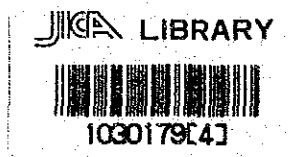


100-100000-100000

INFORME FINAL
SOBRE EXPLORACION DE MINERALES
DEL AREA DE ALMAGUER
DEPARTAMENTO DE CAUCA
REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSOLIDACION DE
FASE I, FASE II y FASE III



16214

MARZO 1987

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN

国際協力事業団		
設立 年月日	'87. 4. 24	705
登録No.	16214	66.1
		MPN

PROLOGO

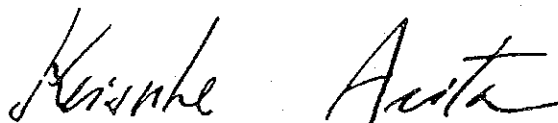
En respuesta a los requerimientos del gobierno de la República de Colombia, el gobierno del Japón decidió realizar el desarrollo de la exploración de minerales en Almaguer Cauca, localizado en el sur-occidente colombiano y encargó de tal investigación a "Japan International Cooperation Agency" (JICA), la cual encargo esos trabajos de investigación a "Metal Mining Agency of Japan" (MMAJ), debido a que la investigación se refiere a un campo especial de la geología en la investigación de recursos minerales.

La investigación empezó en 1984 y gracias a la cooperación del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (INGEOMINAS), que es una agencia relativa al gobierno de la República de Colombia, se ha cumplido el programa según se había planeado.

En este informe se han recogido y ordenado los resultados de las investigaciones de tres años, desde 1984 hasta 1986.

Finalmente queremos expresar nuestro agradecimiento por la cooperación, a las agencias relativas al Gobierno de la República de Colombia, al "Ministry of Foreign Affairs", "Ministry of International Trade and Industry", así como también a la Embajada del Japón en Colombia y a todo el personal de las compañías concernientes a esta investigación.

Febrero, 1987



KEISUKE ARITA

Presidente
Japan International
Cooperation Agency



JUNICHIRO SATO

Presidente
Metal Mining Agency of Japan

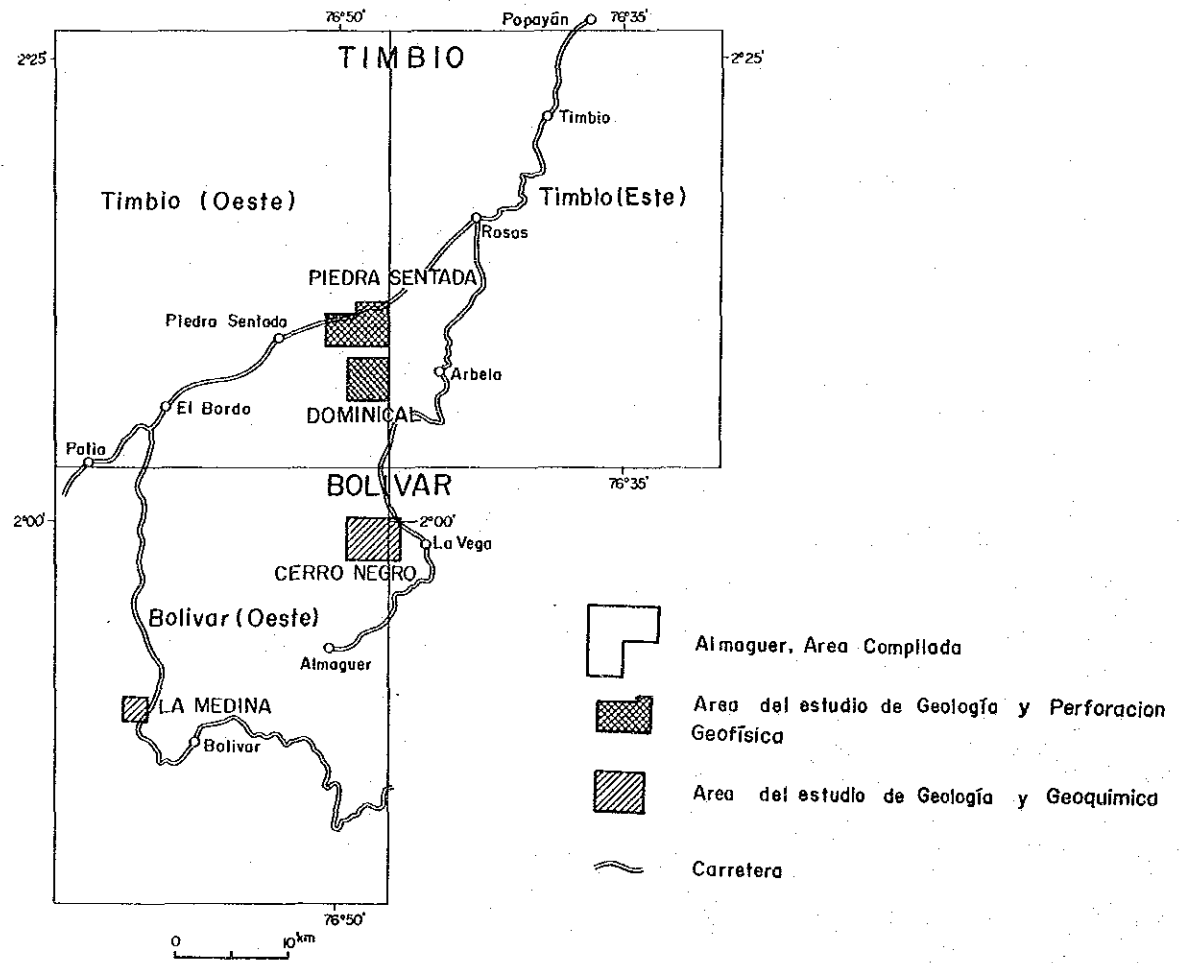
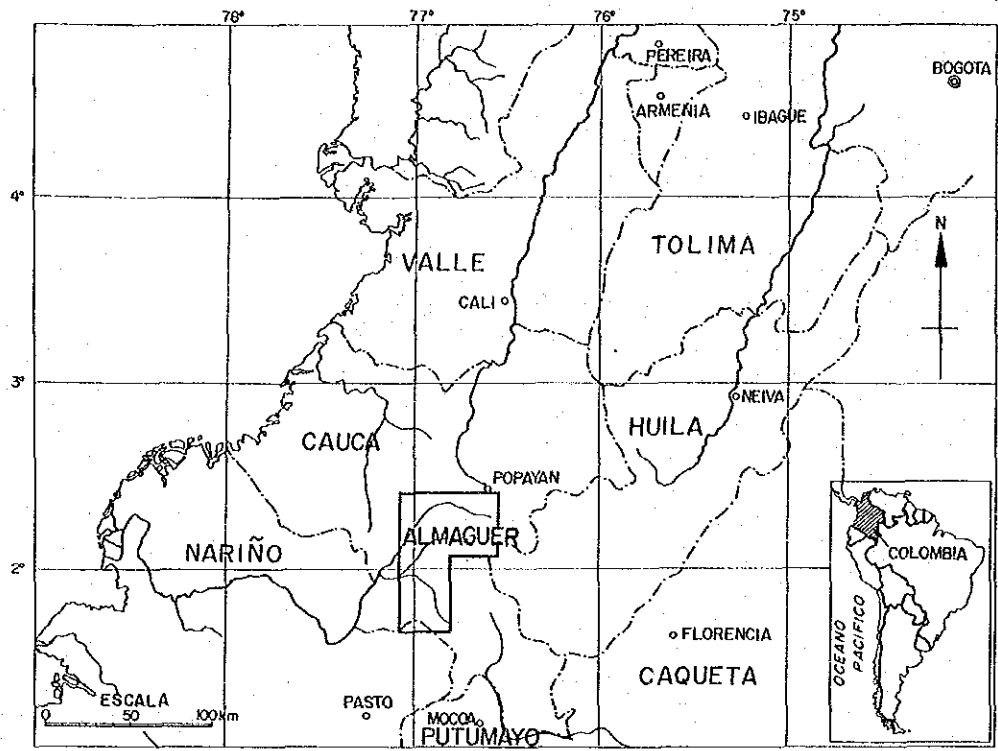


Figura I MAPA DE UBICACION

RESUMEN

Este consolidado informe se refiere a la exploración mineral en el área de Almaguer, la cual esta localizada en la parte sur del Departamento del Cauca, Republica del Colombia a través del Convenio Colombo-Japonés, el cual tuvo una duración de tres (3) años, de 1984 a 1986.

Durante la primera fase (1984), se realizó la selección de áreas promisorias para depositos minerales a través de la compilación y estudio de los trabajos previos de exploración.

Trece (13) áreas con potencial mineral fueron seleccionadas, cuatro (4) de las cuales muestran anomalías geoquímicas de Cobre-Molibdeno, que contienen cuerpos intrusivos acidos; seis (6) de ellas que exhiben anomalías geoquímicas en Niquel - Cromo ocupando afloramientos y las tres (3) resantes con anomalías de (Plomo-Zinc), (cobre-Niquel) y (Plata-Molibdeno) respectivamente.

En las áreas de características anómalas, fueron realizadas investigaciones geológicas, geoquímicas y geofísicas de campo y con base en ello, se seleccionaron para su estudio en detalle, cuatro (4) áreas, tres de las cuales resultaron con anomalías de Cobre-Molibdeno y una (1) área anómala para Niquel-Cromo.

Como resultado de los estudios, se encontró que ambas áreas, la de Piedra Sentada y Dominical pueden ser consideradas como una mineralización de tipo "Pórfido Cuprífero". El área de Cerro Negro es de ese mismo tipo de mineralización, pero con características muy débiles.

Al mismo tiempo se encontró que las anomalías geoquímicas de Niquel-Cromo en el área de la Medina coincidían con la distribución de ofiolitas, pero depósitos minerales no fueron encontrados.

En la segunda fase (1985), fueron ejecutados en el área de Dominical los métodos de Polarización Inducida (IP) y SIP, al mismo tiempo que se realizaban los trabajos de perforación en Piedra Sentada, con el fin de probar la existencia del depósito de "Pórfido Cuprífero".

Como resultado de la investigación, las posibilidades de encontrar un depósito de "Pórfido Cuprífero" en el área de Dominical se acrecentó, debido a que la anomalía encontrada por métodos Geofísicos estaba alrededor del área de anomalía geoquímica y al mismo tiempo en el centro de la zona de alteración geológica.

De otra parte se encontró que la mineralización de Piedra Sentada es del tipo "Pórfido Cuprífero" de bajo grado, dentro de un pequeño lacolito formado por el cuerpo intrusivo. Trabajos geofísicos suplementarios y seis (6) pozos de perforación fueron ejecutados en el área de Dominical durante la tercera fase, en 1986.

Como resultado, en el área la mineralización que fue encontrado es Oro con 0.33g/t y Cobre 0.13% en sus mejores partes, mostrando mayores valores en mineralización de Oro que Cobre, pero esto está aún por debajo del valor comercial.

