

3-5 EXPLORACION CON PERFORACION

Los cinco pozos perforados en el área de Piedra Sentada se presentan tabulados en la siguiente forma:

Tabla 6 DATOS DE PERFORACION EN EL AREA DE PIEDRA SENTADA

Pozo No.	Coordenadas	Elevación (m)	Profundidad (m)	Dirección	Objetivo del Pozo
CJM-1	X= 732.720 Y= 1027.560	1321	301.8	Vertical	Comprobar fuerte anomalía SIP
CJM-2	X= 733.000 Y= 1027.080	1285	351.4	Vertical	Comprobación de anomalía moderada SIP localizada en el centro del área investigada.
CJM-3	X= 733.030 Y= 1026.480	1247	300.6	Vertical	Comprobación de anomalía fuerte SIP. Anomalía N.W.
CJM-4	X= 733.340 Y= 1026.740	1220	351.2	Vertical	Comprobación de la extensión de la anomalía al norte de los pozos CJM-2 y 3.
CJM-5	X= 732.000 Y= 1027.150	1280	350.6	Vertical	Comprobación de la extensión de la anomalía al sur de los pozos CJM-1, 2 y 3.

Todos los pozos fueron seleccionados dentro del área anómala de forma ligeramente elipsoidal de 2 km x 3 km, extendiéndose en dirección NE-SW y localizada en el centro del área de Piedra Sentada. Los tres primeros pozos están localizados sobre las líneas SIP con el fin de obtener mejor información entre la anomalía geofísica y la mineralización. Los pozos restantes se perforaron, uno en la prolongación norte y el otro en la prolongación sur de los tres pozos perforados previamente.

La exploración por perforación realizada en la segunda fase, reveló nuevos riesgos y problemas; de estos los más importantes se describen a continuación:

1) Geología

En el área donde se distribuyen rocas intrusivas ácidas a intermedias se perforaron 5 pozos. Estas rocas ígneas han sido clasificadas en tres unidades litológicas: (A) Andesita porfídica de color gris y de grano medio a fino; (B) Diorita o microdiorita de color gris a gris blanco, grano medio y textura equigranular y (C) Dacita o

granodiorita porfídica de color gris blanco, grano grueso y textura porfídica.

La relación entre las dos primeras litologías no es clara, mientras que las rocas porfídicas (C) tienen un contacto híbrido contra las litologías (A) y (B), lo cual sugiere que la roca porfídica es la más joven dentro de los intrusivos.

La andesita porfídica (CJM-3, 25.5 m) bajo el microscopio muestra las siguientes características: textura subhedral granular y debido a la fuerte alteración se observan minerales secundarios tales como: biotita, clorita, epidota y sericita conjuntamente con los minerales primarios de cuarzo y plagioclasa anhedral a subhedral.

La diorita o microdiorita exhibe una textura equigranular aparente, mientras que las texturas porfídicas son claramente visibles al microscopio (CJM-2, 39.6 m, 53.1 m, 94.4 m). Su asociación mineralógica está representada por: hornblenda-biotita-plagioclasa-cuarzo, caracterizada además por un amplio dominio de hornblenda y plagioclasa.

La dacita porfídica contiene la misma asociación mineralógica que la diorita pero está caracterizada por un gran predominio de fenocristales euhedrales de biotita y anhedrales a subhedrales de cuarzo.

2) Alteración

Microscópicamente, y bajo la lupa, se observa que las rocas intrusivas presentan epidota y clorita como minerales de alteración, ya sea diseminadas o a lo largo de fisuras y diaclasas y silicificación en forma de venas de cuarzo o adición de sílice a toda la roca.

La epidotización se observa en todos los pozos perforados, sin embargo, su abundancia cambia de un sitio a otro, mientras que la silicificación es muy notoria en los pozos CJM-1, 2 y 5; en las zonas profundas de los pozos CJM-2 y 5 es mucho más intensa.

La observación microscópica de 16 secciones delgadas de los pozos CJM-2, 2 y 3, reveló que la carbonitización es muy común y abundante seguida por biotitización, silicificación, epidotización y cloritización. La biotitización donde mejor se observa es en el pozo CJM-2.

Los análisis de difracción de rayos X de 10 muestras de los pozos CJM-1, 2 y 3 demostraron que la cantidad de clorita es mínima en el pozo CJM-2 y se incrementa en los pozos CJM-1 y 3. Mientras que la presencia de feldespato potásico presenta una tendencia inversa a la de la clorita. Como conclusión, se puede decir que el área perforada presenta un zonamiento en su alteración entre zona propilitica y zona de biotitización, con su centro de alteración muy cerca al pozo CJM-2.

3) Mineralización

Mediante la exploración por perforación se comprobó que hay dos tipos de mineralización en el área estudiada.

Una de las mineralizaciones es del tipo pórfido cuprífero en la forma de sulfuros diseminados o en enrejado (net work) y la otra en la forma de magnetita masiva, localizada esencialmente en las rocas intrusivas verdes metavolcánicas. La mineralización de sulfuros esta ampliamente desarrollada en la superficie y en todos los pozos perforados, mientras que la mineralización de magnetita solamente se encontró en los pozos CJM-3, 4 y 5, los cuales intersectaron rocas verdes metavolcánicas. La mineralización de magnetita es de color negro, masiva y de grano fino y de color negro con textura pisolítica y se encuentran en las profundidades de 56.5 a 61.4 m en CJM-3 y en 33.4 a 42.5 m, 180.8 a 187.0 m, 202.2 a 203.0 m y 244.4 a 246.8 m en CJM-4 y a las por

profundidades de 119.6 a 123.2 m, 149.6 a 155.6 m, 218.6 a 220.0 m, 228.8 a 225.8 m y 272.8 a 276.6 m en CJM-5. El análisis de una de las muestras a la profundidad de 58.5 a 60.0 m en CJM-3 fué de 20% de Fe.

Se observó que el pórfido presenta una margen o contacto híbrido con la mena de magnetita a la profundidad de 244.4 m en el pozo CJM-5. Igualmente, en la mena de magnetita se desarrolla mineralización de sulfuros en la forma de disseminación y de estockwork.

El tenor de los análisis de la mineralización del tipo pórfido cuprífero es muy bajo. Las muestras para los análisis fueron preparadas en la siguiente forma: cada 15 metros se colectó 1/4 del intervalo de 1.5 m de longitud y esta muestra fue enviada al laboratorio.

El tenor promedio de las muestras de los pozos de perforación fue de 0.1 gr/t de Au y 0.03% de cobre; el resultado de los otros elementos solicitados fue tan bajo que no se analizarón.

Un resumen del tenor de los análisis para oro y cobre, pozo por pozo se darán en Tabla 7.

Al examinar los resultados de los análisis, la mineralización de cobre es más fuerte en los pozos CJM-2 y CJM-5 que en los otros pozos, lo cual es concordante con lo observado ocularmente.

Bajo el microscopio los minerales de mena corresponden a piritita, calcopiritita, pirrotita y magnetita y en menor proporción la bornita (CJM-2, 190.0 m), cubanita (CJM-1, 148.0 m), tetraedrita (CJM-2, 190.0 m) y bournonita (CJM-1, 12.2 m). Igualmente, es muy común observar molibdenita foliada en venas de cuarzo. La temperatura de homogenización utilizando inclusiones fluidas en cuarzo reveló que los pozos CJM-1 y CJM-2 tuvieron una temperatura muy similar entre 325° y 351°C; mientras que CJM-3 mostró una temperatura entre 240° y 291°C incrementándose esta temperatura con la profundidad.

Teniendo en cuenta la distribución de temperaturas anteriormente mencionadas, conjuntamente con la intensidad de la mineralización y una zonación de la alteración, se presume que el centro de una mineralización incipiente se localiza muy cerca al sitio del pozo CJM-2.

4) Forma de las Rocas Intrusivas

La geología observada en los núcleos de perforación demostró que las rocas verdes metavolcánicas son mucho más espesas y de una distribución mucho más amplia en profundidad que lo que se había predicho a partir de la geología superficial.

Igualmente, al hacer la correlación geológica entre los 5 pozos y al considerar la geología superficial, se puede interpretar que los cuerpos intrusivos son mucho más pequeños y de forma cónica invertida.

5) Relaciones entre la mineralización y las anomalías SIP

Se programaron 3 pozos sobre las dos líneas SIP, denominados CJM-1, CJM-2 y CJM-3, de este a oeste, con el propósito de comprobar la anomalía geofísica de SIP y por consiguiente el de buscar una mena o mineralización.

