

**PROSPECCION GEOQUIMICA PARA ORO, PLATA, ANTIMONIO Y MERCURIO
EN LOS MUNICIPIOS DE SALENTO, QUINDIO Y CAJAMARCA, TOLIMA**

Informe 1692

Por:

HERNANDO LOZANO Q., HUMBERTO PEREZ S., DARIO MOSQUERA T.

Instituto Nacional de Investigaciones
Geológico-Mineras

1976

CONTENIDO

Página

RESUMEN	9
1. INTRODUCCION	9
1.1. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA	10
2. GEOLOGIA REGIONAL	12
2.1. ROCAS METAMORFICAS	12
2.1.1. FILITAS Y ESQUISTOS NEGROS CUARZO - SERICITICO - GRA- FITOSOS	12
2.1.2. ESQUISTOS VERDES CLORITICO - ACTINOLITICOS	12
2.1.3. CUARCITAS	12
2.1.4. ANFIBOLITAS	12
2.1.5. NEIS INTRUSIVO	12
2.2. ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS	13
2.2.1. COMPLEJO IGNEO DEL RIO NAVARCO	13
2.2.2. DIABASAS	13
2.2.3. PORFIDOS DACITICOS	13
2.2.4. ANDESITAS PORFIRITICAS HORNBLENDICAS	13
2.3. ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS	14
2.3.1. LAVAS ANDESITICAS Y ANDESITICO-BASALTICAS	14
2.3.2. ROCAS PIROCLASTICAS	14
2.4. ROCAS SEDIMENTARIAS RECIENTES	14
2.4.1. MORRENAS	14
2.4.2. FLUJOS DE LODO	14
2.4.3. DEPOSITOS ALUVIALES	14
3. INTERPRETACION GEOQUIMICA DE ROCAS	14
3.1. CONTENIDO DE ELEMENTOS EN ROCAS METAMORFICAS	15
3.1.1. DIAGRAMAS TRIANGULARES	18
3.1.2. DIAGRAMAS DE CORRELACION	18
3.1.3. GRAFICOS DE CONCENTRACION MEDIA	18
3.2. CONTENIDO DE ELEMENTOS EN ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS	18
3.2.1. DIAGRAMAS TRIANGULARES	22
3.2.2. DIAGRAMAS DE CORRELACION	22
3.2.3. GRAFICOS DE CONCENTRACION MEDIA	22
3.3. COMPARACION DEL CONTENIDO MEDIO DE ELEMENTOS EN EL CONJUNTO DE ROCAS IGNEO-METAMORFICAS CON LOS MATERIALES TOBACEOS	25
3.3.1. GRAFICOS DE CONCENTRACION MEDIA	25
4. OCURRENCIAS MINERALES	27
4.1. FILONES HIDROTERMALES	27
4.1.1. MINERALIZACIONES DE ORO Y PLATA	27
4.1.2. MINERALIZACIONES DE ANTIMONIO	29
4.1.3. MINERALIZACIONES DE MERCURIO	29
4.2. ALUVIONES	29
5. RELACION ENTRE LAS ROCAS IGNEAS Y LAS MINERALIZACIONES.	29
6. INTERPRETACION GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS ACTIVOS	31
6.1. ANOMALIAS GEOQUIMICAS EN SEDIMENTOS ACTIVOS	32
6.1.1. FINOS SELECCIONADOS	35

6.1.1.1. Anomalías geoquímicas para un solo elemento	41
6.1.1.2. Anomalías geoquímicas para elementos superpuestos	41
6.1.2. CONCENTRADOS EN BATEA	56
6.1.2.1. Anomalías geoquímicas para elementos superpuestos	67
7. ZONAS DE DRENAJE ANOMALO MAS IMPORTANTES	70
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	76

FIGURAS

1. Mapa índice mostrando la localización del área estudiada	11
2. Diagramas triangulares: a) Fe, Mg, Ca, b) Fe + Ti, Mg + Ca, Ba X 100, c) Ba, Sr. Esquistos verdes y esquistos negros, análisis espectrográfico	19
3. Diagramas de correlación: a) Ba vs Sr, b) Cu vs Mo, c) Cu vs Pb, d) Cu vs Ag. Esquistos verdes y esquistos negros, análisis espectrográfico	20
4. Gráficos de concentración media de elementos. Esquistos verdes y esquistos negros. Análisis espectrográfico	21
5. Diagramas triangulares: a) Fe, Mg, Ca, b) Fe + Ti, Mg + Ca, Ba X 100, c) Ba, Cr, Sr. Pórfidos dacíticos y andesitas porfíricas, análisis espectrográfico	22
6. Diagrama de correlación : a) Mg + Ca vs Cu, y, b) Ba vs Sr. Pórfidos dacíticos y andesitas porfíricas - Análisis espectrográfico	23
7. Gráficos de concentración media de elementos pórfidos dacíticos y andesíticas. Análisis espectrográfico	24
8. Gráficos de concentración media de elementos. Conjunto de rocas ígneo-metamórficas y materiales tobáceos. Análisis espectrográficos	26
9. Ocurrencias de minerales metálicos	28
10. Relación entre las rocas ígneas y las mineralizaciones	30
11. Gráfico de concentración media de elementos. Sedimentos activos, fracción fina y fracción pesada. Análisis espectrográfico	34
12. Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Hg y Sb. Sedimentos activos, fracción fina	36
13. Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Au y Ba. Sedimentos activos, fracción fina	37
14. Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Ag y Pb. Sedimentos activos, fracción fina	38

15. Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Zn y Cu. Sedimentos activos, fracción fina	39
16. Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Mo. Sedimentos activos, fracción fina y para Ba sedimentos activos, fracción pesada	40
17. Contenido de mercurio. Sedimentos activos, fracción fina. Detector para Hg.	42
18. Contenido de antimonio. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis colorimétrico	43
19. Contenido de oro. Sedimentos activos, fracción fina. Absorción atómica . . .	44
20. Contenido de bario. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis espectrográfico	45
21. Contenido de plata. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis espectrográfico	46
22. Contenido de plomo. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis espectrográfico	47
23. Contenido de zinc. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis espectrográfico	48
24. Contenido de cobre. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis espectrográfico	49
25. Contenido de estroncio. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis espectrográfico	50
26. Contenido de molibdeno. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis colorimétrico	51
27. Anomalías de elementos superpuestos. Sedimentos activos, fracción fina.	53
28. Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Ag y Pb. Sedimentos activos, fracción pesada	57
29. Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Zn y Cu. Sedimentos activos, fracción pesada	58
30. Contenido de Bario. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis Espectrográfico	59
31. Contenido de Plata. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis espectrográfico	60
32. Contenido de plomo. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis espectrográfico	61

33. Contenido de zinc. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis espectrográfico	62
34. Contenido de cobre. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis espectrográfico	63
35. Contenido de Arsénico. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis espectrográfico	64
36. Contenido de estroncio. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis espectrográfico	65
37. Anomalías de elementos superpuestos. Sedimentos activos, fracción pesada .	68
38. Zonas de drenaje anómalos más importantes. Sedimentos activos, fracción fina	72

TABLAS

1. Porcentaje de área aflorante de las diferentes unidades roca. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima	15
2. Límite inferior de detección de los elementos que analiza el espectrógrafo de emisión marca Jarrel Ash, modelo Wadsworth	15
3. Contenido promedio, máximo, mínimo y mediano de los diferentes elementos en las distintas unidades roca. Análisis espectrográfico. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima	16
4. Contenido promedio, máximo, mínimo y medio de los diferentes elementos en los sedimentos activos. Fracción pesada y fracción fina. Análisis espectrográfico. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima	33
5. Valores estadísticos de background y threshold - fracción fina-. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima	35
6. Intervalos de valores y porcentajes de concentración de los elementos indicadores. Fracción fina. Análisis espectrográficos, detector, absorción atómica y colorimetría. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima	52
7. Valores estadísticos de background y threshold, de los elementos indicadores. Análisis espectrográfico. Fracción pesada. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima	56
8. Intervalos de valores y porcentajes de los elementos indicadores. Fracción pesada. Análisis espectrográficos. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima.	66
9. Valores mínimos y máximos en las anomalías para un elemento y en las anomalías superpuestas para dos o más elementos. Sedimentos activos - fracción fina. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima	73

PLANCHA

1. Mapa Geológico del área entre los municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima (en bolsillo)

* * *

RESUMEN

En el área de los municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima, de interés para Au, Ag, Sb y Hg, se llevó a cabo un programa de prospección geoquímica regional, en base a muestras de sedimentos activos complementadas con muestras de rocas y filones.

En la región predominan rocas metamórficas del Grupo Cajamarca, las cuales son intruidas principalmente, por cuerpos pequeños de pórfidos dacíticos. Este conjunto fue posteriormente afectado por las fallas de Aranzazu y La Palestina. Finalmente, en eventos volcánicos recientes fueron depositados flujos de lavas y materiales piroclásticos.

La composición química de las distintas unidades roca está reflejada por las variaciones de los diferentes elementos, en los gráficos de concentración media, diagramas de correlación y diagramas triangulares. Los sedimentos activos, base principal del presente estudio, se forman a partir de materiales aportados por las diferentes rocas, de acuerdo a la resistencia de éstas a la meteorización y erosión. Materiales no consolidados como las tobas, contribuyen notoriamente a la formación de los sedimentos, aportando en este caso las concentraciones más altas de Pb y Sr, razón por la cual, estos dos elementos no se pueden utilizar individualmente como indicadores de mineralizaciones hidrotermales en el área.

Comparando la distribución de las mineralizaciones y sus anomalías asociadas, con la localización de las rocas ígneas y las fallas mayores, se observa que posiblemente existen tres clases diferentes de ocurrencias minerales hidrotermales: a) Mineralizaciones de Hg relacionadas a la Falla de Aranzazu, b) Manifestaciones de Sb asociadas a las fallas de Aranzazu y La Palestina, y c) Filones de Au y Ag conectados genéticamente con intrusiones de pórfidos dacíticos. En esta última, aparentemente se pueden distinguir dos zonas: 1) Una interna de alta temperatura donde afloran en forma frecuente apófisis de pórfidos dacíticos y donde la relación

$AgX\ 100/Ag + Pb + Zn + Cu$ es menor que la relación Cu/Zn en filones, y 2) Una zona marginal de baja temperatura donde no afloran rocas ígneas y la relación $AgX100/Ag + Pb + Zn + Cu$ es mayor que la relación Cu/Zn .

Relacionando la localización de las mineralizaciones con las anomalías encontradas, se observó que los elementos indicadores de mineralizaciones en sedimentos activos son: a) Hg para manifestaciones de cinabrio, b) Sb para filones con estibina, y c) Anomalías superpuestas de dos o más elementos tales como Au, Sb, Ag, Pb, Sr, Zn, Ba, Cu y Mo para mineralizaciones de Au y Ag.

La fracción pesada de los sedimentos activos muestra concentraciones más altas en la mayoría de los elementos que la fracción fina, pero comparando los drenajes anómalos de estas dos fracciones, se advierte que son muy semejantes; por lo tanto, se sugiere utilizar solamente la fracción fina para futuros trabajos de exploración geoquímica regional en áreas similares, debido a la facilidad en la recolección de las muestras y en la elaboración de los análisis.

Las zonas anómalas de interés están asociadas tanto a mineralizaciones conocidas como a sitios donde se desconocen ocurrencias minerales. Los drenajes anómalos más importantes son los siguientes: a) Para ocurrencias de Au y Ag, la quebrada Guayabal, los nacimientos de las quebradas San Rafael y Campoalegre, nacimientos de los ríos Navarco y Tochecito y parte alta de la quebrada La Plancha. b) Para manifestaciones de Hg, el afluente oriental parte media del río Navarco y la parte baja de la quebrada Santa Lucía, y c) Para manifestaciones de Sb, la parte media y afluentes orientales de la quebrada Aguas Claras.

1. INTRODUCCION

El área comprendida entre los municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima, muestra un evidente agrupamiento de

ocurrencias minerales filonianas de Au, Ag, Sb y Hg, las cuales han sido explotadas en forma transitoria desde finales del siglo pasado.

El objetivo principal del presente estudio es delimitar mediante un muestreo geoquímico de sedimentos activos, drenajes anómalos que conduzcan a la localización de nuevas zonas mineralizadas de interés económico, y además, establecer guías que sirvan de base en la exploración e interpretación geoquímica de otras regiones con condiciones geológicas similares en la Cordillera Central. Para lograr estos objetivos se investigaron tres puntos básicos: 1) La posible relación genética de las rocas ígneas con las mineralizaciones. 2) El contenido normal de los diferentes elementos en las rocas y su contribución media a los sedimentos activos, y 3) La importancia relativa de las dos fracciones en los sedimentos activos para la delimitación de drenajes anómalos.

Los trabajos de prospección geoquímica llevados a cabo hasta el momento por el INGEOMINAS en la Cordillera Central, se han efectuado fundamentalmente a partir de análisis de la fracción pesada -no magnética- de sedimentos activos, sin tener en cuenta la información suministrada por los finos seleccionados, ni el aporte de la roca a los sedimentos activos (KASSEM, T., et al., 1971, PEREZ, H., LOZANO, H., 1975).

En los 600 km² que cubren el área estudiada, se recolectaron en los cauces de ríos y quebradas, 518 muestras de sedimentos activos -fracción fina- y 537 muestras de concentrados en batea. Simultáneamente se elaboró el mapa geológico y se seleccionaron para análisis 120 muestras representativas de las distintas unidades roca.

El trabajo de campo se realizó durante los años de 1972 y 1973 y en él colaboraron los siguientes geólogos del INGEOMINAS: D. Mosquera, V. E. Pérez, H. Cáceres, H. Pérez, C. J. Buitrago, C. Heredia, C. J. Vesga, H. Lozano y H. Gaitán.

Las muestras de sedimentos activos y de rocas fueron analizadas por el método espectrográfico semicuantitativo para 33 elementos. Las muestras de la fracción fina fueron también analizadas por detector para Hg, absorción atómica para Au, y colorimetría para Sb y Mo. Además se utilizaron los análisis espectrográficos de filones que fueron visitados durante la realización del Mapa de Ocurrencias Minerales en el departamento del Tolima (BUITRAGO, C., BUENAVENTURA, J., 1975).

Con la anterior información se elaboraron diagramas de correlación, gráficos comparativos de concentración media y diagramas triangulares para conocer el contenido de los elementos en las rocas. Los valores de background y threshold en los sedimentos activos se calcularon a partir de histogramas y curvas de frecuencia acumulativa.

1.1. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA

El área estudiada se encuentra localizada al noreste del departamento del Quindío y al noroeste del departamento del Tolima; comprende casi la totalidad del municipio de Salento y parte del municipio de Cajamarca. Tiene una extensión de 600 km² y está ubicada en las planchas 244-IV-C; 225-III-D, 225-IV-C, 243-II-A, 243-II-C, 244-I-B, 244-I-D, 244-II-A y 244-II-C del IGAC. Geográficamente está definida por las coordenadas: 4°41'46" y 4°25'00" de latitud norte y 75°37'46" y 75°23'14" de longitud oeste (Fig. 1).

Las altitudes de la zona varían entre 2000 y 4200 m sobre el nivel del mar. La cima de la Cordillera Central tiene clima de páramo y hacia los flancos clima frío. Las temperaturas varían entre 4 y 17°C y toda la zona presenta alta precipitación pluvial. El relieve de la región es abrupto, con pendientes fuertes y pronunciadas que originan arroyos de cauces estrechos y profundos, los cuales forman abundantes saltos. La zona tiene baja densidad de población y escasas vías de comunicación. La vegetación es de tipo herbá-

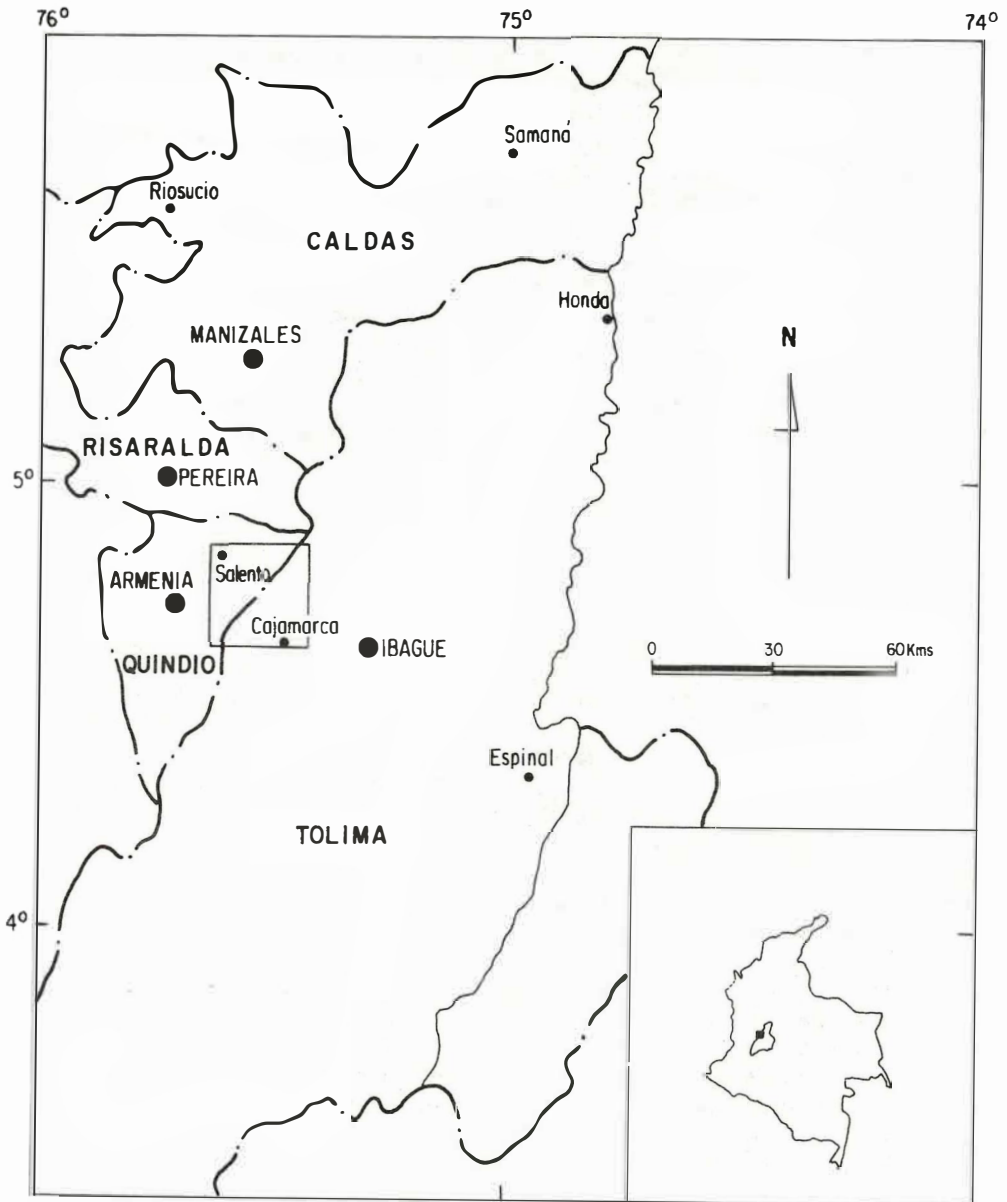


FIG. 1: Mapa índice mostrando la localización del área estudiada.

ceo con pocos arbustos y los bosques naturales han sido en su mayoría talados para la siembra de pastos.

2. GEOLOGIA REGIONAL

En el área se advierte un marcado predominio de rocas metamórficas y en menor proporción rocas ígneas, tanto intrusivas como extrusivas y rocas sedimentarias recientes. Plancha 1 (en bolsillo).

Las rocas metamórficas están afectadas por dos fallas regionales: a) Falla de La Amargura, la cual aparentemente es la prolongación sur de la Falla de La Palestina, con dirección N-NE (KASSEM, T., et al., 1971), y b) Falla de Aranzazu o Manizales con dirección N-S (MOSQUERA, D., et al., 1974). Asociadas a las fallas principales se observa un gran número de fracturas de poco desplazamiento.

2.1. ROCAS METAMORFICAS

Las rocas metamórficas están representadas por filitas y esquistos negros cuarzo - sericítico - grafitosos, esquistos verdes clorítico - actinolíticos, cuarcitas, anfibolitas y neises cuarzo - feldespático - biotíticos.

Esta secuencia metamórfica es la que presenta mayor exposición en el área. Está fuertemente plegada, siendo la dirección regional de la foliación aproximadamente norte - sur con ligeras variaciones al este y al oeste. Se caracteriza por una alternancia no bien definida de los anteriores tipos de rocas, en las cuales se observan cambios laterales de facies que originan interdigitaciones de un tipo de roca en otro. Nelson, H. (1956), denominó este conjunto, Grupo de Cajamarca, asignándole una edad paleozoica. Barrero, D. et al. (p.153, 1969), le atribuyen una edad paleozoica inferior, probablemente Cambro-ordoviciana.

El Grupo Cajamarca en el área estudiada, presenta metamorfismo regional dinámico - término de bajo grado, característico de la facies esquistos verde.

2.1.1. FILITAS Y ESQUISTOS NEGROS CUARZO-SERICITICO-GRAFITOSOS

Son rocas laminadas de color negro cuando frescas, y gris claro cuando están alteradas. Tienen grano fino, laminación hasta de 1 mm y frecuentemente se observa cuarzo lechoso inyectado en forma de lentejones a través de los planos de foliación. Están compuestas de cuarzo, feldespato, sericita, grafito y trazas de pirita.

2.1.2. ESQUISTOS VERDES CLORITICO-ACTINOLITICOS

Son rocas de color verde oliva cuando frescas y de color ocre cuando están alteradas; se encuentran foliadas y en estratos macizos. Están compuestas por anfibolita, epidota, clorita, albita y en menor proporción cuarzo y minerales opacos. La presencia de intercalaciones delgadas de cuarzo y material carbonatado es frecuente, dando localmente a la roca un aspecto néisico.

2.1.3. CUARCITAS

Comúnmente los afloramientos son frescos y macizos, la roca es de color gris claro a negro y de grano fino. Está compuesta por cuarzo, feldespato y ocasionalmente biotita. Presenta inyecciones de cuarzo lechoso algunas veces mineralizado con pirita, blenda y galena.

2.1.4. ANFIBOLITAS

Son rocas de grano medio a grueso, bien foliadas y ocasionalmente cizalladas. Están compuestas de hornblenda plagioclasa con algo de cuarzo y pirita diseminada (1%). Se presentan comúnmente atravesadas por venillas de material cuarzo - feldespático.

2.1.5. NEIS INTRUSIVO

Roca de color gris claro, orientada, inequigranular, grano medio a grueso, compuesto por cuarzo anhedral (50%) con extinción ondulatoria, plagioclasa sericitizada (20-26%), clorita (hasta 23%) producto de alteración de biotita, y moscovita (hasta 20%).

Esta roca intruye a las anfibolitas formando en algunos contactos zonas de migmatización. La asociación neis intrusivo y anfibolita se ha observado en varios sitios de la Cordillera Central. En el área, forman en conjunto una franja de 15 km de largo por 3 km de ancho. La edad radiométrica para una roca similar cartografiada en el cuadrángulo K-9 (BARRERO, D., VESGA, J., et al., 1972) es de 205 ± 7 m.a., establecida por el método K/A en biotita (MARVIN, F., et al., 1973).

2.2. ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS

Las rocas ígneas intrusivas cubren aproximadamente el 4% del área y están representadas por cuatro tipos bien diferenciados: Complejo Igneo del Río Navarco, diabasas, pórfidos dacíticos y andesitas porfiríticas hornbléndicas.

2.2.1. COMPLEJO IGNEO DEL RIO NAVARCO

Se da este nombre a un cuerpo de forma alargada en dirección N-S que aflora al oeste del área, y en una superficie de 10 km^2 (MOSQUERA, D., et al., 1974). Está compuesto por un conjunto de rocas de composición diorítica a cuarzdiorítica que difieren en el tamaño del grano y contenido de máficos. Presenta xenolitos de rocas metamórficas del Grupo Cajamarca.

Por su similaridad en composición se ha correlacionado este cuerpo con el Complejo Igneo de Samaná, de edad cretácea inferior (BARRERO, D., VESGA, J., et al., 1972).

2.2.2. DIABASAS

Se presentan dos pequeños cuerpos de diabasa de forma alargada, en dirección aproximada N-S. Uno está localizado 8 km al sur de la población de Salento, en el cauce del río Navarco y el otro en el sitio denominado La Línea, carretera Cajamarca-Calarcá. Tienen color verde, grano fino y poco diaclasamiento.

2.2.3. PORFIDOS DACITICOS

Afloran como pequeños stocks hacia la parte central del área y principalmente al este de la Falla de Aranzazu.

La roca tiene matriz afanítica, color gris medio, fenocristales de plagioclasa, pequeños cristales de hornblenda cloritizada y piritita diseminada.

Estudios microscópicos mostraron matriz microgranular, compuesta por plagioclasa y cuarzo, que varía entre 50 y 60%. Los fenocristales de plagioclasa (30-40%) son anhedrales a subhedrales: $n >$ bálsamo, An 30-40, oligoclasa - andesina; la mayoría de los cristales son zonados y hacia el centro se observa sausrutización con alteración parcial a sericita, epidota y calcita. El cuarzo (10-20%), se presenta en fenocristales grandes, subhedrales, limpios, con inclusiones fluidas, pero la mayoría está restringido a la matriz en forma microgranular. La hornblenda se encuentra totalmente alterada principalmente a clorita. (5-15%), con calcita, epidota, esfena y magnetita asociadas. Biotita sólo se observa en algunas muestras y ocasionalmente como cristales individuales aislados. Piritita entre 1 y 4%, se presenta diseminada en cristales anhedrales pequeños.

2.2.4. ANDESITAS PORFIRITICAS HORNBLENDICAS

Afloran al oeste del área en forma de pequeños apófisis asociados a las fallas mayores.

La roca tiene matriz afanítica, color gris oscuro, fenocristales anhedrales a subhedrales de plagioclasa hasta de 1 cm, y pequeños cristales de hornblenda.

La matriz es finogranular, feldespática y varía entre 45 y 62%. La plagioclasa (16-35%) se presenta bien maclada, en general fresca; algunas están zonadas y parcialmente se alteran a sericita: $n >$ bálsamo, An 40-48, andesina. El cuarzo (hasta 1%) es anhedral y presenta bordes reabsorbidos. La hornblenda (8-20%) es euhedral a subhe-

dral y se encuentra parcialmente alterada a clorita y biotita. Los opacos (hasta 1%) están representados por cristales euhedrales pequeños de piritita.

2.3. ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS

Afloran lavas andesíticas y andesítico-basálticas, y rocas piroclásticas, correspondiente al Complejo Volcánico del Ruiz y Tolima. Este sistema está constituido por siete cuellos volcánicos, lineados en dirección N-S y ubicados en la cima de la Cordillera Central.

2.3.1. LAVAS ANDESITICAS Y ANDESITICO-BASALTICAS

Hacia el NE se presenta una secuencia de lavas de composición andesítica con hiperstena y augita, de edad Pleistoceno-Holoceno (HERD, G., 1974).

Estas rocas se originaron por emanaciones de lava de los volcanes nevados del Quindío y Tolima; tiene color gris claro, comúnmente vesiculares, muestran estratificación por flujo y descansan en discordancia angular sobre rocas metamórficas del Grupo Cajamarca.

2.3.2. ROCAS PIROCLASTICAS

Como consecuencia del carácter explosivo intermitente del vulcanismo, se encuentran varios ciclos de materiales tobáceos. Estos materiales fosilizan y suavizan la topografía pre-existente, cubriendo aproximadamente un 35% del área, en forma de parches irregulares con espesores que llegan hasta los 100 m. Se distinguen dos tipos: a) tobas feldespáticas, que se meteorizan formando arcillas compactas, y b) tobas pumíticas.

2.4. ROCAS SEDIMENTARIAS RECIENTES

Se observan tres tipos diferentes de depósitos sedimentarios: morrenas, flujos de lodo y depósitos aluviales.

2.4.1. MORRENAS

Son acumulaciones marginales de los glaciares, compuestos esencialmente de bloques subangulares de rocas volcánicas.

2.4.2. FLUJOS DE LODO

En los alrededores de la localidad de Salento se encuentra un depósito de flujo de lodo, de matriz tobácea-arenácea y bloques subangulares a subredondeados de rocas volcánicas.

En la cuenca del río Toche y en las cercanías de Cajamarca se presenta otro flujo de lodo, compuesto esencialmente por cenizas volcánicas hasta de 100 m de espesor.

2.4.3. DEPOSITOS ALUVIALES

Son depósitos no diferenciados de arenas y conglomerados, relativamente sueltos y acumulados en los cauces de ríos y quebradas. Los más importantes por su magnitud son los formados por el río Quindío.

3. INTERPRETACION GEOQUIMICA DE ROCAS

En la realización de cualquier programa de exploración geoquímica, donde se utilicen como base de la investigación sedimentos activos, se deben tener en cuenta, entre otros, los siguientes factores: 1) tipos de rocas que afloran en el área, 2) proporción o abundancia de las diferentes rocas, 3) facilidad con que las distintas unidades roca se descomponen y son transportadas, 4) concentración media de los elementos en las distintas unidades, 5) en el caso de rocas ígneas, averiguar en lo posible si éstas pertenecen a uno o varios períodos magmáticos y sus relaciones con las mineralizaciones.

Estos aspectos serán brevemente discutidos más adelante en cada una de las principales unidades roca.