La indicación mineral es indudablemente del tipo "Pórfido Cuprífero" mostrado por el modelo zonal de alteración y la investigación de las inclusiones fluidas.

La mineralización del área pudo ser removida de su mejor zona, por una actividad erosional, especialmente en su mitad Norte.

CONTENIDO

PROLOGO	
MAPA DE UBICACION	
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
1.1 EXPLICACION DE LA INVESTIGACION	1
1.2 INVESTIGACIONES ANTERIORES	6
1.3 AREA DE TRABAJO	6
2. AREA DE ALMAGUER	7
2.1 RESUMEN DE LA INVESTIGACION	7
2.2 GEOLOGIA GENERAL	7
2.3 RECOPIACION DE DATOS GEOQUIMICOS	15
3. AREA DE PIEDRA SENTADA	23
3.1 GEOLOGIA	23
3.2 ESTRUCTURA GEOLOGICA	24
3.3 MINERALIZACION	24
3.4 EXPLORACION GEOFISICA	30
3.5 EXPLORACION CON PERFORACION	31
4. AREA DE DOMINICAL	41
4.1 GEOLOGIA Y ESTRUCTURA GEOLOGICA	41
4.2 MINERALIZACION	41
4.3 EXPLORACION GEOQUIMICA	45
4.4 EXPLORACION GEOFISICA	47
4.5 EXPLORACION CON PERFORACION	52
5. AREA DE CERRO NEGRO	63
5.1 GEOLOGIA	63
5.2 MINERALIZACION	66
5.3 EXPLORACION GEOQUIMICA	67
5.4 DISCUSION	68
6. AREA DE LA MEDINA	69
6.1 GEOLOGIA	69
6.2 MINERALIZACION	69
6.3 EXPLORACION GEOQUIMICA	71
6.4 DISCUSION	71
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
7.1 CONCLUSIONES	72
7.2 RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS	73

FIGURAS

- Figura 1 MAPA DE UBICACION
- Figura 2 MAPA GEOLOGICO ALMAGUER
- Figura 3 CORTES GEOLOGICOS AA', BB' Y CC' ALMAGUER
- Figura 4 COLUMNA ESTRATIGRAFICA ESQUEMATIZADA DEL AREA ALMAGUER
- Figura 5 RESULTADO DE LA EXPLORACION GEOQUIMICA AREA ALMAGUER
- Figura 6 MAPA DE GEOLOGIA Y RESULTADO DE LA EXPLORACION GEOFISICA AREA PIEDRA SENTADA
- Figura 7 CORTES GEOLOGICOS AA' Y BB' PIEDRA SENTADA
- Figura 8 MAPA DE INTERPRETACION AREA PIEDRA SENTADA
- Figura 9 SECCION GEOLOGICA GENERALIZADA
- Figura 10 MAPA GEOLOGICO Y ANOMALIAS DE GEOQUIMICAS DOMINICAL
- Figura 11 CORTES GEOLOGICOS AA' Y BB' DOMINICAL
- Figura 12 RESULTADO DE LA EXPLORACION GEOFISICA AREA DOMINICAL
- Figura 13 MAPA DE INTERPRETACION AREA DOMINICAL
- Figura 14 SECCION GEOLOGIA GENERALIZADA
- Figura 15 MAPA GEOLOGICO Y ANOMALIAS DE GEOQUIMICAS CERRO NEGRO
- Figura 16 CORTE GEOLOGICO AA' CERRO NEGRO
- Figura 17 MAPA GEOLOGICO, ANOMALIAS DE GEOQUIMICAS Y CORTE GEOLOGICO AA' LA MEDINA

TABLA

Tabla 1	AREA Y METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION
Tabla 2	DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SELECCION DE LOS AREAS DE INTERES
Tabla 3	PARTICIPANTES DE LA MISION
Tabla 4	ESTADIGRAFOS DE SEDIMENTOS ACTIVOS EN EL AREA DE ALMAGUER
Tabla 5	ANOMALIAS GEOQUIMICAS DE ALMAGUER
Tabla 6	DATOS DE PERFORACION EN EL AREA DE PIEDRA SENTADA
Tabla 7	COMPILACION DE ANALISIS QUIMICO DE NUCLEOS DE PERFORACIONES EN EL AREA DE PIEDRA SENTADA
Tabla 8	ESTADIGRAFOS DE SUELO EN EL AREA DE ALMAGUER
Tabla 9	DATOS DE PERFORACION EN EL AREA DE DOMINICAL
Tabla 10	COMPILACION DE ANALISIS QUIMICO DE NUCLEOS DE PERFORACIONES EN EL AREA DE DOMINICAL

1 INTRODUCCION

1.1 EXPLICACION DE LA INVESTIGACION

1.1.1 OBJETIVO

El objetivo primordial de esta investigación es el de clarificar su geología, sus estructuras geológicas y prospectar su potencialidad minera, empleando los métodos de geoquímica, geofísica y perforación.

1.1.2 AREA INVESTIGADA Y METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

El área de Almaguer está situada al sur-oeste de la República de Colombia y políticamente ocupa un área de los municipios de Almaguer, Bolívar, El Bordo y La Sierra en el Departamento del Cauca.

La investigación empezó en 1984 y continuó durante tres años hasta finales de 1986, con la cooperación técnica Colombo-japonesa en los estudios de exploración minera.

La metodología y el contenido de la investigación para cada área, se indica en tabla 1 y el proceso de selección de las áreas de interés se muestra en tabla 2.

1.2.3 MIEMBROS DE LA INVESTIGACION

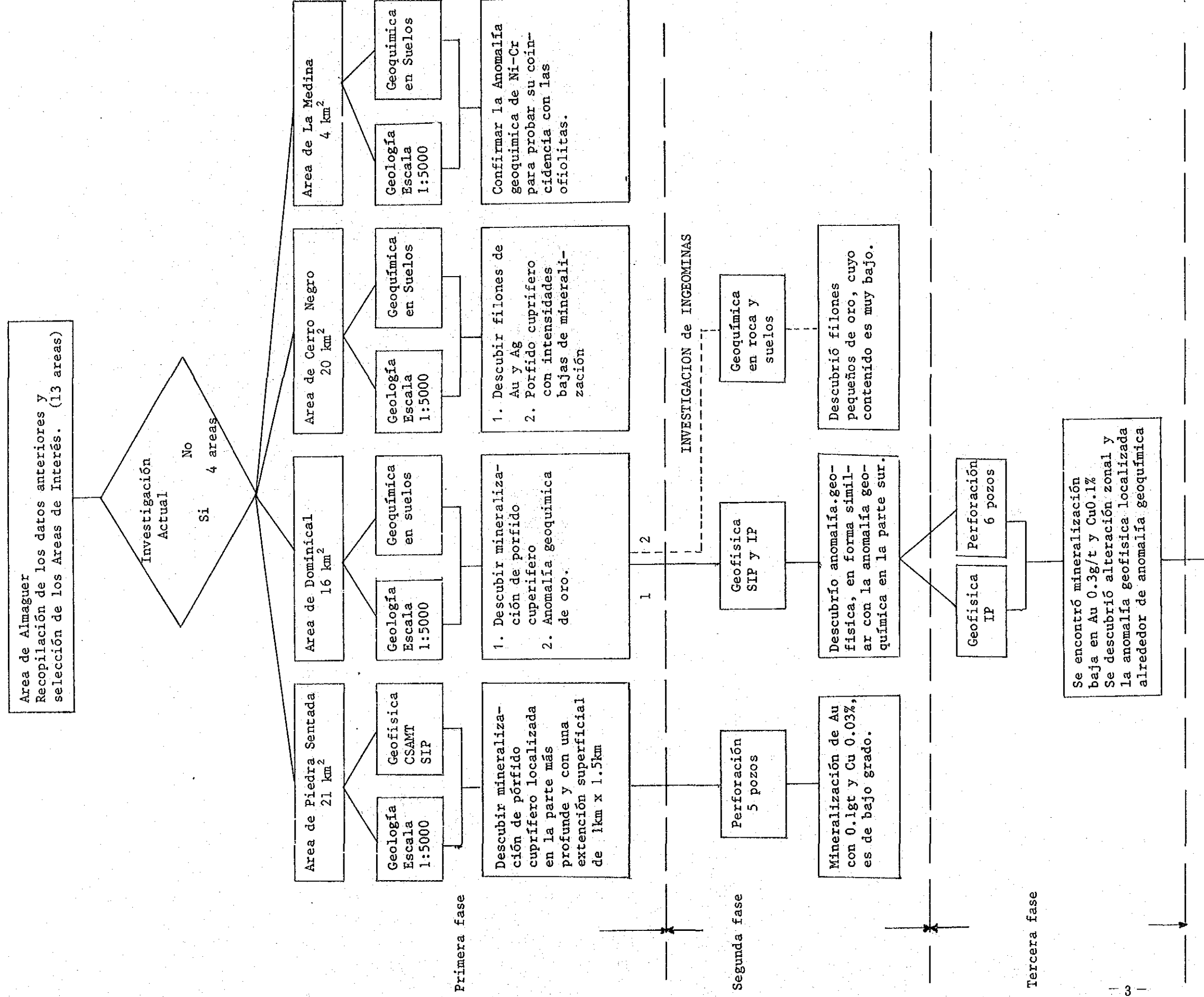
Los trabajos de campo e interpretación de los datos obtenidos, fueron efectuados por Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd, con la gran colaboración del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (INGEOMINAS).

El personal participante en la investigación se muestra en la tabla 3.

Tabla 1 AREA Y METODOLOGIA DE LA INVESTIGATION

Metodología	Area	Fase I (1984)	Fase II (1985)	Fase III (1986)	Notas
Recopilación	Almaguer	3600 km ² 4038 muestras			Muestras de sedimentos activos Elementos investigados; Au, Ag, Cu Pb, Zn, Mo, Ni y Cr
Geología	Escala 1:5000 Piedra Sentada Dominical Cerro Negro La Medina	21 km ² 16 " 20 " 4 "			
Exploración	Geoquímica Dominical Cerro Negro La Medina	205 muestras 256 " 53 "			Muestras de suelo, elementos analizados; Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Ni, y Cr
Exploración	Geofísica Piedra Sentada Dominical	{ CSAMT 21 km ² SIP 3.2 km	{ SIP 6 km IP 6 km	IP 12 km	
Perforación	Piedra Sentada Dominical		5 pozos 1.656,6m	6 pozos 2.057,7m	Vertical 3 pozos de 350m, 2 pozos de 300m Vertical 5 pozos de 350m, 1 poso de 300 m

Tabla 2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SELECCION DE LOS AREAS DE INTERES



Podría usarse esta experiencia para otros proyectos en el futuro.

