



Libertad y Orden

**INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA**

**INGEOMINAS**

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y MUESTREO GEOQUÍMICO EN LA  
PARTE NORTE DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL, PLANCHAS 165 Y  
185 (396 KILÓMETROS CUADRADOS).**

Elaborado por:



Contrato N° 392

**Bogotá, octubre de 2009**

República de Colombia  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA



**REPÚBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
INGEOMINAS**

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y MUESTREO GEOQUÍMICO EN LA PARTE  
NORTE DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL, PLANCHAS 165 Y 185 (396  
KILÓMETROS CUADRADOS).**

**Elaborado Por:**



**Nombre(s) Apellido(s) de los participantes**

**Guillermo Arboleda**

**Carlos Celada**

**Silvia Forero**

**Viviana Montealegre**

**Juan Carlos Padilla**

**Joel Carmona**

**Esteban Medina**

**Bogotá, octubre de 2009**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN.....	16
1. GENERALIDADES .....	18
1.1 LOCALIZACIÓN .....	18
1.2 VÍAS DE ACCESO .....	20
1.3 TRANSECTAS .....	23
1.4 ASPECTOS SOCIALES.....	27
1.5 CLIMA Y VEGETACIÓN.....	29
1.5.1 Flora .....	29
1.5.2 Fauna .....	31
1.6 HIDROGRAFÍA .....	32
1.7 ESTUDIOS ANTERIORES.....	34
1.8 METODOLOGÍA.....	34
1.9 PERSONAL PARTICIPANTE.....	38
2. GEOMORFOLOGIA.....	39
3. GEOLOGÍA .....	45
3.1 GEOLOGÍA .....	45
3.2 ESTRATIGRAFÍA.....	48
3.2.1 Complejo Cañasgordas.....	50
3.2.1.1 Chert y calizas de Nutibara (K <sub>2</sub> pnn) .....	50
3.2.1.2 Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K <sub>2</sub> pnu). .....	55
3.2.2 Monzodiorita de Farallones (N <sub>1</sub> mdf) .....	78
3.2.3 Aglomerado de Farallones (N <sub>1</sub> adf) .....	90
3.2.4 Depósitos Cuaternarios.....	93
4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	96
4.1 FALLAS .....	96

4.1.1	Falla La Mansa .....	96
4.1.2	Falla de San Francisco .....	97
4.2	LINEAMIENTOS .....	97
4.2.1	Sistema N-NW .....	97
4.2.2	Sistema N-NE .....	97
5.	GEOQUÍMICA .....	99
5.1	METODOLOGÍA .....	99
5.2	BASE DE DATOS .....	102
5.3	RESULTADOS DEL ANÁLISIS UNIVARIADO .....	103
5.3.1	Unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones (N <sub>1</sub> mdf).....	103
5.3.2	Unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urao (K <sub>2</sub> pnu) .....	111
5.4	MAPAS DE CONCENTRACIÓN PUNTUAL.....	119
5.5	RESULTADOS DEL ANÁLISIS MULTIVARIADO .....	127
5.5.1	Correlaciones de Spearman .....	127
5.5.2	Análisis de Conglomerados .....	130
5.6	LITOGEOQUÍMICA .....	135
5.6.1	Metodología .....	135
5.6.1.1	Litogeoquímica .....	138
5.6.2	Revisión de Anomalías Geoquímicas en Sedimentos Activos .....	138
5.6.2.1	Descripción micropetrográfica de las secciones delgadas y composición de las rocas en la Monzodiorita de Farallones .....	139
5.6.2.2	Monzodioritas .....	142
5.6.2.3	Dioritas .....	143
5.6.2.4	Gabros y Monzogabros .....	143
5.6.3	Diagramas normalizados respecto a la Condrita .....	146
5.6.4	Diagramas multielemento .....	147
5.6.5	Clasificación de roca con elementos mayores y diagramas de discriminación empleando elementos traza.....	150
5.6.5.1	Clasificación de rocas de la Monzodiorita de Farallones .....	150
5.6.5.2	Discriminación de ambientes tectónicos para la Monzodiorita de Farallones empleando los elementos traza.....	151
5.6.5.3	Discriminación entre Series Alcalina y Subalcalina. ....	151
5.6.5.4	Discriminación de Ambiente Tectónico.....	152
5.6.6	Potencial mineral de la zona .....	155



---

6.	GEOLOGÍA ECONÓMICA .....	157
6.1	MINERALIZACIONES ASOCIADAS A LA MONZODIORITA DE FARALLONES.....	157
6.2	PERSPECTIVAS DE DEPÓSITOS .....	160
7.	AMENAZAS NATURALES.....	162
7.1	MOVIMIENTOS POR REMOCIÓN EN MASA. ....	162
7.2	AVENIDAS TORRENCIALES .....	162
7.3	EROSIÓN.....	164
7.4	ZONAS DE AMENAZAS SÍSMICAS .....	164
8.	EVOLUCIÓN GEOLÓGICA .....	167
9.	CONCLUSIONES .....	171
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	175

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Mapa de localización del área de trabajo del contrato 392.	19
<b>Figura 2.</b> Vista del cerro Las Tetas tomada desde el sur del mismo.	20
<b>Figura 3.</b> Mapa de vías de acceso del área de estudio.	23
<b>Figura 4.</b> Río Grande, sector donde se desarrolló una de las transecta de campo.	24
<b>Figura 5.</b> Quebrada La Arboleda. Se aprecian rodados de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K <sub>2</sub> pnu).	24
<b>Figura 6.</b> Mapa de transectas realizadas en el área de estudio.	26
<b>Figura 7.</b> Mapa de resguardos indígenas en el área de estudio.	28
<b>Figura 8.</b> Ubicación en el área de estudio del mapa de las zonas de vida de Holdridge, (1947) utilizada por Espinal (1977).	30
<b>Figura 9.</b> Mapa de transectas realizadas en el área de estudio.	33
<b>Figura 10.</b> Formato utilizado en campo para la toma de muestras de sedimentos.	37
<b>Figura 11.</b> Imagen de satélite, donde se aprecian los principales rasgos topográficos del área de trabajo.	40
<b>Figura 12.</b> (a) Circo glaciar laguna Santa Rita y (b) valles en “U” del Cerro de Caramanta.	41
<b>Figura 13.</b> (a) Valle en “V” en la quebrada La Mansa y (b) valle en V formado por la acción del río Guaduas.	43
<b>Figura 14.</b> Expresión morfológica en la parte oriental del bloque de estudio, sector de Tapartó.	43
<b>Figura 15.</b> Panorámica del valle en artesa del río Guaduas, en el sector de montaña baja.	44
<b>Figura 16.</b> Mapa geológico del área de trabajo.	47
<b>Figura 17.</b> Columna estratigráfica generalizada del área.	49
<b>Figura 18.</b> Caliza silicificada muy fracturada y cizallada alterada sobre el cauce de la quebrada La Arboleda. Fracturas mineralizadas. (706521).	51
<b>Figura 19.</b> Microfotografías de calizas de la unidad de Chert y calizas de Nutibara.	52

- Figura 20.** Vista panorámica de los Farallones de Citará alrededor de la Laguna de Santa Rita. Rocas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 55
- Figura 21.** Triángulo de clasificación (QFFR) de Folk, 1976 para rocas sedimentarias según su composición, donde se observa la ubicación composicional de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 56
- Figura 22.** Microfotografías de las litoarenitas en las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 57
- Figura 23.** Pliegues en intercalaciones de lodolitas negras y grawacas sobre el río Grande. 59
- Figura 24.** Microfotografías de las grawacas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 60
- Figura 25.** Arcosa de grano fino muy masiva con cemento silíceo y presencia de óxidos en las diaclasas ubicada en la quebrada La Convención. 62
- Figura 26.** Microfotografías de las arcosas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 63
- Figura 27.** (a) Arcillolitas aflorando intercaladas con litoarenitas y (b) lodolitas negras intercaladas con litoarenitas en el camino que conduce a la quebrada Churruchú 65
- Figura 28.** Microfotografías de las lodolitas y arcillolitas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 66
- Figura 29.** Niveles espesos de lodolitas grises oscuras a negras, silíceas intercaladas con capas delgadas de litoarenitas de grano fino. 68
- Figura 30.** Columna estratigráfica quebrada La Arboleda. 69
- Figura 31.** Poligonal de la columna estratigráfica en la quebrada La Arboleda. 70
- Figura 32.** Litoarenitas silíceas masivas y laminadas, en capas de 20 - 30 cm de espesor, intercaladas con capas de lodolitas laminadas de aproximadamente 3 cm de espesor. 71
- Figura 33.** (a) Afloramiento de cornubiana de facies Horblenda – Cornubianita y (b) afloramiento de cornubiana de facies Albita-epidota-cornubianita. 72
- Figura 34.** Diagrama de Yardley (1989), con la ubicación de cada muestra en su respectiva facies. 73
- Figura 35.** Microfotografías de las cornubianas formadas a partir de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 75
- Figura 36.** Xenolitos de litoarenitas embebidos en la Monzodiorita de Farallones. Quebrada La Convención. 79
- Figura 37.** Triángulo de Streckeisen (1976) y ubicación de las rocas de la unidad. 80

- Figura 38.** Microfotografías de las secciones delgadas de 83  
monzodioritas de la unidad Monzodiorita de Farallones.
- Figura 39.** Afloramientos de cuarzomonzodiorita en diferentes sectores 84  
del área de trabajo.
- Figura 40.** Microfotografías de las secciones delgadas de Cuarzo 84  
monzodiorita de la unidad Monzodiorita de Farallones.
- Figura 41.** Afloramientos de tonalita en el sector de la Laguna de Santa 85  
Rita y de la quebrada Churruchú.
- Figura 42.** Microfotografías de las secciones delgadas de Tonalita de la 87  
unidad Monzodiorita de Farallones.
- Figura 43.** Afloramientos de granodiorita en el sector del río Tapartó. 88
- Figura 44.** Microfotografías de las secciones delgadas de granodiorita 90  
de la unidad Monzodiorita de Farallones.
- Figura 45.** Vista panorámica del Cerro de Farallones, donde se puede 91  
observar su morfología de posible edificio volcánico.
- Figura 46.** Afloramiento de tobas líticas muy meteorizadas en el Cerro 92  
Farallones.
- Figura 47.** Microfotografías de las secciones delgadas de los 93  
Aglomerados de Farallones.
- Figura 48.** Depósitos cuaternarios del río Tapartó. Se observa la fuerte 94  
diferenciación morfológica entre los diferentes tipos de unidades  
geológicas: la Monzodiorita de Farallones, la parte distal del abanico  
fluvio torrencial y los depósitos aluviales.
- Figura 49.** Contraste morfológico entre los depósitos cuaternarios del 95  
río Grande y las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.
- Figura 50.** Esquema estructural regional de la zona de trabajo. 98
- Figura 51.** Histogramas para Cadmio y Estaño en la Monzodiorita de 105  
Farallones (N<sub>1</sub>mdf).
- Figura 52.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos 107  
activos finos unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones.
- Figura 53.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos 108  
activos finos unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones.
- Figura 54.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos 109  
activos finos unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones.
- Figura 55.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos 110  
activos finos unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones.
- Figura 56.** Diagrama de frecuencias de Al (a) y La (b) en muestras de 113  
sedimentos activos finos.
- Figura 57.** Comparación de finos por unidad litogeoquímica en zinc (a) 114  
y cobre (b) unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones;

Unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.