La Tabla 1 muestra los tipos de rocas que afloran en el área con sus respectivos porcentajes de área aflorante.

UNIDADES	% DE AREA AFLORANTE
Cuarcita	2.9
Neis Intrusivo	4.0
Esquistos Negros	27.0
Esquistos Verdes	18.0
Complejo Igneo del Río Navarco	2.0
Diabasa	0.1
Pórfidos Dacíticos	1.0
Andesitas Porfiríticas Hornbléndicas	1.0
Lava andesítica	8.0
Flujos de lodo	4.0
Material tobáceo	30.0
Cuaternario Aluvial	2.0

TABLA 1. Porcentaje de área aflorante de las diferentes unidades roca. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima.

Las rocas ígneas y metamórficas, dadas sus condiciones de formación presentan mayor resistencia a la meteorización y erosión que las tobas. Estas últimas forman una cobertura irregular con espesores variables de materiales sueltos, los cuales son fácilmente transportados por las corrientes de agua. Por consiguiente, las tobas representan la mayor contribución a los sedimentos activos, factor que puede llegar a influir en la interpretación de los resultados.

Para averiguar la proporción de los elementos aportados a los sedimentos, se analizaron 120 muestras de las diferentes rocas, discriminadas así: cuarcitas (10), neis intrusivo (4), esquistos negros (28), esquistos verdes (21), Complejo Igneo del río Navarco (4), pórfidos dacíticos (10), andesitas porfiríticas (23), tobas (16) y otros (4).

Las muestras fueron analizadas por el método espectrográfico semicuantitativo para 33 elementos, en la Subdirección de Investigaciones Químicas del INGEOMINAS, por los químicos V.J. García, F. Roa y D. Monsalve. Esta sección dispone de un espectrógrafo de emisión marca Jarrel Ash, modelo Wadsworth, de 1.5 m de largo, dispersión lineal de 10.8 Angstroms por mm y rata de dispersión de 15.000 ranuras por pulgada. Los límites inferiores de detección del espectró-

grafo para los diferentes elementos aparecen en la Tabla 2.

Elemento	Límite de detección (ppm)	Elemento	Límite de detección (ppm)
Fe	500	La	20
Mg	200	Mo	5
Ca	500	Ni	5
Ti	20	Nb	10
Mn	10	Pb	10
Ag	0.5	Pd	5
Au	10	Pt	30
As	200	Sb	100
B	10	Sc	5
Ba	20	Sn	10
Be	1	Sr	100
Bi	10	V	10
Cd	20	W	50
Co	5	Y	10
Cr	10	Zr	10
Cu	5	Zn	200
Ga	10		

TABLA 2. Límite inferior de detección de los elementos que analiza el espectrógrafo de emisión marca Jarrel Ash, modelo Wadsworth.

La Tabla 3, muestra el contenido promedio, máximo, mínimo y mediano de los diferentes elementos en las distintas unidades rocas.

3.1. CONTENIDO DE ELEMENTOS EN ROCAS METAMORFICAS

La composición química de las rocas metamórficas es extremadamente variable, sin embargo la tendencia del metamorfismo, en general, es disminuir esta variación y producir rocas más o menos uniformes en composición mineralógica dentro de una misma facies. Es posible determinar la composición original de una roca metamórfica por su composición original de una roca metamórfica por su composición química aún después de haber sido totalmente recristalizada y de haber desaparecido completamente su estructura original. Mason, B. (p. 279, 1966) basado en los trabajos de Shaw, sugiere que los elementos trazas en rocas metamórficas pueden servir como guías en la investigación

UNIDADES ROCA									
Elemento	Valores	Esquisto Verde	Esquisto Negro	Cuarcita	Neis Intrusivo	Comp. Ign. Río Navarco Dior-Cuarz.	Pórfidos Dacític.	Andesitas Porfirít.	Tobas
		N.M.= 21 ppm	N.M.= 28 ppm	N.M.= 10 ppm	N.M.= 4 ppm	N.M.= 4 ppm	N.M.= 10 ppm	N.M.= 23 ppm	N.M.= 16 ppm
Fe	Pr.	28.500	17.700	23.700	10.000	20.000	11.400	11.700	17.200
	Máx.	50.000	50.000	50.000	15.000	30.000	15.000	20.000	30.000
	Mín.	15.000	3.000	2.000	5.000	15.000	5.000	3.000	10.000
	Md.	20.000	15.000	20.000	10.000	15.000	10.000	10.000	15.000
Ca	Pr.	15.900	1.750	5.610	4.800	8.000	4.500	6.280	7.800
	Máx.	50.000	10.000	20.000	10.000	15.000	7.000	15.000	10.000
	Mín.	2.000	L 500	L 500	700	2.000	2.000	500	5.000
	Md.	15.000	700	3.000	7.000	10.000	5.000	7.000	7.000
Mg	Pr.	14.800	4.960	6.450	6.250	10.000	2.670	4.990	6.900
	Máx.	30.000	20.000	20.000	15.000	15.000	5.000	10.000	15.000
	Mín.	1.500	800	L 200	2.000	5.000	2.000	1.000	2.000
	Md.	15.000	3.000	5.000	5.000	10.000	2.000	5.000	7.000
Ti	Pr.	3.570	2.840	3.700	1.600	3.000	1.000	1.350	2.300
	Máx.	10.000	7.000	7.000	3.000	5.000	1.500	2.000	5.000
	Mín.	700	700	300	700	2.000	700	700	1.500
	Md.	3.000	3.000	2.000	700	2.000	1.000	1.500	2.000
Ba	Pr.	45	524	360	312.5	90	333.3	522	406.3
	Máx.	200	1.000	1.000	700	200	700	1.000	700
	Mín.	L 20	20	100	50	20	200	100	200
	Md.	L 20	500	200	300	100	300	300	300
Mn	Pr.	462	258	286	187	400	115	191	400
	Máx.	1.000	1000	1.000	300	700	300	300	700
	Mín.	200	20	70	100	300	20	70	200
	Md.	300	150	200	200	300	70	200	500
V	Pr.	204	182	250	70	150	46.7	81	78.1
	Máx.	500	500	500	150	300	70	200	150
	Mín.	30	30	10	30	50	30	30	50
	Md.	150	150	200	50	150	50	70	70
Sr	Pr.	112	77	75	100	137.5	250	243	287.5
	Máx.	200	100	100	200	200	300	500	500
	Mín.	100	100	100	100	100	200	100	200
	Md.	100	100	100	100	150	200	200	300
Cu	Pr.	42	40	134	15	32.5	75	18	18.7
	Máx.	100	160	500	30	70	300	70	70
	Mín.	15	7	7	5	10	L 5	5	L 10
	Md.	30	30	30	15	30	50	10	15
Zr	Pr.	74	118	80	80	112.5	47.5	60	82.5
	Máx.	150	200	150	150	150	100	150	150
	Mín.	30	20	10	10	100	15	10	30
	Md.	70	100	70	150	100	30	30	70
Ni	Pr.	31	21	60	19.3	16.3	3.7	6	15.6
	Máx.	100	70	150	50	20	10	20	30
	Mín.	5	5	5	5	10	5	5	L 5
	Md.	20	15	70	15	20	5	7	15
Co	Pr.	29	11	24	10.8	27.5	5.8	8	6.37
	Máx.	50	50	70	15	50	20	20	20
	Mín.	5	5	5	L 5	10	N	5	5
	Md.	30	7	10	15	30	L 5	7	5

Tabla 3.

Continúa

Continuación

Elemento	Valores	UNIDADES ROCA							
		Esquisto Verde	Esquisto Negro	Cuarcita	Neis Intrusivo	Comp.Ign. Río Nariaco	Pórfidos Dacític.	Andesitas Porfírit.	Tobas
		N.M.= 21 ppm	N.M.= 28 ppm	N.M.= 10 ppm	N.M.= 4 ppm	N.M.= 4 ppm	N.M.= 10 ppm	N.M.= 23 ppm	N.M.= 16 ppm
Cr	Pr.	227.4	106.5	194	101.3	72.5	8.2	22.9	49.7
	Máx.	500	500	700	300	150	10	100	100
	Mín.	N	N	N	15	10	N	N	10
	Md.	200	100	100	70	100	L 10	20	50
Sc	Pr.	20.1	13.6	15	4.1	17.5	3.7	7.8	9.3
	Máx.	30	30	30	15	20	5	20	20
	Mín.	7	5	N	L 5	15	N	L 5	N
	Md.	20	15	15	10	20	L 5	7	7
Ga	Pr.	12.9	12	12	7.8	9.8	10.7	10.4	15.4
	Máx.	30	20	30	10	15	20	15	20
	Mín.	L 10	L 10	N	L 10	L 10	L 10	L 10	L 10
	Md.	15	10	10	L 10	10	10	10	15
Y	Pr.	17.1	14.1	14.4	12.5	17.5	5.7	7	10.2
	Máx.	30	30	20	20	20	L 10	20	20
	Mín.	L 10	N	L 10	N	15	N	N	N
	Md.	15	15	20	20	20	N	L 10	L 10
Be	Pr.	0.2	1.3	0.9	0.8	0.7	0.8	0.7	1.5
	Máx.	1	3	2	1	L 1	1.5	1.5	2
	Mín.	N	N	N	N	N	N	N	1
	Md.	N	2	1	1	L 1	L 1	N	1.5
Mo	Pr.	N	5	6	N	N	N	3	2.3
	Máx.	5	15	20	N	N	N	10	15
	Mín.	N	N	L 5	N	N	N	N	N
	Md.	N	N	L 5	N	N	N	N	N
Pb.	Pr.	N	12	12	6	5.5	6.5	6	27.3
	Máx.	N	70	50	L 10	L 10	10	15	150
	Mín.	N	N	N	N	N	N	N	L 10
	Md.	N	10	L 10	L 10	N	N	N	30
Ag	Pr.	N	0.5	N	N	N	0.3	0.3	N
	Máx.	N	3	5	N	N	0.7	1.5	N
	Mín.	N	L 5	N	N	N	N	N	N
	Md.	N	L 5	1	N	N	N	N	N
La	Pr.	N	13.9	N	N	N	13.3	N	N
	Máx.	N	70	N	N	N	20	N	N
	Mín.	N	N	N	N	N	N	N	N
	Md.	N	L 20	N	N	N	N	N	N

TABLA 3. Contenido promedio, máximo, mínimo y mediano de los diferentes elementos en las distintas unidades roca. Análisis espectrográfico. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima.

NOTA: N = Elemento no detectado en el límite inferior de detección.
 L = Valor menor que el indicado a continuación de la L.
 G = Valor mayor que el indicado a continuación de la G.

N.M. = Número de muestras.
 Valores: Pr. = promedio, Máx.= máximo, Mín.= mínimo, Md. = mediano.

del carácter original de la roca, pues éstos permanecen relativamente constantes después del metamorfismo.

En este estudio no se va a investigar el origen de las rocas metamórficas, sin embargo, usaremos algunos de los conceptos arriba citados, por ser de utilidad en exploración.

3.1.1. DIAGRAMAS TRIANGULARES

Las rocas metamórficas de mayor ocurrencia en el área son esquistos negros y esquistos verdes. La Figura 2 muestra tres diagramas triangulares, calculados con los resultados de los análisis espectrográficos en estos dos tipos de rocas.

En el diagrama (a) con los elementos mayores Fe, Mg y Ca, las rocas presentan agrupaciones diferentes aunque existe una zona de superposición entre las dos unidades.

En el diagrama (b) utilizando elementos mayores asociados Fe + Ti, y Mg + Ca comparados con Ba X 100, la separación entre las dos rocas es más definida.

Por último, en el diagrama (c) combinando los elementos trazas Ba, Cr y Sr, la separación entre los esquistos negros y verdes en total, mostrando los primeros mayor concentración en Ba y los segundos mayor contenido en Cr. Esto indica que los elementos trazas son aparentemente las mejores guías para determinar la composición de las rocas metamórficas. El Ba y el Sr son elementos muy comunes en filones de cuarzo, por tanto es posible utilizarlos como indicadores de mineralizaciones hidrotermales en prospección geoquímica.

3.1.2. DIAGRAMAS DE CORRELACION

La Figura 3 muestra los diagramas de correlación de Ba, vs. Sr, Cu vs. Mo, Cu vs. Pb y Cu vs. Ag en esquistos verdes y en esquistos negros.

En el diagrama (a) los esquistos negros presentan amplia dispersión en la concentración de Ba, entre 300 y 1000 ppm, en tanto que Sr varía únicamente entre 0 y 100 ppm. Los esquistos verdes muestran un contenido muy escaso, inferior a 200 ppm, en estos dos elementos.

En los diagramas (b, c y d), el contenido de Cu para los esquistos verdes y negros varía entre 0 100 ppm, mientras la concentración de Mo, Pb y Ag para algunas muestras es sensiblemente mayor en los esquistos negros.

3.1.3. GRAFICOS DE CONCENTRACION MEDIA

En la Figura 4 se comparan las concentraciones medias de varios elementos: el contenido de Fe, Ca, Mg, Mn, Ni, Co, Cr, Sc y Ga, es mayor en los esquistos verdes; Ba, Zr, Be, Mo, Pb, Ag y La, presentan valores más altos en los esquistos negros, mientras que únicamente el contenido medio de Ti, V, Sr, Cu e Y, es igual en las dos rocas. Estas diferencias pueden deberse principalmente a distinto origen primario en las dos unidades; los esquistos negros, derivados de sedimentos pelíticos y los esquistos verdes posiblemente formados a partir de materiales volcánicos.

Estas gráficas, donde solamente se han tenido en cuenta rocas metamórficas, muestran que valores por encima de 500 ppm en Ba, 100 ppm en Sr, 30 ppm en Cu, 1 ppm en Pb y 1 ppm en Ag, pueden ser indicadores de mineralizaciones, si la interpretación se realiza en base a muestras de roca.

3.2. CONTENIDO DE ELEMENTOS EN ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS

Las rocas ígneas intrusivas constituyen solamente el 4% de las rocas expuestas en el área. De este conjunto únicamente discutiremos someramente los pórfidos dacíticos y las andesitas porfiríticas por su posible relación con las mineralizaciones observadas.

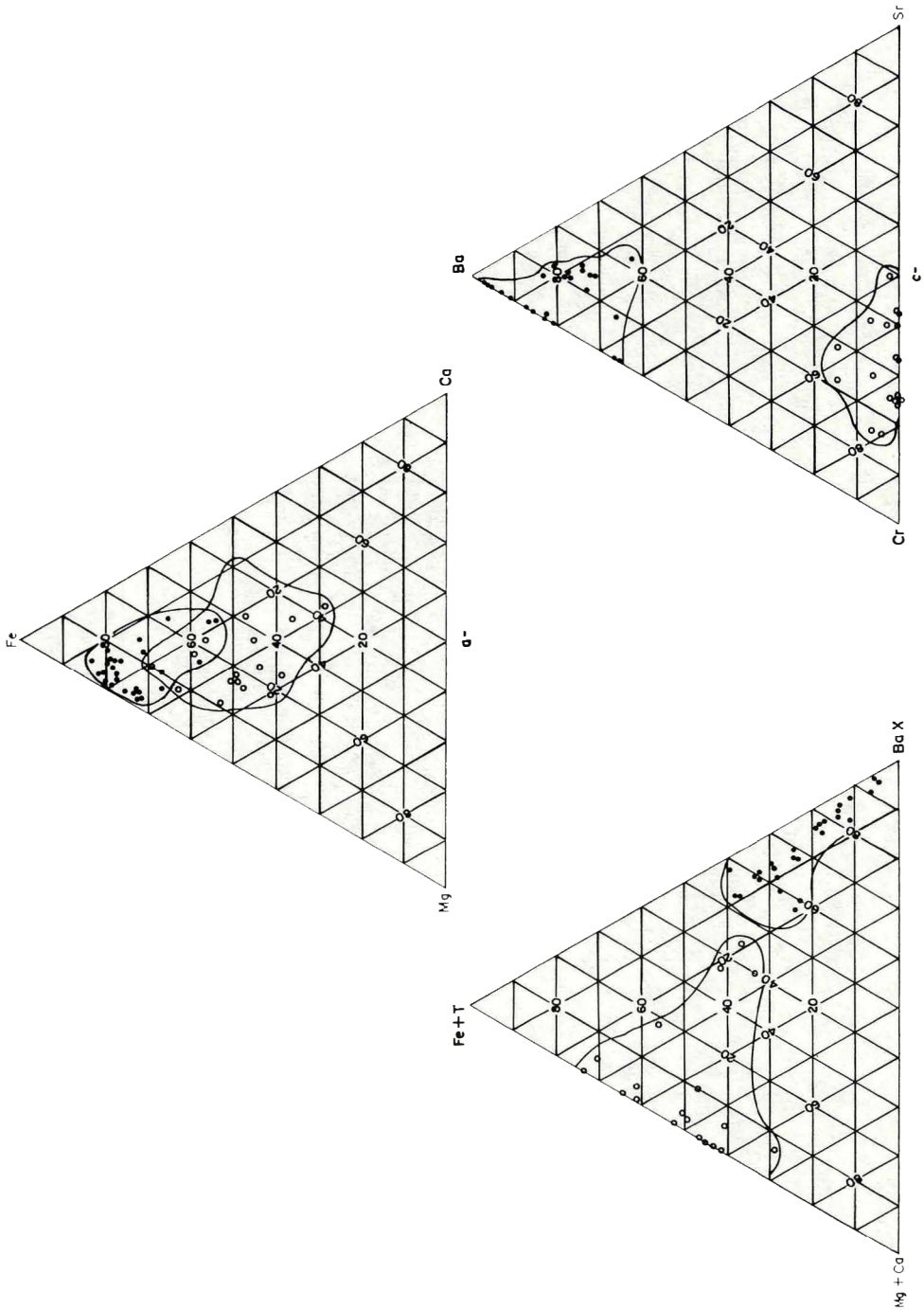


FIG. 2: Diagramas triangulares: a) Fe, Mg, Ca, b) Fe + Ti, Mg + Ca, Ba X 100, c) Ba, Sr. Esquistos verdes y esquistos negros, análisis espectrográfico.

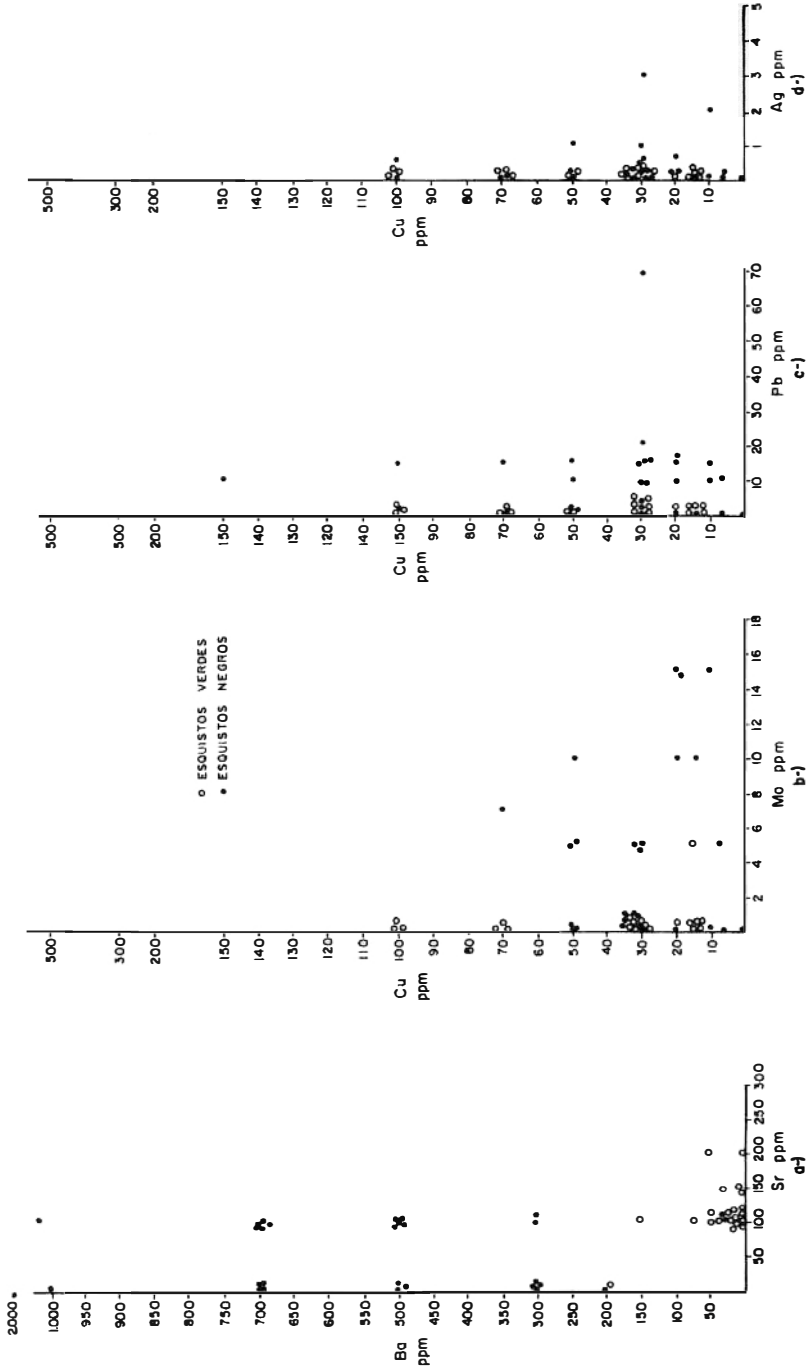


FIG. 3: Diagramas de correlación: a) Ba vs Sr, b) Cu vs Mo, c) Cu vs Pb, d) Cu vs Ag. Esquistos verdes y esquistos negros, análisis espectrográfico.

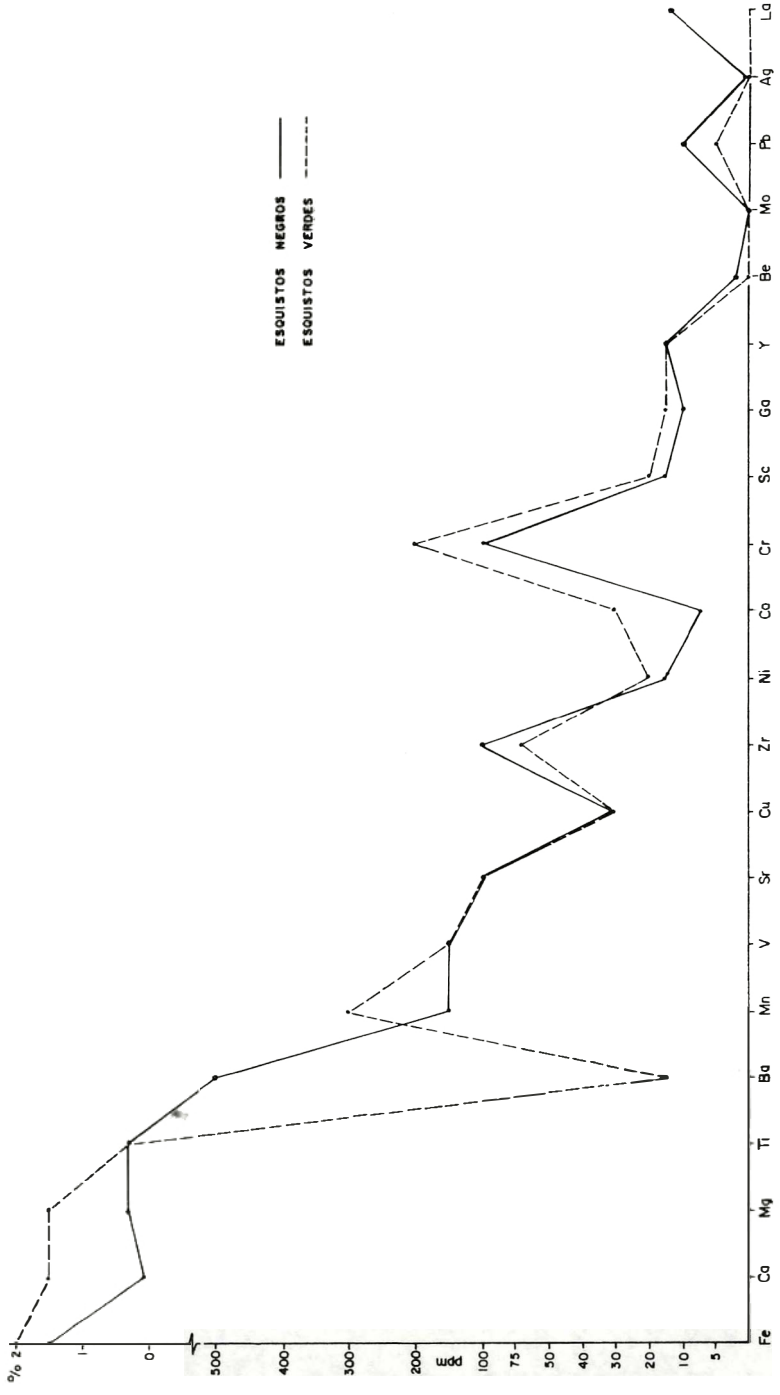


FIG. 4: Gráficos de concentración media de elementos. Esquistos verdes y esquistos negros. Análisis espectrográfico.

3.2.1. DIAGRAMAS TRIANGULARES

La Figura 5 muestra los diagramas triangulares de: a) elementos mayores Fe, Mg, Ca; b) elementos combinados Fe + Ti, Mg + Ca y Ba X 100; y c) elementos trazas Ba, Cr y Sr.

No se presenta en ninguno de los diagramas una distinción clara entre las dacitas y andesitas, sólo se puede anotar que en (b) las andesitas porfiríticas tienen una mayor tendencia a agruparse en valores altos de Ba cuando se comparan con Fe + Ti y Mg + Ca, y en el diagrama (c) las dos rocas presentan muy bajo contenido en Cr en comparación con Ba y Sr.

3.2.2. DIAGRAMAS DE CORRELACION

La Figura 6 muestra los diagramas de correlación: a) Mg+Ca vs Cu; y b) Ba vs Sr.

En (a) el Cu presenta en las dos rocas valores por debajo de 70 ppm.

En (b) las andesitas y dacitas muestran concentraciones de Ba inferiores a 1.000 ppm y de Sr menores de 500. El contenido de otros elementos indicadores tales como Au, Ag, Pb, Mo en la mayoría de los casos es inferior al límite de detección del espectrógrafo.

3.2.3. GRAFICOS DE CONCENTRACION MEDIA

Considerando 21 elementos en los gráficos de concentración media (Fig. 7) se puede observar que las dacitas y andesitas tienen valores aproximadamente iguales en Fe, Ti, Ba, Sr, Zr, Ga, Be, Mo, Pb y Ag. En todos los otros elementos las dacitas muestran contenidos medios menores que los pórfidos andesíticos, a excepción de Cu.

De los diagramas anteriores, se puede deducir que las andesitas y dacitas tienen composición intermedia, no siendo posible establecer una separación definida a partir del contenido en elementos trazas.

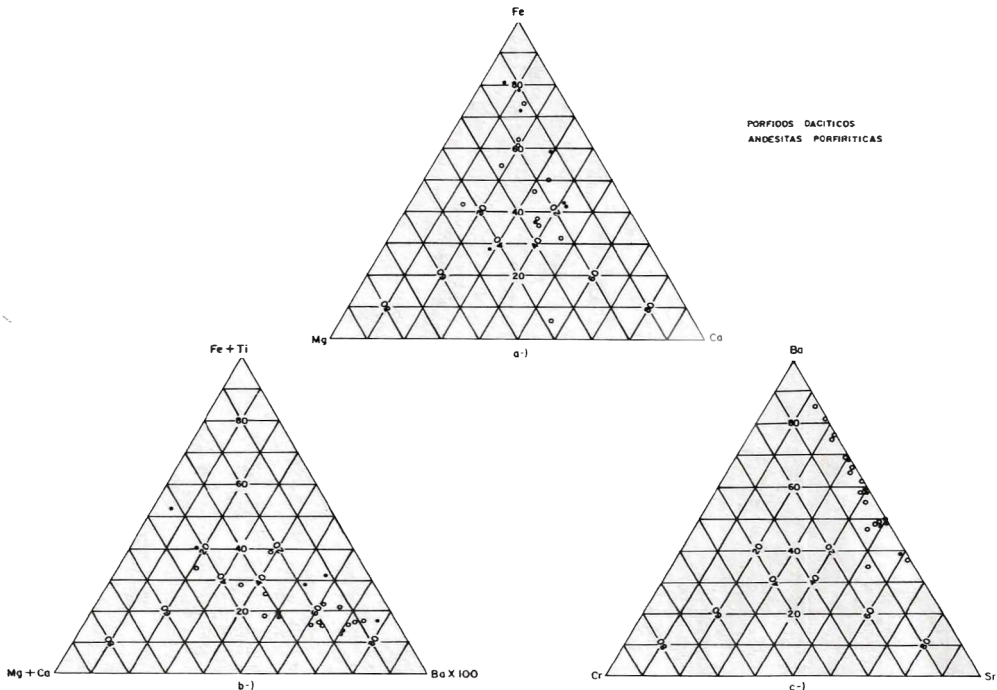


FIG. 5: Diagramas triangulares: a) Fe, Mg, Ca, b) Fe + Ti, Mg + Ca, Ba X 100, c) Ba, Cr, Sr. Pórfidos dacíticos y andesitas porfiríticas, análisis espectrográficos.