Tabla 3 PARTICIPANTES DE LA MISION

Trabajo encargada	Fase I (1984)	Fase II (1985)	Fase III (1986)
° Convenio y Coordinación JAPON	Kaoru Honjyo Masatoshi Kitajima Toshio Sakasegawa Masahiro Fure Yoshitaka Hosoi Yasuo Endo	Takshi Kamiki Yasuo Endo	Thoru Miura Hideyuki Ueda
° Convenio y Coordinación COLOMBIA	Jorge Juis Ordoñez Nohora Bateman Duran Alfonso López Reyna Raul Duran Rodriguez Humberto Ratiño Germán Conteras	Raul Duran Rodriguez Luis Jaramillo C.	Alberto Lobo-Guerrero Raul Duran Rodriguez
° Trabajos en el Campo JAPON (jefe) (geología) (geofísica) (Perforación)	Yoshihiro Nagumo Nobuo Saito Shinichi Doi Shigezo Inuzuka Takashi Suzuki Tomio Tanaka Masatane Kato	Yoshihiro Nagumo Fukujiro Miyoshi Tsugio Ishikawa Akira Egawa Nobuhiko Yamamoto Hisashi Shimizu Yoshinobu Sato	Yoshihiro Magumo Fukujiro Moyoshi Tsugio Ishikawa Akira Egawa Nobuhiko Yamamoto Hisashi Shimizu Hiromi Horishita
° Trabajos en el Campo COLOMBIA (jefe) (geología) (geofísica)	Pedro A. Marín Dario Mosquera Rosalba Salinas Oscar Pulido Clemente Ropain Miguel Garzón	Pedro A. Marín Alfonso Arias Héctor Castro Clemente Ropain Miguel Garzón	Pedro A. Marín Alfonso Arias Oscar Pulido Arturo Bermudez

1.2 INVESTIGACIONES ANTERIORES

El área fue conocida antes de la invasión de los Españoles, como un área productora de oro. Los registros de esa actividad minera no están disponibles, puesto que esto se realizó por medios muy primitivos.

En 1970, el Ingeominas - Popayán comenzó la cartografía geológica y recolección de información acerca de los depositos minerales de esa región de Colombia. La principal bibliografía utilizada, es la de Marulanda (1976, 1978), Pérez (1980), Páris, Marín et al (198), Orrego et al (1984).

Marulanda reportó muchas indicaciones minerales en el centro del área de Almaguer en la realización de los trabajos exploratorios de geología y geoquímica. Pérez, discutió sobre la historia geotéctonica en relación con la teoría de las placas tectónicas.

Páris y Marín, han complicado la geología del Departamento del Cauca y han producido un mapa geológico con leyenda explicatoria.

Orrego, ha trabajado en la parte media del norte del área de Almaguer con descripciones geológicas detalladas.

1.3 AREA DE TRABAJO

1.3.1 LOCALIZACIONES Y ACCESO

El área de Almaguer está localizada al suroeste de Popayán, que es la capital del Departamento del Cauca y el área de estudio ocupa los mapas topográficos No. 364 de Timbío y la parte oeste de Bolívar No. 387 a la escala 1:100,000.

Las siguientes cuatro (4) áreas seleccionadas en la primera fase para los trabajos de campo son:

Area de Piedra Sentada	21 km ²	dentro del mapa de Timbío
Area de Dominical	16 km ²	dentro del mapa de Timbío
Area de Cerro Negro	20 km ²	dentro del mapa de Bolívar
Area de La Medina	4 km ²	dentro del mapa de Bolívar

El acceso al área de trabajo es bastante bueno. La carretera Panamericana saliendo de Popayán, cruza el caserío de Piedra Sentada a escasos minutos de la parte central del área de interés.

Igualmente, esta zona está cruzada por una carretera secundaria de penetración que comunica a la Depresión, con La Sierra. Las áreas de Dominical y Cerro Negro están situadas a escasos kilómetros de la carretera no pavimentada que conecta los municipios de La Vega y La Sierra, con Popayán. Igualmente sucede en la zona de La Medina, la cual está localizada muy cerca de la carretera que vá del Bordo a Bolívar. Por consiguiente, a excepción de Piedra Sentada, el transporte a las zonas de interés, tuvo que realizarse esencialmente a pie y a caballo.

1.3.2 CIRCUNSTANCIAS

Las áreas de estudios, están localizadas dentro de la cuenca del Patía y en flanco oeste de la Cordillera Central; alcanzando alturas que van desde los 1.100 m en Piedra Sentada a 3.400 m en el área de Cerro Negro.

Las industrias mayores en el área, son la agricultura y la ganadería; los casas y caserios estan bastante aislados unos de otros. La precipitación está entre 1.200 y 1.600 mm y los rangos de temperatura varían de 15° a 26° centigrados.

2 AREA DE ALMAGUER

2.1 RESUMEN DE LA INVESTIGACION

2.1.1 OBJETIVO

El objetivo fue elegir las áreas mineralizadas y alteradas recopilando los datos geológicos anteriores, realizando interpretaciones geoquímicas, y examinando los datos geológicos y geoquímicos totalmente.

2.1.2 EXTENSION DE LA INVESTIGACION

El área de interés se denomina área Almaguer y está localizada en el sur del Departamento de Cauca, República de Colombia. (Figura 1).

El área de Almaguer tiene una superficie de 3,600 km² y está ubicada en las planchas topográficas, escala 1:100.000 No 364-Timbío y mitad oeste de plancha No 387-Bolívar.

2.1.3 PRESENTACION DE DATOS

Los datos que tratan sobre la geología del área, se encuentran basados en los datos obtenidos de París y Marulanda (1976); París, Orrego, y López (1979) Orrego, al., (1984).

Los datos fueron trazados en las planchas topográficas, escala 1:50.000.

Los datos que tratan sobre la geoquímica, están basados en los análisis de los valores de sedimentos activos coleccionados por Ingeominas, Popayán desde 1972 hasta 1981.

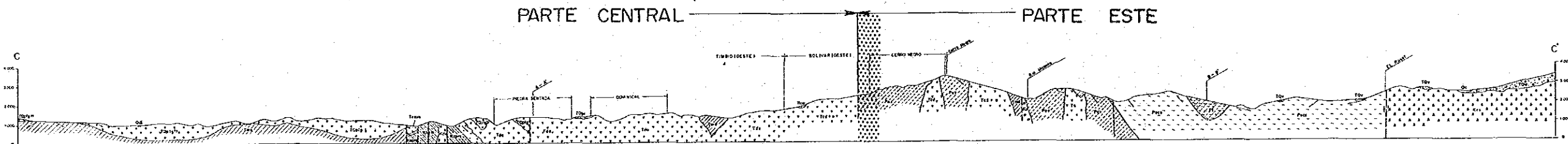
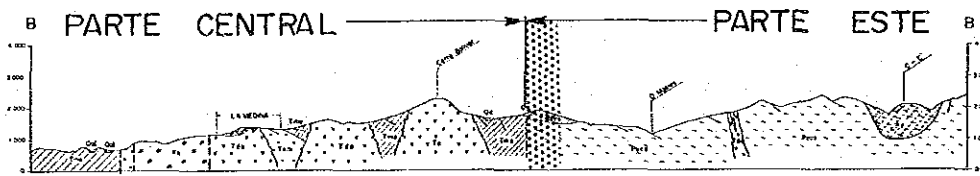
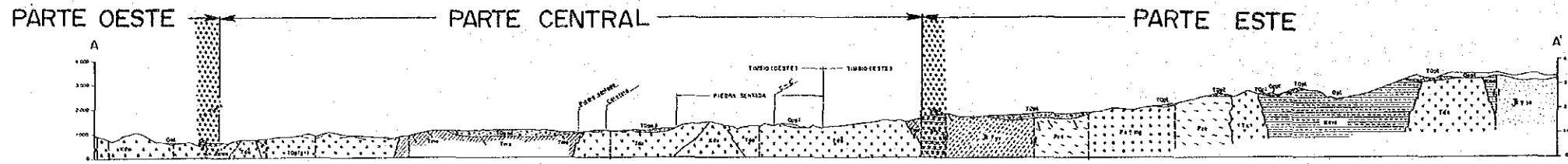
2.2 GEOLOGIA GENERAL

Este área está dividida en tres partes, siguiendo la dirección NNE de las fallas que componen el sistema de la Falla Romeral:

- 1) La parte este, ocupa una parte de la Cordillera Central compuesta de una hilera de montañas que muchas veces exceden los 3000 m.
- 2) La parte central, es la Cuenca del Patía con un cambio elevacional de 1000 m a 2000 m.
- 3) La parte oeste, es una parte de la Cordillera Occidental cuya altura es alrededor de 3000 m y la geología corresponde a la antes mencionada división topográfica. (Figura 2, 3 y 4)

Parte este: Rocas metamórficas Paleozóicas están correlacionadas al grupo Cajamarca y está ampliamente distribuido.

El Grupo Cajamarca está constituido por esquistos clorito-actinolíticos, esquistos verdes, esquistos carbonosos, esquistos cuarzo-sericíticos, esquistos sericíticos, cuarcitas macizas y foliadas y en menor proporción, esquistos aluminicos. Estas rocas corresponden posiblemente a tobas básicas, gráuvacas, shales carbonáceos, areniscas ortocuarcíticas y areniscas impuras, cuya composición mineralógica primaria fue reconstruida con nuevas asociaciones mineralógicas como producto de un metamorfismo regional de alto a bajo grado, en donde hubo una mayor influencia de la temperatura que de la presión y constituyendo una agrupación típica Abukuman.



LEYENDA

Simbolo	Descripción
Qal	Depósitos aluviales
Qva, Qvl	Depósitos formados por material volcánico
Qc, Ql	Coluvios y deslizamientos antiguos
Qppl	Concretes "ash fall"
T0v, T0s, T0vnd	Formación Popoyán
Op1, T0p, Op2, Op3	Lomas, cenizas, ignimbritas, aglomerados lobos y depósitos fluvioaluviales
Op4, Op5, T0s1	
Op1, T0p1, T0l	
T0vnd, T0s	Presoninio de rocas sedimentarias fluviales
Tsb	Conglomerados, areniscas, limolitas intercalaciones de ignimbritas y tobas
T0p2, T0p3, T0sp	
T0a, T0, T0da	Pórfidos, dacíticos, andesíticos
Tcd, T0-da, T0a	
Tll	
Tme	Formación Eamita (limolitas, areniscas, conglomerados)
Tem, Temm	Formación Mosquera (conglomerados y arenas cuarzosas calcáreas y masas de carbón)
Tgr, Tgr	Granodiorita, Cuadromonzonita
Tcd-di, Tcd	
Td1, Tcd	
Kspn, KTp	Formación Valle Morada (calizas bituminosas, limolitas ferruginosas y conglomerados porfíricos)
Kg	Gobros
Kv, Kv, Ks	Grupo Dibújico (calizas, cherts, limolitas, conglomerados, brechas, areniscas, dolomitas y basaltos)
Kss, K0v, Kvs	
Kvs, Kgd	Grupo Dogu (Metasedimentarias)
Kms, Kca	Esquistos Lendosa, chert gris y rojo.
Ko, KTo, Ko	Oxalitos, Puzos máficos y ultramáficos Anfibolitos, metagobros y en menor proporción metasedimentarias
Jss, Jsv	Suaventa Sedimentaria caliza Conglomerados, cuarzos, areniscas y limolitas
Pf	Abundantes intercalaciones de filitas grises y corneolitas
C	Cuarzo clara ligeramente litada con algunas intercalaciones de esquistos
Pcs, Pze	Esquistos
Pev, J7(2mg)	Esquistos verdes clástico - metamórficos
J7ev	
Pezmg	Granitoides cataclizados, brechas y esquistos microlíticos
Fallas	Buzamiento de La Estratificación y Foliación
Falla	
Falla apretada	
Falla cubierta	