**Figura 58.** Comparación de finos por unidad litogeoquímica en oro (a) y plata (b) unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones; Unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 115

**Figura 59.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 115

**Figura 60.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 116

**Figura 61.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 117

**Figura 62.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. 118

**Figura 63.** Mapas de Concentración Puntual de elementos en sedimentos activos finos. 121

**Figura 64.** Mapas de Concentración Puntual de elementos en sedimentos activos finos. 123

**Figura 65.** Mapas de Concentración Puntual de elementos en sedimentos activos finos. 126

**Figura 66.** Correlaciones bivariadas entre elementos analizados en sedimentos activos finos. 128

**Figura 67.** Dendograma entre elementos analizados en sedimentos activos finos. 130

**Figura 68.** Mapas multivariado de elementos en sedimentos activos finos. 132

**Figura 69.** Mapas multivariado de elementos en sedimentos activos finos. 134

**Figura 70.** Ubicación de muestras de secciones delgadas en el contrato #392. 140

**Figura 71.** Ubicación de las muestras litogeoquímicas de la Monzodiorita de Farallones. 141

**Figura 72.** Gráfica de correlación entre óxidos mayores en rocas de la Monzodiorita de Farallones. 142

**Figura 73.** Elementos de tierras raras normalizados y logarítmico respecto a la condrita (Sun y McDonough, 1995) en las muestras de la Monzodiorita de Farallones. 146

**Figura 74.** Diagrama multielemento para basaltos, normalizado respecto al manto primigenio, valores según Sun & McDonough 147

(1989).

**Figura 75.** Diagrama de elementos seleccionados en basaltos, 148 normalizados respecto al N-MORB.

**Figura 76.** Diagrama multielemento para basaltos, normalizado 149 respecto al E-MORB.

**Figura 77.** Promedio de todos los arcos andesíticos que se encuentran 149 en la base de datos GEOROC (Gunn, 2005).

**Figura 78.** Gráfica que presenta las muestras de la Monzodiorita de 150 Farallones representadas en el diagrama de Cox *et al.*, (1979) adaptado por Wilson (1989).

**Figura 79.** Muestras de la Monzodiorita de Farallones representadas en 152 el diagrama TAS (Le Bas *et al.*, 1986).

**Figura 80.** Muestras de la Monzodiorita de Farallones representadas en 152 el diagrama de Índice de alcalinidad vs contenido de aluminio (Le Bas *et al.*, 1986). Diagrama de discriminación de Nb Vs. Y para granitos (según Pearce *et al.*, 1984).

**Figura 81.** Diagrama de discriminación para granitos Ta Vs. Yb, 153 (Pearce *et al.*, 1984).

**Figura 82.** Diagrama de discriminación de Rb-(Y+Nb) para granitos 154 (Pearce *et al.*, 1984).

**Figura 83.** Diagrama de discriminación para granitos Rb vs. Yb+Ta 154 (Pearce *et al.*, 1984).

**Figura 84.** Ubicación de las Minas asociadas a la Monzodiorita de 155 Farallones.

**Figura 85.** Socavón de la Mina La Paloma en el extremo oriental del 158 Bloque, Vereda la Rochela, Corregimiento de Tapartó.

**Figura 86.** Ubicación de las concentraciones puntuales de los 159 elementos en el área.

**Figura 87.** Fenómeno de remoción en masa en la parte alta de la 161 vereda Monteloro.

**Figura 88.** Mapa de localización de los principales fenómenos de 162 remoción en masa y avenidas torrenciales encontradas en campo.

**Figura 89.** Mapa de localización de los principales fenómenos de 163 remoción en masa y avenidas torrenciales encontradas en campo..

**Figura 90.** Mapa de amenaza Sísmica de Colombia, el área se 165 encuentra en el rectángulo punteado negro. (Mapa tomado de [www.ingeminas.gov.co](http://www.ingeminas.gov.co)).

**Figura 91.** Mapa de Focos Sísmicos de Colombia. El área se encuentra 166 en el rectángulo punteado negro. (Mapa tomado de [www.ingeminas.gov.co](http://www.ingeminas.gov.co)).

**Figura 92.** Modelo de Evolución Geológica en el área. 168

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Coordenadas planas del área de estudio. Origen 3º Oeste.	18
<b>Tabla 2.</b> Clase y cantidad de muestras analizadas durante el desarrollo del presente trabajo.	35
<b>Tabla 3.</b> Nomenclatura utilizada en este trabajo.	48
<b>Tabla 4.</b> Muestras de las calizas de la unidad de Chert y Calizas de Nutibara con sus minerales principales y clasificación.	53
<b>Tabla 5.</b> Composición modal de muestras de arenitas de la unidad de Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao	58
<b>Tabla 6.</b> Muestras de las grawacas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao con sus minerales principales y clasificación.	61
<b>Tabla 7.</b> Muestras de las arcosas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao con sus minerales principales y clasificación.	64
<b>Tabla 8.</b> Muestras de las lodolitas y arcillolitas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao con sus minerales principales y clasificación.	67
<b>Tabla 9.</b> Muestras de las cornubianas formadas a partir de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao con sus minerales principales y clasificación.	76
<b>Tabla 10.</b> Petrografía de las muestras de roca de la Monzodiorita de Farallones.	82
<b>Tabla 11.</b> Muestras por elemento químico en la zona de estudio que corresponden a las planchas 165 y 185.	100
<b>Tabla 12.</b> Análisis exploratorio de datos para el Monzodiorita de Farallones (N <sub>1</sub> mdf).	104
<b>Tabla 13.</b> Análisis exploratorio de datos para las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K <sub>2</sub> pnu).	111
<b>Tabla 14.</b> Diagramas Scatter Múltiples entre elementos analizados en	129

sedimentos activos finos.

**Tabla 15.** Límites de detección del análisis de rocas por ICP-MS. 136

**Tabla 16.** Resultado del Análisis Químico de Rocas de la Monzodiorita de Farallones. 137

**Tabla 17.** Resultado del Análisis de secciones delgadas para 6 muestras de la Monzodiorita de Farallones. 144

**Tabla 18.** Comparación de la media y desviación estándar de la Monzodiorita de Farallones y el Batolito de Mandé (Salazar *et al*, 2005). 145



## **LISTA DE ANEXOS**

- Anexo 392-1.1.** Libro Índice.
- Anexo 392-2.1.** Mapa Geológico.
- Anexo 392-2.2.** Mapa de Estaciones.
- Anexo 392-2.3.** Mapa de Estaciones con Muestra de Petrografía.
- Anexo 392-2.4.** Mapa de Estaciones con Sedimentos Finos
- Anexo 392-3.1.** Columna Estratigráfica Quebrada La Arboleda.
- Anexo 392-3.2.** Poligonal de la Columna Estratigráfica Quebrada La Arboleda.
- Anexo 392-4.1.** Petrografía.
- Anexo 392-5.1.** Informe de Análisis Paleontológicos.
- Anexo 392-6.1.** Mapa de Concentración Puntual de Oro (Au).
- Anexo 392-6.2.** Mapa de Concentración Puntual de Plata (Ag)
- Anexo 392-6.3.** Mapa de Concentración Puntual de Cobre (Cu)
- Anexo 392-6.4.** Mapa de Concentración Puntual de Zinc (Zn)
- Anexo 392-6.5.** Mapa de Concentración Puntual de Molibdeno (Mo)
- Anexo 392-6.6.** Mapa de Concentración Puntual de Plomo (Pb)
- Anexo 392-7-1.** Originales de los resultados de los Análisis Físicoquímicos de Sedimentos Finos y Litogeoquímica.
- Anexo 392-8-1.** Resultados de las dataciones Ar/Ar.

## **RESUMEN**

El área donde se realizó la cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico de las planchas 165 y 185, correspondiente a 396km<sup>2</sup>, se ubica en límites de los departamentos de Chocó, Antioquia y Risaralda. El principal rasgo geomorfológico del área son los Farallones del Citará. El drenaje es de tipo sub-angular, con valles en “V” y fuertes pendientes. Los principales cursos de agua presentes en el área son los ríos Grande, Guaduas, Azul, Tapartó, El Pedral, Andágueda y las quebradas Convención, La Linda, La Arboleda, La Alberia, El Plateado, La Cristalina, La Chaparrala y Churruchú entre las más importantes. Climáticamente la zona de trabajo esta marcada por la presencia de los farallones de Citará, con cuatro diferentes pisos térmicos, con una temperatura media anual de 20° C en la parte baja y 5° C en las cumbres. En la vertiente del río Cauca la temperatura media es de 19,5° C y precipitación media anual de 4000 mm (municipios de Andes, Betánia y Ciudad Bolívar – Antioquia). En la vertiente pacífica - costado oeste (municipio de El Carmen del Atrato), la temperatura media es de 18,5° C y precipitación media anual entre 4.000 y 6.000 mm.

Socialmente, dentro del área se tiene la presencia de comunidades indígenas en el resguardo Andágueda y el resguardo único Embera – Chamí y quienes son celosos con su territorio, no aprobaron la realización de los trabajos dentro de su territorio, así como de grupos al margen de la ley en la parte sur y oeste del polígono de trabajo. Estos grupos dificultaron la realización de los trabajos de campo, alargando las comisiones de campo.

Geológicamente en el área afloran rocas ígneas y sedimentarias con edades que oscilan entre el Cretáceo Superior al Mioceno Superior. Las rocas sedimentarias presentes fueron definidas como Formación Penderisco del Complejo Cañasgordas, que incluye los miembros Urrao y Nutibara (Alvarez y Gonzalez, 1978), en el proyecto Cordillera Occidental se redefinen como las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao y las Chert y calizas de Nutibara.

En el área aflora la Monzodiorita de Farallones de edad Mioceno Medio el cual corresponde a un cuerpo de composición predominantemente monzonítica, emplazado en el eje de la cordillera Occidental, donde forma los Farallones de Citará, los cuales alcanzan hasta 4000 msnm.

A lo largo del Cerro Farallones entre la quebrada La Cascada al norte y la quebrada Bramadora al sur, desde los 3200 hasta los 4000 m.s.n.m., se encuentran depósitos terciarios, los cuales consisten en tobas líticas de composición intermedia, de color gris a gris verdoso, por lo general medianamente meteorizadas, compactas, con textura fragmental de tamaño variable entre lapilli y ceniza gruesa con gran cantidad de líticos angulares a

sub-angulares, de sedimentitas silíceas y fragmentos de rocas volcánicas porfídicas, formando aglomerados. Estos depósitos terciarios pueden asociarse con un antiguo cuello volcánico. En este trabajo se denominan como Aglomerado de Farallones.

Debido a las características de las rocas vistas en campo y la petrografía desarrollada se efectuaron modificaciones a los mapas existentes realizados por INGEOMINAS, especialmente en lo concerniente a la Monzodiorita de Farallones ya que sus contactos se pudieron observar en detalle. De igual manera, su extensión es menor a la establecida por INGEOMINAS en las Planchas 165 (Carmen de Atrato) y 185 (Bagadó).

Estructuralmente la evolución de la zona está directamente relacionada con el desarrollo estructural de la Cordillera Occidental, la cual ha sufrido procesos de deformación y compresión debidas a subducción de las placas tectónicas en el occidente colombiano, lo cual genera varios sistemas de fallas que incluyen fallas transcurrentes, fallas normales y lineamientos fotogeológicos de diferente dirección y tamaño.