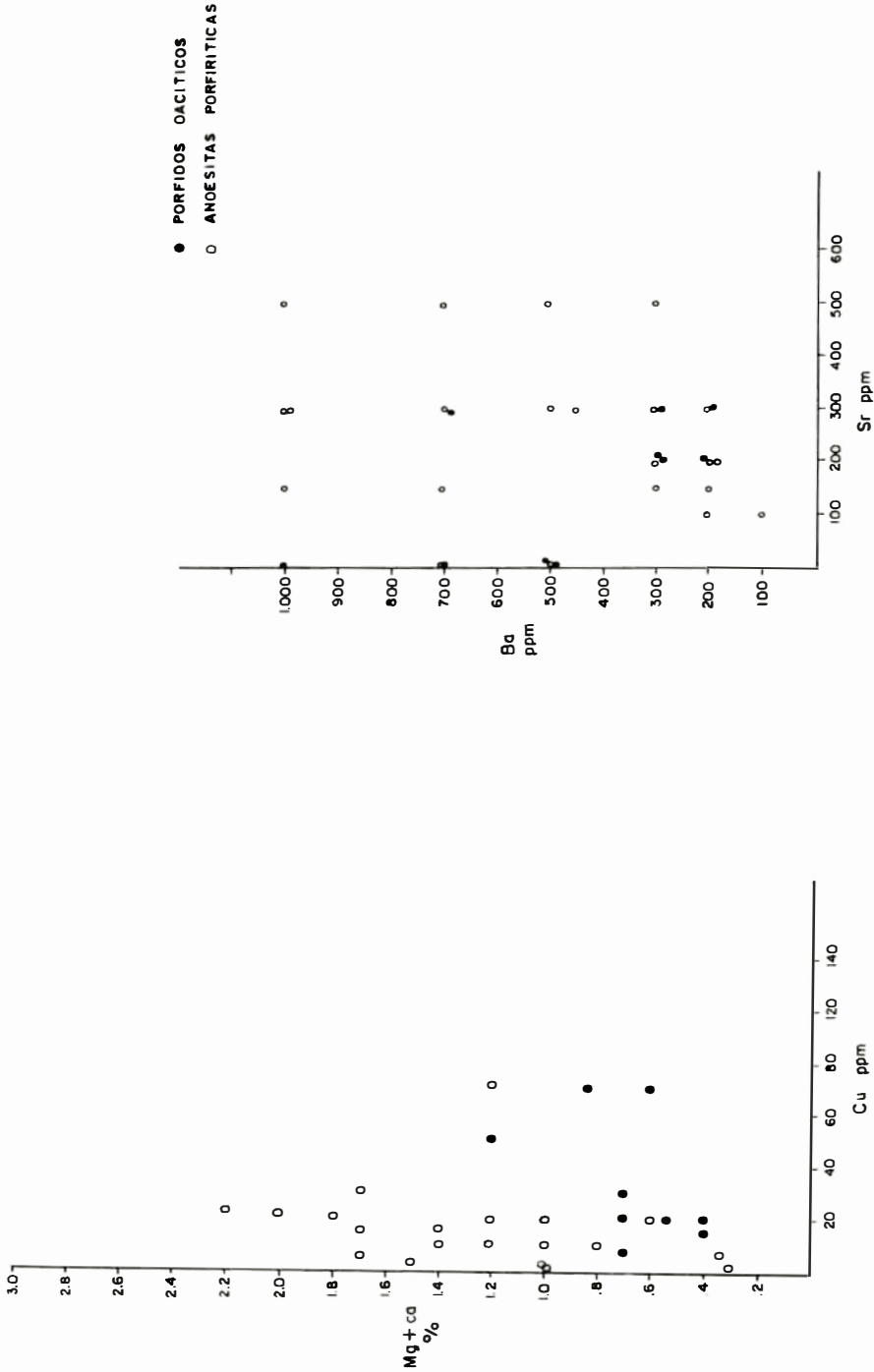


FIG. 6: Diagrama de correlación : a) Mg + Ca vs Cu, Y, b) Ba vs Sr. Pórfidos dacíticos y andesitas porfiríticas - Análisis espectrográfico.

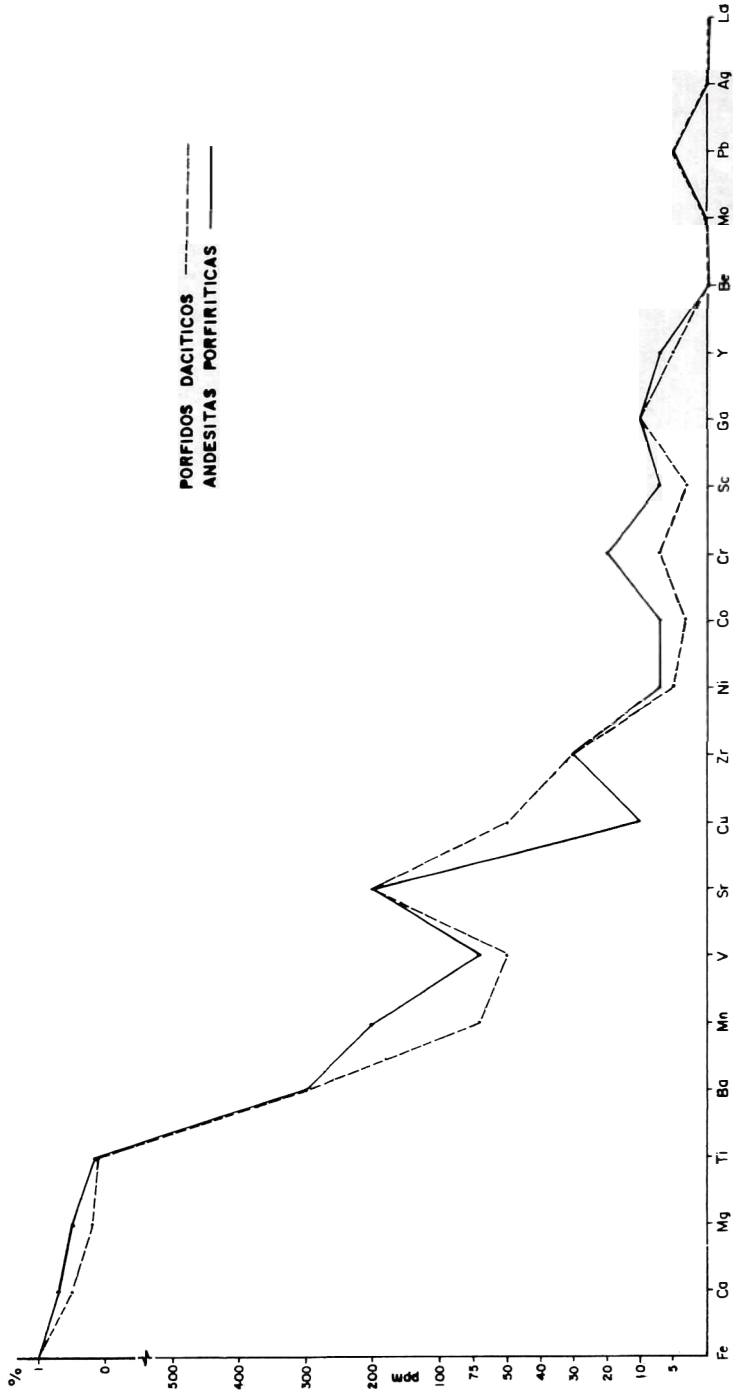


FIG. 7: Gráficos de concentración media de elementos pórfidos dacíticos y andesíticos. Análisis espectrográfico.

Estas rocas se deben considerar, únicamente, como posibles generadores de mineralizaciones de tipo filoniano, ya que por su reducida área aflorante, su contribución a los sedimentos activos es escasa.

3.3. COMPARACION DEL CONTENIDO MEDIO DE ELEMENTOS EN EL CONJUNTO DE ROCAS IGNEO-METAMORFICAS CON LOS MATERIALES TOBACEOS

Como se ha mencionado anteriormente, las rocas metamórficas e ígneas exhiben mayor resistencia a la meteorización y erosión en comparación con las tobas, ya que éstas últimas están constituidas por materiales sueltos, fácilmente transportables por corrientes de agua; por consiguiente, la contribución de las tobas es mayor en la formación de sedimentos activos.

Por este motivo se ha creído convenientemente en esta sección, examinar brevemente las semejanzas y diferencias que puedan existir entre el contenido medio de algunos elementos, en los materiales tobáceos y en las rocas ígneas y metamórficas.

3.3.1. GRAFICOS DE CONCENTRACION MEDIA

Las rocas ígneas intrusivas y las rocas metamórficas, afloran aproximadamente en el 56% del área, mientras que las tobas están expuestas en un 30%.

La Figura 8 muestra dos gráficas de concentración media; uno para tobas y otro conjugado para rocas ígneas intrusivas y rocas metamórficas. En la elaboración de este último se han tenido en cuenta los porcentajes de área expuesta respectivos, que figuran en la Tabla 1. Comparando los gráficos de la Figura 8 se observa que:

- a) El conjunto de rocas metamórficas y rocas ígneas intrusivas presenta concentraciones medias mayores en Mg, V, Cu, Zr, Co, Sc, Y y La.

- b) Los materiales tobáceos muestran concentraciones medias mayores en Mn, Sr, Ga y Pb.
- c) El contenido medio de Fe, Ga, Ti, Ba, Ni, Be, Mo y Ag es aproximadamente igual en el conjunto de rocas ígneo-metamórficas y en los materiales tobáceos.

En zonas mineralizadas con filones hidrotermales, genéticamente relacionados a procesos magmáticos, se observan generalmente, ciertas relaciones y asociaciones de elementos que por su abundancia y forma de presentarse, pueden ser utilizados como guías de mineralizaciones.

De los elementos arriba mencionados, comúnmente presentes en los filones hidrotermales, podemos citar: Cu, Mo, Pb, Ag, Ba y Sr. Analizaremos seguidamente qué posibilidades tenemos de emplear estos elementos como indicadores de minerales en los sedimentos activos de esta área.

Las concentraciones medias de Cu, Mo y Ag (Fig. 8) son respectivamente similares en el conjunto de rocas ígneo-metamórficas y en las tobas. Esta semejanza es significativa, puesto que, si la contribución de las rocas en Cu, Mo y Ag a los sedimentos activos es aproximadamente igual, cualquier cantidad por encima del contenido normal en estos elementos, en los sedimentos, puede realmente indicar la existencia de filones hidrotermales con sulfuros.

Cosa contraria ocurre con Pb; este elemento presenta una concentración mayor en las tobas (30 ppm) en comparación con el conjunto de rocas ígneo-metamórficas (8 ppm). Valores superiores al contenido medio en los sedimentos activos estarían indicando la contribución normal de los materiales tobáceos en vez de filones con galena, a los cuales trata de enmascarar.

Bario y Sr, en filones hidrotermales, ocurren en forma de sulfatos y asociados a minerales de K con el cual muestran gran afi-

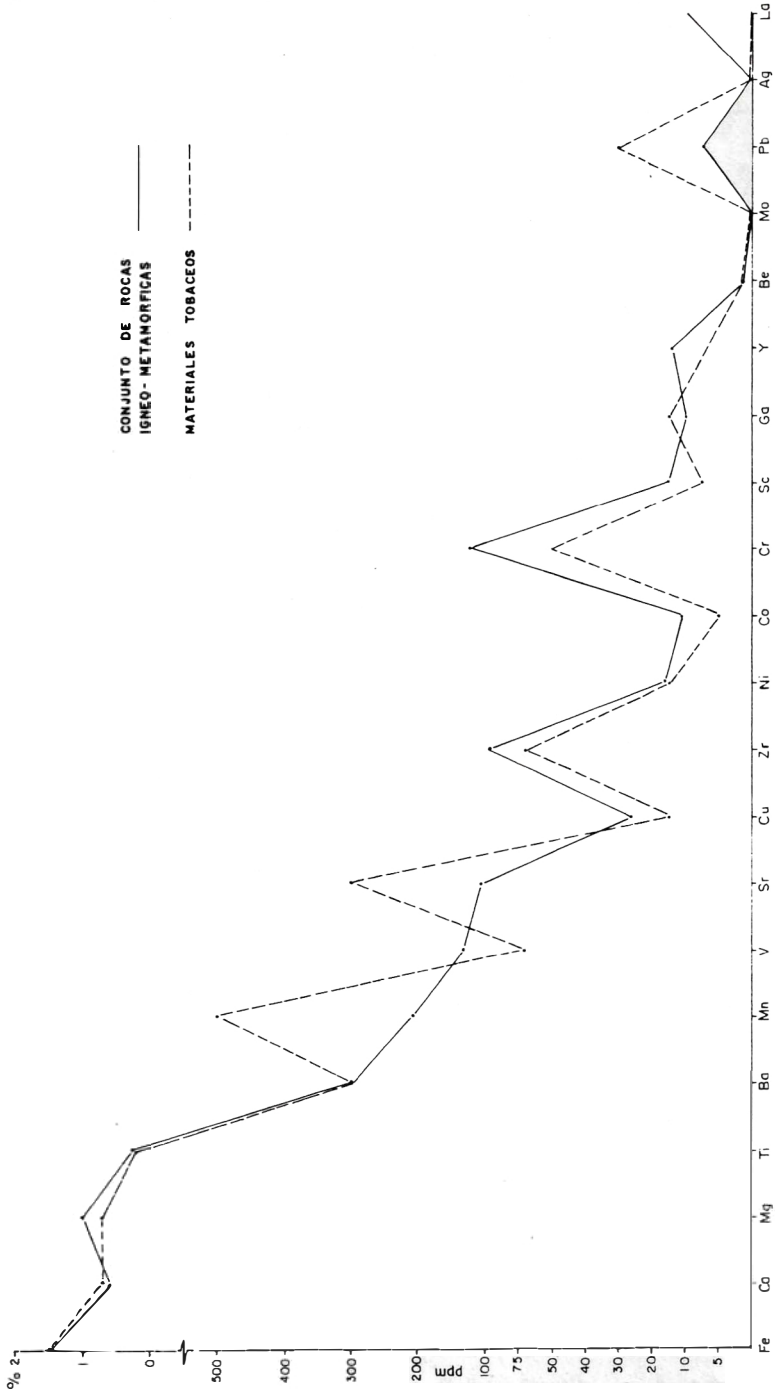


FIG. 8: Gráficos de concentración media de elementos. Conjunto de rocas ígneo-metamórficas y materiales tobáceos. Análisis espectrográficos.

nidad. (GOLDSCHMIDT, V., p. 246 - 255, 1958 y KRAUSKOPF, p. 587-591, 1967). El contenido medio de Ba en el conjunto ígneo-metamórfico y en las tobas (Fig. 8) es muy similar, de modo que este elemento es un buen indicador de mineralizaciones hidrotermales en el área. Por otra parte, el contenido medio de Sr muestra notable diferencia en el conjunto de rocas ígneo-metamórficas (100 ppm) en comparación con las tobas (300 ppm). Por tal motivo, concentraciones altas de Sr en sedimentos activos estarían indicando el contenido normal de las tobas y no la contribución de las mineralizaciones.

En conclusión, no se deben utilizar el Pb y Sr, en forma individual como indicadores de filones hidrotermales en el área, debido a las grandes diferencias que presentan en el contenido medio.

Los mejores elementos guías en sedimentos activos son: Ba, Cu, Mo y Ag, además se deben tener en cuenta, elementos tales como: Au, Zn, Sb y As que no fueron detectados por el espectrógrafo en los análisis de las rocas y que están comúnmente presentes en filones hidrotermales.

4. OCURRENCIAS MINERALES

Las mineralizaciones metálicas que se encuentran en el área son de dos clases: 1. Filones hidrotermales, y 2. Aluviones.

4.1. FILONES HIDROTERMALES

Los filones hidrotermales se dividen en tres tipos principales: 1) oro y plata, 2) antimonio, y 3) mercurio.

4.1.1. MINERALIZACIONES DE ORO Y PLATA

Los filones hidrotermales de Au y Ag, se presentan como relleno de fisuras, emplazados principalmente dentro del conjunto de rocas metamórficas del Grupo Cajamarca (Fig. 9). Estos filones tienen formas tabulares, acordonados y ramificados. Los espesores varían entre 0.20 y 1 m, con buzamien-

tos fuertes y rumbo general NE. En su mayor parte siguen la dirección de foliación de las rocas metamórficas. Los minerales principales son cuarzo y pirita, y en cantidades menores argentita, galena, blenda, arsenopirita y calcopirita (MOSQUERA, D., BUITRAGO, C., 1971 y BUITRAGO, C., BUENAVENTURA, J., 1975).

La única mina activa en el área es la mineralización de Las Nieblas, que junto con el prospecto de La Esperanza, presentan concentraciones altas en galena, argentita, blenda y arsenopirita.

Por razón de su localización, las mineralizaciones de Au y Ag están separadas en 4 grupos:

a) Grupo de La Ceja

Situado al norte del caserío de La Ceja, en las inmediaciones de la zona limítrofe entre los departamentos de Tolima y Quindío. Está formado por las manifestaciones de San Carlos, El Chusco, Santa Isabel, La Calabacera, Polanco, La Esmeralda, La Alondra, Tohecito, El Danubio, La Marina, San Pacho, El Cisne, Campoalegre, La Esperanza y Las Nieblas.

b) Grupo de río Boquerón

Localizado en la cuenca del río Boquerón, departamento del Quindío. Está constituido por las siguientes mineralizaciones: Cuba, La María, Moravia, El Cóndor, El Edén y La Morena.

c) Grupo de la Quebrada Pajaritos

Localizado en los nacimientos de la quebrada Pajaritos, departamento del Tolima. Está formado por las minas abandonadas de Montecristo I, Mostecristo II, La Cocina, Guillermo y La Reina.

d) Grupo del río Bermellón

Este grupo se encuentra situado en la cuenca del río Bermellón y principalmente al oeste de la población de Cajamarca, departa-

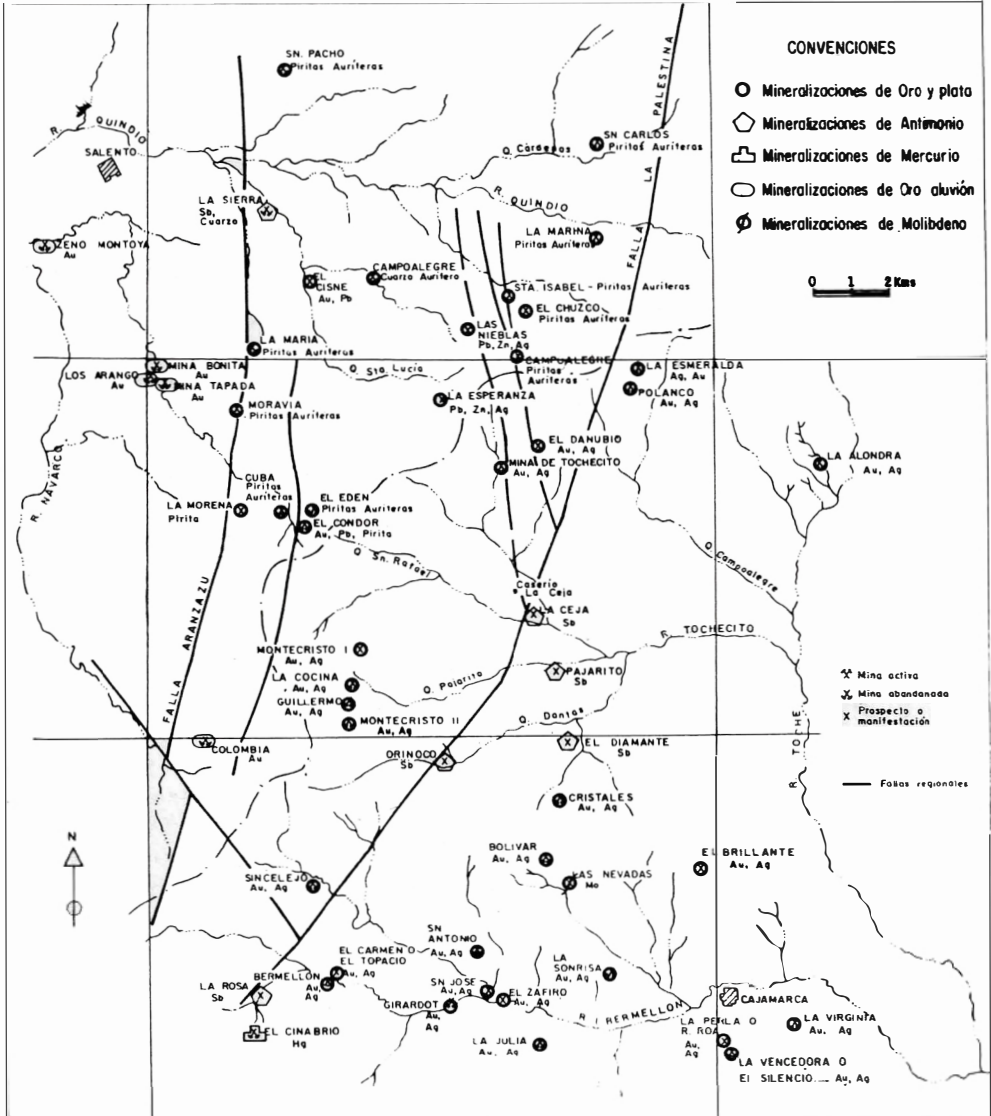


FIG. 9: Ocurrencias de minerales metálicos.

mento del Tolima. Está compuesto por las siguientes mineralizaciones: Sincelejo, Cristales o La Platina, San Antonio, Bolívar, La Sonrisa, Girardot, San José, La Julia, La Vencedora o El Silencio, La Virginia, El Carmen o El Topacio, Bermellón, El Zafiro, La Perla o R. Roa y El Brillante.

4.1.2. MINERALIZACIONES DE ANTIMONIO

Algunas de estas manifestaciones han sido trabajadas por algún tiempo, pero en la actualidad se encuentran abandonadas.

Están ubicadas al oeste del área y se presentan como relleno de cavidades de origen hidrotermal a lo largo de brechas formadas por las fallas mayores con dirección N-S y NE. Los filones tienen forma lenticular y acordonada, con espesores no mayores a 20 cm. Las localidades mineralizadas son: La Sierra, La Ceja, Pajaritos, El Orinoco, El Diamante y La Rosa (Fig. 9). Los principales minerales son cuarzo y estibina, aunque en los análisis se advierte la presencia de Au y Ag. Posiblemente se trata de depósitos de tipo epitermal (BUITRAGO, C., BUENAVENTURA, J., 1975).

4.1.3. MINERALIZACIONES DE MERCURIO

En los nacimientos de la quebrada Cristales, tributaria del río Bermellón, ubicada al sur del área, se encuentra la única mineralización de mercurio, denominada El Cinarbrijo. Se trata de un relleno hidrotermal a lo largo de una zona de fracturamiento en los esquistos del Grupo Cajamarca. Los minerales principales son cuarzo, calcita y cinabrio. En el análisis espectrográfico se detectó Mn, Ba, Mo y V, en pequeñas cantidades (BUITRAGO, C., BUENAVENTURA, 1975).

4.2. ALUVIONES

En las cuencas de los ríos Navarco y Boquerón, departamento del Quindío, se encuentran pequeñas costras de aluviones auríferos, los más importantes son: mina Bonita, mina Tapada. Zeno Montoya, Los Arangos y Colombia.

5. RELACION ENTRE LAS ROCAS IGNEAS Y LAS MINERALIZACIONES

El origen de las venas de cuarzo mineralizadas con sulfuros, ha sido activamente discutido por mucho tiempo; sin embargo, la mayoría de los autores, entre otros, Krauskopf, K. (p. 446, 1967) y Stanton, R. (p. 598, 1972) lo atribuyen a fluidos hidrotermales formados en etapas finales de la cristalización magmática y en zonas donde las venas de cuarzo no estén muy alejadas de los cuerpos ígneos.

Trataremos brevemente en esta sección las posibles relaciones genéticas que pueden existir entre las rocas ígneas intrusivas y las diferentes clases de mineralizaciones filonianas.

Como lo anotamos en la sección de Geología, en el área afloran tres tipos de rocas ígneas intrusivas: 1) El Complejo Igneo del río Navarco, 2) Andesitas Porfiríticas, y 3) Pórfidos Dacíticos (Fig. 10). Estos cuerpos difieren entre sí en composición, contenido de elementos mayores, elementos trazas y posiblemente en edad.

Las mineralizaciones de cuarzo y estibina, de tipo epitermal, están restringidas casi exclusivamente a zonas de brechas, formadas por las fallas mayores con excepción de las manifestaciones de El Diamante y Pajaritos (Fig. 10). Los cuerpos andesíticos porfiríticos afloran principalmente siguiendo también las lineaciones de las fallas mayores, luego posiblemente, las andesitas y las mineralizaciones de estibina estén genéticamente relacionadas y emplazadas a través de zonas de fracturamiento.

Las mineralizaciones de Au y Ag corresponden al tipo meso a epitermal y están formadas por cuarzo, pirita, argentita, galeña, blenda y calcopirita. Estos filones se encuentran esparcidos irregularmente en toda el área. Aparentemente no tienen relación genética ni con los intrusivos de andesitas porfiríticas ni con el Complejo Igneo del río Navarco, puesto que en sus alrededores no se advierte un incremento en estas mineraliza-

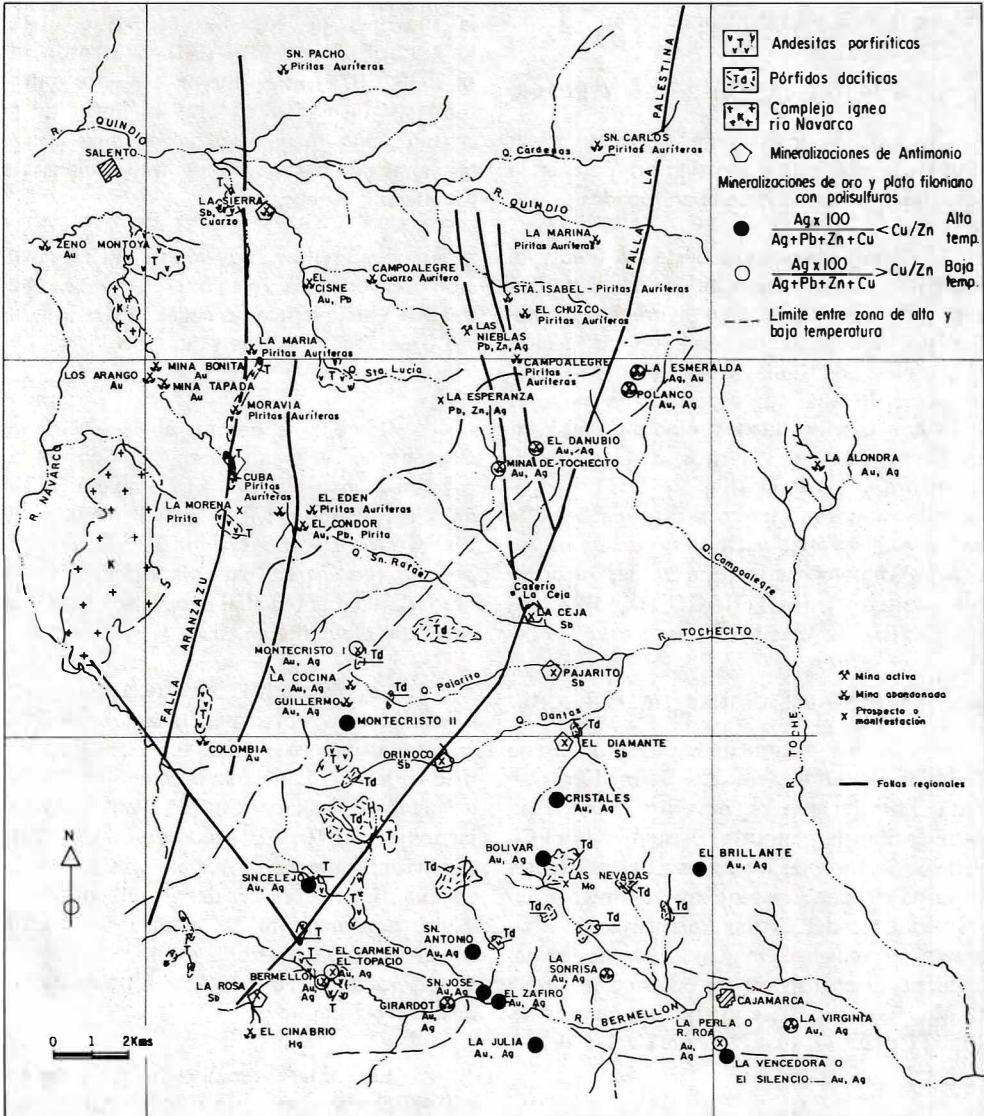


FIG. 10: Relación entre las rocas ígneas y las mineralizaciones.

ciones (Fig. 10). Ahora, si examinamos los intrusivos de pórfidos dacíticos, observamos que estos cuerpos afloran intermitentemente en un área amplia y que la mayoría de las mineralizaciones de Au y Ag están relativamente cercanas a ellos. Existe entonces la posibilidad de que los intrusivos de pórfidos dacíticos sean los aportantes de los fluidos mineralizantes que dieron formación a los filones de Au y Ag. Seguidamente estudiaremos esta posibilidad con más detenimiento.

Teniendo en cuenta la secuencia en la depositación de argentita, galena, blenda y calcopirita en venas hidrotermales de tipo meso a epitermal (KRAUSKPF, K, p. 497-8, 1967 y PARK, CH., p. 171, 1970) podemos utilizar las relaciones $Ag \times 100 / Ag + Zn + Cu$ y Cu / Zn para tener idea de las temperaturas de formación de las diferentes mineralizaciones.