0 5 km

Figura 3 CORTES GEOLOGICOS AA', BB' Y CC' ALMAGUER

Período	Epoca	Formación	Columna Estratigráfica	Litología	Espesor (m)	Actividad ígnea	Mineralización
Cuaternario	Holoceno	Sed. Inconformidad		aluviales, coluvies cenizas, "ash fall"		Roca Volcánica	
	Pleistoceno	Formación Popayán		toba lava toba y lava toba bracha			
Terciario			Plioceno	Formación Galeón		arenisca toba arenisca conglomerados porfido dacítico - andesítico	
	Mioceno Oligoceno Eoceno	Formación Esmita				conglomerados arenisca cuarcita ultramáfica limolitas fósilíferas	
			Formación Mosquera		limolitas mantos de carbón areniscas cuarcosas		
					conglomerados rocas ultramáficas		
	Cretáceo		Formación Peña Morada		calizas limolitas ferruginosas conglomerados		
Grupo Diabásico					gabros basalto, diabasas conglomerados chert arenisca y limolita		
			Grupo Dagua		diabasas		
				limonita chert			
Jurásico				arenisca, metasediment areniscas, conglomerados por. dacítico cuarcita - diorita Rocas máficas y ultramáficas			
				limonita areniscas conglomerados			
Ordovícico		Cajamarca?		por. andesítico esquistos verdes, cuarzo-sericíticos, metabasitos y metasedimentarios			
				granitoide cataclizado, neises y esquistos micríticos			
Cambrico							

Ref. A. Orrego L et al (1984); P. Mqrn, G. París, A. Orrego y M.E. López (1979)

Figura 4 COLUMNA ESTRATIGRAFICA ESQUEMATIZADA DEL AREA ALMAGUER

Pequeños afloramientos de sedimentos mesozóicos y cuerpos granodioríticos aislados fueron observados a lo largo de la dirección NNE de las fallas, especialmente carcano a la separación de la falla. Intruyendo a las rocas mencionadas arriba, anchamente distribuidos están los pequeños cuerpos de andesita y dacita porfirítica.

Rocas volcánicas del Cuaternario están formando bajos topográficos y los Volcanes activos se levantan a través de los más altos picos de la Cordillera Central.

Parte Central: La geología de esta zona consiste principalmente de rocas sedimentarias del Terciario, ocupando zonas aisladas y bordeadas por fallas paralelas con un tamaño de unos 30 km en dirección este-oeste. La parte norte del área está formada por eyecciones volcánicas del Cuaternario. Muchas de las fallas que se desarrollan dentro del área con dirección NNE, aparecen con afloramientos de ofiolitas a lo largo de las mismas. Pequeños cuerpos intrusivos de rocas andesíticas y dacíticas prevalecen en medio de las rocas sedimentarias del Terciario.

Parte oeste: El área está compuesta principalmente por el grupo Diabásico de edad Cretáceo. Este grupo está subdividido en dos subgrupos: uno que consiste principalmente de rocas volcánicas y el otro de rocas volcánico-sedimentarias combinadas.

Las rocas volcánicas consisten de diabasas formando estructuras de lavas almohadilladas y rocas sedimentarias formadas por shale, chert y grauvacas. Dentro de ese grupo se ha observado una menor cantidad de rocas intrusivas del Terciario.

Geología Estructural

El desarrollo estructural del Departamento del Cauca fue analizado e interpretado por París y Marín (1979) y los participantes en este estudio están de acuerdo con sus conclusiones en los siguientes términos:

"Los rasgos geológicos fundamentales, determinantes de la conformación natural del Departamento del Cauca son: las rocas de afinidad continental correspondientes a las metamórficas paleozoicas y pre-cámbricas de la Cordillera Central y las rocas oceánicas básicas y sedimentarias del Cretáceo, situadas al oeste de dicha cordillera y separadas entre sí por una de las fallas del sistema fundamental de Romeral.

Superpuestas a estas dos unidades fundamentales, se presentan el magmatismo y vulcanismo Mesozóico y Cenozóico y el desarrollo de las cuencas de la molasa terciaria.

En este desarrollo tectónico y magmático han intervenido la actividad de dos zonas de subducción, de las cuales la más antigua y oriental está enmascarada por los procesos de acreción continental y cuyo "trench" ocupó la margen occidental de la Cordillera Central. La segunda, es el resultado del salto hacia el oeste de la primera zona, y cuyo "trench" actualmente en actividad, se encuentra situado debajo de la planicie costera del Pacífico (Meissner, R.O., et al., 1976).

El desarrollo de una antigua zona de subducción con movimiento hacia el oeste, situada al occidente de la Cordillera Central a lo largo de una margen del tipo Andino (Sillitoe, R., 1978), posiblemente originó gran parte del plegamiento y posterior metamorfismo del Grupo Cajamarca y el magmatismo y vulcanismo calco-alcalino Triásico-Jurásico presentes en la Cordillera. El plutonismo se extendió hasta el Cretáceo, período durante cual también se desarrolló un vulcanismo básico y sedimentación turbidítica durante el Cretáceo inferior, en el lado continental del

antiguo "trench". Estas rocas en la actualidad se presentan como parches aislados, falladas y asociadas al Grupo Cajamarca y localmente deformadas por las fallas del sistema de Romeral.

El sistema de fallas de Romeral, posiblemente tuvo su desarrollo con posterioridad al Cretáceo Inferior con un movimiento de rumbo déxtral que transportó desde una fuente al sur (Sillitoe, R., 1978), rocas oceánicas del Cretáceo superior, situadas al oeste de dicha falla y que conforman gran parte de la Cordillera Occidental. La Falla de Romeral se extiende hasta la deflexión de Guacambamba o Golfo de Guayaquilla en el Ecuador (Lonsdale, P., 1978), donde se interna en el Océano Pacífico, para coincidir con el "ridge" de Alvarado.

La antigua zona de subducción, saltó al oeste de la Cordillera Occidental (Toussaint, J.F., y Restrepo, A.J.J. 1976) durante el Terciario y su actividad hacia el este ocasionó el levantamiento de la Cordillera Occidental, el desarrollo de la cuenca de las formaciones terciarias, movimientos verticales en la falla fundamental de Romeral y el desarrollo de bloques tectónicos que mediante cabalgamientos imbricados emplazaron en superficie rocas del manto, esquistos de glaucofana y ocasionaron el metamorfismo del Grupo Dagua. Esta serie de eventos dejó sepultada y oscurecida la antigua zona de subducción (mesozoica) que originó su "trench" en el borde occidental de la Cordillera Central.

A partir de la zona de subducción cenozoica se ha desarrollado el magmatismo Mio-Plioceno, con predominio de cuerpos de naturaleza subvolcánica, ubicados con preferencia en la parte marginal de la Cordillera Central y en menor proporción, en la Depresión Intercordillerana del Cauca-Patía y en la Cordillera Occidental. Posiblemente debido a cambios en el buzamiento de la actual zona de subducción, la actividad ígnea saltó al este y se encuentra representada por el magmatismo Terciario-Cuaternario de los volcanes de Puracé, Pan de Azúcar y Sotará."

Geología Económica

El Departamento del Cauca presenta gran cantidad de prospección y ocurrencias de minerales metálicos y no metálicos; sin embargo, en la actualidad son muy pocas las minas que se están explotando, entre las cuales merecen destacarse los depósitos de carbón en la hoya del Río Suárez y la mina de azufre El Vinagre, en las faldas del Volcán Puracé. El resto de manifestaciones o están muy poco estudiadas o no son económicamente rentables, tal como sucede con las bauxitas de Morales y Cajibío, o las manifestaciones minerales de El Písno.

En cuanto hace referencia a los yacimientos de oro y plata, estos están distribuidos en todo el departamento y su explotación se hace a un nivel técnico muy rudimentario. Igual sucede con el oro de aluvión; éste se explota en forma muy artesanal en los aluviones del Patía, Cauca y Guachicono, en la región Andina. En el área bajo estudio se explotaron algunas minas de oro tipo filoniano, pero por diferentes circunstancias fueron cerradas. Asimismo sucedió con algunas minas de antimonio que por falta de mercadeo fue suspendida su explotación.

2.3 RECOPIACION DE DATOS GEOQUIMICOS

2.3.1 PREPARACION Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS

Las muestras geoquímicas son sedimentos activos y su promedio de

densidad es aproximadamente 1.1 unidades/km².

Se hizo análisis de "Emission Spectrograph", por eso muchos elementos fueron analizados y los valores son dados en forma semi-cualitativa.

De los elementos analizados; se eligieron 8 elementos; Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Ni, Cr considerados que tienen relaciones estrechas con la mineralización y alteración; estos fueron seleccionados como elementos guías y se realizaron tratamientos sintéticos.

2.3.2 DETERMINACION DE LOS VALORES ANOMALOS

En general los valores analíticos de las muestras indican estadísticamente la distribución normal de logaritmo.

A base de éstas muestras, nuestras computadoras nos proporcionaron los valores estadísticos.

Además hemos tenido en cuenta los histogramas junto con los datos obtenidos de las computadoras determinando los valores de las anomalías, como fuerte y débil.

Tabla 4 ESTADIGRAFOS DE SEDIMENTOS ACTIVOS EN EL AREA DE ALMAGUER

Elementos	valor de de anomalia			estadísticas		
	débil	fuerte	número de muestras	media(x)	x + σ	x + 2 σ
Au	-	0.92	1	No aceptable		
Ag	1	6	195	No aceptable		
Cu	100	300	4037	16.2	70.4	306.1
Pb	50	100	4035	3.73	28.2	212.6
Zn	200	500	4032	2.11	70.8	2371.9
Mo	0.6	6.0	4038	0.17	0.60	2.17
Ni	50	150	4028	16.8	49.2	144.5
Cr	250	830	4024	75.1	249.6	829.8

σ ; desviación de standard

2.3.3 ESTUDIOS SINTETICOS Y SELECCION DE AREAS DE INTERES

Los resultados de los análisis geológicos y geoquímicos revelaron los siguientes hechos:

- 1) Cu y Mo, Ni y Cr, tienen relativamente altos coeficientes y cada asociación concuerda exáctamente con su área anómala.
- 2) Las zonas anómalas para Ni y Cr tienen una alineación NNE-SSW, dirección que viene a corresponder con una falla principal y con la distribución de rocas básicas y ultrabásicas, constituyéndose en una anomalía litológica.
- 3) Las zonas anómalas para Cu y Mo corresponden con los afloramientos de los intrusivos ácidos del Terciario.