Los yacimientos minerales primarios se encuentran localizados hacia los bordes de la Monzodiorita de Farallones, donde se formaron depósitos por medio de soluciones hidrotermales. Las mineralizaciones asociadas a este cuerpo se desarrollaron en una amplia aureola de contacto (aproximadamente 5 km) en forma de estructuras vetiformes que obedecen a un control estructural. El plutón es a su vez, roca huésped de mineralizaciones de oro, plata y polisulfuros.

Relacionadas a esta unidad, están ubicadas al oeste del plutón, las minas de Dabaibe y La Argelia. Al sur, el Distrito Minero de Puerto de Oro y al este las minas La Cucarrona y San Pablo.

Las principales amenazas que se pudieron observar en campo, son las inundaciones en los valles de los ríos Bolívar, Farallones y Tapartó, así como algunos fenómenos de remoción en masa en las veredas Monteloro y Farallones.

## **ABSTRACT**

The area was carried out geological mapping and geochemical sampling of the plates 165 and 185, corresponding to 396km<sup>2</sup>, lies on the border between the departments of Chocó, Antioquia and Risaralda. The main geomorphologic feature of the area is the Farallones the Citara. The drainage is sub-angular form, with valleys in "V" and steep slopes. The major waterways are in the area are the rivers Grande, Guaduas, Azul, Tapartó, El Pedral, Andágueda and the creeks Convención, La Linda, La Arboleda, La Alberia, El Plateado, La Cristalina, La Chaparrala y Churruchú among the most important. Climatically the work area is marked by the presence of the Farallones de Citara, with four different climatic zones, with an average annual temperature of 20 ° C on the floor and 5° C on the summits. In the Cauca River watershed average temperature is 19.5° C and average annual rainfall of 4000 mm (towns of Andes, Betania and Ciudad Bolivar - Antioquia). On the Pacific side - west side (municipality of El Carmen del Atrato), the average temperature is 18.5° C and average annual rainfall between 4.000 y 6.000 mm.

Socially, in the area have the presence of indigenous communities in the Andagueda Reservation and the Embera - Chamí Reservation, who are jealous of their territory, did not approve the conduct of business within its territory and groups outside the law in the south and west of the site of work. These groups difficult to carry out field work, stretching the field committees.

Geologically the area outcrops of igneous and sedimentary rocks ranging in age from the Upper Cretaceous to Miocene. Sedimentary rocks were defined as present Penderisco Complex Formation Cañasgordas, including members Nutibara and Urrao (Alvarez y Gonzalez, 1978), in the Western Cordillera project are redefined as Lithicsandstones, siltstones and mudstones of Urrao and Chert and limestone of Nutibara.

In the area outcrops of the Farallones Monzodiorites, Middle Miocene age which corresponds to a predominantly monzonite body composition, located on the axis of the Western Cordillera, where the form Farallones of Citará, which reach up 4000 msnm.

Along the Cerro Farallones between La Cascada creek at the north and south Bramadora creek, from 3200 to 4000 m, are tertiary deposits, which consist of lithic tuffs of intermediate composition, gray to greenish gray usually moderately weathered, compacts, with fragmental texture varying from coarse lapilli and ash with a large amount of lithic angular to sub-angular, siliceous sediments and fragments of porphyritic volcanic rocks, forming agglomerates. These tertiary deposits may be associated with an ancient volcanic neck. In this paper we refer to as Farallones Agglomerate.

Due to the nature of the rocks seen in field and petrography developed modifications were made to existing maps made by INGEOMINAS, especially regarding the Farallones Monzodiorites and their contacts could be observed in detail. Similarly, the extent is less than that established by INGEOMINAS in the plates 165 (Carmen de Atrato) and 185 (Bagadó).

Structurally, the evolution of the area is directly related to the structural development of the Western Cordillera, which has undergone processes of deformation and compression due to subduction of tectonic plates in western Colombia, which produces multiple fault systems including transform faults, normal faults and photogeologist lineaments with different direction and size.

The primary mineral deposits are located toward the edges of the Farallones Monzodiorites, where deposits formed by hydrothermal solutions. Mineralization associated with this body took place in a wide contact aureole (approximately 5 km) vetiformes shaped structures that follow a structural control. The pluton turn host rock for mineralization of gold, silver and polysulfides.

Related to this unit, are located the Dabaibe and Algeria mines, at west of the pluton. To the south, the Mining District of Puerto de Oro and the east La Cucarrona y San Pablo mine.

The main hazards that could be observed in the field are flooding in Bolivar, Farallones and Tapartó river valleys and some landslides events on the veredas Monteloro and Farallones.

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente informe se presentan los resultados de los trabajos realizados en la parte norte de la Cordillera Occidental, en un área localizada en las planchas 165-Carmén de Atrato y 185-Bagadó, donde se realizó una cartografía de 396 km<sup>2</sup>, incluyendo el muestreo geoquímico de 236 muestras de sedimentos activos, 62 muestras de roca para análisis petrográfico, 10 muestras de roca para calcografía, 6 muestras para análisis litogeoquímico, 2 muestras de roca para geocronología y 4 muestras para clasificación paleontológica, con el fin de mejorar el conocimiento geológico de la zona y evaluar el potencial de recursos minerales del área.

Dentro de la cartografía geológica, se mejoro el nivel de detalle de las unidades aflorantes, cartografiadas anteriormente, así como se postula la presencia de una nueva unidad geológica, denominada en este trabajo como Aglomerado de Farallones (N1adf). La información obtenida en campo durante la realización de este trabajo se integró con la información y bases de datos facilitados por INGEOMINAS de sus trabajos anteriores. De igual manera se utilizó la interpretación de imágenes Landsat, fotografías aéreas, imágenes de radar, así como modelos elevación digital, para de esta manera obtener una versión corregida del mapa geológico en escala 1:100.000 del área de trabajo, siguiendo los parámetros y estándares de INGEOMINAS.

Como resumen de los resultados de todos los análisis realizados, se elaboró un libro índice, en el cual se incluye toda la información geológica, como una base de datos de las estaciones de campo, las muestras recolectadas y los resultados de todos los análisis de laboratorio. Los análisis de las muestras de sedimentos finos activos los realizo Inspectorate America Corporation, los análisis de petrografía los realizo en geólogo Humberto Gonzalez, los análisis litogeoquímicos los realizo Actlabs Skyline Perú SAC., los análisis de micropaleontología los realizo la Universidad EAFIT, en cabeza del geólogo Ignacio Martínez. Los análisis geocronológicos los esta realizando Gmas Colombia, y se encuentran en proceso.

En este proyecto de Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico en la parte norte de la Cordillera Occidental, y el Proyecto Cordillera Occidental de INGEOMINAS, está en proceso de cambiar y re-evaluar la nomenclatura estratigráfica de esta parte de la cordillera, debido a la gran complejidad de tipo tectónico, estratigráfico y estructural, que han generado gran cantidad de problemas de correlación, por lo cual para la realización de este trabajo se propone una nueva definición de las unidades, renombrando el Grupo Cañasgordas por Complejo Cañasgordas, el Miembro Nutibara por Chert y calizas de Nutibara y Miembro Urrao por Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. Las otras unidades aflorantes son la Monzodiorita de Farallones y el

Aglomerado de Farallones, que en este trabajo se interpreta como un antiguo cuello volcánico.

Estructuralmente, el área en cuestión existe una zona con un componente de cizalla simple evidenciado por las múltiples fallas de rumbo sinéstrales que rigen en la zona con una tendencia NNW-SSE y un sistema secundario con dirección NE-SW de componente sinestral siendo estos parte de un sistema de relevo del sistema N-NW.



## 1. GENERALIDADES

El área de estudio se encuentra ubicada en la Cordillera Occidental de Colombia que separa los valles del río Atrato y río Cauca. El área comprende 396 km<sup>2</sup> abarcando principalmente los Farallones de Citará con sus altas cimas y fuertes pendientes que están conformados principalmente por una extensa zona selvática con gran diversidad de climas, siendo hogar de numerosas etnias.

### 1.1 LOCALIZACIÓN

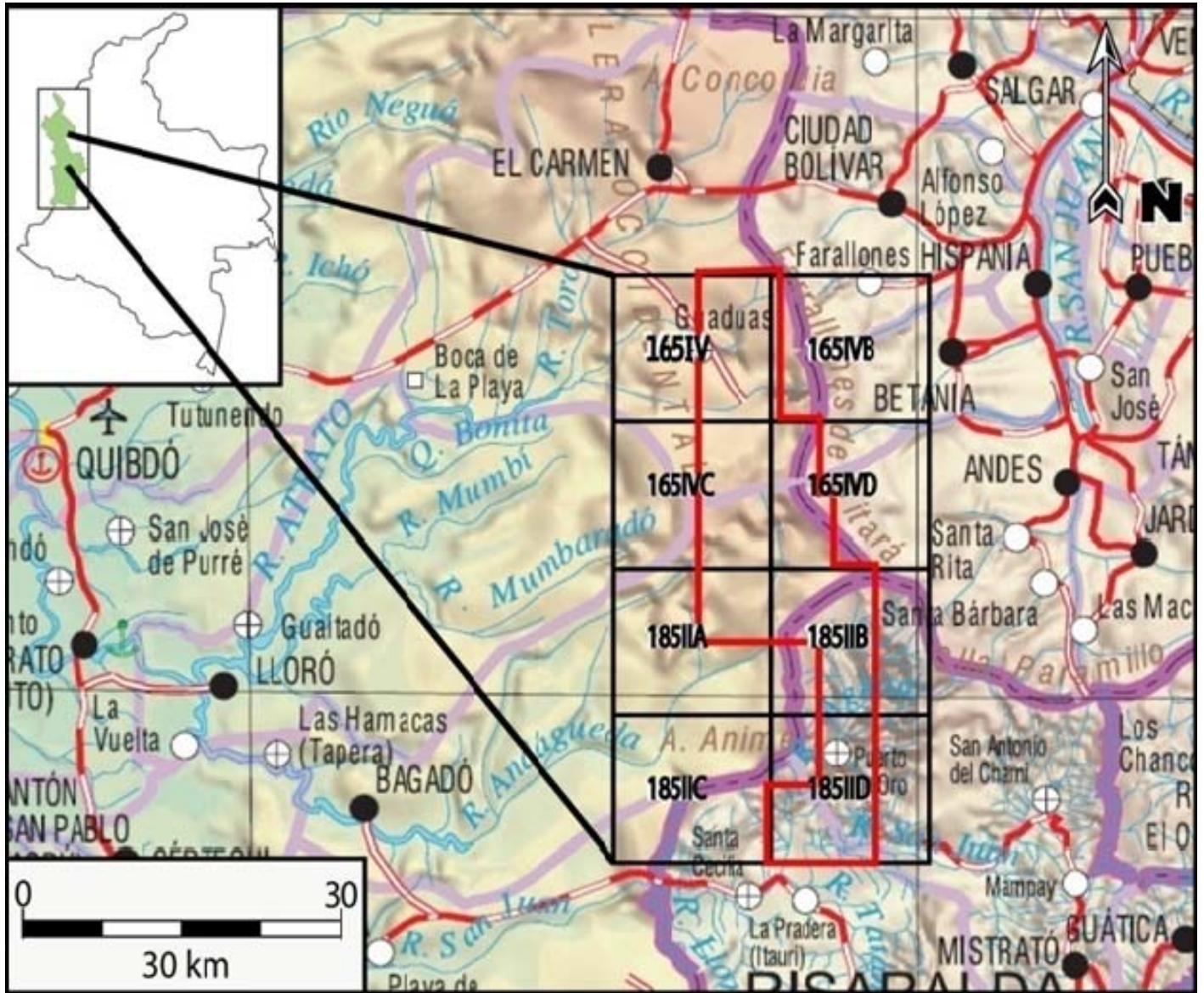
El área donde se realizó la Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico de las planchas 165 y 185, correspondiente a 396 km<sup>2</sup>, se ubica en límites de los departamentos de Chocó, Antioquia y Risaralda. Está enmarcada por las prominentes elevaciones de los Farallones de Citará, (Figura 1) en su sector este y colinas altas en la vertiente oeste (cuencas de los ríos Grande y Guaduas).

