



ISSN - 0120 - 1425

BOLETIN GEOLOGICO



CLASIFICACION DE RECURSOS MINERALES

Por:

Humberto Rosas G.

ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE LA GEOMORFOLOGIA EN EL AREA DEL MUNICIPIO DE URRAO, ANTIOQUIA - COLOMBIA

Por:

Ananda K. Chakrabarti y Eduardo Alvarez González

GEOLOGIA Y PROSPECCION GEOQUIMICA EN LA REGION DE PERALONSO ORTEGA, TOLIMA

Por:

Alvaro Murillo R., Alberto Núñez T., Hernando Lozano Q.

Volumen 25 No. 2 pp. 1 - 103 - 1982
Bogotá - Colombia
ISSN - 0120 - 1425

Bol. Geol.
Ingeominas

REPUBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Carlos Martínez Simahan, Ministro

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO - MINERAS
Alfonso López Reina, Director General

INDICE GENERAL

	Página
H. Rosas G. Clasificación de Recursos Minerales	3 - 16
A. K. Chakrabarti, Algunas observaciones sobre la geomorfología en el área del E. Alvarez G. municipio de Urrao, Antioquia - Colombia	17 - 42
A. Murillo R., A. Núñez T., H. Lozano O. Geología y prospección geoquímica en la región de Peralonso, Ortega, Tolima	43 - 103

Derechos reservados por:

INGEOMINAS: Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras
Diag. 53 No. 34 - 53, Apartado Aéreo No. 4865
Bogotá 2, D. E., Colombia, S. A.

El Boletín Geológico se publica en tres (3) números cada año.
Formato de publicación: 17 x 24 cm.

Editor:

ALBERTO VILLEGAS BETANCOURT
Geólogo

Precio de cada ejemplar:	En Ingeominas	\$ 200,00 (US\$ 5,00)
	Vía Aérea	\$ 250,00 (US\$ 6,50)

Editado e impreso por Ingeominas

CLASIFICACION DE RECURSOS MINERALES

Por:

HUMBERTO ROSAS GARCIA

Instituto Nacional de Investigaciones
Geológico-Mineras



CONTENIDO

Página

RESUMEN	6
1. INTRODUCCION	6
2. PROBLEMAS EN LA CLASIFICACION DE LOS RECURSOS MINERALES	6
3. TENDENCIA EN LA CLASIFICACION DE RECURSOS MINERALES ...	7
4. SISTEMA DE CLASIFICACION	8
4.1. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DE LOS ESTADOS UNIDOS	8
4.2. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DE CANADA	9
4.3. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DE LA URSS	10
4.4. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS PROPUESTO POR LAS NACIONES UNIDAS	11
5. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE CLASIFICACION	13
6. SUGERENCIAS SOBRE REPRESENTACION GRAFICA DEL SISTEMA PROPUESTO POR LAS NACIONES UNIDAS	13
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	15
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	16

FIGURAS

1. Sistema de clasificación de los E.E. U.U.	8
2. Sistema de clasificación de Canadá	10
3. Sistema de clasificación de la URSS	11
4. Sistema de clasificación propuesto por las Naciones Unidas	12
5. Representación gráfica sugerida para el sistema de las Naciones Unidas	15

TABLAS

1. Equivalencias de categorías entre los diferentes sistemas de clasificación de recursos minerales	14
---	----

* * *

RESUMEN

Los sistemas de clasificación de recursos minerales más ampliamente usados en el mundo, provienen de países cuya tecnología minera ha ejercido notable influencia, como son Estados Unidos, Canadá, algunos países de Europa y la URSS.

Hace dos años el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, a través del Comité de Recursos Minerales, promovió la normalización de definiciones y terminología para los recursos minerales y propuso una clasificación internacional de los mismos, con base en el informe preparado por un notable grupo de expertos. Todos estos sistemas propuestos son explicados y analizados tanto individualmente como en conjunto, y comparados entre sí.

Se formulan además algunas sugerencias relacionadas con la presentación gráfica del sistema propuesto por las Naciones Unidas.

1. INTRODUCCION

Con razón se ha dicho que los minerales son las piedras angulares de la vida moderna, ya que dan origen a casi todos los elementos usados por el hombre o constituyen fuentes vitales de energía. Si a lo anterior se agrega que la mayor parte de los recursos minerales no son renovables, el problema de conocer su magnitud y disponibilidad se convierte en un asunto de importancia capital para todos los países.

En materia de recursos minerales, hoy el interés va más allá de los tradicionales estimativos de reservas basados en cuidadosas mediciones de yacimientos conocidos, para entrar a considerar depósitos que, aunque no se conozcan, pueden ser objeto de inferencias lógicas respecto a su origen, distribución, ambiente geológico, etc., lo cual permite definir un grado de conocimiento geológico de tales recursos, y prever sus posibilidades de utilización en el futuro.

En Colombia la cuestión del aprovechamiento de los recursos minerales está em-

pezando a recibir atención preferencial. Precisamente el actual Plan Nacional de Desarrollo Económico Social contempla la necesidad de estimular la exploración y explotación de los recursos minerales y energéticos, como estrategia básica para la consolidación del desarrollo económico del país. El Gobierno Nacional se encuentra ultimando las gestiones para elaboración del Plan Nacional Minero que le permitirá al país completar y desarrollar los instrumentos de una planeación coherente, técnica y previsoras del sector minero.

Con ello en mente, resulta oportuno dar a conocer el presente informe sobre un tema que adquiere hoy especial importancia y actualidad, como es el relacionado con los sistemas de clasificación de recursos minerales.

2. PROBLEMAS EN LA CLASIFICACION DE LOS RECURSOS MINERALES

Los países productores de minerales se están preocupando cada día más por establecer el inventario de sus recursos minerales, para lo cual se hace necesario agrupar a éstos en diferentes categorías. El problema fundamental consiste en saber con qué recursos se cuenta, cómo medirlos, y qué grado de exactitud puede esperarse en la medición de los mismos. Se requiere además establecer ciertas normas para la extrapolación de información geológica, más allá de los límites de las observaciones directas, de las mediciones, y de los datos obtenidos durante la explotación de los yacimientos.

Otro aspecto importante es la delimitación entre los recursos descubiertos y los que no lo han sido pero acerca de los cuales hay bases geológicas para predecir su existencia. Quienes tienen experiencia en la obtención de datos sobre recursos minerales reconocen implícitamente un límite entre los recursos descubiertos y los no descubiertos. Lo importante es poder determinar ese límite en la práctica, empleando técnicas de medición que hagan posible el tratamiento estadístico de la información.

Quizá lo más importante en la clasificación de los recursos minerales es establecer con claridad el grado de utilización de los recursos conocidos de acuerdo con los medios tecnológicos y económicos disponibles. Todos los países reconocen que parte de los recursos conocidos se encuentran en condiciones que no justifican los costos de su explotación por los métodos actuales de minería, y para tales recursos se han creado denominaciones como "subeconómicos", "no comerciales", "marginales", etc. Para los encargados de tomar decisiones en un país lo fundamental es saber qué recursos conocidos pueden ponerse actualmente en producción. Entonces para fines de clasificación, el problema no solo consiste en reconocer teóricamente la presunta existencia de la línea que separa lo actualmente explotable de lo que no lo es pero puede serlo más adelante, sino en saber cómo se refleja esa línea en las mediciones y en la información suministrada a cerca del recurso.

Otro aspecto importante en algunos tipos de depósitos es lo referente al porcentaje de material extraído de la mina con relación al total de material in situ. Después de la extracción se plantea también lo referente a las pérdidas producidas durante la elaboración del mineral, puesto que la recuperabilidad es un factor determinante de la factibilidad de extracción. La práctica más generalizada consiste en clasificar los recursos in situ y presentar en forma de tenores y otros coeficientes las partes recuperables de los recursos totales.

Existen además problemas particulares en la evaluación de determinados recursos minerales. Tal es el caso del carbón, donde la recuperabilidad es un factor decisivo que varía según los países, los métodos de extracción, y las condiciones de infraestructura en que se realiza su explotación.

El uranio es otro mineral que presenta características muy particulares para su clasificación. Por ejemplo, la recuperabilidad de un yacimiento está relacionada con la separación de material fisionable en posteriores procesos de beneficio. Otra característica

particular que ofrecen los recursos uraníferos para su clasificación es la especial significación que tienen las consideraciones sobre costo. Actualmente los datos referentes a recursos uraníferos se registran regularmente en función del costo.

3. TENDENCIAS EN LA CLASIFICACION DE RECURSOS MINERALES

Existen varios sistemas de clasificación de recursos minerales que están siendo utilizados en diversas regiones del mundo. Estos sistemas han sido desarrollados en países que ejercen mayor influencia tecnológica en materia de minería como son Estados Unidos, Canadá, la Unión Soviética, y los países de Europa Occidental.

En 1979, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, a través del Comité de Recursos Minerales, y con base en el informe de un grupo de expertos, propuso un sistema internacional para la clasificación de recursos minerales.

Aunque los sistemas propuestos se diferencian en muchos aspectos, los conceptos básicos son los mismos. Todos ellos coinciden en establecer dos características fundamentales de los yacimientos, que son: el grado de certeza geológica, o sea la posibilidad de ocurrencia del yacimiento de acuerdo con la información geológica obtenida hasta el momento; y la factibilidad económica, que es el grado de probabilidad de que el depósito sea económicamente rentable.

Otra característica común a todos los sistemas de clasificación es el hecho de reconocer, dentro del campo de la certeza geológica, la diferencia entre los depósitos descubiertos, donde existe un grado de conocimiento geológico relativamente alto, y los depósitos no descubiertos pero que permiten hacer inferencias con relación a su posible existencia, debido a la presencia de un ambiente geológico favorable.

4. SISTEMAS DE CLASIFICACION DE RECURSOS MINERALES

A continuación se explican cada uno de los sistemas empleados en los Estados Unidos, Canadá, la URSS, y el sistema internacional propuesto recientemente por las Naciones Unidas.

4.1. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DE LOS E.E. U.U.

Según el U.S. Department of Interior, 1976 (Fig. 1) para servir los propósitos de planificación del Departamento del Interior, los recursos totales se clasifican en función de la viabilidad económica y del grado de certeza geológica. Las normas generales para utilización de este sistema de clasificación son:

1. Las categorías y definiciones de los recursos deben ser aplicables a todas las concentraciones de minerales metalíferos y no metalíferos, y combustibles fósiles. Las categorías se pueden subdividir para fines especiales.
2. Si fuere necesario, las definiciones pueden ampliarse para hacerlas más precisas y armonizarlas con el uso aceptado respecto

de determinados productos o tipos de evaluación de recursos.

3. Las cantidades y calidades se pueden expresar en diversos términos y unidades para su adecuación a diferentes propósitos, pero deben enunciarse en forma clara y precisa.

Los términos utilizados son los siguientes:

Recurso: Concentración natural de materiales sólidos, líquidos o gaseosos en el interior o en la superficie de la corteza terrestre de forma tal que la extracción económica de un producto sea o pueda llegar a ser factible.

Recursos identificados: Masas específicas que contienen mineral cuya ubicación, calidad y cantidad son conocidas por comprobaciones geológicas apoyadas en estimaciones técnicas.

Recursos no descubiertos: Masas no específicas de mineral que se supone existen sobre la base de conocimientos y teorías geológicas de carácter amplio.

Reservas: La porción de los recursos identificados de la cual puede extraerse

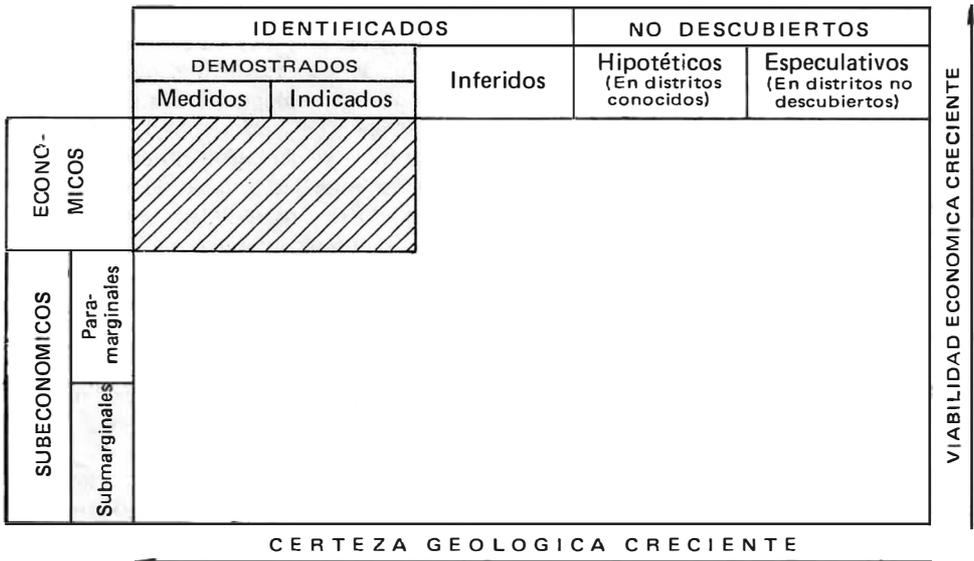


FIG. 1. Sistema de clasificación de los Estados Unidos (Basado en US Bureau of Mines y Geol. Survey, 1976).

económica y legalmente, en el momento de su determinación, un mineral o producto energético utilizable.

Recursos medidos: Recursos cuyo tonelaje se ha calculado utilizando las dimensiones que se aprecian en los afloramientos, trincheras, labores mineras y perforaciones, y cuyo tenor se calcula con base en un muestreo detallado. Los lugares de inspección, muestreo y medición se espacian con tal proximidad, y el carácter geológico se define con tal exactitud, que permiten establecer adecuadamente el tamaño, forma y contenido del mineral. Los tonelajes y tenores calculados se consideran exactos dentro de cierto margen que no debe exceder en más del 20% a los valores calculados.

Recursos indicados: Aquellos cuyos tonelajes y tenores se calculan en parte por medio de mediciones, muestras o datos concretos de producción, y en parte con base en proyecciones a distancias razonables según los indicios geológicos. En este caso, los sitios disponibles para inspección, medición y toma de muestras están demasiado espaciados o son inadecuados para poder delimitar plenamente las masas de mineral o el tenor establecido para el conjunto.

Recursos demostrados: Término colectivo para indicar la suma de los recursos medidos e indicados.

Recursos inferidos: Aquellos cuyas estimaciones cuantitativas se basan principalmente en conocimientos amplios sobre el carácter geológico del yacimiento para lo cual existen pocas muestras o mediciones, si es que las hay. Las estimaciones se basan en una continuidad o repetición hipotética de algunas evidencias geológicas como comparaciones con depósitos de tipo similar.

Recursos paramarginales: Parte de los recursos subeconómicos que (1) se aproxima a una producción económica o (2) no está comercialmente disponible por circunstancias de carácter jurídico o político.

Recursos submarginales: Porción de los recursos subeconómicos que exigiría un precio sustancialmente más elevado (más de 1,5 veces el precio en el momento de la determinación) o bien un adelanto tecnológico que permitiera reducir los costos de explotación.

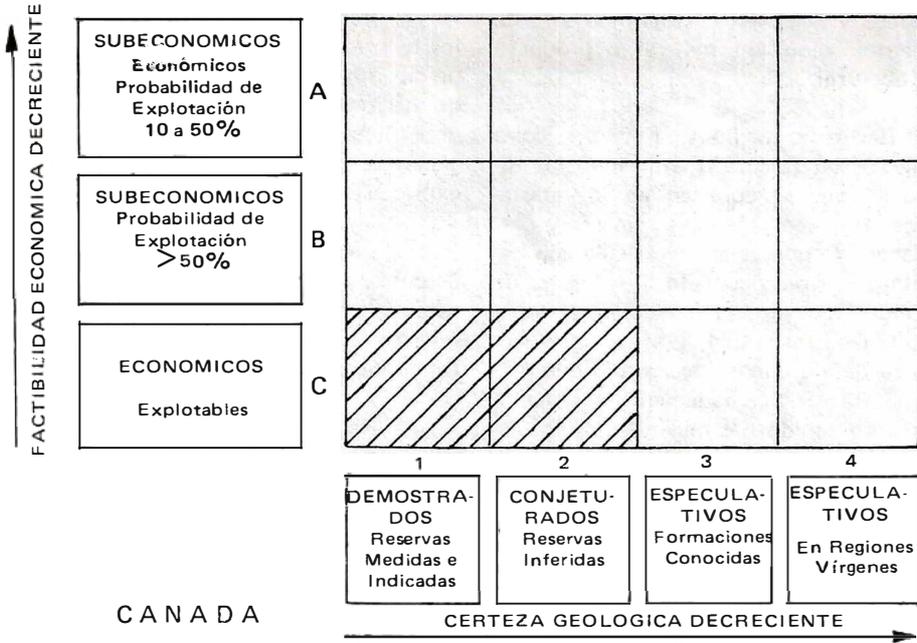
Recursos hipotéticos: Recursos no descubiertos cuya existencia cabe esperarse razonablemente en un distrito minero conocido, dentro de las condiciones geológicas conocidas.

Recursos especulativos: Recursos no descubiertos que pudieran presentarse en una disposición geológica favorable para yacimientos de tipo conocido.

4.2. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DEL CANADA

El sistema canadiense es una modificación del sistema de los Estados Unidos (Fig. 2). También se emplea un sistema de ejes cartesianos donde el eje horizontal indica la certeza geológica y el vertical la factibilidad económica. Además se introduce una codificación en la designación de las categorías. Para el eje horizontal se usan números y para el vertical se emplean letras. Así se habla de recursos, por ejemplo, tipo 1A, o 3B, etc.

Una diferencia con el enfoque de los Estados Unidos es que la distinción entre recursos económicos y subeconómicos no se basa estrictamente en una relación costo/precio, sino en la probabilidad de explotación en el tiempo. El sistema canadiense establece la categoría 1B como recursos subeconómicos que tienen una probabilidad mayor del 50% de llegar a ser explotables en un plazo de 25 años si son descubiertos. La categoría 1C comprende los recursos con una probabilidad del 10 al 50% de ser explotables en un plazo de 25 años. Con ello se busca que los grupos de evaluación multidisciplinarios hagan estimaciones subjetivas en cuanto al curso probable de los acontecimientos del mercado y de la tecnología a lo largo de esos 25 años.



CANADA

Otra diferencia importante se encuentra en la variable geológica. Se ha introducido una categoría 2 de "recursos conjeturados", que son parcialmente inferidos, así como otras extensiones que no son lo suficientemente conocidas para clasificarlas como recursos descubiertos o identificados.

4.3. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DE LA URSS

En 1960, la Comisión Estatal de Recursos de la URSS aprobó un nuevo sistema de clasificación de minerales sólidos (metálicos y no metálicos) así como del petróleo, el gas y las aguas subterráneas, según el grado de exploración, el conocimiento de las propiedades físicas del material en bruto, la calidad (tenor, constituyentes menores, impurezas, etc.), las condiciones de explotación minera del yacimiento, etc. Este sistema comprende cuatro categorías indicadas por los símbolos A, B, C₁ y C₂. (Fig. 3), según informe de Bondarenko, 1976, citado por Naciones Unidas, 1979.

Según las instrucciones oficiales, las diferentes categorías establecidas para la cla-

sificación de minerales sólidos se basan en las siguientes características:

Categoría A: Comprende aquellos recursos que por haber sido suficientemente explorados y estudiados (mediante perforaciones o escavaciones de minas) permiten hacer una evaluación plena del tipo de yacimiento, la forma y estructura de las masas minerales, cantidad, calidad y propiedades tecnológicas del mineral.

Categoría B: Comprende los recursos suficientemente explorados y estudiados para hacer la evaluación de las principales características de la mineralización, tipo de formación, forma y carácter de las masas minerales, regularidad de su distribución y otros factores. Las reservas minerales se determinan por aberturas (fosos, zanjas, pozos de perforación, túneles), incluyendo una extrapolación limitada cuando la forma del cuerpo mineral es regular y su calidad constante.

Categoría C₁ : Comprende los recursos suficientemente explorados y estudiados para hacer una evaluación aproximada del ti-

GRADO CRECIENTE DE FACTIBILIDAD ECONOMICA		EXPLORADOS	POSIBLES	PRONOSTICADOS		
	SUB-ECONOMICOS	a b c ₁	c ₂	DENTRO DE LOS YACIMIENTOS CONOCIDOS	EN ZONAS CON YACIMIENTOS CONOCIDOS	EN ZONAS SIN YACIMIENTOS CONOCIDOS
ECONOMICOS	A B C ₁	C ₂				
		GRADO CRECIENTE DE FIABILIDAD GEOLOGICA				

FIG. 3. Sistema de clasificación de la URSS. (Tomado de Naciones Unidas, 1979).

po de formación, la forma y la estructura de los cuerpos minerales, su clase natural, las calidades comerciales, las propiedades tecnológicas y otros factores, sobre la base de aberturas y extrapolaciones acordes con datos geológicos y geofísicos.

Categoría C₂ : Comprende los recursos que solamente han sido evaluados de manera provisional. En éstos, el tipo de formación, así como la forma y distribución de las masas minerales se determinan con base en datos geológicos y geofísicos obtenidos por mediciones en ciertos puntos, o por analogía con otras zonas estudiadas. Las reservas de esta categoría se calculan por extrapolación a lo largo del buzamiento, y por analogía para las masas minerales no estudiadas.

Además de los recursos minerales de las categorías A, B, C₁ y C₂ (explorados y posibles), están los recursos "pronosticados" que se determinan sobre la base de conocimientos geológicos generales. Estos son recursos no probados que se cree pueden existir a juzgar por los factores naturales que rigen la formación y distribución de los depósitos, según estudios de la estructura geológica regional, y la historia de su evolución geológica. Estos recursos sirven de fundamento para posibles expansiones de la base minera en algún sector apropiado de la economía y para la planificación de las investigaciones y las exploraciones geológicas.

4.4. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS PROPUESTOS POR LAS NACIONES UNIDAS

En este sistema se prevén tres categorías fundamentales de recursos (Fig. 4), designadas con los símbolos R-1, R-2 y R-3. Estas categorías se distinguen entre sí por el nivel de certeza que puede atribuirse a cada una de ellas desde el punto de vista geológico. Comprenden todos los recursos in situ que podrían presentar interés económico durante el período previsible de los próximos decenios (Naciones Unidas, 1979).

Categoría R-1: Comprende los recursos in situ en yacimientos que se han estudiado en detalle suficiente para determinar su tipo de formación, sus dimensiones y sus características fundamentales en cada acumulación de mineral. Las principales características sobre extracción y elaboración del mineral se determinan mediante penetración física directa, midiendo el yacimiento, y con extrapolación limitada de datos geológicos, geofísicos y geoquímicos. Los valores se han calculado con un nivel relativamente elevado de certeza, y en casos extremos con un error máximo de estimación del 50%. Tales estimaciones son principalmente pertinentes para la planificación de las actividades de explotación.

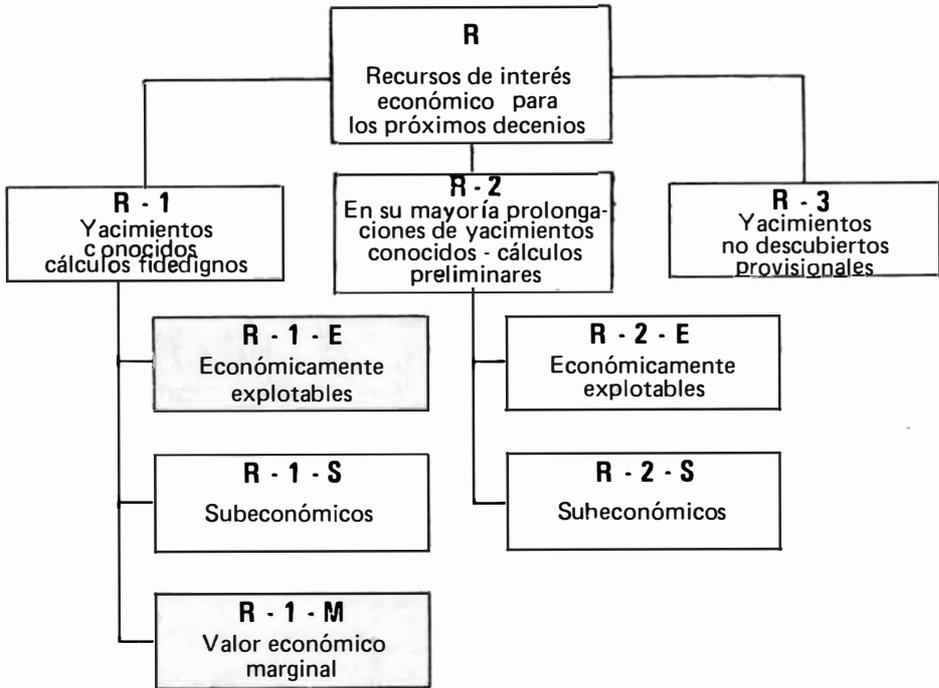


FIG. 4. Sistema de clasificación propuesto por las Naciones Unidas.

Categoría R-2: Corresponde a estimaciones de recursos in situ que están directamente relacionadas con yacimientos minerales descubiertos pero, a diferencia de los recursos incluidos en la categoría R-1, las estimaciones son preliminares y se basan fundamentalmente en información geológica general corroborada con mediciones en algunos puntos. El tipo de formación, la forma y las dimensiones del yacimiento, se deducen de consideraciones geológicas y estructurales generales, por analogía con depósitos vecinos incluidos en la categoría R-1. Los errores de estimación pueden ser mayores del 50%. Las estimaciones de la categoría R-2 son principalmente pertinentes para la planificación de nuevas actividades de exploración con miras a una futura reclasificación a la categoría R-1.

Categoría R-3: Se refiere a recursos que aún no se han descubierto, pero de los cuales se piensa que existen yacimientos de tipos conocidos que es posible descubrir. Las estimaciones de las cantidades in situ se reali-

zan principalmente con base en extrapolaciones geológicas, o en indicios geofísicos, o por analogía estadística. Las estimaciones correspondientes a la categoría R-3 indican la medida de las oportunidades en materia de exploración y las perspectivas a un plazo más largo en materia de abastecimiento de materias primas.

Cada una de las categorías anteriores pueden subdividirse de la siguiente manera:

E - Recursos in situ que se consideran explotables en un país o región, en las condiciones socioeconómicas imperantes, y con la tecnología disponible.

S - Los recursos in situ restantes que no se consideran actualmente de interés, pero que pueden llegar a serlo en virtud de cambios económicos o tecnológicos previsibles.

Las subclasificaciones E y S son particularmente útiles para subdividir la cate-

ría R-1 y quizás la categoría R-2, pero se piensa que, en la práctica, la categoría R-3 por lo general no se subdividirá.

Si se desea, puede establecerse una subdivisión más, denominada M, para indicar los recursos que podrán explotarse en un futuro más inmediato a consecuencia de cambios normales o previstos en las condiciones técnicas o económicas.

A continuación se enumeran algunos de los términos más comunes que, en diversa medida, se han utilizado para las categorías propuestas:

R-1: Determinados, demostrados, razonablemente asegurados.

R-2: Inferidos, adicionales estimados, posibles.

R-3: Potenciales, no descubiertos, hipotéticos, conjeturados, pronosticados.

E: Económicos

S: Subeconómicos

M: Marginales

5. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE CLASIFICACION

En términos generales, todos los sistemas de clasificación de recursos minerales que se explicaron anteriormente se basan en la consideración de dos variables que son certeza geológica y factibilidad económica.

Con excepción del sistema propuesto por las Naciones Unidas, todos los demás coinciden en representar gráficamente estas dos variables por medio de ejes cartesianos donde se indica el grado en que crece o decrece cada una de las variables. Sin embargo, a pesar de que el sistema propuesto por las Naciones Unidas se aparta de este método de representación, lleva también implícito el mismo concepto de las dos variables, pero ya no representadas por medio de ejes coorde-

nados sino como niveles dentro de una estructura gerárquica. Así se tiene un primer nivel R que abarca la totalidad de los recursos minerales: un segundo nivel formado por R-1, R-2 y R-3 que comprende diferentes grados de conocimiento geológico; y un tercer nivel formado por los grados E, S y M referentes a la factibilidad económica.

Como se ve, las diferencias entre los sistemas de clasificación radican fundamentalmente en el número de clases y subclases establecidas, y en los criterios de diferenciación de las mismas, todo lo cual da lugar a variaciones sustanciales en la calidad de las estadísticas a nivel internacional.

Por lo anterior, resulta imposible hacer una correlación exacta entre las diferentes categorías de que consta cada uno de los sistemas de clasificación. Además los autores no siempre interpretan de modo idéntico las definiciones. Sin embargo, en la Tabla 1 intentamos hacer, si nó una correlación verdadera, por lo menos una base de comparación entre los sistemas de Estados Unidos, Canadá, Rusia y Naciones Unidas.

6. SUGERENCIAS SOBRE REPRESENTACION GRAFICA DEL SISTEMA PROPUESTO POR LAS NACIONES UNIDAS

El sistema de clasificación propuesto por la Naciones Unidas es el único en que las diferentes categorías no son representadas mediante un sistema cartesiano. Esto no impide reconocer las ventajas que ofrece el sistema cartesiano, como la de permitir visualizar de un solo golpe, la mutua interrelación de dos variables. Por lo tanto, vale la pena considerar en qué forma el sistema propuesto por las Naciones Unidas pudiera adaptarse para su representación gráfica mediante coordenadas cartesianas, como ocurre con los demás sistemas.

Esta posibilidad resalta ante el hecho de que el sistema de las Naciones Unidas, a pesar de no ser presentado en forma cartesiana, sí considera implícitamente las

ESTADOS UNIDOS	CANADA	UNION SOVIETICA	NACIONES UNIDAS
Medidos	Reservas medidas	$A+B \cdot C_1 + a \cdot b + c_1$	1
Indicados	Reservas indicadas	$C_1 + \text{parte } C_2 \text{ y } c_1 + \text{parte } c_2$	2 (parte)
Inferidos	Conjeturados	Pronosticados dentro de yacimientos conocidos	2 (parte)
Hipotéticos	Especulativos en formaciones conocidas	Pronosticados en zonas de yacimientos conocidos	3
Especulativos	Especulativos en regiones vírgenes	Pronosticados en zonas sin yacimientos conocidos	3
Identificados	Demostrados Conjeturados	$A+B \cdot C_1 + C_2 + a \cdot b + c + c_2 +$ pronosticados dentro de yacimientos conocidos	1,2
No descubiertos	Especulativos	Pronosticados fuera de los yacimientos conocidos	3
Económicos	Económicos	$A+B+C \cdot C_1$	E
Subeconómicos	Subeconómicos	$a+b+c+c_1$	M S
Paramarginales	Subeconómicos probabilidad > 50%	No definidos	M
Submarginales	Subeconómicos probabilidad 10 a 50%	No definidos	S

TABLA 1. Equivalencias de categorías entre los diferentes sistemas de clasificación de recursos minerales.

mismas variables de certeza geológica y de factibilidad económica a que se refieren los demás sistemas, como fue explicado en la sección anterior.

Antes de diseñar un gráfico cartesiano para representar el sistema propuesto por las Naciones Unidas, conviene agregar algunos elementos de juicio analizando separadamente los gráficos correspondientes a los demás sistemas. Las características de tales gráficos son:

Sistema de Estados Unidos: Considera dos ejes que parten de un punto. Uno horizontal a la izquierda que indica la dirección en que aumenta la certeza geológica, y otro vertical dirigido hacia arriba que indica la di-

rección en que crece la factibilidad económica. En este caso, por tratarse siempre de cantidades positivas, la dirección del eje horizontal (certeza geológica) no concuerda con la convención universal de representar valores positivos a la derecha.

Sistema de Canadá y la URSS: Estos dos sistemas consideran un eje horizontal a la derecha y uno vertical hacia arriba, de acuerdo con la convención general para representación de valores positivos como es el caso de los recursos minerales. En ese sentido, este sistema resulta el más aconsejable para aplicar a las categorías establecidas por las Naciones Unidas. En el caso del sistema de la URSS, las flechas de los ejes aparecen extrañamente en dirección opuesta, como

puede apreciarse en el gráfico de la Figura 3, tomado de Naciones Unidas, 1979. Todo parece indicar que dicho gráfico no corresponde exactamente al original soviético. Aunque esta posibilidad no se pudo confirmar por falta de bibliografía soviética sobre el particular, se puede deducir por el hecho de que en la misma publicación de las Naciones Unidas el gráfico del sistema canadiense también aparece con las direcciones de los ejes invertidas. Posiblemente, lo que indujo a los expertos de las Naciones Unidas a introducir esta modificación fue el deseo de mostrar que las variables crecían en la misma dirección indicada por las flechas, en vez de decrecer como ocurre en los gráficos originales. De todos modos, lo verdaderamente fundamental es mostrar que los ejes coordenados parten de un punto, precisamente llamado origen, en vez de que aparezcan convergiendo hacia él. Que la variable crezca o decrezca en determinada dirección no tiene mayor importancia. En últimas, una variable decreciente, por ejemplo la certeza geológica, puede representarse como creciente cambiando la palabra "certeza" por otra que indique el concepto inverso como "incertidumbre" geológica.

De lo anterior se deduce que la convención empleada en Canadá y la URSS para orientación de ejes de uso universal, es la más adecuada para efectuar una representación cartesiana del esquema gerárquico propuesto por las Naciones Unidas. En este caso, los grados de certeza geológica se indicarían con los numerales 1, 2 y 3, y los grados de factibilidad económica con los literales E, S y M. El gráfico resultante se muestra en la Figura 5.

Conviene aclarar que el enfoque cartesiano que aquí se sugiere para el sistema de las Naciones Unidas, no es incompatible con su estructura gerárquica. Por el contrario, establece una dualidad conceptual (gerárquica y cartesiana) que se traduce en mejores condiciones de flexibilidad y versatilidad, indudablemente útiles en el tratamiento manual o automático de la información.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De todo lo dicho anteriormente se derivan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

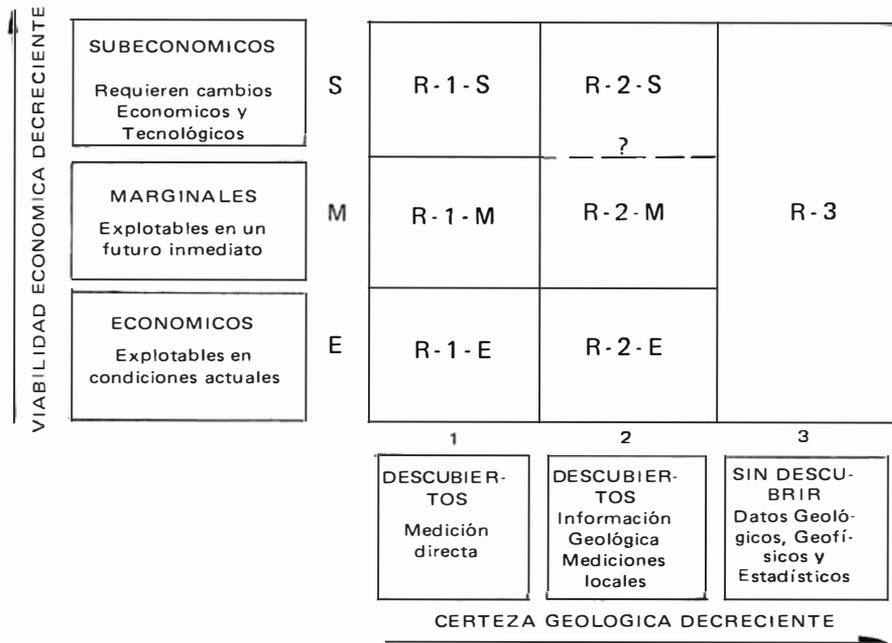


FIG. 5. Representación gráfica sugerida para el sistema de las Naciones Unidas.