En la realización del Mapa de Ocurrencias Minerales en el Departamento del Tolima (BUITRAGO, C., BUENAVENTURA, J., 1975) se elaboraron varios análisis espectrográficos de los filones de esta área, de los cuales se tomó el contenido de Ag, Pb, Zn y Cu, en cada una de las diferentes venas.

La Figura 10, muestra los intrusivos de pórfidos dacíticos y las mineralizaciones de Au y Ag, donde fue posible hacer el cálculo de las relaciones anteriormente mencionadas.

Si consideramos que los filones de Au y Ag en el área fueron emplazados a un mismo tiempo y que están genéticamente relacionados con el evento magmático que dio origen a la formación de los intrusivos de pórfidos dacíticos, podemos observar lo siguiente:

a) Una zona interna donde se encuentra la casi totalidad de los apófisis de pórfidos dacíticos que afloran en el área. En este mismo sector, la relación Cu / Zn es mayor que la relación $Ag \times 100 / Ag, Pb, Zn$ y Cu , en los filones, dando a entender que las mineralizaciones de Au y Ag se formaron

a temperaturas relativamente altas debido a su cercanía con los intrusivos que les dieron origen.

b) Dos zonas externas o marginales; una al norte continua y otra al sur interrumpida, donde la relación $Ag \times 100 / Ag + Pb + Zn + Cu$, en los filones, es mayor que la relación Cu / Zn , lo que significa que las venas hidrotermales en estos sectores se formaron a temperaturas relativamente más bajas comparadas con las de la zona interna y más alejadas de los cuerpos ígneos con los cuales están genéticamente relacionados. Es importante hacer notar la ausencia de intrusivos de pórfidos dacíticos en las zonas marginales, lo cual concuerda con la interpretación anterior.

c) Finalmente se debe puntualizar la posible existencia de una falla, no visible en el campo, con dirección aproximada N-S que sirva de control estructural de las mineralizaciones de estibina de Pajaritos y El Diamante, y que al mismo tiempo produzca la interrupción de la zona marginal sur con la cual están alineados (Fig. 10).

6. INTERPRETACION GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS ACTIVOS

El agua superficial es el más importante agente de transporte de materiales. Los productos de meteorización y erosión llegan a los drenajes en forma de partículas sólidas y como sustancias en solución. La dispersión formada por las aguas corrientes superficiales está restringida a los cuacos del drenaje; el resultado es esencialmente una distribución lineal de los productos de meteorización, a diferencia de los modelos planares derivados de otros tipos de dispersión secundaria como en los suelos, o de patrones tridimensionales formados en la mayoría de los ejemplos de dispersión primaria, como en el caso de yacimientos hidrotermales (HAWKES, H., p. 300, 1961).

La carga transportada por las corrientes en cualquier punto del cauce, constituye

una muestra representativa de la zona drenada y su composición debe reflejar el promedio de composición química de las rocas de la cuenca. En consecuencia, materiales derivados de depósitos suficientemente grandes, pueden ser indicados por concentraciones mayores que el contenido medio en los sedimentos activos. Bajo condiciones favorables, análisis químicos de porciones solubles o sólidas de los materiales transportados por corrientes de agua pueden ser utilizados para evaluar el potencial minera de una determinada zona (HAWKES, H., p. 301, 1961).

En este estudio, fueron programados previamente, sobre el área escogida, el tipo de muestra, su localización y longitud máxima de los drenajes a muestrear.

Durante los años de 1972 y 1973 se recolectaron 1.055 muestras de sedimentos activos discriminados así: 537 de concentrados en batea y 518 de finos seleccionados.

El área cubierta tiene una extensión de 600 km². Las muestras fueron colectadas con espaciamiento aproximado de 500 m en los cauces de ríos y quebradas. En promedio se tomó una muestra de sedimento de cada fracción por km².

En algunos sitios, la programación del muestreo fue alterada debido principalmente a factores como topografía abrupta, deficiencias en mapas topográficos y zonas de deslizamientos.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Geoquímica del INGEOMINAS, por el método espectrográfico semicuantitativo para 33 elementos. Los resultados del contenido promedio, máximo, mínimo y medio de los distintos elementos en los sedimentos activos se encuentran relacionados en la Tabla 4.

Con los datos anteriores se elaboró un gráfico de concentración media de los elementos, en forma separada para la fracción fina y para la fracción pesada (Fig. 11). En este gráfico se observa lo siguiente:

- 1) En la mayoría de los elementos, los concentrados en batea-fracción pesada, tienen contenidos medios superiores comparados con los finos seleccionados, a excepción de Ba, Sr, Ga, Mo, y Pb que son menores y Be y Ag que son iguales en las dos fracciones.
- 2) Estroncio y Pb están principalmente concentrados en la fracción fina de los sedimentos activos. Estos elementos mostraron también valores altos en los materiales tobáceos.
- 3) Los elementos Ba, Cu, Mo y Ag, indicadores de mineralizaciones, presentan un contenido medio aproximadamente igual en las dos fracciones.

6.1. ANOMALIAS GEOQUÍMICAS EN SEDIMENTOS ACTIVOS

Anomalía es definida como una desviación de la uniformidad. Una anomalía geoquímica, más específicamente, es una desviación de los patrones geoquímicos que son normales en un área determinada. Para propósitos prácticos, las anomalías geoquímicas significativas, se caracterizan por tener valores altamente anormales en uno o varios elementos indicadores. Según Levinson, A. (p. 216, 1974), anomalía en exploración, es un área en donde las propiedades químicas de los materiales naturalmente acumulados pueden indicar la presencia de un depósito mineral.

En prospección geoquímica, para delimitar áreas anómalas de interés económico, es necesario primero establecer los valores de dos parámetros: background y threshold.

Background se define como el rango de valores representativos de la concentración media o normal de un elemento dado en un determinado material.

Threshold es el valor límite, superior al background, por encima del cual una población se considera anómala. Hawkes, H. y Webb, J. (p. 30, 1962) sugieren, que para

Elemento	Valores	Fracción Pesada N.M. = 537 ppm	Fracción Fina N.M. = 518 ppm	Elemento	Valores	Fracción Pesada N.M. = 537 ppm	Fracción Fina N.M. = 518 ppm
Fe	Pr. Máx. Mín. Md.	77.400 300.000 5.000 70.000	32.800 150.000 10.000 30.000	Y	Pr. Máx. Mín. Md.	68.4 500 N 50	69.5 70 N 15
Ca	Pr. Máx. Mín. Md.	30.000 100.000 1.000 30.000	10.900 50.000 2.000 10.000	Be	Pr. Máx. Mín. Md.	0.32 7.0 N N	1.2 5 N 1
Mg	Pr. Máx. Mín. Md.	33.700 100.000 150 30.000	10.300 30.000 5.000 10.000	Mo	Pr. Máx. Mín. Md.	1.1 300 N N	3.9 20 N L 5
Ti	Pr. Máx. Mín. Md.	11.500 70.000 700 10.000	3.900 15.000 1.500 3.000	Pb	Pr. Máx. Mín. Md.	19.1 1.500 N N	13.1 500 N 10
Ba	Pr. Máx. Mín. Md.	430 20.000 N 150	390 1.500 70 300	Ag	Pr. Máx. Mín. Md.	2.1 300 N N	0.4 30 N N
Mn	Pr. Máx. Mín. Md.	1.487 10.000 20 1.500	541.4 5.000 150 500	La	Pr. Máx. Mín. Md.	449 G 2.000 N 200	19 200 N 10
V	Pr. Máx. Mín. Md.	331 1.000 N 200	148.3 700 50 150	As	Pr. Máx. Mín. Md.	103.5 5.000 N N	104.3 1.000 N N
Sr	Pr. Máx. Mín. Md.	66 500 N N	370.8 1.000 N 300	Au	Pr. Máx. Mín. Md.	1.6 300 N N	N N N N
Cu	Pr. Máx. Mín. Md.	74.9 1.000 N 30	25.1 200 N 20	B	Pr. Máx. Mín. Md.	2.1 150 N N	7 30 N N
Zr	Pr. Máx. Mín. Md.	523 10.000 N 300	108.8 500 30 100	Bi	Pr. Máx. Mín. Md.	1.6 300 N N	5 20 N N
Ni	Pr. Máx. Mín. Md.	67.8 500 N 50	38.4 200 L 5 30	Cd	Pr. Máx. Mín. Md.	1.2 300 N N	10.4 50 N N
Co	Pr. Máx. Mín. Md.	53.2 300 N 50	18.8 100 L 5 20	Sb	Pr. Máx. Mín. Md.	8.4 2.000 N N	N N N N
Cr	Pr. Máx. Mín. Md.	263 1.500 N 200	127.2 700 15 100	Sn	Pr. Máx. Mín. Md.	6.1 70 N N	N N N N
Sc.	Pr. Máx. Mín. Md.	56.2 200 N 50	14.9 30 L 5 15	W	Pr. Máx. Mín. Md.	3.9 300 N N	N N N N
Ga	Pr. Máx. Mín. Md.	25.3 G 2.000 N L10	11.9 20 N N	Zn	Pr. Máx. Mín. Md.	134 15.000 N N	213.7 5.000 N N

TABLA 4. Contenido promedio, máximo, mínimo y medio de los diferentes elementos en los sedimentos activos. Fracción pesada y fracción fina. Análisis espectrográfico. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima.

NOTA:
 M.N = número de muestras.
 N.M. = elementos no detectado en el límite inferior de detección.
 L = valor menor que el indicado a continuación de la L.
 G = valor mayor que el indicado a continuación de la G.

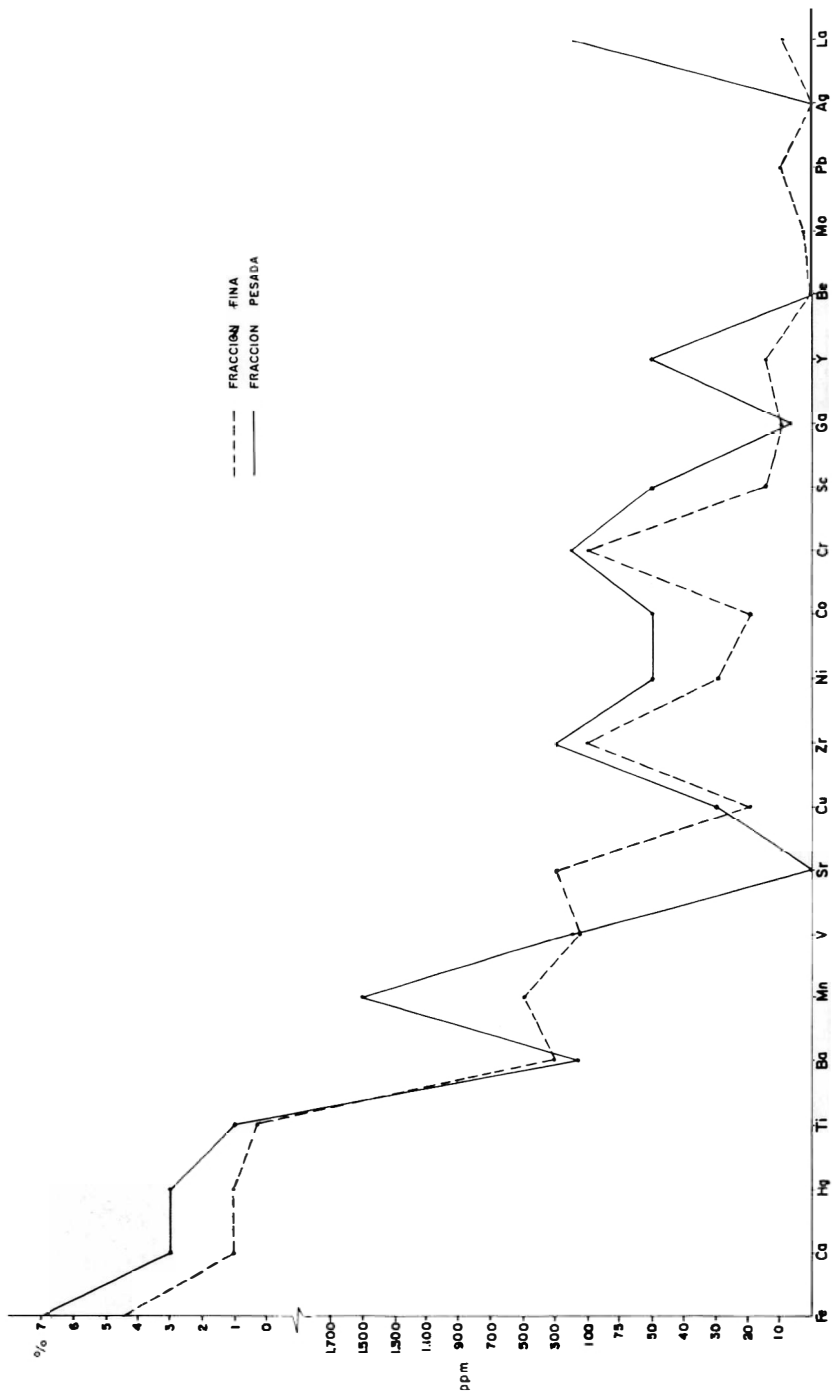


FIG. 11: Gráfico de concentración media de elementos. Sedimentos activos, fracción fina y fracción pesada, análisis espectrográfico.

una sola población, el threshold debe ser considerado como el valor de la mediana dos veces la desviación standard. La mejor aproximación es tomar como background el valor medio y como threshold, el valor por encima del 2.5% más alto de una población. En esta sección se interpretarán por separado los finos seleccionados y los concentrados en batea.

6.1.1. FINOS SELECCIONADOS

Las muestras de sedimentos activos -fracción fina- fueron tomadas en la parte central y superficial de los cauces de ríos y quebradas. En cada sitio se colectaron, en bolsas de polietileno, aproximadamente 200 gr. de material que pasara por tamiz No. 16. Posteriormente en el laboratorio se analizó la fracción menos No. 80.

Además de los análisis espectrográficos. las muestras de la fracción fina fueron analizadas para Sb y Mo por colorimetría, Au por absorción atómica y Hg por detector para mercurio. Estos análisis fueron elaborados por los químicos L. Barros de Ferreira, R. Gómez y A. Díaz.

La interpretación de los datos obtenidos de las 518 muestras de finos seleccionados se realizó en la siguiente forma:

- 1) Se averiguaron los valores de background y threshold para los diferentes elementos por medio de histogramas y curvas de frecuencia acumulativa, siguiendo las normas establecidas por Lepeltier (1967), (Figs. 12, 13, 14, 15 y 16). Los valores de background y threshold obtenidos estadísticamente aparecen en la Tabla 5.
- 2) En las curvas de frecuencia acumulativa, el background para Ba, Pb, Cu y Mo, se determinó tomando el valor medio (50%); en el caso de Hg, Sb, Au, Ag y Zn, este valor se obtuvo utilizando el límite inferior de detección de los respectivos análisis.

Elemento	(Tipo de Análisis)	Background (ppm)	Threshold (ppm)
Hg	(DM)	.06 (L.D.)	.27
Sb	(C)	1.0 (L.D.)	5
Au	(AA)	.05 (L.D.)	.3
Ag	(E)	.5 (L.D.)	2
Pb	(E)	8.5	15
Ba	(E)	320	800
Zn	(E)	200 (L.D.)	300
Cu	(E)	20	70
Sr	(E)	300	500
Mo	(C)	1.5	6

TABLA 5. Valores estadísticos de background y threshold -fracción fina-. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima.

NOTA: L.D. = Límite de detección.
 Tipo de análisis:
 AA = Absorción atómica
 C = Colorimetría
 DM = Detector para mercurio.
 E = Espectrográfico.

- 3) La curva de frecuencia acumulativa para Ba (Fig. 13), refleja la presencia de una sola población, por esta razón el threshold se tomó como el valor correspondiente al 2.5% más alto de la curva Para los otros elementos que presentan dos o más poblaciones, este valor se obtuvo en el punto de quiebre, entre la primera y la segunda población.
- 4) En las curvas de frecuencia acumulativa de Sb, Pb, Zn y Mo se observa una tercera población de valores altos pero erráticos, la cual ha sido en parte interpretada como contribuciones anormales del laboreo minero.
- 5) El background y threshold del Sr, debido a la falta de clases en sus valores, fueron calculados utilizando un gráfico de concentración vs número de muestras.
- 6) Se elaboraron luego mapas de drenaje a escala 1:50.000 y se localizaron los sitios de muestreo.

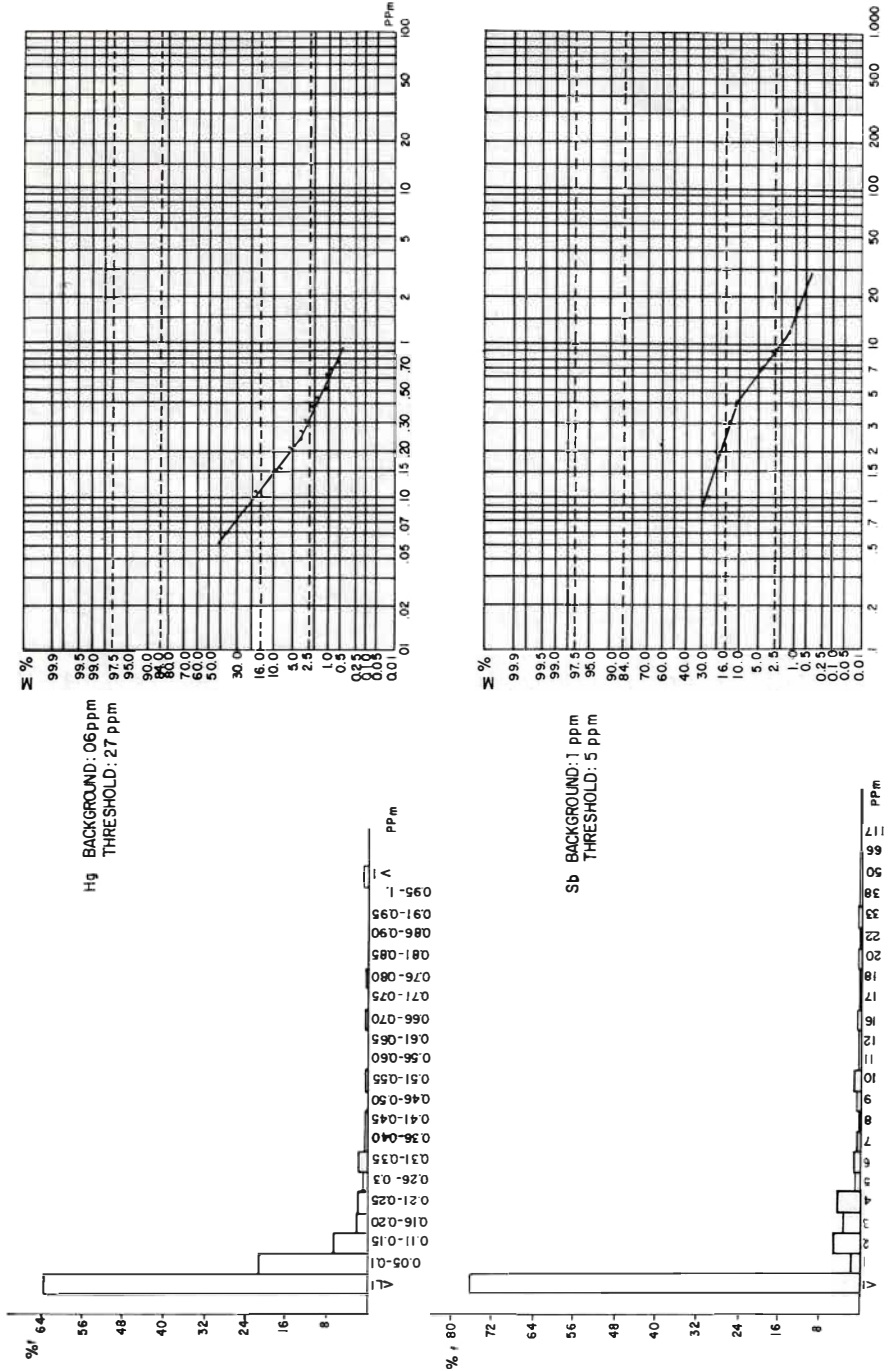


FIG. 12: Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Hg y Sb. Sedimentos activos, fracción fina.

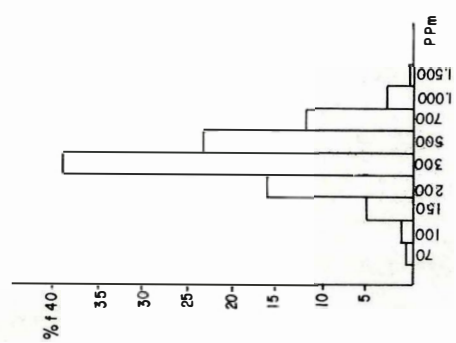
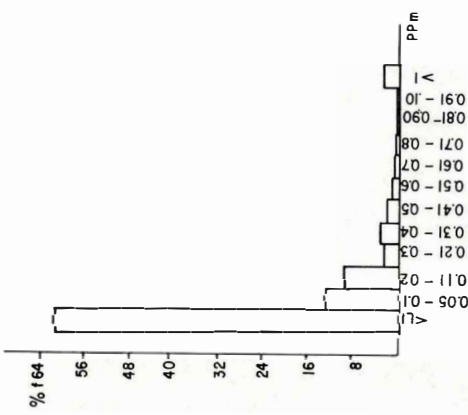
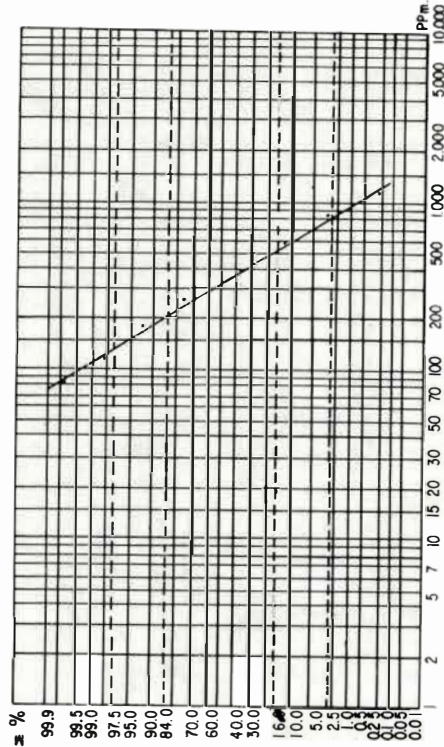
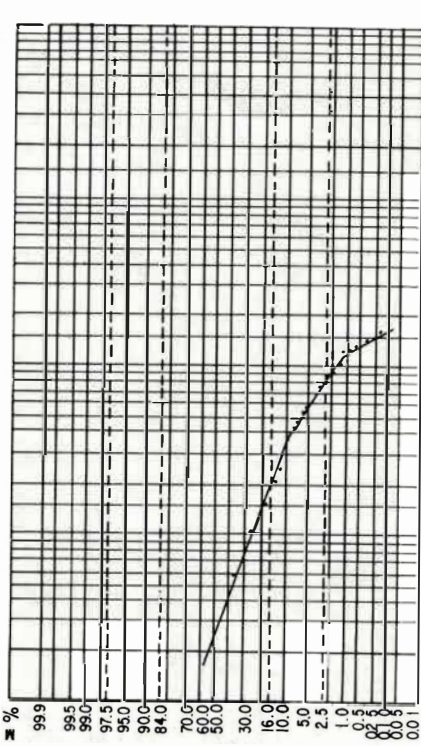


FIG. 13: Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Au y Ba. Sedimentos activos, fracción fina.

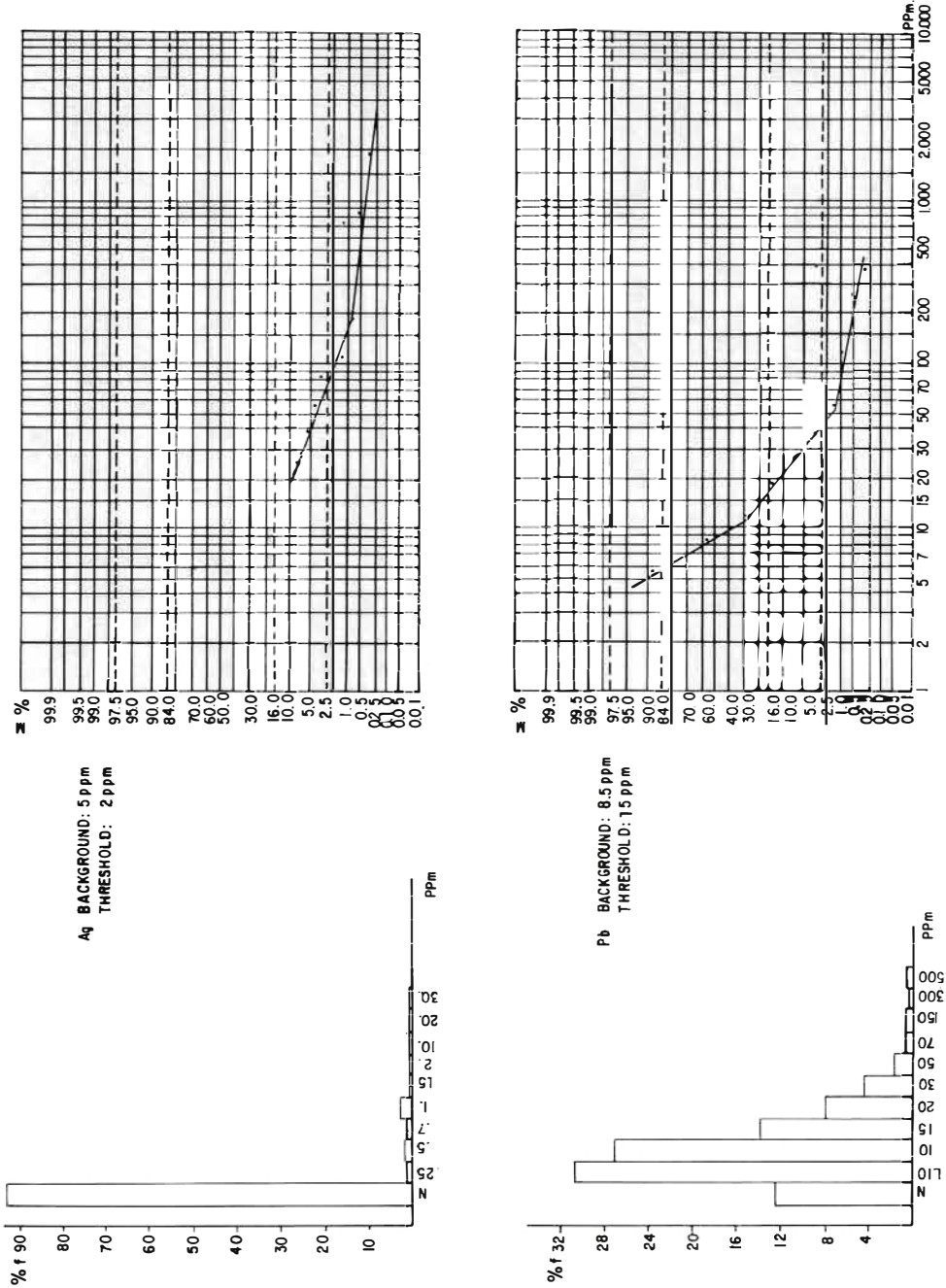


FIG 14: Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Ag y Pb Sedimentos activos, fracción fina

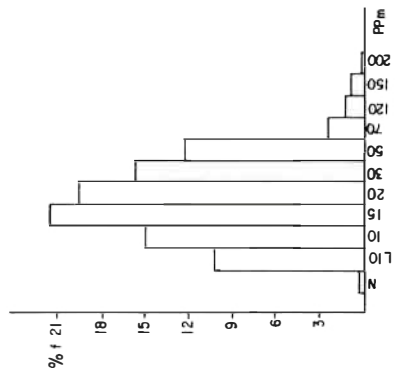
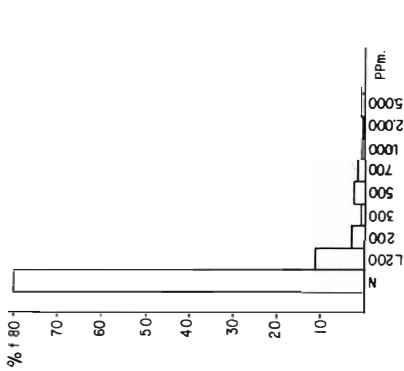
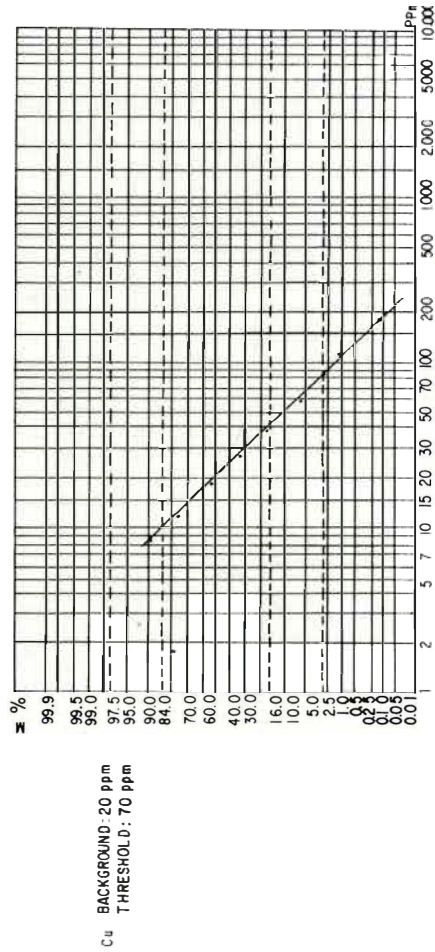
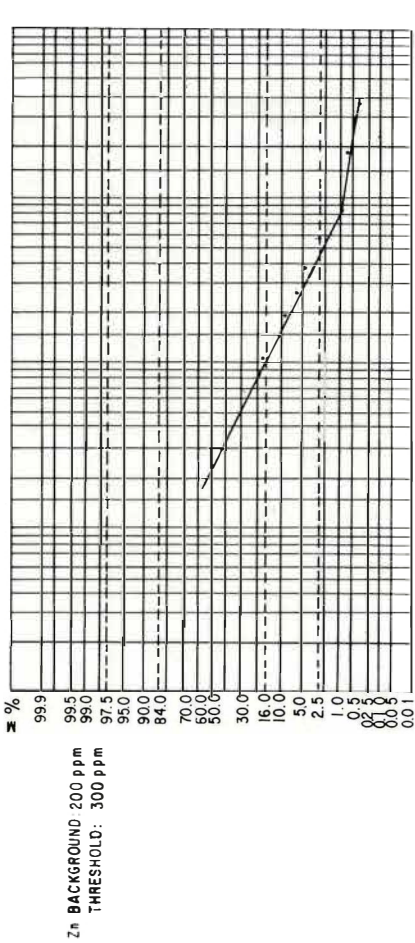


FIG. 15: Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Zn y Cu. Sedimentos activos, fracción fina.