El patrón de drenaje es dendrítico, con valles estrechos en "V" y laderas casi verticales. En la Tabla 1, se presentan las coordenadas del área de trabajo. Los Farallones de Citará se encuentran relativamente aislados del resto de la Cordillera Occidental por dos pasos bajos cuya altura se aproxima a los 2.000 msnm. El paso norte está marcado por la vía que conduce de Medellín a Quibdó, pasando por el municipio de Ciudad Bolívar - corregimiento de La Mansa – municipio de Carmen de Atrato. Por el paso sur, esta la vía que conduce de Pereira a Quibdó, pasando por los municipios de Pueblo Rico - Santa Cecilia – Tadó y Las Animas.

**Tabla 1.** Coordenadas planas del área de estudio. Origen Buenaventura.

PUNTO	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
1	1140208.881	1103057.069
2	1115000.000	1103057.069
3	1115000.000	1114588.525
4	1105216.399	1114588.525
5	1105216.399	1109582.577
6	1100000.000	1109582.577
7	1100000.000	1120000.000
8	1120290.483	1120000.000
9	1120290.483	1115973.438
10	1125000.000	1115949.775
11	1125000.000	1114652.278
12	1130222.376	1114652.278
13	1130222.376	1110832.152
14	1140208.881	1110832.152





**Figura 1.** Mapa de localización del área de trabajo del contrato 392.

Los Farallones de Citará constituyen el rasgo predominante del área de estudio que limita los departamentos de Chocó, Antioquia y Risaralda, comprende tres subsectores que son cerros de Caramanta en al Sur, San Fernando en la parte media y San Nicolás en la parte norte, con gran número de cerros aislados que resaltan sobre los demás, como son los cerros San Nazario, Las Tetas y El Cóndor entre otros (Figura 2).



**Figura 2.** Vista del cerro Las Tetas tomada desde el sur del mismo.

## **1.2 VÍAS DE ACCESO**

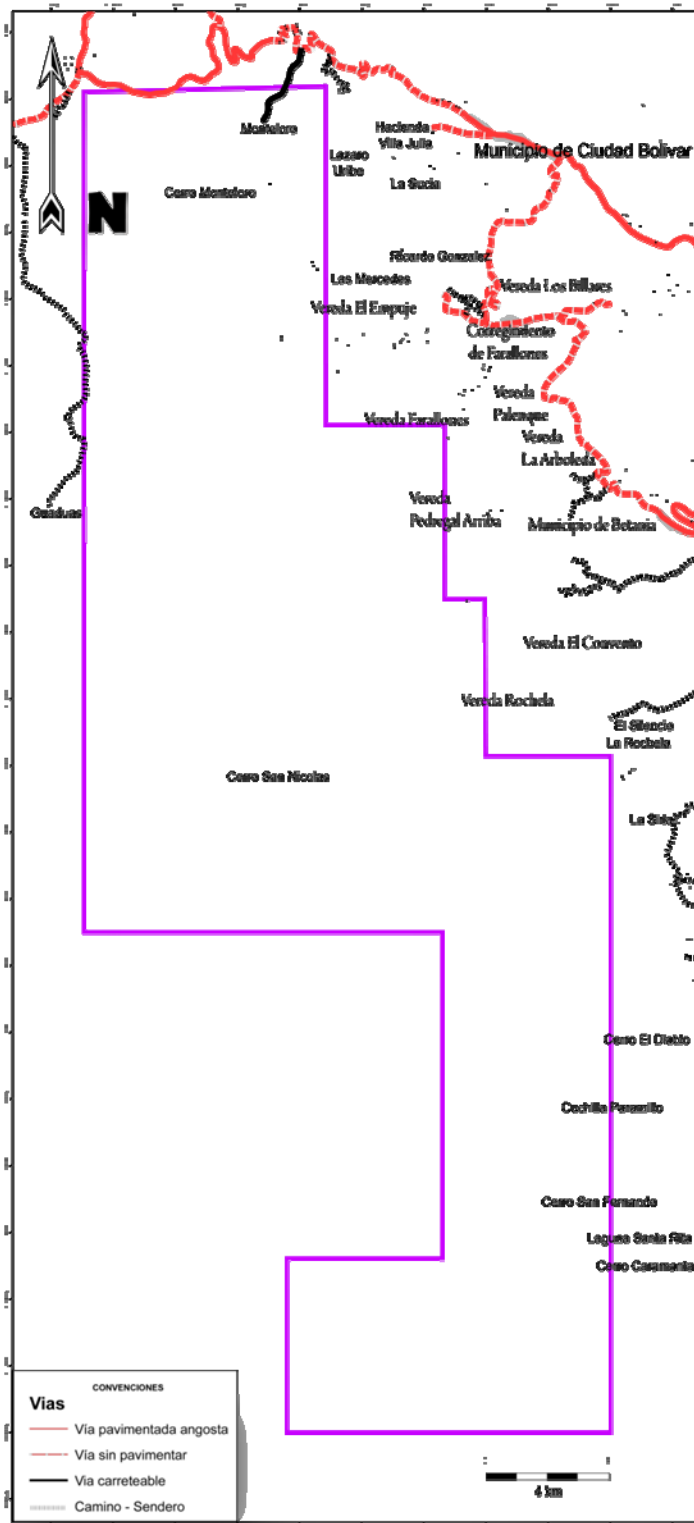
Al área se accede por la vía Medellín – Quibdó. De allí se desprenden ramificaciones y caminos alternos por los cuales se acceden a las poblaciones y veredas más cercanas al área de trabajo. (Figura 3)

De el municipio de El Carmen de Atrato (Chocó), se desprende una vía destapada con dirección sur-sureste que conduce a la vereda Guaduas al occidente del bloque, desde allí se utilizaron caminos de herradura, que ingresaban a las diferentes fincas del área para realizar las traversas del área de estudio.

Pasando el límite departamental por la vía Quibdó - Medellín, se encuentra la Inspección de Policía La Mansa (Chocó) desde donde se desprende un camino hacia el sur, que conduce a la vereda Monteloro (Chocó), de allí también se accede a la vereda La Linda, municipio de Ciudad Bolívar (Antioquia), por una vía que bordea la quebrada del mismo nombre.

Por la carretera Ciudad Bolívar – Medellín, se encuentra una vía hacia el Oriente que conduce al Corregimiento de Farallones, desde donde se siguen

accesos y caminos de herradura que llevan a la parte alta de los Farallones de Citara. Por la vía Medellín – Ciudad Bolívar, en el lugar conocido como el Remolino, parte una vía que conduce a los municipios de Andes y Betania (Antioquia), y así mismo a los corregimientos de Tapartó y Santa Rita. Pese a que en el catálogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia se describe el camino que lleva a la mina abandonada de Dabaibe desde Tapartó o Santa Rita; pero por servir de comunicación entre los departamentos de Antioquia y Chocó, ha sido tránsito continuo de grupos al margen de la ley así que el ejército realizó acciones de bloqueo de este camino, para poder realizar control de la zona siendo imposible transitar por dicho camino.



**Figura 3.** Mapa de vías de acceso del área de estudio.



### 1.3 TRANSECTAS

Se ingresó al bloque iniciando por la zona Oriental (Departamento del Chocó) y se efectuaron los trabajos de la siguiente manera:

La primera transecta realizada fue la del río Grande (Figura 4), incluyendo la quebrada Convención, seguida por la de las cabeceras del río Guaduas.



**Figura 4.** Río Grande, sector donde se desarrolló una de las transecta de campo.

Posteriormente se dio inicio a las labores en la transecta del río Tapartó. Al finalizar esta, el grupo se dividió y se cartografiaron las partes más altas de la zona, equivalente a los cerros de Monteloro, Farallones y San Nazario, este último por el camino a Dabaibe.

- **Zona río Grande:**

El campamento se ubico a 45min (camino de herradura), del punto final del carreteable que conduce a la vereda Guaduas (Departamento del Chocó), y que parte de la vía Medellín – Quibdó, seis kilómetros después del corregimiento de El Siete, Carmen de Atrato. Luego se dividió el grupo de trabajo en dos equipos, uno realizó trabajos en la zona Occidental del bloque, en las cabeceras del río Guaduas y el otro equipo, trabajo en la zona norte del área, sobre las quebradas La Arboleda, La Cristalina y La Linda, con el fin de abarcar mayor área.

- **Zona río Guaduas:**

Inició con una base ubicada a 2 horas por camino de herradura de la escuela de la vereda Guaduas, de allí se colectaron un total de 20 muestras de sedimentos activos de corriente y 10 muestras de roca, al igual que en el río grande se identifican litoarenitas y chert adicionalmente limolitas y rodados de conglomerados tanto clasto soportado como matriz soportado.

- **Zona Norte**

Abarcando las quebradas La Arboleda en el extremo nor-occidental del área (Figura 5), La Cristalina en la parte norte y la Linda en el sector Nororiental del bloque; paralela a la quebrada La Arboleda se encuentra una camino carreteable que conduce a la Finca de Los Cardona por donde sea accede a la cabecera y a la vereda de Guaduas. A las quebradas La Cristalina y La Linda se accede por la vía Medellín – Quibdó y por el camino que conduce a la vereda de Monteloro. Se colectaron 43 muestras de sedimentos activos de corriente y 8 muestras de roca todas sedimentarias de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.



**Figura 5.** Quebrada La Arboleda. Se aprecian rodados de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K<sub>2</sub>pnu).

- **Zona río Tapartó:**

Se accede al río Tapartó por los diferentes caminos de herradura de fincas y de minas aledañas. En este sector se realizaron secciones a lo largo de la Cuenca alta del río Tapartó, la cual incluye el río Tapartó, las quebradas La Clara y Zagueta, así como también el camino Los Chorros – Salto el Cóndor. El principal aporte de clastos del río Tapartó está constituido por el intrusivo.

- **Secciones por Los Filos**

Debido a las falencias de accesos por las quebradas de la vertiente oriental de la zona, y a la abrupta topografía, fue necesario dividir el grupo en cuatro partes.

**Grupo 1**, sector del cerro Monteloro, ubicando su base en la finca La Cascada, se llegó a las partes más altas de la zona Norte.

**Grupo 2**, sector de Farallones, ubicando su base a 3300m de altura ascendiendo por el cerro Farallones, donde se observaron rocas sedimentarias y volcánicas sedimentarias.