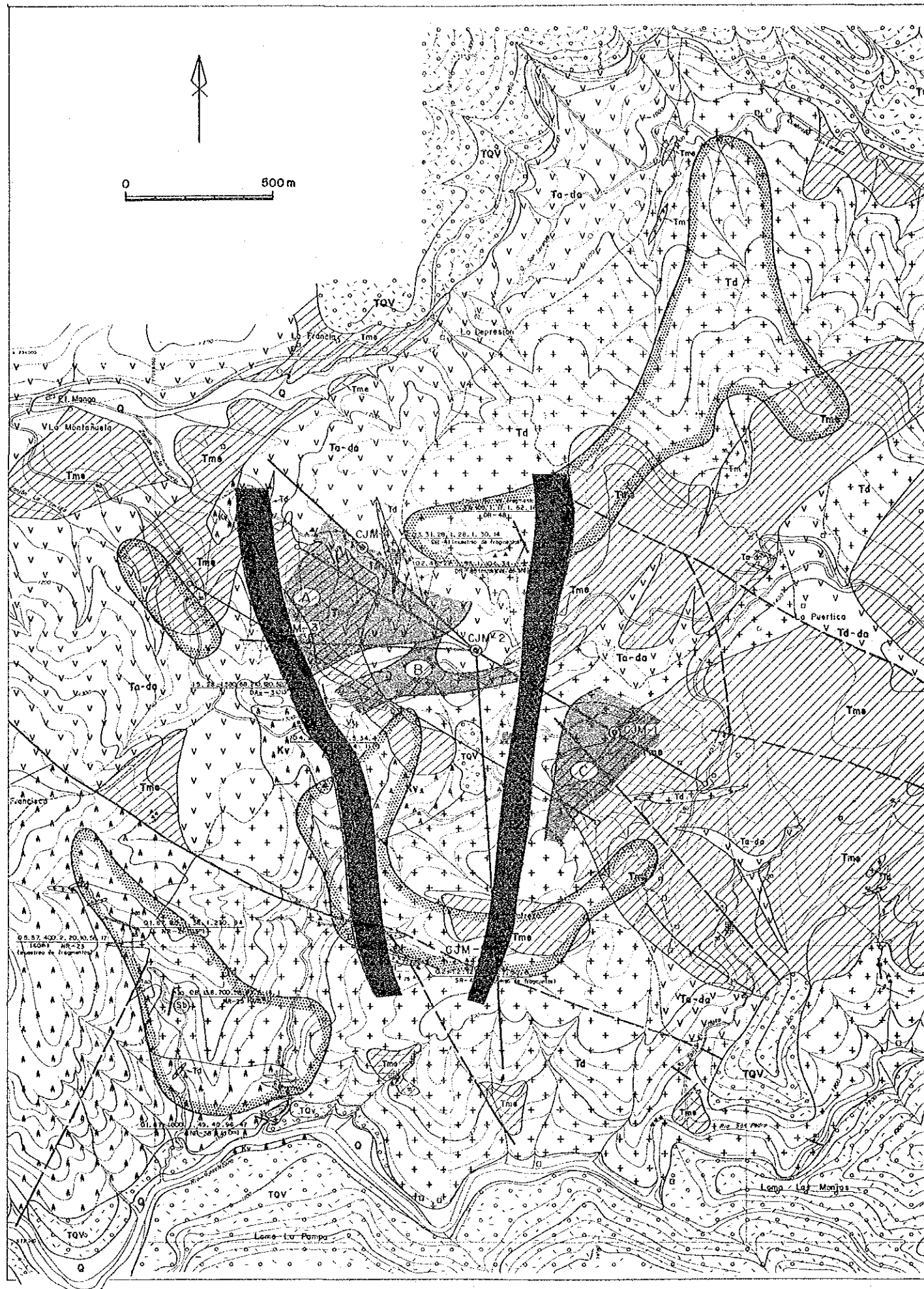
Los máximos valores de las zonas anómalas de SIP fueron detectados en ambos extremos de las líneas investigadas y los valores más bajos de la anomalía fueron encontrados en la mitad de las líneas investigadas. Se pensó en la presencia de cuerpos superficiales muy conductores en ambos extremos de la zona anómala y a unos 200 m de profundidad en la mitad de la anomalía, dichos cuerpos parecían ser de la forma masiva.

Como un resultado de la perforación se encontró que la mineralización en los cinco pozos es del tipo sulfuros disseminados y en enrejado

(network) y por la cantidad de sulfuros parece no haber una gran diferencia entre los pozos a simple vista.

En relación con la mineralización de cobre, CJM-2 posee el mejor tenor entre los 5 pozos. Así mismo, la zonación de alteración y la temperatura de homogenización sugieren la presencia de un centro muy local de mineralización en las cercanías del pozo CJM-2.

Existe la posibilidad de que los valores más altos de la anomalía de SIP detectados en ambos extremos de las líneas investigadas, reflejan la zona más externa de una mineralización de cobre.



LEYENDA

- CUM-1 Numero del pozo
- Localización del pozo (1985)
- Líneas de secciones
- Línea de geofísico SIP (1984)
- ⊖ Anomalia de geofísico SIP (1984)
- ⊖ Zona mineralizada alta (1984)
- ⊖ Anomalia geoquímica de Cu de sedimentos ocultos (1970')

ROCAS ESTRATIFICADAS

- | | | | |
|------------|-----|---|--|
| CANGACHO | Q | Depósitos no consolidados | (Arcillas, arenas, gravas) |
| | TQV | Formación Popojón | (Lías, areniscas, calizas, fangos, arcillas) |
| | Tm | Formación Estrella | (Lías, areniscas, calizas, fangos, arcillas) |
| | Tm | Formación Mosquito | (Lías, areniscas, calizas, fangos, arcillas) |
| MCSZ | Ks | Rocas sedimentarias cretácicas sin clasificadas | (Arcillas) |
| | Kr | Grupo Diabesico | (Dolomitas, areniscas, calizas) |
| | Kio | Oftalio | (Pírculos, areniscas) |
| PALEOZOICO | Pm | Grupo Cajonanca (?) | (Esquistos, areniscas, calizas, arcillas) |

ROCAS IGNEAS

- | | | |
|-----------|-------------------|--------------------------------------|
| Terciario | Td | Diabesico |
| | Tr | Riolitas, Cuapá-Purificas |
| | Tado | Andesita Purificas, Dacita Purificas |
| | Tm | Morochalita |
| | Td | Granodiorita, Dacita, Cuarzodiorita |
| | Zona silicificada | |
| | A | Mineralización de Sulfuros |
| | Fallo | Eje Sinclinal |
| | Vaso cuarcífero | Eje Anticlinal |
| | Esquistosidad | Socavón |
| | — | Área de piedra sentada |
| | — | Mapa de Interpretación |