1. Existen varios sistemas de clasificación de recursos minerales que están siendo usados en diferentes partes del mundo. Aunque hay cierta unidad de conceptos sobre los aspectos básicos de la clasificación de los recursos minerales, se presentan diferencias en las definiciones de categorías y en las normas de medición, lo cual origina variaciones en los sistemas de elaboración y procesamiento de datos, y consecuentemente en la calidad de la información.
2. Se hace necesario establecer un sistema internacional de clasificación de recursos minerales que permita unificar la terminología y las normas de medición e interpolación, a fin de obtener una mayor consistencia en los datos y métodos estadísticos especialmente para efectos de intercambio internacional.
3. Con tales fines, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas ha propuesto una clasificación internacional de los recursos minerales, que está siendo difundida y recomendada a través de sus diferentes agencias regionales en todo el mundo.
4. El sistema de clasificación propuesto por las Naciones Unidas cuenta con sólidos fundamentos técnicos como son los conceptos de un distinguido grupo de expertos. Como consecuencia, la propuesta formulada por las Naciones Unidas cuenta con un amplio respaldo internacional, lo que le permite adquirir cada día una mayor aceptación en todo el mundo.
5. Conviene que todas las personas y entidades que desarrollan en el país actividades de exploración y evaluación mineral se interesen por conocer y difundir el método propuesto por las Naciones Unidas, a fin de que se expresen opiniones y se formulen sugerencias al respecto.
6. En el presente informe se sustentan algunas sugerencias sobre representación gráfica del sistema propuesto por las Naciones Unidas.
7. Una vez creado un consenso sobre la importancia de contribuir en este esfuerzo global de unificación de terminología, de criterios y de métodos en la clasificación de los recursos minerales, convendría que las instituciones del Sector Minero promovieran el uso en el país del sistema internacional de clasificación de recursos minerales propuesto por las Naciones Unidas.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BONDARENKO, I., 1976.- *The resource classification system of the URSS for hard minerals*. Informe preparado para el Centro de Recursos Naturales, Energía y Transportes, 21, New York, Citado en Naciones Unidas, 1979.
- ECKSTRAND, O., R., 1977.- *Mineral Resource Appraisal and Mineral Deposits Computer Files in the Geological Survey of Canadá*. *Mathematical Geology*, Vol. 9, No. 3, p. 235-258.
- NACIONES UNIDAS, 1979.- *La clasificación internacional de los recursos minerales*. Consejo Económico y Social, Informe E/C. 7/104.
- U. S. BUREAU OF MINES, U. S. GEOLOGICAL SURVEY, 1976.- *Principles of the Mineral Resource Classification System of the U.S. Bureau of Mines and U.S. Geological Survey*. Bulletin 1450-B.

* * *

**ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE LA GEOMORFOLOGIA EN EL AREA DEL
MUNICIPIO DE URAAO, ANTIOQUIA - COLOMBIA**

Informe No. 1816

Por:

ANANDA K. CHAKRABARTI

y

EDUARDO ALVAREZ GONZALEZ

Instituto Nacional de Investigaciones
Geológico-Mineras

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	21
ABSTRACT	21
1. INTRODUCCION	21
2. CLIMA Y TOPOGRAFIA	23
3. GEOLOGIA GENERAL	23
4. GEOMORFOLOGIA	24
5. METEORIZACION Y EROSION	27
6. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA	30
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	30

FIGURAS

1. Mapa de localización del área de trabajo	22
2. Mapa geológico generalizado del área de Urrao. Modificado de Guarín y Alvarez 1.978	25
3. Mapa geomorfológico generalizado	26
4. Perfil longitudinal desde el Páramo de Urrao hasta el río Penderisco	28
5A. Esquema general de la pendiente longitudinal de un valle	29
5B. Esquema general de un perfil de peniente compuesta	29

FOTOGRAFIAS

1. Vista panorámica del área de estudio	32
2. Terrazas bajas sobre la llanura del río Penderisco	33
3. Vista longitudinal del valle del Penderisco	33
4. Meandros a lo largo del valle de la quebrada Magdalena en su intersección con el valle del río Penderisco	34
5. Llanura aluvial amplia formada por la quebrada Magdalena con transporte de carga mixta. Intersección con el río Penderisco	34
6. Cárcavas en formación	35
7. Pendiente compuesta con concavidad en el pie y convexidad en la cima ..	36

8.	Convexidad y naturaleza de la formación de las cárcavas. Valle del río Penderisco	36
9.	Llanura alta en el valle escalonado. Carretera Urrao - Caicedo	37
10.	Parte baja de la misma llanura cortada por el río Urrao	37
11.	Perfil típico de suelo mostrando bloques de diverso tamaño y origen. Carretera Urrao - Encarnación	38
12.	Bloques transportados con diámetros hasta de 2 m en el río Penderisco cerca a la intersección con el río Urrao	38
13.	Antigua superficie vista en dos localidades de la carretera Urrao - Encarnación	39
14.	Sedimentos recientes en el río Urrao, afectados por la falla de Herradura	40
15.	Desarrollo de las pendientes desde el Páramo de Urrao hasta el valle del río Penderisco	41

* * *

RESUMEN

Parte del municipio de Urrao está situado sobre una planicie aluvial amplia con depósitos de gravas modernas disectadas por el río Penderisco y algunos de sus afluentes, dando lugar a terrazas encajadas que ocupan niveles topográficos bajos. En niveles topográficos más elevados se encuentran llanuras escalonadas que se extienden desde el valle del río Penderisco hasta el pie del Stock del Páramo de Frontino cuyo perfil general se puede dividir en 4 partes: escarpe, talud, pendiente cóncava y pendiente rectilínea, posiblemente originadas por efectos tectónicos y climáticos combinados. Dichas llanuras están conformadas por una mezcla heterogénea de bloques de rocas ígneas, sedimentarias y rara vez volcánicas, todos ellos provenientes del Páramo. Algunos bloques se encuentran ocupando colinas aisladas, lejos de su fuente de origen. Esto puede relacionarse con la superficie de erosión original y con el nuevo régimen hidráulico evidenciado por el curso actual del río Penderisco. Tanto las pendientes de las colinas sobre el valle del Penderisco como las que están sobre llanuras en niveles topográficos más altos, tienen ángulo bajo, lo cual no necesariamente refleja una edad para las geoformas. En algunos casos la erosión fluvial parece tener un efecto significativo en la profundización del perfil de los valles y por lo tanto solo cerca al Páramo las pendientes son fuertes y los valles tienen forma de V cerrada.

Las rocas que afloran en el área son sedimentarias de la Formación Penderisco, de edad Cretáceo tardío - Terciario temprano, las cuales fueron intruidas por el Stock del Páramo de Frontino de edad Terciario tardío. En general, el desarrollo geomorfológico del área está relacionado no solamente con los procesos de meteorización y erosión sino también con las características físico-químicas de dichas rocas.

ABSTRACT

The Urrao town and the adjoining areas are situated on the wide alluvial planes made up of modern gravel deposits dissected

by the Penderisco river and its tributaries giving rise to stepped terraces occupying low topographic levels. At higher elevation, stepped valleys and plains are found, starting from the Penderisco flat up to the very top of the mountains, known as the "Páramo de Frontino". Such profiles can normally be divided into four sections: cliff face or escarpment, talus, concave slope and rectilinear slope. Their origin can be attributed to the combined effects climate and tectonics. The stepped valleys and plains are normally made up of the heterogeneous mixtures of blocks of igneous and sedimentary rocks and rarely volcanics, all of which were originally derived from the highground of "Paramo". Many of these blocks are found in isolated hills, being removed very far from their source. This can probably be explained by reconstructing the original pre-erosion surface and new hydraulic regimen of the Penderisco river, as it follows the present course the hill slopes above the Penderisco river and the valleys at higher topographic levels are at low angles but that does not necessarily reflect the age of the landforms. In some cases, fluvial erosion has been the active agent in deepening the valley profiles, but only at topographically high ground (Páramo), they can be best seen in closed V valleys. The sedimentary rocks of the Penderisco Formation belong to late Cretaceous - early Tertiary intruded by the late Tertiary, high level stock of Frontino. In general, the geomorphological development of the area is related not only to the process of weathering and erosion, but also to the physico-chemical characteristic of these rocks.

1. INTRODUCCION

El área de Urrao (latitud $6^{\circ} 17' 12''$ - longitud $76^{\circ} 8' 54''$), se encuentra localizada en la parte sur-occidental del departamento de Antioquia, sobre el flanco oeste de la Cordillera Occidental, a una altura promedio de 2.000 m (Fig. 1).

La población de Urrao está localizada sobre una amplia llanura aluvial formada por el río Penderisco y sus afluentes. El acceso al área es posible por carretera, parcialmente

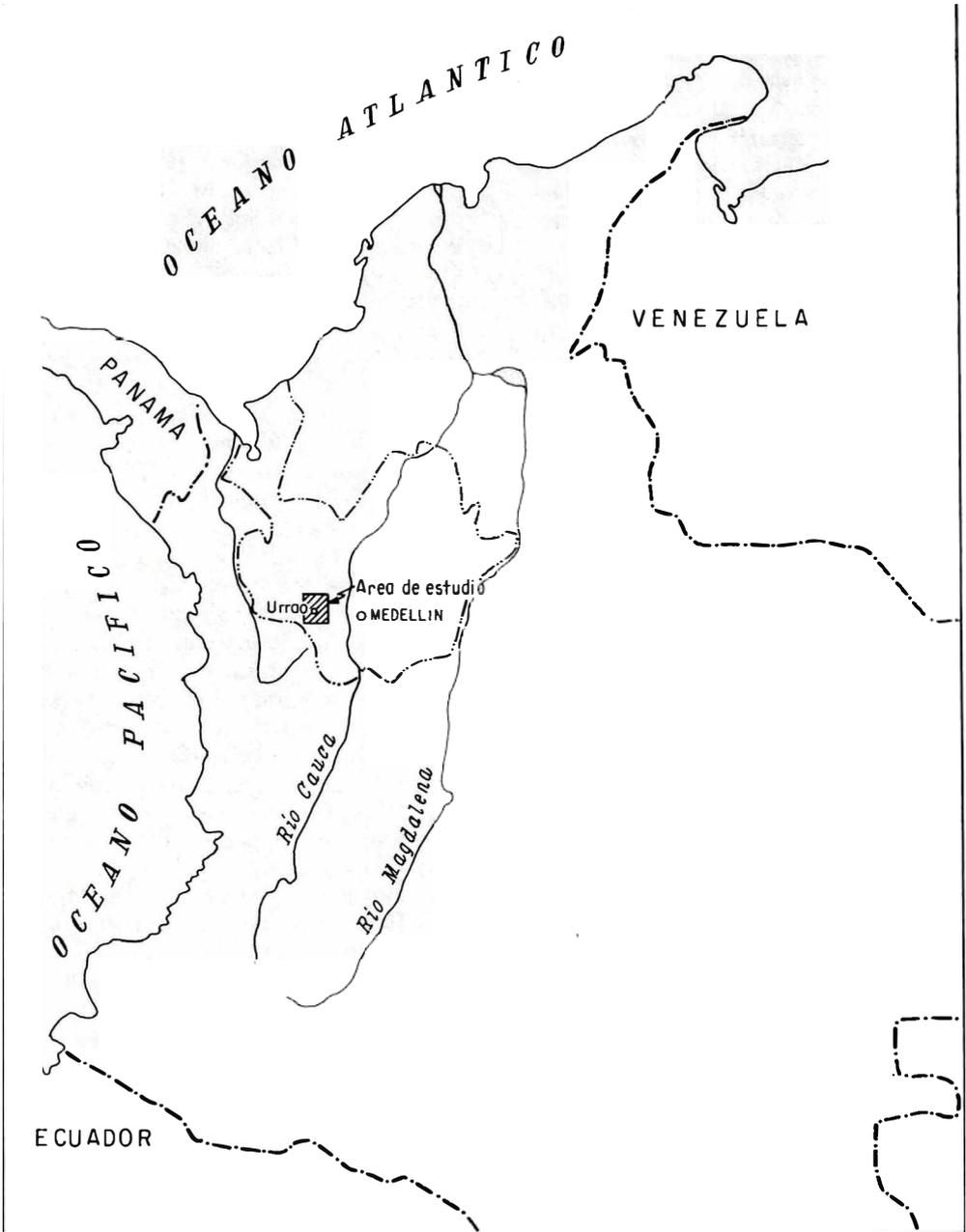


FIG. 1- MAPA DE LOCALIZACION DEL AREA DE TRABAJO

pavimentada, a cinco horas de Medellín, o por avión a veinticinco minutos del mismo.

Las observaciones sobre la geomorfología de las áreas bajas de Urrao, se realizaron en un primer intento por determinar la posible relación entre las características geomórficas actuales y la evolución que ha sufrido la región para llegar a ellas.

A partir de alturas de 3.000 m aproximadamente, la morfología cambia sustancialmente, debido a que tales áreas han sido afectadas por fenómenos glaciares. En el presente reporte solo nos referimos a las zonas consideradas como tropicales a sub-tropicales de la región en un intento por entender los conceptos sobre equilibrio dinámico aplicados en la denudación de la corteza y los efectos tectónicos y climáticos que influyen en la construcción de tales geformas.

2. CLIMA Y TOPOGRAFIA

El clima en la región es semitropical con un promedio de temperatura alrededor de 17°C. Zonas más frías tienen relación directa con mayores alturas, alcanzándose en niveles de 3.000 m temperaturas inferiores a 10°C. Los cambios temporales de temperatura obedecen a cambios en las estaciones de lluvia y sequía; por lo tanto en estaciones húmedas, principalmente entre los meses de mayo y noviembre, la temperatura es más baja.

El promedio anual de lluvia es aproximadamente de 3.000 mm. Los procesos de meteorización, considerados dentro de los cambios climáticos citados, juegan un importante papel, siendo la meteorización química más activa que los procesos mecánicos, más aun si se tiene en cuenta que ella es ayudada por la covertera de suelos y vegetación existente, que promueve mayor porcentaje de lluvias e infiltración lo mismo que genera mayor cantidad de ácidos húmicos. Sin embargo debido a que el clima es templado las reacciones químicas no han sido demasiado aceleradas, lo cual ha hecho que el paisaje, desde el punto de vista de la meteorización y

erosión, se encuentra probablemente en un estado de estancamiento. Además, las acumulaciones de material de talud sobre las laderas de las montañas muestran los restos de un período cuaternario muy frío. La topografía del área es madura, disectada, con colinas que se elevan por encima de los 1.200 m sobre el valle del río Penderisco. La mayoría de las colinas pequeñas tienen forma redondeada, mientras que cerca al Páramo ellas son escarpadas y tienen crestas pronunciadas. Varios valles inclinados han sido observados desde el valle del Penderisco hasta las partes altas del Páramo. Los procesos de movimientos masivos, tales como derrumbes, reptación de suelo y solifluxión han sido más efectivos en áreas de alto relieve con pendientes fuertes, mientras que la descomposición química se ha observado en áreas de relieves suaves.

3. GEOLOGIA GENERAL

Fuera de los depósitos aluviales recientes, la litología dominante en el área de estudio corresponde a sedimentos del Miembro Urrao de la Formación Penderisco que pertenece al Grupo Cañasgordas. Dicho miembro está formado por grawacas, arcillolitas y limolitas del Cretáceo tardío - Terciario temprano, en general típicas de un ambiente marino tipo Flysch. Son comunes estratos gradados con granos muy finos hasta conglomerados polimícticos con escasas interstratificaciones de liditas calcáreas que contienen foraminíferos. En general los conglomerados con aporte volcánico muestran un incipiente metamorfismo de grado bajo en facies prehnita-pumpellita. Otros tipos de rocas presentes en el área y que afloran en el Páramo son: sedimentos volcanogénicos más jóvenes que los pertenecientes al Miembro Urrao y a los cuales no están genéticamente relacionados; intrusivos ígneos de composición diorítica y cuarzo diorítica con dataciones del Mioceno superior (12 m.a., BOTERO, G., 1975). Dichos sedimentos volcanogénicos están formados principalmente de tobas litificadas, aglomerados, basaltos, etc. Bloques de rocas intrusivas y volcánico-sedimentarias se han desprendido de las partes altas del Páramo de Frontino y ocupan

actualmente grandes extensiones de las áreas bajas. Aunque el transporte de tal material en las partes bajas está relacionado con actividades pluvio-fluviales y deslizamientos por gravedad, es también importante hacer notar que actualmente existen muchos ejemplos de que dicho material fue removido muy lejos de su fuente encontrándose a menudo en posiciones extrañas. Tal es el caso de bloques y guijarros de rocas ígneas, volcánicas y sedimentos volcanogénicos provenientes del Páramo, que han sido encontrados sobre colinas distantes localizadas al otro lado del río Penderisco. Lo anterior se puede explicar teniendo en cuenta una vieja superficie conformada por material proveniente del Páramo de Frontino, la cual se extendió más lejos que el actual cauce del río Penderisco. Este representa actualmente, un régimen hidráulico reciente que cortó a través de dicha antigua superficie. El mapa geológico generalizado del área aparece en la Figura 2.

Las características estructurales más sobresalientes en el área son el fallamiento norte-sur, paralelo a la dirección del rumbo de los sedimentos del Miembro Urrao. Las fallas de San Ruperto y Herradura probablemente convergen en inmediaciones de la población de Urrao. Otra posibilidad es que ellas estén limitando los bordes de un bloque fallado con movimiento de graven el cual ha ocasionado el rellenamiento con gravas recientes de las áreas que corresponden con los valles de los ríos Penderisco y Pavón en su parte alta. Es evidente que tal fallamiento es activo en el presente. Existen movimientos claros en la falla este o sea la que corresponde a la traza de Herradura, la cual afecta sedimentos recientes del río Urrao cuyo bloque levantado es el bloque este. A pesar de que los ejes de los pliegues varían entre $N20^{\circ}E$ y $N20^{\circ}W$, la variación del buzamiento es intensa, desde estratos horizontales hasta verticales. Son frecuentes también las repeticiones de las capas y los microplegamientos.

4. GEOMORFOLOGIA

La mayoría de los valles, que en la actualidad son drenados por ríos o fueron en

tiempos pasados los canales de cursos actualmente secos, están rellenos por sedimentos gradados que han sufrido migración lateral. Los tamaños de dichos canales reflejan la cantidad de agua que pasa actualmente o que pasó a lo largo de ellos.

En los casos de ríos con meandros, tales como el Penderisco y el Pavón, la amplitud de los meandros y el área de drenaje permiten obtener el índice de descarga actual. Sin embargo, en general, se puede establecer que en el área de estudio, la morfología de los valles es una función directa de las variaciones en las rocas.

Los principales ríos y quebradas que descienden del Páramo son los ríos Encarnación y Urrao y las quebradas Arriba y Juntas. Todos ellos tienen un curso con dirección aproximada norte - sur, interceptando el río Penderisco en lugares donde éste tiene una pendiente fuerte. Fuera del área en cuestión el río Penderisco corre hacia el noroeste, formando al este de la localidad de Urrao una amplia y muy plana llanura aluvial (300-400 m de ancho), la cual sumada a las planicies del río Pavón y quebrada Magdalena puede sobrepasar 25 km de longitud. El mapa geomorfológico generalizado del área aparece en la Figura 3.

Los meandros de los ríos especialmente los del Penderisco y Pavón, pueden probablemente ser explicados por cambios, ya sea levantamiento o hundimiento del nivel de base local. Debido a que la mayoría de los ríos atraviesan diferentes tipos de sedimentos, el material más grueso que ellos arrastran, ha sido depositado en el fondo del valle y el más fino encima. Las variaciones granulométricas que se registran en la parte alta de los depósitos, pueden sin embargo ser producidas por cambios climáticos y diástróficos. Varios procesos han influido en el rellenamiento de los valles incluyendo un cambio local en el nivel de base con reducción del gradiente en la parte baja del mismo. El rellenamiento vertical del valle pudo haber sucedido por aumento en el volumen de descarga de los tributarios que interceptan el curso principal. La evidencia del rellenamien-

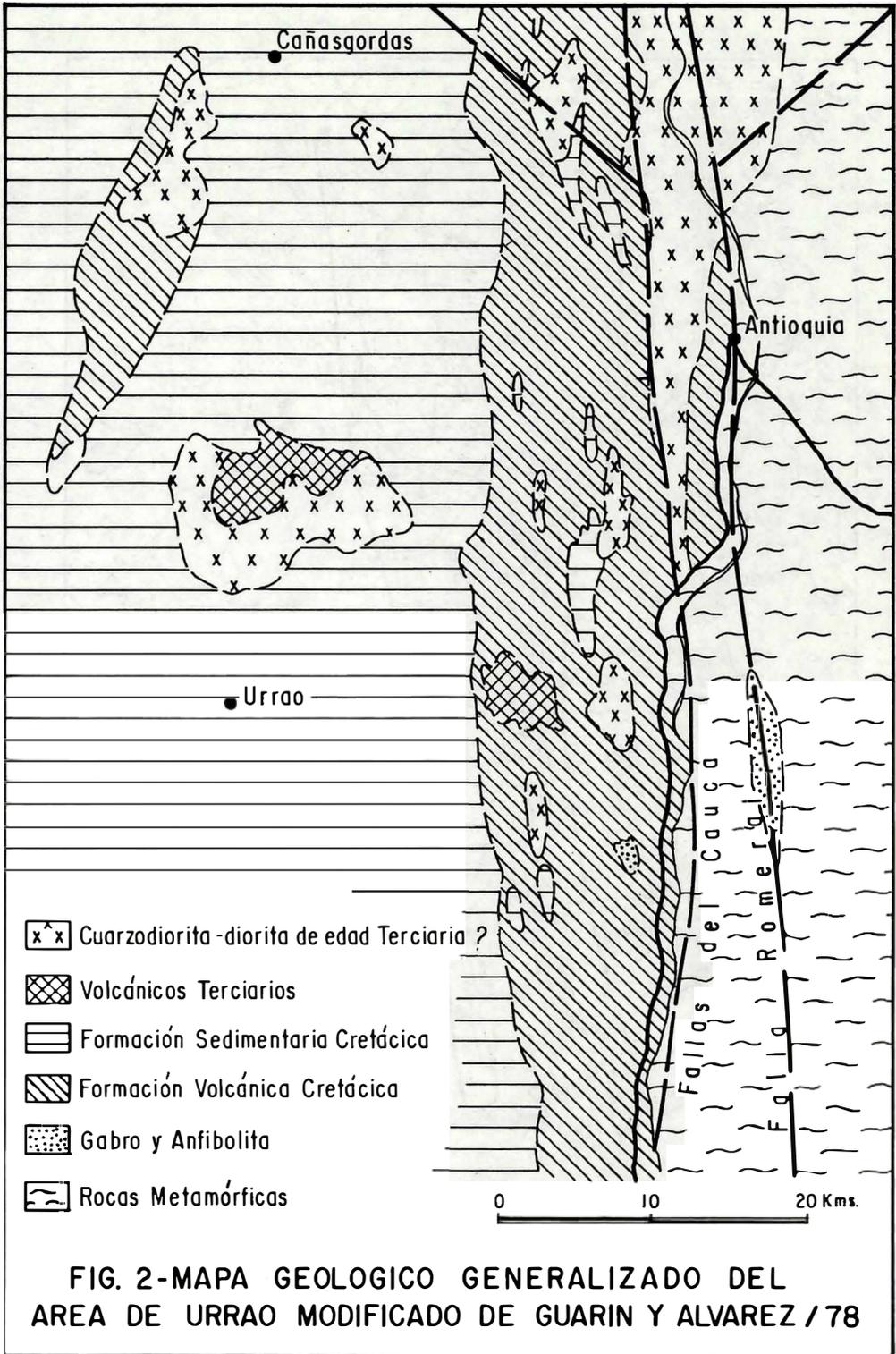
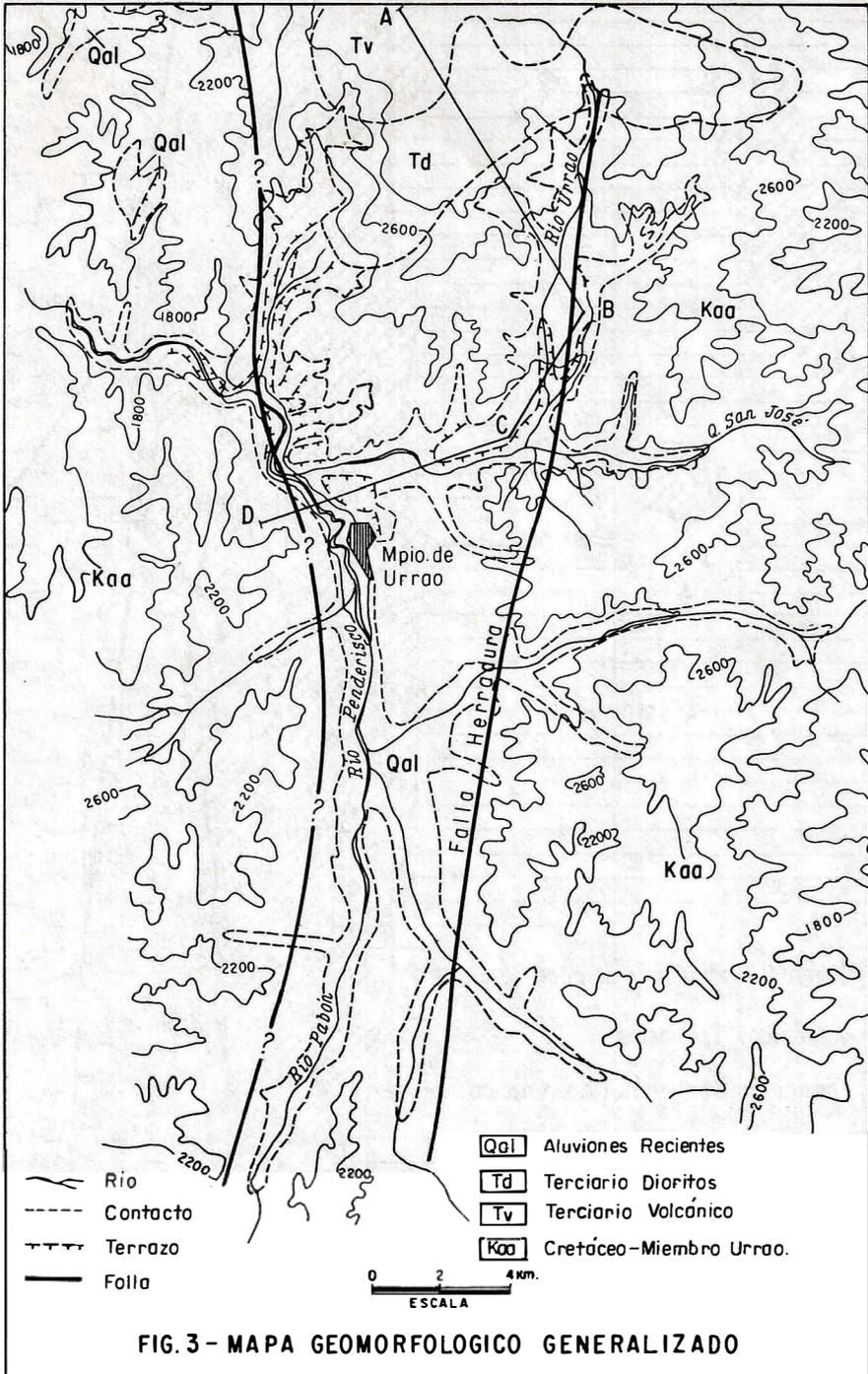


FIG. 2-MAPA GEOLOGICO GENERALIZADO DEL AREA DE URRAO MODIFICADO DE GUARIN Y ALVAREZ / 78



to en la parte alta del valle (Back - Filling), puede ser demostrada por la depositación del material grueso hacia el piso de los canales mientras que el material fino migra aguas abajo.

Varios tipos de sedimentos de valle se han encontrado en el área de Urrao. Ellos incluyen depósitos de canal, de llanura de inundación y de márgenes de valle.

Abanicos aluviales se han desarrollado a lo largo del río Penderisco, además de coluviones y depósitos originados por movimientos de masas, los cuales son típicos de márgenes de valle, mientras que depósitos de acreción vertical y rellenos de canales están presentes en llanuras de inundación y depósitos de canales respectivamente.

Desde el punto de vista de la geomorfología de los ríos, las partes altas de ellos están controladas por lechos rocosos; en las bajas el control está dado por llanuras inclinadas o valles muy planos, tales como el del río Penderisco en la localidad de Urrao los cuales son típicos de canales aluviales. Los canales que transportan cargas mixtas de arena, limo y arcillas forman meandros bien desarrollados, siendo los patrones de los canales en la parte alta más rectos, con cargas compuestas principalmente por arena.

En los ríos con canales múltiples como el río Penderisco donde el material de carga es arenoso predominantemente, son comunes los abanicos aluviales. Otras llanuras aluviales, como las existentes sobre las carreteras a Encarnación y Caicedo, fueron posiblemente el resultado parcial de la acumulación de cargas mixtas también en canales múltiples (Fig. 4).

Los abanicos aluviales que se han desarrollado en el área de Urrao son típicamente abanicos secos y flujos de lodo, los cuales, de acuerdo a la clasificación geomorfológica pueden considerarse como depósitos cerca de frentes montañosos, cuya superficie no ha sido disectada. El tamaño promedio de ellos fluctúa aproximadamente en 500 m de radio.

Diferentes terrazas se han encontrado ocupando varios niveles que limitan lateralmente los valles. Con base en su posición estratigráfica se pueden clasificar como terrazas altas y bajas. En sección transversal cortando los valles, las terrazas formadas por aluviones y generalmente simétricas fueron posiblemente el resultado de eventos climáticos y tectónicos.

Aunque el ángulo de pendiente no necesariamente refleja la edad de las geofomas, las pendientes suaves de las colinas formadas por los sedimentos del Grupo Cañasgordas, que presenta las rocas más antiguas en el área, son realmente viejas. La forma y el ángulo de las pendientes han sido afectados por meteorización, erosión, transporte y depositación. Topográficamente en las partes altas del Páramo los escarpes son comunes, pasando hacia abajo a zonas de talud. Frecuentemente dicho talud tiene una pendiente fuerte debido a que los fragmentos que lo forman son gruesos, angulares y meteorizados. En ciertos casos el escarpe es reemplazado por una pendiente gradacional de ángulo bajo. Siguiendo el sentido de la pendiente, hacia abajo se encuentra una sección cóncava que en su parte superior grada lentamente a la zona de talud. De la zona cóncava se pasa hacia abajo a una pendiente rectilínea (Fig. 5A). Además se observaron en el área, colinas adyacentes al valle del Penderisco o llanuras aluviales de Caicedo y Encarnación, que muestran una convexidad en la parte superior (Fig. 5B), debida posiblemente a procesos de denudación. En las áreas donde las rocas sedimentarias predominan, dicha convexidad se continúa con una pendiente rectilínea que cambia a cóncava en el pie de la colina, formando en general una pendiente compuesta. En los lugares donde los sedimentos están en contacto con rocas ígneas las pendientes compuestas son mucho más complejas. En general los tipos de pendiente están probablemente relacionadas con la litología y la longitud de las mismas.

5. METEORIZACION Y EROSION

El proceso de meteorización química ha sido significativo en el área de Urrao

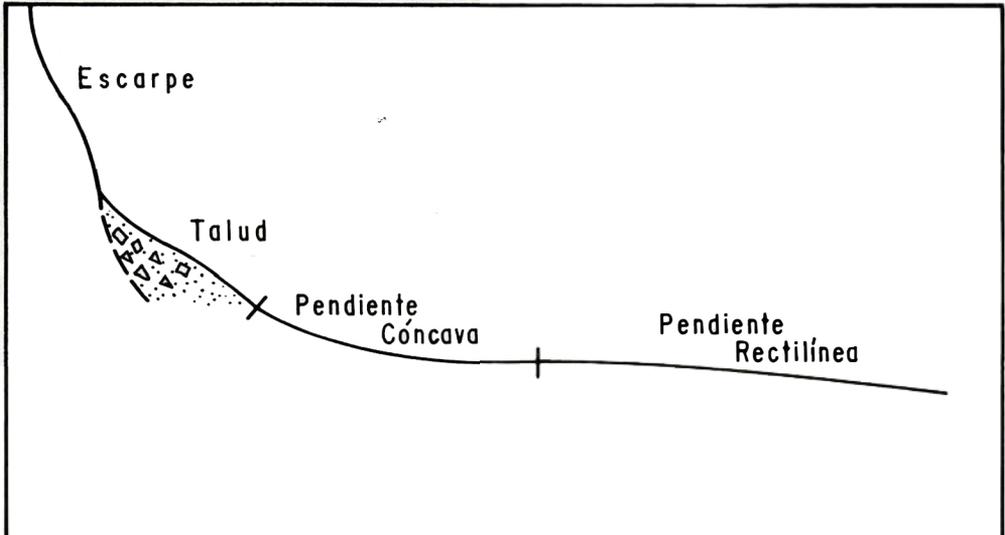


FIG: 5 A - ESQUEMA GENERAL DE LA PENDIENTE LONGITUDINAL DE UN VALLE

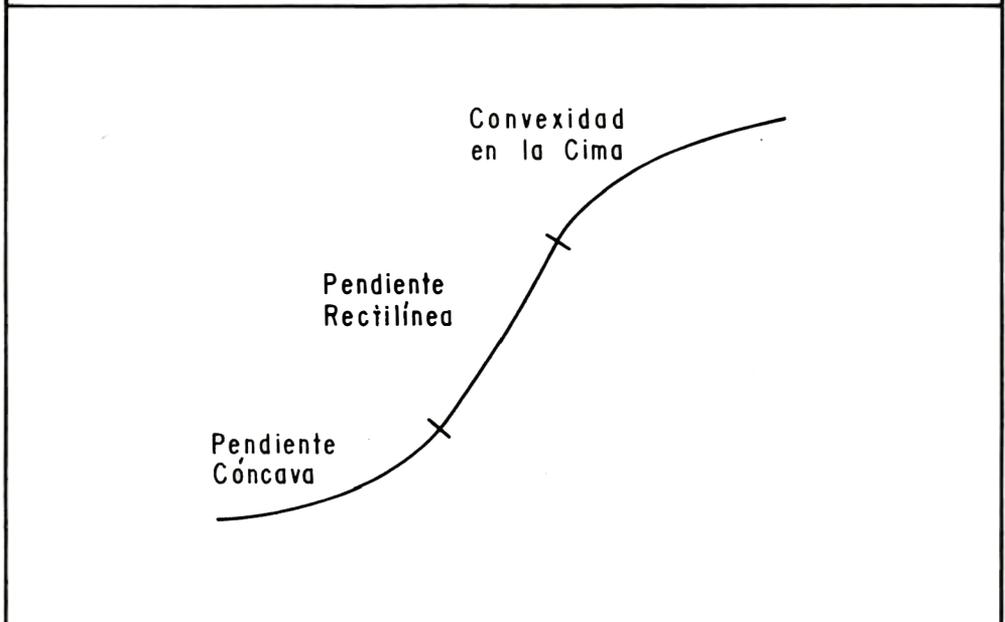


FIG.: 5 B - ESQUEMA GENERAL DE UN PERFIL DE PENDIENTE COMPUESTA

debido a su altura, clima semitropical y alta pluviosidad. En pendientes fuertes los movimientos de masas tales como derrumbes y reptación del suelo son muy intensos, mientras que en pendientes suaves la remoción química es más significativa. Por lo tanto los factores más cercanos a la meteorización del área son: alta precipitación, alto grado de reacciones químicas endotérmicas, cubierta vegetal, remanentes de superficies antiguas, drenaje libre, tipos de rocas y tectónica del área. El patrón local de meteorización profunda en el área se caracteriza por una superficie de meteorización basal muy irregular. La meteorización mecánica se manifiesta principalmente por la desintegración de bloques. Tanto en las rocas sedimentarias como en las ígneas el diaclasamiento juega además papel importante en la acción de la meteorización.