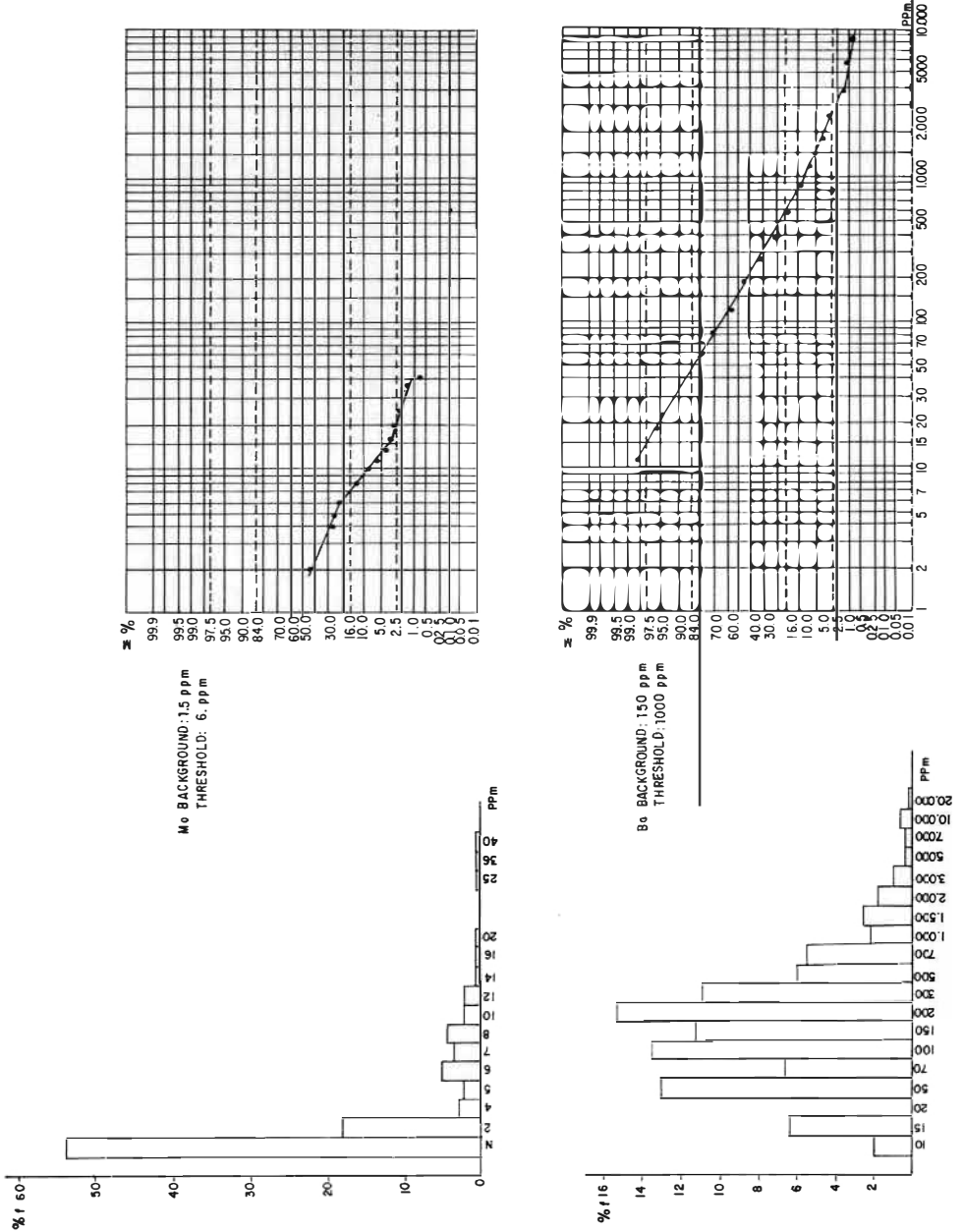


FIG. 16: Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Mo. Sedimentos activos, fracción fina y para Ba sedimentos activos, fracción pesada.

7. Se colocaron en los sitios de muestreo los valores en ppm de los elementos a interpretar (Hg, Sb, Au, Ag, Pb, Ba, Zn, Sr, Cu y Mo) y con valores a partir del threshold se encerraron las diferentes anomalías. Para cada elemento se elaboró un mapa (Figs. 17 al 26).
8. En la Tabla 6 se agrupan los resultados de los análisis en los finos seleccionados con sus respectivos porcentajes.

6.1.1.1. Anomalías geoquímicas para un solo elemento.- Mercurio: Figura 17. Solamente el 4.55% de las muestras presentan concentraciones anómalas con valores superiores a 0.27 ppm. Es notorio el aumento del contenido de Hg en muestras localizadas hacia el oeste del área y principalmente en drenajes que atraviesan la Falla de Aranzazu o Manizales y la parte sur de la Falla de La Palestina. Esto sugiere que posiblemente las mineralizaciones de Hg se formaron por emanaciones gaseosas a través de las fracturas de las fallas mayores. Sin embargo, los drenajes anómalos son escasos y de poca extensión. Cinco zonas anómalas están aparentemente relacionadas a la Falla de Manizales y tres están situadas en los nacimientos del río Bermellón, donde se encuentra la mina abandonada de El Cinabrio, única manifestación de Hg en el área. Al este del punto anterior, en la quebrada El Violín, se encuentra una pequeña anomalía (Plancha 244-I-D del IGAC). Si el Hg está emplazado en fracturas, este sitio vendría a corroborar la existencia de una falla con dirección N-S que explicaría la presencia de las mineralizaciones de Sb de Pajaritos y El Diamante, y además la interrupción de la zona marginal sur de bajas temperaturas en mineralizaciones de Au y Ag con las cuales está alineada.

El Hg, por la forma de distribución en el área, no es indicador de mineralizaciones de Sb ni de manifestaciones de Au y Ag. Los drenajes anómalos más promisorios para prospección de Hg son: 1) el afluente oriental del río Navarco situado al norte de la

plancha 243-II-A del IGAC y 2) el cauce inferior de la quebrada Santa Lucía, Plancha 225-III-D del IGAC.

Antimonio: Figura 18. El 6.75% de las muestras presentan valores anómalos. La distribución de Sb es más irregular que la de Hg, aunque también muestra cierta tendencia a concentrarse en drenajes que atraviesan las fallas mayores. Tres de las cuatro mineralizaciones de estibina, localizada en zonas de falla, están indicadas por valores anómalos. El Sb puede ser utilizado también como guía en la búsqueda de manifestaciones de Au y Ag, pero solamente de aquellas formadas a bajas temperaturas como ocurre con la mina de Montecristo I (Plancha 244-I-B del IGAC), localizada en la zona marginal norte y las minas de Bermellón, El Carmen y La Sonrisa, ubicadas en la zona marginal sur (plancha 244-I-D del IGAC). Los sitios más favorables para prospectar Sb, por la agrupación de valores altos y continuos, es la indicada por los drenajes anómalos localizados inmediatamente al este de la mina de La Sierra (Plancha 225-III-D del IGAC). Los drenajes anómalos de los otros elementos indicadores estudiados, aparecen separadamente en las Figuras del 19 al 26, pero debido a sus mutuas asociaciones no se trataron individualmente sino en forma conjunta como anomalías superpuestas.

6.1.1.2. Anomalías geoquímicas para elementos superpuestos.- Los elementos considerados en conjunto como indicadores de mineralizaciones de Au y Ag son: Sb, Au, Ag, Pb, Ba, Zn, Cu, Sr y Mo. Drenajes donde se superpone únicamente Sr y Pb no son tenidos en cuenta debido a sus altas concentraciones observadas en los materiales tobáceos.

En el área se presentan anomalías geoquímicas para dos o más elementos superpuestos (Fig. 27). Las zonas de drenaje anómalo más importantes por su longitud, consistencia y elementos superpuestos son los siguientes:

1. **Quebrada Cruz Gorda:** ubicada en la Plancha 225-III-D del IGAC, tiene

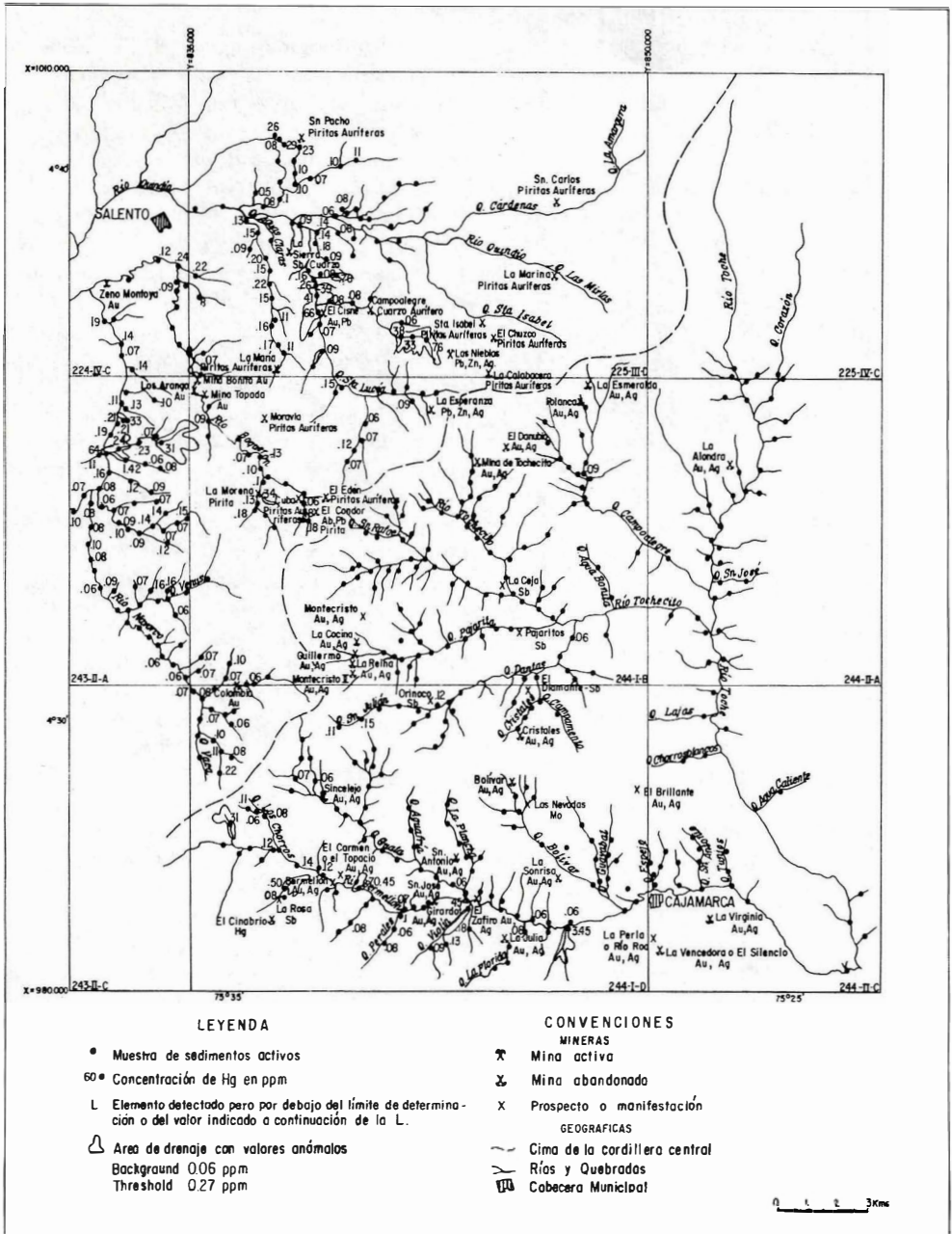


FIG. 17: Contenido de mercurio. Sedimentos activos, fracción fina. Detector para Hg.

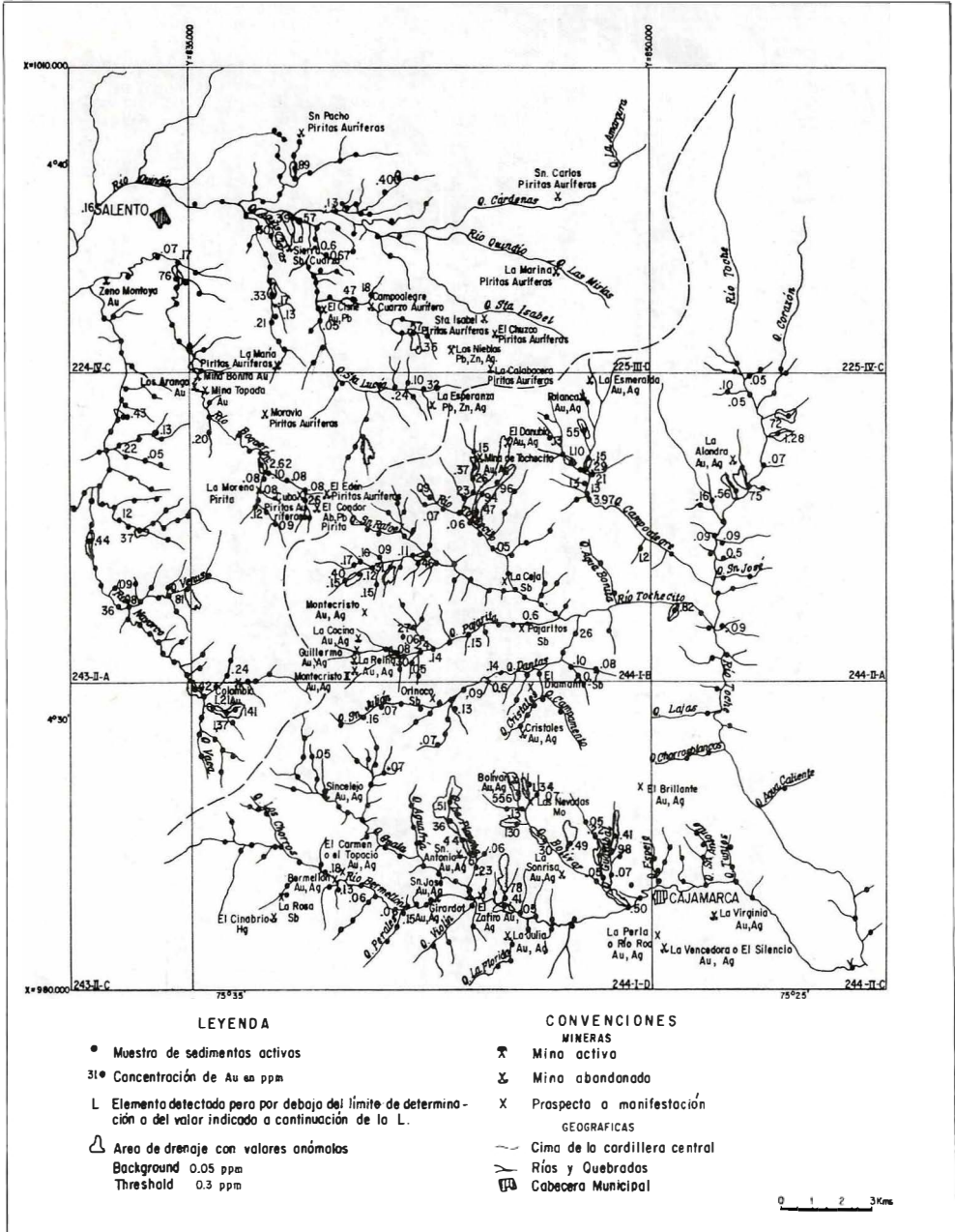


FIG. 19: Contenido de oro. Sedimentos activos, fracción fina. Absorción atómica.

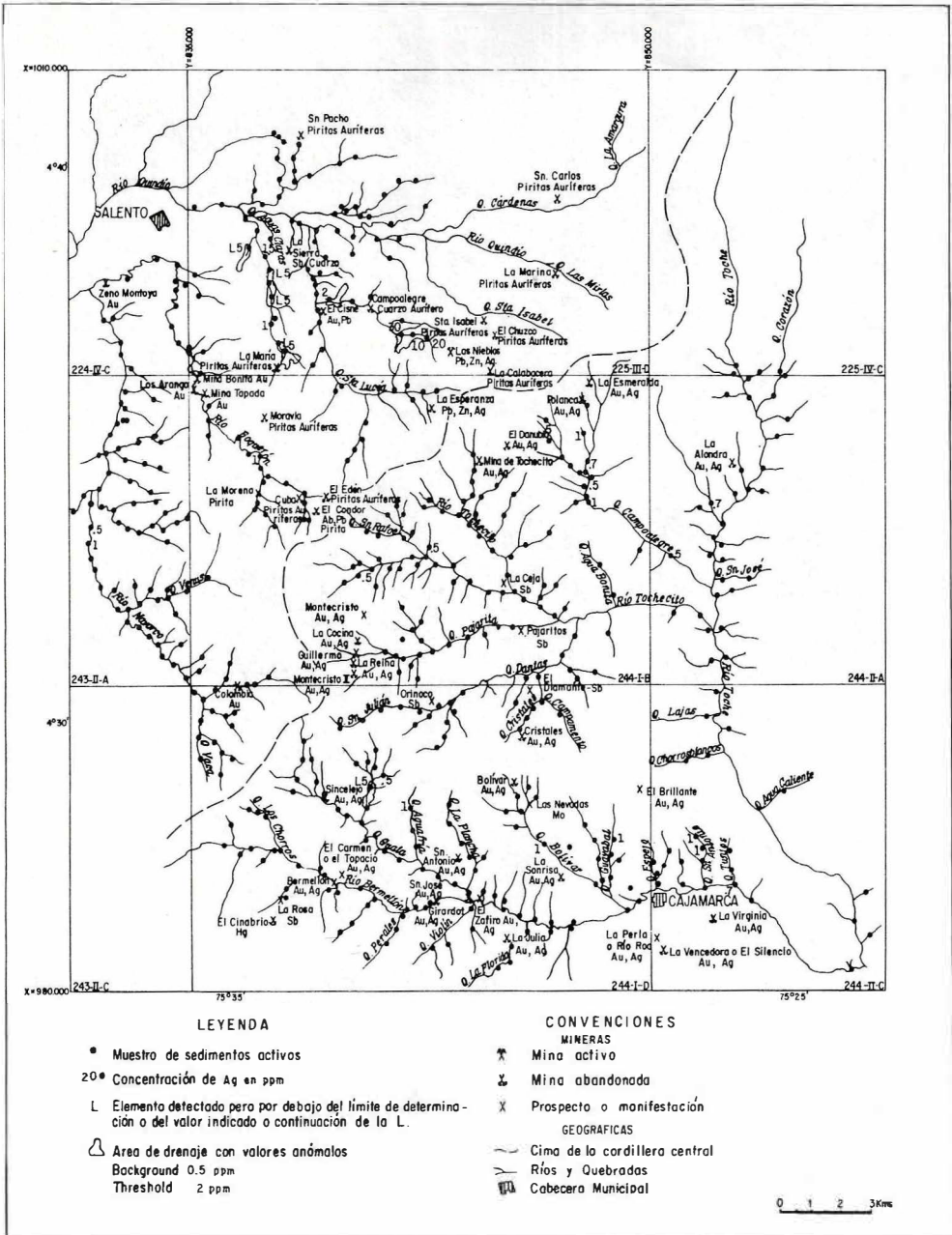


FIG. 21: Contenido de plata. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis espectrográfico.

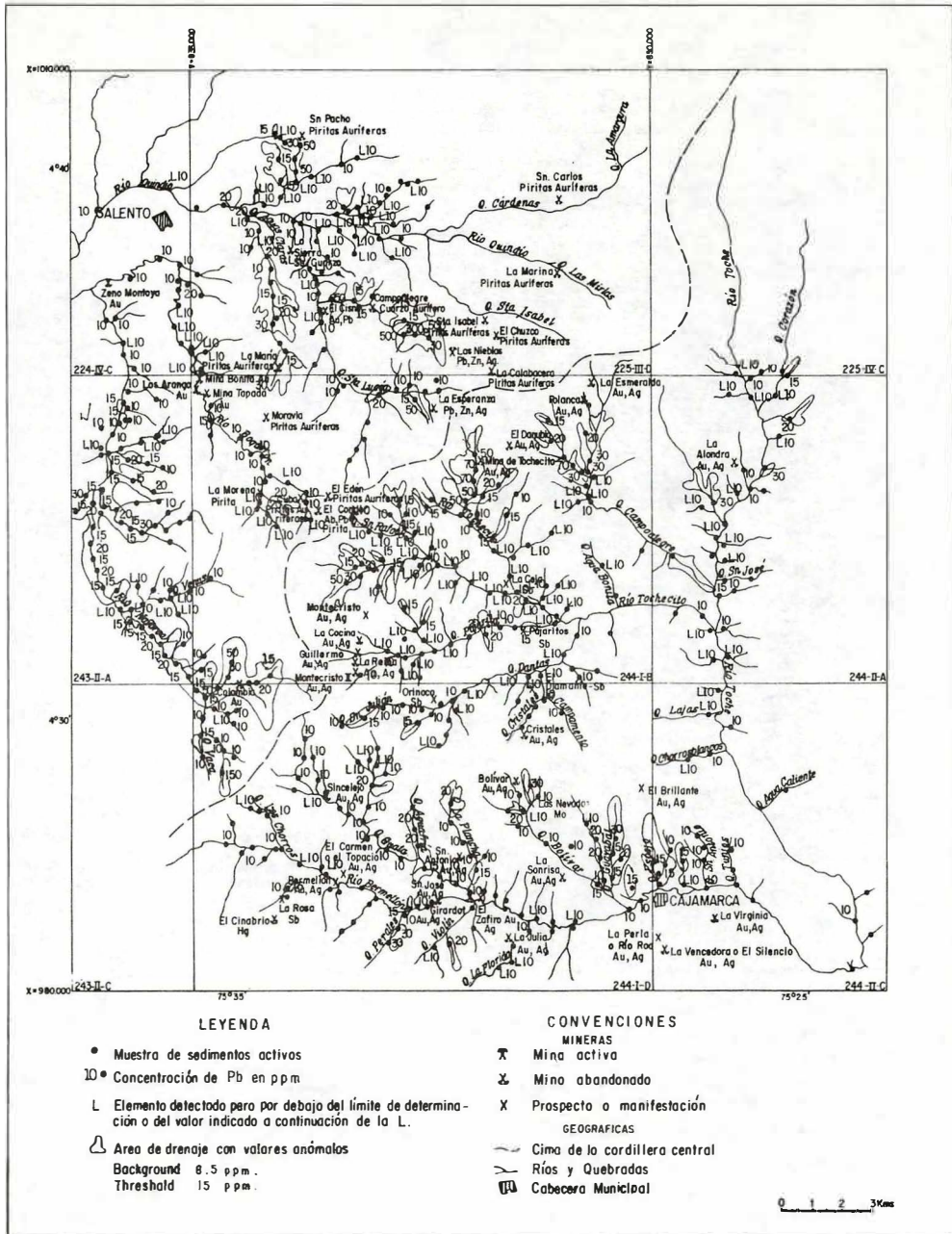


FIG. 22. Contenido de plomo. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis espectrográfico.

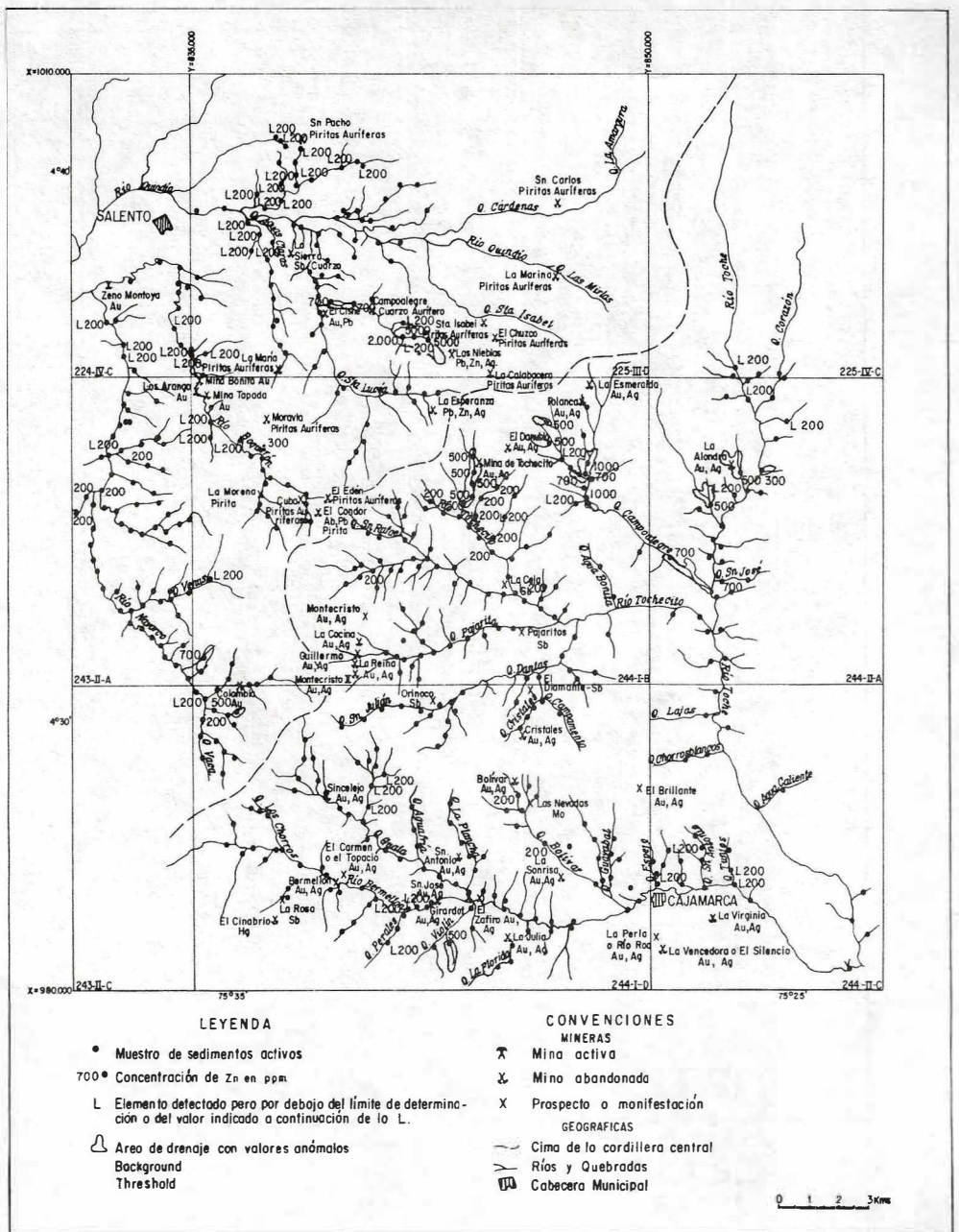


FIG. 23. Contenido de zinc. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis espectrográfico

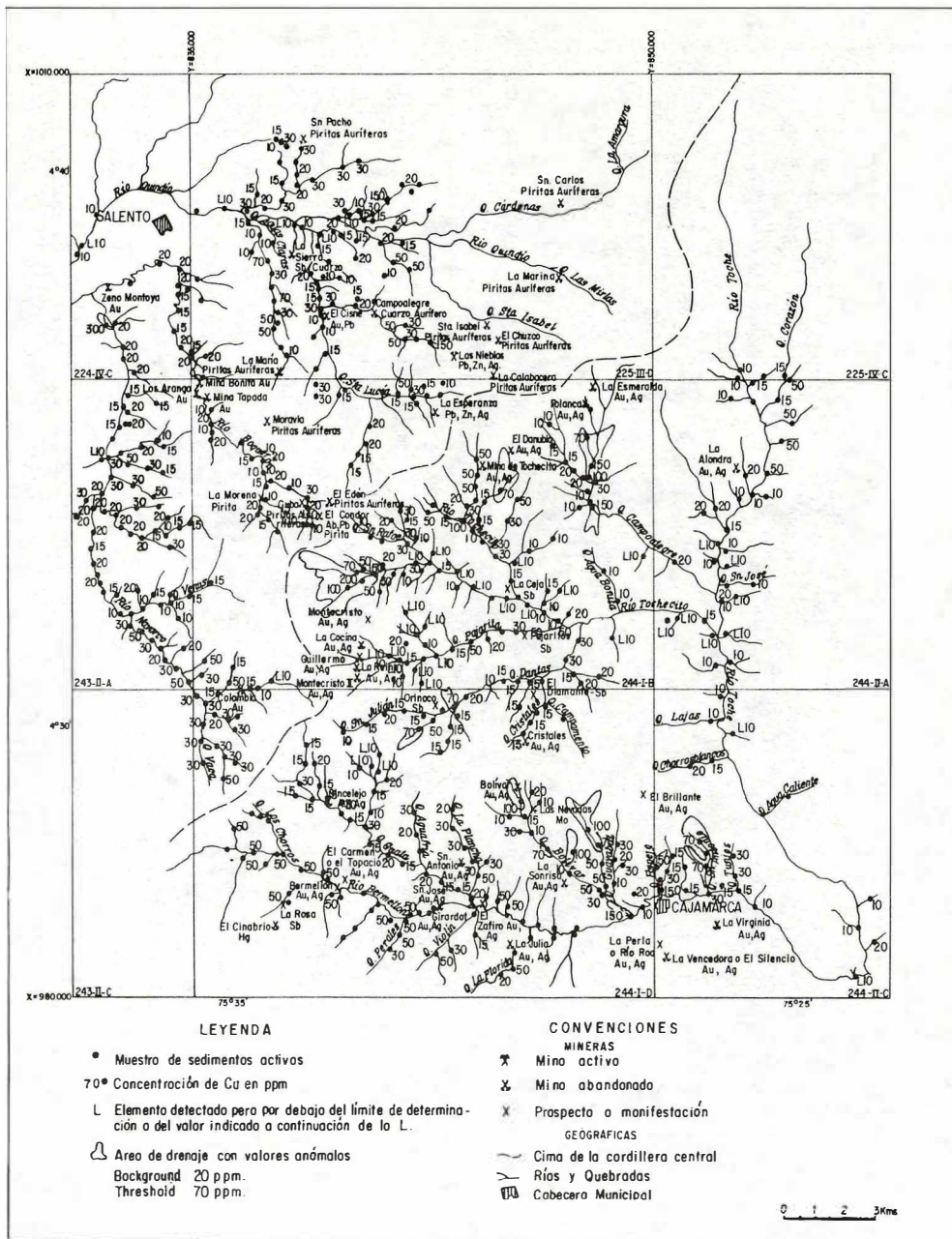


FIG. 24: Contenido de cobre. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis espectrográfico.

