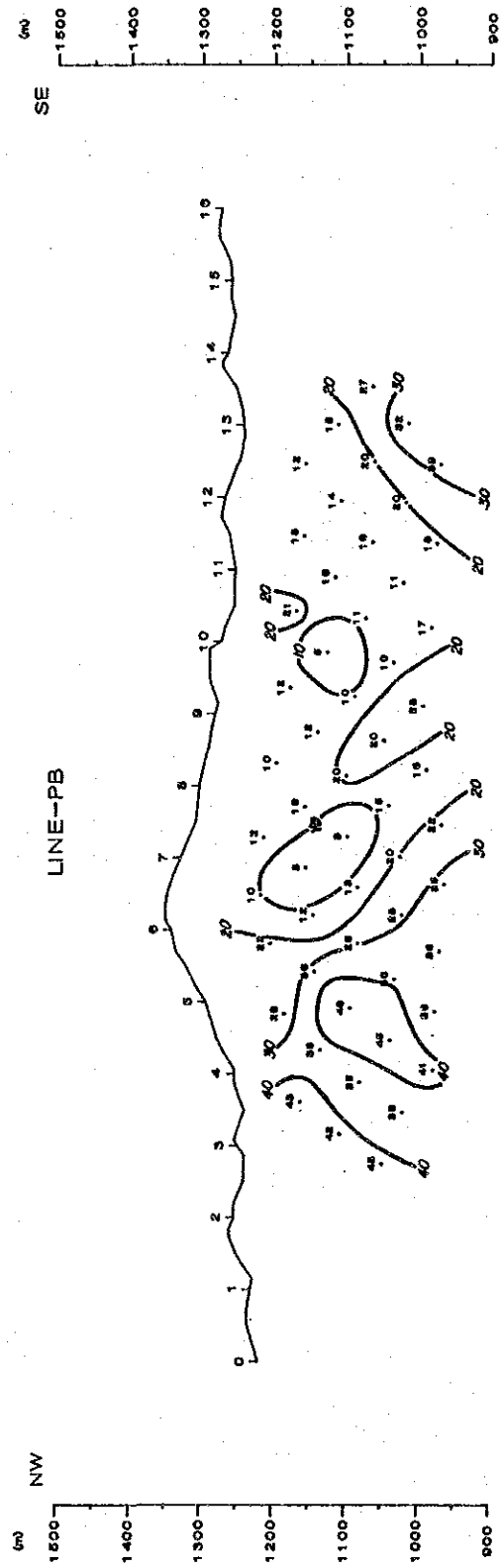
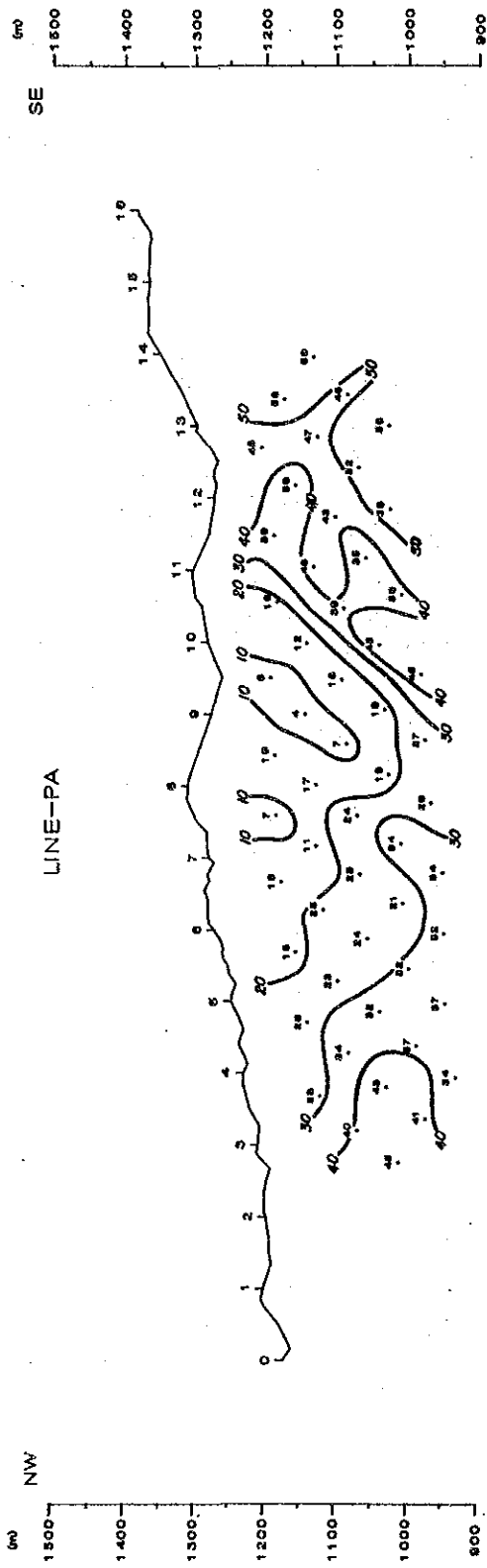


Fig. 3-2-28 FASE DESACOPLADA DE 3-PUNTOS (0.125HZ-0.375HZ-0.625HZ)

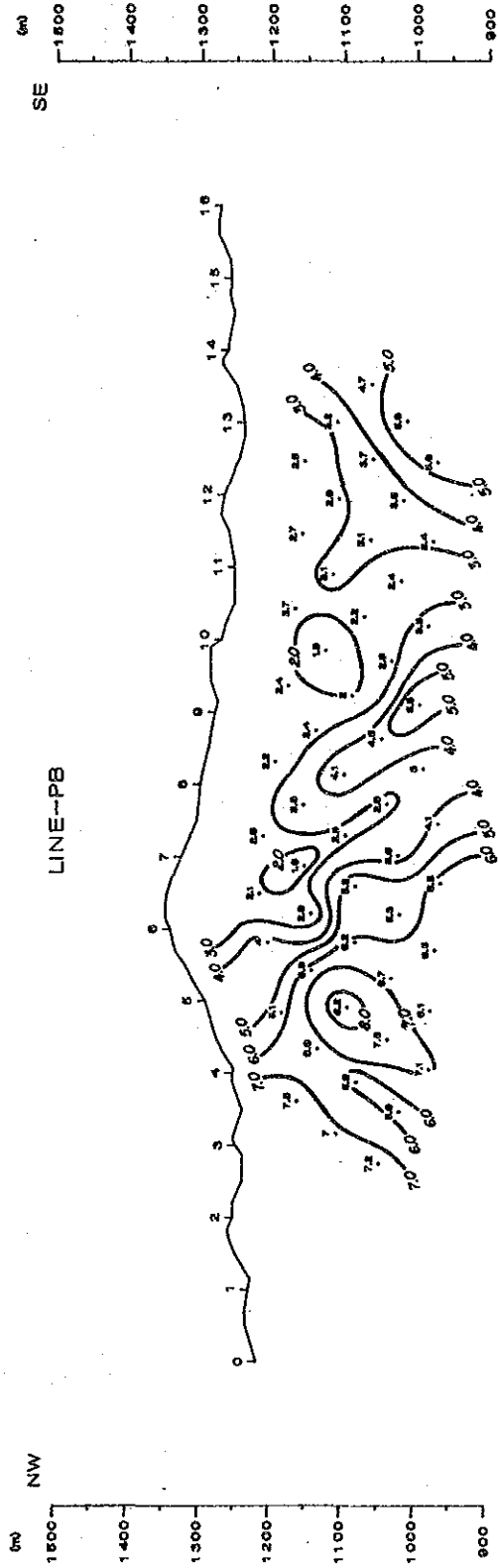
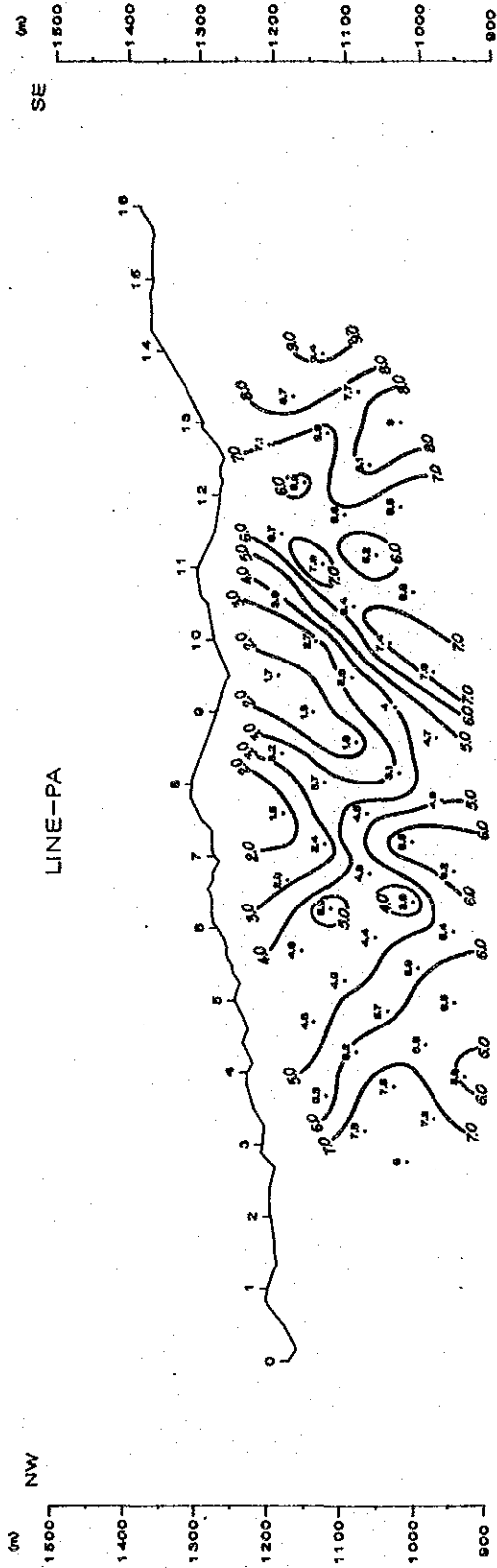


Fig. 3-2-29 PORCENTAJE DEL EFECTO DE FRECUENCIA [0.125HZ-1.OHZ]



Por otra parte, la zona de alta resistividad fué confirmada en la parte occidental del área en Alto San Francisco, mostrando la monótona distribución de resistividad que parece reflejar la roca básica en esta área. También, alta resistividad se encontró en la parte oriental del área rodeada por la zona bajo resistiva. Esta alta resistividad se debe a las rocas intrusivas de granodiorita y andesita y dacita porfirítica, en forma tal que, sobre estas rocas intrusivas, el grupo Esmítia esta ampliamente distribuido y mostrando resistividades mas bajas. Por lo tanto, la prospección SIP se planificó en el área de la zona baja resistiva debido a la alteración mineral. La dirección de las líneas SIP se decidió tomando en cuenta mas que todo, la estructura geológica.

#### 3.2.7.5. CONSIDERACIONES SOBRE EL METODO SIP

Despues de examinar los resultados del método CSAMT y de la estructura geológica, las siguientes consideraciones pueden ser derivadas:

- 1.- En el área de la prospección SIP, rocas intrusivas de granodiorita estan ampliamente distribuidas y con resistividad aparente de generalmente mayor de 150  $\Omega$ -m. Sin embargo, debido a la alteración mineral, parte del área muestra resistividades de menos de 60  $\Omega$ -m.
- 2.- En ambos extremos Norte y Sur de las líneas se detectaron fuertes anomalías IP: a la anomalía Sur se le ha llamado anomalía C y a la del Norte, anomalía A. La anomalía B encontrada en el centro de la línea, indica una anomalía mas pequeña, y posee resistividades mas bajas que A y C. Este cambio de resistividad puede ser originado por el grado de alteración.
- 3.- La zona resistiva detectado por el método SIP coincide muy bien con la del método CSAMT.
- 4.- Las características de las anomalías A, B y C son escasamente diferentes. La mayor parte del tipo encontrado en la anomalía A no muestra ningun cambio de fase o un escaso aumento al aumentar la frecuencia en el rango de baja frecuencia. Alguna de la anomalía B indica el mismo patrón. En el patrón de la anomalía C, la fase disminuye al aumentar la frecuencia.

Es difícil a este momento, delinear claramente la anomalía en los dos patrones, sin embargo, se sabe que dependiendo del contenido de pirita, del grado de alteración y de la roca madre, los dos mencionados o algunas veces los tres tipos de patrones de las anomalías pueden ser reconocidos.

- 5.- Las muestras rocosas colectadas en la zona anómala C, en ambas líneas, muestran un tipo de espectro causado por la fuerte alteración, por los minerales de sulfuro y/o ciertos minerales de arcilla. Otra muestra rocosa colectada en la zona anómala C, indica un tipo causado por poca pirita con una debil alteración, ambos de los cuales reflejan los minerales de sulfuro con diferente grado de alteración.
- 6.- Consecuentemente, y a juzgar por la información geológica y de CSAMT y SIP, se deduce que la anomalía C con mas fuerte alteración debe tener mas alto potencial de depósito mineral que la anomalía A. Sin embargo, se hace necesario confirmar la forma completa de la anomalía, desarrollando estudios posteriores de la forma de la fuente.

#### 3.2.8. DISCUSION

Los métodos geofísicos CSAMT y SIP conducidos en Piedrasentada llevaron a las siguientes conclusiones:

La resistividad aparente de esta área va desde 10 hasta 600  $\Omega$ -m y en medio del área prospectada, una zona baja resistiva tiende a distribuirse en la dirección NE-SO, mientras que en el Este alrededor de La Puertica,

esta es controlada por una zona estructural NO-SE.

La resistividad detectada por ambos métodos coinciden bastante bien con el mapa geológico, correspondiendo la alta resistividad con la diabasa y granodiorita y la baja resistividad con los grupos de Esmita y Popayán. Por otra parte, el aro de baja resistividad detectado cerca de la puertita esta relacionado con las fallas de la zona.

La baja resistividad que se encontró en las rocas intrusivas de granodiorita se atribuyó a la alteración mineral ya que la granodiorita misma indica alta resistividad.

Mineralización de pirita se encontró en la zona baja resistiva al sur de La Degresión y en El Potrero, donde la propección geoquímica condujo a encontrar la anomalía de Ingeominas. Esta anomalía de baja resistividad se extiende en profundidad, la cual sugiere que alteración mineral se extiende en profundidad. La prospección SIP conducida en esta área tuvo como centro a este bajo resistivo. Fuertes anomalías SIP fueron confirmadas junto con resistividades inferiores a 300  $\Omega$ -m.

Resistividades aparentes de mas de 300  $\Omega$ -m corresponden con fases inferiores a -20 mrad. Por lo tanto la granodiorita con resistividad menor de 300  $\Omega$ -m puede atribuirse a la alteración mineral.

El efecto IP encontrado en la zona promisoría, dió valores eminentemente anómalos, mostrando una fase decreciente con el aumento de frecuencia, la cual se observa frecuentemente sobre fuertes mineralizaciones de sulfuro.

Las anomalías encontradas en ambos extremos de las dos líneas indican un patrón poco diferente, la cual puede ser atribuido a la pirita. Otra anomalía encontrada en la mitad de la línea muestra un tipo de anomalía escasamente diferente, sin embargo, la causa es la misma. No obstante, es todavía difícil referirse a una discriminación mineral.