El transporte de los productos de la meteorización hacia las partes bajas ha sido efectuado principalmente por erosión fluvial. La mayoría de los valles han sido modificados y posiblemente originados como consecuencia de la erosión vertical y lateral de las corrientes de agua. Se pueden distinguir dos procesos diferentes de erosión por corrientes de agua: a) abrasión longitudinal y profundización en corrientes de alta pendiente, b) acción mecánica lateral que se traduce en la formación de meandros. La erosión en las zonas altas puede verse localmente, siendo comunes los perfiles de ríos y quebradas con pendiente fuerte. Algunas veces estos cauces altos tienen puntos de inflexión (knik point), en el perfil longitudinal de los valles, continuándose hacia abajo con zanjas las cuales se profundizan intensamente a lo lar-

go de la pendiente. Más abajo, donde la pendiente se vuelve más suave, la sección erodada está reemplazada por abanicos aluviales.

6. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA

La configuración geomórfica del área de Urrao está estrechamente relacionada con los tipos de geoformas, clima estructuras y rocas. Por lo tanto la morfología actualmente es diferente, en el área de estudio, de la morfología glacial en el Páramo.

Desde el punto de vista de la denudación cronológica, el desarrollo de las geoformas es difícil de establecer debido a los múltiples ciclos y subciclos de erosión que se superponen y a la subsiguiente modificación a través del tiempo geológico. Se puede decir que el curso actual de algunos ríos como el Penderisco ha sido producido por fenómenos tardíos, lo cual se expresa en la disección de superficies antiguas que se pueden reconstruir para mostrar el paisaje antes de que el nuevo régimen hidráulico entrara en actividad. Las relaciones entre los procesos y la naturaleza de la meteorización, erosión, transporte y depositación están bien documentadas en la morfología de los valles y en el desarrollo de los perfiles de los suelos. También los tipos de roca y los ángulos de las pendientes, en ciertos casos, reflejan la madurez del paisaje.

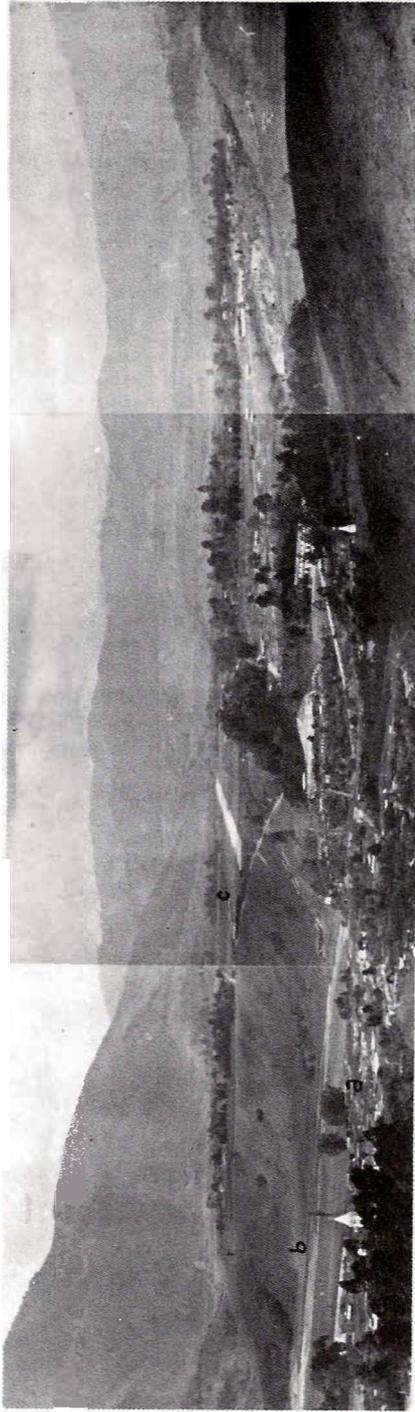
Para un mejor entendimiento de la evolución geomorfológica del área es necesario considerar todas las variables relacionadas con el equilibrio dinámico metaestable que explica la denudación a través del desarrollo de las geoformas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

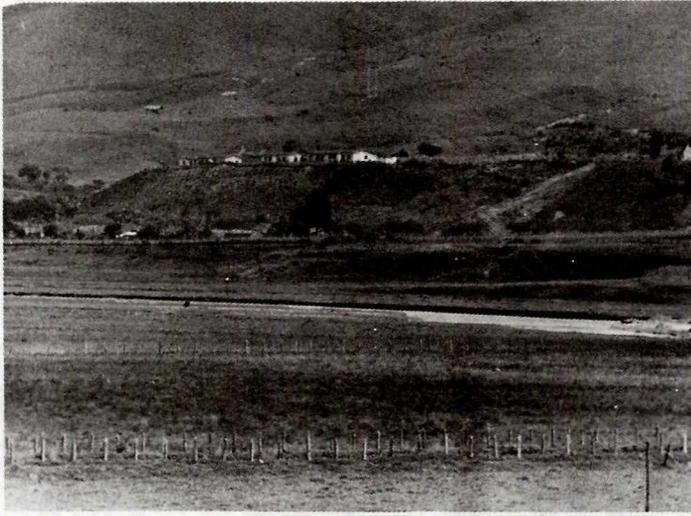
- ALVAREZ, E., GONZALEZ, H., 1978.- *Geología del Cuadrángulo I-7. (Urrao), Ingeominas, Medellín.* 347 p.
- BEATY, C. B., 1959.- *Slope retreat by gulling* Bull. Geol. Soc. Am. (Boulder, Colorado) 70: 1479 - 1482.
- BOTERO, A. G., 1975.- *Edades radiométricas de algunos plutones colombianos.* Rev. Min. (Medellín) 27: 169-179.

- BAULIG, H., 1948.- *Le probleme des méandres*. Bull. Soc. Belge Etu. Geog. (Bruselas) 17:103-143.
- CARSON, M. A., 1971.- *The Mechanics of erosion*. Pion, London.
- CARSON, M. A., KIRKBY, M. J., 1972.- *Hillslope form and process*. Cambridge University Press. 475 p.
- CARTER, C. A.; CHORLEY, R. J., 1961.- *Early slope development in an expanding Stream system*. Geological magazine. V. 98. pp. 117-130.
- CULLING, W. E. H., 1963.- *Soil Creep and the development of hillside slopes*. Jour. Geol. (Chicago) 73: 230-254.
- COTTON, C. A., 1952. *The Erosional grading of convex and concave slopes*. Jour. Geogr. 118:197-204.
- JENNINGS, J. N., MABBUT, J. A., 1967.- *Land form studies from Australia and New Guinea*. Cambridge University Press, London.
- LANGBEIN, W. B., LEOPOLD, L. B., 1966.- *River meanders*. Theory of minimum variance. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., 422 - H. (Washington).
- LEOPOLD, L. B. et al., 1964.- *Fluvial processes in Geomorphology*. W. H. Freeman & Co., San Francisco.
- OLLIER, C. D., 1969.- *Weathering*. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- SCHUMM, S. A., 1977.- *The Fluvial System*. John Wiley & Sons, London. 338 p.
- SMALL, R. J., 1970.- *The study of landforms*. Cambridge University Press. London. 486 p.
- THOMAS, M. F., 1974.- *Tropical Geomorphology*. MacMillan Press, London. 331 p.
- WOOD, A., 1942.- *The development of hillside slopes*. Proc. Geol. Assoc. (London) 53: 128-140.

* * *



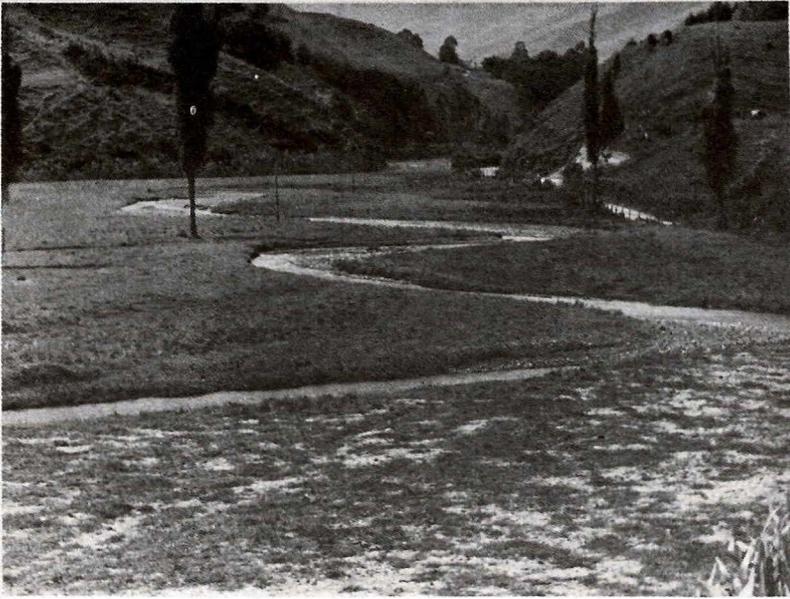
FOTOGRAFIA 1. Vista panorámica del área de estudio. a) Localidad de Urao sobre terrazas formadas por gravas del río Penderisco. b) Terrazas bajas del río Penderisco. c) Terrazas altas del posible origen tectónico - climático.



FOTOGRAFIA 2. Terrazas bajas sobre la llanura del río Penderisco.



FOTOGRAFIA 3. Vista longitudinal del valle del Penderisco. La población de Uraao se puede observar a la izquierda sobre terrazas formadas por gravas modernas. Nótese el ángulo bajo de intersección de las colinas en la llanura del río Penderisco.



FOTOGRAFIA 4. Meandros a lo largo del valle de la quebrada Magdalena en su intersección con el valle del río Penderisco.



FOTOGRAFIA 5. Llanura aluvial amplia formada por la quebrada Magdalena con transporte de carga mixta. Intersección con el río Penderisco.



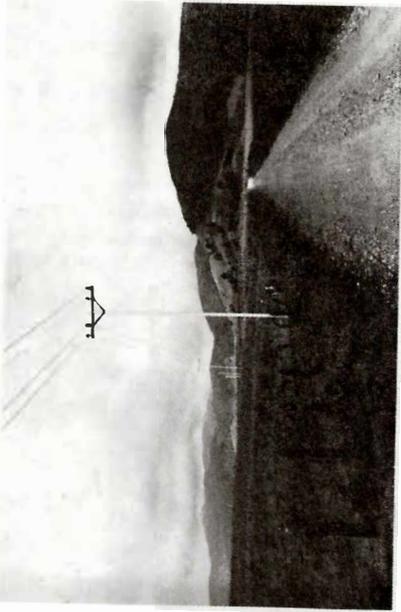
FOTOGRAFIA 6. Cárcavas, en formación cambian gradualmente la pendiente de sus valles para formar el abanico aluvial en la parte inferior.



FOTOGRAFIA 7. Pendiente compuesta con concavidad en el pie y convexidad en la cima.



FOTOGRAFIA 8. Convexidad y naturaleza de la formación de las cárcavas. Valle del río Penderisco.



FOTOGRAFIA 9. Llanura alta en el valle escalonado. Carretera Urrao - Caicedo.



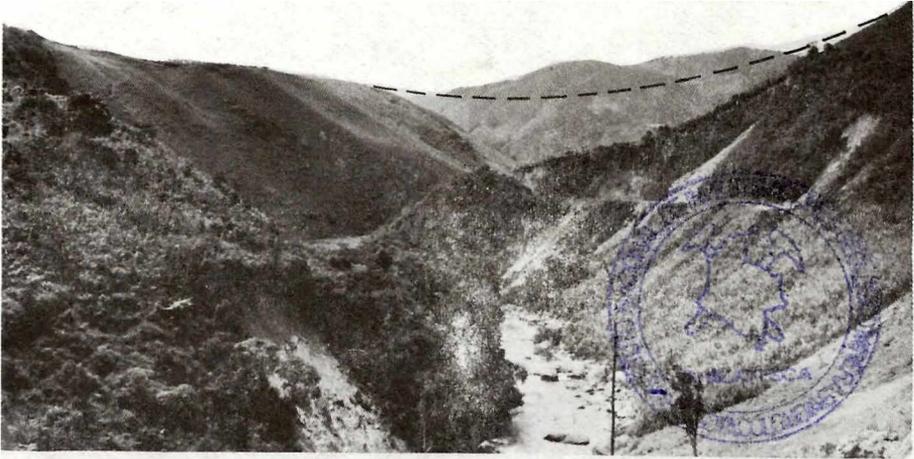
FOTOGRAFIA 10. Parte baja de la misma llanura cortada por el río Urrao. Nótese que las colinas sobre la llanura muestran cierta convexidad y bajo ángulo de intersección con la llanura.



FOTOGRAFIA 11. Perfil típico de suelo mostrando bloques de diverso tamaño y origen. Carretera Urrao - Encarnación.

FOTOGRAFIA 12. Bloques transportados con diámetros hasta de 2 m en el río Penderisco cerca a la intersección con el río Urrao.





FOTOGRAFIA 13. Antigua superficie vista en dos localidades de la carretera Urrao - Encarnación. Nótese que es posible reconstruirla antes del nuevo régimen hidráulico del río Penderisco.



FOTOGRAFIA 14. Sedimentos recientes en el río Urrao, afectados por la falla de Herradura.



FOTOGRAFIA 5. De las pendientes desde el Páramo de Urrao a fondo hasta el valle de Penderisco.

**GEOLOGIA Y PROSPECCION GEOQUIMICA EN LA REGION DE
PERALONSO, ORTEGA, TOLIMA**

Informe No. 1781

Por:

ALVARO MURILLO R., ALBERTO NUÑEZ T., HERNANDO LOZANO Q.

Instituto Nacional de Investigaciones
Geológico-Mineras

1979

CONTENIDO

Página

RESUMEN	49
1. INTRODUCCION	49
1.1. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA	50
2. GEOLOGIA REGIONAL	50
3. GEOLOGIA DE LA REGION DE PERALONSO	53
3.1. ROCAS SEDIMENTARIAS	53
3.1.1. FORMACION LUISA	53
3.1.2. FORMACION SALDAÑA	53
3.1.3. GRUPO HONDA	53
3.1.4. DEPOSITOS RECIENTES	53
3.2. ROCAS METAMORFICAS	55
3.3. ROCAS IGNEAS	55
3.3.1. BATOLITO DE IBAGUE	55
3.3.1.1. <i>Feldespato Plagioclasa</i>	55
3.3.1.2. <i>Feldespato Potásico</i>	55
3.3.1.3. <i>Cuarzo</i>	55
3.3.1.4. <i>Hornblenda</i>	55
3.3.1.5. <i>Biotita</i>	58
3.3.1.6. <i>Minerales Accesorios</i>	58
3.3.2. DIQUES ANDESITICOS - DACITICOS Y FELSITAS	58
3.4. TECTONICA	58
3.4.1. FALLA COLORADA - SAMARIA	58
3.4.2. PLIEGUES	58
3.4.3. DIACLASAS	58
4. INTERPRETACION GEOQUIMICA	58
4.1. GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS ACTIVOS	58
4.1.1. DISTRIBUCION DEL HIERRO	60
4.1.2. DISTRIBUCION DEL MAGNESIO	61
4.1.3. DISTRIBUCION DEL TITANIO	61
4.1.4. DISTRIBUCION DEL COBRE	65
4.1.5. DISTRIBUCION DEL MOLIBDENO	69
4.1.6. DISTRIBUCION DEL PLOMO	69
4.1.7. DISTRIBUCION DEL BARIO	72
4.1.8. DISTRIBUCION DEL ESTRONCIO	76
4.2. ANOMALIAS SUPERPUESTAS EN SEDIMENTOS ACTIVOS	77
4.3. GEOQUIMICA DE ROCAS	77
4.3.1. DISTRIBUCION DEL HIERRO	79
4.3.2. DISTRIBUCION DEL MAGNESIO	79
4.3.3. DISTRIBUCION DEL TITANIO	83
4.3.4. DISTRIBUCION DEL COBRE	83
4.3.5. DISTRIBUCION DEL MOLIBDENO	89
4.3.6. DISTRIBUCION DEL PLOMO	91
4.3.7. DISTRIBUCION DEL BARIO	93
4.3.8. DISTRIBUCION DEL ESTRONCIO	93
4.4. ANOMALIAS SUPERPUESTAS EN ROCAS	96

5. RELACION ENTRE LOS VALORES GEOQUIMICOS Y LAS UNIDADES LITOLÓGICAS	98
5.1. SEDIMENTOS ACTIVOS FRACCION FINA	98
5.1.1. ASOCIACION 1	98
5.1.2. ASOCIACION 2	98
5.1.3. ASOCIACION 3	98
5.1.4. ASOCIACION 4	98
5.1.5. ASOCIACION 5	100
5.1.6. ASOCIACION 6	100
5.1.7. ASOCIACION 7	100
5.1.8. ASOCIACION 8	100
5.2. ROCAS	100
5.2.1. ASOCIACION 1	100
5.2.2. ASOCIACION 2	100
5.2.3. ASOCIACION 3	100
5.2.4. ASOCIACION 4	102
5.2.5. ASOCIACION 5	102
5.2.6. ASOCIACION 6	102
6. CONCLUSIONES	102
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	103

FIGURAS

1. Mapa de ubicación del área de Peralonso, Ortega, Tolima	51
2. Mapa geológico regional del Batolito de Ibagué	52
3. Mapa geológico generalizado de la región de Peralonso, Ortega, Tolima	54
4. Diagrama modal de cuarzo - feldespato potásico - plagioclasa de Streckeisen (1974) en rocas del Batolito de Ibagué	56
5. Contenido de Hierro. Sedimentos activos fracción fina. Análisis espectrográfico	60
6. Distribución del hierro. Sedimentos activos finos. Análisis espectrográfico	62
7. Contenido de magnesio. Sedimentos activos fracción fina. Análisis espectrográfico	63
8. Distribución del magnesio. Sedimentos activos finos. Análisis espectrográfico	64
9. Contenido de titanio. Sedimentos activos fracción fina. Análisis espectrográfico	65
10. Distribución del titanio. Sedimentos activos finos. Análisis espectrográfico	66

Página

11. Contenido de cobre. Sedimentos activos fracción fina. Análisis espectrográfico	67
12. Distribución del cobre. Sedimentos activos finos. Análisis espectrográfico	68
13. Contenido de molibdeno. Sedimentos activos fracción fina. Análisis espectrográfico	70
14. Distribución del molibdeno. Sedimentos activos finos. Análisis espectrográfico	71
15. Contenido de Plomo. Sedimentos activos fracción fina. Análisis espectrográfico	72
16. Distribución del plomo. Sedimentos activos finos. Análisis espectrográfico	73
17. Contenido de bario. Sedimentos activos fracción fina. Análisis espectrográfico	74
18. Distribución del bario. Sedimentos activos finos. Análisis espectrográfico	75
19. Contenido de Estroncio. Sedimentos activos fracción fina. Análisis espectrográfico	76
20. Distribución del estroncio. Sedimentos activos finos. Análisis espectrográfico	78
21. Contenido de hierro. Rocas. Análisis espectrográfico	80
22. Distribución del hierro. Rocas. Análisis espectrográfico	81
23. Contenido de magnesio. Rocas. Análisis espectrográfico	82
24. Distribución del magnesio. Rocas. Análisis espectrográfico	84
25. Contenido de titanio. Rocas. Análisis espectrográfico	85
26. Distribución del titanio. Rocas. Análisis espectrográfico	86
27. Contenido de cobre. Rocas. Análisis espectrográfico	87
28. Distribución del cobre. Rocas. Análisis espectrográfico	88
29. Contenido de molibdeno. Rocas. Análisis espectrográfico	89
30. Distribución del molibdeno. Rocas. Análisis espectrográfico	90
31. Contenido de plomo. Rocas. Análisis espectrográfico	91

	Página
32. Distribución del plomo. Rocas. Análisis espectrográfico .	92
33. Contenido de bario. Rocas. Análisis espectrográfico . .	94
34. Distribución del bario. Rocas. Análisis espectrográfico .	95
35. Contenido de estroncio. Rocas. Análisis espectrográfico .	96
36. Distribución del estroncio. Rocas. Análisis espectrográfico	97
37. Relación entre los valores geoquímicos y las unidades litológicas. Sedimentos activos finos	99
38. Relación entre los valores geoquímicos y las unidades litológicas. Rocas	101

TABLAS

1. Análisis modales en algunas rocas del Batolito de Ibagué, en la región de Peralonso, Ortega, Tolima	57
2. Límite inferior de detección de los elementos que analiza el espectrógrafo de emisión marca Jarrel Ash, modelo Wadsworth	59
3. Valor normal (bc) y valor umbral (th) en sedimentos activos fracción fina en la región de Peralonso, Ortega, Tolima	60
4. Valor normal (bc) y valor umbral (th) en muestras de roca recolectadas en la región de Peralonso, Ortega, Tolima	79

* * *

RESUMEN

En la región de Peralonso, Ortega, Tolima, se llevó a cabo un programa de prospección geoquímica detallada, en el cual se tomaron 518 muestras de sedimentos activos fracción fina y 159 muestras de roca en un área de 500 km², con el propósito de conocer el potencial de una anomalía de Cu, Pb y Mo encontrada durante el programa de Cartografía Geológica y Geoquímica Regional del Cuadrángulo L-8.

La unidad litológica predominante en el área forma parte del Batolito de Ibagué, el cual intruye las rocas metamórficas del Grupo Cajamarca. Rocas sedimentarias de la Formación Luisa y volcánicas sedimentarias de la Formación Saldaña aparecen como pequeños afloramientos en la región. La Falla Samaria-Colorada pone en contacto al Batolito de Ibagué con el Grupo Honda y es el rasgo estructural más importante.

Para la interpretación geoquímica se escogieron como elementos indicadores el Fe, Mg, Ti, Cu, Mo, Pb, Ba y Sr, tanto en los sedimentos activos como en las rocas y se calcularon para cada elemento los valores normal y umbral por método gráfico. A partir de estos gráficos se elaboró un mapa con la distribución geoquímica del elemento, con el propósito de conocer patrones, controles y comportamientos geoquímicos en el área.

En la región de Peralonso los elementos sometidos a interpretación tienen un aumento progresivo en los valores en dirección este a oeste, reconocido tanto en los sedimentos activos como en las rocas. Los contenidos altos de Cu, Pb y Mo se presentan en el Batolito de Ibagué, al oeste del área, y los bajos en el Grupo de Cajamarca y en el borde oriental del área.

Al superponer el mapa geológico de la región de Peralonso al mapa geoquímico de cada uno de los elementos estudiados se encontraron varias áreas con asociaciones de elementos mayores y menores en contenidos altos, reflejo de alguna característica litológica.

En la franja oriental del Batolito de Ibagué que aflora en el área, se detectaron preferencialmente valores altos de Ba y Ti en la geoquímica de sedimentos activos finos y rocas, y una facies relativamente ácida del plutón (granodiorita, cuarzomonzonita y diques de feldespato potásico y cuarzo) en la petrografía.

En las rocas metamórficas del Grupo Cajamarca se delimitaron dos asociaciones principales de elementos (Mo y Pb, como elementos constantes; Ba y Mg, variables) en los sedimentos activos fracción fina y una asociación compuesta por Cu y Pb en las rocas.

En el sector oeste del área se distinguieron varias asociaciones geoquímicas integradas principalmente por Fe, Mg, Cu, Pb y Mo. Los contenidos altos en minerales ferromagnesianos (biotita y hornblenda) así como también de magnetita diseminada fue la característica petrográfica primordial encontrada para este sector del batolito. Este factor fue tomado como base para considerar la anomalía de cobre y molibdeno de la región de Peralonso como una anomalía litológica y el batolito como un intrusivo no mineralizado.

1. INTRODUCCION

El objetivo de este informe es presentar los resultados de una prospección geoquímica realizada en la región de Peralonso localizada al oeste de Ortega en el departamento del Tolima.

Durante la Cartografía Geológica Regional adelantada en el Cuadrángulo L-8, Ibagué, se colectaron muestras de sedimentos activos fracción fina, cuyos resultados al ser interpretados, permitieron reconocer un área anómala para cobre, molibdeno, plomo, al sureste del cuadrángulo, en los alrededores del río Peralonso. En razón a que el conocimiento de este sector no permitía evaluar el potencial de la anomalía, se ejecutó, durante el primer semestre de 1978, un estudio geoquímico en el área comprendida entre el río Cucuana al norte y la localidad de Chaparral

al sur. El sector limitado por los ríos Peralongo y Peralongito se prospectó en detalle debido a la persistencia de los valores anómalos.

La exploración geoquímica consistió básicamente en la toma de sedimentos activos en los cauces de las quebradas y muestras de roca en los afloramientos. Las muestras fueron analizadas por espectrografía completa para 33 elementos y, el valor normal (bc) y valor umbral (th) se determinaron en base al método gráfico de Lozano y Pérez (1977).

1.1. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA

El área estudiada se encuentra localizada en la región central del departamento del Tolima; su contorno es pentagonal y tiene una extensión de 500 km². Las siguientes coordenadas geográficas enmarcan esta región: 4° 03' de latitud norte y 75° 26' - 75° 19' de longitud oeste y 3° 46' de latitud norte y 75° 30' - 75° 32' de longitud oeste (Fig. 1).

El relieve de la región occidental es abrupto, con pendientes fuertes y pronunciadas, y hacia el oriente, en los alrededores de Ortega, cambia a moderadamente ondulado.

2. GEOLOGIA REGIONAL

La unidad litológica predominante en el área estudiada forma parte del Batolito de Ibagué. Este cuerpo ígneo de forma elongada en dirección noreste-suroeste se extiende desde la población de Armero (Tolima) en el extremo norte, hasta La Plata (Huila) al sur, en el flanco oriental de la Cordillera Central de Colombia (Fig. 2).

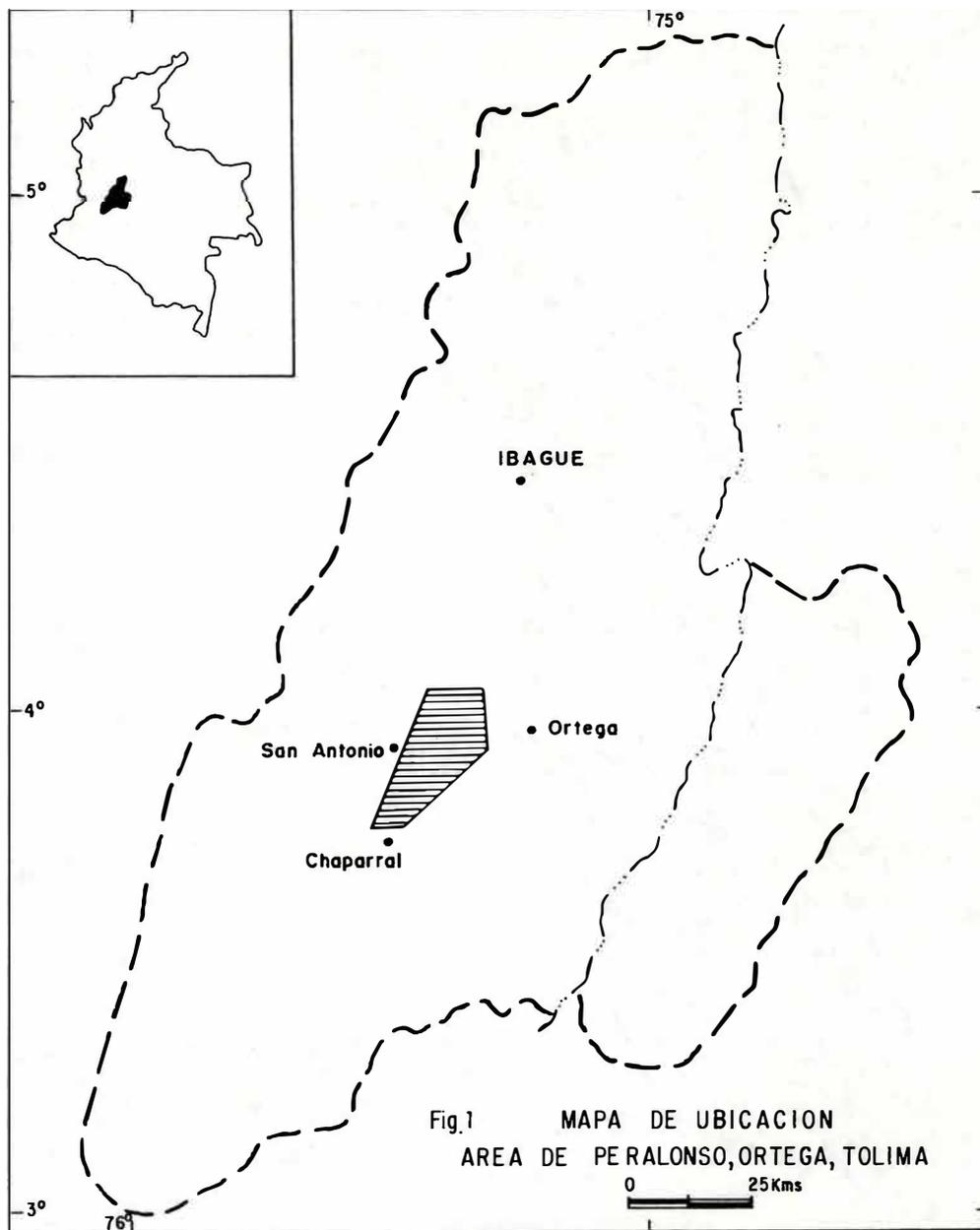
El Batolito de Ibagué presenta variaciones composicionales desde diorita hasta granodiorita siendo cuarzdiorita la más abundante realmente (NUÑEZ, 1978). Cuerpos pequeños de cuarzomonzonita se encuentran dispersos en el batolito.

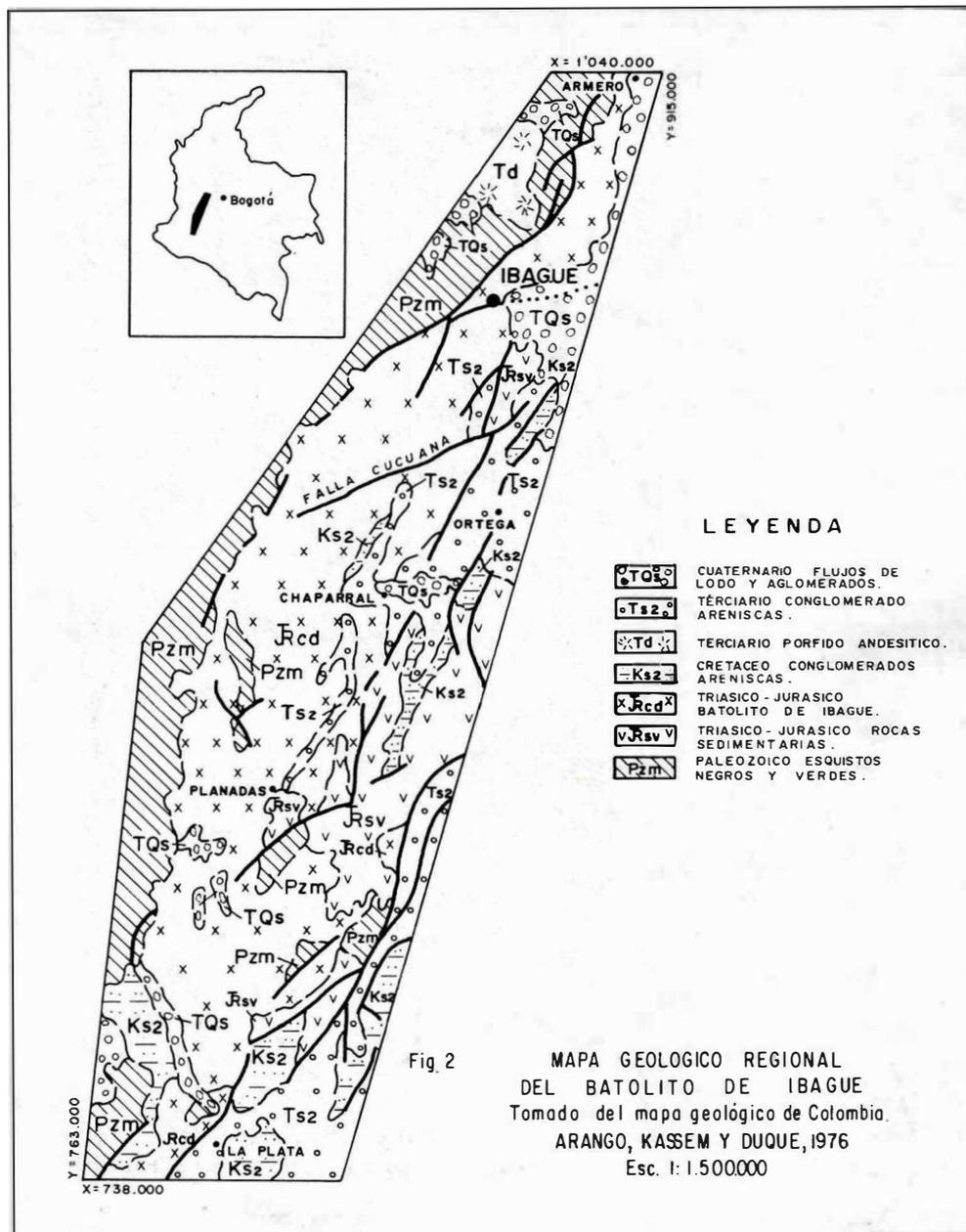
La edad mínima de esta intrusión ha sido fijada con base en 4 dataciones radiométricas de K/Ar sobre hornblenda y biotita, en 142±3 m.a., que corresponde al Jurásico superior (BARRERO, D. y VESGA, C.J., 1976).

El borde occidental del batolito está en contacto fallado con rocas metamórficas pre-cámbricas (BARRERO, D. y VESGA, C.J., 1976) y metamórficas del Grupo Cajamarca (NELSON, H., 1957); mientras que las rocas encajantes en el borde oriental son sedimentarias marinas y continentales del Paleozoico y del Jura-Triásico, cuyas relaciones espaciales aún no están definidas, (Fig. 2).

El Batolito de Ibagué, es uno de los varios cuerpos intrusivos que aloja en su interior, preferencialmente en el sector oriental, pequeños stocks porfiríticos de composición andesítica-dacítica y aun más ácidos, que pudieron haber formado mineralizaciones promisorias de cobre - molibdeno. Barrero (1976) ha considerado que los cuerpos ígneos (batolitos, stocks y diques de edad Jurásico superior - Cretáceo inferior, emplazados en el sector oriental de la Cordillera Central de Colombia forman la provincia metalogénica, principalmente para mineralizaciones de cobre y molibdeno. Los autores de este estudio consideran que esta provincia puede ser más joven: Cretáceo superior - Terciario medio.

El Batolito de Ibagué ha sido afectado por una tectónica de bloques de edad post-Mioceno superior (afecta al Grupo Honda) la cual se refleja como provincias geoquímicas (MURILLO, A. y LOZANO, H., 1978) enmarcadas por grandes fallas de rumbo: Falla de Ibagué (LOBO-GUERRERO, A. 1974, PEREZ, S. H., 1979) y Falla Cucuana (FRANCO, G. 1978; NUÑEZ, et al, en preparación). Esta última estructura es límite norte de la región estudiada. El marco regional de este estilo tectónico aún no ha sido investigado; tentativamente puede relacionarse con la Tectónica del Caribe.





3. GEOLOGIA DE LA REGION DE PERALONSO

La geología de la región de Peralonso al occidente de Ortega ha sido estudiada en forma muy generalizada durante el programa de Cartografía Geológica Regional a escala 1:50.000 del Cuadrángulo L-8, Ibagué, (MOSQUERA, D., et al, en preparación).