**Grupo 3**, sector Camino Dabaibe, ascendiendo por el camino que conduce a la antigua mina Dabaibe se aprecian rocas intrusivas de la Monzodiorita de Farallones.

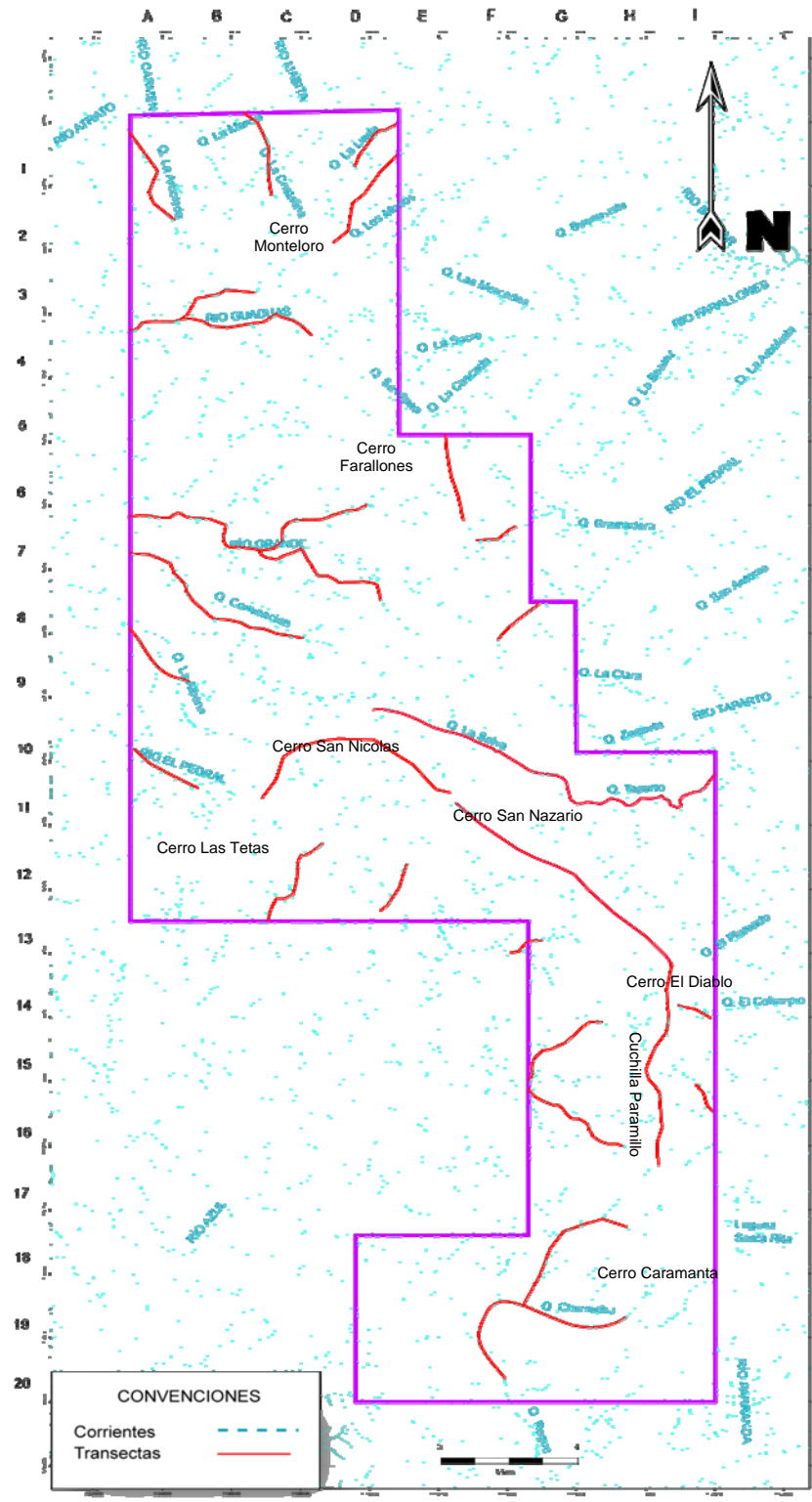
**Grupo 4**, sector de la quebrada La Arboleda. La columna estratigráfica fue realizada en las cabeceras de la quebrada La Arboleda, en rocas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.

Posteriormente se emprendió el ascenso desde la Finca Las Marías (Municipio de Betania), a lo largo del filo que separa las cuencas del río El Pedral y la quebrada Guadalejo (quebrada San Antonio). Durante el recorrido se observaron afloramientos de lodolitas silíceas en el costado occidental del cerro en donde se colectaron 2 muestras.

Para realizar la transecta al cerro San Nazario (límite departamental Chocó – Antioquia), fue posible acceder al camino a la antigua mina de Dabaibe por la vereda La Rochela.

En la cima del Cerro San Nazario se crean dos grupos dirigiéndose uno hacia el Sur y otro hacia el Norte, siguiendo las partes más altas, durante este recorrido la principal litología son las rocas mesocráticas de la Monzodiorita de Farallones.

Para proceder con la elaboración de los correspondientes mapas fue necesario ubicar muestras sobre las quebradas Chaparrala, Itaca y El Plateado (fuera del polígono), y afluentes. En la Figura 6, se presenta el mapa de las transectas llevadas a cabo para el desarrollo del proyecto.



**Figura 6.** Mapa de transectas realizadas en el área de estudio.



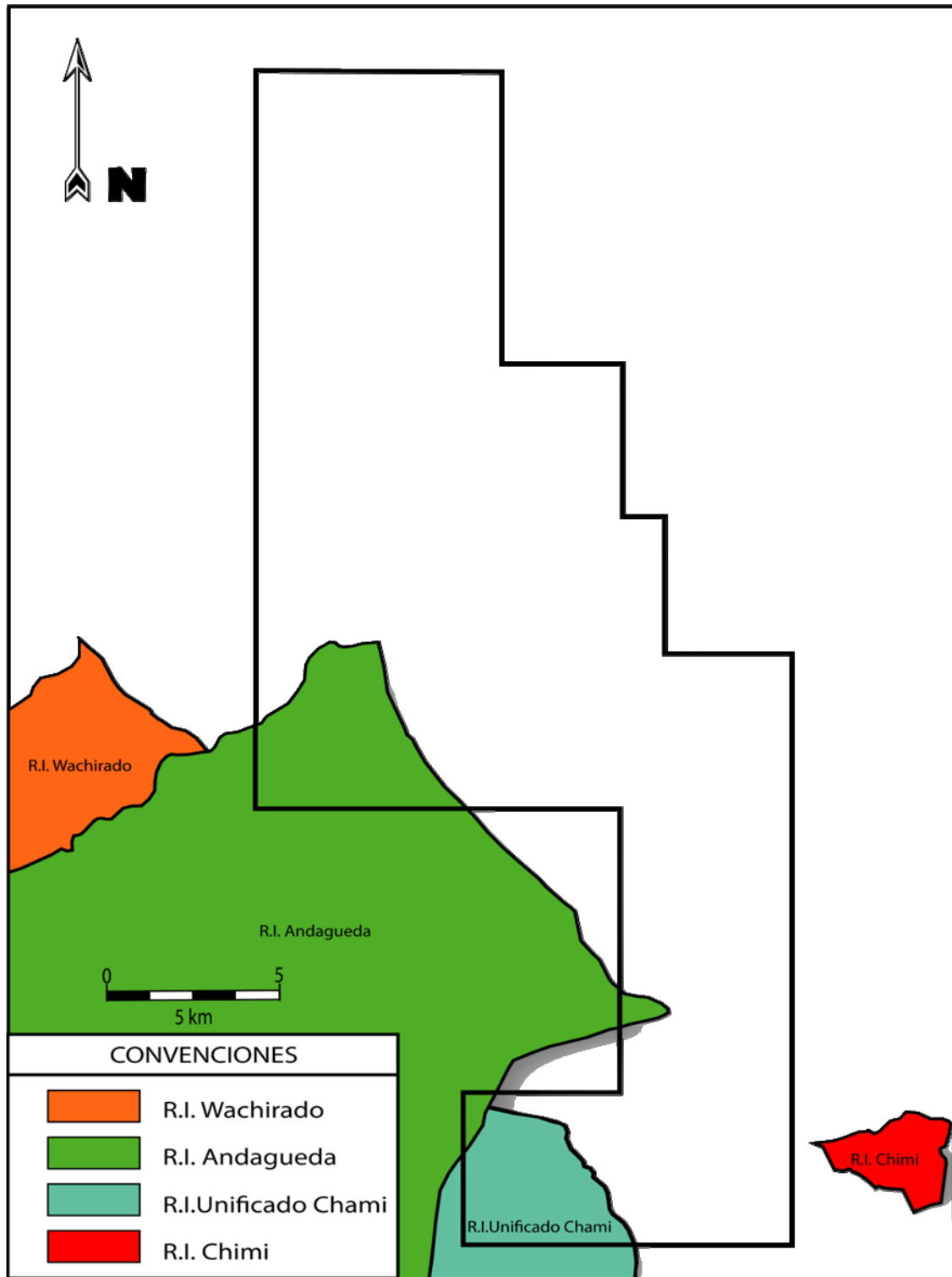
## 1.4 ASPECTOS SOCIALES

Las tribus indígenas que habitaban los alrededores del complejo Citará pertenecían a las etnias Citaraes y Tapartóes, e incluso en la actualidad existen en estos municipios resguardos indígenas Emberas (Universidad Nacional, 1997), según la Universidad Nacional de Colombia (1997), la zona del suroeste antioqueño (Figura 7) fue descubierta a mediados del siglo XVI y su proceso de colonización comenzó en 1800 por parte de colonos que buscaban oro en las vertientes del río San Juan y por la abundancia de fuentes de sal. Los resguardos ocupan un 10% del área de estudio ubicando comunidades indígenas del resguardo Emberá-Chamí en las vías de acceso a la zona de estudio, estos indígenas son extremadamente celosos con su territorio, dificultando el ingreso directo a la zona, por lo que se tuvo que remontar la cordillera desde el lado este (laguna de Santa Rita), para posteriormente descender por la cuenca alta de la quebrada Churruchú, donde se tomó la información necesaria. De igual manera, estos inconvenientes se compensaron con recorridos por los filos más elevados del polígono, como son el cerro San Nazario y el cerro Farallones.

La parte chocoana del área corresponde principalmente al municipio de El Carmen de Atrato en la vereda Guaduas, la cual se encuentra poco habitada por los continuos problemas de orden público, que ocasionaron la migración de los pobladores a lugares más seguros. Debido a las difíciles características topográficas y geográficas de las zonas, son aprovechadas por los grupos al margen de la ley que frecuentemente merodean estas áreas. Por esta razón al sector de las minas de Dabaibe el acceso tuvo que hacerse en varias comisiones para poder realizar las labores geológicas.

En la actualidad (DANE, 2006), los municipios con jurisdicción en el complejo de Citará poseen una población aproximada de 104.000 habitantes, repartidas casi equitativamente entre las cabeceras y la zona rural. Andes y Ciudad Bolívar son los municipios más poblados, si bien sus principales centros urbanos se encuentran por debajo de los 1.500 msnm. Los núcleos familiares en las zonas bajas del páramo de Citará, del lado antioqueño, se dedican casi exclusivamente a las labores agrícolas, primordialmente al café. En la vertiente del río Cauca, la principal fuente de ingresos es la agricultura, especialmente los cultivos de café, cultivos piscícolas en el municipio de Andes. La industria del turismo es muy fuerte en la zona, con gran cantidad de fincas y hoteles dedicados al ecoturismo. En la vertiente Pacífico, la principal fuente de ingresos es la ganadería (municipio de El Carmen de Atrato).