Figura 8 MAPA DE INTERPRETACION AREA PIEDRA SENTADA

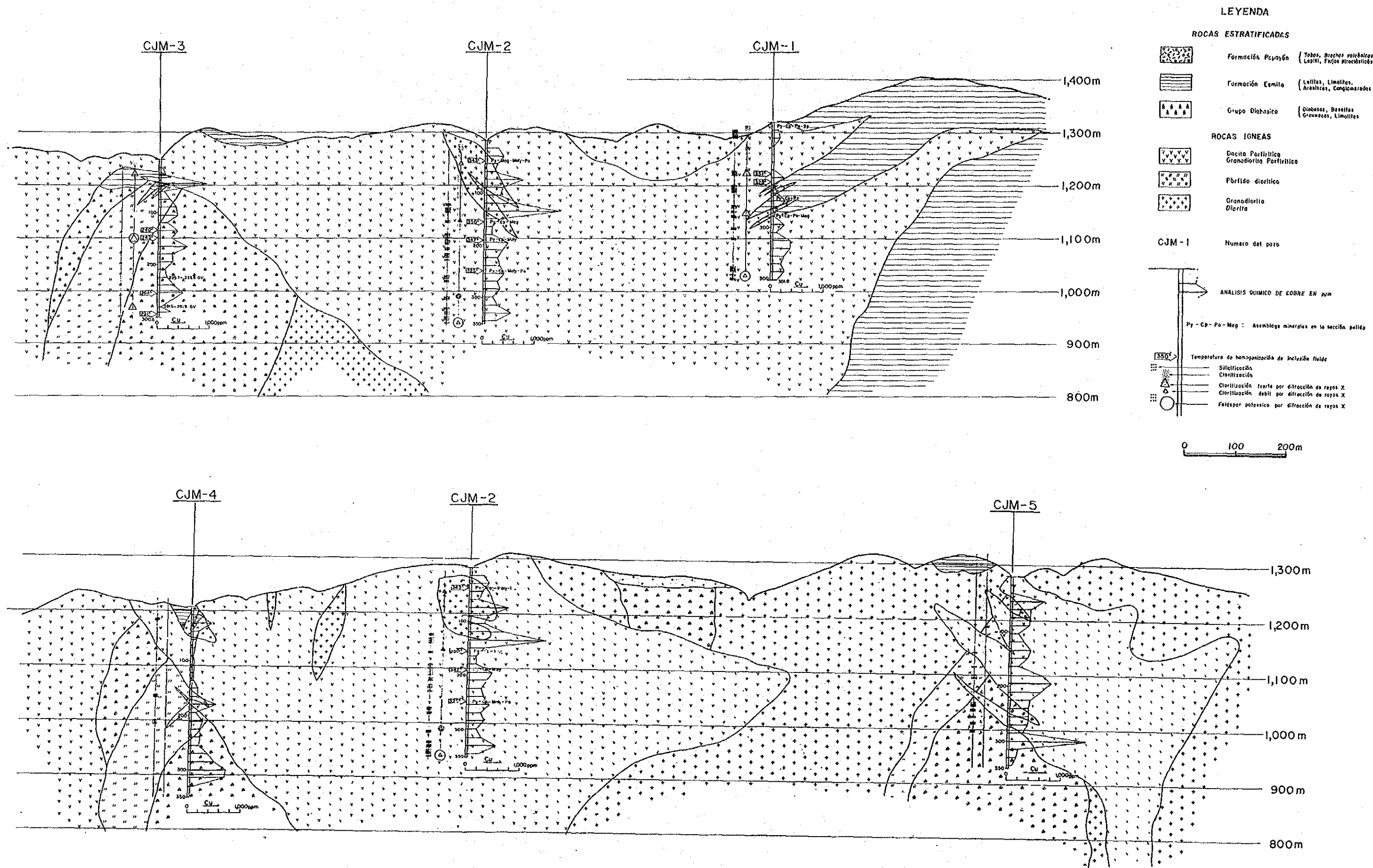


Figura 9 SECCIONES GEOLOGICAS GENERALIZADAS

Tabla 7 COMPILACION DE ANALISIS QUIMICO DE NUCLEOS DE PERFORACIONES EN EL AREA DE PIEDRA SENTADA

Pozo No.	Cantidad de muestras	Análisis (ppm)													
		Au						Ag						Mo	
		Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.		
CJM-1	20	0.08	0.46	0.17	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	22	5.3	
CJM-2	23	0.06	0.30	0.12	<1	2	1.09	2	48	12.9	1.09	2	48	12.9	
CJM-3	19	0.01	0.96	0.14	<1	3	1.32	1	14	6.8	1.32	1	14	6.8	
CJM-4	22	<0.005	0.335	0.095	0.1	0.9	0.29	1	8	2.7	0.29	1	8	2.7	
CJM-5	23	0.005	1.030	0.102	0.1	1.1	0.27	1	150	17.3	0.27	1	150	17.3	
Total	107	<0.005	1.030	0.12	0.1	3	0.77	1	150	9.24	0.77	1	150	9.24	

Pozo No.	Cantidad de muestras	Análisis (ppm)																	
		Cu						Pb						Zn					
		Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.						
CJM-1	20	26	387	158	3	10	6.8	10	34	22.6	148	1440	382	6	44	10.9	10	36	19.0
CJM-2	23	148	1440	382	6	62	13.8	11	182	29.7	59	910	283	1	22	2	10	27	17.4
CJM-3	19	56	720	250	1	19	1.83	12	70	18.3	45	1450	389	1	62	6.87	10	182	21.1
CJM-4	22	56	720	250	1	19	1.83	12	70	18.3	45	1450	389	1	62	6.87	10	182	21.1
CJM-5	23	45	1450	389	1	62	6.87	10	182	21.1	26	1450	297	1	62	6.87	10	182	21.1
Total	107	26	1450	297	1	62	6.87	10	182	21.1	26	1450	297	1	62	6.87	10	182	21.1

4 AREA DE DOMINICAL

4.1 GEOLOGIA Y ESTRUCTURA GEOLOGICA

La geología del área está compuesta por la Formación Esmita intruída por cuerpos cuarzodioríticos, dacíticos y microdioríticos. Descansado discordantemente sobre las unidades anteriores se encuentra la Formación Popayán del Terciario-Cuaternario. (Figura 10 y 11)

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 decita porfídica al S. En la zona central del cuerpo dacítico se encuentra una roca diorítica, la relación existente 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 magmático.

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

4.2 MINERALIZACION

En el área de interés se observaron dos tipos de mineralización: Una compuesta por diseminación y reticulado y la otra conformada por mineralizaciones tipo filoniano. 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 diseminación, por lo general la diseminación 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 diseminada. 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 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

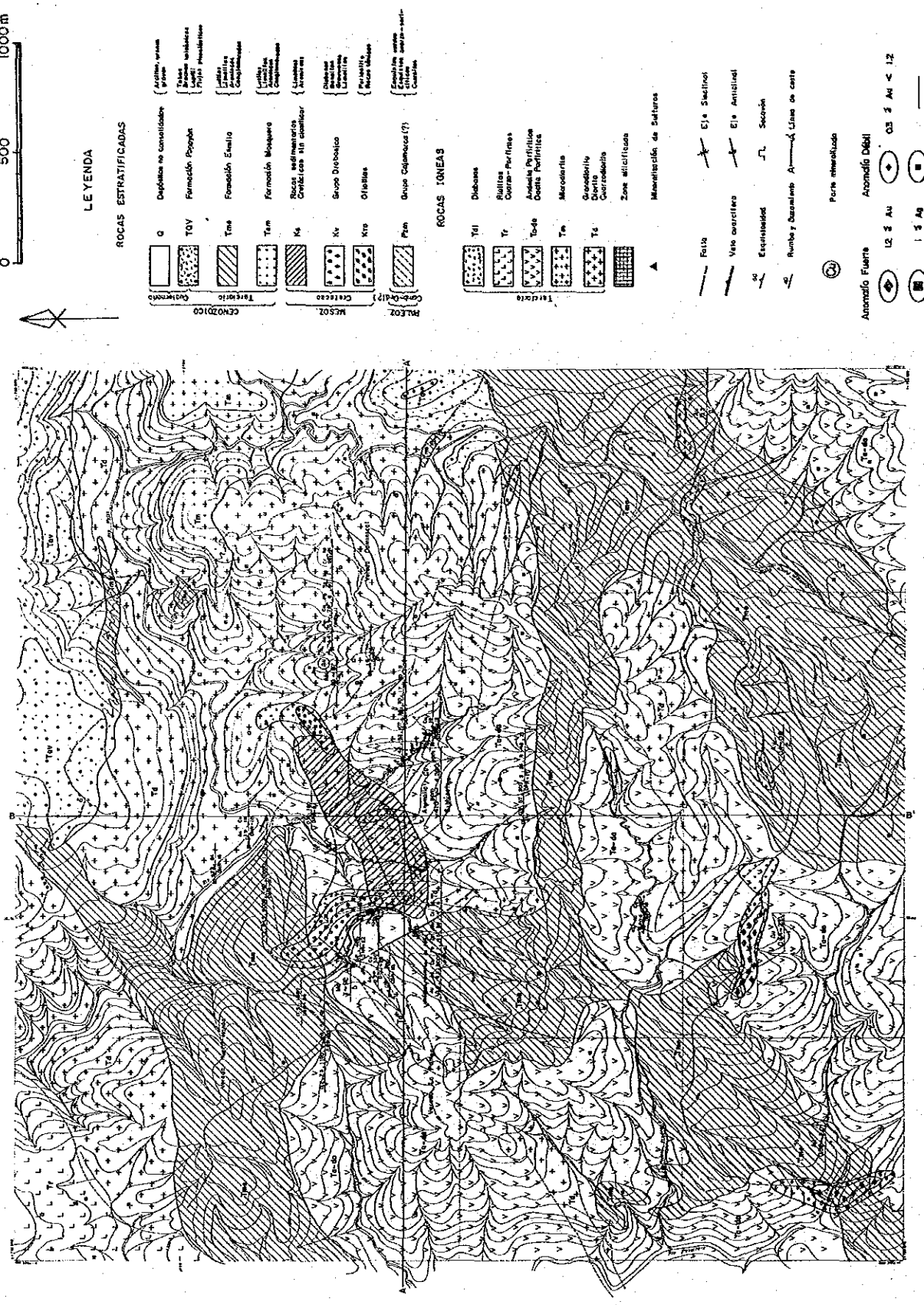


Figura 10 MAPA GEOLOGICO Y ANOMALIAS DE GEOQUIMICAS DOMINICAL

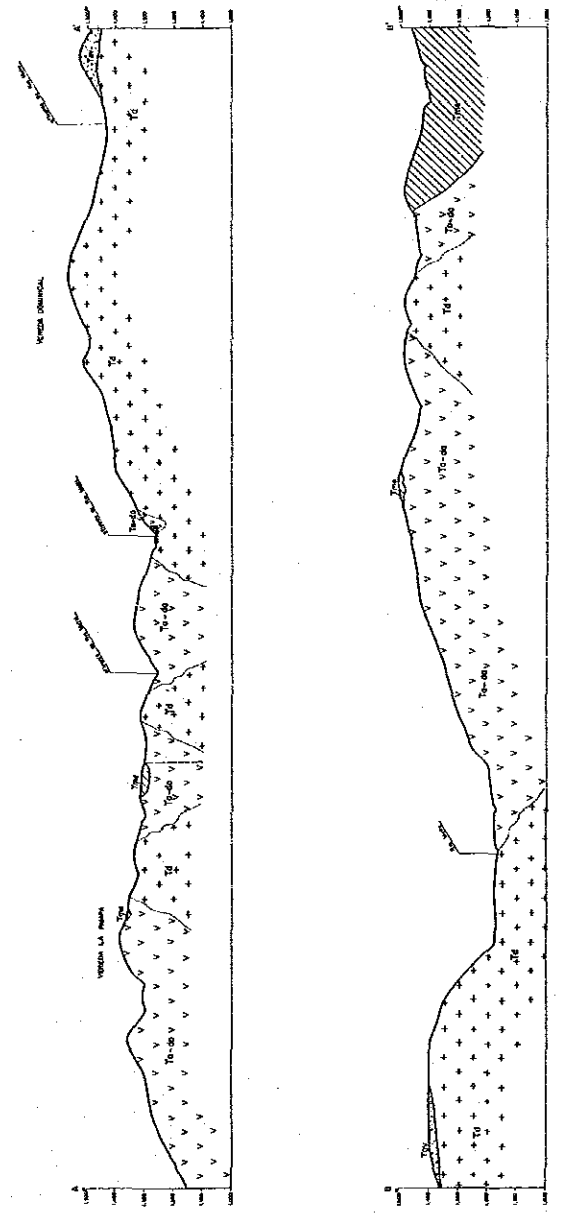


Figura 11 CORTES GEOLOGICOS AA' Y BB' DOMINICAL

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 rasgos estructurales promedios de estos filones son los siguientes:

N45-60° 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.