Durante la prospección geoquímica detallada de esta región se efectuó simultáneamente la cartografía a escala 1:25.000 y 1:10.000; el mapa geológico generalizado se presenta en la Figura 3. El área no tiene gran variedad litológica dentro de las unidades ígneas aunque ofrece complicaciones locales debido a fallamientos y a la presencia de rocas Paleozoicas y Triásicas-Jurásicas.

3.1. ROCAS SEDIMENTARIAS

En la región estudiada afloran areniscas, brechas sedimentarias y arcosas de la Formación Luisa; rocas volcánicas y sedimentarias de la Formación Saldaña; arcillas, areniscas conglomeráticas y areniscas del Grupo Honda así como también gravas y arenas de los aluviones recientes.

3.1.1. FORMACION LUISA

La Formación Luisa (GEYER, 1973), antes Formación Pre-Payandé de Nelson (1957), aflorante en el área, consiste principalmente en brechas sedimentarias, areniscas y arcosas de color rojo. La estratificación así como las estructuras sedimentarias características de esta formación se encuentran perturbadas por tectonismo. Aparentemente, esta secuencia sedimentaria es intruida por el cuerpo ígneo que aparece en la zona de estudio, denominado a escala regional Batolito de Ibagué.

Los mejores afloramientos de esta unidad se encuentran en los nacimientos del río Ortega y en los alrededores del caserío El Guayabo.

Barrero (1968), le asignó a la Formación Luisa una edad Triásico inferior,

mientras Geyer (1973), la considera Triásico inferior a medio.

3.1.2. FORMACION SALDAÑA

La Formación Saldaña (MOJICA, et al, 1978), antes Formación Post-Payandé de Nelson (1957), aflora en las quebradas Calambé y Macule al sureste del área estudiada formando el núcleo de un anticlinal erosionado. La fracción volcánica de esta formación está constuida por flujos lávicos de composición andesítica-dacítica y tobas principalmente. Areniscas, arcillolitas y arcosas de color rojo violeta forman la fracción sedimentaria.

Mojica, et al. (1978) proponen "que la Formación Saldaña corresponde por lo menos en parte, al Triásico superior".

3.1.3. GRUPO HONDA

En la región estudiada el Grupo Honda está representado por una secuencia de rocas sedimentarias clásticas, principalmente areniscas gris verdosas, arcillolitas abigarradas y delgadas lentes conglomeráticos. Las estructuras sedimentarias predominantes son estratificación cruzada y gradada. El Grupo Honda aparece en contacto fallado con el borde oriental del Batolito de Ibagué y tiene un rumbo regional N-NE con buzamiento variable al este y al oeste formando un sinclinal.

Stirton (en DE PORTA 1974, p. 313) le asigna al Grupo Honda una edad Oligoceno superior - Mioceno superior.

3.1.4. DEPOSITOS RECIENTES

Esta unidad sedimentaria está conformada por abanicos aluviales, aluviones, derrubios de pendiente y depósitos de talud que afloran erráticamente en el área.

El caserío El Vergel se encuentra descansando sobre el principal abanico aluvial de la región. Los ríos Ortega, Loany, Toy, Anabá, Peralonso y Tetuán tienen generalmente a lo largo de su curso depósitos de

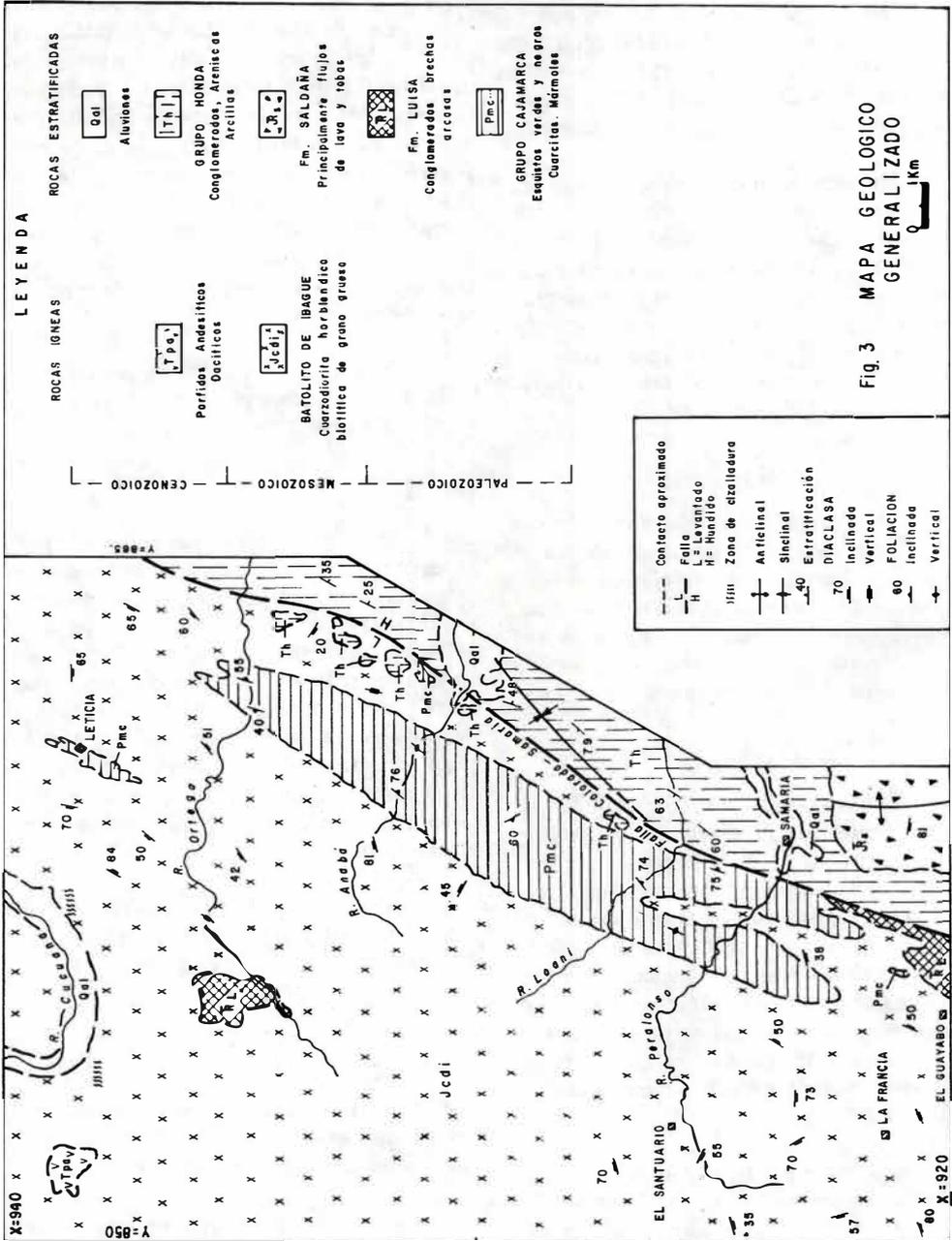


Fig. 3 MAPA GEOLOGICO GENERALIZADO
0 1 Km

gravas de espesores muy variables, y de poca extensión.

3.2 ROCAS METAMORFICAS

Rocas metamórficas, facies esquisto verde, zona de biotita, afloran como una franja alargada en dirección aproximada norte-sur a lo largo del borde oriental del Batolito de Ibagué.

La unidad metamórfica está compuesta por pizarras y filitas de colores gris oscuro a negro y lentes ocasionales de caliza con ligera recristalización producida por la intrusión del batolito. Rocas clásticas con metamorfismo incipiente aparecen en los alrededores del caserío Leticia, reflejando posiblemente las facies más baja de metamorfismo reconocido para el Grupo Cajamarca en la región estudiada.

La textura predominante es lepidoblástica y ocasionalmente porfiroblástica; textura clástica relicta aparece subordinadamente.

Teniendo en cuenta la similitud petrográfica que posee esta unidad con las rocas metamórficas del núcleo de la Cordillera Central, se postula que este cinturón corresponde al afloramiento más oriental del Grupo Cajamarca encontrado hasta el presente.

3.3. ROCAS IGNEAS

Las rocas ígneas del área están representadas por un cuerpo de textura fanerítica que hace parte del Batolito de Ibagué (NELSON, 1957) y pequeños diques porfiríticos-afaníticos de andesita-dacita y felsita.

3.3.1. BATOLITO DE IBAGUE

En la región estudiada aflora ampliamente un cuerpo ígneo intrusivo de textura fanerítica, grano fino a medio, color gris en varios tonos, dependiendo del contenido de minerales ferromagnesianos y variada composición petrográfica, características que coinciden con el Batolito de Ibagué descrito

inicialmente por Nelson (1957) y recientemente por Núñez (1978). El estudio petrográfico de 21 muestras del batolito demostró la existencia de un amplio rango de variedades litológicas representado por los campos de cuarzdiorita, cuarzomonzodiorita, tonalita, granodiorita y diorita (Fig. 4). Este resultado se obtuvo de plotear la composición modal de cuarzo, de feldespato potásico y plagioclasa en el esquema de Streckeisen (1974); la Tabla 1, contiene la composición mineralógica y los valores espectrográficos de Cu, Mo, Pb y Fe de algunas rocas. La textura predominante es holocristalina fanerítica de grano fino a medio, equigranular a subporfirítica y no se encuentra oscurecida por alteración hidrotermal.

A continuación se describen brevemente algunas características observadas en los minerales esenciales y accesorios del Batolito de Ibagué que aflora en la región de Peralonso.

3.3.1.1. Feldespato Plagioclasa.- Según el método de Michel-Levy el feldespato predominante corresponde a oligoclasa-andesina y andesina, de hábito euhedral a subhedral, con maclas según leyes de albíta-carlsbad y periclina; se observaron frecuentemente con intercrecimientos antipertíticos. La alteración más común es a sercita y calcita en cantidades moderadas.

3.3.1.2. Feldespato Potásico.- En la mayoría de las secciones delgadas se identificó como microclina debido a su macla característica. Posee intercrecimientos pertíticos y la textura característica es la mirmequítica. La alteración es incipiente.

3.3.1.3. Cuarzo.- Generalmente subhedral y con inclusiones de rutilo. Relativamente fresco y algunos cristales presentan extinción ondulatoria. En las microvenillas es anhedral y exento de alteración.

3.3.1.4. Hornblenda.- Es el mineral ferromagnesiano más común, de hábito euhedral a subhedral, color pardo a verde. Generalmente está parcial o totalmente cloritizada y en ocasiones se desarrolla biotita a partir de hornblenda.

Muestra IGM	Cuarzo %	Plagio-clasa %	Feldes-pato potásico %	Hornb. %	Biotita %	Accesorios %	Cu ppm	Mo ppm	Pb ppm	Fe ppm
105647	18,2	56,2	15,25	6,4	4,2	1,6	100	L5	20	10
105663	14,2	58	—	13	8,2	4	50	5	N	7
105664	20	56,8	7	11,2	2	3	20	7	20	3
105665	21,8	52,2	15,4	2,6	6	2	Sin análisis			
105666	16,2	57,2	11,2	9,4	4,6	1,4	20	10	10	7
105667	9,4	61,8	3,4	2,8	13	0,2	50	7	50	7
105673	12,2	65,4	8	2,4	9,2	2,4	Sin análisis			
156267	5	75	—	—	19	1	N	5	30	2
156271	12,8	72,4	5	—	8	1,8	Sin análisis			
156763	24	44	23	8	—	1	Sin análisis			
156764	16	65	1	3	15	1	150	N	15	5
157127	10	65	—	23	—	2	20	5	L10	5
157129	14	60	—	4	20	2	N	5	N	5
157133	13,6	44	26	3	2,4	2	Sin análisis			
157134	15,6	67,4	9,4	0,4	5,2	2	Sin análisis			
157135	20	60	7	5	7	1	Sin análisis			
157138	12,2	59	11	6,6	6	5	20	5	20	5
157139	10	55	9	5	20	1	30	7	10	3
157143	20,4	65,6	3	—	8,4	1	L10	N	L10	1,5
157144	18	65	12	5	—	Tr	15	L5	70	2
157146	10	50	15	23	—	2	70	7	N	2

105647 : Cuarzomonzodiorita - Granodiorita (río Anabá)

105663 : Cuarzodiorita (Oeste de Santuario)

105664 : Tonalita - Granodiorita (Noroeste de Santuario)

105665 : Granodiorita (Santuario)

105666 : Cuarzomonzodiorita (río Peralonso)

105667 : Cuarzodiorita (El Guayabo)

105673 : Cuarzomonzodiorita - Cuarzodiorita (La Francia)

156267 : Cuarzodiorita (río Ortega)

156271 : Cuarzodiorita (río Ortega)

156763 : Granodiorita (Afluente río Cucuana)

156764 : Tonalita - Cuarzodiorita (río Anabá)

157127 : Cuarzodiorita: (río Peralonso)

157129 : Cuarzodiorita (Norte de Santuario)

157133 : Cuarzomonzonita Cuarzomonzodiorita (Q. Santuario)

157134 : Cuarzodiorita - Cuarzomonzodiorita (Q. San Nicolás)

157135 : Granodiorita - Tonalita (Q. Amablo)

157138 : Cuarzomonzodiorita (Q. Macule)

157139 : Cuarzodiorita (Q. Macule)

157143 : Tonalita (Q. Peralonsito)

157144 : Granodiorita (Q. Amablo)

157146 : Monzodiorita cuarzosa (Q. El Jordán)

TABLA 1. Análisis modales en algunas rocas del Batolito de Ibagué, en la región de Peralonso, Ortega, Tolima. Volumen en porcentaje basado en el conteo de 500 puntos sobre secciones delgadas standard. Clasificación de acuerdo a Streckeisen (1974). Estudio realizado por A. Núñez, A. Murillo y M. Osorio.

3.3.1.5. Biotita.- Se encuentra en proporciones bajas, aproximadamente entre un 5 y 10%, de hábito subhedral a euhedral, y color pardo oscuro a pálido. Este mineral suele encontrarse total o parcialmente cloritizado acompañado de epidota.

3.3.1.6. Minerales Accesorios.- Están representados por apatito, circón, esfena, rutilo en trazas y turmalina (?). En los metálicos sobresalen pirita, magnetita y hematita, asociados a los minerales mágicos y a clorita.

Epidota ocurre escasamente en forma de granos diseminados en biotita; calcita es el principal componente de las microvenillas.

3.3.2. DIQUES ANDESITICOS-DACITICOS Y FELSITAS

Se describen brevemente los cuerpos tabulares de color gris oscuro y rosado moteado que cortan el batolito sin orientación regional definida. Generalmente tienen espesores entre 0,5 y 5 m, buzamientos verticales ligeramente inclinados y contactos rectos.

Los diques andesíticos y dacíticos tienen textura afanítica y porfirítica. En esta última los fenocristales son de plagioclasa, cuarzo y biotita con alteración moderada (sausurita, clorita y epidota). Venillas de calcita en forma irregular, se encuentran cortando a los diques. Los minerales metálicos están ausentes o en trazas.

Los cuerpos de felsita poseen una textura fanerítica de grano medio a pegmatóide, fracturamiento moderado a severo y se encuentran cortando también a los diques de andesita-dacita. Los principales constituyentes mineralógicos son: feldespato potásico y cuarzo; mica moscovita tamaño medio a fino se encontró escasamente o en trazas.

El batolito está cortado por venas de cuarzo lechoso, moderadamente fracturadas de espesores variables (generalmente menores de 50 cm), algunas veces con trazas de sulfuros y sin orientación regional preferida.

3.4. TECTONICA

El principal rasgo tectónico en el área de Peralonso son las fallas, destacándose principalmente la Falla Colorada-Samaria. Menos importantes son los pliegues y las diaclasas.

3.4.1. FALLA COLORADA - SAMARIA

La dirección del trazo de la Falla Colorada - Samaria es noreste - suroeste y sirve de contacto entre el Batolito de Ibagué al occidente y el Grupo Honda al oriente.

Esta falla es considerada de cabalgamiento donde el bloque levantado es el oriental.

La edad posible del último movimiento de esta falla fue post-Mioceno superior (?).

3.4.2. PLIEGUES

Las unidades sedimentarias aflorantes al oriente del Batolito de Ibagué presentan pliegues sinclinales y anticlinales estrechos.

3.4.3. DIACLASAS

Este tipo de estructura ocurre preferencialmente en el batolito y sirve de control al drenaje.

4. INTERPRETACION GEOQUIMICA

La prospección geoquímica en la región de Peralonso se realizó con base en sedimentos activos fracción fina y muestras de roca.

4.1. GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS ACTIVOS

Los productos de meteorización generalmente son transportados por las corrientes superficiales en forma de partículas sólidas y en suspensión. Usualmente este material refleja la composición química promedio de las rocas presentes en la cuenca; por lo tanto, concentraciones mayores que el

contenido medio indican la existencia de una anomalía. El análisis químico del material puede ser utilizado para evaluar el potencial de la anomalía en el área y determinar, junto a consideraciones geológicas, un posible interés económico.

La prospección geoquímica en la región de Peralonso se adelantó con base en sedimentos activos fracción fina (malla - 80) y para ello, se programaron en la oficina los sitios de muestreo.

Durante el primer semestre de 1978 se recolectaron 518 muestras en un área de 400 km² con una densidad de muestreo aproximada de una muestra por km². Algunos sectores no fueron muestreados debido principalmente a deficiencias en los mapas topográficos, relieve abrupto acompañado de bosque denso y zonas de deslizamientos.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Geoquímica del INGEOMINAS por el método espectrográfico semicuantitativo para 33 elementos. Este laboratorio tiene 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 de detección del instrumento para los diferentes elementos aparecen en la Tabla 2.

Las muestras de sedimentos activos fracción fina fueron tomadas en la parte central del lecho de los ríos y quebradas. En cada sitio de muestreo se colectaron aproximadamente 500 gramos del material que pasara tamiz No.16 para ser guardados en bolsas de polietileno; posteriormente se analizó en el laboratorio la fracción fina, malla - 80 por el químico Félix Roa Torres.

La interpretación de los datos obtenidos se realizó en la siguiente forma:

1. Se elaboraron mapas de drenaje a escala 1:25.000 en los cuales se localizaron los sitios de muestreo. En estos mapas se

ELEMENTO	LIMITE INFERIOR DE DETECCION (ppm)
· Fe	500
· Mg	200
Ca	500
· Ti	20
Mn	10
Ag	0,5
Au	10
As	200
· Ba	20
Be	1
Bi	10
Cd	20
Co	5
Cr	10
· Cu	5
Ga	10
La	20
· Mo	5
Ni	5
Nb	10
· Pb	10
Pd	5
Pt	30
Sb	100
Sc	5
Sn	10
· Sr	100
V	10
W	50
Y	10
Zr	10
Zn	200

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

colocaron los valores en ppm o porcentaje de cada uno de los elementos a interpretar: Fe, Mg, Ti, Ba, Cu, Mo, Pb y Sr.

2. Se tomó una población de 145 muestras para la determinación del valor normal (background) y valor umbral (threshold) según el método de Lozano y Pérez (1977). En la Tabla 3, se presentan los valores normal y umbral obtenidos gráficamente.

Elemento	Valor Normal (bc) ppm	Valor Umbral (th) ppm
Fe	5.000	10.000
Mg	1.000	1.500
Ti	700	1.000
Cu	20	50
Mo	3	10
Pb	10	20
Ba	700	
Sr	500	700

TABLA 3. Valor normal (bc) y valor Umbral (th) en sedimentos activos fracción fina en la región de Peralonso, Ortega, Tolima.

3. En este estudio geoquímico el mapa representa la distribución de cada elemento sometido a interpretación; para su elaboración se ubicaron los rangos par-

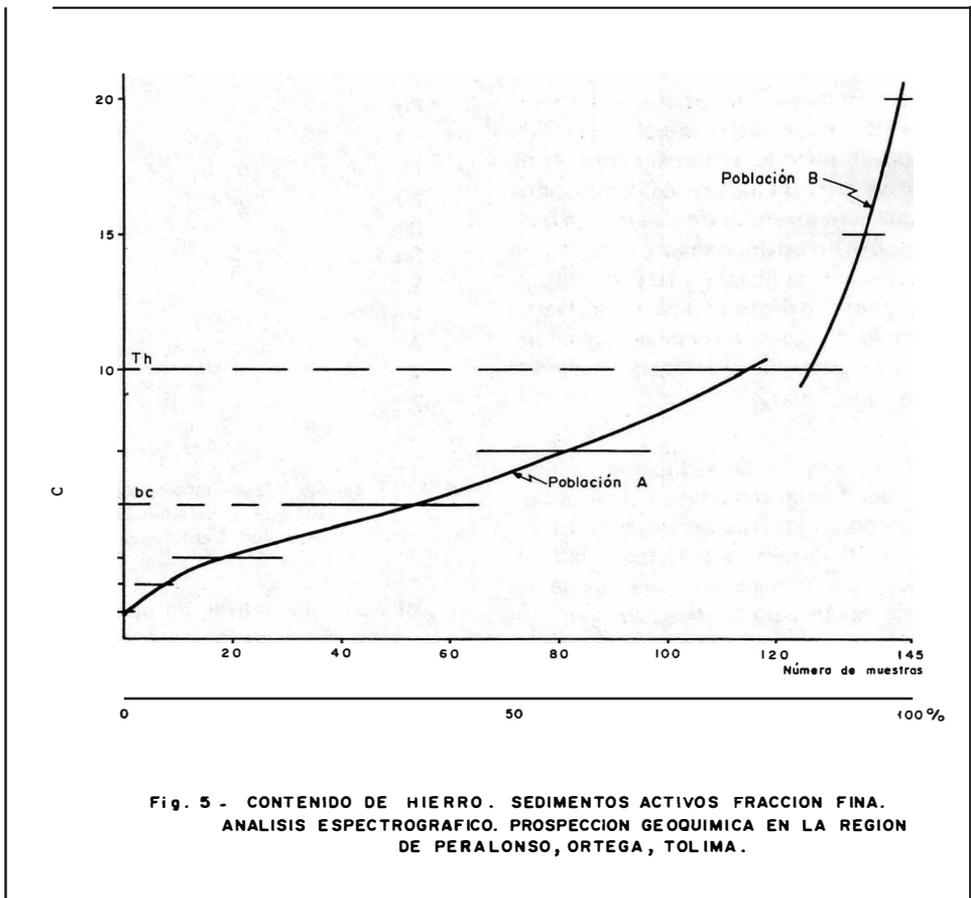
ciales de las poblaciones obtenidas en el gráfico de concentración versus número de muestras en círculos de varios diámetros.

4. Las muestras ubicadas en las unidades sedimentarias del Grupo Honda y Formación Luisa se excluyeron de la interpretación geoquímica.

A continuación se describe la distribución de cada elemento sometido a interpretación.

4.1.1. DISTRIBUCION DEL HIERRO

En la Figura 5 se presenta la curva obtenida para el hierro en el gráfico de concentración versus número de muestras. En esta curva se puede determinar la presencia



de dos poblaciones con un punto de inflexión en el 10%. La población A tiene valores bajos a moderados (1 al 10%) correspondientes al contenido normal del batolito. La población B oscila entre el 15 y 20%, reflejando la existencia de una anomalía.

El valor umbral (th) se fijó en 10% y el valor normal (bc) en 5%.

El mapa geoquímico de sedimentos activos finos elaborado para Fe se presenta en la Figura 6. El Batolito de Ibagué posee a lo largo de su contacto expuesto con el Grupo Cajamarca un agrupamiento de valores bajos en Fe al sur, (1 - 15%) y moderados al norte, (7 - 10%). En los alrededores de los caseríos La Francia y Leticia se encuentran pequeños agrupamientos de concentraciones bajas de Fe, en un conjunto relativamente homogéneo de contenidos moderados. Los valores altos de Fe (15 - 20%) se disponen en franjas muy delgadas de corta extensión y diseminados erráticamente en el cuerpo ígneo. El Grupo Cajamarca, posee exclusivamente concentraciones bajas (1 - 5%) en una zona central y ocasionalmente altas en los bordes.

La explicación del comportamiento dual de la distribución de Fe en el Batolito de Ibagué, a lo largo del contacto con el Grupo Cajamarca es compleja. Se puede pensar que es reflejo de la actividad metasomática y/o zonación de sulfuros y/o enriquecimiento en máficos. El conocimiento adquirido a través de este estudio solo permite postular estas hipótesis. La existencia de concentraciones bajas para este elemento en el Grupo Cajamarca se ha probado en los esquistos negros y verdes (LOZANO, et al, 1975) por lo cual el Fe no sirve para separar estas litologías.

4.1.2. DISTRIBUCION DEL MAGNESIO

La curva obtenida en el gráfico de concentraciones versus número de muestras presenta dos poblaciones con punto de inflexión en 1,5%; la población A con valores entre 0,2 y 1,0% y la población B entre 1,5 y 3,0% (Fig. 7).

El valor umbral (th) para este elemento se ubicó en 1,5% y el valor normal (bc) en 1,0%.

En el mapa de la Figura 8 se presenta la distribución del Mg en los sedimentos activos, donde se puede observar principalmente dos agrupamientos de valores. Las concentraciones bajas en Mg (0,2 - 0,7%), especialmente se encuentran en las rocas del Grupo Cajamarca. En el Batolito de Ibagué el valor más constante es 1% con ligeras excepciones al oriente del caserío Leticia y al norte de la vereda El Guayabo; en estos sitios solamente hay contenidos bajos. En los nacimientos del río Anabá y parte media del río Ortega aparecen las concentraciones más altas de Mg en el batolito, entre 1,5 y 3,0%.

La existencia de valores bajos en Mg en el Grupo Cajamarca, especialmente en los esquistos negros, han sido reportados por Lozano, et al, (1975). Las concentraciones altas observadas en el área, generalmente coinciden con un enriquecimiento en minerales máficos del batolito; la facies ácida del plutón se refleja en los valores bajos.

4.1.3. DISTRIBUCION DEL TITANIO

En el gráfico de concentración versus número de muestras elaborado para el titanio se pueden observar las poblaciones con un punto de quiebre en 1,0% (Fig. 9). Los valores comprendidos entre 0,2 y 0,7% equivalen a la población A, mientras que los valores entre 1,0 y 2,0% corresponden a la población B.

El valor umbral (th) se fijó en 1,0% y el valor normal (bc) en 0,7%.

La distribución del titanio en sedimentos activos finos se presenta en el mapa de la Figura 10. Principalmente se puede observar que los rangos de concentración se hallan mezclados, sin presentar predominio de algunos de ellos. Solamente, en el Batolito de Ibagué se encuentran los valores más altos de Ti (1 a 2%) en los alrededores del caserío La Francia y al oriente de Leticia.

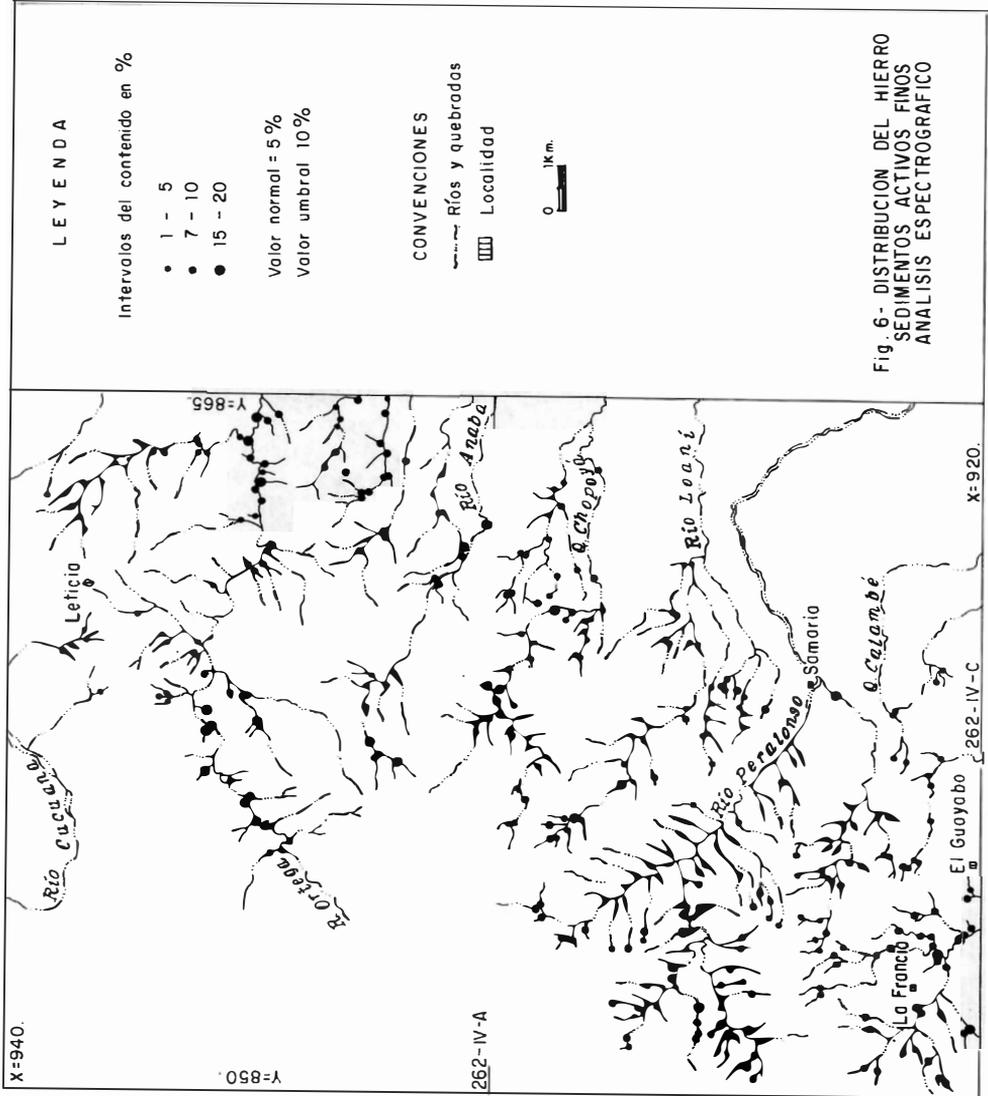


Fig. 6- DISTRIBUCION DEL HIERRO
SEDIMENTOS ACTIVOS FINOS
ANALISIS ESPECTROGRAFICO

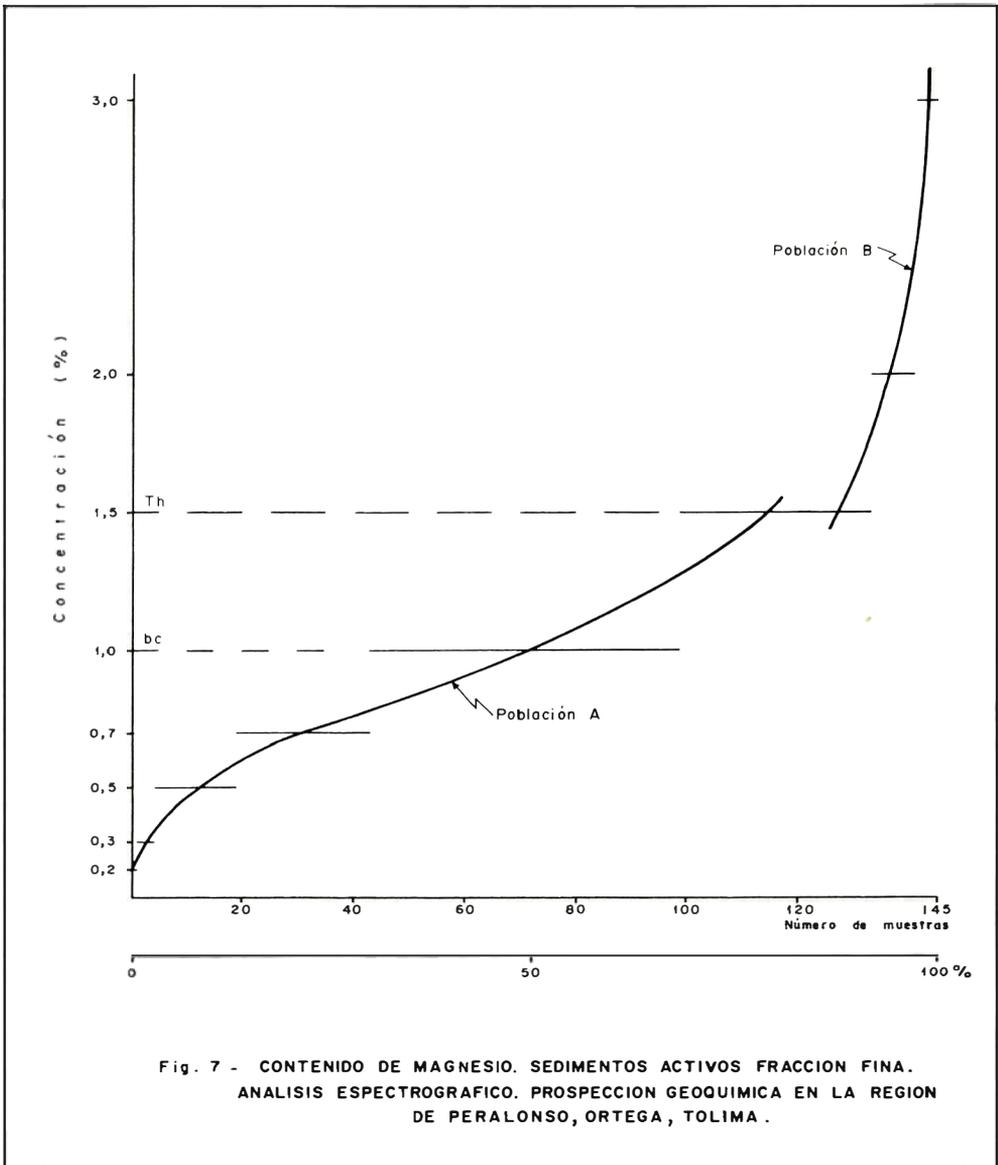
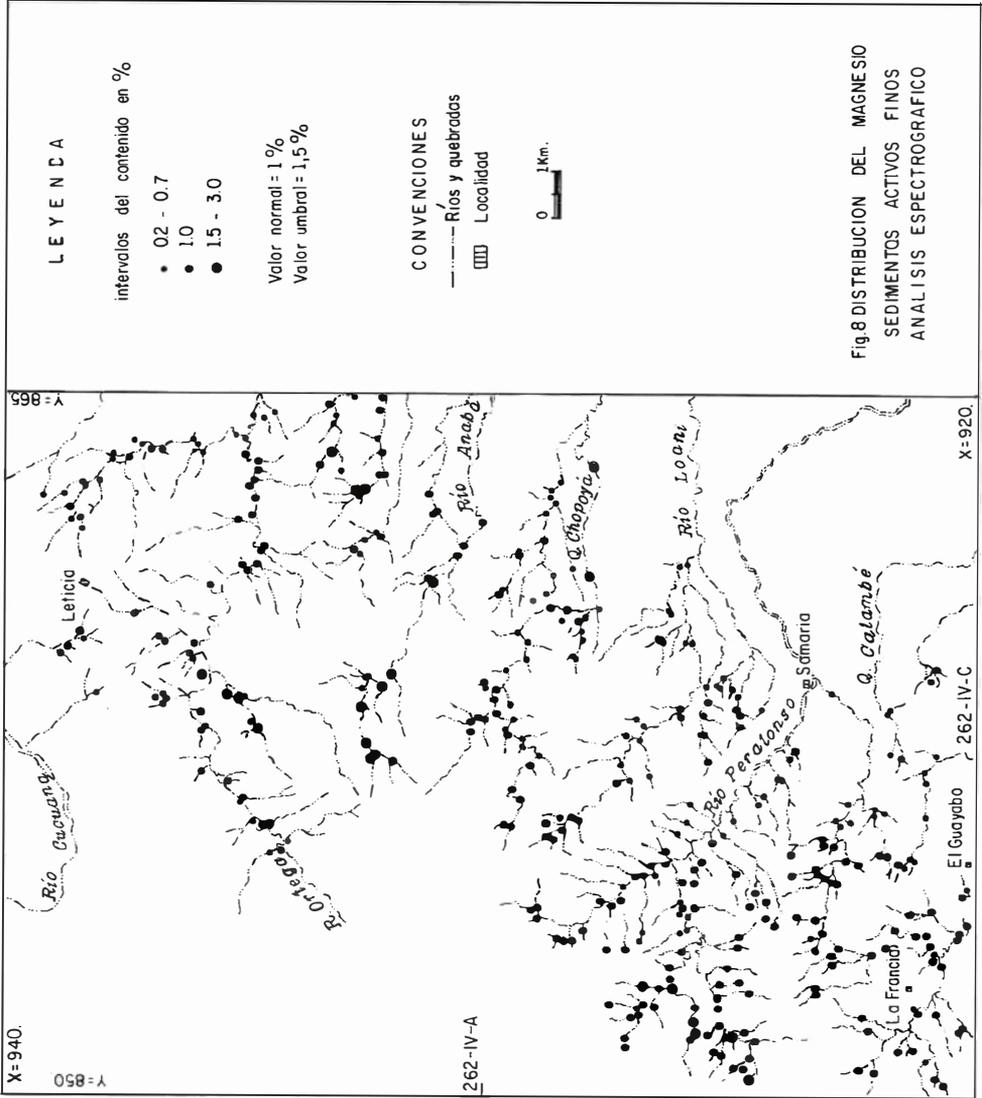


Fig. 7 - CONTENIDO DE MAGNESIO. SEDIMENTOS ACTIVOS FRACCIÓN FINA. ANALISIS ESPECTROGRAFICO. PROSPECCION GEOQUIMICA EN LA REGION DE PERALONSO, ORTEGA, TOLIMA .