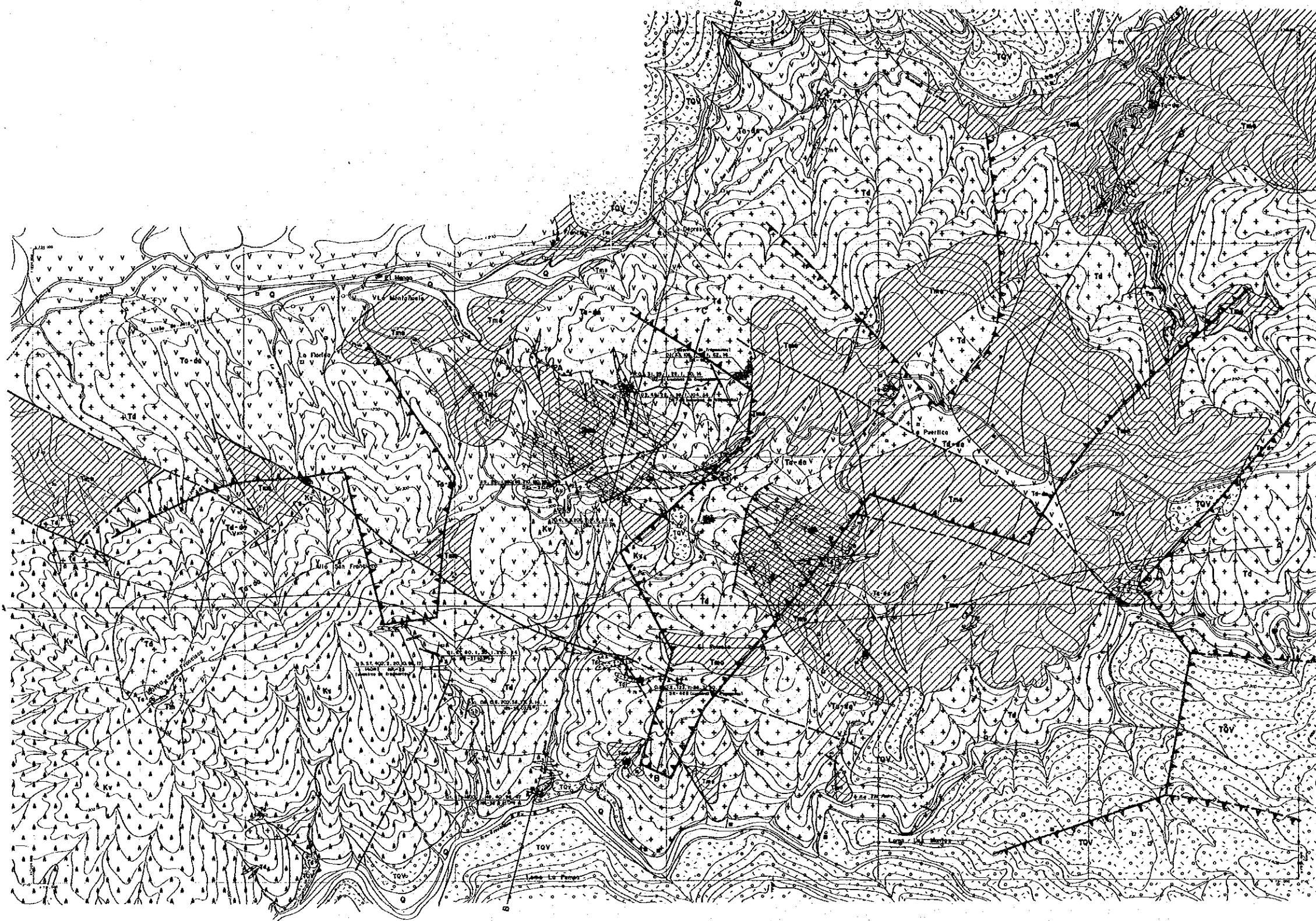
Dentro de la zona de baja resistividad encontrada por el método SIP, resultaron claras las fuertes anomalías de SIP detectadas. Por lo que se considera que el procedimiento del levantamiento de reconocimiento por el CSAMT seguido por el SIP resultó adecuado. A pesar de eso, el bajo resistivo acompañado de las fuertes anomalías SIP en ambos extremos de las líneas no puede ser aun totalmente confirmado.

Por lo anterior, se recomienda desarrollar prospecciones geofísicas mas de detalle para las anomalías encontradas, que permitan confirmar la forma real de la fuente y sus características.

Se recomienda también extender las líneas existentes, 1 km. al NO y al SE para la prospección SIP ó IP. En el área Nor-Oriental, establece una línea de 3.6 km. a intervalos de línea de 300 m. en la dirección NE y dos líneas de 3.6 kms. en los mismos intervalos de línea en la dirección S-O.







0 500m

LEYENDA

ROCAS ESTRATIFICADAS

CENOZOICO	Q	Depositos no consolidados	Arcillas, arenas, gravas
	TQV	Formación Popyón	Esbozo, areniscas, limos, arcillas
	Tm	Formación Esmito	Limas, arcillas, areniscas, conglomerados
MESOZOICO	Tm	Formación Mosquera	Limas, arcillas, areniscas, conglomerados
	Ks	Rocas sedimentarias Cretácicas sin clasificadas	Limas, arcillas
	Kv	Grupo Diabólico	Calizas, areniscas, limos, arcillas
PALEOZOICO	Kto	Olefinos	Calizas, areniscas, limos, arcillas
	Pm	Grupo Caimanes (?)	Esquistos, areniscas, limos, arcillas, cuarzos

ROCAS IGNEAS

Terciario	Tdi	Diabasa
	Tr	Riolitos, Cuarzos, Porfiritas
	Toe	Andesita Porfírica, Dorsos Porfíricos
	Tm	Microsiorita
	Td	Granodiorita, Diorita, Cuarcodiorita
		Zona subvolcánica
	▲	Mineralización de Sulfuros

—	Fallo	↗	Eje Simétrico
—	Vale cercifera	↖	Eje Anticlinal
—	Esquistosidad	J.L.	Socasión
—	Buque y Basamento	—	Línea de corte
⊙	Forma mineralizada		
▲	Zona de baja resistividad		
▲	Zona de Anomalia SIP		

Fig. 3-2-30 MAPA DE INTERPRETACION



## 4. DOMINICAL

### 4.1. INVESTIGACION GEOLOGICA

#### 4.1.1. OBJETIVO

Mé debate investigaciones geoquímicas de sedimentos activos se llegó a la conclusión de que en este área se encuentran anomalías de Cu y Mo.

También según Marulanda, A. existe mineralización de antimonio aunque en menor proporción.

El objetivo de las investigaciones actuales, fue para aclarar las causas de las anomalías geoquímicas y examinar la posibilidad de mineralización.

#### 4.1.2. LOCALIZACION

El área se localiza al sur y en las cercanías del Caserío San Miguel, con una forma rectangular de 4 x 4 km, limitada al oeste por el Río Pancitará fluyendo del norte y al noreste la bordea el Río Putis vertiendo sus aguas hacia el oeste.

Las elevaciones varían de 1100 m. hasta 1600 m.s.n.m., topográficamente está caracterizado por la presencia de cerros con el tope de sus filos relativamente suaves, intersectados por valles profundos.

El acceso al área de trabajo se realiza por la carretera Panamericana de Popayán a Rosas, Rosas-El Diviso por carretera no pavimentada pero en buenas condiciones. Del Diviso al Dominical a pie o a caballo son unos 60 minutos. La región está densamente habitada y su población se dedica exclusivamente a la agricultura y pastoreo.

#### 4.1.3. GEOLOGIA

La geología del área está compuesta por la Formación Esmita intruvida por cuerpos cuarzodioríticos, dacíticos y microdioríticos. Descansando discordantemente sobre las unidades anteriores se encuentra la Formación Popayán del Terciario-Cuaternario. (Fig. 4-1-1, 4-1-2)

La mayoría del área está cubierta por la Formación Esmita e intrusivos con formas muy complejas e irregulares. La Formación Popayán se restringe únicamente a limolitas en la parte norte y este del área.

La Formación Esmita está compuesta por una serie de intercalaciones de limolitas, areniscas y conglomerados con un color gris claro.

Los cuerpos intrusivos tienen una distribución característica tal como sucede con la diorita holocristalina al NE y la dacita porfídica al S. En la zona central del cuerpo dacítico se encuentra una roca diorítica, la relación que existe entre estas dos rocas es transicional. Igualmente sucede al NE del área donde aflora una microdiorita dentro del cuerpo diorítico.

El estudio microscópico señala que estos tres cuerpos intrusivos tienen una composición mineralógica muy similar; el contenido de biotita y hornblenda oscila entre 10 y 20% por volumen y como minerales claros se observan placioclasa An 30-50 y cuarzo. Aunque estos cuerpos intrusivos exhiben diferentes texturas y granulometrías, estas rocas presentan una composición química muy semejante y probablemente presentan un mismo origen magnético.

La elongación de los intrusivos está controlada por direcciones primarias NE-SW, NW-SE y subordinadas E-W, N-S.

#### 4.1.4. MINERALIZACION Y ALTERACION

En el área de interés se observaron dos tipos de mineralización: una compuesta por disseminación y reticulado y la otra conformada por mineralizaciones tipo filoniano (Apendice 3). La primera de ellas fue vista en la región comprendida en la parte central de la zona trabajada entre las Veredas La Pampa y Dominical. La roca mineralizada corresponde a los cuerpos intrusivos dioríticos y/o dacíticos; las ocurrencias minerales se presentan como - relleno de fisuras y disseminación, por lo general la disseminación está asociada a fracturamiento, a medida que la roca se compacta, la mineralización disminuye. La composición mineralógica está representada esencialmente por pirita (0.5% por volumen), en menor proporción calcopirita y muy pequeñas cantidades de molibdenita. Debido a la intensa meteorización química en la zona, la mayoría de los sulfuros a lo largo de los filos - están lixiviados y transformados a agregados limoníticos.

La mineralización filoniana fue observada dentro y en los alrededores de la mineralización disseminada. Sin embargo, un filón independiente fue localizado en el flanco norte del río Putis conformado esencialmente por estibina-calcopirita y pirita en ganga de cuarzo.

En la Vereda El dominical hay por lo menos 5 túneles exploratorios y de explotación de estibina. Estas explotaciones y exploraciones han sido suspendidas por la falta de mercadeo del mineral de antimonio. Todos los túneles fueron cavados en la zona oxidada, donde los minerales primarios han sido totalmente lixiviados y transformados quedando como residuo un agregado limonítico; muy ocasionalmente se observan residuos de los minerales primarios. Sin embargo, en muchas oportunidades es posible ver en el cauce de los tributarios que pasan por estas mineralizaciones cantos frescos mineralizados con estibina.

Los ramos estructurales promedios de estos filones son los siguientes:

N-45-60° W en dirección, buzamiento vertical y un espesor entre 15 y 60 cm.

Hacia el oeste de la vereda Dominical se encuentran varias zonas con sulfuros agrupados en dos direcciones predominantes N-W y N-S.

La mineralización tipo filoniano encontrada en este trabajo está resumida en Apendice 3.

En cuanto hace reticulado a la alteración hidrotermal de la roca encajante, ésta fue observada únicamente asociada a la mineralización tipo disseminación y reticulado.

Las muestras de rocas DDR-11, DNR-11 y DNR-30 contiene Au 4.6, 4.4 y 4.2 g/t respectivamente demostrando que el contenido de oro es bastante alto.

En el centro del área con mineralización disseminada, se observó un tributario donde sus rocas exhiben alteración fílica en una extensión de no más de 100 m. y el resto de la zona presenta una alteración propilítica constituida por la presencia de clorita-epidota y ocasionalmente calcita. En los alrededores del área con disseminación es común encontrar venillas de pirita rellenas fracturas y diaclasas, la alteración de la roca encajante es muy débil y la textura de la roca y su composición mineralógica no presenta ningún cambio físico-químico.

La zona propuesta, con base en su mineralización, para ser investigada al detalle presenta un área de forma ovalada de 2 km (E-W) × 1.5 km. (N-S).

#### 4.1.5. DISCUSION

Los procesos favorables para encontrar depósitos del tipo cobre porfídico son:

- 1) Disseminación de sulfuros asociados a intrusiones ácidas en una concentración de sulfuros,







- 2) Mineralizaciones de baja temperatura y superficiales de oro y antimonio fueron encontradas dentro y alrededor de la zona diseminada, y
- 3) El tipo de alteración en la roca de caja es esencialmente propilítica y sólo una parte de la zona central presenta alteración filítica, lo cual sugiere que podríamos estar en la parte superficial de la mineralización. Sin embargo, un factor negativo lo constituye el hecho de que superficialmente se observó muy poca mineralización de cobre y molibdeno, lo cual favorece la idea de que la zona pertenece a un sistema de cobre porfídico en donde la fuente mineralizadora no fue lo suficientemente grande como para constituir un depósito de cobre porfídico con una mena de un tenor alto para ser rentable.

Con base en estas suposiciones se recomienda una exploración más detallada consistente en prospección geofísica y geología detallada, con el fin de conocer o deducir qué puede existir en profundidad.

## 4.2. GEOQUIMICA

### 4.2.1. OBJETIVO

Las investigaciones geoquímicas fueron realizadas utilizando muestras de suelos, para examinar la posibilidad de mineralización del área y suponer la extensión y tipo de mineralización.

### 4.2.2. MUESTRA DE SUELOS

Las diferentes líneas geológicas de ruta fueron muestreadas cada 150-200 m, recolectándose aproximadamente 300 g de muestras de suelos del horizonte B. Para recolectar la muestra se empleó la media caña, herramienta de gran efectividad e ideal para ser usada cuando hubo necesidad de escavar más de 1.5 m. de profundidad. Las muestras fueron secadas y cuarteadas en la oficina Regional de Popayán. De cada muestra 50 g fueron preparados para análisis químicos, el resto de la muestra se almacenó en la Oficina de Popayán. Los análisis cuantitativos fueron realizados en el Laboratorio Químico Nacional - INGEOMINAS - Bogotá, usando el método de absorción atómica.

### 4.2.3. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS

Los datos de los análisis químicos se presentan en Apéndice 4.

### 4.2.4. ELEMENTOS GUIA

En esta prospección geoquímica los 8 siguientes elementos fueron analizados: Au, Ag, Cu, Pb, No, Ni y Cr, ya que estos mismos elementos fueron empleados para extratar las zonas anómalas en sedimentos activos.

### 4.2.5. METODO ANALITICO

El número total de muestras recolectadas en las tres áreas fueron, 514, lo cual conforma un grupo bastante pequeño para ser tratado estadísticamente, sin embargo todas las muestras fueron tratadas como un sólo grupo de muestras. El método analítico es el de Lepeltier (1969).

### 4.2.6. DETERMINACION DE LOS VALORES ANOMALOS

A través del estudio de la distribución de frecuencia acumulativa, expresada por las iniciales DFA, ésta está representada en los cuatro grupos siguientes (Fig. 4-2-1, 4-2-2, 4-2-3, 4-2-4, 4-2-5, 4-2-6).

1.- Muy cerca a una distribución log. normal.....Cu.

2.- DFA tiene un punto de quiebre con su curvatura hacia abajo.....Pb, Zn, Cr.



3.- DFA presenta dos puntos de quiebre en distancias muy cortas exhibiendo una distribución escalonada....Mo, Ni, Au.

4.- DFA no fue representada debido a que sus valores son muy erráticos....Ag.

El quiebre de la DFA refleja una población diferente, por consiguiente cada punto de quiebre fue tomado como el valor umbral.

Los valores umbral, el valor promedio de todas las muestras, el valor promedio de cada zona y el valor promedio de cada unidad litológica están representados en la tabla 4-2-1.

El coeficiente de correlación entre los elementos Ni y Cr tienen valor muy alto de 0.87 entre Pb y Mo es de 0.40 y entre Cu y Mo es de 0.34, en consecuencia no tiene una correlación muy débil con Pb y Cu. El resto de los elementos presentan un coeficiente de correlación muy bajo ( $<0,1$ ) por lo que podemos decir que en realidad no existe ninguna correlación entre ellos.

#### 4.2.7. RESULTADOS ANALITICOS

Anomalia geoquímica para Cu y Mo fué localizado en el centro del área investigada en el flanco sur del río Putis. La zona anómala se extiende 1 km. en dirección E-W y 0.4 km. en dirección N-S desplegando una forma semi-circular. La zona se puede continuar hacia el oeste si tenemos en cuenta los resultados de la investigación geológica.

Dos anomalías de oro fueron encontradas al sur del área de interés a lo largo de un camino de herradura con dirección E-W.

La anomalía geoquímica de Cu y Mo coincide exactamente con un cuerpo mineralizado intrusivo de composición ácida. Asimismo, mineralizaciones del tipo filoniano de Sb, Cu, y Au-Ag existen en la periferia bordeando la zona anómala, igualmente sucede con unas anomalías geoquímicas esparcidas en todo el área de Zn y Cr. Con base en lo anterior se puede presumir la existencia de una mineralización con una anomalía geoquímica central de Cu y Mo.

La anomalía de oro, con más de 1 ppm de oro, se encuentra circundando un pequeño cerro al oeste de la quebrada La Laja. La anomalía está subdividida en dos zonas debido a las grandes distancias entre los sitios de muestreo. El área en general requiere un trabajo mucho más detallado.