En cuanto hace al reticulado y a la alteración hidrotermal de la roca encajante, esta 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 filica 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 de disseminación es común encontrar venillas de pirita rellenando 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) x 1.5 km. (N-S).

4.3 EXPLORACION GEOQUIMICA

MUESTRA DE SUELOS

Las diferentes líneas geoquímicas 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.

ELEMENTOS GUIA

En esta prospección geoquímica los 8 siguientes elementos fueron analizados: Au, Ag, Cu, Pb, Mo, Ni y Cr, ya que estos mismos elementos fueron empleados para extratar las zonas anomalas en sedimentos activos.

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 todos las muestras fueron tratadas como un sólo grupo de muestras. El método analítico es el de Lepeltier (1969).

Tabla 8 ESTADIGRAFOS DE SUELO EN EL AREA DE ALMAGUER

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

Q Depósitos no consolidado

T_{QV} Formación Popayán

T_{me} Formación Esmita

Tem Formación Mosquera

K_{TO} Ofiolitas

Pzm Grupo Cajamarca (?)

Td Rocas Igneas

DETERMINACIÓN 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

- 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.

El coeficiente de correlación entre los elementos Ni y Cr tiene un 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 baja ($<0,1$) por lo que podemos decir que en realidad no existe ninguna correlación entre ellos.

RESULTADOS ANALITICOS

La anomalía geoquímica para Cu y Mo fué localizada 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 semicircular. 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.

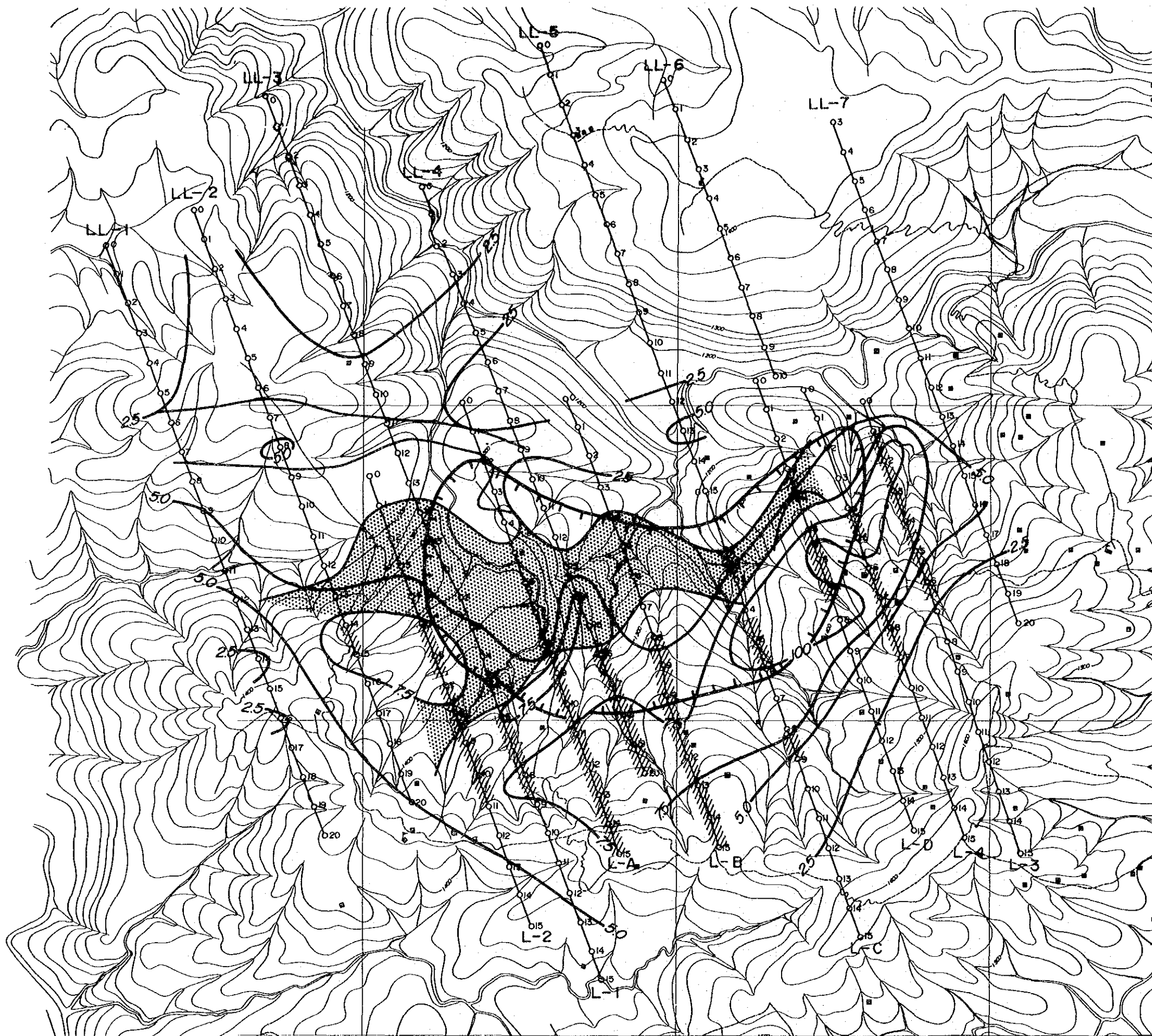
La anomalía geoquímica de Cu y Mo coincide exactamente con un cuerpo mineralizado intrusivo de composición ácida. Asimismo, mineralizaciones del tipo filoniano de Sb, Cu, y Au-Ag existen en la periferia bordeando la zona anómala, igualmente sucede con unas anomalías geoquímicas esparcidas en todo el 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.

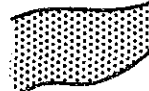

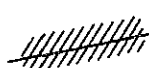

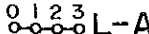
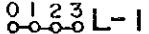
4.4 EXPLORACION GEOFISICA

Los métodos de Polarización Inducida (IP) y Espectro de Polarización Inducida (SIP) fueron aplicados a las indicaciones del depositos de porfido cuprífero detectado cerca al centro del área de Dominical. Los estudios llegados a cabo durante dos años tienen un cubrimiento de 2.5 km x 2.5 km, con trece líneas (13) de observación espaciadas 150 a 300 m.

Las conclusiones integrantes de los resultados de dos años se resumen a continuación:



Leyenda

-  Zona de PFE entre 7.5 y 2.5%, y de AR menos de 250 Ω·m
-  Zona alteración de silicificación y caolinización en superficie
-  Cuerpos causantes calculados mas de 10% de PFE
-  50 Isolíneas de PFE
-  0 1 2 3 L-A Líneas de SIP
-  0 1 2 3 L-I Líneas de IP

0 400m

Figura 12 RESULTADO DE LA EXPLORACION GEOFISICA AREA DOMINICAL

- 1) Los resultados este año están de acuerdo con los del año anterior, tanto en la distribución de la resistividad aparente como en la del porcentaje efecto de frecuencia (PFE).
- 2) Se observaron las zonas de baja resistividad en el centro del área prospectada, en la dirección aproximadamente este-oeste. En vista de que no se puede establecer la correlación entre estas zonas y la formación geológica de la superficie del área de interés, sino que más bien parecida esta baja resistividad a la tendencia de la distribución en plano de PFE, y además, de que estas zonas comprenden la anomalía resultante del estudio geoquímico y las fajas de alteración hidrotermal que se verificaron en la superficie. Se supone que las zonas tengan una relación más estrecha con las acciones de alteración en función de mineralización, las cuales fueron las causas de dichas anomalías.
- 3) Los valores de mederado a intenso en PFE anómalo, que son mayores de 2%, se observaron en todas partes del área de interés en una forma circular. Se verificó que entre ellos, la anomalía intensa que corresponde a los valores mayores de 5%, cerraba su distribución en la dirección este-oeste. No se observó extensión alguna hacia el norte, sino que se distribuían sólo por el lado sur en forma semicircular, rodeando la anomalía detectada durante la exploración geoquímica. En consecuencia, se puso más clara y precisa la posición del centro de la mineralización.
- 4) En la medición de las muestras de roca, todas las muestras reunidas en el área de interés mostraron una gran dispersión en su resistividad, entre otras, las dioritas (Td) mostraron la dispersión más grande. De esto, se puede deducir que la resistividad de las dioritas se afectan altamente por las acciones de alteración. Algunas muestras que pertenecen al estrato de la Formación Esmita (Tme), también mostraron los valores mayores de 3% de PFE. Este resultado se conforma con el hecho de que había actividad intrusiva de las rocas eruptivas, en el estrato de Formación Esmita (Tme).
- 5) Considerando los resultados de la medición de las muestras de roca y las observaciones hechas en aquéllos de afloramiento superficiales en el área, los cuerpos que respondían a altos valores de PFE, o sea que al intenso porcentaje de efecto de frecuencia en la prospección, deben corresponder a la distribución de los minerales de sulfuros, principalmente de piritas de hierro que extensivamente se distribuyen entre las dioritas (Td) y andesitas porfídicas (Ta-da). La diferencia obtenida con la perforación y el resultado del análisis del modelo simulado, ha confirmado que el cuerpo de respuesta con altos valores de PFE, es la sección reunida de concentraciones de pirita de alta calidad.
- 6) Generalmente, en el yacimiento tipo pórfido cuprífero se observan las zonas de piritas de hierro que los acompañan con intenso PFE anómalo; y las zonas de mineralización cuprífera que se distribuyen dentro de ellas, indican los valores menos intensos como si estuvieran envueltas por aquéllas.
En el caso del área de interés, la alteración blancuzca que se observa en correlación con la fuerte mineralización de cobre, se distribuye, dentro del área anómala de PFE y trae consigo la zona anómala de la prospección geoquímica. Rodeando esta forma en el lado sur se encuentra el área de alto valor de PFE, indicando la disolución de la zona piritizada. Esto armoniza con el modelo general arriba mencionado.