En algunos lugares del área, se realizan explotaciones artesanales de oro, tanto de filón como de placer, sin que sea un renglón importante en la economía de los municipios.



**Figura 7.** Mapa de resguardos indígenas en el área de estudio.

## 1.5 CLIMA Y VEGETACIÓN

La zona de trabajo está marcada por la presencia de los Farallones de Citará, con tres diferentes pisos térmicos, con temperaturas medias anuales de 25°C en la parte baja, entre 12°C y 18°C en la parte media y entre 5°C y 12°C en las cumbres. En la vertiente del río Cauca la temperatura media es de 19,5° C y precipitación media anual de 4000 mm (municipios de Andes, Betánia y Ciudad Bolívar – Antioquia). En la vertiente pacífica - costado oeste (municipio de El Carmen del Atrato), la temperatura media de 18,5°C y precipitación media anual entre 4000 y 6000 mm.

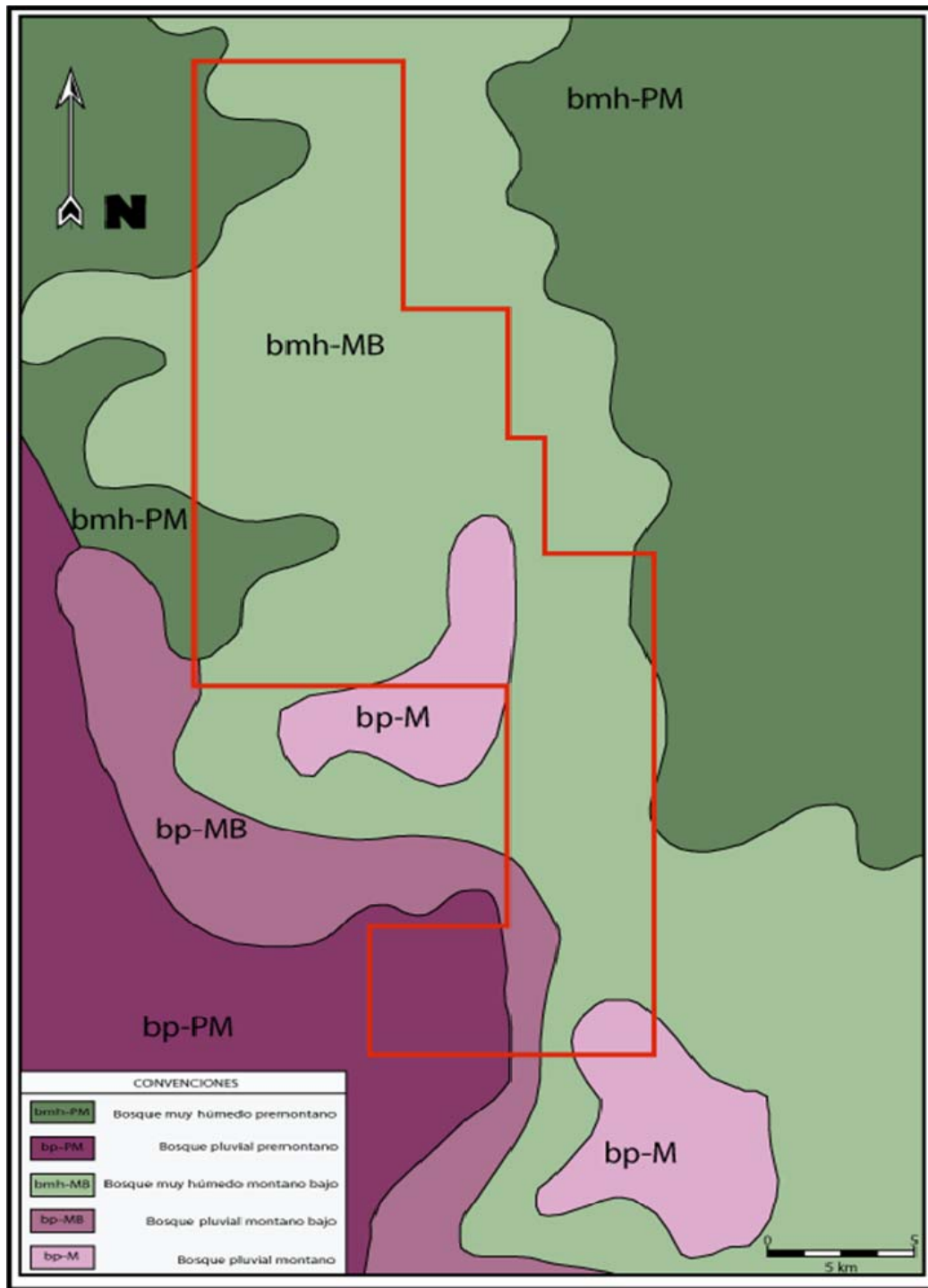
Físicamente los Farallones de Citará, como los demás páramos de la cordillera Occidental, están expuestos al régimen de corrientes ascendentes que provienen del océano Pacífico. Estas corrientes elevan constantemente masas nubosas que descargan su contenido en las partes altas de esta cadena montañosa, en ambas vertientes. El efecto adicional del desplazamiento de la zona de convergencia intertropical hace que la precipitación multianual, calculada entre 4.000 mm y 6.000 mm, se distribuya de forma bimodal, con dos períodos extremadamente lluviosos intercalados con dos períodos con menor cantidad de precipitación (Universidad Nacional, 1997).

### 1.5.1 Flora

La Universidad Nacional de Colombia (1997) señala que entre los 2.800 y 3.500 msnm se establece un gradiente de vegetación entre el bosque andino y el páramo que se caracteriza por ser un bosque achaparrado con un dosel que no sobrepasa los 10 m y un sotobosque espeso, dominado por el chusque (*Chusquea* spp.). Por encima de esta altura, y hasta las cimas, se presentan pajonales, sphagnales, cardonales, matorrales y frailejonales, de los cuales el más extendido es el cardonal de *Tillandsia* aff. *rubra*. Entre las especies dominantes en estas comunidades se mencionan *Diplostephium floribundum*, *Loricaria colombiana*, *Cavendishia grossa*, *Espeletia occidentalis*, *Sphagnum sparsum* y *Calamagrostis effusa*.

De todas las clases taxonómicas de flora, la Universidad Nacional de Colombia (1997), colectó 75 especies, siendo las familias Asteraceae, Ericaceae y Piperaceae, y los géneros *Peperomia*, *Dendrophthora*, *Diplostephium* y *Schefflera*, los más ricos. De las especies reportadas se destaca el frailejón (*Espeletia occidentalis*), categorizado como casi amenazado por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt (2004).

Según la clasificación de las formaciones de plantas a partir de las zonas de vida de Holdridge, (1947), utilizada por Espinal (1977) se encuentran las siguientes formaciones vegetales (Figura 8)



**Figura 8.** Ubicación en el área de estudio del mapa de las zonas de vida de Holdridge, (1947) utilizada por Espinal (1977).

- Bosque muy húmedo Premontano (bmh-PM)

Presenta una biotemperatura mayor de 24°C y precipitación anual de 2.000 a 4.000 mm. Aunque la evapotranspiración es alta, los excesos de agua son notables.

- Bosque pluvial Premontano (bp-PM)

En la cuenca Pacífica se han clasificado extensas zonas de transición cálida a formaciones tropicales muy húmedas y pluviales. Presentan una biotemperatura media entre 18 y 24°C, el promedio anual de lluvias es superior a 4.000 mm y corresponde a la provincia de humedad súper húmeda. Se encuentra a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Occidental y serranía del Baudó. Es rica en especies arbóreas de los géneros *Weinmannia*, *Brumellia*, *Clusia*, *Befaria* y otras. Con el aumento de la altitud, los árboles son menos desarrollados, con hojas pequeñas y debido a la alta humedad son frecuentes las plantas epífitas en las ramas de los troncos de los árboles. (IGAC, 2001).

- Bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB)

Se puede estimar que las precipitaciones llegan a alcanzar cantidades mayores al 2.000 mm total anual. El régimen pluviométrico es similar al de bh-MB, aunque las precipitaciones orográficas son más intensas. La evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio en 55% menor que la precipitación media total anual. En esta zona de vida, cerca del 50% del agua de lluvia no es evapotranspirada, por lo que los ríos llevan agua en gran parte del año. La topografía de los terrenos de esta zona de vida es generalmente accidentada. La elevación varía desde los 850 hasta los 2.100 metros. (IGAC, 2001).

- Bosque pluvial Montano Bajo (bp-MB)

La precipitación puede estimarse como superior a los 4,000 mm de lluvia total anual. La evapotranspiración potencial puede estimarse, en promedio, en 76% menor que la precipitación media anual. En esta zona de vida aproximadamente las 3/4 partes del agua de las lluvias no es evapotranspirada, perdiéndose por escurrimiento en los ríos. Los terrenos de esta zona de vida tienen una topografía accidentada. La elevación varía entre los 1.600 y los 1.800 metros. Su vegetación se caracteriza por el predominio de helechos arbóreos y la presencia de plantas parásitas y epífitas que cubren los troncos de los árboles. Desde el punto de vista ecológico, esta zona de vida no tiene ningún valor agropecuario ni forestal. Su vegetación natural debe mantenerse inalterada. (IGAC, 2001).

- Bosque pluvial Montano (bp-M)

Esta zona de vida, presenta un rango de precipitación entre 2.200 y 4.500 mm anuales como promedio.

### **1.5.2 Fauna**

Pulgarín y Múnera (2006), llevaron a cabo un inventario de avifauna para la zona de transición entre el bosque altoandino y el páramo (2.800 a 3.300 msnm). Capturaron, observaron o escucharon individuos correspondientes a 42 especies, principalmente representadas por las familias *Thraupidae* (azulejos, mieleros y tángaras) y *Furnariidae* (colaespinas, horneros, raspahojas y rastrojeros). De estas, tres especies se consideran endémicas para Colombia, de las cuales una ha sido incluida en el Libro rojo de aves de Colombia (Renjifo

et al. 2002), mielero, *Diglossa gloriosissima*, en peligro. La otra especie amenazada es la perdiz colorada (*Odontophorus hyperythrus*), con estatus casi amenazado.

Con base en los muestreos de aves que la Universidad Nacional de Colombia (1997), realizó en los bosques andinos que circundan Citará, se concluyó que la zona debe poseer altos niveles de biodiversidad para otros grupos biológicos como mamíferos y demás vertebrados, por lo cual recomiendan llevar a cabo estudios más detallados a este respecto. Sin embargo, presentan un listado preliminar de mastozoofauna que incluye las siguientes especies: cusumbo de montaña (*Nasuella olivacea*), jaguarundi (*Herpailurus yaguarondi*), ardillas (*Sciurus granatensis* y *S. pucheranii*), gurre (cf. *Dasyopus novemcinctus*), erizo (*Coendou sp.*), zarigüeya, (*Didelphis marsupialis*), comadreja (cf. *Mustela frenata*), guagua (*Agouti paca*), ñeque, (*Dasyprocta punctata*), y conejo (*Sylvilagus sp.*).