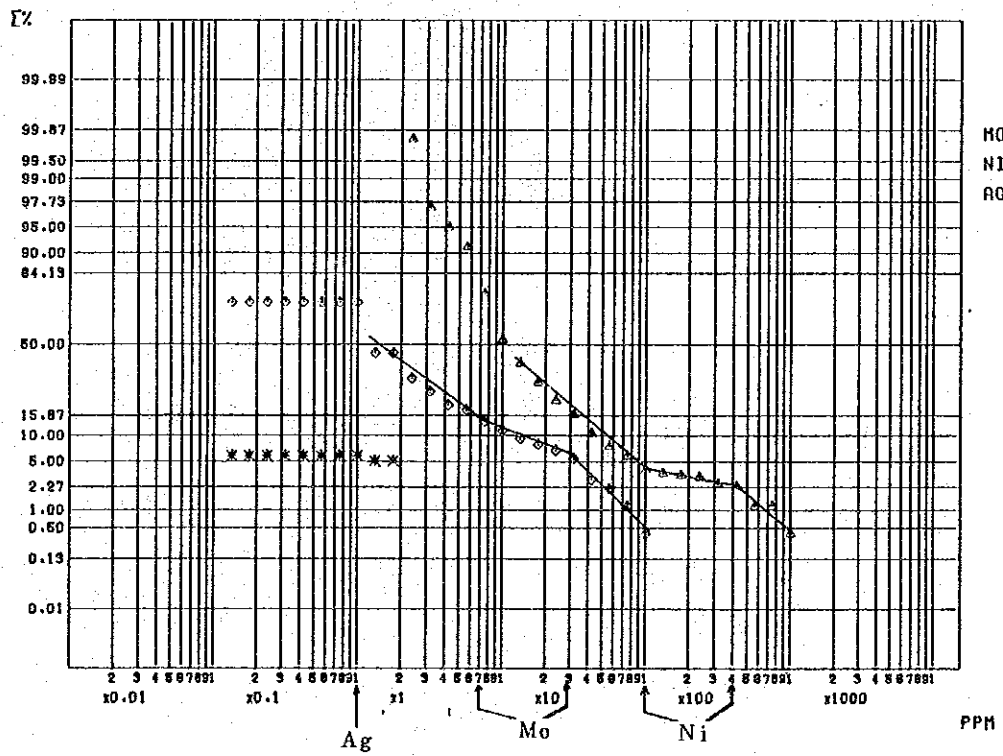
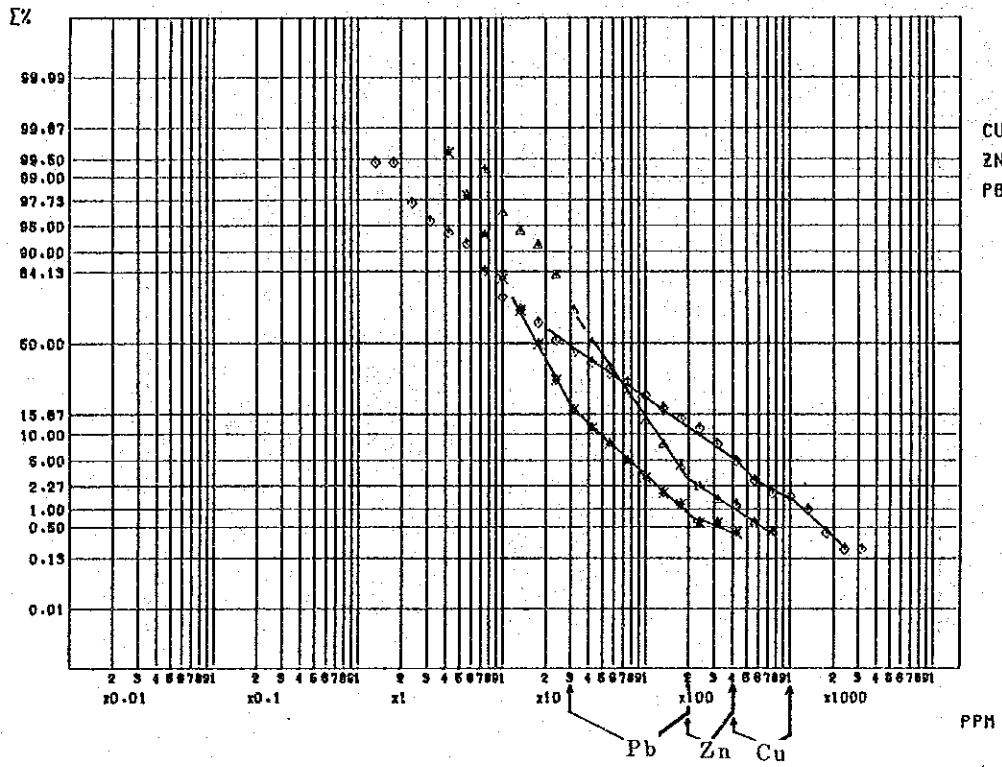


Fig. 4-2-1 CURVAS DE DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE VALORES GEOQUIMICOS EN SUELO, Cu, Pb, Zn, Y Mo, Ni, Ag.



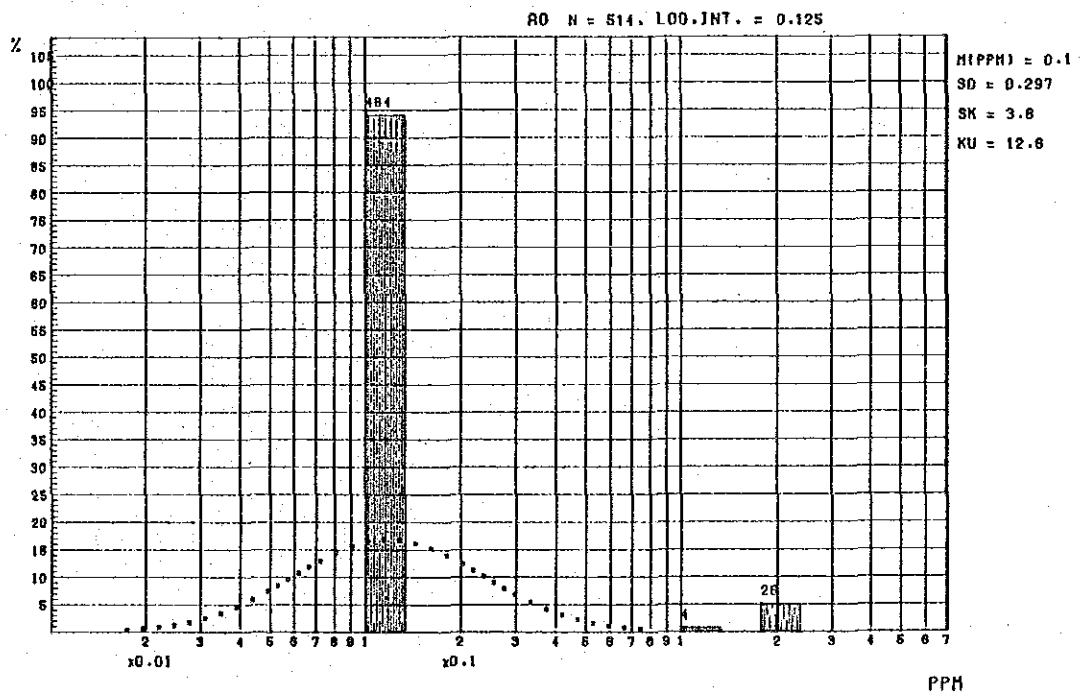
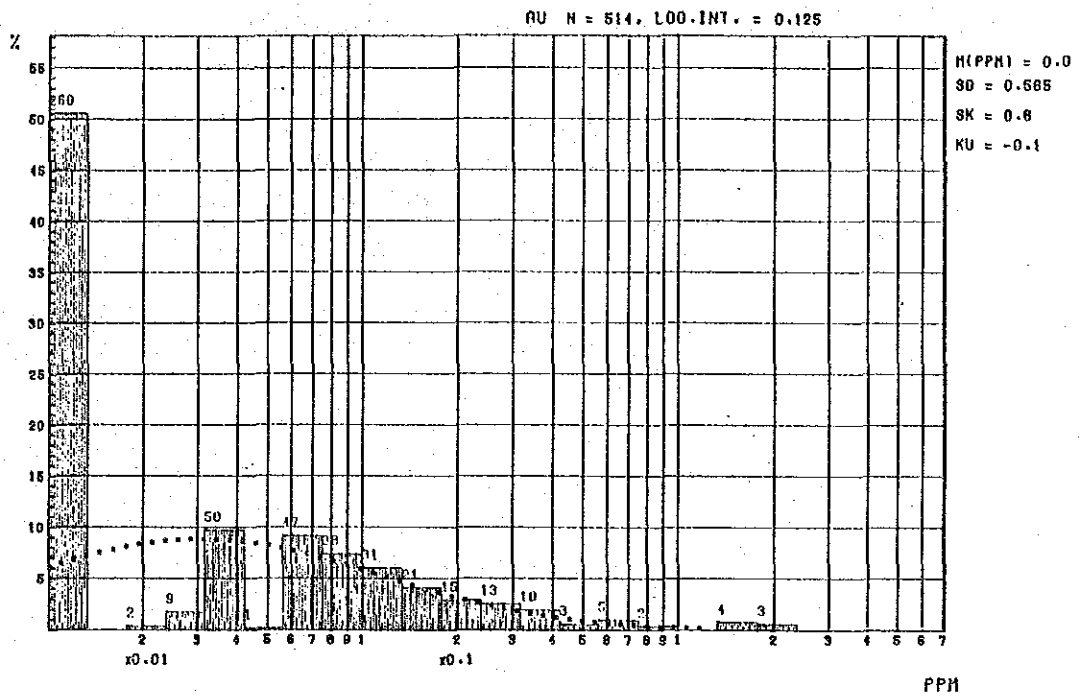


Fig. 4-2-3 HISTOGRAMAS DE CONCENTRACION GEOQUIMICA EN SUELOS, Au, Ag

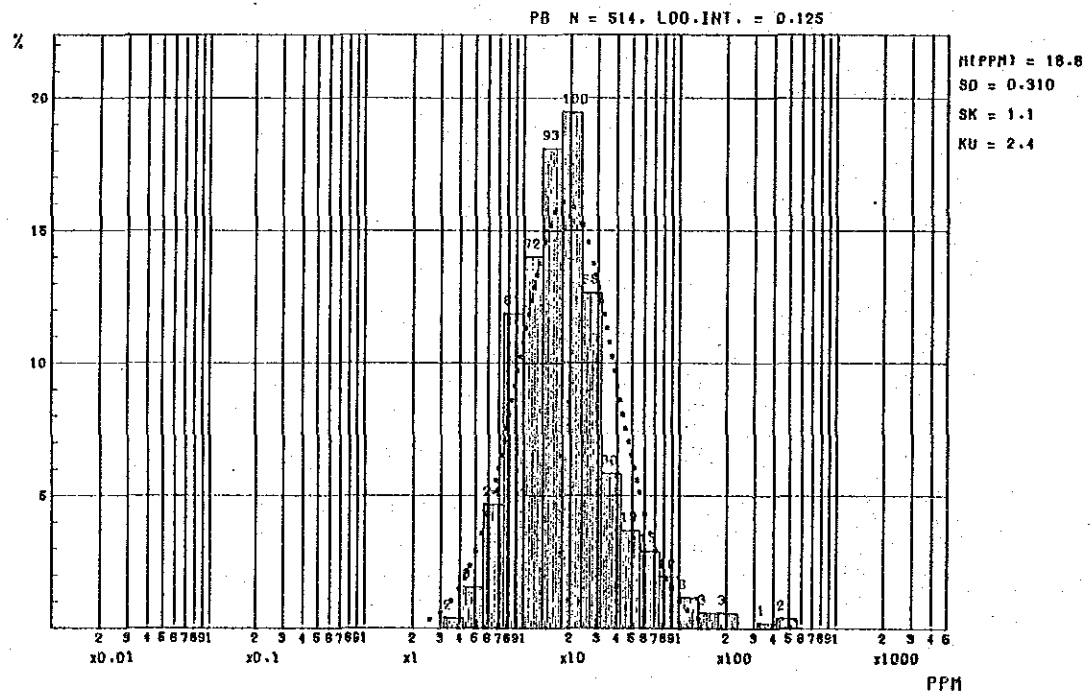
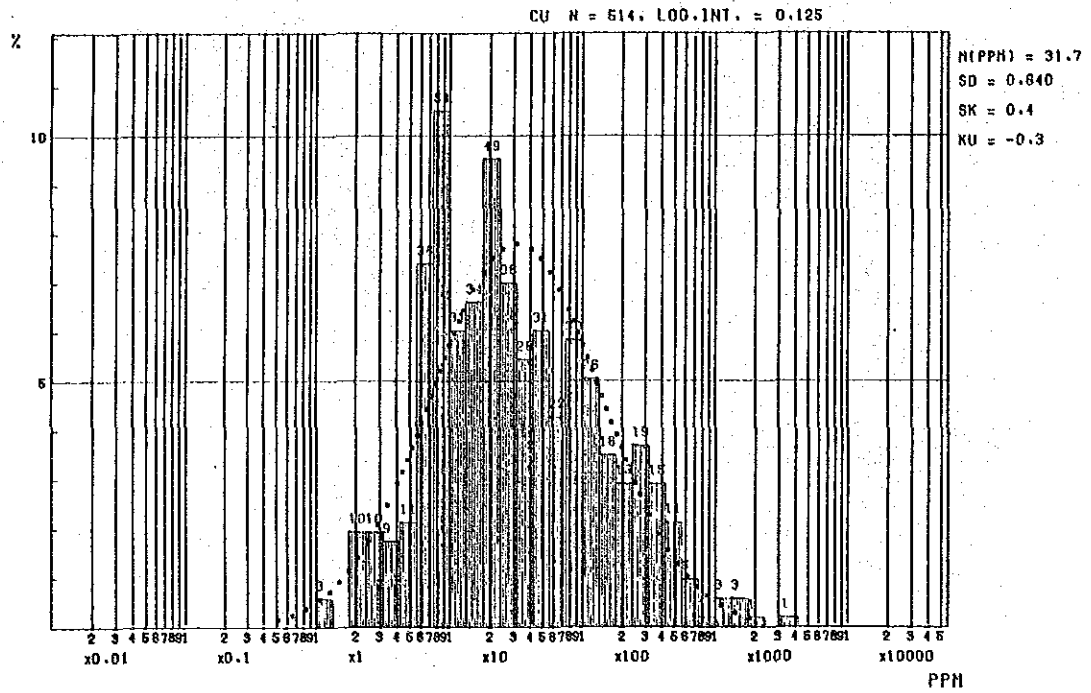