- 4) Los valores anómalos para Au y Ag son escasos y muy puntuales, indicando mineralizaciones tipo filonianas.
- 5) Pb-Zn tienen una débil correlación con anomalías muy angostas y relacionadas directamente con rocas metamórficas del Paleozoico (Grupo Cajamarca).

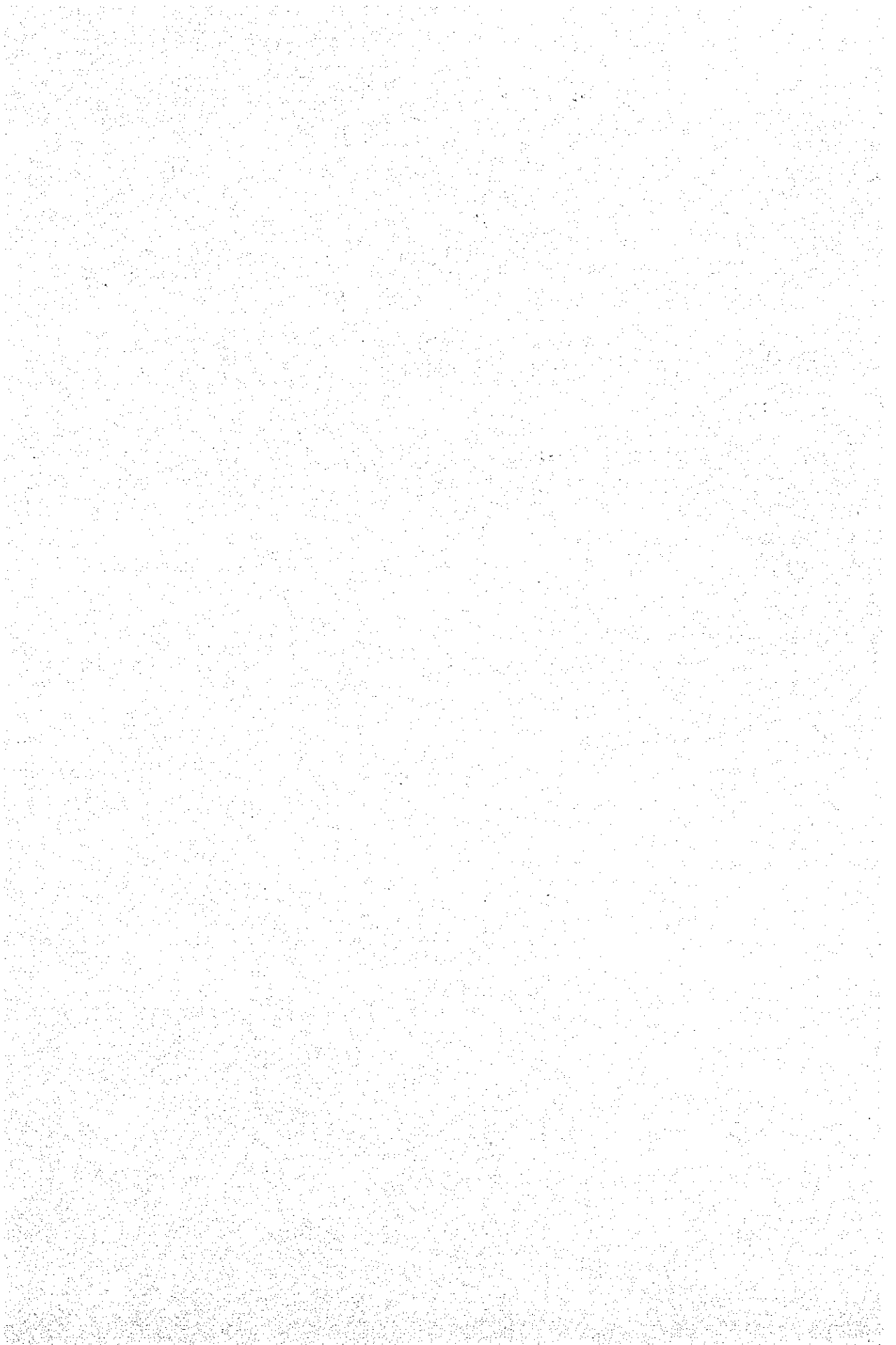
En conclusión podemos decir, que de acuerdo a los valores tan bajos de Pb y Zn y a su pequeña distribución, no esperamos encontrar grandes depósitos de estos dos metales.

En el área de Almaguer; las siguientes 13 áreas fueron seleccionadas como anómalas (Figura 5 y Tabla 5).

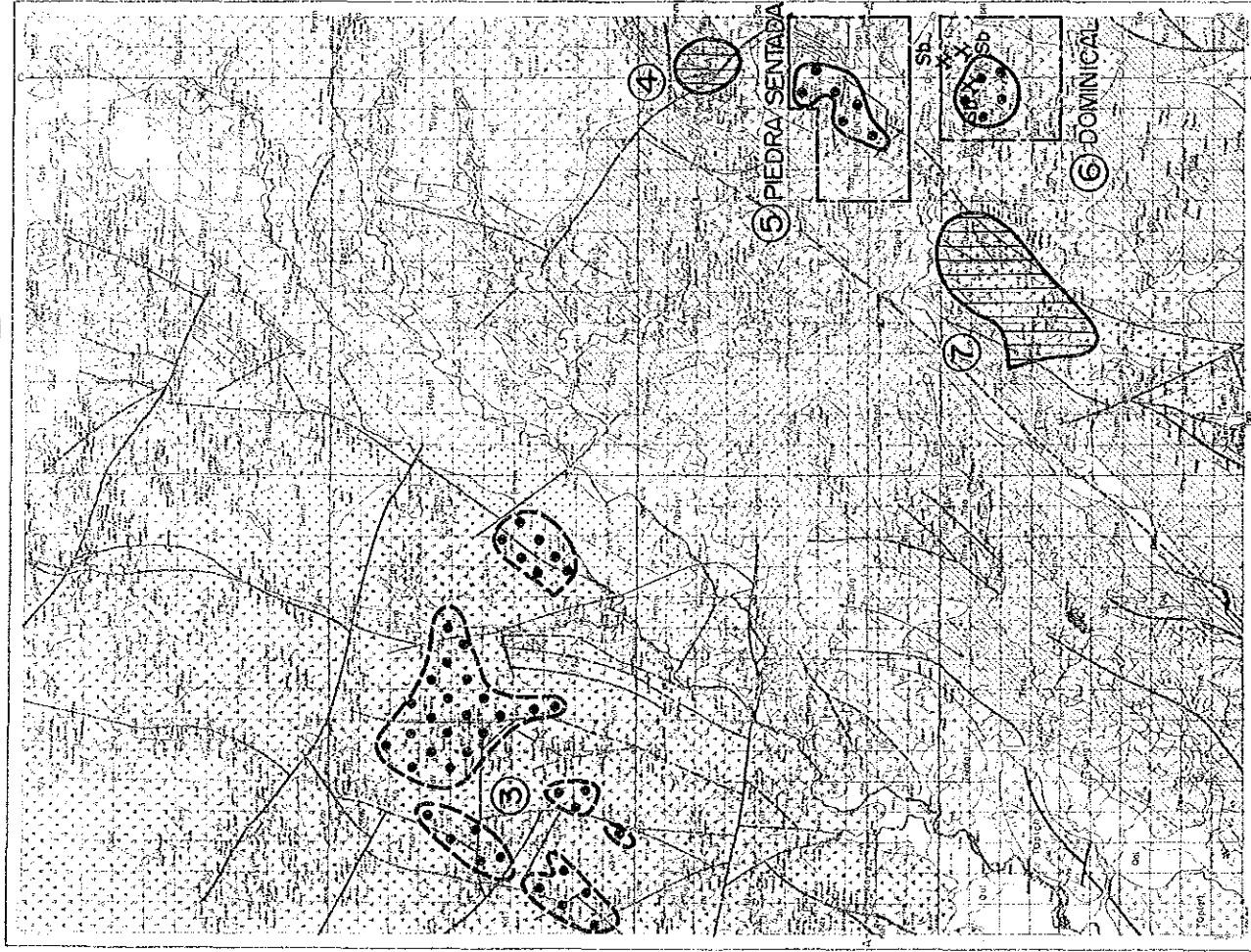
- (1) NE de Rosas, 5 x 10 km, se encuentran 6 anomalías de Ni, distribuidas en dirección NNE-SSW. Tres áreas anómalas en el borde NW exhiben valores anómalos de Cr y Ni. Dentro de las 6 anomalías para Ni, 2 áreas con los más altos valores fueron seleccionadas como blancos de primer orden. Su geología está compuesta por rocas sedimentarias cretácicas y diabasas. Los máximos valores de Ni y Cr mostraron 200 y 1500 ppm respectivamente; sin embargo estos valores son un poco bajos si los comparamos con las otras áreas. Esta zona no es recomendable para investigaciones posteriores.
- (2) Zona de 9 x 7 km al S de Arbelaes, presenta un área extensa anómala para Mo y Ni asociada a una zona anómala más pequeña de Ag, Pb, Zn. Esta zona está compuesta por rocas metamórficas del Paleozoico (Cajamarca), rocas sedimentarias y basálticas cretácicas intruídas por ígneos terciarios. Los límites de las formaciones geológicas están constituidos por fallas con dirección NE-SW y NW-SE. La anomalía de Mo concuerda muy bien con pequeños cuerpos intrusivos terciarios. La anomalía de Ni está asociada a formaciones del cretáceo y a lineamientos de falla. Al lado oeste de esta zona anómala existieron minas de Au y Sb expresadas por la anomalía de Pb. Debido a que el área anómala es bastante extensa y muchos elementos se presentan con valores anómalos, esta zona es recomendable para realizarle trabajos más detallados.
- (3) Zona del NW, 20 km de Piedra Sentada. La anomalía es baja en valores especialmente en Mo con subordinación de Ni distribuidos irregularmente en un área de 100 km². La anomalía está compuesta por rocas del Grupo Diabásico intercaladas por fallas de dirección NS. Igualmente, afloran pequeños cuerpos de gabro y dacita, pero no hay una relación muy clara entre las anomalías de Cu y Ni y estas rocas. Los valores promedios son: Cu = 100 - 150 ppm, Ni = 50 ppm, los cuales no justifican una exploración más detallada de la zona anómala.
- (4) Zona 10 km al NE de Piedra Sentada. Esta anomalía cubre un área de 1.5 km² y sus rocas corresponden al Grupo Diabásico. Como las otras áreas tienen una geología similar, cubren un área mayor, con mayores valores geoquímicos; esta zona no se recomienda para investigaciones posteriores.
- (5) Área Piedra Sentada. El área será cubierta este año con estudios geológicos semidetallados y prospección geofísica. La anomalía de Cu y Mo tiene una dirección NE-SW y área de 1.5 km x 4 km. Su geología está caracterizada por la presencia de cuerpos intrusivos terciarios y de una gran falla con dirección NE. Aunque los valores de Cu están por debajo de 150 ppm, fueron también detectados valores de Mo y Ag.
- (6) Zona localizada al S de (5). El área anómala (2 km x 2 km) con valores de Cu más extensos rodeando una zona más pequeña de Mo.