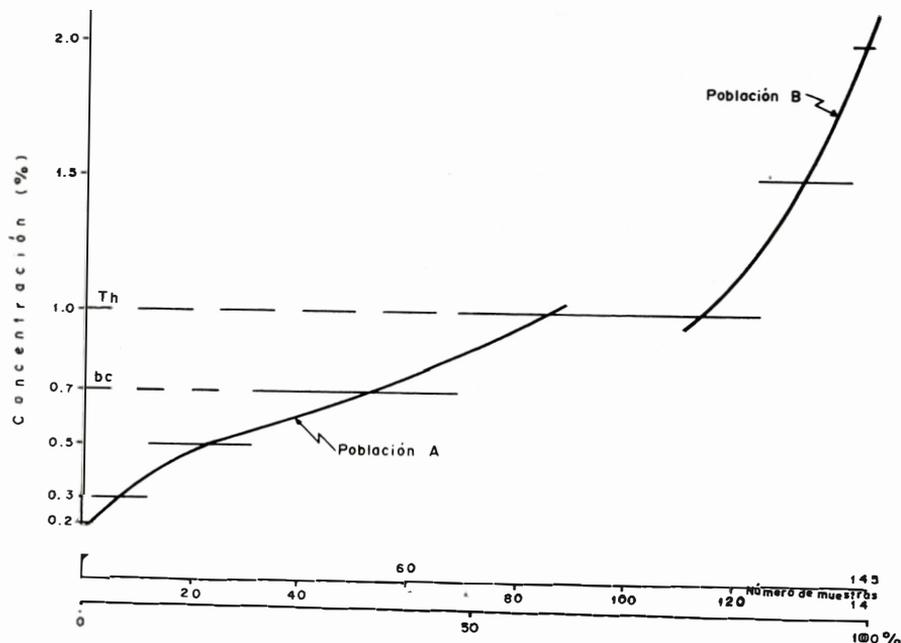


Fig. 9 _ CONTENIDO DE TITANIO. SEDIMENTOS ACTIVOS FRACCION FINA.
ANALISIS ESPECTROGRAFICO. PROSPECCION GEOQUIMICA EN LA REGION
DE PERALONSO, ORTEGA, TOLIMA.

En vista del comportamiento heterogéneo de Ti se descartó como elemento indicativo en el área.

4.1.4. DISTRIBUCION DEL COBRE

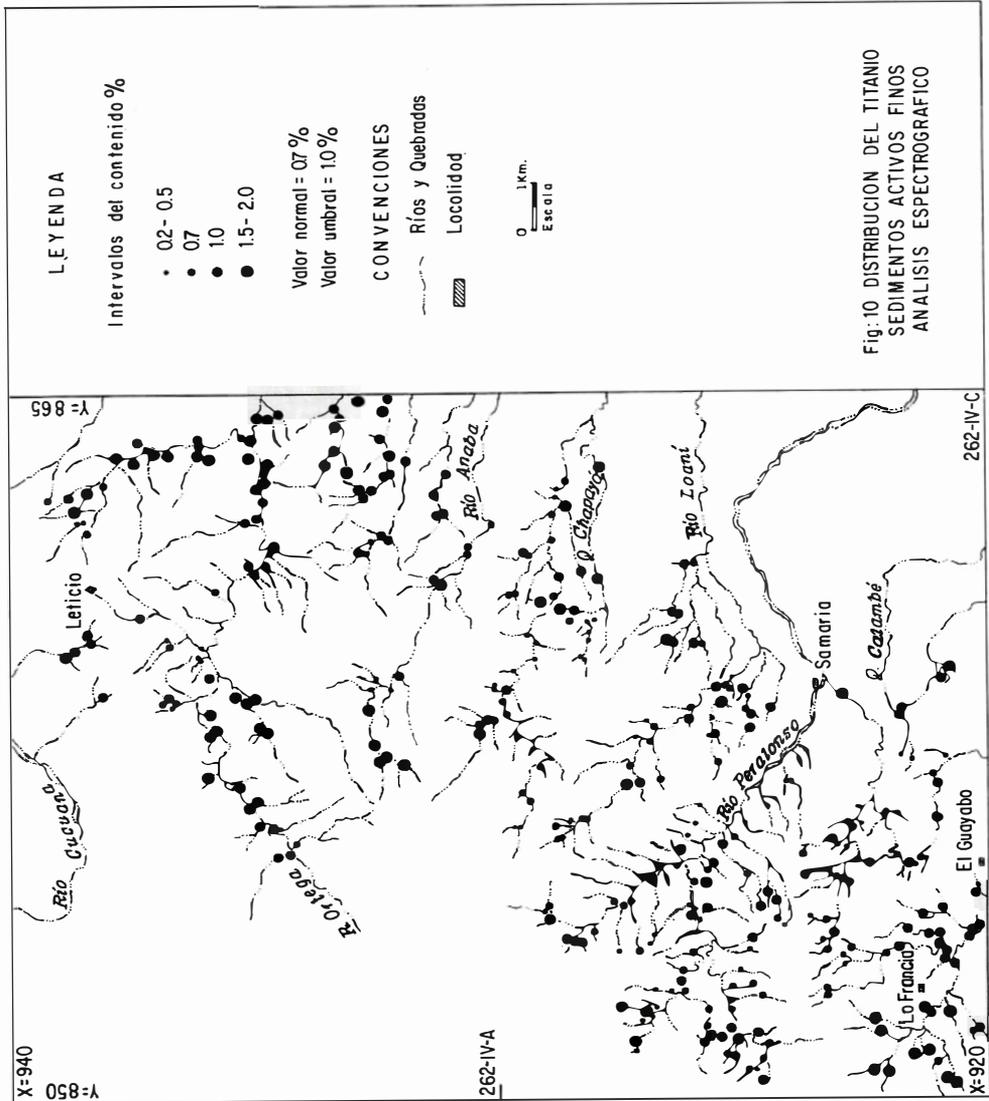
Este elemento calcófilo presenta dos poblaciones principales separadas por un quiebre ubicado en los 50 ppm (Fig. 11). La población A posee valores entre N-30 ppm y la población B entre 50 y 150 ppm.

El valor umbral (th) se determinó en 50 ppm y el valor normal (bc) en 20 ppm.

En el mapa de la Figura 12 se presenta la distribución del cobre en los sedimentos

activos finos, con base en rangos de valores.

Un agrupamiento de contenidos bajos en Cu (N-15 ppm) se encuentra coincidiendo con el Grupo Cajamarca y enmarcados por concentraciones moderadas (20 - 30 ppm). El contacto occidental del metamórfico se caracteriza por una asociación de contenidos moderadamente altos (50 - 70) en el batolito. El cobre en este cuerpo ígneo, especialmente en los alrededores del caserío La Francia, presenta una zonación de valores; los máximos (100 - 150 ppm) en el núcleo y los medianos (50 - 70 ppm) en la periferia. Grupos dispersos de valores altos aparecen al occidente de Leticia, parte media del río Ortega, nacimientos del río Anabá y del río Peralonso.



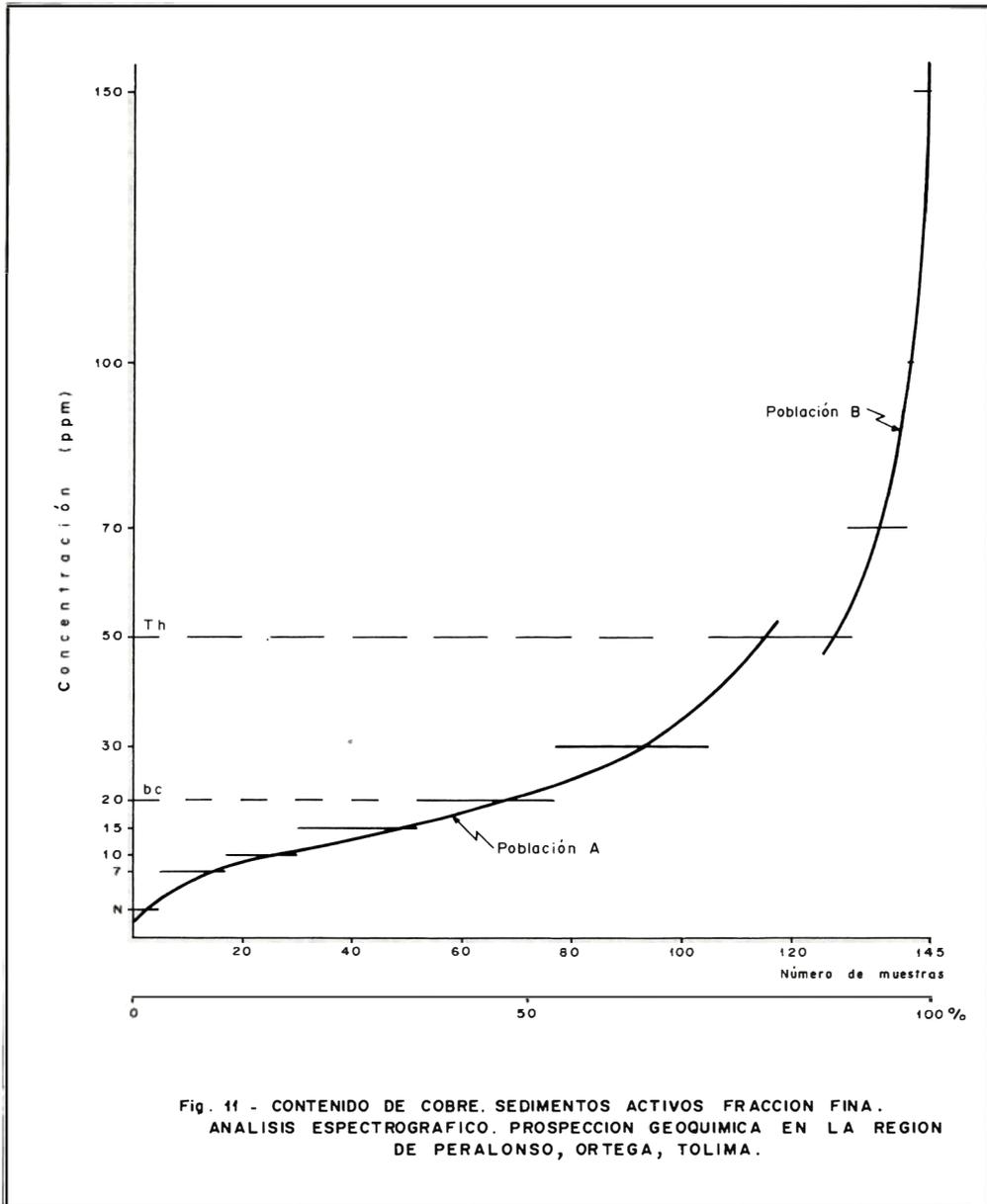
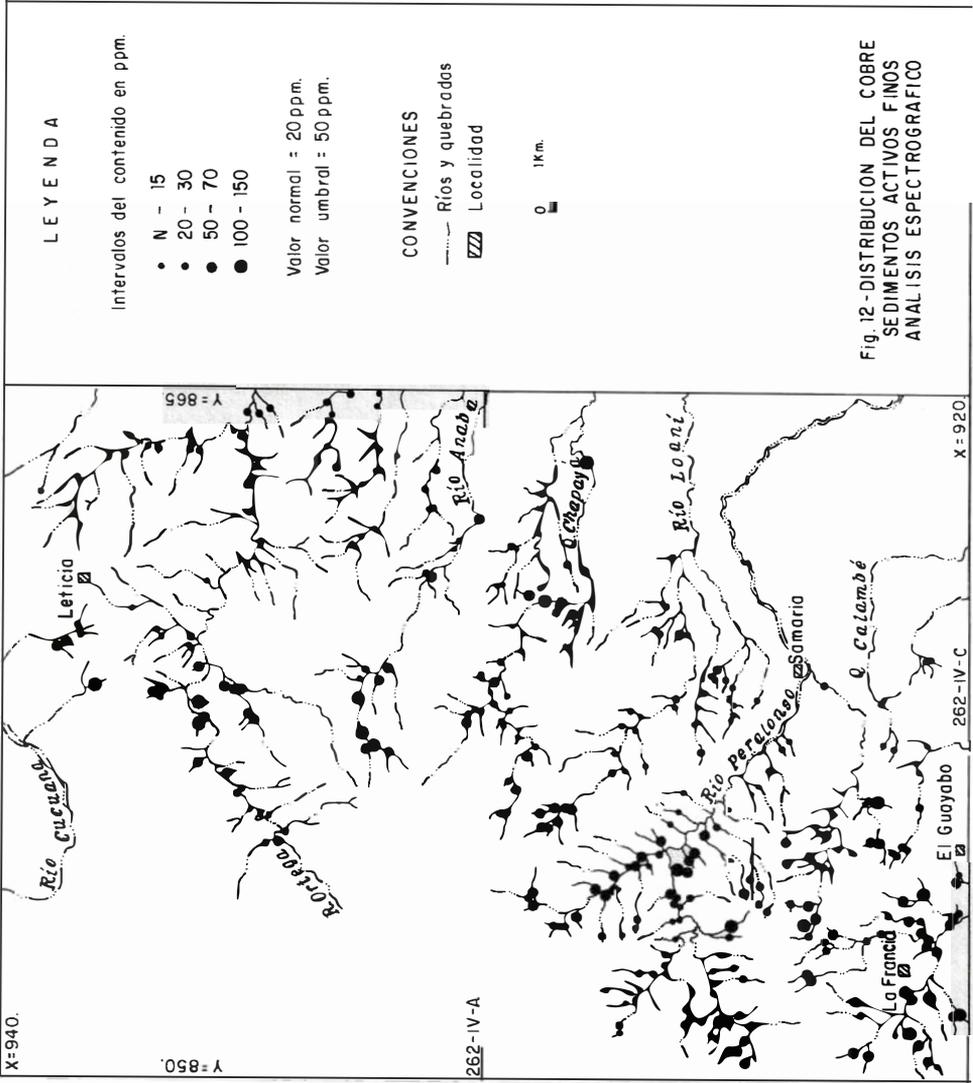


Fig. 11 - CONTENIDO DE COBRE. SEDIMENTOS ACTIVOS FRACCIÓN FINA. ANALISIS ESPECTROGRAFICO. PROSPECCION GEOQUIMICA EN LA REGION DE PERALONSO, ORTEGA, TOLIMA.



Los contenidos máximos que posee el batolito en esta región se encuentran estrechamente asociados al enriquecimiento en máficos (ejemplo : La Francia y nacimientos del río Anabá) y a la concentración del Cu por metasomatismo (?), (ejemplo: el contacto oeste del Grupo Cajamarca en el área).

Para conocer la influencia de los minerales ferromagnesianos en el contenido de cobre, se solicitaron análisis de absorción atómica para esta fracción. El Grupo Cajamarca se ha caracterizado por los valores bajos en cobre (LOZANO, et al, 1975; NUÑEZ, et al, en preparación).

4.1.5. DISTRIBUCION DEL MOLIBDENO

Al ubicar la frecuencia del Mo en el gráfico de concentración versus número de muestras se obtiene una curva con punto de quiebre en 10 ppm, generando por tanto, dos poblaciones: la población A, con valores bajos entre N y 5 ppm y la población B abarcando las concentraciones moderadas y altas, entre 10 y 70 ppm, (Figura 13).

El valor umbral (th) se ubicó en 10 ppm y el valor normal (bc) en 3 ppm.

El mapa geoquímico de sedimentos activos finos para Mo se presenta en la Figura 14. Se puede observar en los sectores occidental y central del área, esencialmente contenidos mínimos (N) y bajos (3 -5 ppm) de Mo con agrupamientos diseminados y pequeños de valores altos (30 - 70 ppm), en los nacimientos del río Anabá y alrededores de Leticia. La unidad litológica que presenta esta distribución, es el Batolito de Ibagué. La región oriental se caracteriza por los contenidos moderados y en menor proporción altos, los cuales se hallan principalmente en la unidad metamórfica del Grupo Cajamarca.

La explicación de la presencia de valores moderados y altos de Mo en el Grupo Cajamarca es compleja, debido a que este elemento se presenta generalmente en cantidades bajas (N a 10 ppm), (LOZANO, et al, 1975; NUÑEZ, et al, en preparación). Se puede pensar en un enriquecimiento del metamórfico por aporte del batolito.

La asociación de valores altos en Mo suele concentrarse a manera de parches en el Batolito de Ibagué (PEREZ, et al, 1976; MURILLO y LOZANO, 1978) indicando la posible existencia de pequeños filones.

4.1.6. DISTRIBUCION DEL PLOMO

En la Figura 15 se presenta la curva que une las frecuencias del Pb en el gráfico de concentración versus número de muestras. En esta curva se pueden apreciar dos puntos de inflexión (7 y 20 ppm), los cuales generan tres poblaciones: población A, valores bajos entre N y 7 ppm; población B, contenidos moderados entre 10 y 20 ppm; y, población C, concentraciones altas entre 30 y 70 ppm.

El valor umbral (th) se ubicó en 20 ppm y el valor normal (bc) en 10 ppm.

El mapa geoquímico de sedimentos activos elaborado para el plomo se ilustra en la Figura 16. Los rangos de población que tiene el Batolito de Ibagué exhiben gran mezcla y únicamente sobresalen pequeños agrupamientos de valores moderados y altos de Pb (15 a 70 ppm). El principal se encuentra en los alrededores del caserío La Francia, y los secundarios en el nacimiento del río Anabá y en la vereda Leticia. El Grupo Cajamarca esencialmente tiene contenidos moderados y altos de Pb en su parte central, y bajos, a lo largo del contacto con el batolito.

Los valores altos en Pb suelen presentarse a manera de parches pequeños en el Batolito de Ibagué, separados ampliamente entre sí, (PEREZ, H., et al, 1976; MURILLO, A. y LOZANO, H. et al, en preparación). Pueden estar reflejando la existencia de pequeños filones si se tiene en cuenta la disminución gradual de los valores.

El plomo en los esquistos negros del Grupo Cajamarca se caracteriza por tener un amplio rango de valores a diferencia de los esquistos verdes que generalmente tienen menos de 10 ppm (LOZANO, H. et al, 1975; NUÑEZ, et al, en preparación).

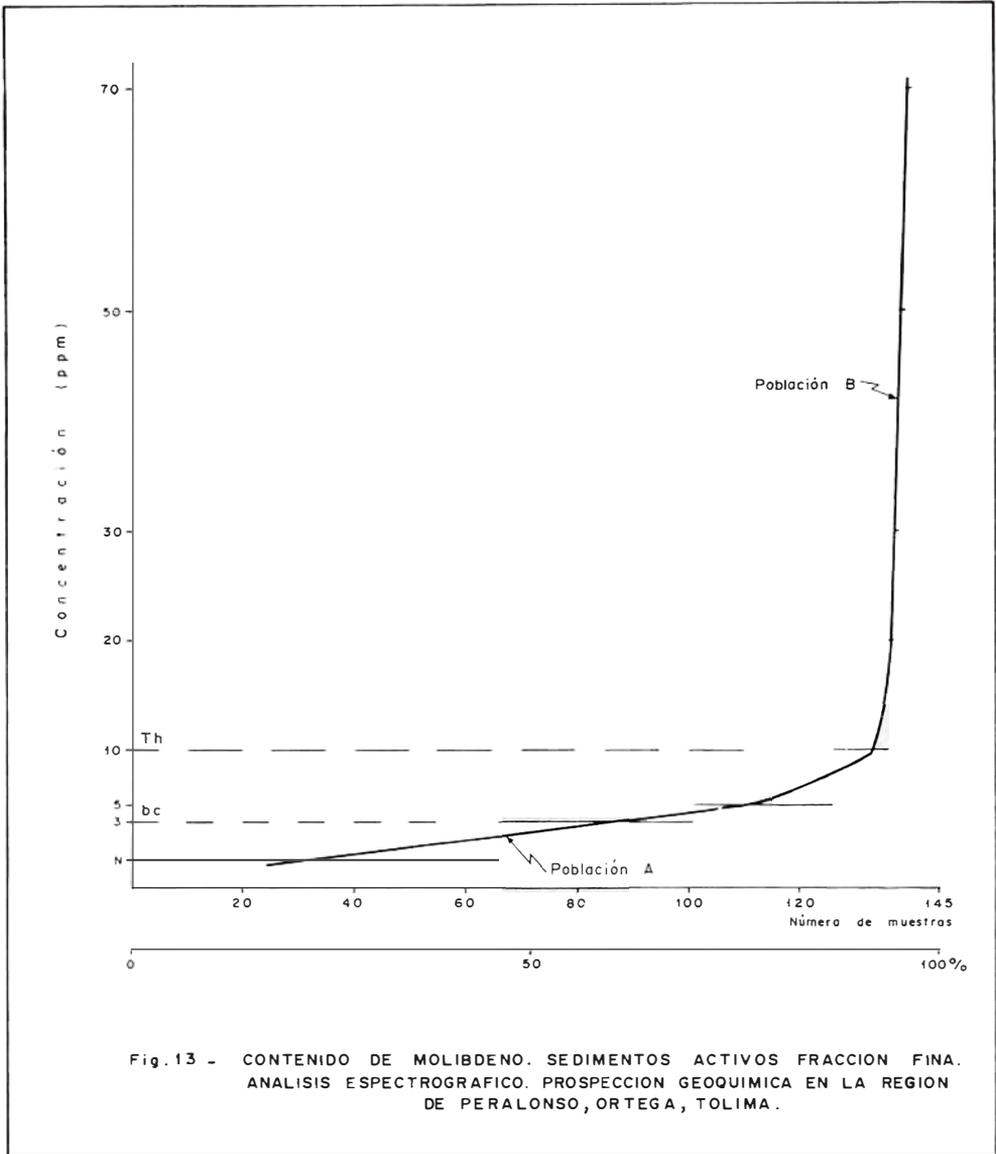
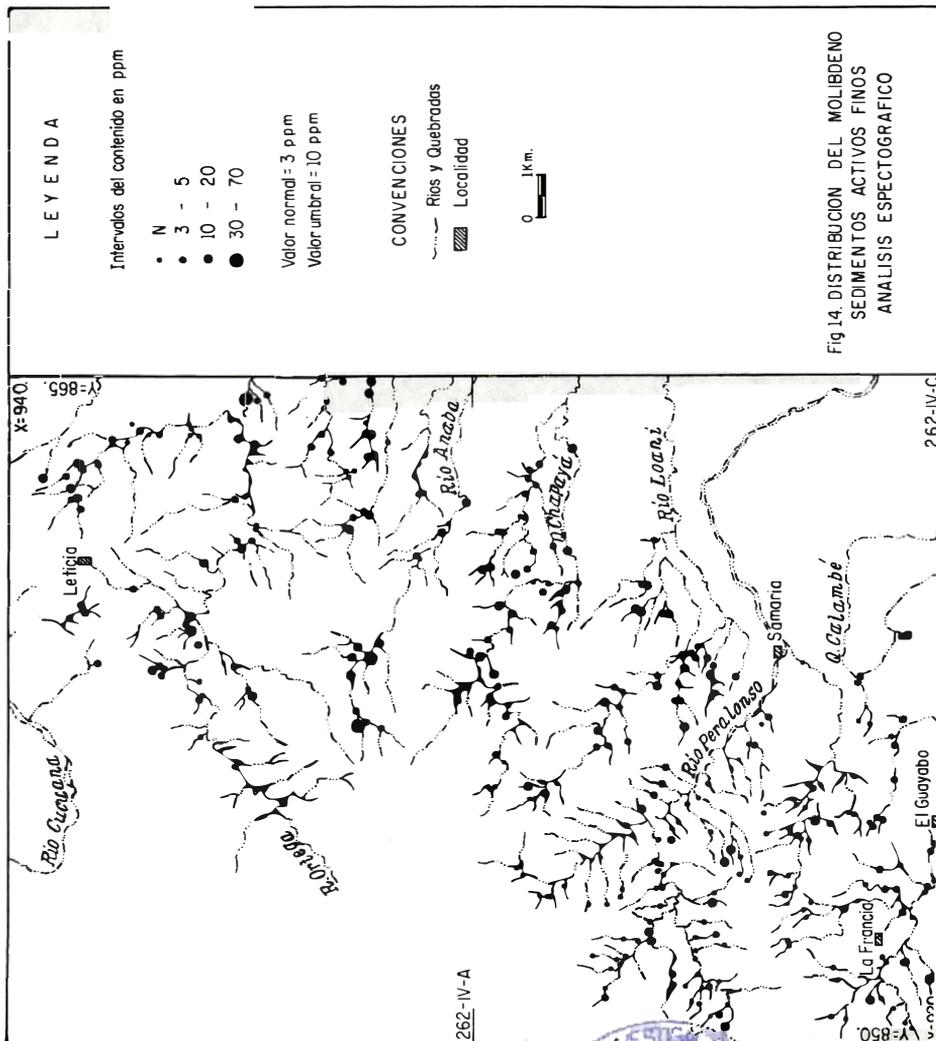
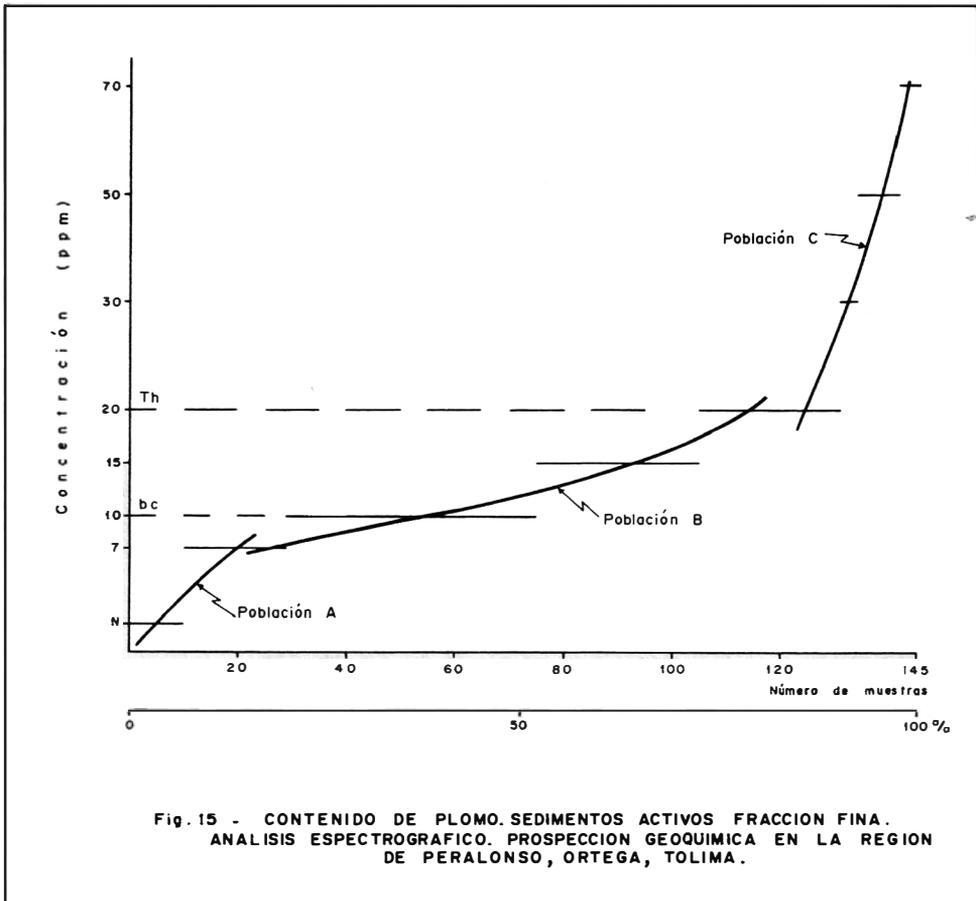


Fig.13 - CONTENIDO DE MOLIBDENO. SEDIMENTOS ACTIVOS FRACCION FINA. ANALISIS ESPECTROGRAFICO. PROSPECCION GEOQUIMICA EN LA REGION DE PERALONSO, ORTEGA, TOLIMA.





4.1.7. DISTRIBUCION DEL BARIO

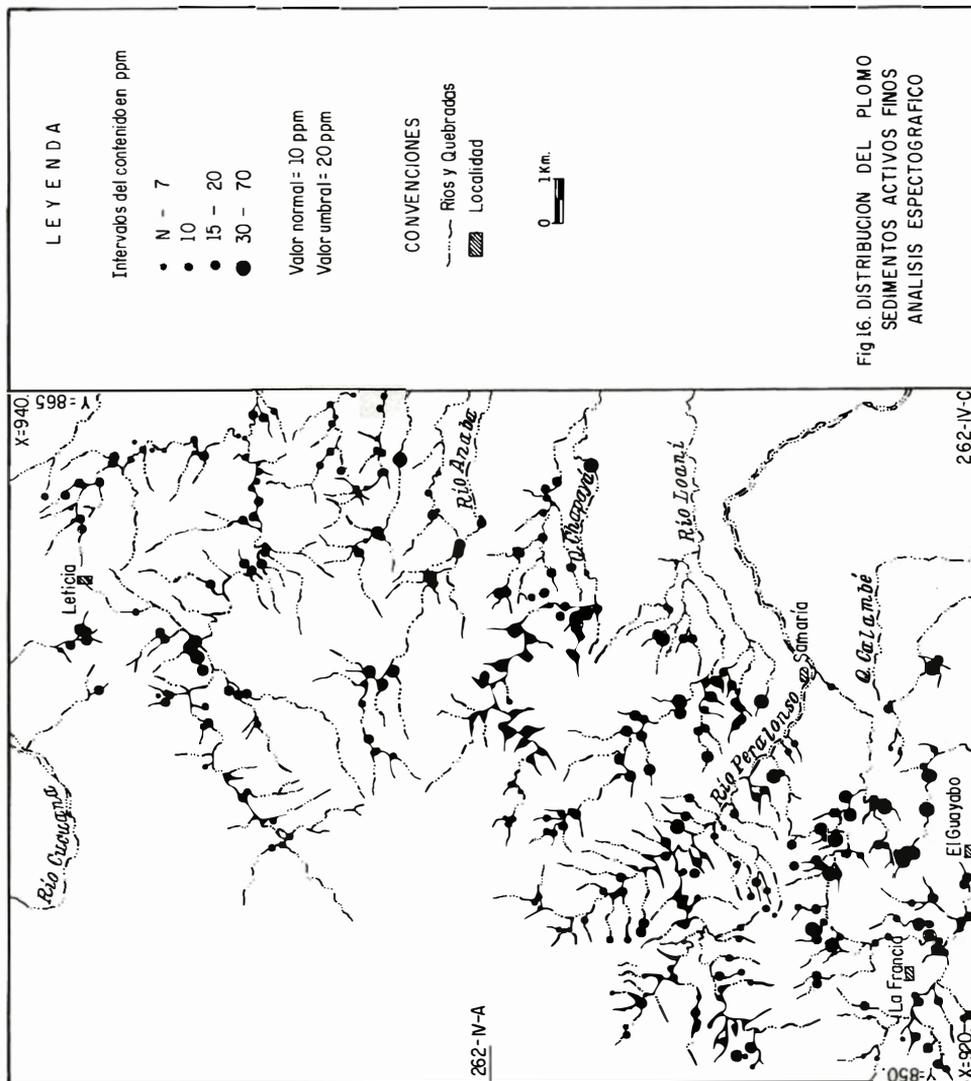
En la Figura 17 se muestra la curva que une los puntos medios de las frecuencias del Ba en el gráfico de concentración versus número de muestras.

Por tener este elemento una distribución relativamente uniforme, no se estableció un valor umbral (th). El valor normal (bc) se ubicó en 700 ppm.

La distribución del Ba en sedimentos activos finos tomados en la región de Peralonso, se presenta en la Figura 18. El bario en el Batolito de Ibagué tiene esencialmente

concentraciones desde moderadas a altas (700 - 3.000 ppm) en el sector comprendido entre la vereda Leticia - nacimientos del río Anabá - y en los alrededores del caserío La Francia. Pequeñas manifestaciones de valores altos se encuentran en algunos sectores del contacto con el metamórfico, mientras los contenidos bajos (100 - 500 ppm) aparecen entre las regiones de concentraciones altas. El Grupo Cajamarca principalmente posee concentraciones bajas (100 - 500 ppm) y, ocasionalmente moderadas (700 - 1.000 ppm).