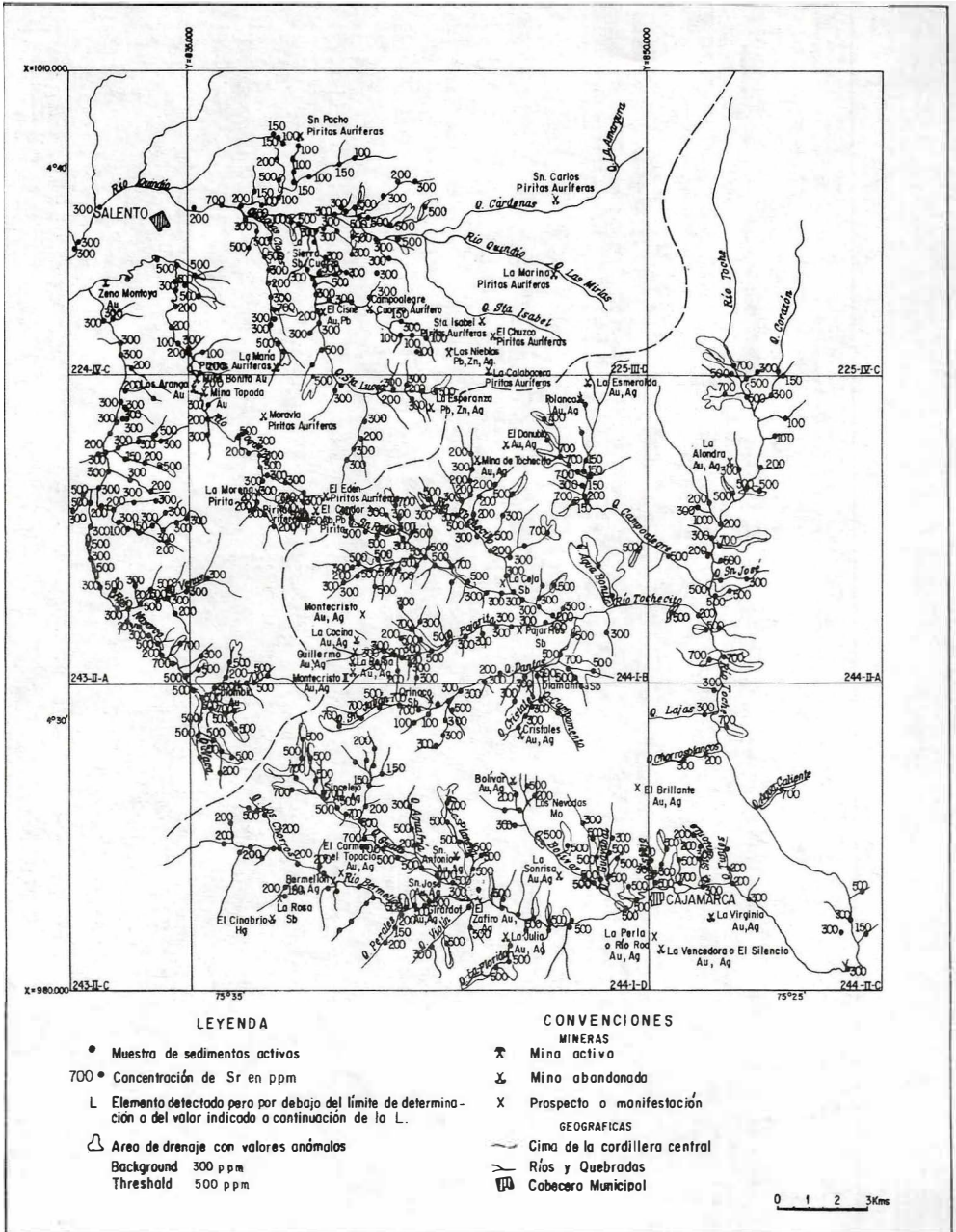


FIG. 25: Contenido de estroncio. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis espectrográfico.

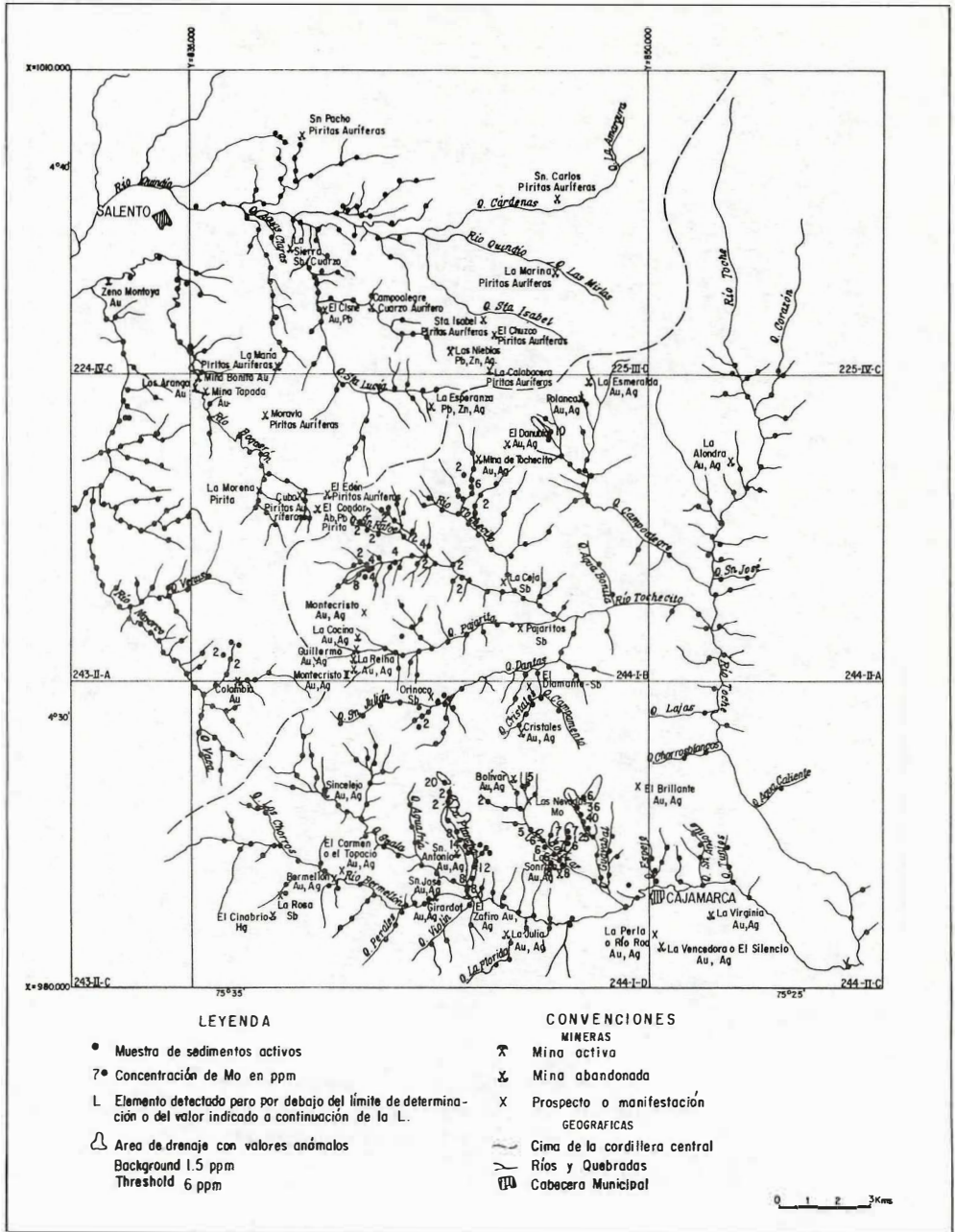


FIG. 26: Contenido de molibdeno. Sedimentos activos, fracción fina. Análisis colorimétrico.

Elemento					
Hg	ppm	N - .06	.07-.26	>.26	
	%	68.0	27.45	4.55	
Sb	ppm	N - 1	2 - 5	6 - 12	> 12
	%	78.65	14.60	4.23	2.52
Au	ppm	N - .05	.06-.3	.31-1	> 1
	%	63.96	24.07	5.61	6.36
Ag	ppm	N - .5	.7 - 2	> 2	
	%	95.56	3.87	.57	
Pb	ppm	N - 10	15	20 - 50	> 50
	%	70.65	13.90	13.71	1.74
Ba	ppm	70 - 300	500 - 700	> 700	
	%	62.36	34.17	3.47	
Zn	ppm	N - L200	200 - 300	500 - 700	> 700
	%	91.50	3.67	3.86	0.97
Cu	ppm	N - 20	30 - 70	> 70	
	%	66.71	30.69	2.6	
Sr	ppm	N - 300	500	> 500	
	%	60.62	29.72	9.46	
Mo	ppm	N - 2	3 - 6	7 - 14	> 14
	%	71.97	10.60	13.63	3.80

TABLA 6: Intervalos de valores y porcentajes de concentración de los elementos indicados. Fracción Fina. Análisis espectrográficos, detector, absorción atómica y colorimetría. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima.

NOTA: N Elemento no detectado en el límite inferior de detección

L = Valor menor que el indicado a continuación de la L.

La primera columna representa valores inferiores al background. En las otras columnas, los valores de los intervalos fueron tomados en los puntos de quiebre de las curvas de frecuencia acumulativa (Fgs. 12 al 16).

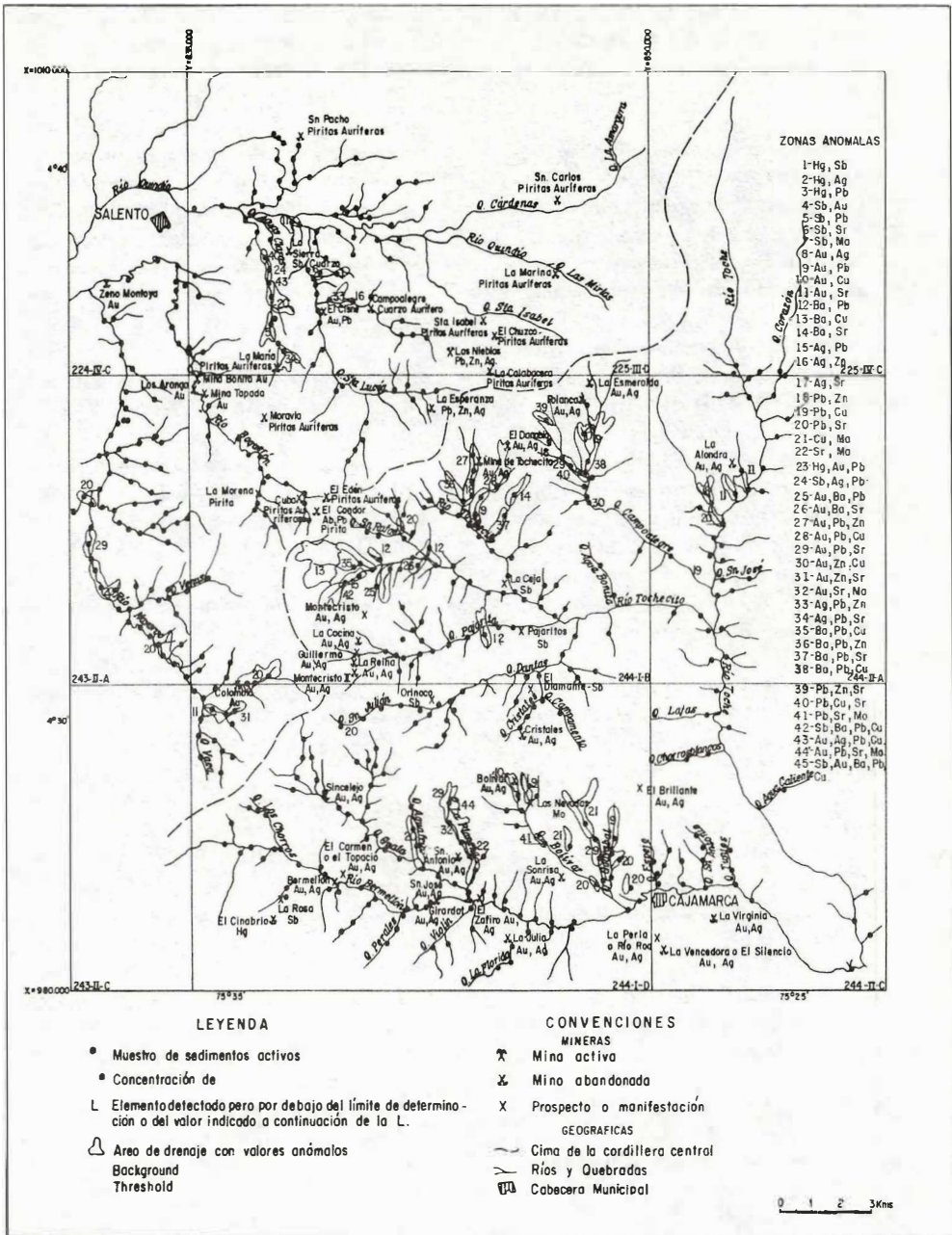


FIG. 27: Anomalías de elementos superpuestos. Sedimentos activos, fracción fina.

aproximadamente 4.5 km de longitud. El drenaje está formado por un conjunto de elementos superpuestos dentro de los cuales se destacan los siguientes grupos: Au-Ag-Pb-Cu, Sb-Ag-Pb, Pb-Cu-Sr, Ag-Pb-Sr, Sb-Pb y Ag-Sr.

Las anomalías descansan sobre esquistos cuarzo - sericíticos - grafitosos con lentes de esquistos clorítico - actinolíticos. En los nacimientos de la quebrada Cruz Gorda se encuentra la mina abandonada de Au La María.

2. **Parte central y nacimiento de la quebrada Aguas Claras;** se encuentra en la Plancha 225-III-D del IGAC, tiene en conjunto 6 km de longitud. El drenaje anómalo está formado por pequeñas anomalías que se distribuyen en la parte central y en los nacimientos de la quebrada Aguas Claras. Las series de elementos superpuestos son: Sb-Ag-Pb-Zn-Cu-Mo, Ag-Pb-Zn, Hg-Ag, Hg-Sb, Sb-Sr, Sb-Pb y Ag-Zn.

En la zona afloran esquistos negros, esquistos verdes y neises cuarzo-feldespáticos y se encuentran las minas de Au y Ag, El Cisne y Campoalegre y la mina activa Las Nieblas, explotada para Pb, Zn y Ag.

Algunas de las anomalías en este drenaje son el producto de contaminación del laboreo minero actual.

3. **Parte media del río Navarco:** ubicada aguas abajo de la confluencia de la quebrada Venus, en la Plancha 243-II-A del IGAC. Está formada por pequeñas anomalías que unidas tienen aproximadamente 6 km de longitud. Los elementos superpuestos son: Au-Pb-Sr. La zona anómala está sobre esquistos cuarzo-sericítico-grafitosos y lentes de esquistos clorítico-actinolíticos. No se conocen mineralizaciones cercanas.
4. **Nacimiento del río Navarco:** se en-

cuentra en las planchas 243-II-A, 244-I-B y 244-I-D del IGAC. El drenaje anómalo está constituido por pequeñas anomalías que agrupadas tienen 6.5 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Au-Pb-Sr, Au-Cu-Sr y Zn-Pb.

En la zona afloran esquistos negros, esquistos verdes, neises cuarzo-feldespáticos y mantos de tobas, además se encuentra la abandonada Colombia, de Au aluvial. Se desconoce la existencia de mineralizaciones de Au filoniano.

5. **Nacimiento de la quebrada San Rafael:** ubicada en la Plancha 244-I-B del IGAC, tiene en conjunto 8 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Sb-Au-Ba-Pb-Cu, Sb-Ba-Pb-Cu, Au-Ba-Sr, Ba-Pb-Cu, Ba-Pb, Ba-Cu y Ba-Sr.

El drenaje anómalo se encuentra sobre esquistos negros, esquistos verdes, lentes de cuarcitas y mantos tobáceos. En los alrededores está localizada la mina Montecristo I y posiblemente las prolongaciones de las minas El Edén y El Cóndor, las cuales fueron explotadas para Au y Ag.

6. **Nacimiento del río Tochecito:** se encuentra en la Plancha 244-I-B del IGAC, está formada por pequeñas anomalías que agrupadas tienen aproximadamente 8.5 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Ba-Pb-Sr, Ba-Pb-Zn, Au-Pb-Cu, Au-Pb-Zn, Pb-Zn y Ba-Sr.

En los nacimientos del río Tochecito afloran esquistos cuarzo-sericítico-grafitosos, esquistos cloríticos-actinolíticos y mantos de tobas feldespáticas y se encuentran las minas de Tochecito y El Danubio, las cuales fueron explotadas para Au y Ag.

7. **Nacimiento de la quebrada Campoalegre:** ubicada en la Plancha 244-I-B

del IGAC; formada por pequeñas anomalías que tienen aproximadamente 4.5 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Pb-Cu-Sr; Pb-Zn-Sr, Pb-Zn-Cu, Au-Zn-Cu, Au-Pb-Sr, Au-Pb-Cu, Pb-Cu y Pb-Zn.

En la zona afloran esquistos cuarzo-sericítico - grafitosos, esquistos clorítico - actinolíticos, cuarcitas y mantos de tobas. En los nacimientos de la quebrada Campoalegre se encuentran las minas La Esmeralda y Polanco, las cuales fueron explotadas para Au y Ag.

8. **Afluentes río Toche:** se encuentra en la Plancha 244-II-A del IGAC, aguas arriba de la confluencia con la quebrada Campoalegre. Son anomalías que se localizan en los pequeños afluentes del río Toche y que unidas tienen aproximadamente 4.5 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Pb-Zn y Au-Sr.

Las anomalías se encuentran sobre esquistos cuarzo - sericítico - grafitosos con lentes de esquistos clorítico - actinolíticos, cuarcitas y mantos de tobas feldespáticas. En la zona de drenaje anómalo, únicamente aparece la mina La Alondra, la cual fue explorada para Au y Ag.

9. **Confluencia quebrada Campoalegre en el río Toche:** ubicada en la Plancha 244-II-A del IGAC y aguas arriba de la confluencia con la quebrada Campoalegre en el río Toche. Son dos anomalías que unidas tienen 2.3 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Ba-Pb-Cu y Pb-Cu.

En el área afloran esquistos clorítico-actinolíticos con lentes de esquistos cuarzo - sericítico - grafitosos y mantos de cenizas volcánicas. No se conocen mineralizaciones cercanas a la zona de drenaje anómalo.

10. **Quebrada La Plancha:** se encuentra ubicada en la plancha 244-I-D del IGAC. En conjunto las zonas anómalas tienen aproximadamente 3 km de longitud y las series de elementos superpuestos son: Au-Pb-Sr-Mo, Pb-Sr-Mo, Au-Sr-Mo y Sr-Mo. En la zona de drenaje anómalo afloran esquistos cuarzo - sericítico - grafitosos, lentes de esquistos clorítico - actinolíticos y de cuarcitas, y pequeños apófisis de pórfidos dacíticos. En la zona intermedia baja de la quebrada La Plancha, se encuentra la mina abandonada de Au y Ag San Antonio.

11. **Quebrada Bolívar:** ubicada en la plancha 244-I-D; el drenaje anómalo tiene 3.5 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Zn-Sr-Mo, Cu-Mo, Zn-Cu y Au-Pb.

En el área de la quebrada Bolívar afloran rocas metamórficas del Grupo Cajamarca y pequeños apófisis de pórfidos dacíticos. En las cercanías se encuentran las minas Bolívar y Las Nevadas, las cuales fueron explotadas para Au y Ag.

12. **Quebrada Guayabal:** se encuentra en la Plancha 244-I-D del IGAC, las anomalías agrupadas tienen aproximadamente 5.2 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Au-Pb-Sr, Cu-Mo y Au-Pb.

En el área de la quebrada Guayabal afloran rocas metamórficas del Grupo Cajamarca y apófisis de pórfidos dacíticos. En los alrededores se encuentra la mina El Brillante, la cual fue explotada para Au y Ag.

13. **Río Bermellón y afluentes:** se encuentra ubicado en la Plancha 244-I-D del IGAC, en el cauce y afluentes del río Bermellón y entre las confluencias de las quebradas Campoalegre y Cristales. Las anomalías se encuentran dispersas y en con-

junto tienen 2.5 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Pb-CuSr, Sb-Sr y Mo-Sb.

El río Bermellón atraviesa rocas metamórficas del Grupo Cajamarca, mantos tobáceos y en sus alrededores aparecen las minas abandonadas El Cinabrio de Hg, La Rosa de Sb y las minas El Carmen o El Topacio, Girardot, San José, El Zafiro y La Julia, las cuales fueron explotadas para Au y Ag.

De las zonas de drenaje con anomalías geoquímicas de elementos superpuestos, se destacan por su longitud, consistencia y ausencia de mineralizaciones: la parte media y nacimientos del río Navarco. En segundo plano de importancia está la parte alta de la quebrada La Plancha.

6.1.2. CONCENTRADOS EN BATEA

Para complementar este estudio y a la vez averiguar la utilidad, en prospección geoquímica, de la fracción pesada de los sedimentos activos, se analizaron 537 muestras de concentrados en batea tomadas de la parte central y profunda posibles en los cauces de ríos y quebradas. En cada sitio se colectaron aproximadamente 200 grm de material. Posteriormente la fracción -80 -no magnética- fue analizada por espectrografía.

Por sus características mineralógicas, fueron escogidos como elementos indicadores Ag, As, Pb, Ba, Zn, Cu, Sr y Mo. La interpretación de los valores obtenidos a partir de los análisis se realizó en la siguiente forma:

1. Se averiguaron los valores de background y threshold para los diferentes elementos por medio de histogramas de frecuencia y curvas de frecuencia acumulativa (Figs. 16, 28 y 29), siguiendo las normas establecidas por Lepeltier, C. (1967). Estos resultados figuran en la Tabla 7.

Elemento	Background ppm	Threshold ppm
Ag	.5 (L.D.)	2
As	200 (L.D.)	> 200
Pb	2 (L.D.)	20
Ba	150	1.000
Zn	200 (L.D.)	300
Cu	35	100
Sr	100 (L.D.)	200
Mo	5 (L.D.)	> 5

TABLA 7: Valores estadísticos de background y threshold, de los elementos indicados. Análisis espectrográfico. Fracción pesada. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima.

NOTA: L.D. = Límite inferior de detección.

—o—

2. En las curvas de frecuencia acumulativa, el background para Pb, Ba y Cu se determinó tomando el valor medio (50%). En el caso de Ag, As, Zn, Sr y Mo, este valor se obtuvo utilizando el límite inferior de detección del espectrógrafo.
3. Dado el escaso número de clases mostrado por los valores de As y Sr, el threshold se determinó a partir de diagramas de concentración vs. número de muestras. Para los otros elementos, esta información se obtuvo de los gráficos de frecuencia acumulativas en el valor correspondiente al punto de quiebre entre la primera y la segunda población.
4. Se elaboraron mapas de drenaje a escala 1:50.000 y con el valor del threshold se encerraron las diferentes anomalías. Para cada elemento se elaboró un mapa (Figs. 30 a 36).
5. En la Tabla 8, se agrupan los resultados de los análisis espectrográficos de los elementos en los concentrados en batea con sus respectivos porcentajes.

Los elementos indicadores en la fracción pesada, debido a sus mutuas asociacio-

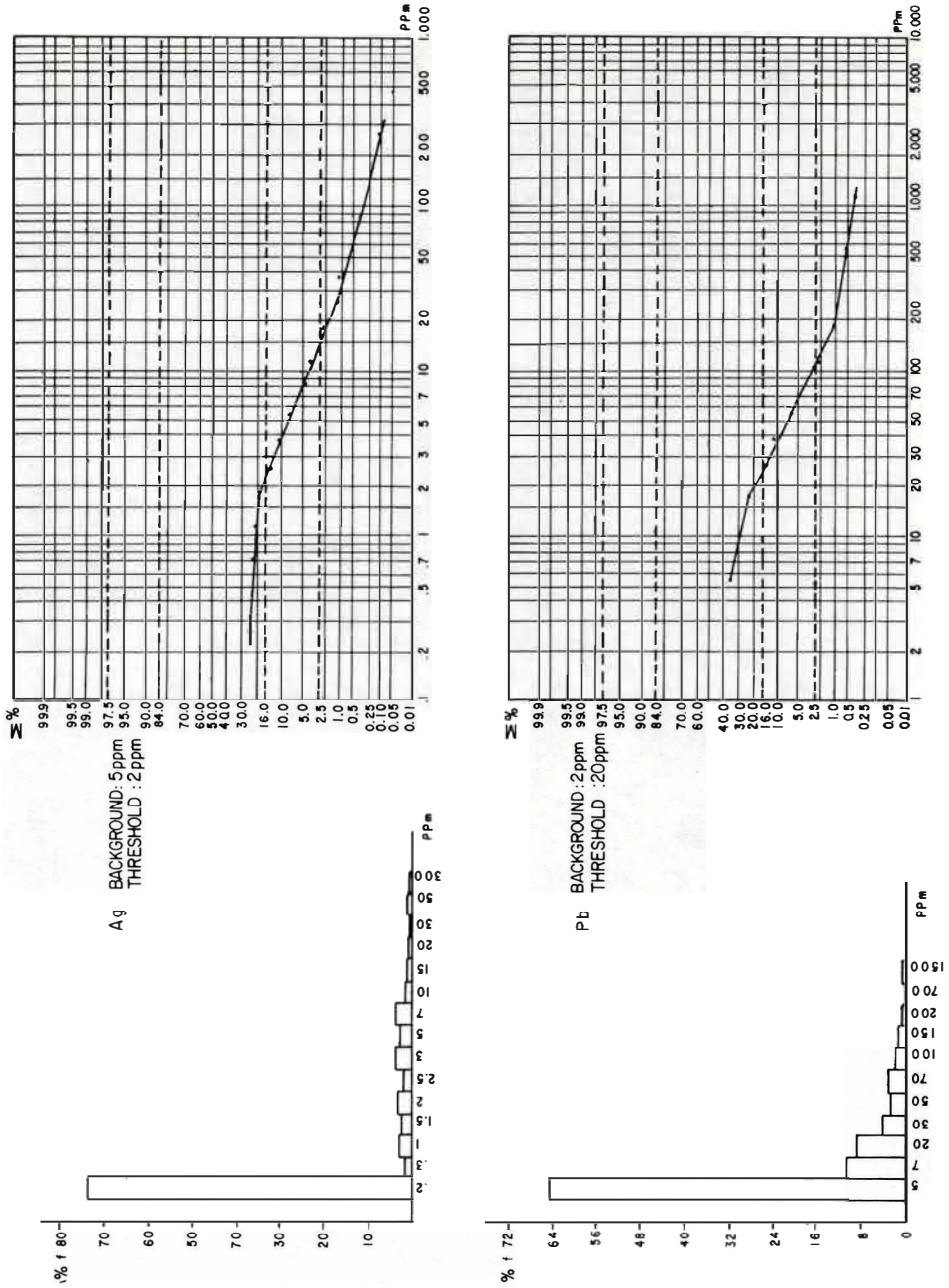


FIG. 28: Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Ag y Pb. Sedimentos activos, fracción pesada.