Fig. 4-2-4 HISTOGRAMAS DE CONCENTRACION GEOQUIMICA EN SUELOS, Cu, Pb

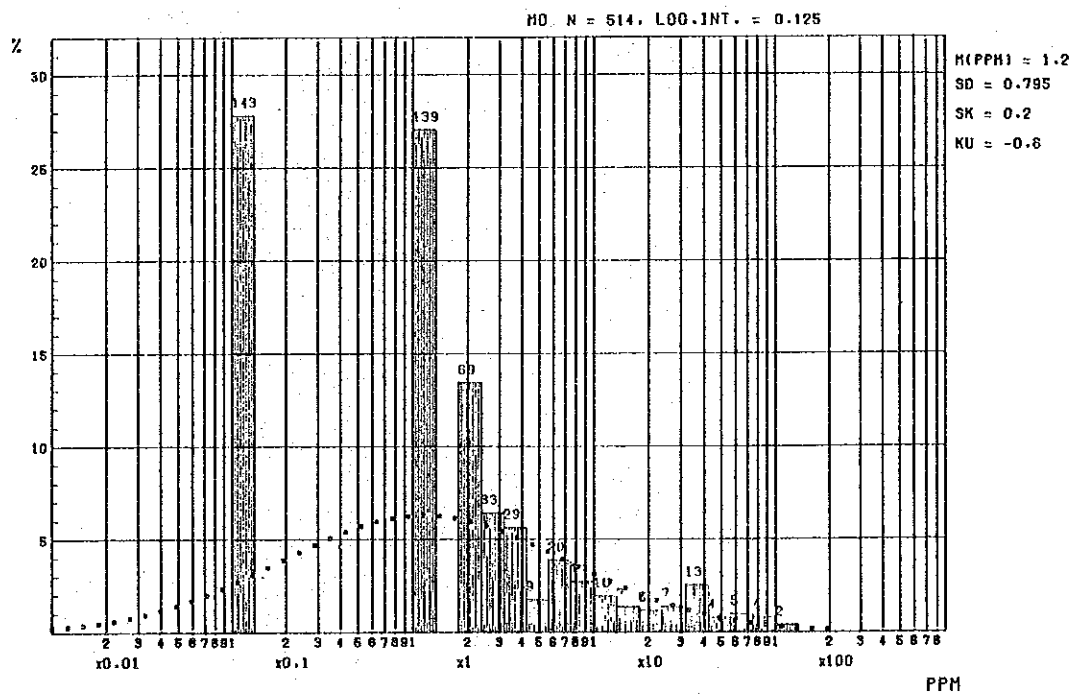
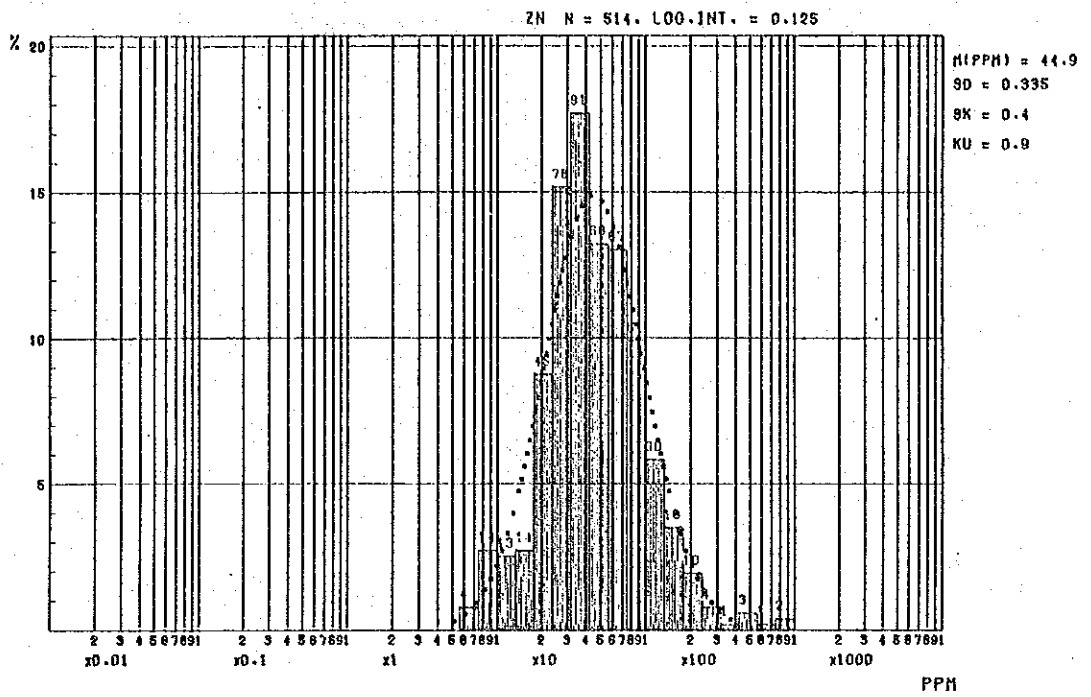


Fig. 4-2-5 HISTOGRAMAS DE CONCENTRACION GEOQUIMICA EN SELOS, Zn, Mo

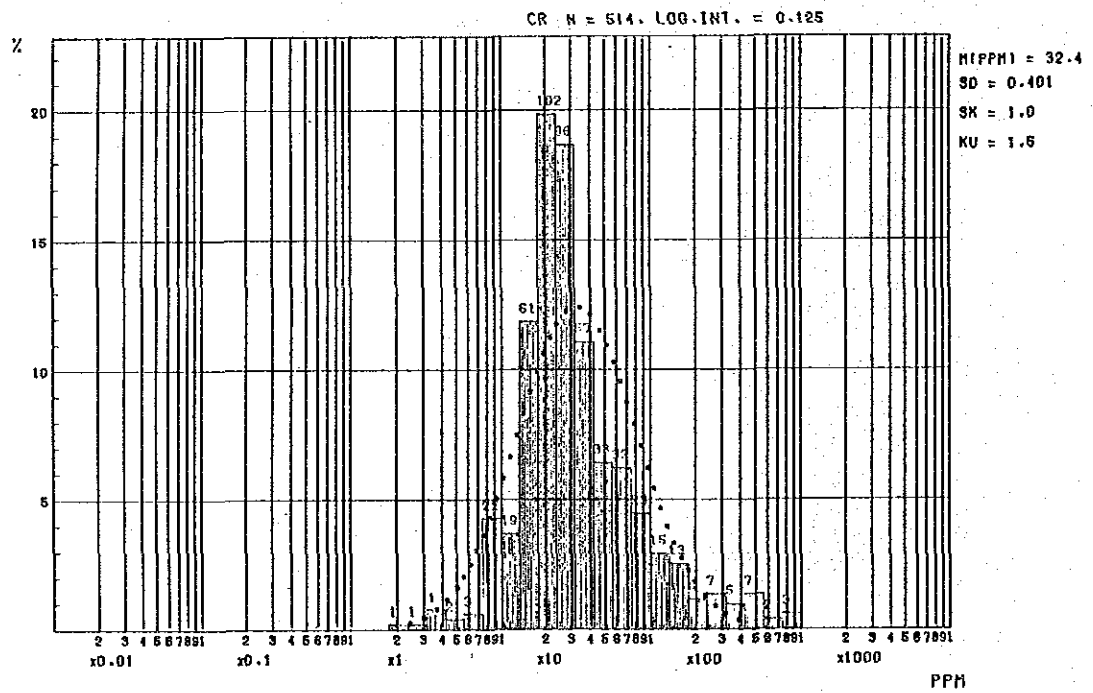
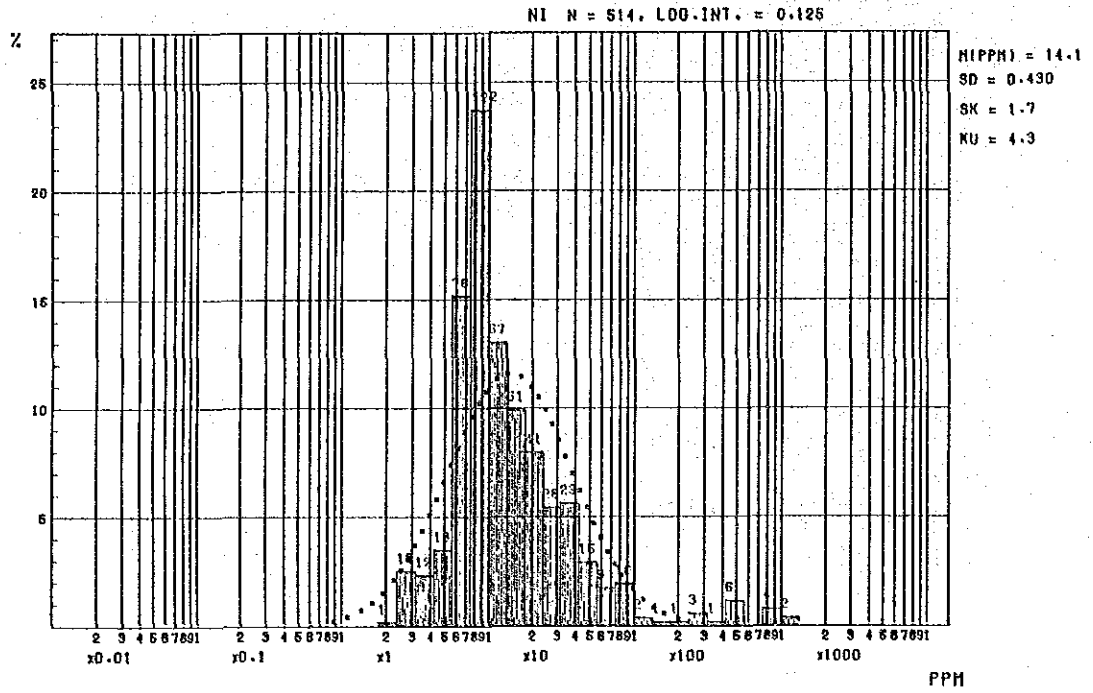


Fig. 4-2-6 HISTOGRAMAS DE CONCENTRACION GEOQUIMICA EN SUELOS, Ni, Cr

Tab. 4-2-1 ESTADIGRAFOS DE SUELO

Elemento	Rango Geoquimico		Media (514) Muestras	Areas			Rocas Estratificadas							Rocas Igneas
	Debil	Fuerte		Domin- ical (205)	Cerro Negro (256)	La Medina (53)	Pzm (85)	Kto (19)	Tem (5)	Tme (92)	Tqv (14)	Q (28)	Td (271)	
Au	0.3	1.2 +	0.09	0.15	0.05	0.03	0.07	0.03	0.03	0.11	0.03	0.02	0.11	
Ag	1 +	-	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2	
Cu	400	1,000 +	104	79	136	46	102	88	29	35	10	30	143	
Pb	30	200 +	27	16	39	12	33	14	12	18	24	26	29	
Zn	200	400 +	63	70	55	76	42	89	35	57	29	43	75	
Mo	7	30 +	5.7	3.2	8.8	0.5	8.1	0.5	0.5	3.8	1.5	5.3	6.3	
Ni	100	400 +	35	12	23	189	29	458	15	14	13	13	19	
Cr	40	200 +	58	27	57	180	67	414	34	31	28	34	44	

Q Depósitos no consolidado

Tqv Formacion Popayán

Tme Formacion Esmita

Tem Formacion Mosquera

Kto Ofiolitas

Pzm Grupo Cajamarca (?)

Td Rocas Igneas





## 5. CERRO NEGRO

### 5.1. INVESTIGACION GEOLOGICA

#### 5.1.1. OBJETIVO

Según las investigaciones geoquímicas de sedimentos activos, en este área se encontró anomalías de Mo, en un espacio muy amplio.

Además se dice que en los alrededores también exista mineralización de Au y Ag.

También llegó a la conclusión de que en este área haya anomalías geoquímicas de Cu-Mo acompañado de rocas intrusivas.

Por tal razón el objetivo de la investigación fué para averiguar la posibilidad de la existencia de mineralización de porfilio-cuprífero y mineralización de filones.

#### 5.1.2. LOCALIZACION

Esta zona está ubicada aproximadamente 5 km. al oeste del Municipio de la Vega; el área de interés presenta 5 km. en dirección E-W y 4 km en dirección N-S. El acceso a Cerro Negro se localiza por una carretera de buena actividad todo el año, no pavimentada de 50 km. entre Rosas y La Vega. A partir de La Vega el transporte se hace únicamente a pie o a caballo. Otra ruta de acceso la constituye el camino que sale de la carretera La Vega-Almaguer y va a lo largo de un filo montañoso a unos 3200 m.s.n.m.

#### 5.1.3. TOPOGRAFIA

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi ha cubierto topográficamente la parte Este, el resto de la región no tiene mapa topográfico; por esta razón la investigación geológica tuvo que hacerse simultáneamente con la elaboración del mapa topográfico en base a tránsito, cinta métrica y altímetro. Las diferencias de elevación van desde los 2.000 hasta 3.400 m.s.n.m. La región presenta un límite natural sur por el filo principal de dirección E-W. A partir de este filo principal, en su parte central se desprende otro filo hacia el norte, conformando su parte central. Otro límite natural lo constituye un filo que se inicia en su parte más oeste del filo principal y se dirige al norte. En la parte este de la zona corre con una dirección nor-este, la quebrada Medellín y en la región oeste nacen la quebradas que van a constituir el río Cerro Negro. Las zonas bajo los 3.000 m.s.n.m. están cubiertas por pastos para ganadería, excepto aquellos sitios donde la pendiente es muy abrupta. El resto del área está constituida por selva virgen muy exuberante.

#### 5.1.4. GEOLOGIA

La geología está constituida, en forma ascendente, de más antigua a más moderna, por rocas Peleozoicas metamórficas (Pzm), Mesozoico no diferenciado (Kvs), Formación Esmita (Tme) y cenizas volcánicas cuaternarias (Qc). Como rocas intrusivas se observan cuarzodiorita y/o granodiorita y como rocas hipoabisales encontramos pórfidos dacíticos y andesíticos.

La parte este está compuesta esencialmente por rocas paleozoicas y metamórficas y rocas plutónicas cuarzodioríticas, mientras que la parte oeste está constituida por las metamorfitas del Paleozoico (Cajamarca), la Formación Esmita y rocas intrusivas cuarzodioríticas e hipoabisales relacionadas a fallamientos con movimientos muy complejos. (Fig. 5-1-1, 5-1-2)

Rocas Metamórficas del Paleozoico (Pzm). Esta secuencia está compuesta por esquistos clorítico-actinolíticos (E. Verdes), esquistos grafitico-cuarzo-sericíticos, neises cuarzo-feldespáticos y cuarcitas. Esta secuencia

es muy rica en cuarzo de segregación metamórfica, especialmente en el filo del Chorrillo, en forma lenticular y algunos muy subplegadas. Estas rocas generalmente son muy esquistosas con una alta fisibilidad, con un tren promedio N-S y un buzamiento al SE entre 30° y 40°. Regionalmente esta secuencia metamórfica es correlacionable con el Grupo Cajamarca, localizado al norte en el tope de la Cordillera Central, constituyendo la parte más oeste de las rocas de ambiente continental.

Bajo el microscopio la muestra NDR-13 tiene la siguiente composición mineralógica: contiene principalmente sericita, cuarzo con escasos plagioclasa, andalucita y minerales opacos.

Las texturas originadas por metamorfismo cataclástico son como texturas ojasas.

Mesozoico no diferenciado (Kvs). Estas rocas se localizan en el margen sur-oeste de la zona de interés, con un acceso muy difícil, razón por la cual fue muy pobremente conocida. Su metamorfismo es esencialmente dinámico, compuesto por limolitas y areniscas de grano muy fino. En etapas posteriores se conocerá mucho mejor esta unidad, definiéndose su posición estratigráfica y su relación directa con el Paleozoico metamórfico, sin embargo, por lo observado en el campo, este contacto presenta todas las características de ser fallado.

Formación Esmita (Tme). Esta unidad litológica se distribuye en dos áreas en su parte oeste: la primera de ellas se ubica en la zona menos oeste y está compuesta totalmente por areniscas de diferente tamaño y conglomerados. Su continuidad en la dirección N-S es muy constante y va desde la elevación 2.500 hasta los 3.200 m.s.n.m. Su estratificación muestra una dirección promedio N-S y 80°E; sus lados este, oeste y sur están limitados por rocas metamórficas del Paleozoico mientras que el lado norte está abierto y en este trabajo no se pudo conocer exactamente su posición. A partir de su distribución se sugiere que su posición está influenciada por fallamiento paralelo (N-S) y por otro fallamiento N-W casi perpendicular al anterior. La segunda zona donde aflora esta secuencia está ubicada a lo largo del Río Cerro Negro en la parte noroeste de la región investigada. En esta área la Formación Esmita está compuesta por shales y areniscas. Su estratificación es casi horizontal. La relación entre la parte superior e inferior es fallada.

Rocas volcánicas del Cuaternario (Qc). Esta unidad está esencialmente distribuida en la parte nor-este de la región. Está compuesta por cenizas no consolidadas, ligeramente transportadas por gravedad, cuando han sido depositadas en zonas de alta pendiente migran por gravedad hasta encontrar zonas más estables, presentando estructuras de cenizas retrabajadas. Por lo general, esta unidad litológica es más abundante en zonas altas, más sin embargo en la mayoría de los casos no son cartografiables. En muchas oportunidades tuvieron que ser evitadas en la toma de muestras de suelos en la exploración geoquímica.

Los cuerpos intrusivos, hipoabisales y/o plutónicos están asociados en tres grupos: el primero está localizado en la parte este, el otro en el oeste y el tercero está representado por diques o apófisis andesíticos o dacíticos. El intrusivo diorítico localizado en la parte este, con una dimensión de 2.5 × 3 km y con forma almohadillada, en su parte central es de grano medio a grueso, equigranular, localmente exhibe textura gráfica y su composición mineralógica está representada por hornblenda, biotita, feldespato (plagioclasa) y cuarzo. En su periferia la textura se hace más porfídica (NDR-19) y llegando a presentar zonas pegmatíticas.

Sus componentes mineralógicos son anfíbolita, biotita, cuarzo y feldespato.

En el SW, el intrusivo se ramifica en diques cortando las areniscas del Esmita causando cornubianita, piritización y algo de silicificación.





El intrusivo diorítico del oeste está estudiado únicamente en su parte este, su parte oeste no fue trabajada porque está fuera de los límites del área asignado para explorar. La superficie del cuerpo intrusivo es un poco más de  $2 \times 2$  km. De grano medio a grueso. Sus componentes son: hornblenda, biotita, feldespato (plagioclasa) y cuarzo.