El Batolito de Ibagué se caracteriza por tener valores altos y moderados de Ba en



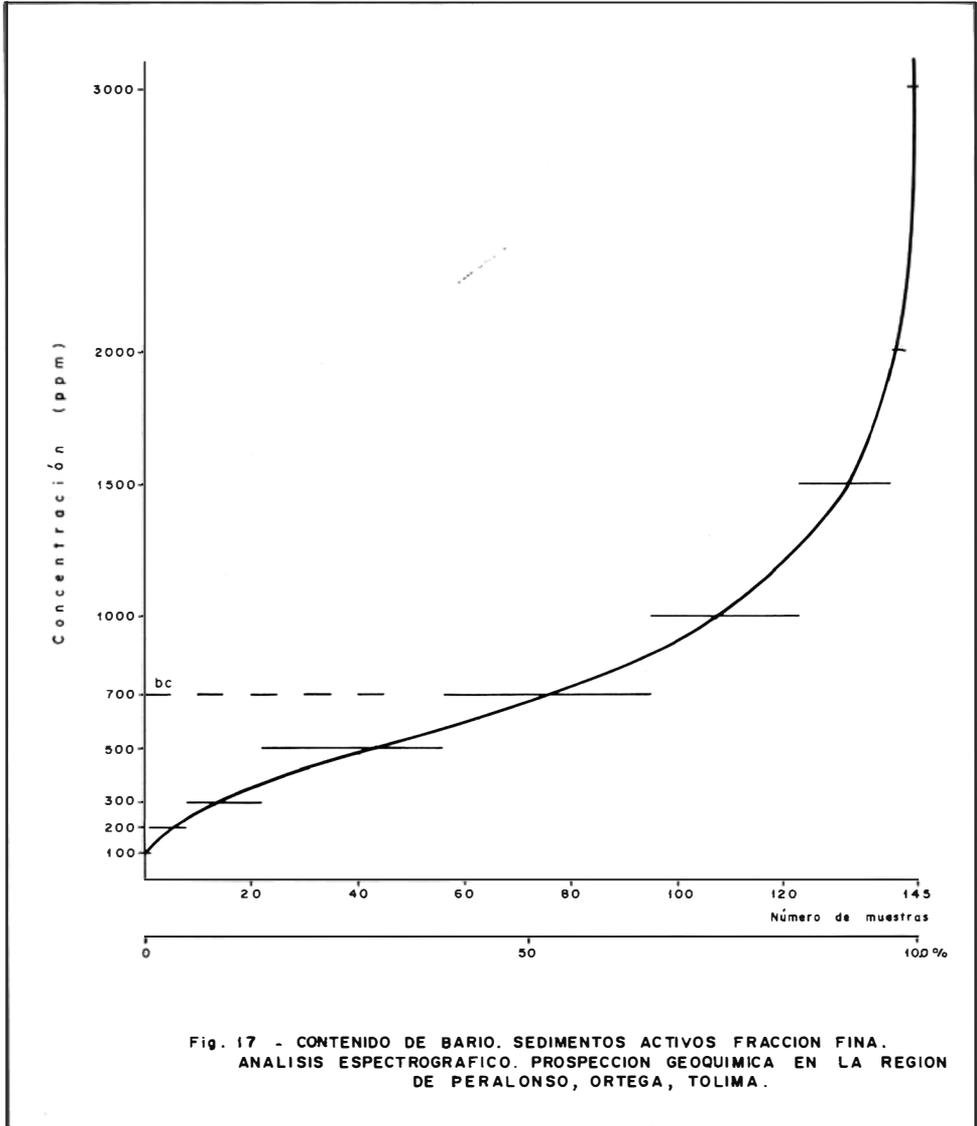
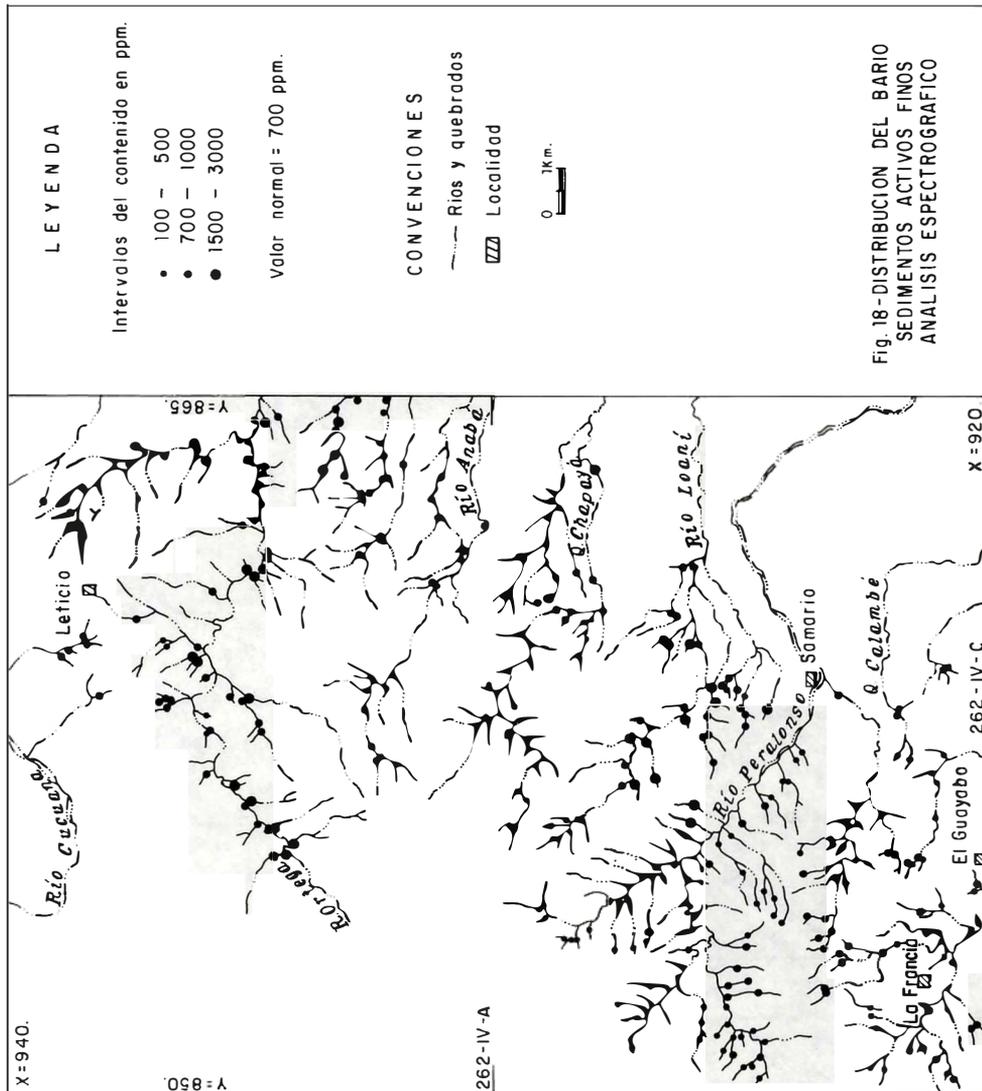


FIG. 17. Contenido de bario. Sedimentos activos fracción fina. Análisis espectrográfico. Prospección geoquímica en la región de Peralonso, Ortega, Tolima.



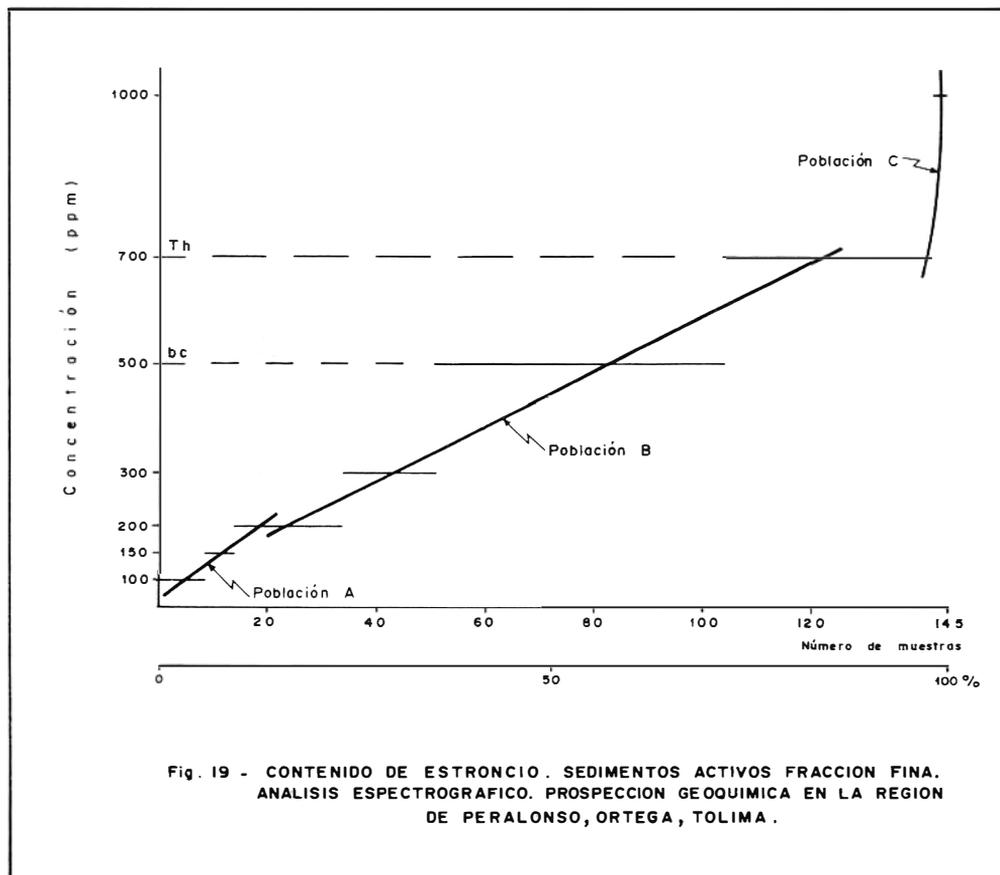
sectores amplios (PEREZ, H. et al, 1976), los cuales han servido para reconocer provincias geoquímicas (MURILLO, A., LOZANO, H., 1978). Este elemento, junto con el Sr, generalmente aumenta a medida que avanza la cristalización del magma, por tanto, se puede pensar en este mecanismo para explicar la presencia de las concentraciones altas.

Los esquistos negros del Grupo Cajamarca generalmente poseen valores de Ba bajos (20 ppm) a máximos (1.000 ppm) mientras que los esquistos verdes solamente tienen contenidos bajos (20 a 200 ppm) (LOZANO, H., et al, 1975).

4.1.8. DISTRIBUCION DEL ESTRONCIO

La curva obtenida al unir los puntos medios de las frecuencias del Sr en el gráfico de concentración versus número de muestras tiene dos puntos de inflexión (200 y 700 ppm), los cuales generan tres poblaciones (Fig. 19). El agrupamiento de concentraciones bajas (100 y 150 ppm) corresponden a la población A; el conjunto de los valores moderados (200 a 500 ppm) pertenecen a la población B, y, la asociación de contenidos altos (700 a 1.000 ppm) se ubican en la población C.

El valor umbral (th) se fijó en 700 ppm y el valor normal (bc) en 50 ppm.



La distribución del Sr en sedimentos activos finos de la región estudiada se ilustra en la Figura 20. En el Batolito de Ibagué se encuentran principalmente dos sectores con valores altos en Sr; en los alrededores del caserío Leticia y en la vereda La Francia; el resto del cuerpo ígneo tiene rangos de contenidos mezclados sin predominio de alguno de ellos. El conjunto metamórfico a sedimentario del Grupo Cajamarca aflorante en el área se caracteriza por tener exclusivamente concentraciones bajas.

Teniendo en cuenta que los máximos del Ba coinciden con los del Sr, se puede pensar que indican etapas finales de cristalización del magma.

Los esquistos negros y los esquistos verdes del Grupo Cajamarca esencialmente poseen contenidos bajos y similares de Sr (LOZANO, H., et al, 1975) por lo cual se excluye este elemento como parámetro de evaluación litológica en la unidad metamórfica.

4.2. ANOMALIAS SUPERPUESTAS EN SEDIMENTOS ACTIVOS

En la región de Peralonso los elementos estudiados (Fe, Mg, Ti, Cu, Mo, Pb, Sr y Ba) tienen una variación gradual de los valores en dirección oeste-este. Los contenidos altos se encuentran principalmente en el Batolito de Ibagué, al oeste del área, disminuyendo progresivamente hacia el este hasta el contacto Grupo Cajamarca con el batolito, en donde ocurre un leve aumento. A partir de este contacto las concentraciones nuevamente son bajas hasta la Falla Colorada - Samaria, límite oriental del estudio geoquímico. La mayoría de las áreas escogidas por un elemento con valores anómalos, presenta anomalías superpuestas. Las más importantes son: nacimientos del río Anabá con anomalías para Fe, Mg, Cu, Pb, Mo y Ba, parte media del río Ortega con anomalías para Mg y Cu; vereda La Francia con anomalías para Ti, Cu, Pb y Sr; sector oeste del caserío Leticia con anomalías para Cu, Pb, Ba y Sr y nacimientos del río Peralonso con anomalías para Cu y Fe.

Al comparar los estudios petrográficos con los mapas geoquímicos se puede apreciar la relación que existe entre las áreas con valores anómalos y el enriquecimiento en minerales ferromagnesianos del batolito, reflejando estas anomalías, cambios litológicos sin potencial económico. Con este resultado se puede postular que el Batolito de Ibagué en la región de Peralonso es un intrusivo no mineralizado ("barren" intrusivo).

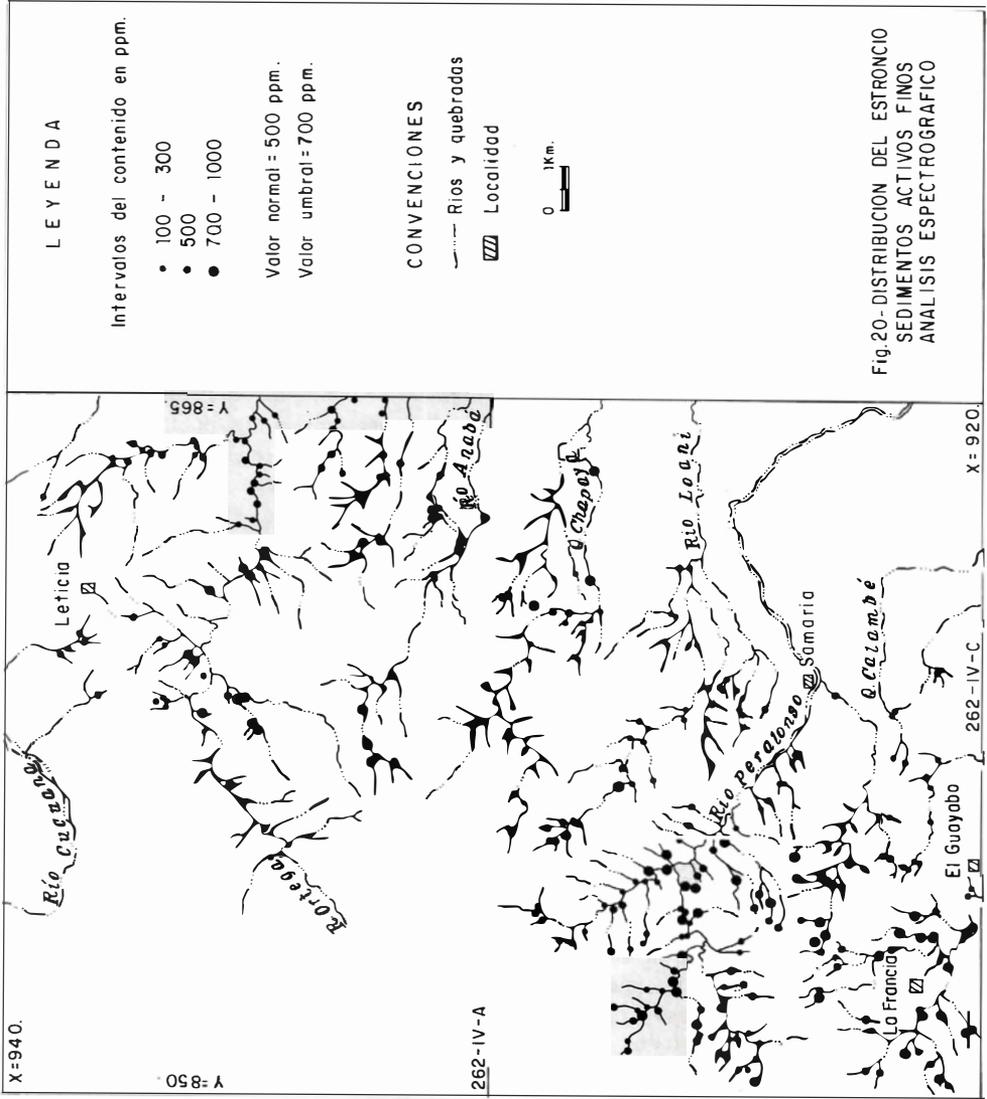
4.3. GEOQUIMICA DE ROCAS

Muchos depósitos minerales presentan aureolas o zonas en las cuales se encuentran algunos elementos de la mineralización o elementos traza. Estos tipos de aureolas se denominan halos primarios, cuando se forman aproximadamente al mismo tiempo que el depósito y además, se encuentran en un ambiente similar. El muestreo de rocas a pesar de tener algunas limitaciones se lleva a cabo porque permite relacionar la litología con el depósito y posiblemente, conocer su origen.

Durante la prospección geoquímica en la región de Peralonso se tomaron muestras en lo posible no meteorizadas, con el objeto de conocer los halos de dispersión primaria y poder delimitar y evaluar las diferentes anomalías. En este estudio litogeoquímico se recolectaron 159 muestras de las cuales se enviaron para análisis espectrográfico completo 86.

La densidad del muestreo fue de una muestra por cada 3,5 km², quedando exentos algunos sectores debido principalmente a la falta de control topográfico y/o afloramientos y/o a la presencia de regolito.

Las muestras de roca escogidas para análisis se trituraron en un molino de carburo de tungsteno, hasta lograr tamaños de malla - 80. Aproximadamente 200 gm. del material fueron empacados en bolsas de polietileno y analizados en el Laboratorio de Geoquímica de la Subdirección de Investigaciones Químicas de Bogotá; el equipo utilizado para este trabajo se describió anteriormente en geoquímica de sedimentos activos. El quí-



mico Félix Roa Torres realizó los análisis.

Los resultados espectrográficos obtenidos en este muestreo se interpretaron en la siguiente forma:

1. Se elaboraron mapas con los principales accidentes geográficos a escala 1:25.000 en los cuales se colocaron los sitios de muestreo.
2. Para cada uno de los elementos sometidos a interpretación (Fe, Mg, Ti, Cu, Pb, Mo, Ba y Sr) se colocaron los valores en porcentaje o ppm en su mapa respectivo.
3. La totalidad de las muestras analizadas se utilizaron para la determinación del valor normal (background) y valor umbral (threshold) según el método elaborado por Lozano, H. y Pérez, H. (1977). En la Tabla 4 aparecen los valores normal (bc) y umbral (th) obtenidos gráficamente.

Elemento	Valor Normal ppm (bc)	Valor Umbral ppm (th)
Fe	30.000	70.000
Mg	10.000	20.000
Ti	3.000	5.000
Cu	15	50
Mo	L5	5
Pb	L10	20
Ba	500	1.500
Sr	500	1.000

Tabla 4. Valor normal (bc) y valor umbral (th) en muestras de rocas recolectadas en la región de Peralonso, Ortega, Toluca.

4. El mapa geoquímico de rocas se elaboró con base en rangos de población tomados del gráfico de concentración versus número de muestras, y representados por medio de círculos de diámetros diferentes.
5. Las muestras de roca tomadas durante esta prospección geoquímica son representativas únicamente del Batolito de Ibagué y Grupo Cajamarca aflorantes en el área.

A continuación se transcribe la distribución de cada elemento sometido a interpretación.

4.3.1. DISTRIBUCION DEL HIERRO

La curva obtenida al unir los puntos medios de la frecuencia del hierro en el gráfico de concentración versus número de muestras tiene tres poblaciones con dos puntos de inflexión en 1,5 y 2,0% (Fig. 21). La población A abarca los valores entre 0,3 y 1,5%; la población B comprende los contenidos entre 2 y 5% y la población C agrupa las concentraciones entre 7 y 15%.

El valor umbral (th) para Fe se fijó en 7% y el valor normal (bc) en 3%.

El mapa geoquímico que muestra la distribución de Fe en muestras de roca se presenta en la Figura 22. En este esquema se aprecia principalmente la existencia de valores bajos en Fe en el Grupo Cajamarca (menores al 3%) en contraste con el Batolito de Ibagué que tiene concentraciones moderadas y altas. Los sitios de contenidos altos en Fe (7 al 10%) se encuentran esencialmente en la parte media del río Ortega y en el caserío El Corazón. El contacto con el Grupo Cajamarca se caracteriza por tener valores moderados (5 a 2%).

Los valores altos en Fe (7,0 a 10,0%) se encuentran asociados a la facies rica en máficos del Batolito de Ibagué. Los esquistos negros y verdes del Grupo Cajamarca generalmente tienen valores bajos en Fe (menores del 5% (LOZANO, H., et al, 1975) factor que impide separar estos dos tipos de litología.

4.3.2. DISTRIBUCION DEL MAGNESIO

En la Figura 23 se presenta la curva del Mg que une los puntos medios de la frecuencia en el gráfico de concentración versus número de muestras.

Se puede apreciar la existencia de tres poblaciones enlazadas por dos puntos de inflexión ubicados en 1 y 2%. La población

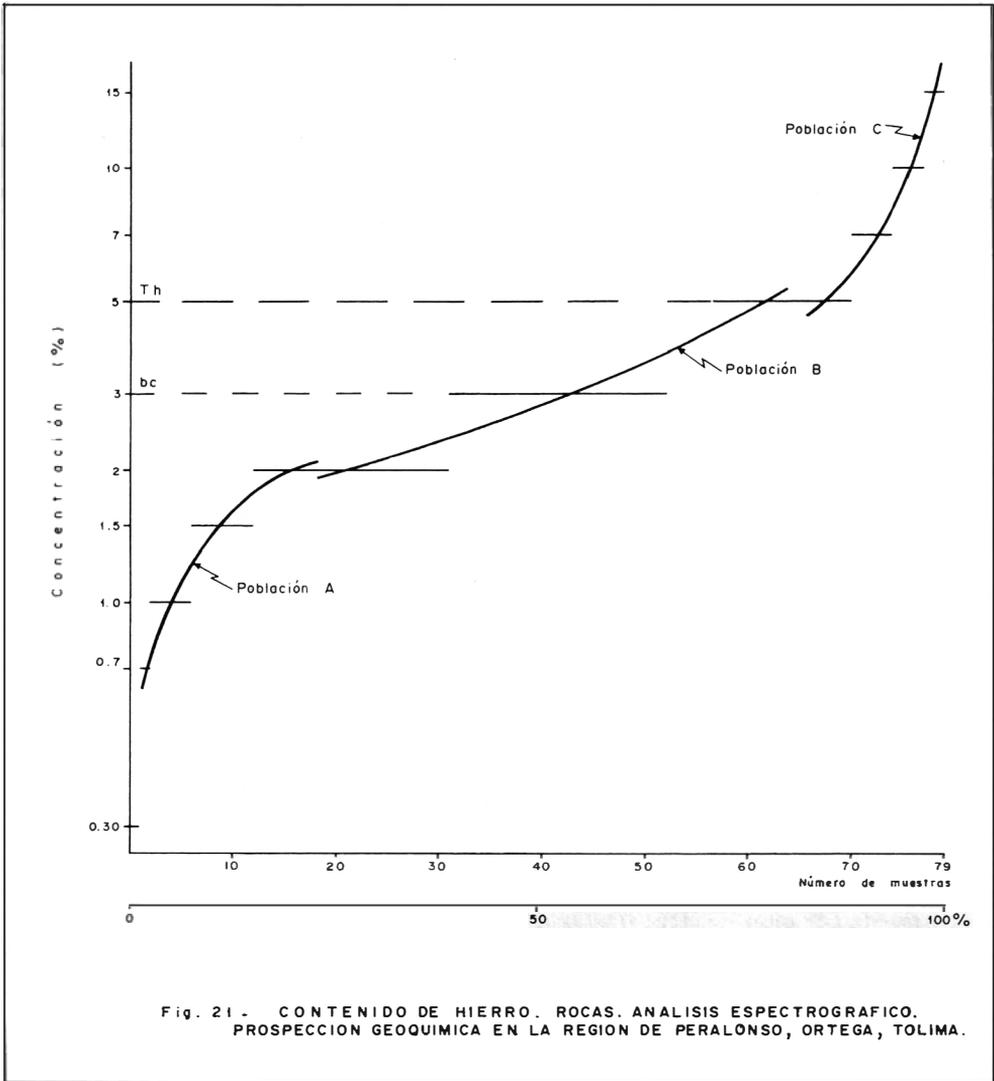
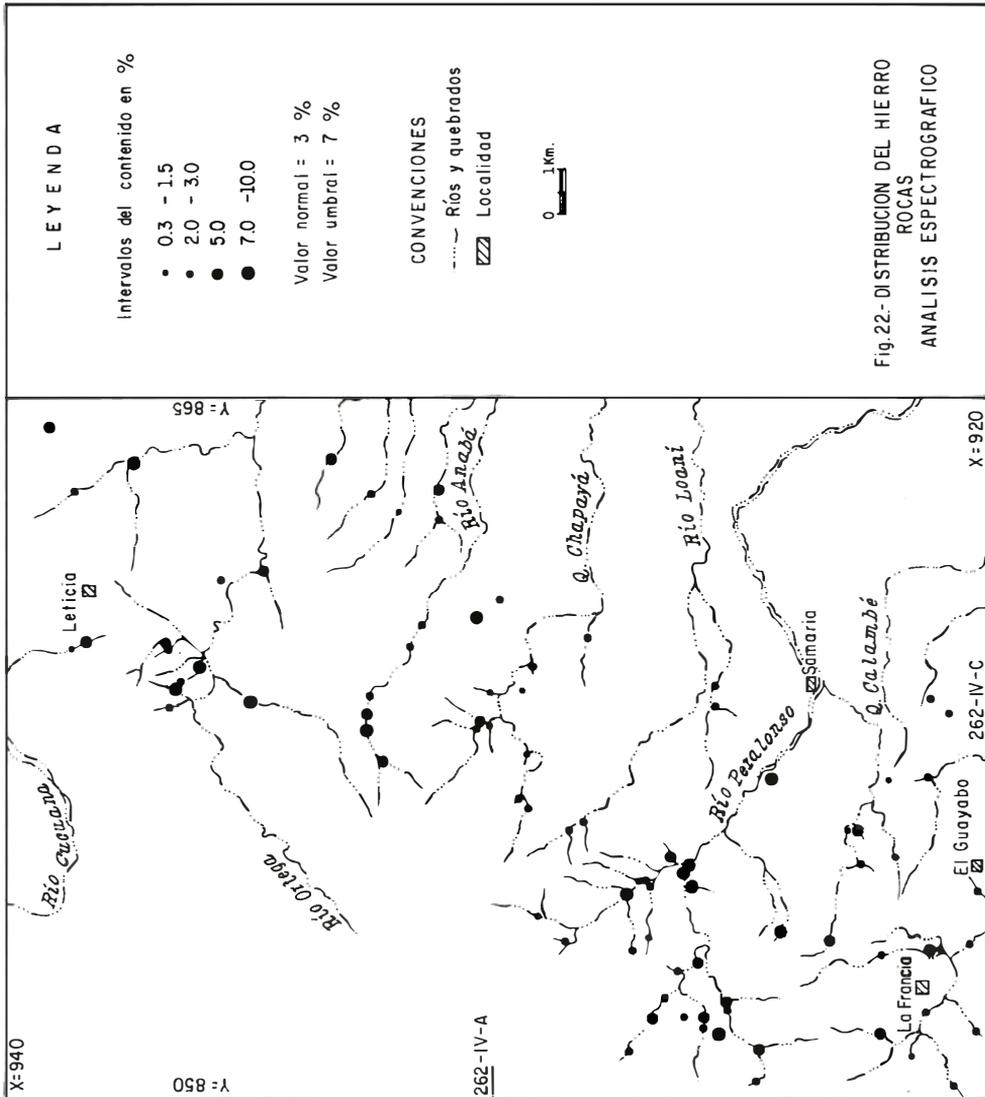
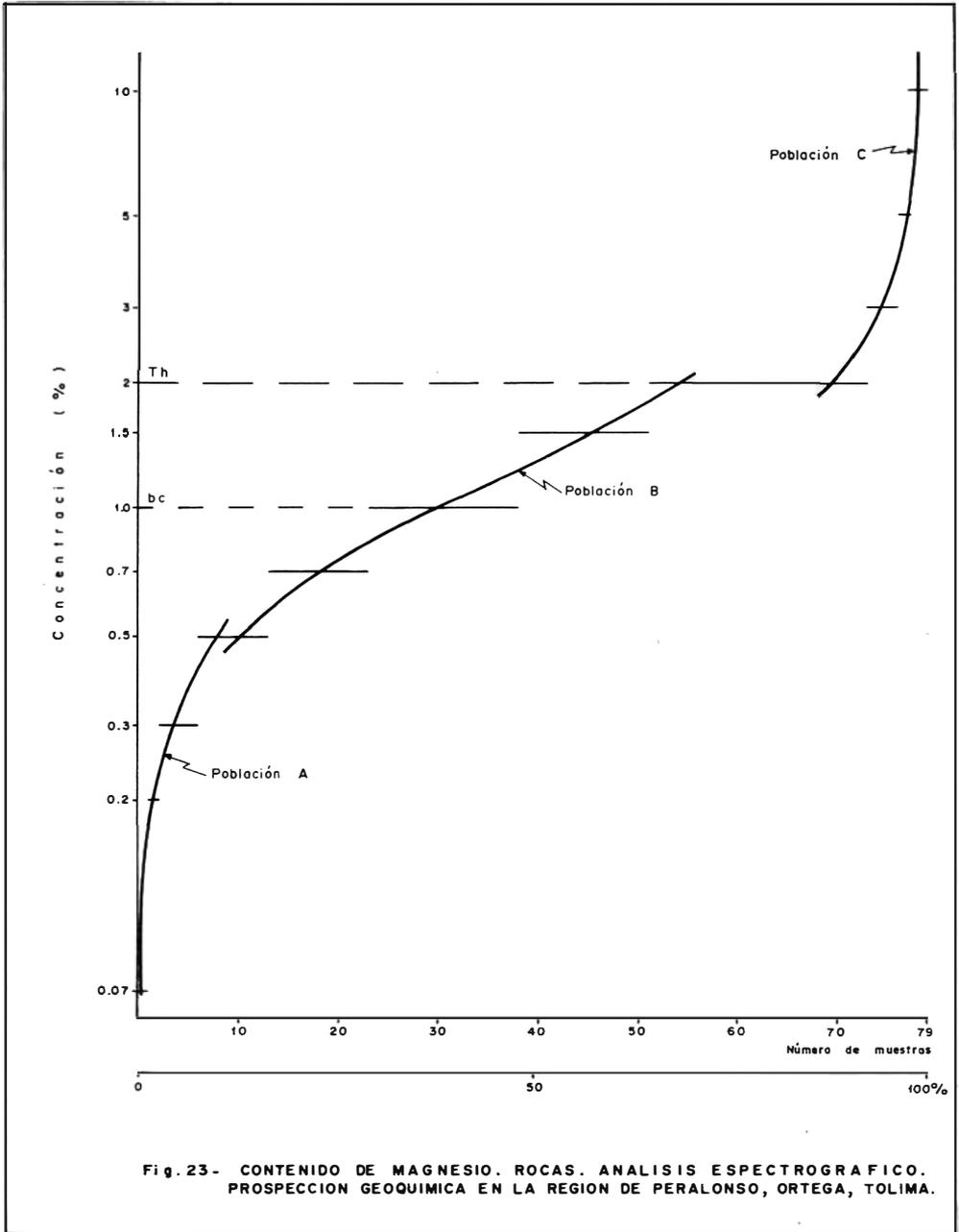


Fig. 21. CONTENIDO DE HIERRO. ROCAS. ANALISIS ESPECTROGRAFICO. PROSPECCION GEOQUIMICA EN LA REGION DE PERALONSO, ORTEGA, TOLIMA.





A tiene valores entre 0,07 y 0,5%; la población B abarca las concentraciones entre 0,7 y 2,0%, y la población C con valores entre 3 y 10%.

El valor umbral (th) escogido para este elemento se ubicó en el 2% y el valor normal (bc) en el 1%.

La distribución de Mg en rocas de la región estudiada se muestra en la Figura 24. Las rocas metamórficas del Grupo Cajamarca tienen valores bajos (menores al 1%) en Mg, lo cual contrasta con el Batolito de Ibagué, que solamente posee contenidos moderados y altos (desde 1,5 a 10,0%). Los sitios en el batolito que tienen valores máximos se hallan en la parte media del río Ortega, nacimientos del río Anabá, vereda El Corazón, nacimientos del río Peralonso y en los alrededores del caserío La Francia. En el Grupo Cajamarca se han encontrado contenidos bajos en Mg, especialmente en los esquistos negros (de 0,8 a 2,0%), (LOZANO, H., et al, 1975; MURILLO, A., et al, en preparación). Los valores máximos encontrados en el Batolito de Ibagué coinciden con sus partes enriquecidas en máficos.

4.3.3. DISTRIBUCION DEL TITANIO

En el gráfico de concentración versus número de muestras de la Figura 25 se presenta la curva del titanio en rocas. Esta curva tiene un punto de inflexión en 0,5% el cual genera dos poblaciones; el grupo de valores comprendido entre el 0,15 y 0,50% corresponde a la población A y los contenidos ubicados entre el 0,70 y 1,50% pertenecen a la población B.

El valor umbral (th) encontrado para este elemento se fijó en el 0,5% y el valor normal (bc) en el 0,3%.

El mapa litogeoquímico elaborado para el titanio se presenta en la Figura 26. En este esquema se aprecia la existencia de valores bajos en el conjunto metamórfico del Grupo Cajamarca (menores del 0,5%) en contraste con el Batolito de Ibagué que principalmente tiene contenidos moderados y al-

tos (de 0,7 a 1,5%). Los sitios con valor máximo de titanio se encuentran en la parte media del río Ortega, nacimientos del río Anabá y vereda El Corazón. Los contenidos altos de Ti en el batolito se relacionan estrechamente con los del hierro y aparecen en las zonas que tienen un alto porcentaje de máficos. En las rocas metamórficas el Ti tiene valores bajos, especialmente en los esquistos negros (LOZANO, H., et al, 1975).

4.3.4. DISTRIBUCION DEL COBRE

El contenido de cobre en rocas de la región de Peralonso se presenta en la Figura 27. La curva que une los puntos medios de la frecuencia tiene dos puntos de inflexión (15 y 50 ppm) por lo cual resultan tres poblaciones. El conjunto de valores bajos (L5 y 10 ppm) se denomina población A; el agrupamiento de contenidos moderados (15 a 50 ppm) se ubican en la población B y la A concentraciones altas (50 a 300 ppm) se reúnen en la población C.

El valor umbral (th) se fijó en 50 ppm y el valor normal (bc) en 15 ppm.

En el mapa de la Figura 28 aparece la distribución del Cu con base en rangos de valores. En el Grupo Cajamarca sobresalen los contenidos bajos (menores de 10 ppm) con excepción de dos sitios ubicados en el río Anabá (50 a 100 ppm). En el Batolito de Ibagué los valores altos aparecen agrupados en áreas pequeñas y separadas ampliamente entre sí; sobresalen los nacimientos del río Peralonso, la vereda El Corazón, nacimientos del río Anabá y parte media del río Ortega. En el contacto con el metamórfico solamente hay contenidos bajos.

El cobre, al igual que en los sedimentos activos, tiene contenidos altos en los sitios donde hay un incremento en los minerales ferromagnesianos del batolito, razón por la cual se atribuye a este factor la anomalía que presenta este elemento.