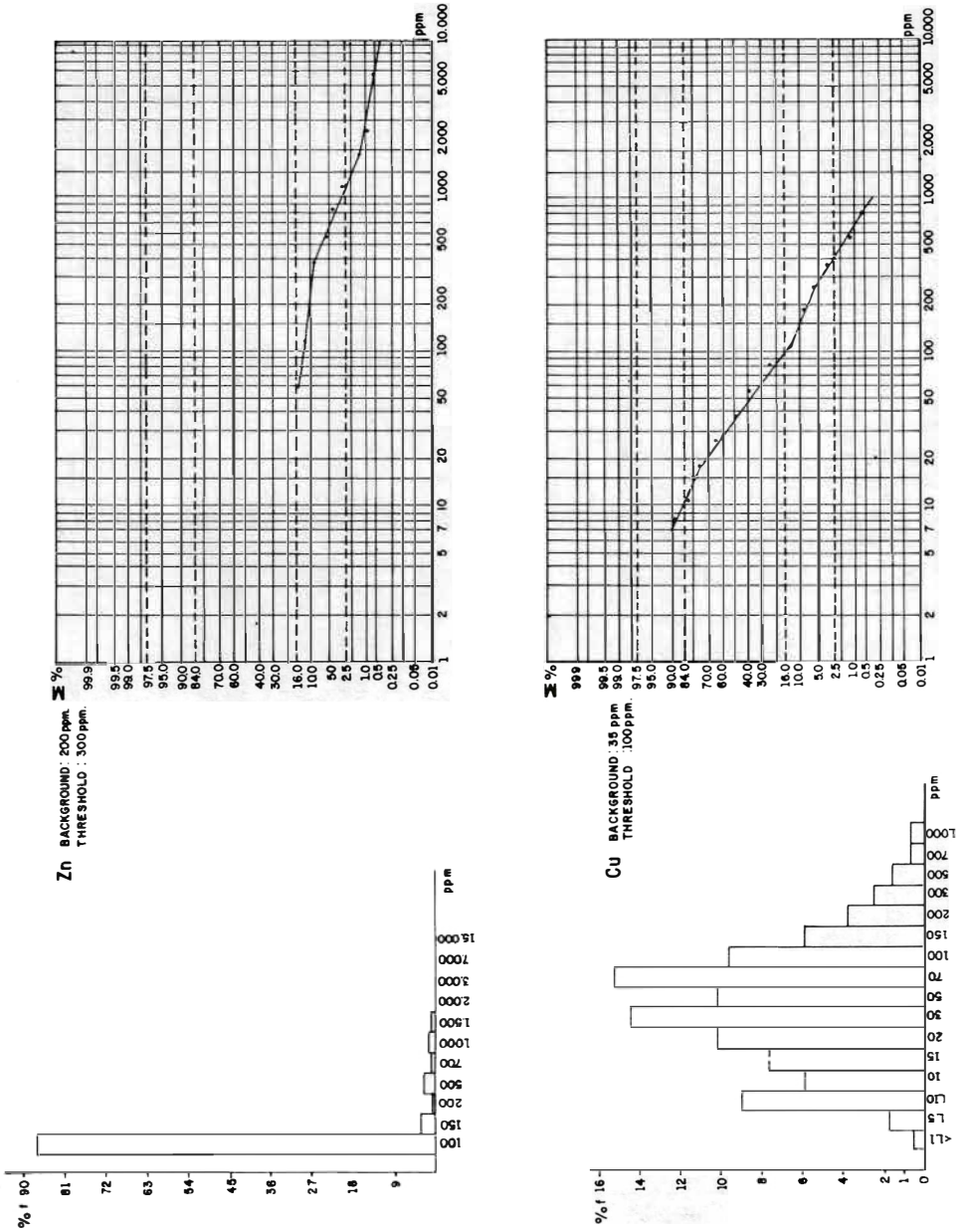


FIG. 29. Histograma y curva de distribución de frecuencias acumuladas para Zn y Cu. Sedimentos activos, fracción pesada.

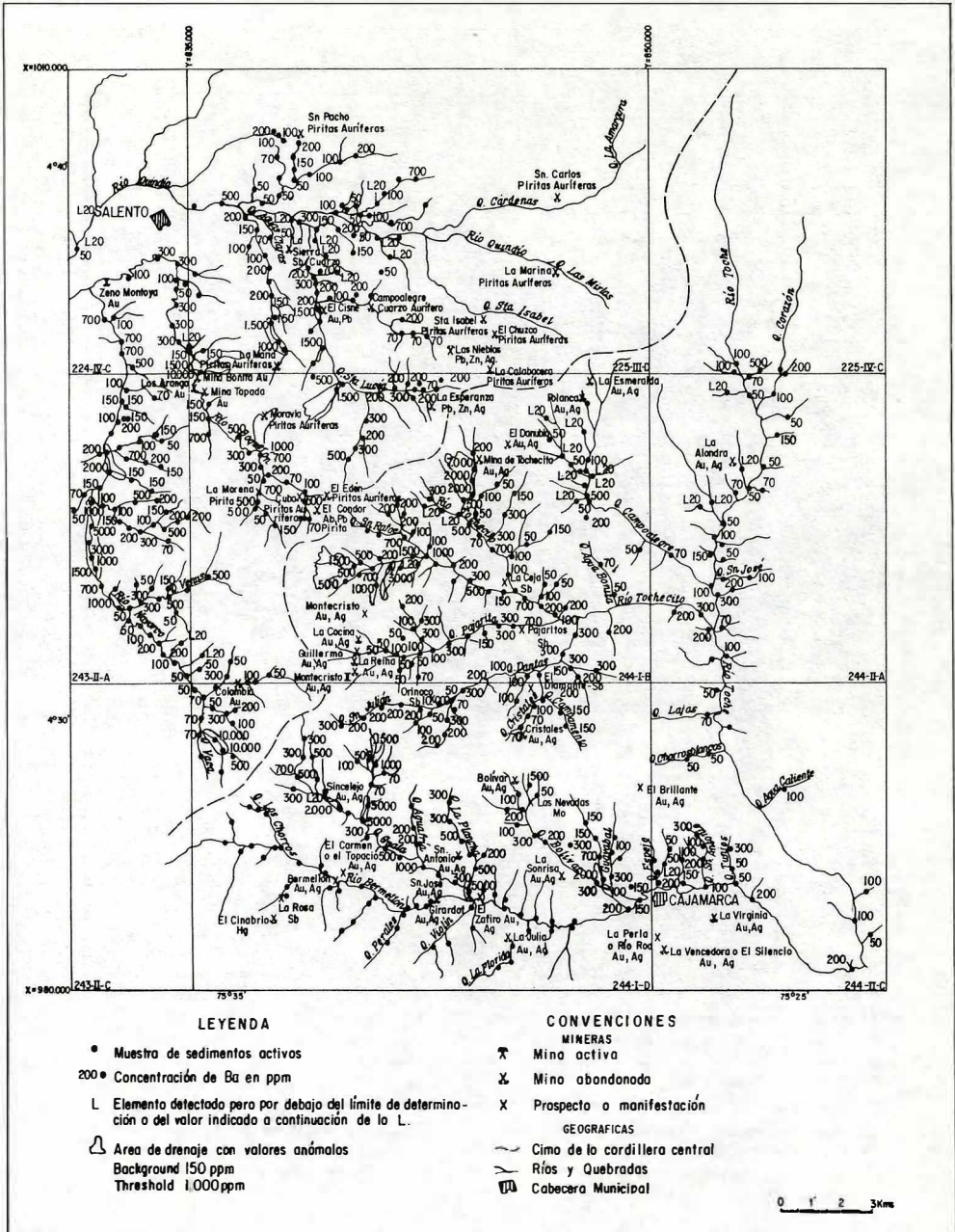


FIG. 30: Contenido de Bario. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis Espectrográfico.

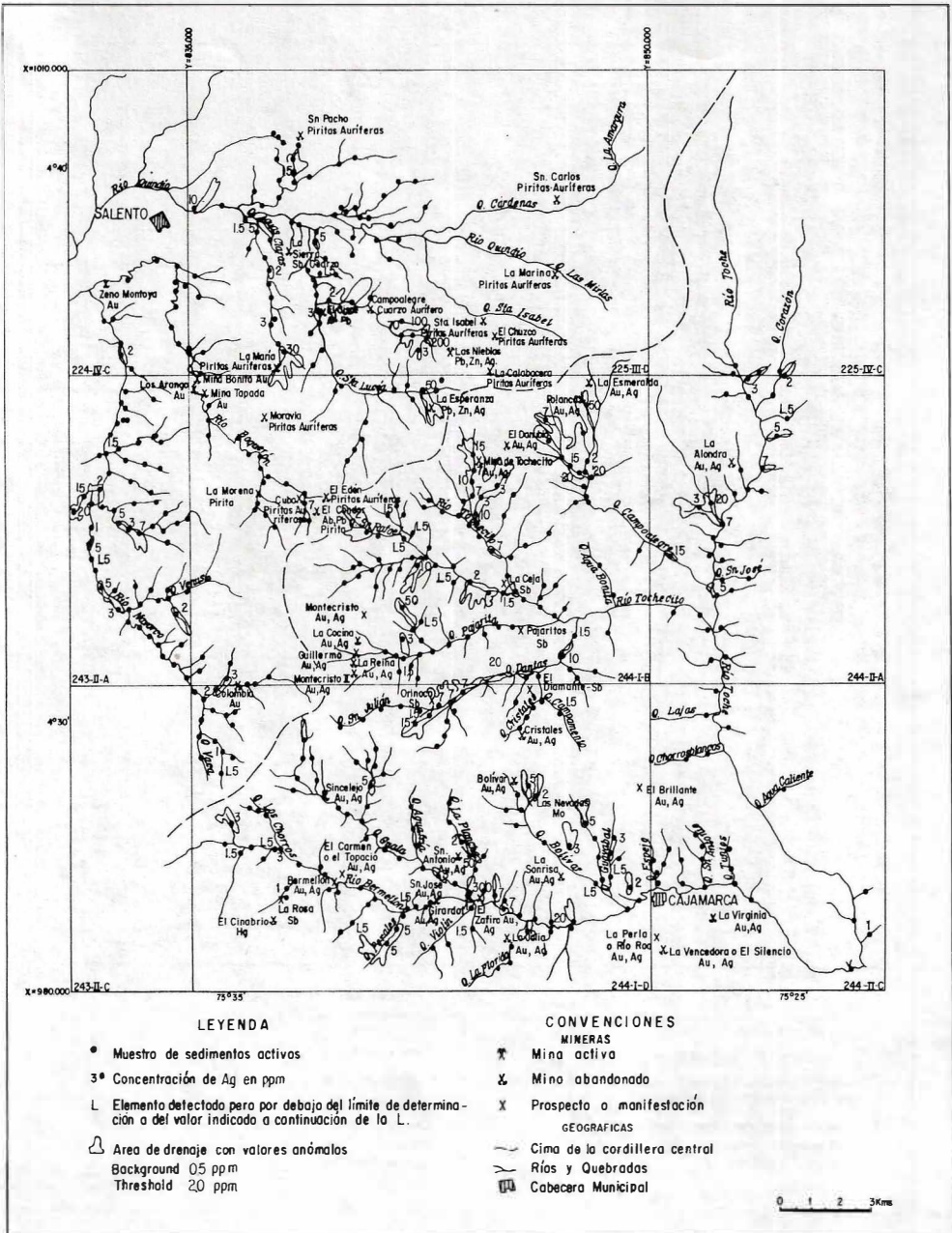


FIG. 31: Contenido de Plata. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis espectrográfico.

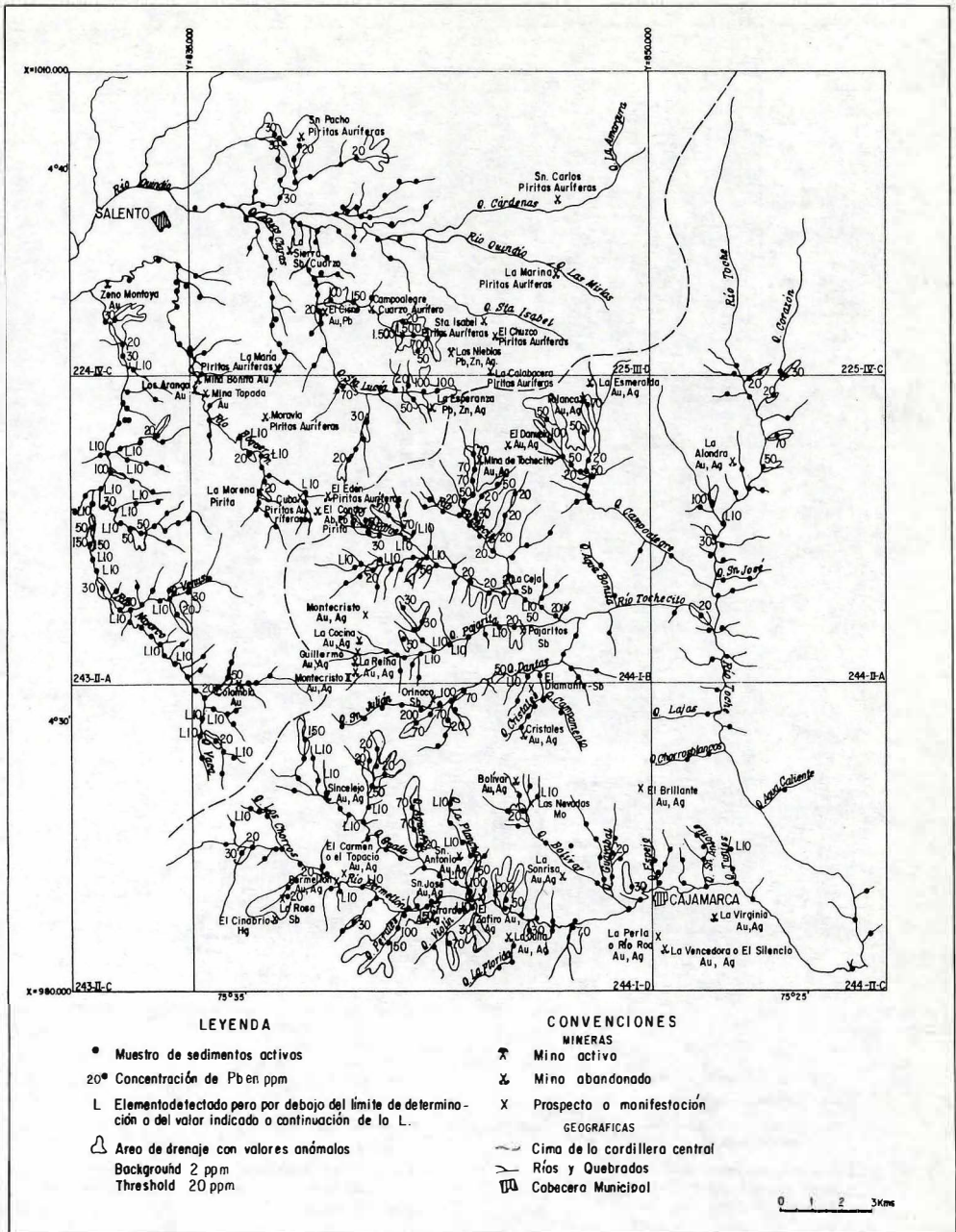


FIG. 32: Contenido de plomo. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis espectrográfico.

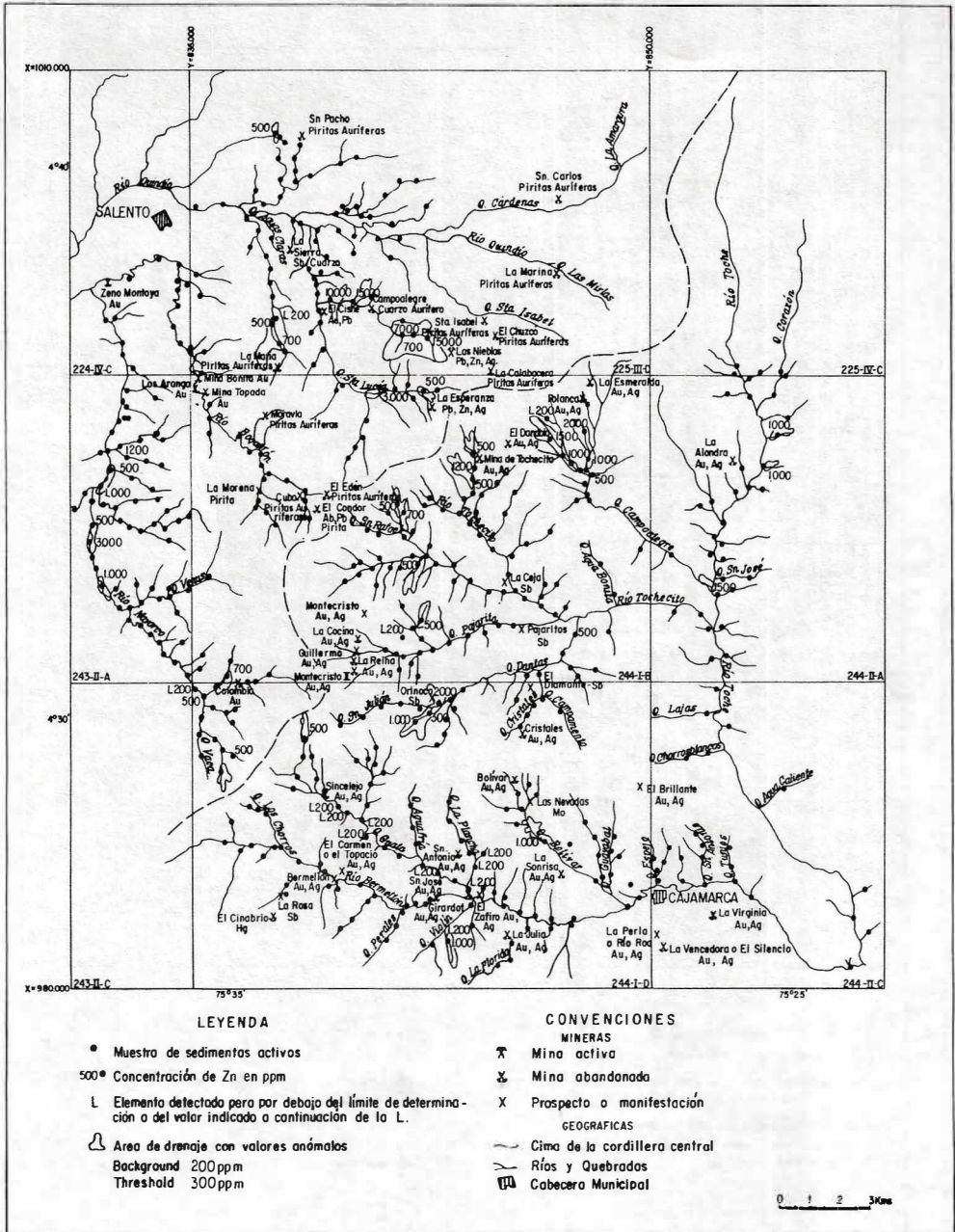


FIG. 33: Contenido de zinc. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis espectrográfico.

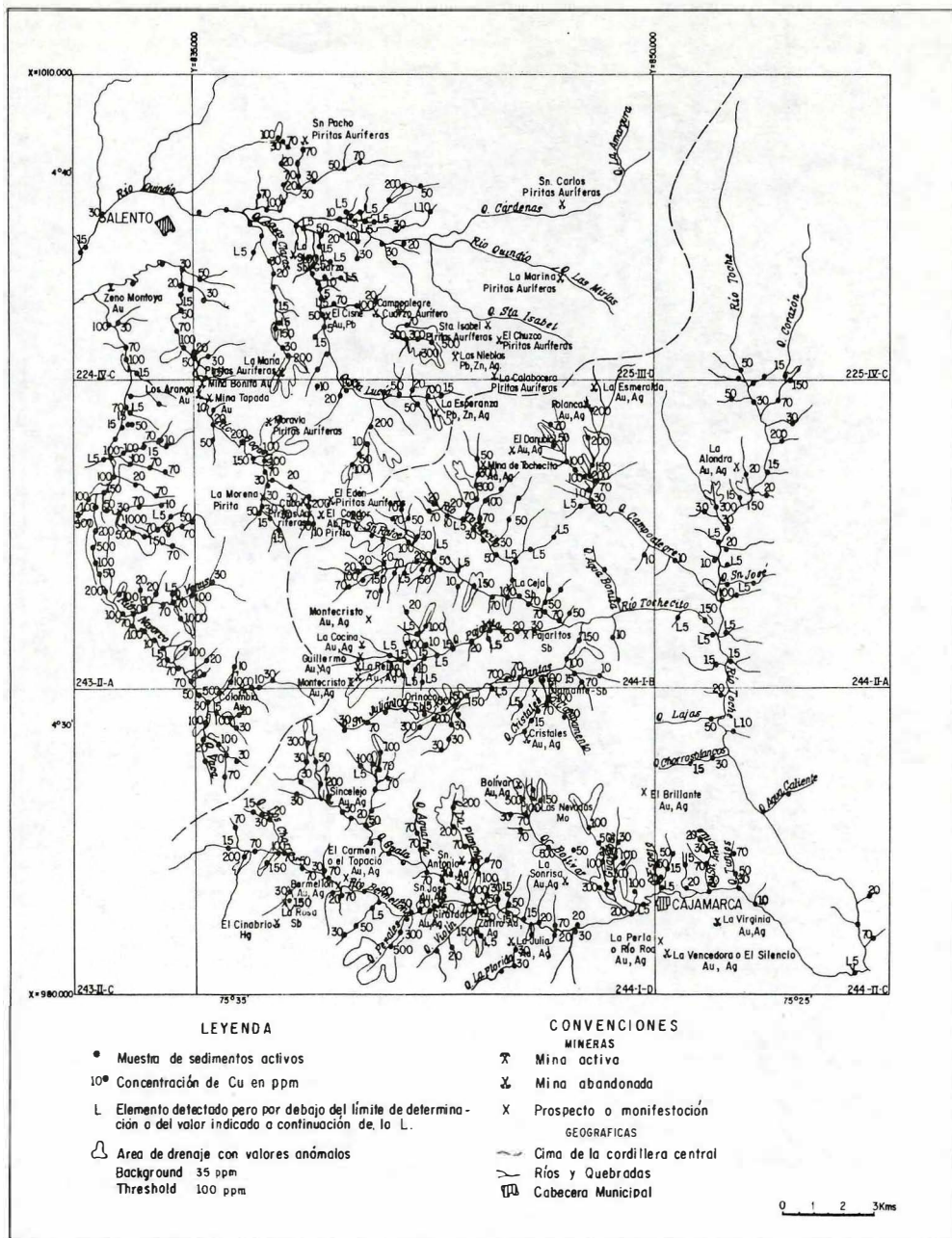


FIG. 34: Contenido de cobre. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis espectrográfico.

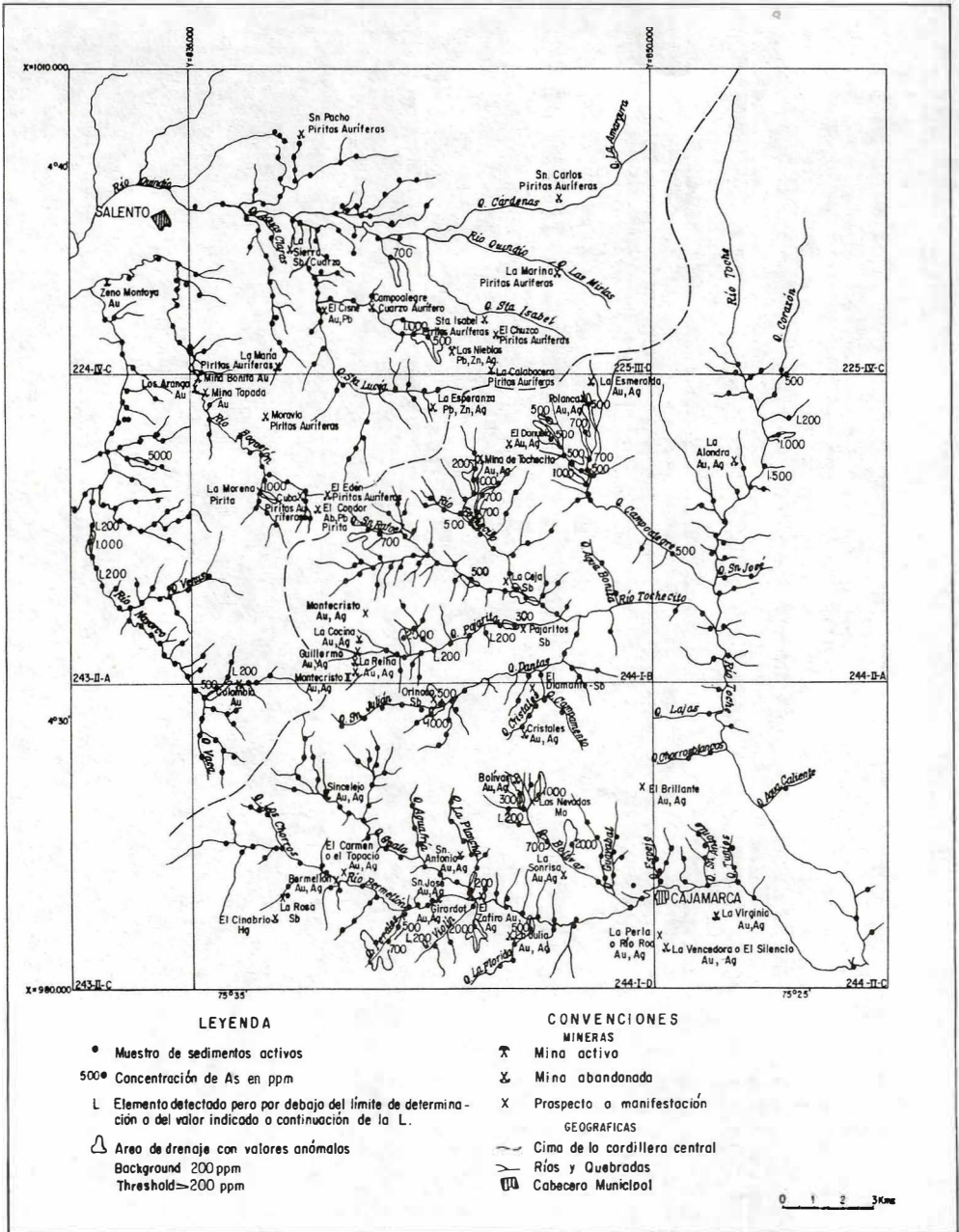


FIG. 35: Contenido de Arsénico. Sedimentos activos, fracción pesada. Análisis espectrográfico.

Elemento

Ag	ppm	N – L.5	1 – 2	2.5 – 20	> 20
	%	75.43	7.99	15.19	1.39
As	ppm	N – L 200	200	> 200	
	%	91.42	.19	8.39	
Pb	ppm	N	L 10 – 20	30 – 150	> 150
	%	64.23	19.88	14.80	1.09
Ba	ppm	N – 150	200 – 1000	1500 – 3000	> 3000
	%	53.03	40.15	5.25	1.57
Zn	ppm	N – L 200	500	> 500	
	%	91.42	2.92	5.66	
Cu	ppm	N – 30	50 – 100	150 – 300	> 300
	%	50.28	34.89	11.89	2.94
Sr	ppm	N	200	> 200	
	%	68.61	27.30	4.09	

TABLA 8 : Intervalos de valores y porcentajes de los elementos indicadores. Fracción pesada. Análisis espectrográficos. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca Tolima.

NOTA: N Elemento no detectado en el límite inferior.

L = Valor menor que el indicado a continuación de la L.

La primera columna representa valores inferiores al background. En las otras columnas, los valores de los intervalos fueron tomados en los puntos de quiebre de las curvas de frecuencia acumulativa (Figs. 16, 28 y 29).

nes no se trataron individualmente sino en forma conjunta como anomalías superpuestas.

6.1.2.1. Anomalías geoquímicas para elementos superpuestos.- Las anomalías de elementos superpuestos más importantes obtenidas a partir de concentrados en batea, son las siguientes (Fig. 37):

- 1. Quebrada Cruz Gorda:** ubicada en las planchas 225-III-C y 244-I-B del IGAC; son pequeñas anomalías localizadas en los nacimientos de la quebrada Cruz Gorda y que unidas tienen aproximadamente 2.5 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Ba-Ag-Zn-Cu, Ag-Pb-Zn-Cu y Au-Ag.

La anomalía descansa sobre esquistos cuarzo-sericíticos con lentes de esquistos clorítico-actinolíticos. En los nacimientos de la quebrada Cruz Gorda se halla la mina La María, la cual fue explotada para Au.

- 2. Parte central y nacimientos de la quebrada Agua Clara:** se encuentra ubicada en la Plancha 225-III-D del IGAC, tiene en conjunto aproximadamente 3.5 km de longitud. El drenaje anómalo está formado por los siguientes grupos de elementos: Ag-Pb-Zn-Cu-As, Ag-Pb-Zn, Ba-Ag-Pb y Ag-Zn.

En la zona de la anomalía afloran rocas del Grupo Cajamarca y neises cuarzo-feldespáticos. En las cercanías se encuentran las minas abandonadas de Au y Ag El Cisne, Campoalegre y la mina activa Las Nieblas, explotada para Pb-Zn-Ag.

Algunas de las anomalías en esta zona de drenaje son el producto de contaminación producida por el laboreo minero actual.