4.5 EXPLORACION CON PERFORACION

Los 6 pozos perforados en el año 1986 en el área Dominical se describen en la siguiente tabla:

Tabla 9 DATOS DE PERFORACION EN EL AREA DE DOMINICAL

<u>No. Pozo</u>	<u>Coordenadas</u>	<u>Altura s.n.m. en m</u>	<u>Profundidad en m</u>	<u>Dirección</u>	<u>Objetivos</u>
CJM-6	X= 728.494 Y=1027.967	1260	351.5	Vertical	Parte oeste de anomalía geológica y geoquímica. Anomalía débil SIP.
CJM-7	X= 728.400 Y=1027.540	1378	351.0	Vertical	Parte central de anomalía geológica y geoquímica. Anomalía débil SIP.
CJM-8	X= 728.745 Y=1027.390	1325	351.0	Vertical	Parte norte de anomalía geológica y geoquímica. Anomalía débil SIP.
CJM-9	X= 728.200 Y=1028.145	1330	351.2	Vertical	Parte externa al suroeste de la anomalía geológica y geoquímica. Anomalía fuerte SIP.
CJM-10	X= 727.890 Y=1027.736	1420	351.5	Vertical	Parte externa al sur de la anomalía geológica y geoquímica. Anomalía fuerte SIP.
CJM-11	X= 728.250 Y=1027.250	1365	301.5	Vertical	Parte oeste de la anomalía geológica y geoquímica. Anomalía media a fuerte SIP.

Todos los pozos perforados están localizados a una distancia mayor de 300 m para estudiar tanto las anomalías geológicas y geoquímicas así como las geofísicas, las cuales están hacia el sur rodeando las anomalías anteriores.

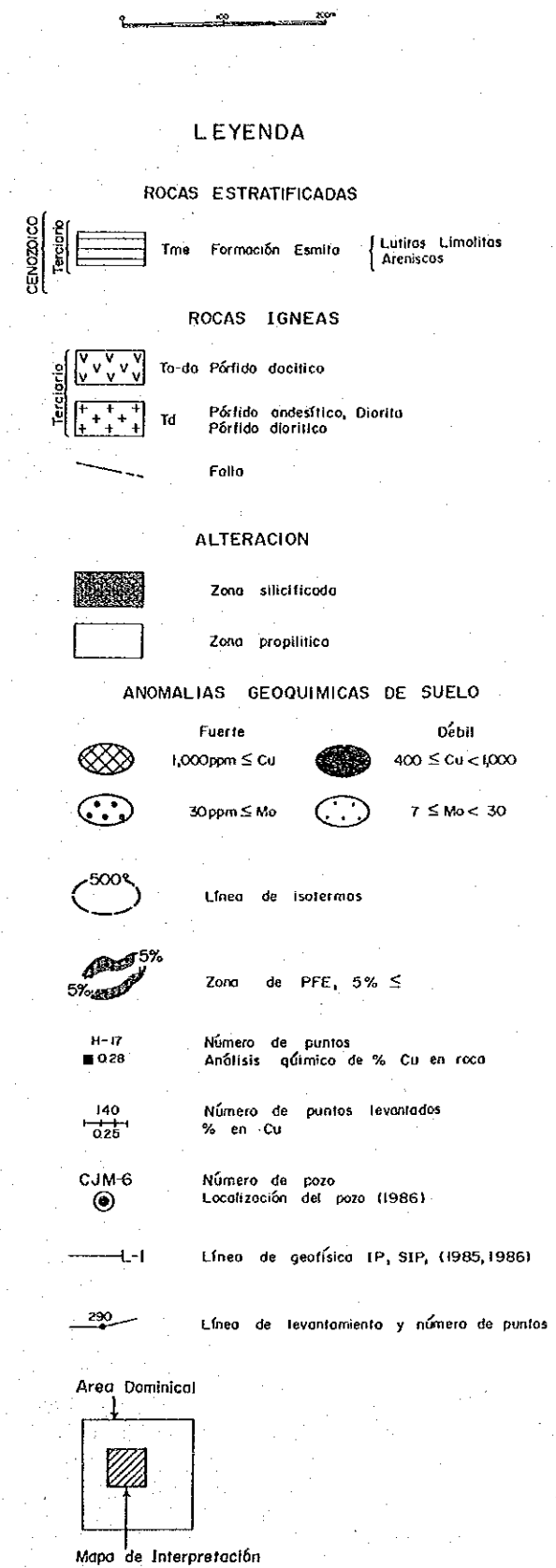
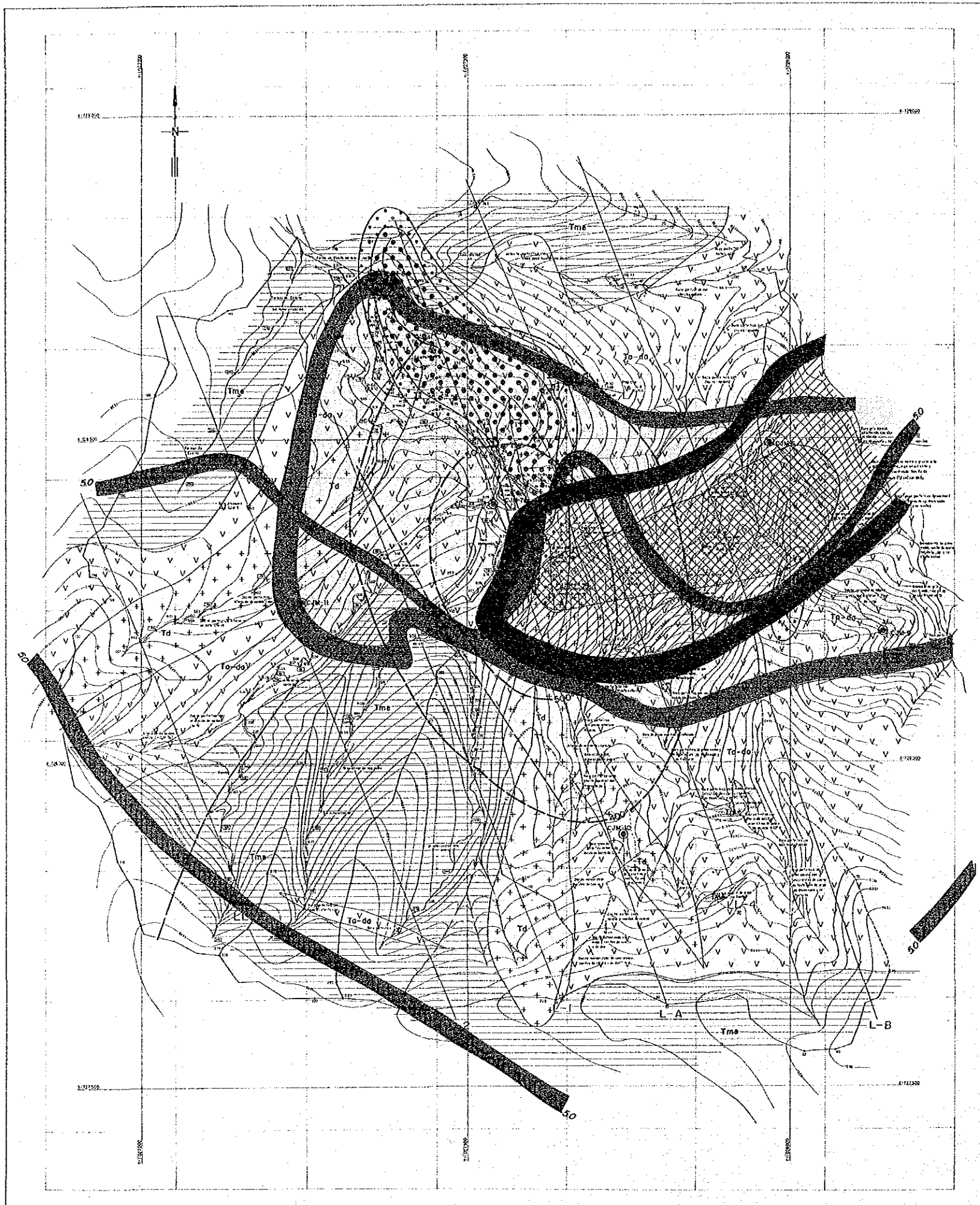