En el Grupo Cajamarca se ha reportado un amplio rango de concentraciones (10 a 150 ppm) tanto en los esquistos negros co-

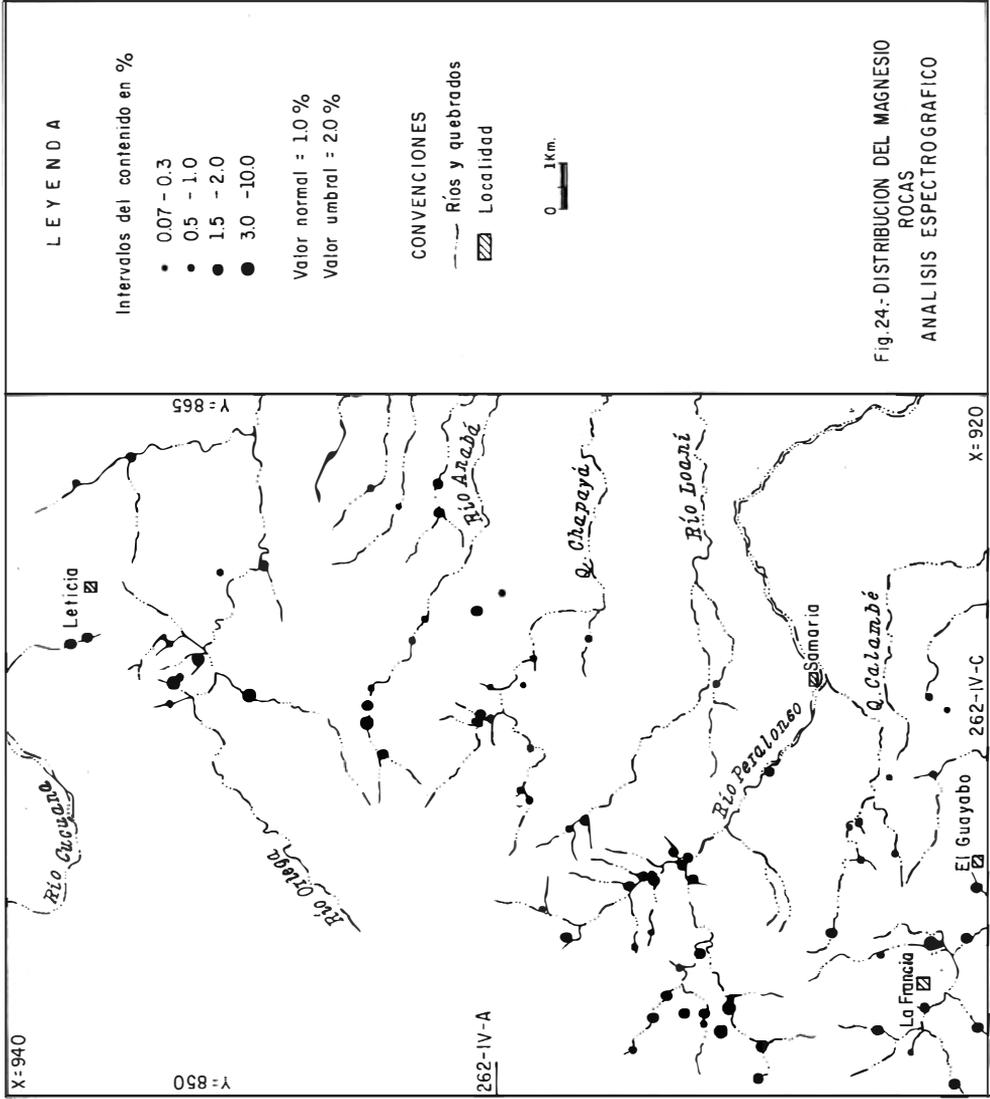


Fig. 24.- DISTRIBUCION DEL MAGNESIO
ROCAS
ANALISIS ESPECTROGRAFICO

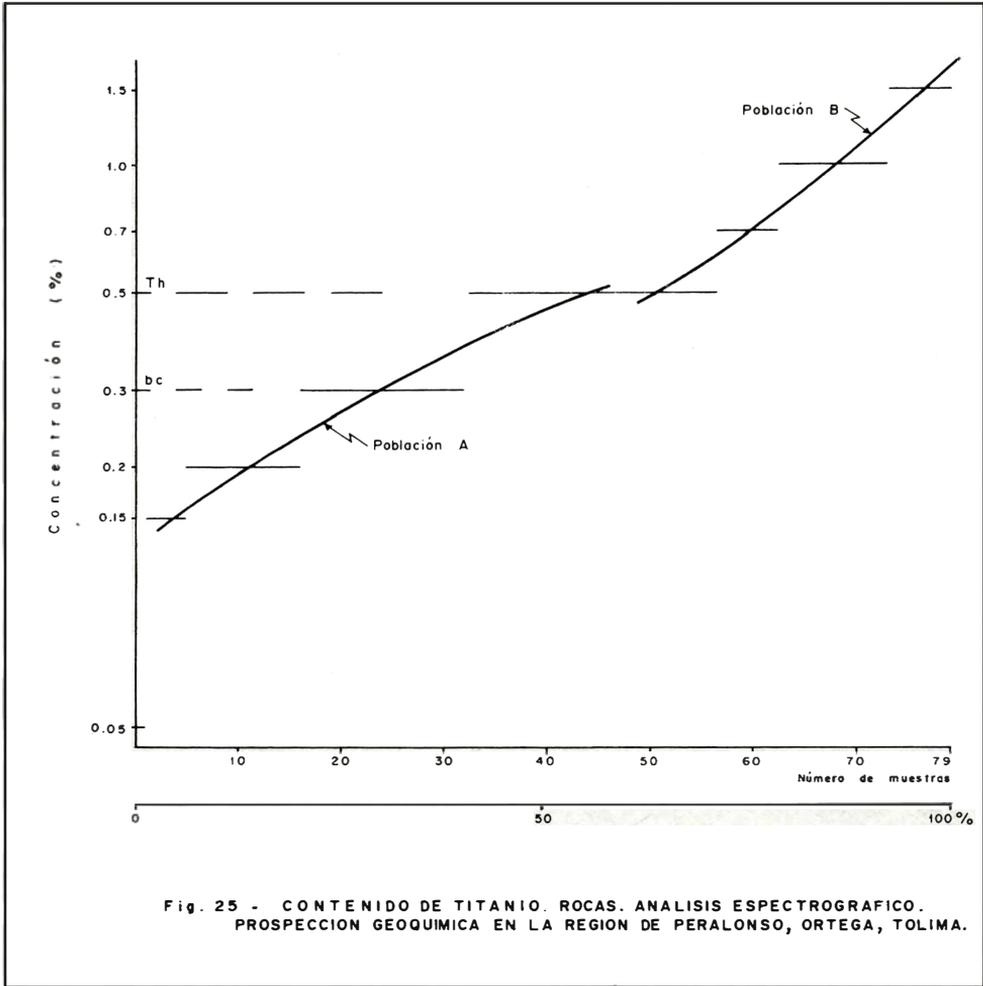
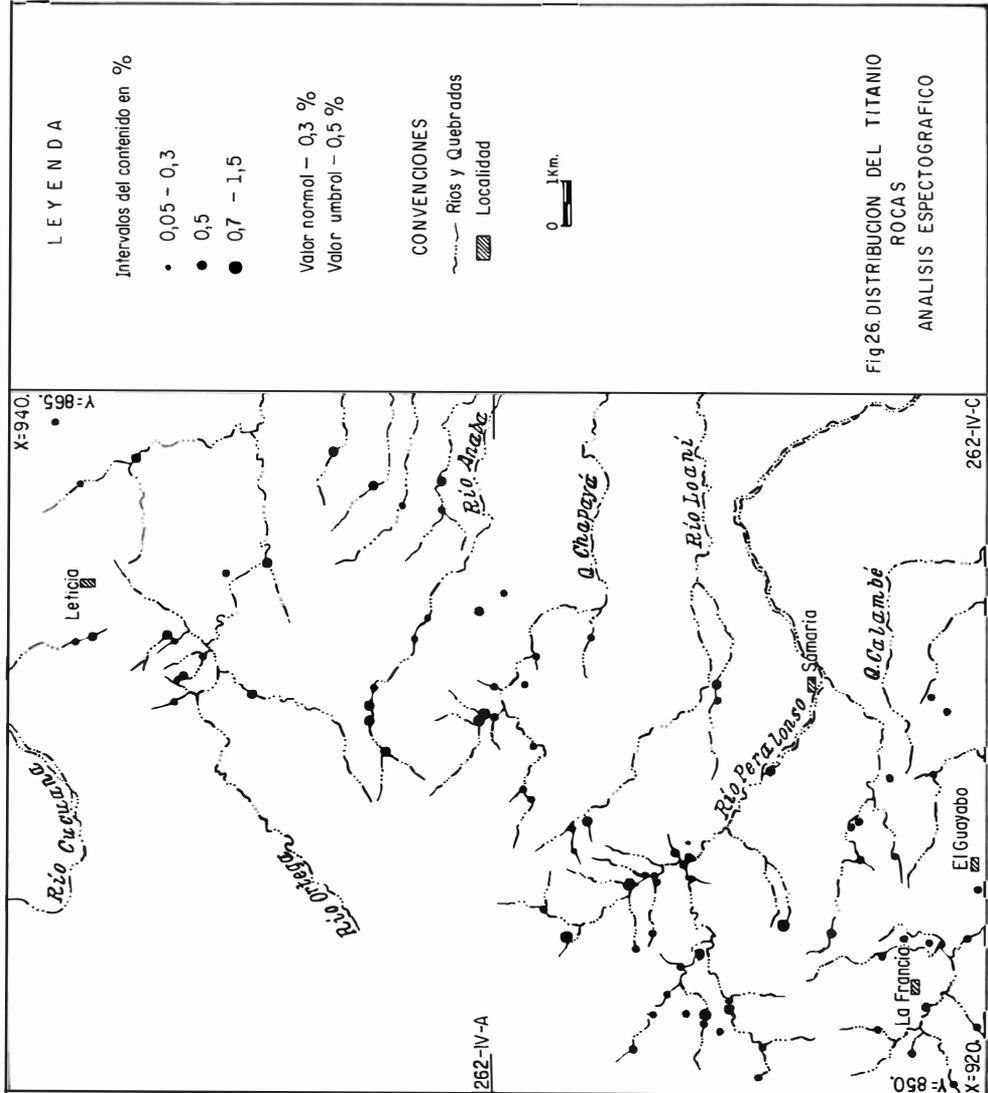
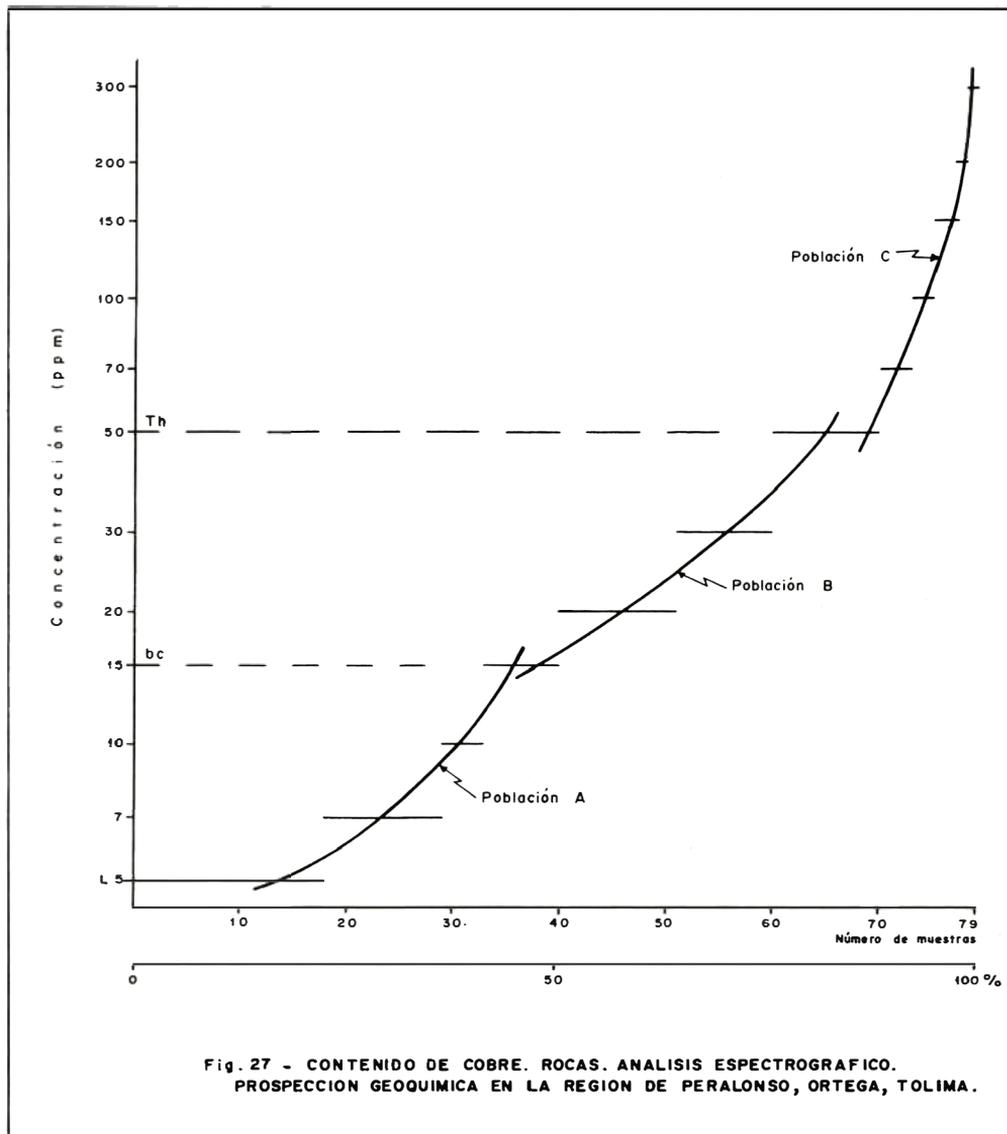
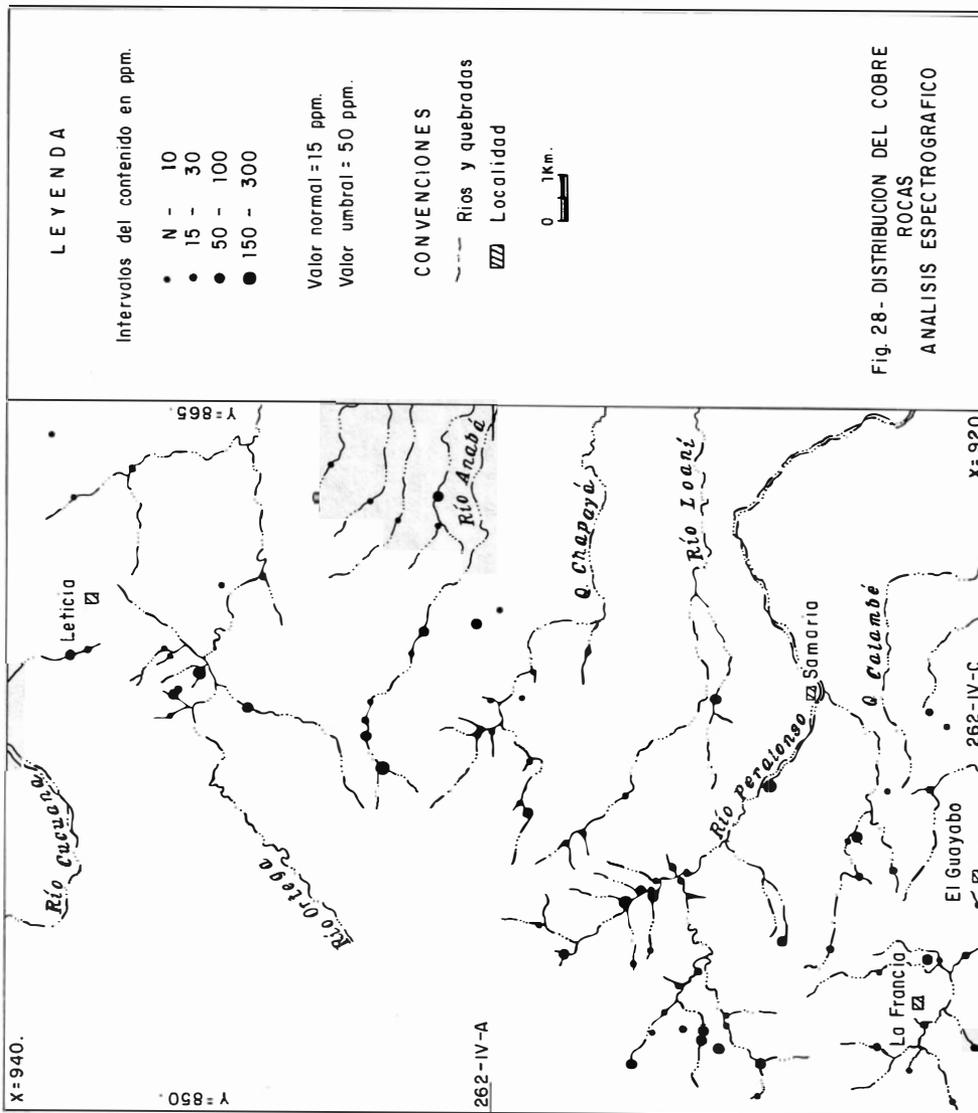


Fig. 25 - CONTENIDO DE TITANIO. ROCAS. ANALISIS ESPECTROGRAFICO. PROSPECCION GEOQUIMICA EN LA REGION DE PERALONSO, ORTEGA, TOLIMA.







mo en esquistos verdes (LOZANO, H., et al, 1975; NUÑEZ, A., et al, en preparación).

contenidos moderados y altos de Mo en contraste con el Grupo Cajamarca que tiene valores bajos y moderados.

4.3.5. DISTRIBUCION DEL MOLIBDENO

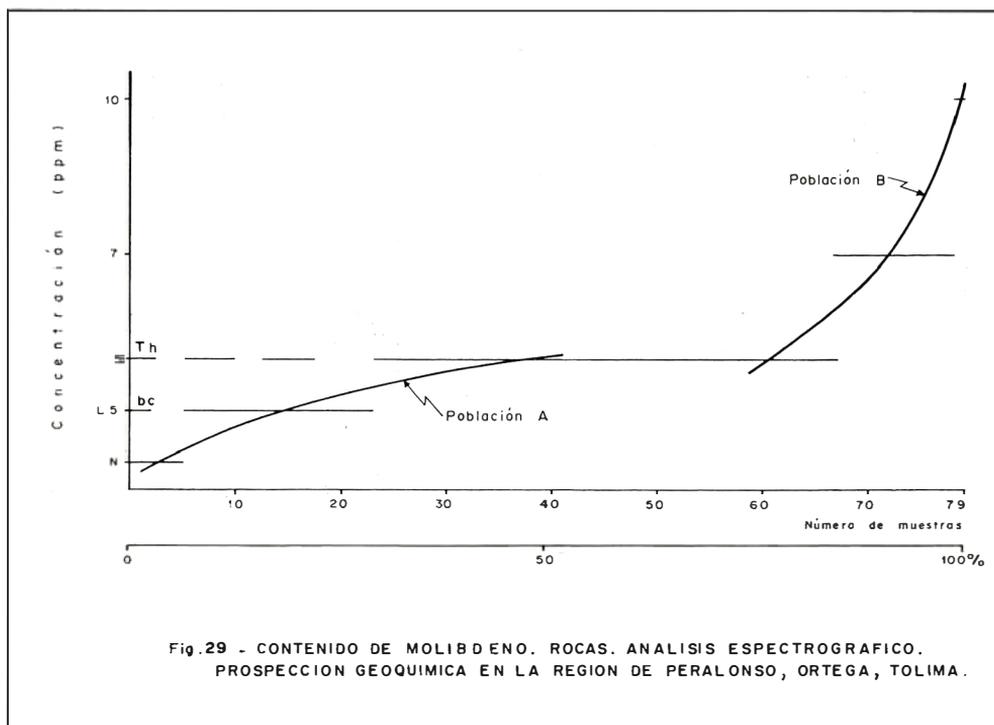
En la Figura 29 se ilustra el contenido del Mo en rocas de la región de Peralonso, Ortega, Tolima.

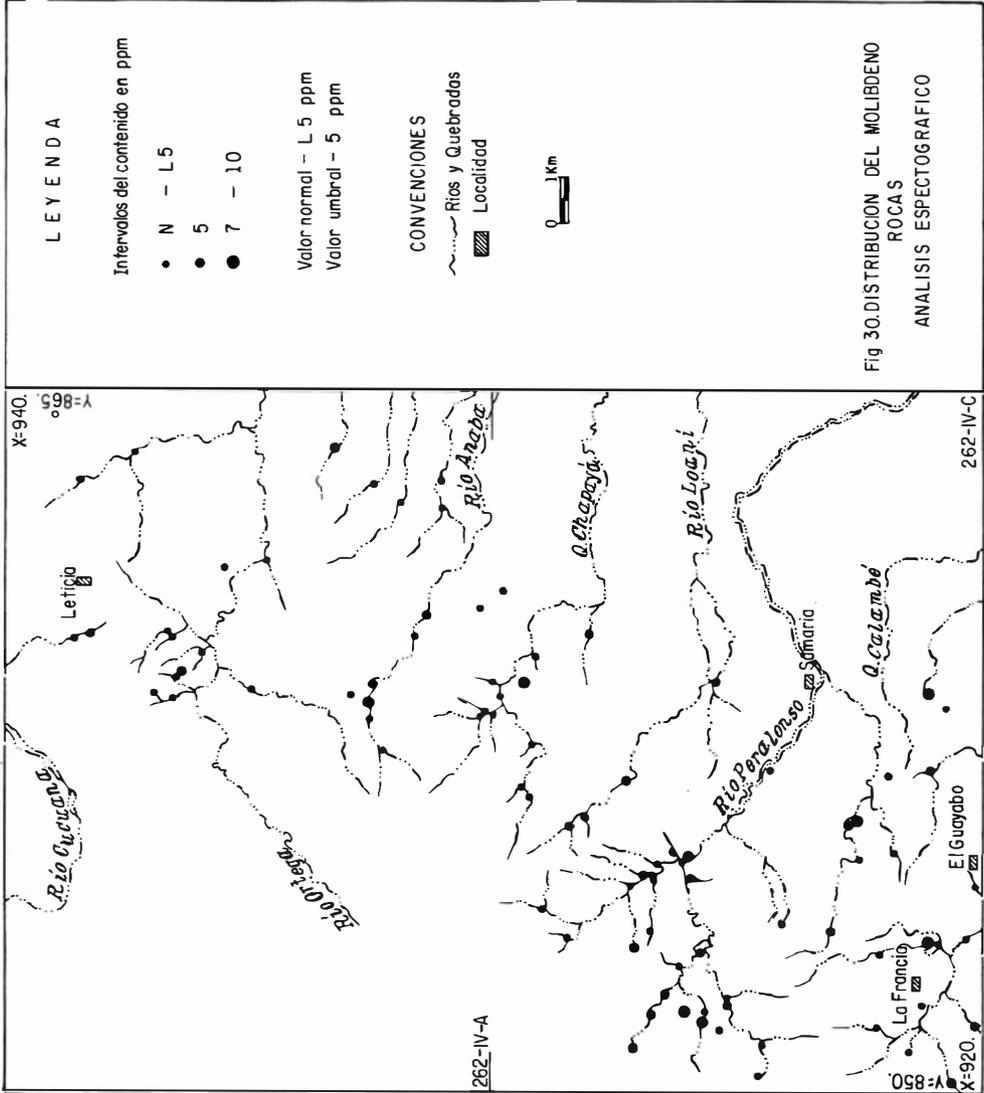
La curva que une las frecuencias en el gráfico de concentración versus número de muestras tiene un punto de inflexión muy marcado en 5 ppm, por lo cual resultan dos poblaciones; el grupo que tiene los contenidos bajos (N a 5 ppm) se denomina población A y el conjunto de valores moderados y altos (7 a 10 ppm) corresponde a la población B. El valor umbral (th) se fijó en 5 ppm y el valor normal (bc) en 5 ppm.

El mapa litogeoquímico de la Figura 30 muestra la distribución del Mo según los rangos de población escogidos. En el Batolito de Ibagué aparecen principalmente

Los máximos de Mo en el batolito se encuentran especialmente como delgadas franjas en los nacimientos del río Peralonso y del río Anabá, y, puntualmente en la parte media del río Ortega y Caserío La Francia. Este tipo de diseño se refleja muy bien en los sedimentos activos finos que se toman en el cuerpo ígneo (PEREZ, H., et al, 1976; MURILLO, A., LOZANO, H., 1978) y posiblemente, indican filones pequeños de molibdenita.

Los esquistos negros del Grupo Cajamarca tienen valores que oscila entre N y 15 ppm (LOZANO, H., et al, 1975), relativamente similares a los encontrados en la región de Peralonso. Los contenidos de Mo en los esquistos verdes son muy bajos (menos de 5 ppm).





4.3.6. DISTRIBUCION DEL PLOMO

El contenido de Pb en rocas de la región de Peralonso se presenta en la Figura 31. La curva obtenida tiene dos quiebres ubicados en L10 y 20 ppm los cuales originan tres poblaciones principales.

El conjunto de muestras de contenido N, o elemento no detectado en el límite inferior de detección, corresponde a la población A; el grupo de valores comprendido entre L10 y 20 ppm se denomina población B y el rango de concentraciones moderadas (30 a 100 ppm) corresponde a la po-

blación C. El valor umbral (th) se fijó en 20 ppm y el valor normal (bc) en L10 ppm. El mapa con la distribución del plomo en rocas aparece en la Figura 32.

El Batolito de Ibagué tiene un amplio espectro de valores, en contraste con el Grupo Cajamarca que especialmente posee contenidos altos (30 a 100 ppm).

Los sitios del batolito que tienen concentraciones elevadas se encuentran en los nacimientos del río Anabá y del río Peralonso y en la vereda La Francia. El Pb en los esquistos negros del Grupo Cajamarca pre-

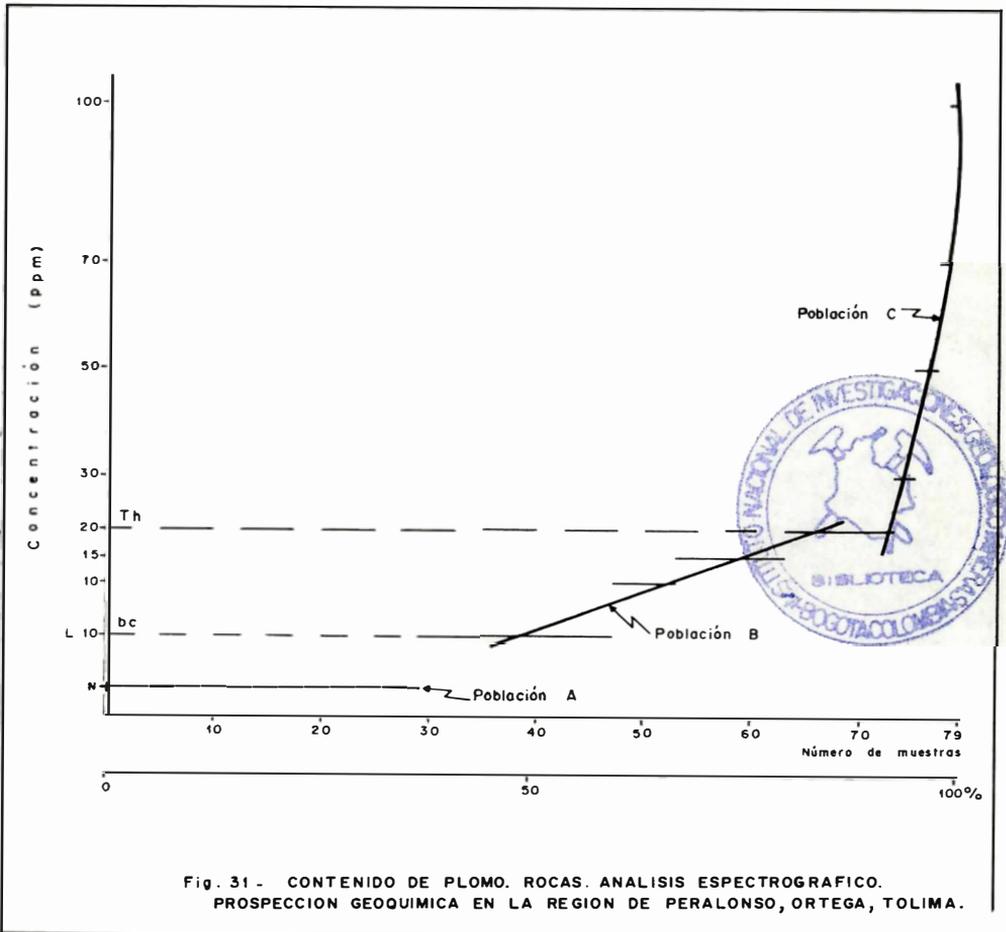
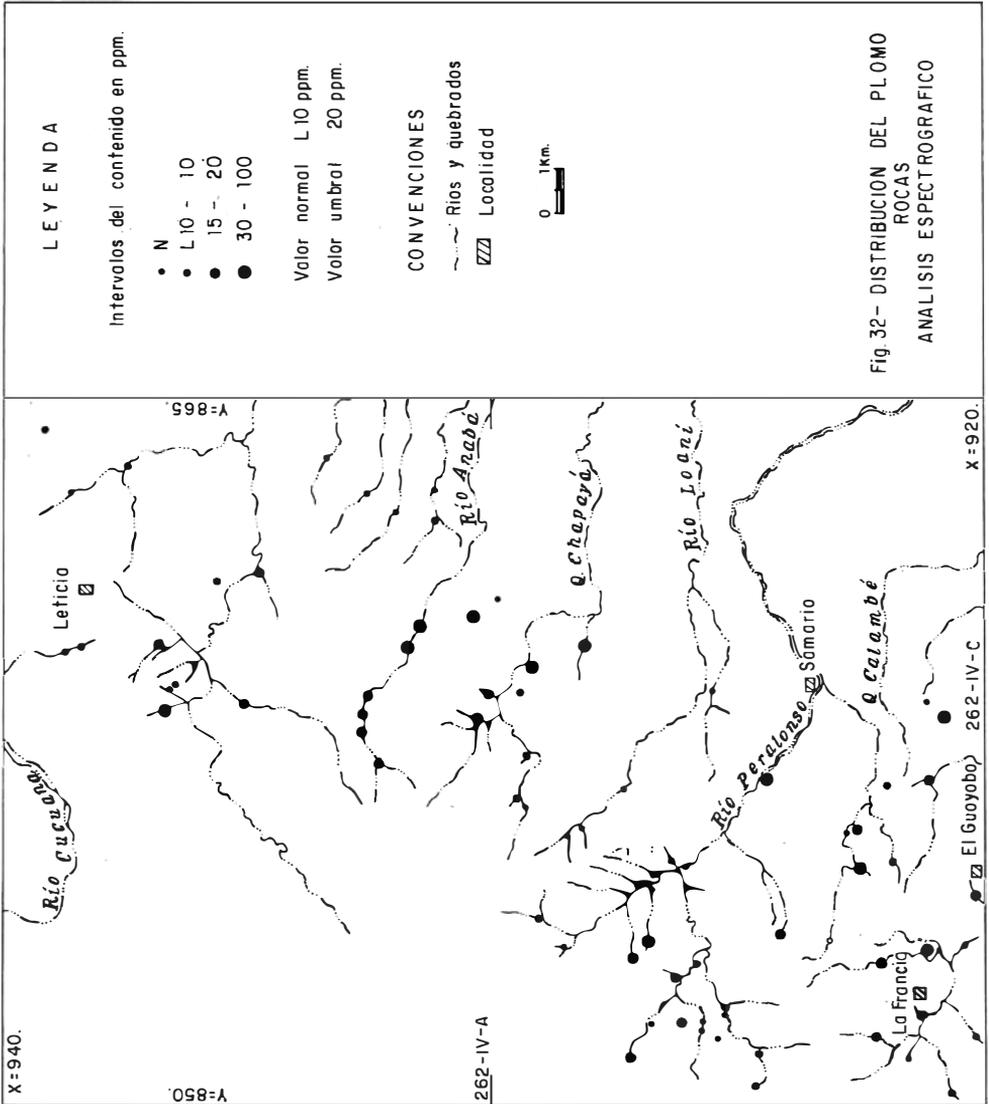


Fig. 31. CONTENIDO DE PLOMO. ROCAS. ANALISIS ESPECTROGRAFICO. PROSPECCION GEOQUIMICA EN LA REGION DE PERALONSO, ORTEGA, TOLIMA.



senta un rango de contenidos que oscila entre N y 70 ppm a diferencia de los esquistos verdes que solamente tiene N (LOZANO, H., et al, 1975; NUÑEZ, A., MURILLO, A., en preparación). Los valores altos de Pb en rocas coinciden con los encontrados en los sedimentos activos finos tomados en el batolito.

4.3.7. DISTRIBUCION DEL BARIO

La curva que une los puntos medios de la frecuencia del bario en el gráfico de concentración versus número de muestras se presenta en la Figura 33. Esta curva tiene tres puntos de inflexión (70, 300 y 1.500 ppm) los cuales originan cuatro poblaciones: la población A comprende valores muy bajos ubicados entre L20 y 70 ppm; la población B reúne los contenidos bajos entre 150 y 300 ppm; la población C abarca las concentraciones moderadas (500 a 1.500 ppm) y la población D comprende los altos, entre 2.000 y 3.000 ppm.

El valor umbral (th) se fijó en 1.500 ppm y el valor normal (bc) en 500 ppm.

En la Figura 34 aparece el mapa litogeoquímico con la distribución del Ba. En el Batolito de Ibagué se puede apreciar la existencia de un gran número de muestras correspondientes al rango bajo (150 a 300 ppm) y moderado (500 a 1.500 ppm) principalmente, y de manera escasa y puntual los más bajos (menos de 70 ppm). El Grupo Cajamarca en la región estudiada tiene un rango de valores excesivamente amplio (entre 150 y 3.000 ppm) aunque con tendencia a reunir los valores moderados y altos. Estos últimos resultados se encuentran en el sector oriental del contacto del Grupo Cajamarca con el batolito.

El Batolito de Ibagué tiene generalmente valores moderados en Ba los cuales se han reconocido inicialmente en los sedimentos activos finos al sur de la Falla Cucuana (MURILLO, A., LOZANO, H., 1978), la cual limita tectónicamente al norte de la región estudiada. El Ba en el Grupo Cajamarca de la región de Peralonso tiene un comporta-

miento anormal debido a la existencia de contenidos tan altos (200 - 3.000 ppm); como éstos se encuentran cerca al contacto con el ígneo puede pensarse en alguna actividad metasomática.