La geología está compuesta por intrusivos terciarios y hay 3 minas de Sb abandonadas dentro de una zona anómala fuerte, con valores de Cu 500 ppm, Mo 15 ppm. Esta zona se recomienda para trabajos posteriores.

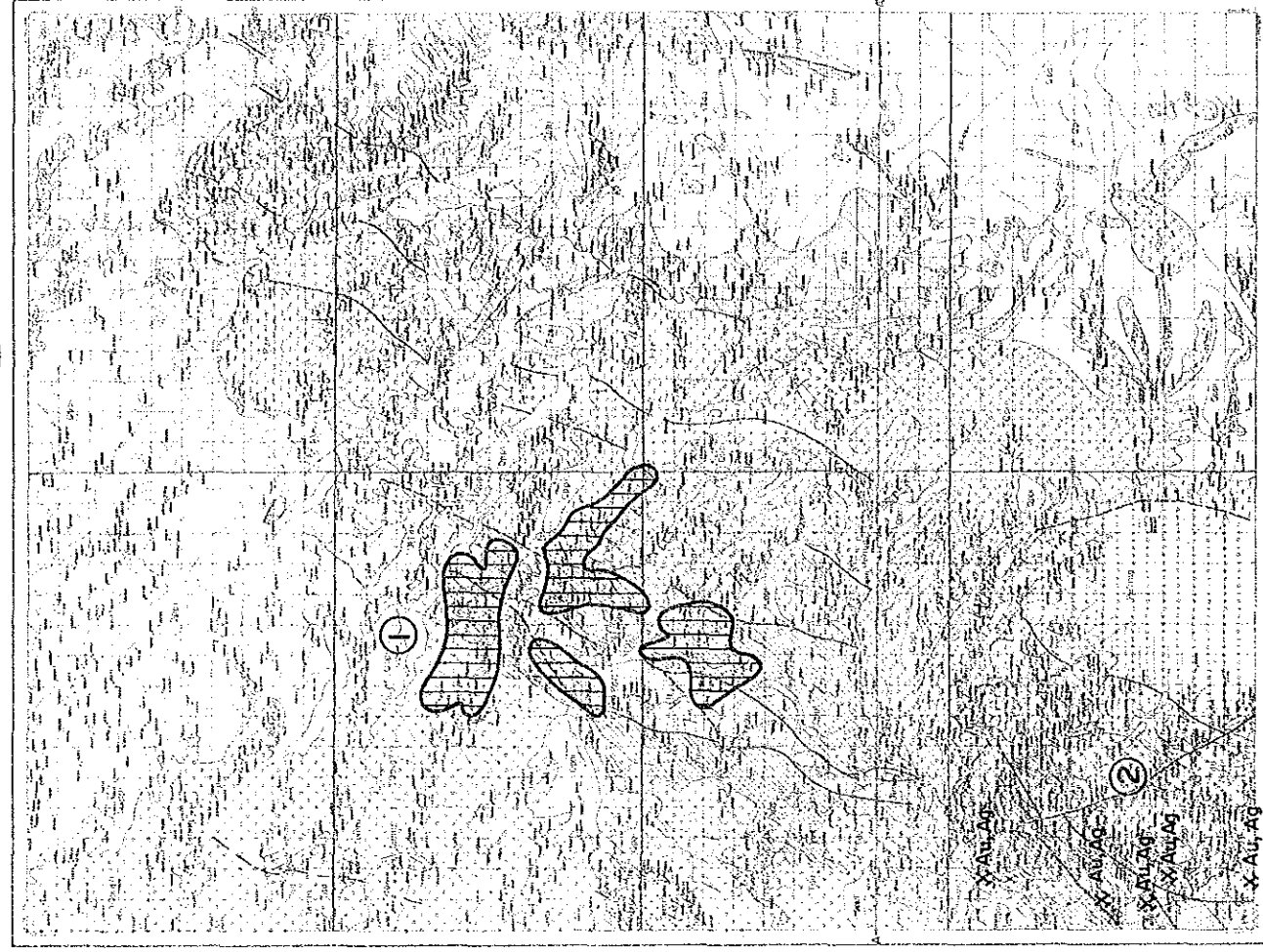
- (7) Zona al S de Piedra Sentada. Area anómala para Ni, Cr y Cu con una dirección NE, con un área de 6 km x 2.5 km. La zona anómala está compuesta por diabasa a intruída por dacitas terciarias. Aunque los valores de Ni son altos, los de Cr y Cu son bajos y como hay zonas más extensas y con mejores valores, ésta quedará en receso para una época posterior.
- (8) Zona 23 km al NE de Bolívar. Area anómala para Mo con dirección E-W y en una superficie de 4 km². Su geología está dividida por una falla NE-SW, rocas paleozoicas metamórficas al este y rocas sedimentarias terciarias al oeste. Intrusivos terciarios afloran en cercanías a la falla la cual está incluída en la zona anómala. Además al N, E y S de la anomalía hay minas abandonadas de oro y antimonio. Esta zona tiene prioridad para estudios detallados.
- (9), (10) y (11). - Cada zona corresponde a una anomalía de Ni y Cr alineadas NE-SW. La anomalía (11) contiene además Cu. Cada anomalía cubre un área de 4.5, 9 y 10 km² respectivamente. La anomalía (11) presenta los más altos valores de Cr (3,000 ppm). La geología es muy similar en las 3 áreas y está representada por rocas ultramáficas. Dentro de las 3 anomalías, la anomalía (11) por sus altos valores y por ser un área más extensa, se recomienda efectuar estudios detallados, los cuales servirán de guía para las otras áreas.
- (12) Zona al Este de Bolívar. esta es una zona anómala para Cu, Mo y Ag con dirección NE y un área de 1.5 km². Su geología está compuesta por cuerpos terciarios intruyendo al paleozoico metamórfico. Las condiciones geológicas sugieren que esta región puede tener posibilidades de contener un depósito del tipo pórfido cuprífero.
- (13) Zona al sur de Bolívar. Esta es un área anómala para Mo, con una zona angosta anómala para Pb, Zn, Ag y compuesta por rocas metamórficas del Paleozóico. Es aconsejable conocer las causas que originaron esta anomalía.