Figura 13 MAPA DE INTERPRETACION AREA DOMINICAL

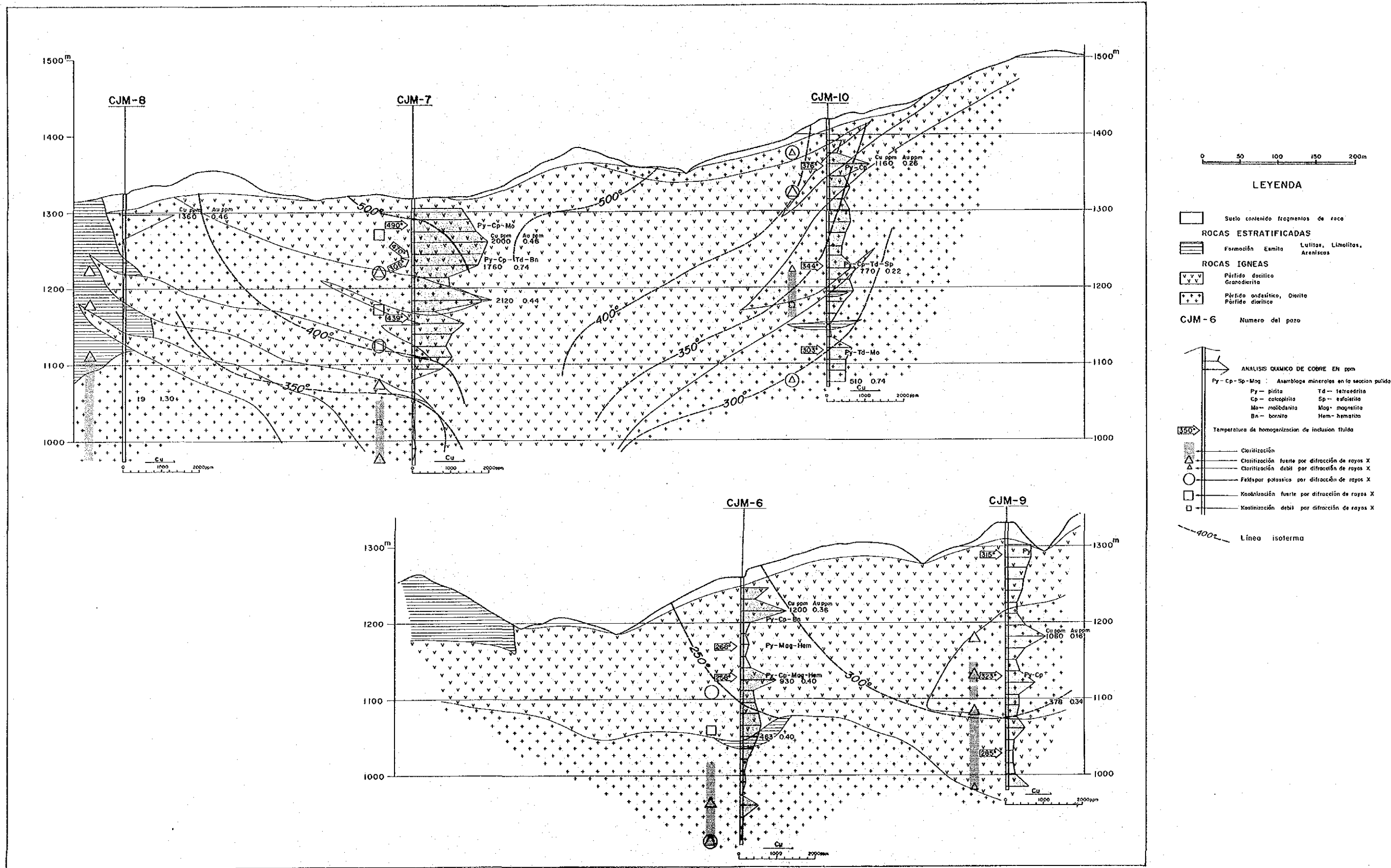


Figura 14-1 SECCIONES GEOLOGICAS GENERALIZADAS

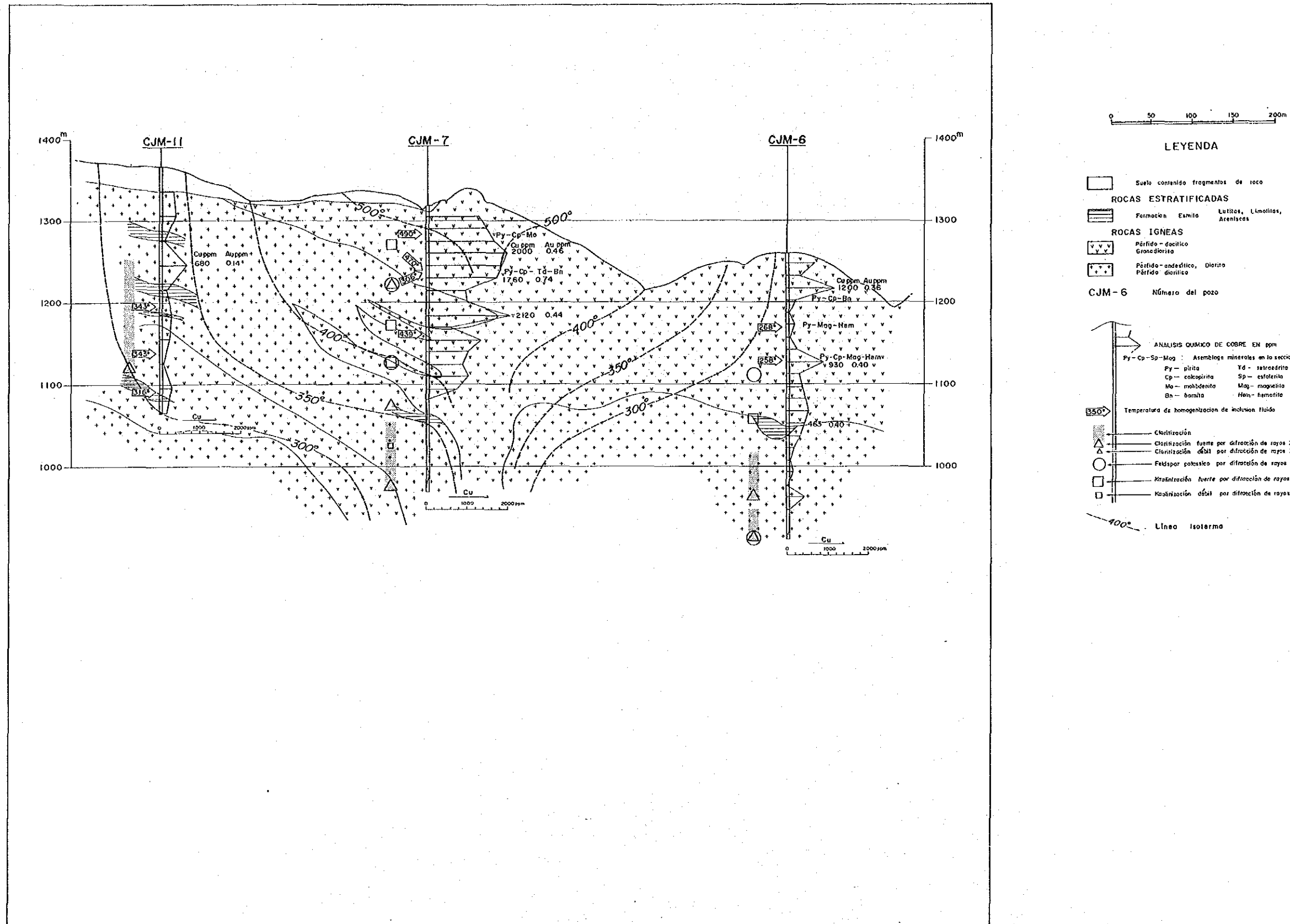


Figura 14-2 SECCIONES GEOLOGICAS GENERALIZADAS

Los pozos CJM-8, CJM-7 y CJM-10 están localizados a lo largo de la línea A del método SIP, mientras que el CJM-9 y el CJM-6 están ubicados 300 y 500 m respectivamente al este de la línea A de SIP, es decir, entre las líneas B y C del método SIP. El pozo CJM-11 está localizado en la parte más oeste de los sitios perforados a lo largo de la línea 2 del método IP.

Los siguientes hechos fueron revelados por los trabajos de perforación y se hizo la interpretación con los siguientes resultados:

1) GEOLOGIA

La geología está compuesta por la Formación Esmita, rocas dacíticas a granodioríticas y andesíticas a dioríticas. La Formación Esmita es Terciaria (Mioceno), compuesta por shales, limolitas, areniscas y conglomerados relativamente finos. Las rocas ígneas, anteriormente mencionadas, intruyen a la Formación Esmita presentando contactos afectados por las altas temperaturas a las profundidades de 103,8 m y 143,8 m en el pozo CJM-8.