Una característica muy importante la constituye la gran cantidad de venillas de cuarzo de 1 a 10 cm de espesor y en todas las direcciones, con un espaciamiento de 5 a 10 cm constituyendo una estructura típica reticulada. Este fenómeno es muy común a lo largo del Río Cerro Negro y en las montañas adyacentes al oeste. Sin embargo, estas rocas contienen muy pocos sulfuros y en algunos casos lo único que se pudo observar fue delgadas costuras limoníticas como producto de la lixiviación de los minerales metálicos. El intrusivo andecítico está diseminado formando parte de diques de apófisis dacílicos o andesíticos.

#### 5.1.5. MINERALIZACION Y ALTERACION

La mineralización observada corresponde al tipo filoniano y de sulfuros diseminados asociados al cuerpo plutónico del oeste (?).

Depósitos de tipo filoniano (CPR-18) están localizados en el tope de la cadena montañosa que bordea el límite sur del área de estudio. La veta tiene una dirección N50W y vertical, con un metro de espesor, de forma lenticular. Bajo el microscopio se le observa pirita, estibina, calcopirita y molibdenita. Los valores analíticos corresponden a Cu 0.11%, Pb 0.33%, Au 1.0 gr/t y Ag 158 gr/t.

La otra indicación de mineral corresponde a la muestra No. NSR-33. Aunque esta muestra fue tomada de un rodado, éste se encontró muy cerca del tope de la montaña lo cual indica que su origen puede estar muy cerca.

La composición de la veta es estibina, calcopirita y cuarzo con un espesor mínimo de 15 cm. Esta veta se caracteriza por su alto contenido de oro presentando los valores analíticos Au 9.0 gr/t, Ag 10.2 gr/t.

La mineralización de sulfuros diseminados se encuentra asociada al intrusivo del oeste. La zona fue mostrada y analizada bajo los números NNR-5, 10 y 13.

Los resultados mostraron Cu = 0.1% más o menos y Au = tr- 0.4 gr/t. Es más recomendable perseguir Au que Cu.

La alteración hidrotermal es muy leve o no existe en el intrusivo del este, de otro lado el cuerpo del oeste contiene abundantes venas de cuarzo, pero la roca de caja luce muy fresca.

#### 5.1.6. DISCUSIONES

Es muy importante delinear totalmente el cuerpo plutónico colocando especial énfasis en su grado de alteración, fracturamiento y mineralizaciones de sulfuros utilizando los resultados de las muestras analíticas geoquímicas de suelos.

También es necesario buscar afloramiento porque la muestra NSR-33 tiene alto contenido de Au (9.0 gr/t).

### 5.2. GEOQUIMICA

Las descripciones del objetivo, las muestras, los resultados de los análisis y las metodologías se han omitido porque son iguales a lo dicho anteriormente en Dominical. Las selección y la tasación de áreas anómalas serán descritas como sigue.

#### 5.2.1. SELECCION Y TASACION DE AREAS ANOMALAS

Existen varias anomalías geoquímicas en esta zona. Las anomalías más interesantes son las siguientes:

Anomalia No. 1 Esta zona se localiza en el lado oeste del área investigado y coincide con la Serranía Cerro Negro, río Cerro Negro y su flanco norte y presenta un área de 1 km en dirección E-W por 2 km. en dirección N-S.

La anomalía es esencialmente de molibdeno y en menor proporción de plomo y cromo, ésta última se extiende mucho más al norte del área interesante. La anomalía de molibdeno corresponde con un cuerpo intrusivo de composición ácida, mientras que las anomalías de plomo y cromo parecen estar mucho más asociadas a la falla.

El cuerpo intrusivo ácido exhibe gran cantidad de venillas de cuarzo en textura reticulada, cuyo verdadero significado ni su límite éste han sido definidos. Por todo lo anterior se recomienda incrementar mucho más la investigación detallada en esta región.

Anomalia No. 2 Esta es una zona anómala para plomo y molibdeno, localizada en la parte norte central del área investigado. Igualmente, se detectaron dos puntos, uno con valores anómalos para cobre y el otro para plata. El área de interés está compuesta esencialmente por una granodiorita intruyendo a una secuencia metamórfica.

Anomalia No. 3 La zona anómala para plomo y cromo se localiza a lo largo de la quebrada Medellín en la región este del área estudiado. La anomalía se extiende 2.5 km en dirección N-S a lo largo del río (?) e incluye una anomalía menor de zinc en las quebradas de la parte alta y otra de cobre en las quebradas de la parte baja. La región está conformada por un cuerpo intrusivo ácido; en las quebradas de la parte baja se observan rocas metamórficas del Paleozoico. Esta anomalía puede corresponder a una anomalía secundaria ya que se presenta a lo largo de un valle interesectado muy profundo en donde se puede presumir que los elementos han sido transportados y posteriormente redepositados.

Anomalia No. 4 Anomalia geoquímica de plomo con cantidades subordinadas de zinc, molibdeno y cobre localizada a lo largo de un camino de herradura cerca a la parte este central del área trabajado. La anomalía cubre una zona compuesta totalmente por una roca intrusiva ácida.

Esta anomalía parece corresponder a manifestaciones filonianas si tenemos en cuenta la no constancia de los valores anómalos y la ausencia total de indicios de alteración hidrotermal.

Anomalia No. 5 Esta anomalía está compuesta por valores anómalos de cromo localizados en la serranía y en su flanco nor-este y además está conformada por molibdeno y plomo, los cuales se observan en pequeñas manifestaciones en una extensión reducida a lo largo de la serranía Cerro Negro. La geología está compuesta por una secuencia sedimentaria del Terciario y rocas metamórficas del Paleozoico. Los valores anómalos de cromo, son bajos pero están ampliamente distribuidos, lo cual sugiere que se derivan de la roca sedimentaria, mientras que los valores de molibdeno y plomo pueden ser debidos a una mineralización filoniana, puesto que en el margen nor-oeste de la anomalía se observan unas pocas venillas de cuarzo con trazas de molibdenita exhibiendo una alteración hidrotermal muy débil.

Anomalia No. 6 Esta es una anomalía de plata encontrada en la pendiente norte de la cordillera principal que sirve de límite en la parte sur del área bajo exploración. El descubrimiento de una veta de cuarzo con oro y plata muy cerca a esa cordillera sugiere que la anomalía es ocasionada por manifestaciones filonianas.

Anomalia No. 7 Esta anomalía de plata se desarrolla a lo largo de una cordillera con dirección E-W en la parte sur-oeste del área investigado. En el centro de esta zona anómala aflora una veta de cuarzo rica en oro con un espesor de un poco más de 1 m, por consiguiente esta anomalía está asociada a mineralizaciones de este tipo.

Anomalia No. 8 Esta anomalia, también es de plata y se localiza en la cordillera con dirección N-S en el centro del área trabajado. En los trabajos geológicos no se observó ningún indicio de mineralización en esta zona, sin embargo existe la posibilidad de contener en algún sitio venas ricas en oro y plata.

Anomalia No. 9 En los nacimientos del río Cerro Negro se encontraron valores anómalos de oro y cromo. La topografía sugiere que estos valores anómalos se derivaron de las rocas aflorantes en el área. La anomalia está localizada concretamente en la mitad entre las anomalías 6 y 8. Existe la posibilidad de encontrar en esta área mineralizaciones del tipo filoniano.





## 6. LA MEDINA

### 6.1. INVESTIGACION GEOLOGICA

#### 6.1.1. OBJETIVO

En este área se encuentra unas fuertes zonas anómalas de Ni - Cr y zona anómala débil de Cu, esto se determinó en base a los resultados geoquímicos de los sedimentos activos. En el área geológicamente se observa distribución de rocas máficas ultramáficas u ofiolitas.

Por tal razón el objetivo principal fue para averiguar la posibilidad de la existencia de mineralización de Ni - Cr y el objetivo secundario fue para buscar las zonas anómalas de Cu.

#### 6.1.2. LOCALIZACION

El área de interés se localiza 37 km al sur de El Bordo. De muy fácil acceso, ya que la carretera entre El Bordo y Bolívar pasa muy cerca al borde este de la zona anómala. La topografía está compuesta por la concatenación de cerros pequeños que van del noreste hacia el sur-este. En la región sur-este la quebrada Del Monte fluye hacia el sur-este. La parte nor-este está compuesta por un piedemonte muy suave. La diferencia en elevación en esta zona oscila entre 1,200 y 1,600 m.s.n.m.

#### 6.1.3. GEOLOGIA

La geología en esta zona está representada en orden ascendente por: ofiolitas del Cretáceo (Kto), Formación Mosquera del Terciario (Tem), Formación Esmita (Tme) y cuerpos andesíticos y dacíticos hipoabisales.

La distribución de estas unidades litológicas es como sigue: las ofiolitas del cretácico se localizan desde el centro hacia el extremo oeste. Los intrusivos dacíticos cortan las ofiolitas, conformando la protuberancia más sobresaliente en dirección nor-este sur-oeste. La Formación Mosquera se distribuye en la parte sur-este. Más hacia el sur-este se localiza la Formación Esmita. Estas dos Formaciones están fosilizadas por aluviones cuaternarios. (Fig. 6-1-1)

**Ofiolitas del Cretácico.** Son rocas afaníticas, de composición basáltica a ultramáfica, asociadas a rocas sedimentarias constituyendo ofiolitas incompletas, cuya composición petrográfica es piroxeno y plagioclasa con escaso olivina y mineral opaco y las minerales alteradas de clorita, epidota, albita y ceolita.

**Formación Mosquera.** Esta secuencia sedimentaria suprayace discordantemente la Formación Ofiolítica y está compuesta por una alternancia de conglomerados, areniscas y limolitas. Su estratificación no es muy clara debido a lo espeso de sus estratos.

**Formación Esmita.** En esta zona está representada únicamente por su fracción más arenosa y corresponden a una serie de areniscas de grano fino a medio y de color gris claro a oscuro. Su exposición está muy restringida a la región sur-central. Su estratificación luce muy similar y concordante con la de la Formación Mosquera. Como su área de distribución es tan pequeña, existe la duda de que se trate de la Formación Mosquera o Esmita. Sin embargo, en esta investigación seguiremos los trabajos de París y otros (1976) quienes más al sur del área trabajado y en una zona mucho más amplia comprobaron que esta secuencia sedimentaria se trata de la Formación Esmita.

**Dacita.** La composición mineralógica de los cuerpos dacíticos está representada esencialmente por fenocristales (0.5 - 2.5 cm) de plagioclasa y cuarzo y en menor proporción biotita y hornblenda en una matriz afanítica compuesta, también por plagioclasa y cuarzo. Un rasgo característico de

esta roca lo constituye la presencia de cristales euhédricos muy grandes de plagioclasa (2 cm) lo cual sugiere que las condiciones físico-químicas durante la cristalización del cuerpo dacítico fueron muy estables y muy posiblemente las actividades neumatolítica e hidrotermal fueron muy pobres a casi nulas. Esta dacita porfídica contiene pequeños cuerpos de diabasas o ultrabásicos (4 -10 m) en forma de xenolitos, confirmando que estas rocas están intruídas por los cuerpos dacíticos, tal como sucede en el norte-este y sur-este de la región bajo investigación. Las rocas sedimentarias (Esmita y Mosquera) por lo general tienen una estratificación muy suave, lejos de los intrusivos, pero al acercarse a ellos su estratificación se hace mucho más abrupta, observándose en algunos sitios que los estratos están doblados hacia arriba por la intrusión de la roca hipoabisal, lo cual confirma que estos cuerpos son muy recientes.

#### 6.1.4. MINERALIZACION Y ALTERACION

En esta zona no se encontró ningún indicio de mineralización ni alteración hidrotermal. El pórfido dacítico no presenta ningún rasgo de alteración hidrotermal, antes por el contrario su perfecta cristalización y lo grande de los mismos indica una constancia en sus condiciones físico-químicas durante la cristalización.

#### 6.1.5. DISCUSION

La razón principal para llevar a cabo la investigación en esta región se debió a la concentración anómala de cromo y níquel en la prospección geoquímica regional de sedimentos activos exhibiendo un contraste muy alto en estos dos metales en comparación con el resto de la zona; en consecuencia fue necesario buscar la causa de esta situación anómala. Por medio de este estudio se descubrió la presencia de rocas ultrabásicas y básicas, pero al recorrer detalladamente toda la región no se detectó ninguna mineralización de níquel ni cromo; tampoco se conoció ningún vestigio de trabajos antiguos sobre esta minería. Analizando estos dos hechos podemos concluir que la anomalía geoquímica está relacionada directamente a la litología existente en esa zona del Cauca y viene a constituir una anomalía típica litológica. Morfológicamente no podemos esperar la presencia de lateritas níquelíferas, tampoco es posible la acumulación de cromitas en zonas extensas de arenas. Por consiguiente, no se recomienda efectuar ninguna otra etapa de prospección en esta región.

### 6.2. GEOQUIMICA

La descripción se omite porque ya está mencionada anteriormente en 4.2., igual que en la de 5.2.. Unicamente se describirá sobre los áreas anómalas que fueron seleccionados.

#### 6.2.1. SELECTION Y TASACION Y AREAS ANOMALOS

La mitad del área y en su parte oeste de la zona bajo prospección se encuentra cubierta por una anomalía para níquel y cromo. Los valores de níquel y cromo, con muy pocas excepciones, se presenta unas anomalías de bastante alto grado. La zona anómala coincide exactamente con una secuencia ofiolítica incompleta del Cretáceo. Los trabajos geológicos en este área no revelaron ninguna mineralización de níquel ni de cromo, en consecuencia la anomalía viene a reflejar la composición química de la roca.





## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA SEGUNDA FASE

### 7.1. CONCLUSIONES

Con base en el estudio geológico, en la exploración geoquímica y en la prospección geofísica se obtuvieron las siguientes conclusiones y que a continuación describiremos para cada una de las áreas seleccionadas:

#### (1) Recopilación de los datos anteriores

Almaguer. (Ref. PL. 10-1, -2, -3)

Los datos geoquímicos fueron analizados y calculados estadísticamente sobre 8 elementos; Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Cr y Ni.

En el estudio se seleccionó 13 zonas anómalas de geoquímicos en este área.

En las zonas anómalas se presentaron elementos combinados como sigue.

Elementos combinados	Nº de áreas anómalas	Nº de las zonas anómalas
Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, Ni, Cr	1	2
Cu, Mo	3	5, 6, 12
Ag, Pb, Zn	1	13
Ni, Cr	6	1, 4, 7, 9, 10, 11
Cu, Ni	1	3
Ag, Mo	1	8
Total	13	

Estas zonas anómalas de geoquímicas fueron seleccionadas de acuerdo a los estudios geológicos y las áreas de interés para las investigaciones de este año son: Piedrasentada, Dominical, Cerro Negro, y La Media.

En el área de La Medina se encuentra anomalías geoquímicas de Ni-Cr según la distribución de la roca ultrabásica y en las otras 3 áreas se encuentran anomalía geoquímica de Cu-Mo según la distribución de la roca intrusiva ácida.

#### (2) Investigación de las áreas de interés

Piedrasentada.

El área presenta dos clases de mineralización; una de oro filoniano y la otra del tipo pórfido cuprífero. La mineralización aurífera está asociada a venas de cuarzo con un espesor máximo de 5 cm. La roca de caja corresponde a los intrusivos de composición granodiorítica o dacítica o a las demás rocas aflorantes en la región. Los filones auríferos son muy angostos y hasta la fecha no ha habido una explotación efectiva y constante.

Los resultados de los análisis químicos de los sedimentos activos confirman la existencia de oro de placer en los pequeños aluviones localizados a lo largo de las quebradas y en varios lugares se han hecho numerosas excavaciones buscando las vetas auríferas.

Los indicios de mineralización tipo pórfido cuprífero se localizan en el centro del área investigado, en una superficie de 1 km (E-W) x 1.5 km (N-S).

Las rocas aflorantes corresponden a cuerpos intrusivos de composición granodiorítica a dacítica. La mineralización corresponde al tipo disseminación y al relleno de fracturas y está compuesta principalmente por pirita y en mucha menor proporción por calcopirita.

Los análisis químicos de tres muestras de rocas del Zanjón Santa Lucía mostraron los siguientes resultados: Oro 0.1 - 0.03 ppm y 22 - 105 ppm de cobre. Los valores de cobre son muy bajos, mientras que los valores de oro parecen ser muy llamativos e interesantes. La alteración hidrotermal de la roca encajante corresponde a la zona propilitica con epidota, clorita y calcita como sus minerales más conspicuos. Este tipo de alteración hace parte de la zona periférica de un sistema pórfido cuprífero, lo cual puede sugerir que la parte importante del sistema podría estar oculta en profundidad o encontrarse lateralmente en cualquier dirección.