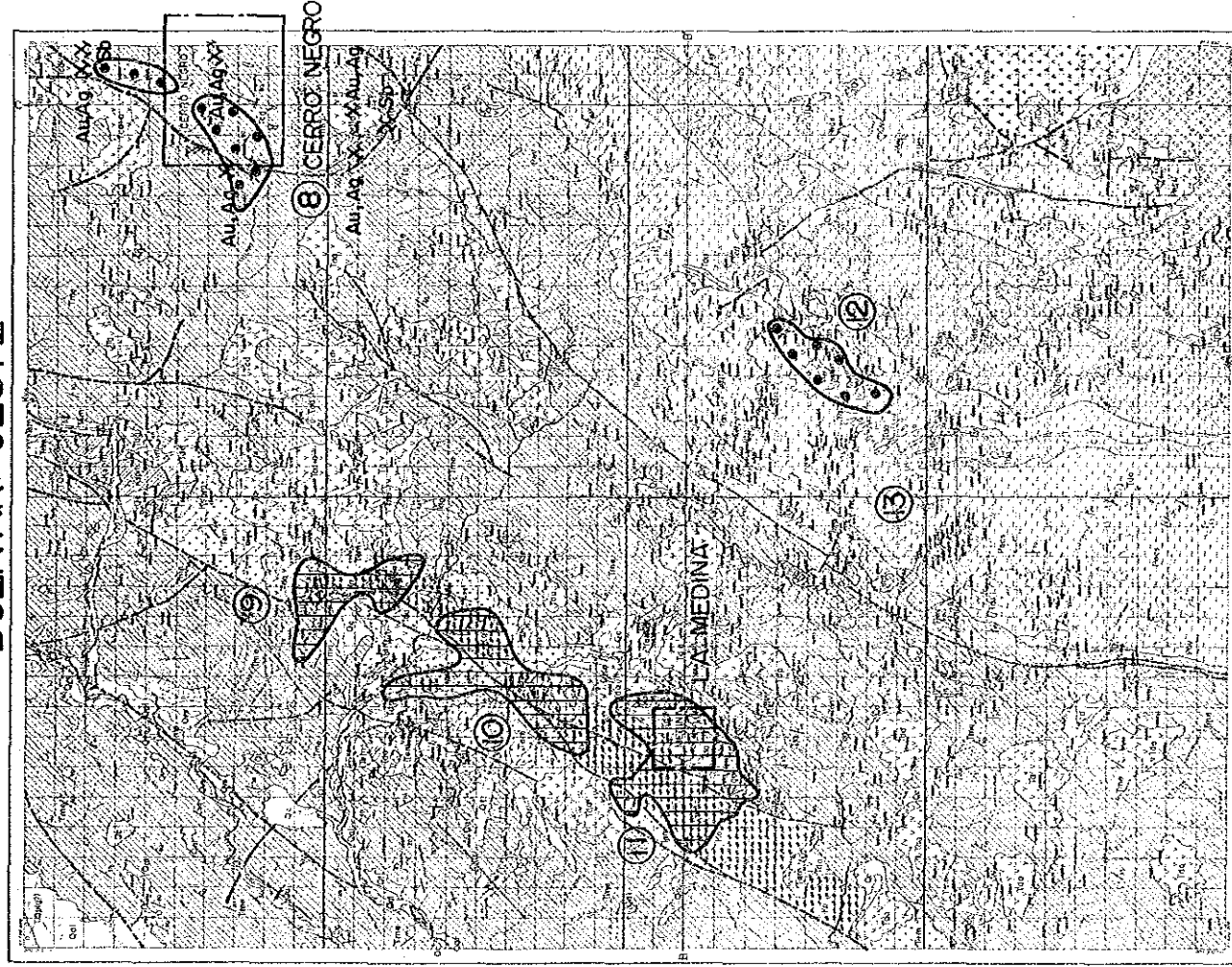
TIMBIO OESTE



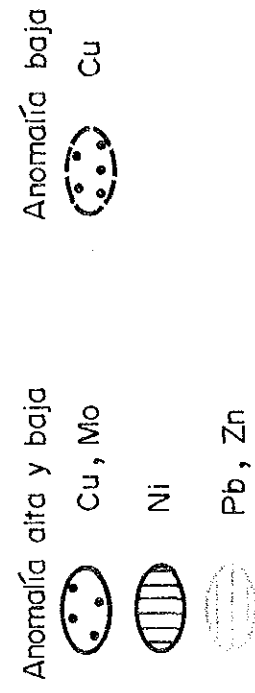
TIMBIO ESTE



BOLIVAR OESTE



LEYENDA



① Número de anomalía

□ Área de exploración 1984 ~ 1986



Figura 5 RESULTADO DE LA EXPLORACION GEOQUIMICA AREA ALMAGUER

Tabla 4 ESTADIGRAFOS DE SEDIMENTOS ACTIVOS EN EL AREA DE ALMAGUER

Número de anomalía	Nombre en mapa	Ubicación	Elementos										Tamaño de Anomalía	Roca Encajante	Nota				
			Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Cr.									
①	Timbio (Este)	5km Nordeste de rosas									<5	200	100	1500	700	9 km ² (6x1.5)	Roca básica (Ksvs), Intrusiva ácida (Tda)	Anomalía baja de Mo, Cr, y Ni en el área rodeada.	
②	Timbio (Este)	Cerca de Cerro bellones y 5km sur de Arbela									30	100	500		63 km ² (9x7)	Roca básica (Ksvs), Intrusiva ácida (Tda), Roca metamórfica (Pze)			
③	Timbio (Oeste)	20km Nordeste de Piedra Sentada										50			104 km ² (13x8)	Roca básica (Kdv, Kg), Intrusiva ácida (Tda)	Siete anomalías de tamaño grande y pequeña.		
④	"	10km Nordeste de Piedra Sentada										500	<10	1000	500	1.5 km ² (1x1.5)	Roca básica (Kdv)		
⑤	"	5km Este de Piedra Sentada		<0.5	150						15	5			6 km ² (1.5x4)	Roca básica (Kdv), Intrusiva ácida (Tda)	Piedra Sentada, trabajo en 1984.		
⑥	"	8km Sureste de Piedra Sentada			500	200					15	5			3 km ² (1.5x2)	Intrusiva ácida (Tda)	Dominical, trabajo en 1984.		
⑦	"	5km Sur de Piedra Sentada			200							700	50		15 km ² (6x2.5)	Roca básica (Kdv), Intrusiva ácida (Tda)			
⑧	Bolivar (Oeste)	23km Nordeste de Bolivar		1							15				4 km ² (1x4)	Roca sedimentaria (Tme), roca metamórfica (Pev), Intrusiva ácida (Tcd)	Cerro Negro, trabajo en 1984.		
⑨	"	15km Norte de Bolivar										<10	300	100	2000	700	Roca básica (Ko), Intrusiva ácida (Tda)		
⑩	"	10km Noreste de Bolivar										700	100	2000	700	9 km ² (1.5x6)	Roca básica (Ko), Intrusiva ácida (Tda)		
⑪	"	8km Noroeste de Bolivar			200						<5	700	100	2000	300	10 km ² (2x5)	Roca básica (Ko), Intrusiva ácida (Tda)	La Medina, trabajo en 1984.	
⑫	"	7km Este de Bolivar		7	1000	200					20	<5			5 km ² (1x5)	Roca sedimentaria (Pecs), Intrusiva ácida (Ta, Tcd)			
⑬	"	5km Sur de Bolivar		1.5		150	70	700			20				6 km ² (1.5x4)	Roca metamórfica (Pecs)			

Nota: ○ anomalía alta, △ anomalía baja, 1500 máximo en ppm

3 AREA DE PIEDRA SENTADA

3.1 GEOLOGIA

La geología del área está compuesta, en orden ascendente por rocas verdes volcánicas cretáceas (Grupo Diabásico), Formación Esmita del terciario, intrusivos ígneos terciarios y la Formación Popayán del terciario-cuaternario.

Las rocas volcánicas verdes, tipo diabasa, están localizadas en la parte oeste del área de interés y más esencialmente en la Loma de San Francisco y vienen a constituir la parte subvolcánica del Grupo Diabásico (Kv).

En la parte media y hacia el nor-oeste se presentan los intrusivos ígneos y la Formación Esmita. En el lado este también está constituido por la Formación Esmita y en menor proporción por intrusivos ígneos - intermedios. Al norte de la carretera Panamericana y al sur de los ríos Guachicono y San Pedro se encuentra la Formación Popayán.

Las rocas verdes volcánicas son generalmente de color gris verde oscuro, textura afanítica basáltica. Localmente presenta indicios de alteración hidrotermal, observándose únicamente cloritización y epidotización asociadas a venillas de cuarzo y calcita, asociación típica de alteración propilítica. Sin embargo, es muy posible que la alteración sea mucho más fuerte y ni sea visible microscópicamente debido a lo fino de su grano. Esporádicamente esta roca se encuentra interestratificada con capas muy delgadas de shales silíceos.

La Formación Esmita está compuesta por limolitas, areniscas y en menor proporción por conglomerados. La posición de estos estratos está muy bien definida, son casi horizontales a excepción de las regiones cercanas a los intrusivos y fallas cuando los afectan.

La relación con las rocas volcánicas verdes e infrayacientes es inconforme, no obstante, en estos trabajos no fué posible observarlo directamente en el campo. La Formación Esmita está intruída por cuerpos ácidos y en muchos casos se la observó como xenolitos o techos pendientes. El efecto de estas intrusiones en la roca de caja fué muy difícil detectar, ya que no ocasionó cambios en su textura ni en su mineralogía, observándose en algunas oportunidades silicificación penetrativa asociada a débil piritización (0.5%), este hecho se observa tanto en la roca invasora como en la roca de caja.

La Formación Popayán esta compuesta esencialmente de conglomerados no consolidados y areniscas inmaduras y mal sorteadas, flujos de lodo y en menor proporción limolitas. El origen del material que está conformando esta secuencia es volcánico.

Esta Formación confina a la mayoría de las intrusiones ácidas y su posición es muy horizontal, no habiendo sufrido grandes perturbaciones una vez que fue depositada.

Cuerpos intrusivos de ácidos a intermedios, se encuentran distribuidos en toda el área de interés en formas irregulares y con base a observaciones de campo se pueden dividir en dos grupos. Sus límites o contactos, por lo general, son transicionales.

Un grupo es de composición diorítica o granodiorítica, holocristalino y equigranular, el otro es de textura porfídica y de composición dacítica o andesítica. Los minerales máficos están representados por hornblenda y biotita, local y parcialmente cloritizados y por lo general predomina la hornblenda sobre la biotita.

la cual se presenta muy bien cristalizada. Los minerales claros están compuestos por feldespato y cuarzo. El cuarzo varía de anhédrico a subhédrico, con cristales bipiramidales y cuya dimensión puede alcanzar los 5 a 10 mm. en diámetro. El feldespato está compuesto esencialmente por placioclasa, más cálcica que sódica y en algunas oportunidades es posible observar bajo la lupa la macla de la albita. Además de esto, en la parte Este del área se encontró una pequeña exposición de un dique afanítico de composición diorítica, caracterizado por la presencia de cristales de hornblenda en forma de aguja en una matriz afanítica gris verdosa.

Como producto final de la actividad magmática se observa en varios sitios diques básicos negros.

Los resultados del análisis total de las rocas están ubicados en el diagrama triangular ACF (Hine et al, 1979), donde se puede observar que todas las rocas intrusivas están en el tipo I.

Si se indica la clasificación de las rocas de granito según el diagrama triangular (Q-An-Ab+Or), según dice Geo Times de Oct. 1973, todas las rocas intrusivas ácidas neutras están en el grupo del granito.

Las rocas intrusivas, aunque haya diferencia de niveles están ampliamente alteradas; como silicificación de matriz, cloritización y carbonatación.

En la parte central del área se observa la biotitización de anfíbol y matriz además de las alteraciones dichas arriba.

La edad absoluta de las rocas intrusivas en la región fue datada por Sillitoe y Jaramillo (1982), como 17.4 Ma. a partir de las muestras colectadas en Zanjón Grande, edad que concuerda con las obtenidas en otras regiones y con las interpretaciones de muchos autores.

3.2 ESTRUCTURA GEOLOGICA

Las fallas predominantes observadas en el área tienen una dirección NNW (N60°W) la cual es perpendicular al rumbo general predominante NNW.

Asumiendo que la elongación de los intrusivos fueron líneas de control de debilidad, el modelo de distribución de los intrusivos sugiere que existieron fallas direccionales NE-SW, NW-SE y en menor proporción E-W y N-S durante la actividad magmática.

De otro lado, la Formación Esmita presenta una estructura en sinclinal con su eje NE-SW en la parte nor-este de la zona investigada. Esto sugiere que cuando la intrusión ocurrió, el máximo esfuerzo, podría tener una dirección NW-SW (compresión) y este esfuerzo podría también ser el causante del estilo o modelo de los cuerpos intrusivos.

3.3 MINERALIZACION

Los siguientes tres tipos de mineralización fueron observados en el área:

- 1 - Diseminación y "net work"
- 2 - Venas o filones
- 3 - Placer o aluvión

La mineralización tipo diseminación y "reticulado" está compuesta esencialmente por pirita y en menor proporción por minerales de Cu y Mo, y generalmente se presenta asociada a las rocas intrusivas.

La mineralización más fuerte está localizada a lo largo y en su parte central del Zanjón Santa Lucía, con unos 900 m mineralizados y

hacia el norte a partir de la parte central del área. Igualmente sucede con los tributarios de Zanjón Grande en el centro y hacia el sur del área investigada. Los análisis químicos de tres muestras de rocas de la parte Central del Zanjón Santa Lucía es como sigue 22, 28 y 105 ppm de Cu, y se entiende que son de muy bajo grado. Local y esporádicamente se observan pequeñas mineralizaciones de pirita y en mucha menor proporción minerales de cobre y molibdeno.

Estas zonas mineralizadas están contenidas en una zona de aproximadamente 1 km (E-W) x 1.5 km (N-S); a medida que nos alejamos de esta zona la mineralización se va haciendo más escasa hasta desaparecer totalmente.

La alteración de la roca encajante también es fuerte donde la mineralización es más abundante. En Zanjón Santa Lucía, por ejemplo, no solo clorita y epidota están presentes sino que también se observan arcillas blancas. (Esta misma situación se observa en la parte alta del Zanjón Grande donde exhibe una topografía muy abrupta debido a fuerte erosión de una roca arcillosa como producto de la alteración.)

Se dice que antiguamente en este lugar se recolectaba oro y recientemente también se hacían trabajos para sacar oro desde 1971 hasta 1981, tálse el caso de que quedan rastros de cabañas.

La mineralización tipo filón o vetas encontrada en el área corresponde a vetas de cuarzo limonitizadas, con un ancho que varía entre 5 y 30 cm y una dirección general N-S y NW-SE. La mayoría de las vetas fueron prospectadas para oro. Una de ellas (NR-25), contiene estibina. La observación microscópica revela que los minerales de oro están originados con una asociación muy fuerte con estibina. Se considera que la mineralización está muy cerca a la superficie y de muy baja temperatura.

Las mineralizaciones de placer son trabajadas manual e intermitentemente en los tributarios y ríos principales de la región, lo cual puede ser una guía muy útil en la continuidad de estos trabajos. En trabajos previos de prospección geoquímica muestra que en algunos lugares X, ppm Au están contenidos en suelos y sedimentos activos. Es muy recomendable continuar con la prospección del oro en la región de Piedrasentada. Los análisis químicos de las muestras de los filones colectadas en esta investigación, revelaron el siguiente contenido: 1.5 (DAu-3), 0.8 (NR-25), 0.5 (NR-23), 0.4 (DAu-4) ppm, mientras que la mineralización diseminada y "reticulada" muestran un tenor de bajo grado. Como siguiente contenido: 0.3 (DR-41), 0.2 (SR-46B, DR-46), 0.1 (DR-48). Esto significa que la fuente del oro en esta zona es más del tipo filoniano que diseminado.