Las inter-relaciones entre Da-Gd y And-Di pueden resumirse en la siguiente forma:

- 1) Los cuerpos Da-Gd intruyen a las rocas And-Di a la profundidad de 220,8m en el pozo CJM-10.
- 2) Los cuerpos Da-Gd son intruidos por And-Di a la profundidad de 69,6m en el pozo CJM-10, y
- 3) Existencia de cambios transicionales a las profundidades de 190 m en CJM-11 y 260 m en CJM-9. Bajo el microscopio, tanto Da-Gd como And-Di son muy similares, es decir, ambas asociaciones muestran una textura porfídica y las constituyentes principales son plagioclasa, cuarzo, hornblenda y en menor proporción apatito, zircón y minerales opacos.

Con base en los hechos anteriormente descritos y teniendo en cuenta la relación especial se sugiere que la Da-Gd y And-Di son de origen cognato.

2) ALTERACION

Debido al clima subtropical a tropical, la meteorización en promedio alcanza a penetrar entre 20 y 30 m. dentro de la corteza terrestre. Igualmente debido a la exuberancia de la vegetación así como al gran desarrollo de la capa vegetal fue imposible conocer en detalle la geología del área.

Sin embargo, durante 1986 se perforaron 6 sondeos y se construyeron muchos caminos para transportar equipos y materiales, lo cual facilitó enormemente la observación geológica conjuntamente con los afloramientos del área.

Igualmente, es notable la distribución zonal de la alteración en la roca de caja, el centro de la alteración corresponde a la anomalía geoquímica, la cual fué detectada en la primera fase de la exploración (1984).

El modelo de la alteración está compuesto por: una parte central que coincide con la anomalía geoquímica y está representada por una alteración blanca conformada por silicificación y caolinitización, correspondiendo a una argilización avanzada; ésta a su vez está rodeada por una alteración de color gris verde compuesta por clorita y epidota constituyentes típicos de una alteración propilítica.

De los 6 pozos perforados en esta fase, 4 se perforaron en la zona de alteración argílica avanzada de color blanco y los otros dos sondeos se perforaron en la parte marginal sur de la zona con alteración blanzuca. De estos 6 pozos, en 5 de ellos se estableció que en profundidad se perforó la alteración propilítica.

Se trituraron 27 muestras de rocas ígneas para ser analizadas por rayos x en los cuales se observó lo siguiente; sericita y minerales calcareos son de común observación conjuntamente con cuarzo y plagioclasa, mientras que los minerales máficos son muy escasos. Igualmente, se confirmó la no coexistencia de clorita y caolinita. Así mismo, los análisis de rayos x sugieren que la alteración propilítica es la más desarrollada y abundante, caolinitas muy común en la zona de alteración blanzuca en asociación con cuarzo; mientras que la clorita es el mineral más característico de la circundante alteración propilítica.

3) MINERALIZACION

El tipo de mineralización observado en los pozos de perforación corresponde al tipo porfido cuprífero, sulfuros y óxidos se encuentran diseminados y rellenando diaclasas y están representados por pirita, calcopirita, molibdenita, magnetita y hematita. Bajo el microscopio se observó tetrahedrita a la profundidad de 81 m en el pozo CJM-7, 40,2 m en CJM-9 y a los 196,5 m y 306,5 m del pozo CJM-10; bornita a las profundidades de 46,3 m y 91,8 m del CJM-6, 81,0 m del pozo CJM-7, esfalerita a la profundidad de 46,3 m del CJM-6, a los 40,2 m y 201,0 m del pozo CJM-9 y a los 63,6 m y 196,5 m del pozo CJM-10.

La piritización es común y muy bien desarrollada en cristales euhédricos a anhédricos, diseminada y en agregados, alcanzando su más alta concentración del 5% del volumen de la roca. Calcopirita es menor de 1/10 del volumen de la pirita.

Molibdenita se encuentra siempre en venillas de cuarzo y en menor proporción en la forma de pequeñas partículas asociadas con cristales de pirita y calcopirita.

Los núcleos fueron analizados químicamente para oro, cobre y molibdeno cada 15 o 30 m, cada muestra representó 2 m de longitud. Estos análisis revelaron que el Cu-Mo y el Au-Cu tienen un coeficiente positivo.

Los resultados de los análisis químicos están resumidos en la siguiente tabla 10.

El valor promedio de todas las muestras analizadas son las siguientes: Cu, 0,05%, Au 0,2 gr/t y Mo 0,004% y el tenor más alto en los pozos perforados fue Cu 0,13% y Au 0,33 gr/t desde la superficie hasta la profundidad de 225 m. en el pozo CJM-7. Este último tenor está muy lejos de ser de importancia económica.

4) TEMPERATURA DE HOMOGENIZACION

Se prepararon 19 muestras de venas de cuarzo con minerales de mena con el fin de analizar las temperaturas de homogenización de algunas inclusiones fluidas. Se colectaron 3 muestras de cada pozo a excepción del CJM-7 en donde se recolectaron 4 muestras.

De las 19 muestras 11 de ellas contenían inclusiones polifase tales como: fases sólidas, líquidas y fases gaseosas; 3 muestras contenían las dos fases líquidas y gaseosas y 5 muestras, incluyendo las tres muestras del CJM-8, no contuvieron inclusiones fluidas.

El tamaño de las inclusiones varió de pocas micras hasta 40 μ con un promedio de 12 μ . En los granos de cuarzo fue común observar inclusiones circulares.

Tabla 10 COMPILACION DE ANALISIS QUIMICO DE NUCLEOS DE PERFORACIONES EN EL AREA DE DOMINICAL

Pozo No	Cantidad de muestra	Análisis (ppm)						Nota			
		Cu		Au		Mo					
		Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.				
CJM-6	23	32	1200	341	0.04	0.40	0.18	3	128	26	
CJM-7	23	17	2120	882	0.01	1.10	0.30	6	134	48	0 m ~ 225 m Cu min. max. Prom. 570 2120 1328 Au 0.14 0.74 0.33 exclusion (max.)
CJM-8	11	5	1360	149	0.01	1.30	0.22	2	130	19	Prom. Cu max. (1360) 28 Au max. (1.3) 0.11
CJM-9	22	222	1060	473	0.01	0.34	0.12	9	152	40	
CJM-10	22	100	1160	507	0.08	0.74	0.19	7	121	42	
CJM-11	10	100	680	286	0.06	0.24	0.13	5	23	12	
Total	111	5	2120	488	0.01	1.30	0.20	2	152	35	

La medición de la temperatura de homogenización, la cual en este informe se expresa por la desaparición de la fase gaseosa, varía entre 258°C y un poco más de 490°C, la temperatura promedio, excluyendo las temperaturas mayores de 490°C fue de 390°C.

Las inclusiones fluidas de los sondeos mostraron rasgos característicos de las mineralizaciones del tipo pórfido cuprífero tales como: 1) Alta salinidad de los líquidos hidrotermales mineralizantes produciendo gran cantidad de cristales de sal. 2) relativamente alta temperatura de homogenización 3) los líquidos formadoro de mena podrían haber alcanzado su estado de ebullición porque en una sección delgada se observó una inclusión polifase coexistiendo con una inclusión de dos fases sugiriendo estados inmiscibles de líquidos fumadores de menas.

La distribución de la temperatura de homogenización confirmó la forma de hongo de la alteración en donde las temperaturas son más altas en la parte más someras o cercanas a la superficie. Este modelo inverso de la temperatura coincide con el modelo de alteración, es decir, en la parte superior, la zona blanquizca de alteración cambia a la alteración propilítica marginal en la parte más inferior.

5) ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA MINERALIZACION EN RELACION CON LOS RESULTADOS DE LA EXPLORACION GEOFISICA

El modelo de la distribución horizontal de PFE (Efectos de Frecuencia) revelado por la exploración geofísica mediante los métodos SIP e IP es bastante armonico con el área geoquímicamente anómala. La zona de valores anómalos medios de PFE coincide con el área de anomalía geoguímica, la cual está circundada en su mitad sur por la zona con los valores más altos de PFE.

En general, cualquier depósito de pórfido cuprífero está rodeado por una zona de alta concentración de pirita la cual produjo una forma de "media luna" con la distribución de PFE. La forma de "media Luna" de PFE en esta región fue ocasionada por la erosión de su mitad norte. El hecho que el área mineralizada haya sufrido una fuerte erosión se presume por los siguientes observaciones: 1) La zonación de la alteración cambia de silicificación y caolinitización (argilica avanzada) en su parte superior o alteración propilítica en las zonas más profundas y 2) La temperatura de homogenización es más alta en su parte superficial.

5. AREA DE CERRO NEGRO

5.1 GEOLOGIA

La geología está constituida, en forma ascendente, de más antigua a más moderna, por rocas Paleozoicas metamórficas (Pzm), Mesozoico no diferenciado (Kvs), Formación Esmita (Tme) y cenizas volcánicas cuaternarias (Qc). Como rocas intrusivas se observan cuarzodioritas y/o granodioritas 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.

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 algunas 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 escasas plagioclasa, andalucita y minerales opacos.

Las texturas originadas por metamorfismo cataclástico son como texturas hojosas.

Mesozoico no diferenciado (Kvs). Estas rocas se localizan en la 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 observada en el campo, este contacto presenta todas las características de ser fallado.