La prospección geofísica mediante el método CSAMT detectó una zona de baja resistividad a menos de  $60\Omega\text{-m}$ , la cual coincide con la zona mineralizada.

Igualmente, en la zona de baja resistividad se aplicó el método SIP y se descubrieron tres sectores anómalos FE, y que podrían ser ocasionados por franjas ricas en sulfuros.

El carácter de estos tres sectores anómalos indicó que las anomalías de los dos bordes presentan mineralización disseminada rica en pirita o venillas y la anomalía del centro presentó causas no aclaradas.

#### Dominical

La geología del área está compuesta por la Formación Esmita intruída por cuerpos cuarzodioríticos, dacíticos y microdioríticos.

Descansando discordantemente sobre las unidades anteriores se encuentra la Formación Popayán del Terciario-Cuaternario.

Una zona con sulfuros disseminados y rellenando fracturas fue descubierta en una extensión de 2 km (E-W)  $\times$  1.5 km (N-S) localizada en la parte nort-central del área investigado. Mineralizaciones filonianas ricas en oro, plata y antimonio fueron encontradas en los alrededores de la zona anteriormente mencionada. Así mismo, en esta zona se detectó un área anómala para cobre y molibdeno en sedimentos activos.

Los sulfuros corresponden esencialmente a pirita y en menor relación a calcopirita. Los valores de los análisis químicos en los dos tipos de mineralización fluctúan entre 0.2 y 4.6 ppm para oro y 78 - 9,000 ppm para cobre, observándose una caracterización muy alta en relación con el oro.

La alteración de la roca encajante es principalmente propilitica, localmente superpuesta a silicificación y sericitización, lo cual sugiere que estamos ubicados en la parte más externa de un sistema pórfido cuprífero.

Además de la mineralización anteriormente mencionada, en la parte sur del área investigado se detectaron varias zonas anómalas para oro. Estas zonas anómalas coinciden muy bien con una roca intrusiva porfídica. Sin embargo, no fueron observados indicios de mineralización.

#### Cerro Negro

La geología está constituida por rocas Paleozoicas, Mesozoico no diferenciado, Formación Esmita y cenizas volcánicas cuaternarias. Como rocas intrusivas se observan cuarzodiorita y/o granodiorita y como rocas hipoabisales encontramos pórfidos dacíticos y andesíticos.

Dos clases de mineralización fueron observados en esta zona; una corresponde a manifestaciones tipo filoniano ricas en oro, plata y antimonio y la otra se presenta en disseminación y en enrejado en rocas intrusivas.

La exploración geoquímica reveló que las zonas anómalas para plata están rodeando las mineralizaciones filonianas, esto confirmó la efectividad de este método en la prospección de filones ricos en oro y plata. En este proyecto todavía restan por investigar tres áreas anómalas para plata.

Una mineralización débil de sulfuros fue encontrada en la zona oeste asociada a un cuerpo intrusivo. Todavía no se conoce la forma e importancia de la mineralización puesto que el intrusivo se extiende mucho más allá de los límites del área bajo estudio.

#### La Medina.

La geología en esta zona está representada por ofiolitas del Cretáceo, Formación Mosquera del Terciario, Formación Esmita y cuerpos andesíticos y dacíticos hipoabisales.

No se encontró ningún indicio de mineralización en esta zona. Esta región se investigó por la presencia de una anomalía de níquel y cromo, la cual se comprobó que corresponde a una anomalía litológica causada por la presencia de rocas básicas en la parte NW de la zona investigada.

### 7.2. RECOMENDACIONES PARA LA SEGUNDA FASE

Se sugiere conducir los siguientes trabajos de exploración en cada una de las áreas seleccionadas con el fin de clarificar la potencialidad minera de cada una de ellas.

#### Piedrasentada

La prospección geofísica mediante el método SIP pudo descubrir tres áreas anómalas de FE que presentan sospechas de mineralización originada por sulfuro. Sin embargo no se pudo llegar a captar todo el aspecto de la anomalía.

Por tal razón, para la segunda fase se recomienda continuar con la prospección geofísica mediante el método, IP o SIP, para aclarar totalmente la anomalía.

Por una parte, teniendo en cuenta los resultados geológicos y geofísicos pueda ser que exista mineralización de pórfido cuprífero en el centro del área.

Se recomienda perforaciones en las áreas anómalas de SIP dicho anteriormente hasta unos 400 m de profundidad con el fin de aclarar el estado de la mineralización y alteración.

#### Dominical.

Los indicios minerales superficiales detectados en la primera fase que se encuentran en una esfera de 2 km x 2 km deben ser caracterizados, en primer lugar mediante análisis químicos de rocas a lo largo de las quebradas y en segundo lugar a través de los métodos geofísicos IP o SIP para obtener información del subsuelo.

En las zonas anómalas para oro, se aconseja realizar simultáneamente trabajos geológicos detallados y un muestreo geoquímico sistemático de suelos con el propósito de conocer las causas de estas anomalías.

Además se sugiere conducir los siguientes trabajos, si INGEOMINAS continúa las investigaciones en los áreas.

#### Cerro Negro.

En este área se observan mineralizaciones débiles en varios lugares.

Sin embargo, la distribución de rocas intrusivas asociadas con la mineralización y el carácter de mineralización y alteración no están claras, en este área restan unos lugares de interés.

Por lo tanto el cuerpo intrusivo del oeste, el cual mostró indicios de



mineralización debe ser estudiado para conocer sus límites y clasificar la intensidad de la mineralización mediante los métodos convencionales de exploración geológica y geoquímica.

#### Cerro Bellones.

Esta zona fue seleccionada mediante la recopilación de trabajos anteriores, por los resultados de los análisis de sedimentos activos y por la alta potencialidad de sus recursos minerales.

La geología está compuesta por rocas metamórficas del Paleozoico (Grupo Cajamarca) y rocas intrusivas ácidas del Terciario. Varias zonas anómalas para cobre, plomo, molibdeno, zinc y plata fueron detectados sobre una extensión de 100 km<sup>2</sup>. Esta región se presenta con grandes posibilidades de contener recursos minerales, por consiguiente se aconseja realizar allí una exploración geológica y geoquímica semidetallada.

## BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, A.P. y CEPEDA, H., 1982.- El Volcán Sotará: Geología y Geoquímica de Elementos Mayores. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 10. Bogotá, Colombia pp 19-30.
- ACOSTA, C.E., 1979.- El Graben Interandino Colombo-Ecuatoriano. Primer Congreso Latinoamericano de Geología, Lima, Perú, p. 1-18.
- ALUJA, J., et al., 1975.- Geología de la sección Buga-Buenaventura: Unpub. report, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá, 96 p.
- ALVAREZ, J., 1979.- Geología de la Cordillera Central y el Occidente colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides Meso - cenozoicos. Inf. 1773, Ingeominas, 359 p.
- ALVAREZ, J. y LINARES, E., 1979 b.- Edad K-Ar del Stock Granitoide de la Quebrada Minas. Municipio de La Vega, Cauca. Publ. Geol. Esp. No. 21, Fac. de Ciencias, Medellín, 3 p.
- ALVAREZ, J., ORREGO, A., BOTERO, G., y LINARES, E., 1978.- Determinación de la edad del stock de Suárez, Cauca, Publ. Esp. No. 11, Fac. Ciencias, Medellín, 4 p.
- ARANGO, J.L., KASSEM, T., y DUQUE, H., 1976.- Mapa Geológico de Colombia, Ingeominas, Escala 1:1.500.000.
- BARRERO, D., 1977.- Geology of the Central Western Cordillera, west of Buga and Roldanillo, Colombia. Thesis presented at Colorado School of Mines for a Ph.D. Degree. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 4, 1979.
- BARRERO, D., y VESGA, J., 1976.- Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9, Armero y parte sur del J-9, Dorada. Escala 1:100.000, Ingeominas, Bogotá.
- BELDING, H.F., 1952.- Mapa Geológico de la Costa del Pacífico, área sur. Int. Petr. Co. Ltd.
- BOSELER, R.B., 1921.- Geological Report on the West Coast of Colombia. Serv. Geol. Nal., Bogotá, Inf. No. 40.
- BOTERO, G., 1963.- Contribución al conocimiento de la Geología de la Zona Central de Antioquia. Anales Facult. Minas, No. 57, Medellín, 101 p.
- BRUET, E., y AUBERT DE LA RUE, 1943.- La Hoya del Río Naya. Rev. Univ. Cauca, No. 1, p. 137-160.
- BUENO, J., 1949.- Mapa Geológico del Departamento de Nariño. Zona Minera, Pasto.
- BURGL, H., 1961.- Historia Geológica de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. XI, No. 43.
- CASE, J.E., DURAN, L.G., LOPEZ, A., y MOORE, W.R., 1971.- Tectonic investigations in western of Colombia and eastern Panama. Geol. Soc. Am. Bull., V. 82, No. 10, p. 2686-2711.
- CASE, J.E., BARNES, J., PARIS, G., GONZALEZ, H., y VIÑA, A., 1973.- Trans Andean Geophysical Profile, Southern Colombia. G.S.A., Bull. V. 84, p. 2895-2904.
- CEPEDA, H., et al., 1983.- Fuentes de Materiales de Construcción. En "El Sismo de Popayán del 31 de Marzo de 1983". Capítulo 5. Ingeominas Bogotá. Informe en prensa.
- ESPINOSA, A., 1980.- Sur les roches basiques et ultrabasiqes du basin du Patía, Cordillere Occidentale des Andes Colombiennes: Etude geologique et petrographique, these de Doctorat No. 1970, Université de Geneve, Imprimeris Nationale, Geneve, p. 242.
- ESPINOSA, A., 1980 a.- Rodingites of the Los Azules ophiolitic sequence in the Western Cordillera of the Colombian Andes. Vol. 33, Fasc. 2-3. Arch. Sc. Genève, p. 337-350.

- ESTRADA, A., 1972.- Geology and Plate Tectonics History of the Colombian Andes Thesis Msc. Stanford University, p. 115.
- FEININGER, T., 1982.- Glaucophane Schist in the Andes at Jambaló, Colombia. Canadian Mineralogist, Vol. 20, p. 41-47.
- GALVIS, A., 1982.- Un Arco de Islas en el occidente Colombiano. Geología Colombiana. No. 11, Bogotá, p. 2-44.
- GONZALEZ, H., 1976.- Geología del Cuadrángulo J-8, Sonsón. Informe No. 1704. Ingeominas, Bogotá, p. 421.
- GONZALEZ, H., 1977.- Conceptos de Metamorfismo Dinámico y su Aplicación a la Zona de Falla de Romeral. Carta Técnica No. 50. Ingeominas, Bogotá, p. 50.
- GOOSSENS, P.J., ROSE, W.I., y FLORES, A., 1973.- Chemical composition and age determination of tholeiitic rocks in the Basic Igneous Complex, Ecuador. Geol. Soc. Amer., Bull. V., 84, p. 1043-1052.
- GROSSE, E., 1926.- Estudio Geológico del Terciario Carbonífero de Antioquia. Berlín, Dietrich Reimer, 361 p.
- GROSSE, E., 1935.- Acerca de la Geología del sur de Colombia, Huila y Alto Caquetá. Comp. Est. Geol. Ofic. Col. T. III, Bogotá, p. 32-137.
- GROSSE, E., 1935.- Acerca de la Geología del sur de Colombia. Patía y Nariño. Comp. Est. Geol. Ofic. Col. T. III, Bogotá, p. 139-231.
- HUBACH, E., 1945.- Cobre de Santander, Cauca. Comp. Est. Geol. Ofic. Col. T. XI.
- HUBACH, E., 1953.- Estudio Geológico para el abasto de agua para las poblaciones de Piedra Sentada, El Bordo y Patía. Departamento del Cauca, Serv. Geol. Nal., Inf. 898, p. 1-5.
- HUBACH, E., 1955.- Mapa Geológico, Instituto Geológico Nacional. Escala 1:50.000. Popayán (Inédito).
- HUBACH, E., 1955.- Unidades geográficas y geológicas del Departamento del Cauca. Serv. Geol. Nal., Inf. 1107, p. 1-9.
- HUBACH, E., 1955.- El Cauca. Las unidades geográficas y geológicas del departamento y los recursos del suelo y el subsuelo. Investigaciones de geología minera. Serv. Geol. Nal. Min. Minas y Petr. Inf. No. 117, 13 p.
- HUBACH, E., 1955.- Resumen de la geología de la Hoya del Alto del Cauca, departamentos de Caldas, Valle del Cauca y Cauca. Serv. Geol. Nal., Inf. No. 1122, p. 1-12.
- HUBACH, E., 1957.- Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia, Inst. Geol. Nal., Informe No. 1212, 166 p.
- HUBACH, E. y ALVARADO, B., 1932.- Exploración de la Región de Puracé. Informe Geológico No. 208, p. 1-43.
- HUBACH, E. y ALVARADO, B., 1934.- Geología de los departamentos del Valle y Cauca en especial del Carbón, Primera parte, Informe Geológico, No. 224, p. 1-235.
- HUBACH, E. y ALVARADO, B., 1945.- La Altiplanicie de Paletará, Departamento del Cauca. Comp. Est. Geol. Ofic. Col. T. VI, p. 43-59.
- HUBACH, E., y RADELLI, L., 1962.- Mapa geológico de Colombia. Serv. Geol. Nal., Bogotá. Escala 1:1'500.000.
- IGAC, 1977.- Atlas de Colombia. Tercera Edición, Litog. Arco, Bogotá, p. 285.
- IRVING, E., 1971.- La evolución de los Andes más septentrionales de Colombia. Inst. Nal. de Inv. Geol. Min., Bol. Geol., V. XIX, No. 2, 89 p.
- JAMES, et al., 1983.- Geología. In: "El Sismo de Popayán del 31 de Marzo de 1983". Capítulo 2. Ingeominas, Bogotá. Informe en prensa.
- JULIVERT, M., 1968.- Léxique stratigraphique international. America Latine. Vol. V, fascículo 4 a, p. 47-58.

- 3
- KEISER, J., 1954.- La geología del flanco oriental de la Cordillera Occidental en la región de San Antonio (municipio de Jamundí) Valle del Cauca.
- KEISER, J., 1954.- Estudios geológicos en la región carbonífera entre los ríos Guachinte y Jordán.
- KURODA, N., y PARIS, G., 1978.- Petrographical notes on some dacites and andesites of Purace volcano. Cauca Colombia. Report of andean studies Shizuoka University, Japan, 51 p.
- LEON, L.A., PADILLA, L.E., y MARULANDA, N., 1973.- Geología recursos minerales y geoquímica de la parte NE. Cuadrángulo 0-5, El Bordo, Departamento del Cauca, Inf. 1652, Ingeominas.
- LONSDALE, P., 1978.- Structure and tectonic history of the eastern Panama Basin. Geol. Soc. of Am. Bull. V. 89. p. 981-999.
- MARULANDA, N., 1976.- Geología y Geoquímica del Area de Piedrasentada, Municipio de El Bordo. Departamento del Cauca. Inf. No. 1703, Ing. Bog. p. 49.
- MARULANDA, N., 1978.- Geología y prospección geoquímica del área mineralizada La Vega y Almaguer. Departamento del Cauca. Inf. 1762. Ingeominas, 156 p.
- MANJARRES, G., 1958.- Calizas en el Departamento del Cauca, Inf. No. 1304 del S.G.N. Bol. Geol. Vol. VI, Nos. 1-3, Bogotá, p. 31-50.
- MEISSNER, R.O., FLUEH, E.R., STIBANE, F., and BERG, E., 1976.- Dynamics of the active plate boundary in southwest Colombia according to recent geophysical measurements: Tectonophysics, V. 35, p. 115-136.
- MIYASHIRO, A., 1973.- Metamorphism and metamorphic belts. John Wiley & Sons, New York, 492 p.
- MIYASHIRO, A., 1974.- Volcanic rocks series in island arc and active continental margins Amer. Jour. Sci., 274, p. 321-355.
- MURCIA, A., 1984.- Geología de la Plancha 410 - La Unión (Informe en preparación), Popayán.
- MURCIA, A., 1982.- El Vulcanismo Plio-Cuaternario de Colombia: Depósitos Piroclásticos Asociados y Mediciones Isotéricas de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  y  $\delta^{18}\text{O}$ , en lavas de los Volcanes Galeras, Puracé y Nevado del Ruiz. Publ. Geol. Esp. No. 10. Ingeominas, Bogotá, p. 1-17.
- MURCIA, A. y CEPEDA, H., 1984.- Geología de la Plancha 429-Pasto. Informe Inédito. Ingeominas, Popayán.
- MURCIA, A., CEPEDA, H., ESPINOSA, A. y ORREGO, A., 1982.- Geología del Suroccidente de Colombia. Guía Excursión Post-IV Congreso Colombiano de Geología. Cali., p. 56.
- NELSON, W., 1957.- Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the Sector between Ibagué and Cali. Leids Geol. Meded., 22, p. 1-76, Leiden.
- NELSON, W., 1962.- Contribución al conocimiento de la Cordillera Occidental. Sección carretera Cali-Buenaventura. Serv. Geol. Nal., Bogotá, Bol. Geol. Vol. X, No. 1-3, p. 81-108.
- NELSON, W., 1962.- Contribución al conocimiento de la Cordillera Central. Sección entre Ibagué y Armenia. Serv. Geol. Nal., Bol. Geol. V. 10, No. 1-3, p. 161-202.
- NYGREN, W.E., Bolivar Geosyncline of northwestern South America. Am. Assoc. Petr. Geol. Bull., V. 34, No. 10, p. 1998-2006.
- NUÑEZ, A., GONZALES, H., y LINARES, E., 1979.- Nuevas edades K/Ar de esquistos verdes del Grupo Cajamarca. Publ. Esp. Geol. Fac. Ciencias, Medellín (informe en preparación).