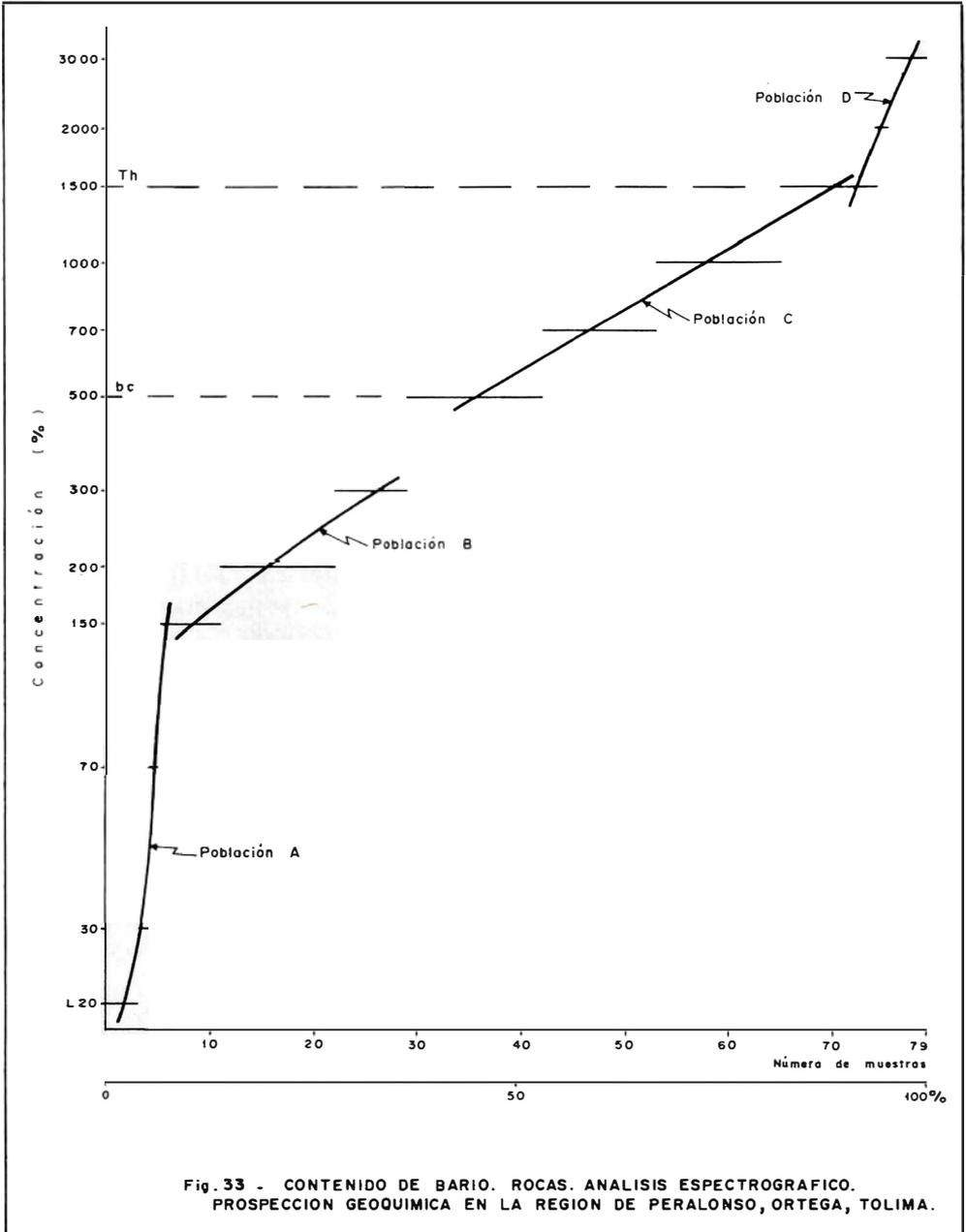
4.3.8. DISTRIBUCION DEL ESTRONCIO

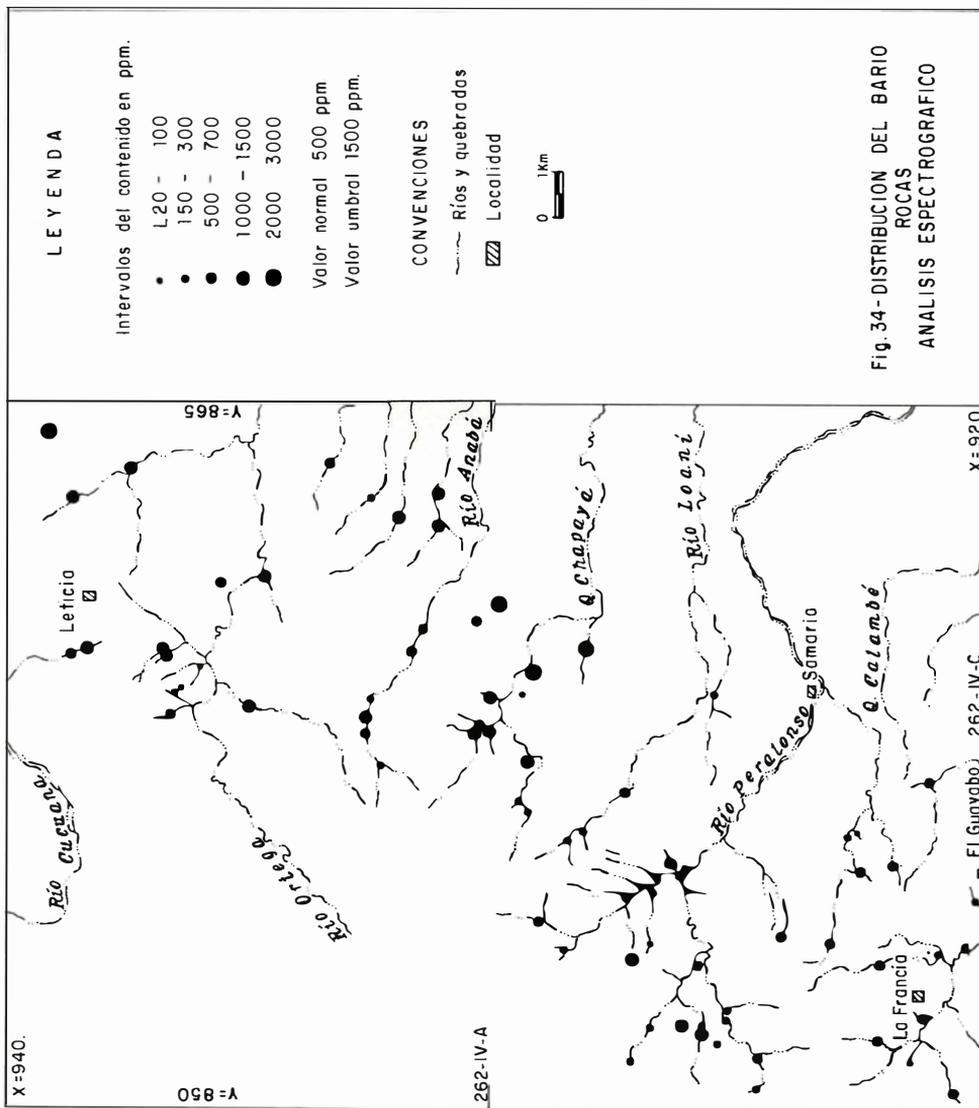
La curva obtenida al unir los puntos medios de las frecuencias del Sr en el gráfico de concentración versus número de muestras tiene dos quiebres (200 y 1.000 ppm) que generan tres poblaciones (Fig. 35). El grupo de contenidos bajos entre 70 y 200 ppm se denomina población A, el conjunto de valores moderados (entre 300 y 1.000) corresponde a la población B y las concentraciones máximas (1.500 ppm) a la población C.

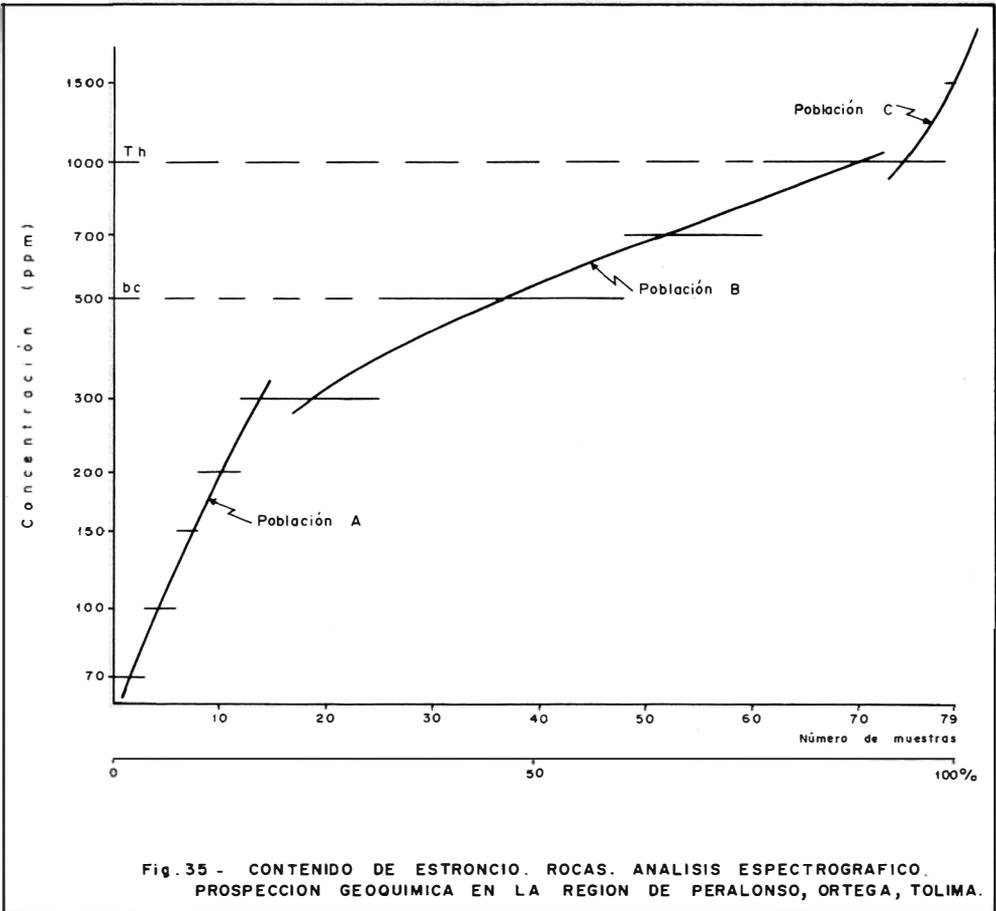
El valor umbral (th) se ubica en 1.000 ppm y el valor normal (bc) en 500 ppm.

El mapa con la distribución litogeoquímica del Sr se presenta en la Figura 36. En el Batolito de Ibagué se puede apreciar principalmente la existencia de valores moderados de Sr (300 - 1.000 ppm) con pequeñas manifestaciones de contenidos bajos. En el Grupo Cajamarca aparecen esencialmente concentraciones mínimas (menos de 200 ppm) con excepción de una franja de valores moderados cercana al contacto oriental con el batolito. Esta franja también se presenta en el Ba. El contenido máximo en Sr se encuentra muy cerca del contacto sur del Grupo Cajamarca con el ígneo en los alrededores de la vereda El Guayabo.

La presencia exclusiva de contenidos moderados al sur de la Falla Cucuana en el Batolito de Ibagué ha sido reconocida en los sedimentos activos finos (MURILLO, A., LOZANO, H., 1978) recolectados inicialmente en la cartografía geológica regional (MOSQUERA, D., et al, en preparación). El Grupo Cajamarca generalmente tiene valores bajos (100 ppm) similarmente a los encontrados en el área estudiada. La existencia de concentraciones moderadas (300 - 1.000 ppm) en esta unidad puede relacionarse con algún tipo de actividad metasomática.







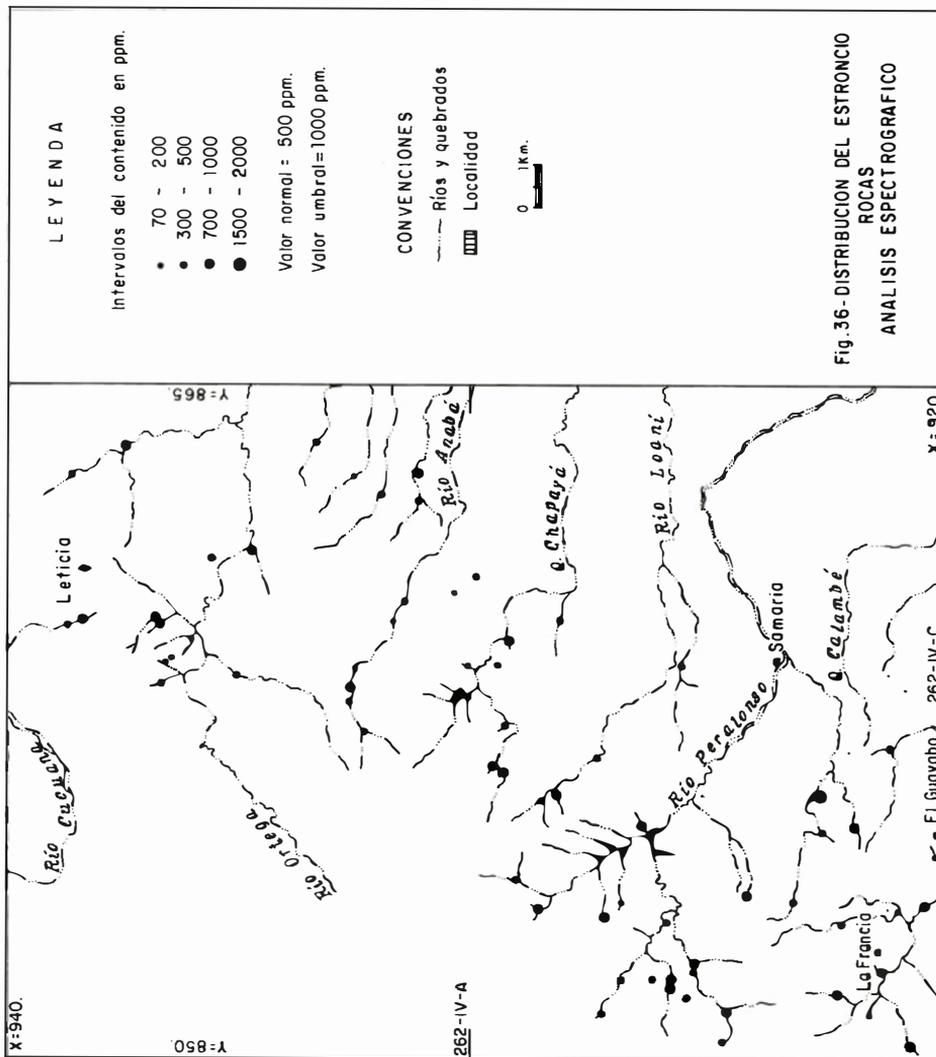
4.4. ANOMALIAS SUPERPUESTAS EN ROCAS

La prospección litogeoquímica realizada en la región de Peralonso sirvió para reconocer la existencia de una anomalía litológica en el Batolito de Ibagué sin tener significado económico. Evidentemente todos los elementos estudiados (Fe, Mg, Ti, Cu, Mo, Pb, Ba y Sr) poseen concentraciones anómalas a lo largo del cuerpo ígneo sin relación visible con pórfidos mineralizados o zonas con alteración hidrotermal.

Con algunas excepciones, la mayoría

de las áreas anómalas presentan superposición de contenidos anómalos para varios elementos. Las más importantes son: nacimientos del río Anabá, con anomalías para Fe, Mg, Ti, Cu, Mo, y Pb; parte media del río Ortega con anomalías para Fe, Mg, Ti, Cu, Mo, Sr y Ba; caserío La Francia con anomalías para Mo y Pb; nacimientos del río Peralonso: Mg, Cu, Mo, Pb, Ba y Sr y vereda El Corazón con anomalías para Fe, Mg, Ti, Cu y Ba.

El conjunto metamórfico y metasedimentario representado por el Grupo Cajamarca se caracteriza por tener valores bajos en los elementos estudiados con excepción del Pb.



Del estudio litogeoquímico se puede concluir que los elementos interpretados poseen una variación progresiva de las concentraciones en dirección oeste-este, al igual que la observada en los sedimentos activos. Los contenidos altos se ubican preferencialmente al oeste del área, en el Batolito de Ibagué decreciendo moderadamente hacia el este, hasta la Falla Samaria - Colorada, límite oriental de la región trabajada con geoquímica. Al sobreponer el mapa geológico al mapa de anomalías superpuestas se encuentra que las anomalías están relacionadas con los sectores del batolito enriquecidos en minerales ferromagnesianos, indicativos de que el Batolito de Ibagué en la región de Peralonso puede considerarse como un intrusivo no mineralizado.

5. RELACION ENTRE LOS VALORES GEOQUIMICOS Y LAS UNIDADES LITOLÓGICAS

En la región de Peralonso se encontró una relación entre los valores geoquímicos altos (sedimentos activos fracción fina y rocas) y ciertas particularidades litológicas de las unidades roca cartografiadas. Al superponer la distribución geoquímica de cada uno de los elementos estudiados al mapa geológico se observaron algunas áreas con asociaciones de elementos que tienen valores altos en las cuales también se presentan variaciones composicionales de la roca.

5.1. SEDIMENTOS ACTIVOS FRACCION FINA

Teniendo en cuenta la presentación de los valores altos de los elementos en los sedimentos activos fracción fina se escogieron las siguientes asociaciones (Fig. 37).

5.1.1. ASOCIACION 1

Ocupa la franja más oriental del batolito de la región de Peralonso, y está limitada al oeste por el Grupo Cajamarca y al este por la Falla Colorada - Samaria. Los principales elementos que componen esta asociación son Ba y Ti.

La asociación 1 fue dividida además en 1A (Fe, Mg, Mo y Sr) y 1B (Cu y Mo) en vista de la presencia de valores altos para estos elementos en áreas más pequeñas, acompañando al Ba y Ti. El batolito en este sector presenta una facies más ácida que la normal (granodiorita, cuarzdiorita, cuarzomonzonita y diques de feldespato potásico y cuarzo) lo cual puede estar reflejado en los contenidos altos de Ba y Sr. La presencia del Ti será explicada en la asociación 1 de rocas.

5.1.2. ASOCIACION 2

Se encuentra principalmente ocupando la margen oriental del Grupo Cajamarca y comprende los siguientes elementos: Mg, Mo y Pb. La particularidad de esta asociación radica en el hecho de encontrarse adyacentes al contacto Grupo Cajamarca - Batolito de Ibagué a lo largo del cual posiblemente sucedieron procesos metasomáticos que alteraron la constitución elemental de la roca encajante.

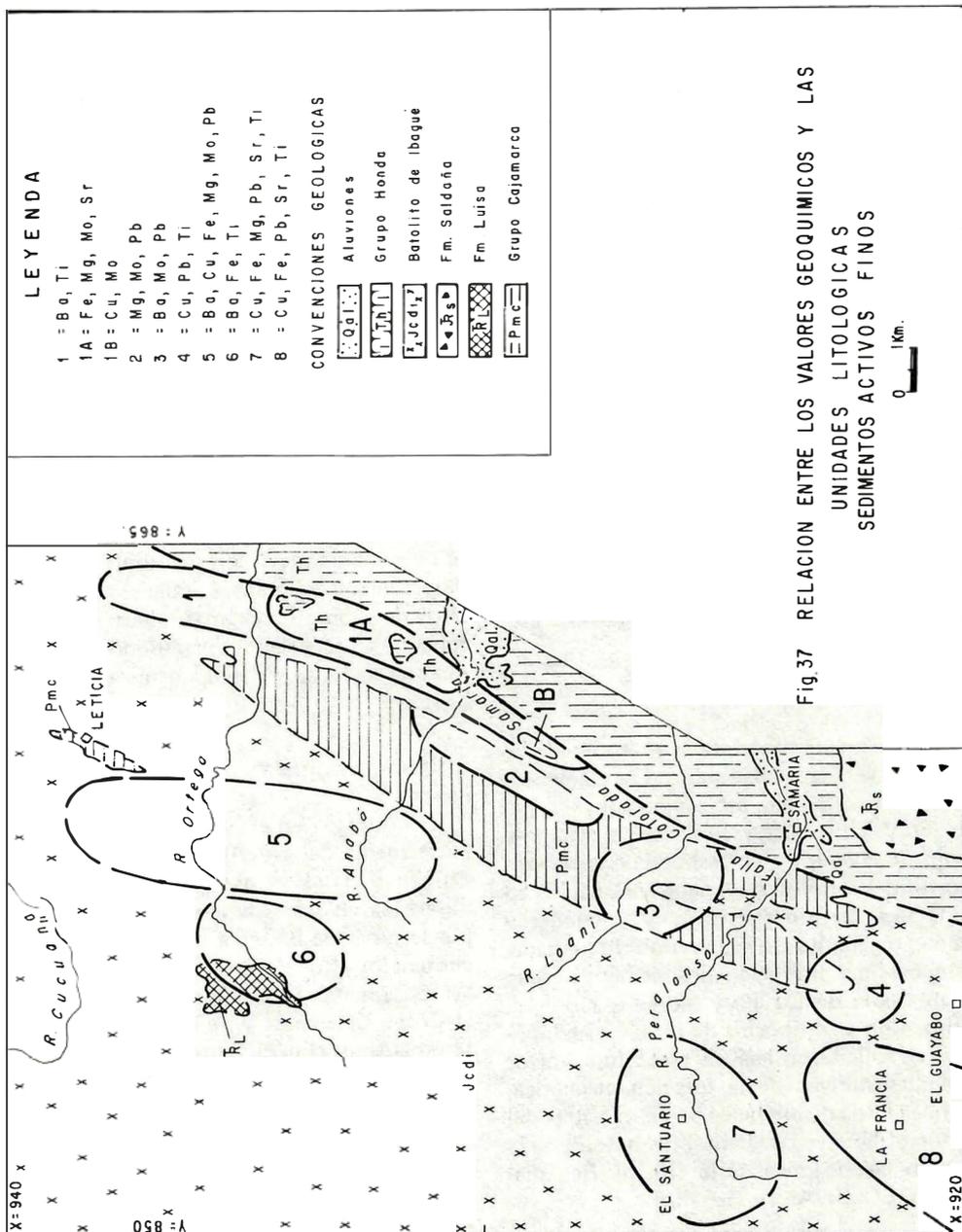
5.1.3. ASOCIACION 3

Está localizada en el Grupo Cajamarca a lo largo del río Loani y formada por: Ba, Mo y Pb. La diferencia con la asociación 2 estriba en el bario el cual pudo ser aportado por el batolito a través de procesos metasomáticos.

5.1.4. ASOCIACION 4

Ubicada al oriente de la vereda La Francia encierra los siguientes elementos: Cu, Pb y Ti. Aunque esta asociación aparece principalmente en el batolito no debe desconocerse la influencia que pudo haber ejercido el conjunto metamórfico en la distribución de estos elementos.

El Grupo Cajamarca posee tres asociaciones (dos, tres y cuatro) en las cuales los elementos típicos son: Pb y Mo, y subordinadamente Mg y Ba originados por la intrusión del batolito (?) o correspondientes al contenido normal del conjunto metamórfico.



5.1.5. ASOCIACION 5

Se presenta al occidente de la vereda Leticia y se extiende hacia el sur hasta el río Anabá. Esta franja la forman los siguientes elementos: Ba, Cu, Fe, Mg, Mo y Pb. La litología presente a lo largo de este sector corresponde al Batolito de Ibagué típico, cuarzodiorita de grano grueso a medio, cortado al norte por diques silicificados con microve-nillas de pirlita, magnetita y calcopirita, esta última, en cantidades muy bajas. Este grupo metálico posiblemente es el generador de la asociación 5 y su carácter económico es mínimo.

5.1.6. ASOCIACION 6

Ocurre en las cabeceras del río Ortega y comprende los siguientes elementos: Ba, Fe y Ti. Las rocas que afloran en esta región corresponden a los conglomerados, brechas y arcosas de la Formación Luisa y cuarzodiorita del Batolito de Ibagué. El establecimiento de una relación entre estas unidades y el Ba, Fe y Ti es difícil, aunque preliminarmente se puede atribuir al Batolito de Ibagué esta asociación.

5.1.7. ASOCIACION 7

Se encuentra ubicada en los alrededores de la vereda El Santuario. Los elementos constitutivos de esta asociación son: Cu, Fe, Pb, Sr y Ti; la roca encajante de este conjunto de elementos corresponde a la cuarzodiorita del Batolito de Ibagué enriquecida en minerales ferromagnesianos y secundariamente magnetita de grano fino diseminada. Este carácter litológico posiblemente causó la anomalía de Cu, Pb y Mo en el río Peralonso. Con el propósito de probar esta hipótesis se solicitaron análisis espectroquímicos semicuantitativos de la fracción magnética, máfica, félsica y metálica de 15 muestras del sector oriental y occidental del batolito, a la sección Geoquímica de la Oficina Regional del INGEOMINAS en Medellín.

5.1.8. ASOCIACION 8

Está localizada en los alrededores del caserío La Francia y compuesta por: Cu, Fe,

Pb, Sr y Ti. Este conjunto de elementos yace en un batolito similar al descrito en la asociación anterior.

5.2. ROCAS

Al igual que en el estudio de los sedimentos activos las rocas de la región de Peralonso permitieron establecer algunas asociaciones las cuales coinciden en gran parte con las encontradas en los sedimentos activos. La principal limitación en este estudio lo constituye el número de muestras analizadas.

El análisis litogeoquímico sirvió para reconocer las siguientes asociaciones (Fig.38).

5.2.1. ASOCIACION 1

Localizada en la margen oriental del Batolito de Ibagué y adyacente a la Falla Colorada - Samaria. Los elementos que componen esta asociación son: Ba y Ti, lo cual está en concordancia con los resultados obtenidos en los sedimentos activos. Los valores altos de titanio en algunas muestras de roca tomadas en este sector corresponden a los diques de andesita y dacita que cortan al batolito.

5.2.2. ASOCIACION 2

Alojada en el Grupo Cajamarca en la parte media del río Anabá y formada por: Cu, Pb y Ti. Esta asociación también fue observada en los sedimentos activos lo cual puede servir de base para considerar que los contenidos altos de Cu y Pb encontrados en las rocas metamórficas son los normales para el Grupo Cajamarca y no expresiones de metasomatismo con el batolito. Teniendo en cuenta esta observación litogeoquímica los autores consideran que el Cu y Pb corresponden al contenido normal del Grupo Cajamarca.

5.2.3. ASOCIACION 3

Ocupa una pequeña región localizada entre el río Anabá y río Loani y está compuesta por: Ba, Fe, Mg, Pb, Sr y Ti. La lito-

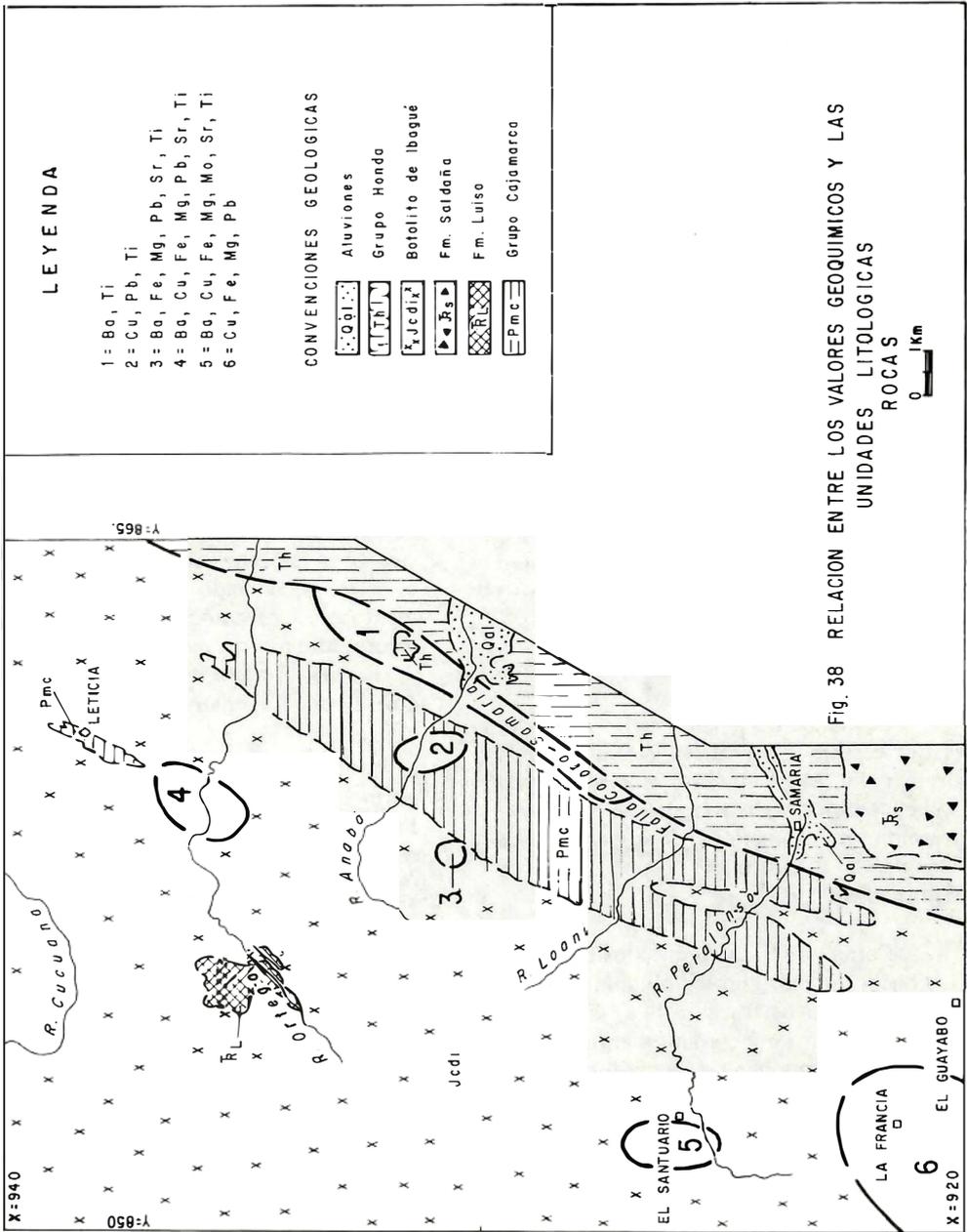


Fig. 38 RELACION ENTRE LOS VALORES GEOQUIMICOS Y LAS UNIDADES LITOLOGICAS ROCAS

logía que contiene este conjunto de elementos corresponde a la cuarzdiorita del Batolito de Ibagué enriquecida en máficos aunque cercana al contacto con el Grupo Cajamarca. En primera instancia se pueden atribuir los contenidos altos de este grupo de elementos al batolito, sin desconocer la posible influencia ejercida por el metasomatismo.

5.2.4. ASOCIACION 4

Ubicada al sur del caserío Leticia está conformada por Ba, Cu, Fe, Mg, Pb, Sr y Ti. Coincide esencialmente con la asociación 5 de los sedimentos activos cuyo origen se relacionó a las microvenillas de pirita, magnetita y calcopirita que bisectan al batolito en este lugar.

5.2.5. ASOCIACION 5

Ocupa el sector oriental de la vereda El Santuario y está formada por Ba, Cu, Fe, Mo, Sr y Ti. Este grupo de elementos coincide prácticamente en su totalidad con los descritos en la asociación 7 de los sedimentos activos.

5.2.6. ASOCIACION 6

Se encuentra alojada en los alrededores del caserío La Francia y está formada por: Cu, Fe, Mg y Pb. Esta asociación yace en la cuarzdiorita del Batolito de Ibagué enriquecida en minerales ferromagnesianos (hornblenda y biotita) y opacos finamente disseminados.

Comparando los resultados del análisis litogeoquímicos con los obtenidos en los sedimentos activos fracción fina, se encuentra que existe una concordancia entre los elementos que componen las asociaciones en las rocas y los presentes en los sedimentos. Además, el área ocupada por cada una de las asociaciones deducidas en las rocas es menor que la de los sedimentos activos debido a la dispersión secundaria.

6. CONCLUSIONES

El estudio de prospección geoquímica realizado en la región de Peralonso con

base en sedimentos activos finos y muestras de roca condujo a las siguientes conclusiones:

1. En la zona existe un marcado predominio de rocas ígneas correspondientes al Batolito de Ibagué y en menor proporción rocas metamórficas y sedimentarias. Estas unidades litológicas se pueden diferenciar claramente entre sí, teniendo en cuenta la distribución de Fe, Mg, Ti, Cu, Pb, Mo, Ba y Sr.
2. Las rocas metamórficas, facies esquistos verde, zona de biotita, reconocidas en la región estudiada se han correlacionado con el Grupo Cajamarca. Los paquetes metasedimentarios que aparecen escasamente dentro de la unidad, reflejan el paso transicional a rocas exentas de metamorfismo.
3. Los elementos estudiados en la región de Peralonso tienen un aumento progresivo en la concentración en dirección este-oeste, reconocido tanto en los sedimentos activos como en las rocas. Los valores altos se presentan en el Batolito de Ibagué, al oeste del área, y los bajos en el Grupo Cajamarca, al este.
4. El método gráfico para obtener el valor normal (bc) y el valor umbral (th) de Lozano, H., Pérez, H., (1977) ha demostrado su eficacia en intrusivos no mineralizados ("barren" intrusivos).
5. El análisis de la distribución de cada elemento con base en rangos de población es útil porque permite reconocer patrones geoquímicos con los cuales, se pueden fundamentar recomendaciones e interpretaciones.
6. En el área existe una relación directa entre el porcentaje de máficos presentes en el batolito y los valores espectrográficos de Cu, Mo, Pb, Fe, Ti y Mg obtenidos en los sedimentos activos y muestras de roca.

7. En la región de Peralonso los resultados espectrográficos de los sedimentos activos finos y rocas del Grupo Cajamarca son relativamente similares a los reportados en los esquistos negros del Cuadrángulo L-8 (NUÑEZ, A., et al, en preparación) y región de Salento - Cajamarca (LOZANO, H., et al, 1975).
8. Los elementos que componen las asociaciones en las rocas y en los sedimentos activos fracción fina son similares.
9. El área ocupada por las asociaciones deducidas del análisis de rocas es menor que la de los sedimentos activos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BARRERO, D., 1969.- *Petrografía del stock de Payandé y metamorfitas asociadas*. Bol. Geol. (Bogotá) 17 (1-3): 145-173.
- BARRERO, D., VESGA, C. J., 1976.- *Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9 (Armero) y mitad sur del Cuadrángulo J-9 (La Dorada)*. Ingeominas, Bogotá. Esc. 1:100.000.
- BARRERO, D., et al, 1976.- *Prospección geoquímica en la región de Hato Viejo, Rovira, Tolima. Inf. 1702*. Ingeominas, Bogotá. 31 p.
- DE PORTA, J., 1974.- *Grupo Honda. Lexique Stratigraphique International. Amerique Latine. Centre Nat. Res. Scient. (París) 5. Fasc. 4b Colombie*. p. 306-315.
- FRANCO, R., 1978.- *Lineamiento Cucuana - río Bogotá en imágenes LANDSAT*. Congr. Col. Geol. 2, Bogotá. Resúmenes.
- GEYER, O., 1973.- *Das prakretazische Mesozoikum von Kolumbien*. Geol. Jahr. (Hannover) 5: 156 p.
- LOBO-GUERRERO, A., 1974.- *Notas sobre la Falla de Ibagué*. Lobo-Guerrero y Cía. Bogotá.
- LOZANO, Q. H., PEREZ, S. H., MOSQUERA, T. D., 1975.- *Prospección geoquímica en los municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima. Inf. 1692*, Ingeominas, Bogotá. 103 p.
- LOZANO, Q. H., PEREZ, S. H., 1977.- *Método gráfico para determinar los valores de background y threshold en prospección geoquímica*. Ingeominas, Bogotá.
- MOJICA, J., et al, 1978.- *Acerca de la edad y facies de la Formación Saldaña, Valle Superior del río Magdalena, Colombia*. Congr. Col. Geol. 2. (Bogotá).
- MOSQUERA, T. D., NUÑEZ, T. A., VESGA, O. C. J., 1978.- *Mapa geológico del Cuadrángulo L-8 Ibagué*. (documento interno) Ingeominas, Of. Reg. Ibagué.
- MURILLO, R.A., LOZANO, Q. H., 1978.- *Geoquímica del sector norte del Batolito de Ibagué, Colombia*. Congr. Col. Geol. 2, (Bogotá)
- NELSON, H. W., 1957.- *Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali*. Leidse Geol. Meded. (Leiden) 22: 1-78.
- NUÑEZ, T. A., 1978.- *Petrogénesis del Batolito de Ibagué*. Congr. Col. Geol. 2, (Bogotá).
- NUÑEZ, T., MURILLO, R. A., *Geología y Prospección geoquímica del Cuadrángulo L-8 Ibagué*. Ingeominas, Bogotá (en prep.)
- PEREZ, S. H., LOZANO, Q. H., VESGA, C. J., 1976.- *Prospección Geoquímica en la mitad occidental del Cuadrángulo K-9 (Armero) Inf. 1634*, Ingeominas, Bogotá. 66 p.
- PEREZ, S. H., 1979.- *Algunos conceptos sobre la Falla de Ibagué*. Ingeominas, Bogotá. (in press).
- STRECKEISEN, A. (Chairman), 1974.- *Classification and nomenclature of plutonic rocks*. Geol. Rund., (Stuttgart) 63. (2): 773-786.