Formación Esmita (Tma). 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 con glomerados. 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 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, sin embargo en la mayoría de los casos no son cartografiables. En muchas oportunidades tuvieron que ser evitadas 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 orto 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 x 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) 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 asignada para explorar. La superficie del cuerpo intrusivo es un poco más de 2 x 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 costras limoníticas como producto de la lixiviación de los minerales metálicos. El intrusivo andesítico está diseminado formando parte de diques de apófisis dacíticos o andesíticos.

5.2 MINERALIZACION

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 buscar 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.

5.3 EXPLORACION 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 localización de áreas anómalas serán descritas como sigue.

SELECCION Y LOCALIZACION DE AREAS ANOMALAS

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

Anomalía 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 de interés. La anomalía es esencialmente de molibdeno corresponde a 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 este han sido definidos. Por todo lo anterior se recomienda incrementar mucho más la investigación detallada en esta región.

Anomalía No. 2 Esta es una zona anómala para plomo y molibdeno, localizada en la parte norte central del área investigada. 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.

Anomalía No. 3 La zona anómala para plomo y cromo se localiza a lo largo de la quebrada Medellín en la región este del área estudiada. La anomalía se extiende 2.5 Km en dirección N-S a lo largo del río samangoy 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.

Anomalía No. 4 Anomalía geoquímica de plomo con cantidades subordinadas de zinc, molibdeno y corbe localizada a lo largo de un camino de herradura cerca a la parte este central del área trabajada. 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.

Anomalía 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 molibdentita exhibiendo una alteración hidrotermal muy débil.

Anomalía 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.

Anomalía 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 investigada. 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.

Anomalía No. 8 Esta anomalía también es de plata y se localiza en la cordillera con dirección N-S en el centro del área trabajada. 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.

Anomalía 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 anomalía está localizada concretamente en la mitad entre las anomalías 6 y 8. Existe la posibilidad de encontrar en esta área mineralizaciones del tipo filoniano.

5.4 DISCUSION

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 afloramientos, porque la muestra NSR-33 tiene alto contenido de Au (9.0 gr/t).

6. AREA DE LA MEDINA

6.1 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. (Figura 17)

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 olivino y mineral opaco y los minerales alterados de clorita, epidota, albita y ceolita.

Formación Mosquera. Esta secuencia sedimentaria suprayace discordantemente a 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 trabajada 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 pobre a casi nulas. Esta dacita porfídica contiene pequeños cuerpos de diabasa 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 doblado hacia arriba por la intrusión de la roca hipoabisal, lo cual confirma que estos cuerpos son muy recientes.

6.2 MINERALIZACION

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 de la cristalización.

6.3 EXPLORACION GEOQUIMICA

La descripción se omite porque ya está mencionada anteriormente en 4.2 igual que en la de 5.3. Unicamente se describirá sobre las áreas anómalas que fueron seleccionadas.

SELECTION Y LOCALIZACION DE AREAS AMONALAS

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, presentan 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.

6.4 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.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Trece(13) promisorias áreas potenciales de mineral fueron seleccionadas por medio de la compilación de los datos previos a la exploración en el área de Almaguer.

Dentro de esas áreas, cuatro(4) de más potencial se seleccionaron para los sitios del actual trabajo de campo.

Como resultado del estudio, esas indicaciones de mineral en Piedra Sentada y Dominical fueron explorados por perforación y exhiben los siguientes hechos:

1) Ambas áreas de mineralización presentan las mismas características del tipo pórfido cuprífero, aunque también de bajo grado para ser económico.

2) La forma de la mineralización esta clarificada con una cierta extensión, que es, "ore bringer" el cual es un pequeño tipo de lacolito de roca intrusiva en el caso de Piedra Sentada; mientras la actividad de erosión trabajada fuertemente, en el caso de Dominical.

Potencialmente encontrar depositos minerales de caracter económico es más bien escasa.

Se descubrio después de las investigaciones geológicas y geoquímicas que las indicaciones superficiales son débiles en el área de Cerro Negro así que las dos áreas mencionadas anteriormente, subseguentemente fueron suspendidas después de los trabajos de exploración.

El área de La Medina fue explorada con el proposito de chequear las zonas anómalas de Ni-Cr y fue encontrada la anomalía que refleja la distribución de ofiolitas las cuales contienen mucho Ni-Cr en los constituyentes minerales de la roca huesped.

Como una conclusion, mineralizaciones fuertes no fueron descubiertas, aunque gran cantidad de información sobre la geología de minas fue obtenida, en el área de Almaguer.

7.2 RECOMENDACIONES

Tácticas de exploración aplicadas en el campo son completamente efectivas para el delineamiento de áreas a prospectar y para el juzgamiento de importancia económica del Proyecto.

Usando la misma estrategia con avanzada y refinadas técnicas de exploración, se deseará desafiar el descubrimiento de depositos minerales en las áreas no exploradas.

REFERENCIAS

- CASE, J.E., BARNES, J., PARIS, G., GONZALEZ, H., y VINA, 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.
- Chakrabarti, A.K. and Durango, J.M. (1979)
Observations on A Porphyry Copper Prospect in Choco, Western Colombia ECONOMIC GEOLOGY, 1979 pp. 1687 - 1692.
- EASTOE C.J. and EADINGTON P.J. (1986)
High-Temperature Fluid Inclusions and the Role of the Biotite Granodiorite in Mineralization at the Panguna Porphyry Copper Deposit, Bougainville, Papua New Guinea. Economic Geology Vol. 81, 1986, pp. 478-483.
- ESPINOSA, A., 1980.- Sur les roches basiques et ultrabasiques du pasin 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.
- Guilbert, J.M. and Lowell, J.D. (1974)
Variations in Zoning Patterns in Porphyry Ore Deposits CIM Bulletin, February 1974 pp. 99 - 109.
- Gustafson, L.B. and Hunt, J.P. (1975)
The Porphyry Copper Deposit at El Salvador, Chile ECONOMIC GEOLOGY VOL. 70, 1975, pp. 857 - 912.
- Hollister, V.F. Anzalone, S.A. and Richter, D.H. (1975)
GEOLOGY OF MINERAL DEPOSITS
Porphyry Copper Deposits of Southern Alaska and Contiguous Yukon Territory
CIM Bulletin, April, 1975 pp. 104 - 112.

- 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.- L'exique stratigraphique international. America Latine. Vol. V, fascículo 4 a, p. 47-58.
- 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.
- Kesler, S.E. Sutter, J.F. Issigonis, M.J. Jones, L.M. and Walker, R.L. (1977)
Evolution of Porphyry Copper Mineralization in an Oceanic Island Arc: Panama
ECONOMIC GEOLOGY VOL. 72, 1977, pp. 1142 - 1153.
- KURODA, N., y PARIS, G., 1978.- Petrographical notes on some dacites and andesites of Purace vulcano. 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.- Clizas 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.
- NAGANO K., TAKENOUCI S., IMAI H., and SHOJI T. (1977)- Fluid Inclusion Study of the Mamut Porphyry Copper Deposit, Sabah, Malaysia. Mining Geology, 27, 201 - 212, 1977.
- 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., 1950.- Bolivar Geosyncline of Northwestern South America. Am. Assoc. Petr. Geol. Bull., V. 34, No. 10, p. 1998-2006.
- NUNEZ, 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).
- ORDENEZ, 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).
- ORDENEZ, 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 0-5 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 Internacional 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 0-5, 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.

- SHAVER S.A. (1986)
Elemental Dispersion Associated with Alteration and Mineralization at the Hall (Nevada Moly) Quartz Monzonite-Type Porphyry Molybdenum Deposit, with a Section on Comparison of Dispersion Patterns with those from CLimax-Type Deposits
Journal of Geochemical Exploration, 25 (1986) 81-98 Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam-Printed in The Netherlands.
- 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
- Sillitoe, R.H. and Bonham, H.F. (1984)
Volcanic Landforms and Ore Deposits
ECONOMIC GEOLOGY VOL. 79, 1984, pp. 1286 - 1298.
- 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.
- TAKENOUCI S. (1978)
Fluid Inclusions and Ore-forming Fluids of Porphyry Copper Deposits. (Mining Geology), 28, 117-130, 1978.
- TAKENOUCI S. (1980)
Preliminary Studies on Fluid Inclusions of the Santo Tomas II (Philex) and Tapian (Marcopper) Porphyry Copper Deposits in the Philippines
Reprinted from Grantic Magmatism and Related Mineralization (S. ISHIHARA and S. TAKENOUCI, editors)
Mining Geology Special Issue, No. 8, 1980 Published by The Society of Mining Geologists of Japan Nihon Kogyo-Kaikan Bldg., Ginza 8-5-4, Chuo-ku, Tokyo 104 Japan.
- THEODORE T.G., HOWE S.S., BLAKE D.W. and WOTRUBA P.R. (1986)
Geochemical and Fluid Zonation in the Skarn Environment at the Tomboy-Minnie Gold Deposits, Lander Country, Nevada.
Journal of Geochemical Exploration, 25 (1986) 99-128
Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam-Printed in The Netherlands.
- Titley, S.R. (1975)
Geological Characteristics and Environment of Some Porphyry Copper Occurrences in the Southwestern Pacific
ECONOMIC GEOLOGY VOL. 70, 1975, pp. 499 - 514.
- 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.