- ORDOÑEZ, R., 1968.- Depósitos de bauxita en el norte del Cauca, como bases para la industria del aluminio, química de abrasivos y refractarios. Inst. Nal. de Inv. Geol. Min. Bogotá (Inédito).
- ORDOÑEZ, R., 1968.- Preliminary report on bauxite deposits of Morales, Cauca, Southwestern Colombia. Inst. Nal. de Inv. Geol. Min. Bogotá (Inédito).
- ORREGO, A., 1974.- Areniscas como materia prima para vidrio. Municipio de Buenos Aires. Departamento del Cauca. Ingeominas. Carta Técnica, No. 025 (inédita), 12 p.
- ORREGO, A., 1975.- Geología y ocurrencias minerales de la parte oeste del Cuadrángulo N-6 Popayán, Ingeominas. Inf. 1690, 124 p.
- ORREGO, A., 1977.- Geología y geoquímica del área mineralizada El Pisco, Municipio de Silvia, Cauca, Ingeominas, 61 p.
- ORREGO, A. y RESTREPO, A., 1970.- El posible yacimiento de las calizas de Pitayó, Municipio de Silvia, Departamento del Cauca. Ingeominas. Inf. No. 1556, 12 p.
- ORREGO, A., ROSSMAN, D., y PARIS, G., 1976.- Geología del Cuadrángulo N-6, Popayán, Ingeominas. Inf. 1711, 124 p.
- ORREGO, A., CEPEDA, H., y RODRIGUEZ, G.I., 1977.- Esquistos glaucofánicos en el área Jambaló, Cauca (Colombia) Ingeominas, Inf. No. 1729, 14 p.
- ORREGO, A., TOUSSAINT, J.F., RESTREPO J., y LINARES, F., 1979.- Determinación de edad K/Ar de la unidad de esquistos glaucofánicos de Jambaló (informe en preparación).
- ORREGO, A., y ESPINOSA, A., 1982.- Lavas Ultramáficas (Komatiitas) Asociadas a una de las zonas de "Melange" de la Falla Romeral. IV. Congreso Colombiano de Geología. Resúmenes, Cali.
- ORREGO, A., y AMRIN, P., 1981.- Problemas Geológicos de la Carretera Panamericana en el tramo Timbío-Rosas y Alrededores de La Sierra, Departamento del Cauca. Revista CIAF. Vol. 6 (1-3). CIAF, Bogotá, p. 373-390.
- OPPENHEIM, V., 1949.- Geología de la Costa del Sur del Pacífico de Colombia. Inst. Geog. Andes Colombianos, Serv. Geol. Nal, Bol. No. 1, p. 1-2-3.
- PARIS, G., 1976.- Anomalías de molibdeno en el área de Mondomo - La Chapa, Municipio de Santander de Quilichao, Cauca. Carta Técnica, 19 p.
- PARIS, G., 1978.- El Azufre. Recursos minerales de Colombia. Publ. Geol. Esp. Ingeominas. No. 1, p. 53-60.
- PARIS, G., y MARULANDA, N., 1975.- Mapa geológico de la parte SE del Cuadrángulo O-5 El Brode. Escala 1:50.000. Ingeominas (inédito).
- PARIS, G., y CEPEDA, H., 1978.- Algunos complejos ultramáficos en los departamentos de Cauca y Nariño, Colombia, 19 p.
- PARIS, G., y MARIN, P., 1979.- Generalidades Acerca de la Geología del Departamento del Cauca. Ingeominas, Bogotá, p. 38.
- RAASVELDT, H.C., 1954.- Estudio geológico preliminar de los carbones de la región de Timba. Inst. Geol. Nal. Inf. 1052.
- ROSAS, H.C., 1973.- Bauxite in the Morales - Cajibío Area, Cauca, Colombia. I.C.S.O.B.A. III Congreso International Nice, p. 237-244.
- ROSAS, H.C., 1975.- Yacimientos de caliza cristalina en Pitayó, Cauca, Inf. 1682, Ingeominas, 64 p.
- ROSAS, C.H., y LOPEZ, M.E., 1977.- Mapa Geológico de la parte S.W., del Cuadrángulo O-5, El Bordo. Escala 1:50.000. Ingeominas (inédito).
- ROYO Y GOMEZ, 1942.- La Cuenca del Río Mayo y su formación granatífera (Departamento de Nariño). Compl. Est. Geol. Ofic. de Col. Tomo V., p. 81-211.
- SARMIENTO, A., 1950.- Comisión para localizar calizas en el Departamento del Cauca. Inf. 711 del S.G.N., Bol. Geol. Vol. 1, números 8-10, Bogotá, p. 13-32.

- SIGAL, J., 1969.- Quelques acquisitions récentes concernant la chronostratigraphie des formations sédimentaires de l'Equateur. Rev. Espan. Micropaleont., V. I, No. 2, p. 205-236.
- SILLITOE, R., 1978.- An appraisal of porphyry copper prospects in Colombia. Ingeominas, 58 p.
- SILLITOE, R. et al., 1982.- Setting, Characteristics, and Age of the Andean Porphyry Copper Belt in Colombia. Econ., Geol., vol. 77, P.1837-1850.
- STUTZER, O., 1934.- Acerca de la geología de la Cordillera Occidental entre Cali y Buenaventura. C.E.G.O.C. Tomo II, p. 39-52.
- TOUSSAINT, J.F., y RESTREPO, J.J., 1976.- Modelos orogénicos de tectónica de placas en los Andes Colombianos. Bol. Ciencias de la Tierra. Fac. Cienc. Univ. Nal. Medellín, 47 p.
- VAN DER HAMMEN, T., 1958.- Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos. Bol. Geol. Inst. Geol. Nal. Vol. 6, No. 1-3, Bogotá, p. 67-128.
- VESGA, J., MARIN, P., y BARRERO, D., 1973.- Mapa geológico generalizado de la Cordillera Central, sector norte, Colombia (inédito). Escala 1:500.000.
- WHITE, H.E., 1934.- Informe de los estudios mineros verificados en los municipios de Inzá y Páez (Tierra-Dentro), Departamento del Cauca. Bol. Min. y Petr. T. XIII, No. 67-72.
- WINKLER, H., 1974.- Petrogénesis of metamorphic rocks. Fourth. ed. Springer-Verlag New York, 237 p.

# APENDICE







Apéndice. I RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS PETROGRAFICOS DE LAS SECCIONES

NO Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(1) NR-9	X = 731.465 Y = 1'028.290	Porfirítica, matriz fanerítica	Principales; hornblenda alt. a carbonato y clorita, plagioclasa parcialmente sericitizada actinolita en fracturas y alrededor de hornblenda Accesorios; apatito, mag. = Py. venillas de carb. + Py. de relleno Matriz; mezcla de plagioclasa Alteración; epidoto, carbonato, clorita	Diorita	Alteración propilítica incipiente a media
(2) NR-15	X = 732.355 Y = 1'024.325	Subofítica con microfisuras (cataclasis) milonitización a lo largo de fracturas	Principales; piroxeno (augita), plagioclasa Accesorios; Alteración; clorita intersticial	Diabasa localmente cataclástica	
(3) NR-18	X = 732.180 Y = 1'025.680	Porfirítica, matriz microcristalina, fenocristales de plagioclasa zonados	Principales; plagioclasa, hornblenda Na arsevonita? + biotita Accesorios; apatito, magnetita + pirita, cuarzo matriz; plagioclasa Alteración; carbonato, biotita a lo largo de fracturas y reemplazando anfíbol	Andesita porfirítica	Alteración K superpuesta a alteración propilítica
(4) NR-20	X = 732.155 Y = 1'025.820	Porfirítica, matriz fanerítica y microcristalina, roca más hipocápsal	Principales; plagioclasa, hornblenda alt. a carbonato y clorita, cuarzo Accesorios; Mag. + Py. Matriz; Mezcla plagioclasa y cuarzo Alteración; carbonato, clorita, cuarzo + carb. en venillas epidoto	Porfido andesítico	Alteración propilítica avanzada
(5) NR-28	X = 733.600 Y = 1'029.510		Granos; cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas (70%) Matriz; cuarzo, mineral de arcilla, sericita (30%)	Arenisca	Sericitización en matriz
(6) NR-31	X = 733.790 Y = 1'029.845		Granos; cuarzo en el tamaño de 0.5 ~ 1.5 mm, feldespatos y fragmentos de rocas (80%) Matriz; cuarzo, mineral de arcilla	Arenisca muy gruesa	Sericitización y carbonatación

№ Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(7) NR-32	X = 733.770 Y = 1'029.860	Porfirítica, matriz microcristalina, tamaño fenocristales 3.2 mm	Principales; plagioclasa, hornblenda cloritizada Accesorios; apatito, mag. + Calc. + Py. Matriz; plagioclasa con epidoto Alteración; calcita con microfracturas, epidoto, clorita	Andesita porfirítica (Porfido granodiorítico)	Alteración propilítica incipiente
(8) NR-37	X = 731.790 Y = 1'026.455	Porfirítica, matriz microcristalina con plagioclasas zonadas	Principales; plagioclasa, hornblenda, biotita, cuarzo Accesorios; apatito, magnetita, calcopirita Matriz; plagioclasa y cuarzo Alteración; clorita biotita muy fina, arracimada en fracturas y rellenando el anfíbol carbonatos en plagioclasa	Porfido dacítico (Porfido granodiorítico)	Alteración potásica superpuesta sobre propilítica
(9) SR-14	X = 733.900 Y = 1'029.315	Porfirítica y holocristalina	Principales; plagioclasa y anfíbol en las formas idiomórficas y hipidiomórficas con los tamaños de 0.2 ~ 3.0 mm. y cuarzo Matriz; cuarzo, plagioclasa,	Porfido granodiorítico	Cloritización de anfíbol, silicificación, y carbonatación
(10) SR-26	X = 731.220 Y = 1'025.185	Afanítico	Principales; clinopiroxeno, plagioclasa Accesorios; cuarzo y mineral opaco Matriz; clinopiroxeno, plagioclasa y vidrio alteración; actinolita	Basalto	
(11) SR-46B	X = 731.900 Y = 1'026.905	Porfirítica y holocristalina	Principales; cuarzo, plagioclasa, biotita, hornblenda epidotizada Accesorios; circon y mineral opaco Matriz; cuarzo, plagioclasa Alteración; silicificación biotita, epidoto, clorita	Porfido granodiorítico	Silicificación
(12) SR-53	X = 732.160 Y = 1'028.440		Matriz; cuarzo, plagioclasa mineral opaco minerales secundario; sericita, limonita	Limolita (Fangolita)	

Nº Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(13) DR-5	X = 733.300 Y = 1'024.230	Porfirítica y holocristalino	Principales; cuarzo idiomorfo, plagioclasa gemela albíta y carlsbad, hornblenda Matriz; cuarzo, plagioclasa Accesorios; apatito y mineral opaco Alteración; carbonato, clorita, actinolita silicificación, epidoto	Porfido granodiorítico	Carbonatación silicificación
(14) DR-11	X = 731.735 Y = 1'025.450	Afríca	Principales; Plagioclasa, piroxeno Matriz; plagioclasa Accesorios; opacos Alteración; albíta, epidoto, clorita, arcilla, sericita	Basalto	Albitización
(15) DR-14	X = 731.460 Y = 1'025.335	Afríca	Principales; Plagioclasa, clinopiroxeno Matriz; alterada a clorita o actinolita Accesorios; piroxeno, matriz vidriada Alteración; opacos clorita, actinolita	Basalto	Silicificación
(16) DR-15	X = 731.395 Y = 1'025.340	Porfirítica y holocristalino	Principales; cuarzo, plagioclasa idiomorfa con gemela albíta, carlsbad y periclinal Matriz; cuarzo, plagioclasa, clorita, epidoto Accesorios; apatito, circon, esfena y mineral opaco Alteración; clorita, carbonato, actinolita	Porfido granodiorítico	Alteración propilítica
(17) DR-31	X = 732.475 Y = 1'028.185		Granos fragmentos; cuarzo, plagioclasa y fragmentos (70%) Matriz; mineral de arcilla y clorita (30%) alteración; clorita, carbonato, sericita	Arenisca wacka cuarzosa	Alteración propilítica
(18) DR-42	X = 733.305 Y = 1'026.900	Porfirítica y holocristalino	Principales; cuarzo, plagioclasa biotita y fenoicristal; hornblenda con plagioclasa poikilitica Matriz; cuarzo, plagioclasa Accesorios; apatito, esfena, circon y mineral opaco Alteración; epidoto, sericita, carbonato	Porfido granodiorítico	Carbonatación

Nº Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(19) DR-43	X = 733.340 Y = 1'027.125	Porfirítica y holocristalino	Principales; fenocristal; plagioclasa y hornblenda matriz; plagioclasa y cuarzo Accesorios; mineral opaco Alteración; silicificación, epidoto, biotita, mineral de arcilla	Porfido granodiorítico	Alteración potásica
(20) MT-4	X = 732.250 Y = 1'029.540	Porfirítica y holocristalino	Principales; fenocristal; plagioclasa en el tamaño máximo de 2.5 x 3.0 mm, hornblenda y cuarzo Matriz; cuarzo, plagioclasa Accesorios; apatito, esfena Alteración; silicificación, clorita carbonato, epidoto, sericita	Porfido diorítico	Alteración propilítica
(21) MT-21	X = 734.920 Y = 1'029.200	Porfirítica y holocristalino	Principales; fenocristal; cuarzo, plagioclasa idiomorfa en el tamaño máximo de 0.7 2.0 mm y hornblenda Matriz; cuarzo y plagioclasa Accesorios; apatito, mineral opaco Alteración; sericita, carbonato clorita, epidoto, silicificación	Dacita alterada	Sericitización superpuesta a alteración propilítica
(22) NNR-7	X = 713.510 Y = 1'026.785	Granoblástico	Granos fragmentos; cuarzo, ortoclasa, plagioclasa anhedral Granoblasto; biotita, cuarzo Minerales secundarios; Clorita, epidoto, cuarzo Accesorios; circon, limonita	Cornubianita biotita	Metamorfismo contacto
(23) NNR-11	X = 713.100 Y = 1'027.065		Granos fragmentos; cuarzo y plagioclasa fino con los tamaños < 0.1 mm Matriz; mineral de arcilla Accesorios; circon, limonita y mineral opaco Alteración; silicificación, clorita	Arenisca cuarzosa	
(24) NNR-12	X = 712.660 Y = 1'027.430	Granoblástico	Granos fragmentos; cuarzo, ortoclasa, plagioclasa máximo de 0.2 mm. Granoblasto; biotita verde y maron Accesorios; circon, mineral opaco	Cornubianita biotita	Metamorfismo contacto