En términos de exploración minera, el blanco primordial estará dirigido al tipo de diseminación y "retícula". Sin embargo, a través de nuestra observación directa de las rocas, muy pocos minerales de cobre y molibdeno fueron observados, así como una alteración hidrotermal incipiente, por lo tanto es muy prematuro suponer que en profundidad no puede existir una mineralización diseminada de Cu y Mo. Los siguientes fenómenos deben ser analizados cuidadosamente:

- 1) El oro es un indicador superficial de esta zona; igualmente sucede con el antimonio, los cuales son generados a muy baja temperatura y muy cerca a la superficie.
- 2) La alteración de la roca encajante es propilítica, la cual es considerada como la alteración más externa en cualquier sistema de cobre porfídico.



0 600m

LEYENDA

ROCAS ESTRATIFICADAS

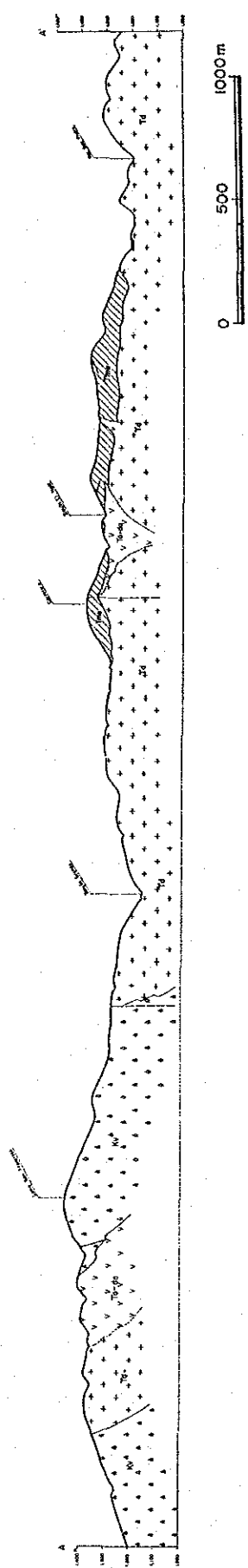
CENOZOICO	Q	Depósitos no consolidados	(Arcillas, arenas, gravas)
	TQV	Formación Repujón	(Lías, arcillas micáceas, limas, fajas arenolías)
	Tma	Formación Esmita	(Lías, limas, arenolías, conglomerados)
	Tm	Formación Mosquera	(Lías, limas, arenolías, conglomerados)
MESOZOICO	Ks	Rocas sedimentarias Cretácicas sin clasificar	(Limas, arcillas)
	Ky	Grupo Diabásico	(Diabásico, basaltos, gneises, limolitas)
	Xto	Oligoceno	(Pírciditas, Rocas básicas)
PALEOZOICO	Pm	Grupo Cojamarca (?)	(Esquistos verdes, Esquistos azules, gneises)

ROCAS IGNEAS

Terciario	Tdi	Diabásico
	Tr	Riolitas, Cuarzo-Porfiritas
	Tda	Andesita Porfírica, Dacita Porfírica
	Tm	Moradonita
	Td	Granodiorita, Diorita, Cuarzodiorita
		Zona silicificada
		Mineralización de Sulfuros

—	Falla	—	Eje Simétrico
—	Veta cuarzifera	—	Eje Asimétrico
—	Esquistosidad	—	Socorón
—	Rumbo y Bañamiento	—	Línea de costa
⊙	Parque mineralizado		
▲	Zona de baja resistividad		
▨	Zona de Anomalia SIP		

Figura 6 MAPA DE GEOLOGIA Y RESULTADO DE LA EXPLORACION GEOFISICA AREA PIEDRA SENTADA



LEYENDA

ROCAS ESTRATIFICADAS

Q	Depositos de cuarcitas	Grupos de areniscas
T01	Formación T01	Grupos de areniscas
T02	Formación T02	Grupos de areniscas
T03	Formación T03	Grupos de areniscas
T04	Formación T04	Grupos de areniscas
T05	Formación T05	Grupos de areniscas
T06	Formación T06	Grupos de areniscas
T07	Formación T07	Grupos de areniscas
T08	Formación T08	Grupos de areniscas
T09	Formación T09	Grupos de areniscas
T10	Formación T10	Grupos de areniscas
T11	Formación T11	Grupos de areniscas
T12	Formación T12	Grupos de areniscas
T13	Formación T13	Grupos de areniscas
T14	Formación T14	Grupos de areniscas
T15	Formación T15	Grupos de areniscas
T16	Formación T16	Grupos de areniscas
T17	Formación T17	Grupos de areniscas
T18	Formación T18	Grupos de areniscas
T19	Formación T19	Grupos de areniscas
T20	Formación T20	Grupos de areniscas
T21	Formación T21	Grupos de areniscas
T22	Formación T22	Grupos de areniscas
T23	Formación T23	Grupos de areniscas
T24	Formación T24	Grupos de areniscas
T25	Formación T25	Grupos de areniscas
T26	Formación T26	Grupos de areniscas
T27	Formación T27	Grupos de areniscas
T28	Formación T28	Grupos de areniscas
T29	Formación T29	Grupos de areniscas
T30	Formación T30	Grupos de areniscas
T31	Formación T31	Grupos de areniscas
T32	Formación T32	Grupos de areniscas
T33	Formación T33	Grupos de areniscas
T34	Formación T34	Grupos de areniscas
T35	Formación T35	Grupos de areniscas
T36	Formación T36	Grupos de areniscas
T37	Formación T37	Grupos de areniscas
T38	Formación T38	Grupos de areniscas
T39	Formación T39	Grupos de areniscas
T40	Formación T40	Grupos de areniscas
T41	Formación T41	Grupos de areniscas
T42	Formación T42	Grupos de areniscas
T43	Formación T43	Grupos de areniscas
T44	Formación T44	Grupos de areniscas
T45	Formación T45	Grupos de areniscas
T46	Formación T46	Grupos de areniscas
T47	Formación T47	Grupos de areniscas
T48	Formación T48	Grupos de areniscas
T49	Formación T49	Grupos de areniscas
T50	Formación T50	Grupos de areniscas
T51	Formación T51	Grupos de areniscas
T52	Formación T52	Grupos de areniscas
T53	Formación T53	Grupos de areniscas
T54	Formación T54	Grupos de areniscas
T55	Formación T55	Grupos de areniscas
T56	Formación T56	Grupos de areniscas
T57	Formación T57	Grupos de areniscas
T58	Formación T58	Grupos de areniscas
T59	Formación T59	Grupos de areniscas
T60	Formación T60	Grupos de areniscas
T61	Formación T61	Grupos de areniscas
T62	Formación T62	Grupos de areniscas
T63	Formación T63	Grupos de areniscas
T64	Formación T64	Grupos de areniscas
T65	Formación T65	Grupos de areniscas
T66	Formación T66	Grupos de areniscas
T67	Formación T67	Grupos de areniscas
T68	Formación T68	Grupos de areniscas
T69	Formación T69	Grupos de areniscas
T70	Formación T70	Grupos de areniscas
T71	Formación T71	Grupos de areniscas
T72	Formación T72	Grupos de areniscas
T73	Formación T73	Grupos de areniscas
T74	Formación T74	Grupos de areniscas
T75	Formación T75	Grupos de areniscas
T76	Formación T76	Grupos de areniscas
T77	Formación T77	Grupos de areniscas
T78	Formación T78	Grupos de areniscas
T79	Formación T79	Grupos de areniscas
T80	Formación T80	Grupos de areniscas
T81	Formación T81	Grupos de areniscas
T82	Formación T82	Grupos de areniscas
T83	Formación T83	Grupos de areniscas
T84	Formación T84	Grupos de areniscas
T85	Formación T85	Grupos de areniscas
T86	Formación T86	Grupos de areniscas
T87	Formación T87	Grupos de areniscas
T88	Formación T88	Grupos de areniscas
T89	Formación T89	Grupos de areniscas
T90	Formación T90	Grupos de areniscas
T91	Formación T91	Grupos de areniscas
T92	Formación T92	Grupos de areniscas
T93	Formación T93	Grupos de areniscas
T94	Formación T94	Grupos de areniscas
T95	Formación T95	Grupos de areniscas
T96	Formación T96	Grupos de areniscas
T97	Formación T97	Grupos de areniscas
T98	Formación T98	Grupos de areniscas
T99	Formación T99	Grupos de areniscas
T100	Formación T100	Grupos de areniscas

ROCAS IGNEAS

T1	Diorita
T2	Granito
T3	Andesita
T4	Basalto
T5	Trasformación
T6	Zona de metamorfismo
T7	Metamorfismo de alta presión
T8	Metamorfismo de alta temperatura
T9	Metamorfismo de alta presión y alta temperatura
T10	Metamorfismo de alta presión y alta temperatura (T)

Figura 7 CORTES GEOLOGICOS AA' Y BB' PIEDRA SENTADA

3.4 EXPLORACION GEOFISICA

Inicialmente el método CSAMT fue aplicado cubriendo la totalidad del área, para saber la distribución regional de la resistividad. Esta resistividad de las rocas refleja la geología, las estructuras geológicas y la mineralización. Después del cubrimiento total del área con el método CSAMT, las zonas de baja resistividad fueron seleccionadas para el uso del método eléctrico exploratorio de SIP.

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 Ω -m y en medio del área prospectada, una zona baja resistividad 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 Esmita y Popayán. Por otra parte, el área de baja resistividad detectado cerca de la Puertica está relacionado con las fallas de la zona.

La baja resistividad que se encontró en las rocas intrusivas de granodiorita se atribuyo 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 Depresión y en El Potrero, donde la prospección 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 de SIP conducida en esta área tuvo como centro a este bajo resistivo. Fuertes anomalías SIP fueron confirmadas junto con resistividades inferiores a 300 Ω -m.

Resistividades aparentes de más de 300 Ω -m corresponden con fases inferiores a -20 mrad. Por lo tanto la granodiorita con resistividad menor de 300 Ω -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 un poco diferente, lo 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 y seguido por el SIP resultó adecuado. A pesar de eso, el bajo resistivo acompañado de las fuertes anomalías de SIP en ambos extremos de las líneas, no puede ser aún totalmente confirmado.

Juzgando por los caracteres antes mencionados, hay una posibilidad de existencia del depósito de pórfido cuprífero, pero los indicaciones superficiales son débiles mostrando alteración propilitica en la periferia y mostrando además contenidos altos de pirita a ambos lados de las líneas de SIP efectuadas en la zona.

A fin de probar tal idea, se recomendó perforar como mínimo un pozo en la mitad de la línea A de SIP.