- 3. Parte media del río Navarco:** está ubicada aguas abajo de la confluencia

de la quebrada Venus, en la Plancha 243-II-A del IGAC y tiene aproximadamente 8 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Ag-Pb-Zn-Cu-As, Ba-Pb-Zn-Cu-Sr, Ag-Pb-Cu-As, Ba-Ag-Cu-Sr, Ba-Ag-Pb-Cu, Ag-Pb-Zn-Cu, Ag-Cu-As, Pb-Cu-Sr, Ag-Pb-Cu y Ba-Cu-Sr.

Las anomalías descansan sobre rocas del Grupo Cajamarca. El drenaje anómalo del río Navarco es uno de los más importantes del área, debido a su longitud y a la ausencia de mineralizaciones conocidas.

- 4. Quebrada San Rafael:** se encuentra ubicada en la Plancha 244-I-B del IGAC, las anomalías están localizadas en el cauce de la quebrada del mismo nombre en algunos de sus afluentes, y unidas tienen aproximadamente 6.5 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Ag-Pb-Zn-Cu, Ba-Ag-Pb-Zn, Ag-Cu-As, Ag-Pb-Cu, Pb-Cu, Ag-As y Ba-Cu.

El drenaje anómalo se halla sobre rocas del Grupo Cajamarca y mantos tobáceos, en sus alrededores están la mina Montecristo I y posiblemente las prolongaciones de las minas El Edén y El Cóndor, las cuales fueron explotadas para Au-Ag.

- 5. Nacimiento del río Tohecito:** ubicada en la Plancha 244-I-B del IGAC, tiene aproximadamente 4.2 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Ba-Ag-Pb-Cu-As, Ag-Pb-Cu-As y Ba-Zn-Cu-As.

En los nacimientos del río Tohecito afloran esquistos cuarzo-sericítico-grafíticos, esquistos clorítico-actinolíticos y mantos de tobas feldespáticas. Se encuentran en los alrededores las minas de Tohecito y El Danubio, las cuales fueron explotadas para Au-Ag.

6. **Nacimiento de la quebrada Campoalegre:** se encuentra en la Plancha 244-I-B del IGAC; en conjunto tiene aproximadamente 5 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Ag-Pb-Zn-Cu-As y Ag-Pb-Cu-As.

La anomalía descansa sobre rocas del Grupo Cajamarca y mantos tobáceos. En los nacimientos de la quebrada Campoalegre se hallan las minas La Esmeralda y Polanco, las cuales fueron explotadas para Au-Ag.

7. **Afluentes río Toche:** ubicada en las planchas 225-IV-C y 244-II-A del IGAC, en el cauce de algunos pequeños afluentes y aguas arriba de la confluencia de la quebrada Campoalegre. En conjunto, las zonas anómalas tienen 2.5 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Ag-Cu-As, Zn-Cu, Ag-Zn y Ba-Cu.

El drenaje se encuentra sobre esquistos cuarzo-sericítico-grafitosos, esquistos clorítico-actinolíticos, cuarcitas y mantos de tobas feldespáticas. En los alrededores únicamente se encuentra la mina abandonada de Au-Ag de La Alondra.

8. **Nacimientos y afluentes quebrada Guala:** se encuentra en la Plancha 244-I-D del IGAC. Son pequeñas anomalías dispersas que tienen aproximadamente 3 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Ag-Pb-Zn-Cu, Ba-Ag-Pb-Cu-As, Ba-Pb-Cu, Pb-Cu, Ag-Pb y Ba-Pb.

En el área de la quebrada Guala afloran rocas metamórficas del Grupo Cajamarca, tobas feldespáticas y pórfidos dacíticos. En las cercanías se encuentran las minas abandonadas de Au-Ag Sincelejo, San Antonio y San José.

9. **Quebrada Dantas:** ubicada en las planchas 244-I-B y 244-I-D del IGAC; son anomalías dispersas y en-

trelazadas, que en conjunto tienen aproximadamente 5.2 km de longitud.

Las series de elementos superpuestos son: Ba-Ag-Zn-Cu-As, Ag-Pb-Zn-Cu, Ag-Pb-Cu, Zn-Cu y Ag-Cu.

La quebrada Dantas está localizada sobre esquistos cuarzo-sericítico-grafitosos, esquistos clorítico-actinolíticos, cuarcitas y mantos irregulares de tobas feldespáticas.

Dentro de esta zona de drenaje se hallan las minas abandonadas de Cristales y El Diamante de Au-Ag y Sb respectivamente.

10. **Río Bermellón y afluentes:** se encuentra en la Plancha 244-I-D en el cauce y afluentes del río Bermellón y entre las confluencias de las quebradas Campoalegre y Perales. Las anomalías se encuentran dispersas en una longitud de 7 km aproximadamente y agrupadas tienen 5.3 km. Las series de elementos superpuestos son: Ba-Ag-Pb-Cu-As, Ag-Pb-Cu-As, Pb-Cu-As, Ag-Pb-Cu, Pb-Zn, Ag-Sr y Ag-Pb.

El río Bermellón atraviesa rocas metamórficas del Grupo Cajamarca y en sus alrededores aparecen las minas abandonadas de El Cinabrio de Hg, La Rosa de Sb y las minas de El Carmen o El Topacio, Girardot, San José, El Zafiro y La Julia, las cuales fueron explotadas para Au-Ag.

11. **Quebrada Bolívar:** ubicada en la Plancha 244-I-D, tienen aproximadamente 2.6 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Zn-Cu-As, Ag-Zn-As, Cu-As, Ag-As y Ag-Cu.

En el área afloran rocas metamórficas del Grupo Cajamarca y pequeños apófisis de pórfidos dacíticos. En los alrededores se encuentran las minas abandonadas Bolívar y Las Nevadas, las cuales fueron explotadas para Au-Ag.

12. **Quebrada Guayabal:** se encuentra en la Plancha 244-I-D del IGAC; tiene aproximadamente 2 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Ag-Pb-Cu, Ag-Cu y Ba-Cu.

La quebrada Guayabal corta rocas metamórficas del Grupo Cajamarca y pórfidos dacíticos y en sus alrededores se encuentra la mina abandonada de Au-Ag El Brillante.

13. **Nacimiento río Boquerón:** ubicada en la Plancha 244-I-B del IGAC; tiene en conjunto 3 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Ba-Zn-Cu, Pb-As y Pb-Cu.

En el nacimiento del río Boquerón afloran neis cuarzo-feldespáticos, anfíbolitas, esquistos cuarzo-sericítico-grafitosos y lentes de cuarcitas y se encuentran las minas abandonadas de Au-Ag El Edén, El Cóndor, Cuba, La Morena y Moravia.

14. **Nacimiento del río Navarco:** se encuentra en las planchas 244-I-B y 244-I-D del IGAC; son dos anomalías que en conjunto tiene 3 km de longitud. Las series de elementos superpuestos son: Pb-Zn-Cu-Sr y Pb-Zn-Cu.

En la zona anómala afloran esquistos cuarzo-sericítico-grafitosos, esquistos clorítico-actinolíticos, neises cuarzo-feldespáticos y mantos de tobas en las cercanías se localizan la mina abandonada Colombia, de Au aluvional.

15. **Nacimiento quebrada Santa Lucía:** ubicada en la Plancha 244-I-B del IGAC; son tres anomalías que agrupadas tienen 1.8 km de longitud y están distribuidas en los nacimientos de la quebrada del mismo nombre.

Las series de elementos superpuestos son: Ag-Pb-Cu, Ag-Pb-Zn y Pb-Cu.

En la zona de las anomalías afloran rocas metamórficas del Grupo Cajamarca y se encuentra el prospecto La Esperanza, el cual es de Pb-Zn-Ag.

De las zonas de drenaje con anomalías geoquímicas superpuestas se destacan por su longitud, consistencia, elementos superpuestos y ausencia de mineralizaciones: la parte media y el nacimiento del río Navarco. En segundo plano de importancia están: parte alta de los nacimientos de la quebrada San Rafael, afluente sur en el nacimiento de la quebrada Dantas y afluentes norte en el nacimiento de la quebrada Guala.

Como se ha podido apreciar en esta sección, los drenajes anómalos obtenidos a partir de análisis espectrográficos de la fracción fina y de la fracción pesada de los sedimentos activos, son muy similares (comparar Figs. 27 y 37). Por consiguiente se debe utilizar preferentemente para futuras exploraciones, la fracción fina. Esta porción presenta menos problemas en el muestreo y en la elaboración de los análisis.

7. ZONAS DE DRENAJE ANOMALO MAS IMPORTANTES

En esta sección se tratará de hacer una recopilación más simplificada de la información suministrada por los capítulos precedentes en lo referente a posibles zonas anómalas de interés económico para futuras prospecciones más específicas y detalladas.

Como se ha podido observar, en la interpretación geoquímica de los sedimentos activos, las anomalías obtenidas a partir de muestras analizadas por espectrografía, son muy similares tanto en la fracción fina como en la fracción pesada. Por esta razón no se discutirá esta última y se sugiere que para futuras exploraciones no se tenga en cuenta, puesto que los concentrados en bate, a pesar de presentar mayores concentraciones relativas, sus análisis son más dispendiosos y se puede incurrir en errores adicionales al momento del muestreo.

Aparentemente en el área ocurren tres épocas diferentes de emanaciones hidrotermales mineralizadas: 1. Filones de Au y Ag con polisulfuros, posiblemente conectados genéticamente con los cuerpos intrusivos de pórfidos dacíticos, 2. Manifestaciones de mercurio, relacionadas principalmente a la Falla de Aranzazu y 3. Mineralizaciones de estibina, emplazadas en la zona de fracturas de las fallas mayores.

La Figura 38 muestra en forma sintetizada las más importantes áreas anómalas de elementos superpuestos indicadores de manifestaciones de Au y Ag y anomalías individuales de Hg y Sb como guías, estas, últimas, de sus respectivas mineralizaciones.

Como puede observarse en este mapa, la casi totalidad de las mineralizaciones conocidas están indicadas por zonas anómalas de magnitud media tanto en tamaño como en concentración de valores altos; si se comparan las anteriores anomalías con los drenajes anómalos donde se desconocen ocurrencias minerales, se advierte que son muy similares tanto en tamaño como en extensión, por consiguiente debe esperarse que las nuevas mineralizaciones tengan dimensiones semejantes a las ya explotadas en el área. Aunque, zonas anómalas aledañas a minas conocidas tienen importancia económica, solo se indicarán a continuación para investigaciones futuras, los drenajes anómalos más promisorios que no estén directamente relacionados a ocurrencias minerales conocidas (Fig. 38).

Oro y Plata

1. Parte alta de la quebrada La Plancha; Está ubicada en la Plancha 244-I-D, tiene 3 km de longitud y los elementos superpuestos son: Au-Pb-Sr y Mo. En la parte inferior de la quebrada se encuentra la mina abandonada de Au y Ag San Antonio (Anomalía 23).
2. Parte media y nacimiento del río Navarco: está localizada en las planchas 243-II-A, 244-I-B y 244-I-D, tienen

una longitud aproximada de 3.5 km y los elementos superpuestos son: Sb-Au-Sr-Cu y Ba. En el nacimiento se encuentra la mina de Au de aluvión de Colombia (anomalías 18 y 24).

Mercurio

1. Afluente oriental parte media del río Navarco: está situado al norte de la Plancha 243-II-A y tiene 2.5 km de longitud. El elemento indicador es Hg (Anomalía 1).
2. Parte baja de la quebrada Santa Lucía, ubicada en la Plancha 225-III-D, tiene 1 km de longitud y los elementos anómalos son: Hg y Sb. Al este se encuentra la mina de Au y Pb de El Cisne (Anomalía 13).

Antimonio

1. Parte media y afluentes orientales de la quebrada Aguas Claras: Plancha 225-III-D, longitud 3 km, elementos anómalos: Sb u Hg. 1 km al oeste se encuentra la mina de Sb de La Sierra (anomalías 5 y 17).

En la Tabla 9, están compilados los valores mínimos y máximos de los diferentes elementos en los drenajes anómalos, fracción fina, encontrados en el área.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio de prospección geoquímica, realizado en base de análisis de muestras de rocas, de filones y de sedimentos activos, en los municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima, condujo a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. En la zona se advierte un marcado predominio de rocas metamórficas del Grupo Cajamarca y de materiales tobáceos, y en menor proporción rocas ígneas tanto intrusivas como ex-

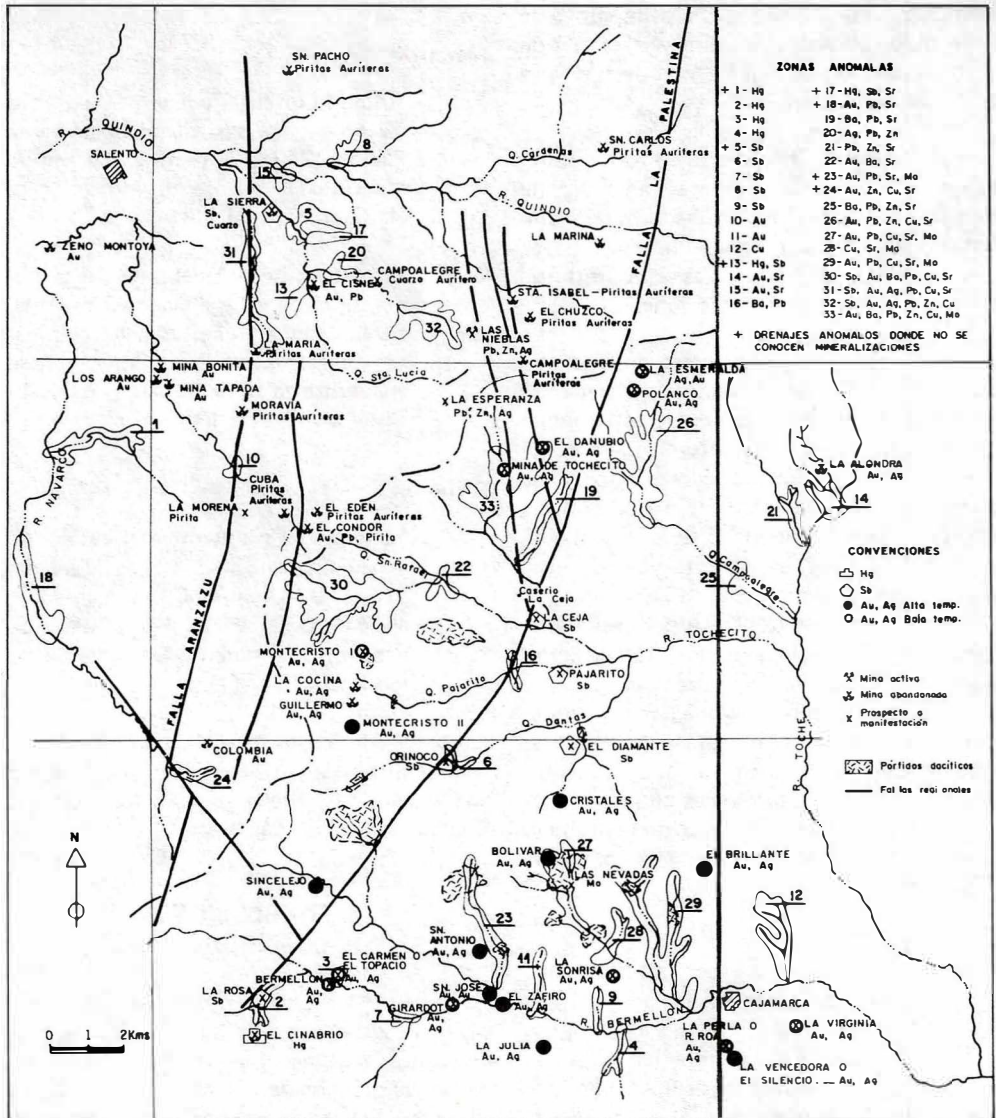


FIG. 38: Zonas de drenaje anómalos más importantes. Sedimentos activos, fracción fina.

No. NOMBRE DEL DRENAJE ANOMALO	Hg		Sb		Au		Ba		Ag		Pb		Zn		Cu		Sr		Mo	
	Min-Max.	ppm	Min-Max.	ppm	Min-Max.	ppm	Min-Max.	ppm	Min-Max.	ppm	Min-Max.	ppm	Min-Max.	ppm	Min-Max.	ppm	Min-Max.	ppm	Min-Max.	ppm
1 Afluente oriental parte media río Navarco	.23-1.42																			
2 Afluente sur parte alta río Bermellón	08-50																			
3 Afluente norte parte alta río Bermellón	--70.54																			
4 Afluente sur parte media río Bermellón	--3.45																			
5 Parte media y afluentes orientales de la quebrada Aguas Claras			8-22																	
6 Parte alta quebrada Dantas			5-50																	
7 Parte media río Bermellón			7-38																	
8 Afluente norte río Bermellón			8- 8																	
9 Afluente norte parte media río Bermellón			6-7																	
10 Parte alta río Boquerón			--2.62																	
11 Afluente norte río Bermellón			.41-68																	
12 Quebrada San Antonio																70-70				
13 Parte baja quebrada Santa Lucía	41-66	12-20																		
14 Afluente oeste del río Toche			.56-.75																	
15 Afluente sur del río Quindío			.39-.57																	
16 Afluente norte y sur quebrada Pajaritos																				
17 Afluente oriental quebrada Aguas Claras	.08-.76	17-18																		
18 Parte media río Navarco			.09-.44																	
19 Afluente nacimiento río Toche																				
20 Parte alta quebrada Aguas Claras																				
21 Afluente oeste del río Toche																				
22 Parte alta quebrada San Rafael																				
23 Quebrada La Plancha			.11-.46																	
24 Nacimiento río Navarco			.23-.75																	
25 Confluencia de la quebrada Campoalegre en el río Toche			1.21-1.41																	
26 Nacimientos quebrada Campoalegre			.13-5.97																	
27 Nacimientos quebrada Bolívar			.13-5.56																	
28 Afluente norte quebrada Bolívar																				
29 Quebrada Guayabal			.05-.98																	
30 Nacimientos quebrada San Rafael			.09-.40																	
31 Quebrada Cruz Gorda			.13-.33																	
32 Nacimientos quebrada Aguas Claras			.35-.57																	
33 Nacimientos río Toche			.07-.96																	

TABLA 9: Valores mínimos y máximos en las anomalías para un elemento y en las anomalías superpuestas para dos o más elementos. Sedimentos activos - fracción fina. Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima.

NOTA: N = Elemento no detectado en el límite inferior de detección.

L = Valor menor que el indicado a continuación de la L.

* Anomalía.

ciables entre sí por el contenido medio de: Fe, Ca, Mg, Ti, Ba, Mn, V, Sr, Cu, Zr, Ni, Co, Cr, Sc, Ga, Y, Be, Mo, Pb, Ag y La.

Los diagramas triangulares mostraron que las mejores guías para separar esquistos verdes de esquistos negros son los elementos trazas: Ba, Sr y Cr.

2. El conjunto de rocas ígneo-metamórficas aflora en el 56% del área, mientras que las tobas están expuestas en un 30%. Las primeras presentan mayor resistencia a la meteorización y erosión que las tobas. Estas últimas están compuestas de materiales sueltos fácilmente transportables por corrientes de agua; por esta razón, el aporte de las tobas, es mayor en la formación de los sedimentos activos.
3. Si la interpretación geoquímica se realiza únicamente en base de rocas metamórficas, valores superiores a 500 ppm en Ba, 100 ppm en Sr, 30 ppm en Cu, 1 ppm en Mo, 10 ppm en Pb y 1 ppm en Ag, pueden ser indicadores de mineralizaciones de Au y Ag.
4. En el área se presentan, aparentemente, tres clases diferentes de mineralizaciones hidrotermales: a) oro y plata; b) antimonio, y c) mercurio.

- a) Las mineralizaciones de Au y Ag son de tipo meso a epitermal y están compuestas principalmente por cuarzo, pirita, argentita, galena, blenda y calcopirita. Estos filones están posiblemente relacionados genéticamente con intrusiones de pórfidos dacíticos.

Comparando la distribución de los cuerpos de pórfidos dacíticos con las relaciones $Ag \times 100/Ag + Pb + Zn + Cu$ y Cu/Zn de los filones, se observa lo siguiente: 1) los apófisis de pórfidos dacíticos

afloran en forma discontinua en un sector restringido del área. En esta misma zona se agrupan las mineralizaciones de Montecristo II, Cristales, Bolívar, Sincelejo, El Brillante, San Antonio, San José, El Zafiro y La Julia, las cuales muestran que la relación $Ag \times 100/Ag + Pb + Zn + Cu$ en cada una de ellas es menor a la relación Cu/Zn . Esto indica que los anteriores filones se formaron a temperaturas relativamente altas debido a la proximidad de los intrusivos que les dieron origen. 2) bodeando la zona anterior, se encuentran las mineralizaciones de La Esmeralda, Polanco, El Danubio, Tohecito, Montecristo I, Bermellón, El Carmen, La Sonrisa, La Perla y La Virginia las cuales tienen relaciones de $Ag \times 100/Ag + Pb + Zn + Cu$ mayores que las relaciones Cu/Zn . En este sector marginal no afloran pórfidos dacíticos, lo cual podría indicar que los filones se formaron a temperaturas bajas y en zonas un poco distantes de los cuerpos ígneos.

- b) Las mineralizaciones de Sb son de tipo epitermal de forma lenticular, con espesores no mayores de 20 cm, y están constituidos principalmente por cuarzo y estibina.

Estos filones, junto con las anomalías de Sb, están restringidos a zonas de fracturas asociadas a las fallas de Aranzazu y La Palestina, y posiblemente relacionadas genéticamente con las intrusiones de andesita porfirítica.

- c) Solamente se encuentra una ocurrencia de Hg, formada por cuarzo, calcita y cinabrio, sin embargo, se presentan algunas anomalías de este elemento cercanas a la Falla de Aranzazu, lo cual hace suponer que estas mineralizaciones se formaron por emanaciones gaseosas en zonas de fracturas.

5. Los elementos indicadores de las diferentes mineralizaciones en sedimentos activos, son los siguientes: a) Hg para manifestaciones de cinabrio, b) Sb para filones con estibina, y c) anomalías superpuestas de dos o más elementos, tales como Au, Sb, Ag, Pb, Sr, Zn, Ba, Cu y Mo, indicadores de mineralizaciones de Au y Ag.
 - a) Nacimiento de la quebrada San Rafael: tiene en conjunto 8 km de longitud. Los elementos anómalos son: Sb, Au, Ba, Pb, Cu y Sr. En los alrededores están localizadas las minas de Au y Ag de Montecristo I, El Edén y El Cóndor.
 - b) Nacimiento del río Tohecito: tiene 8.5 km de longitud. Los elementos anómalos son: Au, Ba, Pb, Zn, Cu y Mo. En las cercanías se encuentran las minas de Au y Ag de Tohecito y El Danubio.
 - c) Nacimiento de la quebrada Campoalegre: tiene 4.5 km de longitud. Los elementos anómalos son: Au, Pb, Zn, Cu y Sr. En los alrededores están las minas de Au y Ag de La Esmeralda y Polanco.
 - d) Quebrada Guayabal: tiene 5.2 km de longitud. Los elementos anómalos son: Au, Pb, Cu, Sr y Mo. En su nacimiento está localizada la mina de Au y Ag de El Brillante.
6. Las anomalías individuales de Pb y Sr, no fueron tenidas en cuenta debido a las altas concentraciones de esos elementos mostradas en los materiales tobáceos. Por lo tanto, valores anómalos de Pb y Sr están indicando la contribución normal de las tobas a los sedimentos activos y no mineralizaciones de Au y Ag.
7. Aunque la fracción pesada, muestra concentraciones medias más altas que la fracción fina, en la mayoría de los elementos, sus respectivas anomalías son muy semejantes. Por esta razón se sugiere utilizar, únicamente, la fracción fina en futuras exploraciones de áreas similares, ya que esta fracción presenta menos problemas en el muestreo y en la elaboración de los análisis.
8. La casi totalidad de las mineralizaciones conocidas están indicadas por drenajes anómalos de magnitud media, tanto en tamaño como en concentración de valores altos. Estas anomalías son muy similares en extensión a zonas anómalas en donde no se conoce la presencia de mineralizaciones. Por lo tanto, debe esperarse que las nuevas ocurrencias minerales tengan dimensiones similares a las ya explotadas en el área.
9. Los drenajes anómalos más importantes asociados a mineralizaciones conocidas, donde debe intensificarse la exploración, con el fin de encontrar nuevas zonas mineralizadas o prolongaciones de las ya existentes, son las siguientes:
 - a) Parte alta de la quebrada La Plancha: tiene 3 km de longitud y los elementos anómalos superpuestos son: Au, Pb, Sr y Mo.
 - b) Parte media y nacimiento del río Navarco: tiene en conjunto una longitud aproximada de 3 km. Los elementos anómalos son: Sb, Au, Pb, Cu y Ba.
 - c) Afluente oriental parte media del río Navarco: tiene 2.5 km de longitud. El elemento anómalo es Hg.
 - d) Parte baja de la quebrada Santa Lucía: tiene 1 km de longitud. Los elementos anómalos son Hg y Sb.
10. Los drenajes anómalos más promisorios, que no están relacionados a mineralizaciones conocidas son los siguientes:
 - a) Parte alta de la quebrada La Plancha: tiene 3 km de longitud y los elementos anómalos superpuestos son: Au, Pb, Sr y Mo.
 - b) Parte media y nacimiento del río Navarco: tiene en conjunto una longitud aproximada de 3 km. Los elementos anómalos son: Sb, Au, Pb, Cu y Ba.
 - c) Afluente oriental parte media del río Navarco: tiene 2.5 km de longitud. El elemento anómalo es Hg.
 - d) Parte baja de la quebrada Santa Lucía: tiene 1 km de longitud. Los elementos anómalos son Hg y Sb.

- e) Parte media y afluentes orientales de la quebrada Aguas Claras: tiene en conjunto 3 km de longitud. Los elementos anómalos son: Sb y Hg.
11. En el área de Salento y Cajamarca, merecen estudiarse con más detenimiento, principalmente las anomalías del afluente oriental del río Navarco para Hg y la parte media y afluentes orientales de la quebrada Aguas Claras para Sb. Sin embargo, en la Cordillera Central existen zonas anómalas con mejores perspectivas que la mayoría de las encontradas en este estudio, las cuales tendrán primacía para investigaciones detalladas.
- ### 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS
- BARRERO, D., KASSEN, T., ALVAREZ, J., 1969.- *Actividad Ignea y Tectónica en la Cordillera Central, durante el Meso-Cenozoico*. Ingeominas, Bol. Geol. Bogotá. 17 (1-3): 145-173.
- BARRERO, D., VESGA, C., J., et al., 1972.- *Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9 (Armero) y Mitad Sur del Cuadrángulo J-9 (La Dorada)*. Ingeominas, Of. Reg. Ibagué. (Documento interno).
- BUITRAGO, C. J., BUENAVENTURA, J., 1975.- *Ocurrencias Minerales en la Región Central del Departamento del Tolima*. Ingeominas, Inf. 1672. Bogotá. 837 p.
- GOLDSCHMIDT, V. M., 1958.- *Geochemistry*. Alex Muir. Oxford. 730 p.
- HAWKES, H. E., 1961.- *Principles of Geochemical Prospecting*. U. S. Geol. Surv. Bull. 1000-F. Washington. 355 p.
- HAWKES, H.E., WEBB, J. S., 1962.- *Geochemistry in Mineral Exploration*. Harper and Row. New York. 415 p.
- HERD, D. G., 1974.- *Glacial and Volcanic Geology of the Ruiz-Tolima Volcanic Complex. Cordillera Central, Colombia*. University of Washington. Doctor of Philosophy dissertation. Seattle 79. p.
- KASSEN, T., MOSQUERA, D., BUITRAGO, C., 1971.- *Prospección Geoquímica al Este de Salento, Departamento del Quindío*. Ingeominas, Inf. 1597, Bogotá. 39 p.
- KRAUSKOPF, K. B., 1967.- *Introduction to Geochemistry*. McGraw-Hill. New York. 721 p.
- LEPELTIER, C., 1967.- *Tratamiento Estadístico de Datos Geoquímicos*. Naciones Unidas, Proyecto Minero, Apéndice III-1, Guatemala. 25 p.
- LEVINSON, A.A., 1974.- *Introduction to Exploration Geochemistry*. Applied Publishing Ltd. Calgary. 612 p.
- MARVIN, R. F., MEHNERT, H. H., MERRITT, 1973.- *U. S. Geology Survey, Isotope Geology Branch*. Analytical Report 356. Denver. 1 p.
- MASON, B., 1966.- *Principles of Geochemistry*. 3th edition, John Willey and Sons, New York. 329 p.
- MOSQUERA, D., BUITRAGO, C., 1971.- *Ocurrencias Minerales del Departamento del Quindío*. Ingeominas. Inf. 1599. Bogotá. 67 p.
- MOSQUERA, D., et al., 1973.- *Mapa Geológico del Area entre los Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima*. Ingeominas. Of. Reg. Ibagué. (Documento interno).
- NELSON, H. W., 1956.- *Contribution to the Geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the Sector Between Ibagué and Cali*. Ser. Geol. Nat. Bogotá. 89 p.
- PARK, Ch. F. Jr., MACDIARMID, R. A., 1970.- *Ore Deposits*. 2th edition. W. H. Freeman and Co. San Francisco. 522 p.
- PEREZ, H., LOZANO, H., 1975.- *Prospección Geoquímica en los Municipios de Samaná y Pensilvania, Caldas*. Ingeominas. Inf. 1674. Bogotá. 48 p.
- STANTON, R. L., 1972.- *Ore Petrology*. McGraw-Hill. New York, 713 p.