Nº Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(25) NNR-17	X = 714.145 Y = 1'026.550		Granos fragmentos; cuarzo, ortoclasa, plagioclasa de hasta a 0.5 x 0.8 mm Matriz: mineral de arcilla, mineral opaco. Alteración: epidoto, sericita, clorita	Arenisca gruesa	Alteración propilítica
(26) NNR-18	X = 714.150 Y = 1'026.565		Granos fragmentos; fragmentos de roca, cuarzo, plagioclasa, mineral opaco (90%) Matriz: mineral de arcilla, clorita, sericita, limonita (10%) Alteración: clorita, sericita, limonita	Conglomerado	Alteración propilítica
(27) NNR-19	X = 714.160 Y = 1'026.555		Granos fragmentos; cuarzo y plagioclasa en el tamaño de hasta a 0.1 mm (50%) Matriz: mineral de arcilla muy fina, sericita, circon y mineral opaco (50%) Alteración: sericita, epidoto, clorita	Arenisca vaccka cuarzosa	
(28) NNR-24	X = 712.235 Y = 1'027.890	Esquisto	Granoblast; cuarzo, muscovita de hasta a 0.8 mm Accesorios; circon grueso, mineral opaco Alteración; clorita con muscovita	Esquisto mica	Metamorfismo de media calidad (regional)
(29) NNR-25	X = 712.150 Y = 1'028.130		Principales; fenocristal; plagioclasa (0.5 x 0.8 mm) idiomorfa matriz; plagioclasa, materia vidriada con silicificación y sericitización Accesorios; mineral opaco	Basalto alterado	Sericitización
(30) NDR-2	X = 714.780 Y = 1'030.245	Textura ofítica	Principales; fenocristal; plagioclasa (0.1 x 0.3 mm ~ 0.2 x 1.0 mm) idiomorfa y hipidiomorfa, clinopiroxeno con estructura zonal Matriz; piroxeno muy fino y plagioclasa Accesorios; minerales opacos y mineral titanio Alteración; silicificación, epidoto, clorita	Dolerita	
(31) NDR-4	X = 715.000 Y = 1'031.000		Granoblast; cuarzo, muscovita (< 0.8 mm) Accesorios; circon, minerales opacos, limonita y hematita	Esquisto mica	Metamorfismo regional

№ Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(32) NDR-5	X = 714.810 Y = 1'031.145		Granoblast; cuarzo (< 0.2 mm), muscovita fibroidea Accesorios; circon, mineral opaco	Esquistó mica	Metamorfismo regional
(33) NDR-7	X = 714.180 Y = 1'029.655	Hápidomórfica granular	Principales, fenocristal; cuarzo (0.5 x 0.5 mm ~ 2.5 x 2.5 mm) hipidiomórfica y xenomórfica, ortoclasa hipidiomórfica (0.4 x 0.4 ~ 1.5 x 2.5 mm), biotita, idiomórfica, hornblenda Matriz; esfena, mineral opaco Alteración; clorita, biotita	Diorita cuarcífera	Alteración potásica
(34) NDR-10	X = 715.275 Y = 1'028.630	Porfirítica	Principales, fenocristal; plagioclasa alterada a la sericitita en pseudomorfo y a la andalucita Matriz; cuarzo muy fino, sericitita Alteración; sericitita	Porfido granodiorítico alterado	Sericitización fuerte, alteración potásica
(35) NDR-11	X = 714.070 Y = 1'028.355	Fragmentaria	Granos fragmentos; cuarzo, plagioclasa (0.1 mm) Matriz; cuarzo, biotita, epidoto muy fino (< 0.1 mm)	Arenisca o limolita al. a la cornubianita biotita	Metamorfismo contacto
(36) NDR-13	X = 713.345 Y = 1'030.687		Granoblast; plagioclasa (< 1.0 mm) sericitita, andalusita (< 2.0 mm) hipidiomórfica Accesorios; minerales opacos Alteración; clorita, sericitita	Esquistó mica alterado	Metamorfismo regional
(37) NDR-14	X = 713.258 Y = 1'030.912		Principales; plagioclasa (< 0.4 mm) idiomórfica, en la gemela carbada o albita, hornblenda (< 2.0 mm) Minerales secundarios; biotita, clorita, limonita, en los formas filón fino	Diorita	

№ Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(38) NDR-17	X = 715.455 Y = 1'029.335		Principales; fenoicristal; plagioclasa (< 2.2 mm), biotita, hornblenda (< 0.5 mm) Matriz; plagioclasa, hornblenda Accesorios; apatito, mineral opaco minerales secundarios; cuarzo, biotita, clorita, Alteración; silicificación, biotización	Porfido granodiorítico alterado	Alteración potásica
(39) NDR-22	X = 711.860 Y = 1'029.915	Lepidoblástico	Principales; muscovita lepidoblástico (< 0.2 mm), cuarzo (< 0.5 mm) Accesorios; turmalina, circon, mineral opaco	Esquisto mica cuarcífera	
(40) NDR-24	X = 712.065 Y = 1'030.645	Porfiritica	Principales; fenoicristal; plagioclasa en el tamaño hasta a 2.5 mm, hornblenda, clino - piroxeno (?) Matriz; plagioclasa (< 0.1 mm) hornblenda Accesorios; minerales opacos, magnetita (?)	Dacita hornblenda	
(41) MR-1	X = 714.030 Y = 1'030.265		Principales; fenoicristal; cuarzo, ortoclasa (< 1.0 mm), plagioclasa (< 4.5 mm), biotita, hornblenda Matriz; cuarzo, plagioclasa (< 0.1 mm) Accesorios; mineral opaco, Mineral secundario; biotita, actinolita Alteración; silicificación	Porfido granodiorítico	Silicificación, alteración potásica
(42) MR-9	X = 714.345 Y = 1'030.925		Granoblastos; cuarzo (< 1.5 mm), plagioclasa, sericita Accesorios; sericita, mineral opaco Minerales secundarios; cuarzo	Esquisto cuarcífero	
(43) DNR-5	X = 729.090 Y = 1'028.180	Porfiritica holocristalina	Principales; fenoicristal; plagioclasa (< 0.2 mm) Matriz; plagioclasa (< 0.1 mm), cuarzo, hornblenda Accesorios; esfera Minerales secundarios; clorita, carbonato, epidoto, sericita	Porfido granodiorítico	



Nº Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(44) DNR-6	X = 729.200 Y = 1'028.625		Principales; fenocristal; cuarzo erosionado (< 2.0 mm), plagioclasa (< 2.5 mm), hornblenda Matriz; cuarzo, plagioclasa, hornblenda Accesorios; apatito, pirita y magnetita Minerales secundarios; clorita, carbonato, sericita esfena Alteración; clorita	Porfido granodiorítico.	Alteración propilítica incipiente
(45) DNR-14	X = 728.450 Y = 1'029.065	Porfirítica	Principales; fenocristal; plagioclasa idiomorfica (< 3.5 mm), hornblenda (< 2.5 mm) Matriz; cuarzo, plagioclasa (< 0.4 mm) Accesorios; apatito, pirita y magnetita Alteración; silicificación, clorita, carbonato	Porfido granodiorítico alterado	Alteración propilítica incipiente
(46) DNR-17	X = 729.325 Y = 1'029.330		Granos fragmentos; plagioclasa (< 1.5 mm) cuarzo, muy fino, hornblenda Accesorios; minerales opacos Alteración; clorita, sericita, carbonato	Toba limolítica	Alteración sericitización
(47) DNR-28	X = 727.675 Y = 1'028.725	Porfirítica	Principales; fenocristal; plagioclasa (< 2.5 mm) hornblenda, cuarzo Matriz; plagioclasa con alteración albitización y sericitización, cuarzo, sericita Accesorios; ilmenita, magnetita Alteración; silicificación, Carbonato clorita, sericita	Dacita alterada	Alteración propilítica
(48) DNR-23	X = 727.060 Y = 1'026.255	Porfirítica	Principales; fenocristal; plagioclasa (< 4.0 mm) idiomorfica con alteración a las albita, sericita, carbonato, epidoto y clorita, hornblenda (< 2.2 mm) alterada a clorita y carbonato Matriz; plagioclasa Alteración; silicificación, clorita, carbonato, epidoto, sericita	Andesita hornblenda	Alteración silicificada, cloritización

№ Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(49) DSR-10	X = 729.580 Y = 1'028.560	Fragmentario, varfolítico	Granos fragmentos; plagioclasa (< 3.0 mm) fragmenta, biotita, cuarcita, roca dacítica Accesorios; meneral opaco Minerales secundarios; cristobalita	Toba dacítica	
(50) DSR-13	X = 728.270 Y = 1'029.685	Porfirítica holocristalina	Principales; fenocrystal; cuarzo (< 2.0 mm), plagioclasa matriz; cuarzo (< 0.1 mm) plagioclasa idiomorfa Accesorios; apatito, pirita, magnetita Alteración; sericita, carbonato	Porfido granodiorítico alterado	Sericitización
(51) DSR-25	X = 728.500 Y = 1'027.330	Porfirítica holocristalina	Principales; fenocrystal; Plagioclasa idiomorfa o hipidiomorfa (< 1.5 mm), biotita, cuarzo Matriz; cuarzo, plagioclasa Accesorios; apatito Minerales secundarios; biotita, carbonato, sericita, mineral opaco Alteración; silicificación, biotita, carbonato	granodiorítico alterado	Silicificación y alteración potásica
(52) DSR-26	X = 728.310 Y = 1'027.195	Porfirítica holocristalina	Principales; fenocrystal; plagioclasa, hornblenda idiomorfa alterada (< 4.0 mm) a albita por completo Matriz; plagioclasa, cuarzo granulo Accesorios; esfena, apatito, mineral opaco Alteración; silicificación	Dacita alterada hornblenda	Silicificación muy fuerte
(53) DDR-2	X = 727.490 Y = 1'028.310	Fragmentario	Granos fragmentos; cuarzo (< 0.6 mm) (60%) plagioclasa, rocas fragmentas Accesorios; muscovita, circon, turmalina Matriz; sericita o mineral de arcilla	Arenisca de grano fino	

Nº Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(54) DDR-4	X = 729.450 Y = 1'026.160	Porfírica holocristalina	Principales, fenocristal; plagioclasa y mineral mafico alterada a sericita, clorita y carbonato por complete en pseudomorfo cuarzo de grano muy fino, plagioclasa, carbonato Matriz; silicificación, carbonato, sericita, clorita Alteración;	Porfido granodiorítico alterado	Silicificación, carbonatación sericitización, clorización
(55) DDR-7	X = 727.155 Y = 1'026.150	Porfírica holocristalina	Principales, fenocristal; plagioclasa (< 5.0 mm). mineral mafico alterada a sericita, clorita y carbonato en pseudomorfo cuarzo de grano fino Matriz; Mineral secundarios; carbonato, clorita, mineral de arcilla Accesorios; apatito Alteración; silicificación, carbonato, sericita, clorita	Porfido granodiorítico	Silicificación, sericitización, carbonatación, clorización
(56) DDR-9	X = 728.420 Y = 1'028.155	Porfírica holocristalina	Principales, fenocristal; plagioclasa idiomorfica (< 3.5 mm) con gemela albita y cuarzo, biotita, hornblenda idiomorfica (< 2.5 mm) Matriz; cuarzo, plagioclasa Accesorios; apatito, esfena Minerales secundarios; cuarzo, clorita Alteración; silicificación, carbonato	Porfido granodiorítico	Silicificación, carbonatación
(57) DDR-13	X = 728.125 Y = 1'028.295	Porfírica holocristalina	Principales, fenocristal; plagioclasa idiomorfica (< 2.5 mm) en la gama albita o estructura de zonal, cuarzo, hornblenda Matriz; cuarzo granulo, plagioclasa Accesorios; apatito, mineral opaco Alteración; clorita, carbonato	Porfido granodiorítico	Silicificación

№ Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(58) DDR-15	X = 727.320 Y = 1'028.170	Porfirítica holocristalina	Principales, fenocristal; plagioclasa (< 3.5 mm), hornblenda (< 2.5 mm) en pseudomorfo alterada a carbonato o sericitita, cuarzo material felsico, mineral mafico alterado a clorita, epidoto Accesorios: apatito, esfena Alteración: silicificación, clorita	Dacita alterada	Silicificación, carbonatación
(59) DDR-21	X = 728.220 Y = 1'025.950	Porfirítica holocristalina	Principales, fenocristal; plagioclasa (< 3.0 mm), hornblenda en pseudomorfo alterada a carbonato, clorita o mineral opaco Matriz: plagioclasa Accesorios: mineral opaco Alteración: clorita, carbonato, cuarzo	Dacita hornblenda	Silicificación, carbonatación
(60) DDR-22	X = 728.240 Y = 1'025.905	Fragmentario	Granos fragmentos: cuarzo (< 0.1 mm), feidespato, muscovita Matriz: clorita, mineral de arcilla Accesorios: circon, turmalina	Limolita	
(61) DDR-26	X = 728.200 Y = 1'027.460	Porfirítica holocristalina	Principales, fenocristal; cuarzo (< 1.4 mm), plagioclasa hornblenda alterada a sericitita, carbonato y cuarzo Matriz: cuarzo, plagioclasa Accesorios: mineral de arcilla Alteración: silicificación	Porfido granodiorítico	Silicificación sericitización
(62) DPR-7	X = 728.460 Y = 1'027.820	Porfirítica holocristalina	Principales, fenocristal; plagioclasa (< 2.5 mm) idiomorfica, biotita, hornblenda cuarzo granulo (< 0.1 mm), plagioclasa, ortoclasa y biotita Accesorios: mineral opaco	Porfido granodiorítico	Silicificación cloritización
(63) DPR-13	X = 727.940 Y = 1'027.830	Porfirítica poca holocristalina	Principales, fenocristal; plagioclasa (< 3.0 mm) idiomorfica, cuarzo, mineral mafico alterado a clorita Matriz: cuarzo Accesorios: apatito Alteración: silicificación, biotita	Diorítica cuarcifera alterada	Silicificación cloritización y alteración potásica

Nº Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(64) DPR-26	X = 726.325 Y = 1'026.645	Porfirítica holocristalina	Principales; fenocristal; plagioclasa (< 2.2 mm), cuarzo mineral mafico alterado a carbonato, clorita y sericita por completo Matriz; cuarzo muy fino, sericita Accesorios; mineral opaco	Dacita alterada	Silicificación fuerte sericitización
(65) MSR-1	X = 697.670 Y = 1'007.290	Fragmentario	Granos fragmentos; cuarzo, roca fragmenta Matriz; mineral de arcilla, hametita y limonita Accesorios; mineral opaco	Conglomerado granulo	
(66) MSR-2	X = 697.710 Y = 1'007.270	Intersticial holocristalino	Principales; fenocristal; clinopiroxeno (max 2.5 mm), plagioclasa Matriz; plagioclasa idiomorfica, clinopiroxeno, epidoto	Basalto	Epidotización, albitización
(67) MSR-3	X = 697.810 Y = 1'007.200	Variotico	Principales; plagioclasa, clinopiroxeno (< 0.3 mm) Alteración; epidoto, albita	Basalto	Epidotización albitización
(68) MSR-4	X = 698.000 Y = 1'007.075	Equigranular	Principales; plagioclasa hipidiomorfica o xenomorfica (< 0.7 mm), hornblenda Matriz; magnetita, pirita Accesorios;	Diorita	Fresca
(69) MSR-5	X = 698.285 Y = 1'006.980	Porfirítica	Principales; fenocristal; plagioclasa (< 8.0 mm) gruesa, biotita, cuarzo Matriz; mineral de arcilla (?), Accesorios; mineral opaco muy fino	Dacita biotita	
(70) MSR-6	X = 698.640 Y = 1'006.495	Intersticial	Principales; plagioclasa (< 0.8 mm) idiomorfica, clinopiroxeno (< 0.4 mm) Accesorios; mineral opaco, olivina y ceolita Alteración; clorita, carbonato	Basalto alterado	Cloritización, carbonatación

Nº Muestra	Coordenadas	Cristalinidad, textura, estructura	Minerales	Clasificación	Origen, facie de metamorfismo, descripción
(71) MDR-1	X = 698.330 Y = 1'006.825	Porfiritica	Principales; fenocristal; plagioclasa (< 9.0 mm) gruesa, biotita idiomorfa (< 1.0 mm), cuarzo en estructura corcoerada, mineral mafico alterado a mineral de arcilla y mineral opaco  Matriz; mineral de arcilla	Dacita hornblenda con biotita	
(72) MDR-2	X = 698.360 Y = 1'006.285	Porfiritica holocristalino	Principales; fenocristal; plagioclasa (< 3.0 mm), cuarzo hipidiomorfa (< 2.5 mm), hornblenda, idiomorfa ~ hipidiomorfa (< 3.0 mm) Matriz; Accesorios: apatito, esfena	Porfido grano-dioritico	
(73) MDR-1	X = 697.550 Y = 1'007.350	Fragmentario poroso, bien seleccionado	Granos fragmentos; cuarzo (< 0.2 mm) subangular, roca fragmenta Accesorios: circon, turmalina, muscovita Matriz; mineral de arcilla, hematita	Arenisca de grano fino	