## 1.6 HIDROGRAFÍA

El área donde se realizó el trabajo, tiene como particularidad hidrográfica, el encontrarse en la parte más alta de la Cordillera Occidental, con sectores a lado y lado de la divisoria de aguas de la cordillera. Hacia el Este, las aguas pertenecen a la cuenca del río Cauca, mientras que hacia el Oeste drenan a la cuenca de los ríos Atrato – San Juan (Figura 9).

En la vía que comunica el municipio de Ciudad Bolívar (Antioquia). Con el municipio de Carmen de Atrato (Chocó). Se puede apreciar la divisoria de aguas en cercanía al corregimiento de La Mansa. El río Bolívar drena hacia el Este, mientras la quebrada La Mansa drena hacia el Oeste.

Generalmente las corrientes de la zona tienen una alta pendiente en su perfil longitudinal, debido a su nacimiento en las partes altas de la cordillera y corta longitud dentro del área. De igual manera, la mayoría presenta valles en “V” y cauces rectos, con patrones de erosión, aunque los ríos Grande y Tapartó presentan depósitos aluviales y fluviotorrenciales. La morfología propia de los drenajes de la zona hace que tengan avenidas rápidas, cortas y de gran caudal, con probables zonas de riesgo en sus orillas por inundaciones.

La red de drenaje es principalmente de tipo sub-dendrítico en las unidades arcillo-arenosas y controladas estructuralmente en las rocas intrusivas, con una alta densidad de drenaje. Las principales corrientes que drenan hacia el Este (cuenca del río Cauca) son de norte a sur los siguientes: el río Bolívar y sus afluentes (quebradas La Linda, Los Monos y Buenavista). El río Farallones y sus afluentes (quebradas Las Mercedes, La Sucre, La Benítez y La Arboleda), el río El Pedral y su principal afluente la quebrada La Bramadora, la quebrada San Antonio, el río Tapartó con sus afluentes (quebradas La Selva, Zagueta y La Clara) y las quebradas El Plateado y El Columpio. Como punto importante de la zona, en el sector suroeste, se encuentra la laguna de Santa Rita, de origen glacial, que da nacimiento a la quebrada del mismo nombre.





Los principales drenajes que fluyen hacia el Oeste son de norte a sur: La quebrada la Mansa y sus afluentes (quebrada La Cristalina y La Pedregosa), que se une con el río Cármen y la quebrada La Arboleda en el corregimiento de El Siete, para formar el río Atrato. En la vereda Guaduas, se encuentran los ríos Guaduas, Grande y El Pedral, así como las quebradas Convención y La Alberia. Todos estos drenajes presentan altos caudales y una gran energía de transporte durante todo el año, debido a las altas precipitaciones presentes en el área.

En la parte más sur del área de trabajo, se encuentra la cuenca alta del río Azul, y las quebradas Churruchú y Reque. Todas las corrientes drenan hacia el río San Juan.

## **1.7 ESTUDIOS ANTERIORES**

INGEOMINAS, en el trabajo denominado “Transectas Geoquímicas de la Cordillera Occidental” realizado entre los años de 1969 y 1971 (Álvarez, 1971 a; b), realizó las transversas geoquímicas de los ríos Andágueda, Capá y Atrato.

Calle y Salinas (1986) han realizado trabajos de cartografía geológica en el proyecto “Geología de la Plancha 165” el cual se inició en 1977 y se continuó de manera esporádica durante los años 1984 y 1988. Este proyecto contribuye al reconocimiento de las diferentes formaciones geológicas y comprensión de su evolución geológica, de manera general identifica las mineralizaciones asociadas a los cuerpos ígneos que han sido explotadas de manera poco tecnificada. Como resultado de este trabajo se tiene la plancha geológica y la memoria explicativa.

INGEOMINAS y EL INSTITUTO FEDERAL DE GEOCIENCIAS y RECURSOS NATURALES DE ALEMANIA (BGR). Adelantaron un proyecto de prospección para metales básicos y preciosos “Proyecto Mandé” ejecutado entre 1984 y 1986 que incluía entre otras la Plancha 185. Este proyecto define las anomalías geoquímicas y los respectivos mapas.

González y Londoño, (1997). En el catalogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia, compilan la información y describen ampliamente la composición y mineralogía de la monzodiorita de Farallones y su extensión geográfica.

INGEOMINAS, entre los años 2006 y 2007 compiló la información cartográfica y los resultados de los análisis químicos en sedimentos finos, concentrados en batea, rocas y suelos de los proyectos anteriormente mencionados, incluyendo los resultados de la descripción de secciones delgadas y la revisión de las libretas de campo de cada uno de los geólogos que han trabajado en los diferentes proyectos en el área en el Libro Índice y mapas anexos y realizaron el diagnostico de las planchas 165 y 185.

## **1.8 METODOLOGÍA**

Dentro de los alcances de este trabajo se tiene la colecta y análisis de muestras de roca para petrografía, calcografía, geocronología, litogeoquímica y paleontología, y de sedimentos finos para geoquímica. En la Tabla 2 se



presenta la cantidad de muestras analizadas para la realización del presente trabajo.

**Tabla 2.** Clase y cantidad de muestras analizadas durante el desarrollo del presente trabajo.

TIPO DE ANÁLISIS	CANTIDAD DE ANÁLISIS
Petrografía	62
Calcografía	10
Geocronología	2
Paleontología	4
Litogeoquímica	6
Geoquímica	236

Para la toma de muestras de geología y geoquímica es necesario seguir ciertos procedimientos para que los resultados obtenidos estén de acuerdo con los estándares de calidad de la empresa y los solicitados por INGEOMINAS, por lo cual se usaron los siguientes procedimientos.

#### Planificación de la investigación

Antes del comienzo del programa de muestreo de sedimentos de corriente, fue necesario verificar:

- 1) Los mapas topográficos base a la escala necesaria para el muestreo.
- 2) La densidad del muestreo y la localización aproximada de cada sitio de muestreo de sedimento.
- 3) Elección de un laboratorio adecuado.

Habiendo planeado las localizaciones aproximadas de los sitios de muestreo, los lugares reales de muestreo fueron seleccionados en campo usando las siguientes guías:

- 1) Cada sitio trato de ubicarse lo más cerca posible del sitio planteado, sin embargo por las condiciones mismas de topografía y accesos en algunos casos fue imposible llegar a algunos sitios planteado, especialmente hacia las cabeceras del los principales ríos y quebradas.
- 2) Cada sitio fue ubicado con un sistema de localización geografía (GPS) con una precisión mínima de 10m.
- 3) Los sitios se ubicaron al menos 50m corriente arriba de una fuente de contaminación o de una confluencia.
- 4) Cada sitio de muestreo debe estar corriente arriba de lagos, charcos y pantanos.
- 5) Los ambientes de energía extrema fueron evitados debido a la naturaleza impredecible de la depositación de sedimentos en ellos.

6) Siempre se ubico un lugar favorable para la concentración de fracciones minerales pesadas en corrientes, a menudo llamados "sitios de trampa".

#### Observaciones de sitio y muestreo

Una vez identificado el sitio de muestreo, el geólogo registró las observaciones en un formato diseñado específicamente para tal fin. (Figura 10).

Para completar de manera adecuada dicho formato las especificaciones mostradas a continuación

1) Se marco la muestra en el mapa topográfico base con su respectivo ID. El Sitio ID deberá ser formateado así:

El geólogo que hace la observación se llama Juan Padilla y es la estación 0001, entonces: JP-0001F (La letra final se refiere a Sedimento Activo Fino o C si es concentrado de batea).

Todas las muestras se empacaron en bolsas de plástico de grueso calibre debidamente marcadas.

2) El sitio de muestreo fue fotografiado (antes de perturbar el sedimento), tomada aguas arriba.

3) Antes de muestrear, el colector y cualquier persona que manipula directamente las muestras se aseguro de quitarse cualquier joya y evitar usar ciertas lociones de sol (algunas contienen compuestos que llevan zinc

4) El lavado del equipo de muestreo (pala, paleta, tamiz, bateas y baldes) en la corriente inmediatamente antes de muestrear es fundamental para evitar contaminación

5) Mediciones de pH y temperatura del agua.

6) Cada muestra está compuesta de máximo 5 sub-muestras, con separaciones entre sub-muestra de 1 a 5 m.

7) Se cargo el material de la muestra en el tamiz con una cantidad mínima de agua. Las muestras de finos seleccionados, tienen en promedio de 1kg de material.

#### Manejo de Información Cartográfica

En la actualidad no se cuenta con material topográfico suministrado por el IGAC en escala 1:25000, los mapas existentes consisten planos en formato Adobe acrobat escala 1:100.000, por lo cual fue necesario, realizar una restitución cartográfica en formato Arcgis, basado en imágenes de radar suministradas por INGEOMINAS. Se contó con el siguiente material base:

#### Manejo de Información Cartográfica

En la actualidad no se cuenta con material topográfico suministrado por el IGAC en escala 1:25000, los mapas existentes consisten planos en formato Adobe acrobat escala 1:100.000, por lo cual fue necesario, realizar una restitución cartográfica en formato Arcgis, basado en imágenes de radar suministradas por INGEOMINAS. Se contó con el siguiente material base:

FORMATO CAPTURA DE DATOS DE CAMPO (MUESTREO SEDIMENTOS FINOS ACTIVOS DE CORRIENTE) INGEOMINAS - SERVICIO GEOLÓGICO CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y MUESTREO GEOQUÍMICO EN LA ZONA NORTE DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL. PLANCHAS 223 Y 204		
<b>I. INFORMACIÓN GENERAL</b>		
FECHA: _____	No. PLANCHA IGAC: _____	
No. IDENTIFICACIÓN MUESTRA: _____		
ESCALA DE TRABAJO: 1 : 100.000 <input type="checkbox"/>	1 : 25.000 <input type="checkbox"/>	
RESPONSABLE: Institución/Empresa _____	Geólogo _____	
INGEOMINAS/Interventor _____		
TIPO MUESTRA: Sedimentos finos activos <input type="checkbox"/>	Concentrado de batea <input type="checkbox"/>	
Esquiña de roca <input type="checkbox"/>		
DUPLICADO: Cuenca <input type="checkbox"/>	Sitio Muestreo <input type="checkbox"/>	
<b>II. LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE MUESTREO</b>		
DEPARTAMENTO: _____	MUNICIPIO: _____	
VEREDA: _____ CUENCA / RÍO MUESTREADO _____		
COORD. PLANAS: NORTE _____	ALTITUD (m) _____	
ESTE _____		
COORD. PLANAS CORREGIDAS: NORTE _____	ORIGEN COORD. PLANAS: BUENAVENTURA.	
ESTE _____		
MÉTODO DE LOCALIZACIÓN: GPS <input type="checkbox"/>	PLANCHA <input type="checkbox"/>	
FOTOGRAFÍAS: Aguas arriba: _____	Muestra: _____	
Afloramiento: _____		
<b>III. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO</b>		
<b>PAISAJE:</b>	<b>USOS DEL SUELO:</b>	<b>FUENTES DE CONTAMIN.</b>
Altiplanicie, Altiplanura <input type="checkbox"/> Lomerío <input type="checkbox"/> Montaña <input type="checkbox"/> Peniplanicie, Penillanura <input type="checkbox"/> Piedemonte <input type="checkbox"/> Planicie <input type="checkbox"/> Llanura <input type="checkbox"/> Valle <input type="checkbox"/>	Asentamiento e Infraes. <input type="checkbox"/> Agricultura <input type="checkbox"/> Ganadería <input type="checkbox"/> Forestal <input type="checkbox"/> Agroforestal <input type="checkbox"/> Conservación <input type="checkbox"/> Sin uso agropecuario <input type="checkbox"/> Reserva Hídrica <input type="checkbox"/> Industria <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/>	Desconocida <input type="checkbox"/> Agricultura <input type="checkbox"/> Industria <input type="checkbox"/> Aguas negras/Domésticas <input type="checkbox"/> Transporte <input type="checkbox"/> Ganadería <input type="checkbox"/> Minería <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/>
Cual: _____		Cual: _____
<b>VEGETACIÓN:</b>	<b>ESTADO DEL TIEMPO:</b>	
Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Pastos y rastrojos <input type="checkbox"/>	Lluvioso <input type="checkbox"/> Seco <input type="checkbox"/>	
<b>ANCHO DEL RÍO (m):</b> _____		<b>TAMAÑO DE LA CUENCA (Km<sup>2</sup>):</b> _____
<b>VELOCIDAD DE LA CUENCA:</b>	<b>FLUJO/NIVEL:</b>	<b>Aguas Superficiales de la Cuenca:</b>
Rápida <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Lenta <input type="checkbox"/> Estacionaria <input type="checkbox"/>	Seco <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Crecido <input type="checkbox"/> Intermitente <input type="checkbox"/>	pH _____ T°C _____
<b>AFLORAMIENTO:</b>	No hay <input type="checkbox"/>	<b>LITOLOGÍA PREDOMINANTE:</b>
<b>ROCOSO:</b>	Si hay <input type="checkbox"/>	Igneas Intrusivas <input type="checkbox"/> Igneas Efusivas <input type="checkbox"/> Sedimentarias <input type="checkbox"/> Metamórficas <input type="checkbox"/>
CUAL: _____		Cual: _____
<b>PRESENCIA DE MINERALIZACIONES:</b>	Minas <input type="checkbox"/> Manifestaciones <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/>	Cual: _____
<b>IV. DATOS DE LA MUESTRA</b>		
No. DE SUBMUESTRA: _____	COLOR PREDOMINANTE: _____	
INTERVALO DE MUEST. (m): _____		
<b>TAMAÑO PARTICULA EN EL LECHO:</b>	<b>FORMA:</b>	<b>COMPOSICIÓN:</b>
Bloques <input type="checkbox"/> Gravas <input type="checkbox"/> Arenas <input type="checkbox"/> Lodo <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>	Muy Angulosa <input type="checkbox"/> Angulosa <input type="checkbox"/> Subangular <input type="checkbox"/> Sub-redondeados <input type="checkbox"/> Redondeados <input type="checkbox"/> Bien redondeados <input type="checkbox"/>	Cuarzo <input type="checkbox"/> Feldespato <input type="checkbox"/> Fragmentos Líticos <input type="checkbox"/> Minerales Pesados <input type="checkbox"/>
Cual: _____		Cual: _____
<b>TIPOS DE ALTERACIONES:</b>	Propilítica <input type="checkbox"/> Potásica <input type="checkbox"/> Filica (sercítica) <input type="checkbox"/> Subpropilítica <input type="checkbox"/> Argílica avanzada <input type="checkbox"/> Argílica <input type="checkbox"/>	
<b>OBSERVACIONES:</b> _____		
_____		
_____		
_____		

**Figura 10.** Formato utilizado en campo para la toma de muestras de sedimentos.

Modelo de Elevación Digital del Terreno obtenido a partir de los datos de la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Misión).

Proyecto de la NASA y (NIMA) (Agencia Nacional de Cartografía e Imágenes). Entregado por INGEOMINAS.

Cartografía 1:100.000 INGEOMINAS Planchas 165 Carmen de Atrato y 185 Bagadó

Para generar la red de drenaje se utilizó como base el DEM modelo de elevación digital entregado por Ingeominas en formato GRID para ArcGis 9.2.

### **1.9 PERSONAL PARTICIPANTE**

Para la elaboración de los trabajos se contó con un grupo de geólogos, los cuales realizaron las labores de oficina y campo, así como personal de apoyo que colaboró en la descripción petrográfica, análisis geoquímico de las muestras recogidas, fotointerpretación preliminar, elaboración de planos y digitalización de información entre otros.

Director del Proyecto:	Geólogo Guillermo Arboleda G.
Coordinador de Campo:	Geólogo Carlos Mario Celada
Geólogos de Campo:	Geóloga Silvia Forero V. Geólogo Joel Carmona Geólogo Juan Carlos Padilla Geóloga Viviana Montealegré
Gerencia del Proyecto:	Geólogo Carlos Eduardo Montoya
Administración y Calidad:	Geólogo Rafael Meneses
Petrografía:	Geólogo Humberto González
Paleontología:	Geólogo Ignacio Martínez - EAFIT
Fotointerpretación:	Geólogo Alberto Cristancho
Análisis de Muestras:	INSPECTORATE
Prospectores de Campo:	Tecnólogo en Minas Esteban Medina Máximo Machado Elkin Caro Armando Caro
Dibujo y SIG:	Biólogo Especialista Carlos Miguel Monsalve
Digitación de Textos:	Diana Bustos

## 2. GEOMORFOLOGIA

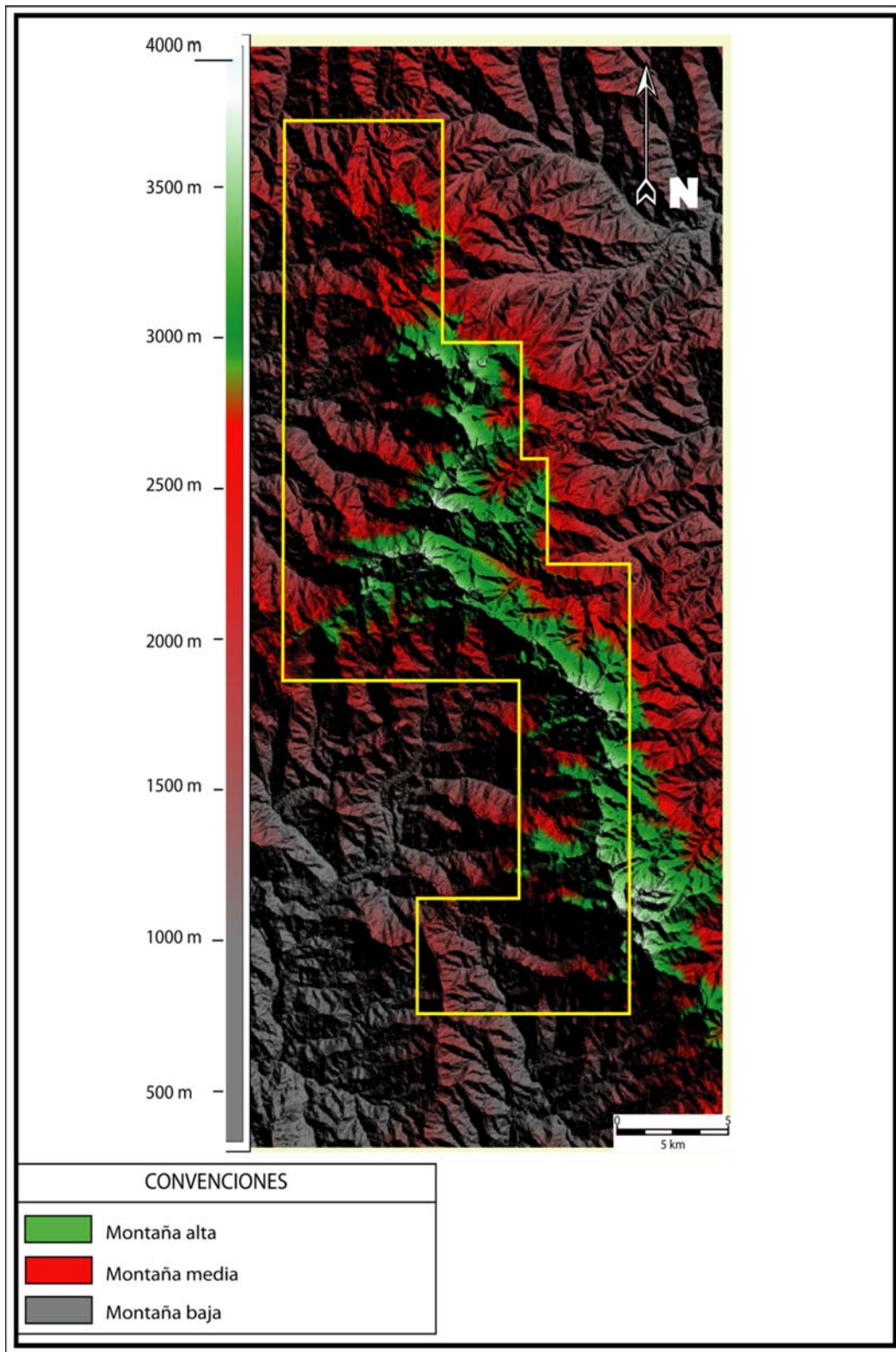
El bloque de trabajo se enmarca dentro de los denominados Farallones de Citará, los cuales poseen unas de las alturas mas prominentes de la Cordillera Occidental. Como se menciona en el capítulo de Geología en el área se encuentran principalmente dos unidades geológicas: la Monzodiorita de Farallones (N1mdf) y las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K<sub>2</sub>pnu), en donde la interpretación fotogeológica es confusa debido a la similitud morfológica de estas y a la densa vegetación que enmascara rasgos de contraste. En el área se pueden definir tres macrounidades de tipo denudacional y estructural. (Figura 11):

**Montaña alta:** Abarca 140 km<sup>2</sup> aproximadamente, se encuentra en la divisoria de aguas de la Cordillera Occidental que divide la cuenca del Atrato y la cuenca del Cauca, con cumbres que alcanzan los 3800 msnm conformada por paisaje montañoso y pendientes denudacionales principalmente. Constituida en su mayoría por la Monzodiorita de Farallones a excepción de la zona donde se ubican el cerro San Fernando, cerro Paramillo y la cuchilla Paramillo donde está conformada por las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. En cercanías a la vereda Farallones está conformada por el aglomerado de Farallones nombrado en este trabajo.

Es el área de mayor levantamiento orogénico y por lo tanto de mayor energía disponible e inestabilidad real, potencial que se manifiesta en la transferencia de materiales hacia las áreas bajas medias y periféricas. Este sistema abarca altitudes desde 2700 m en adelante. Se encuentra delimitada, al Norte por la quebrada La Mansa. (Figura 13 a). La estructura tiene una orientación preferencial N-S. Presenta los siguientes rasgos morfológicos:

- Relieves muy agudos a agudos, caracterizados por relieves altos muy disectados con huellas de abrasión y pulimiento de hielo.
- Geoformas de origen glacial como valles, circos, lagunas y morrenas. (Figura 12 a).
- Pendientes denudacionales mayores a 50%
- Unidad colinada denudacional con geoformas de colinas agudas simétricas y asimétricas.
- Valles en forma de U y V. (Figura 12 b).

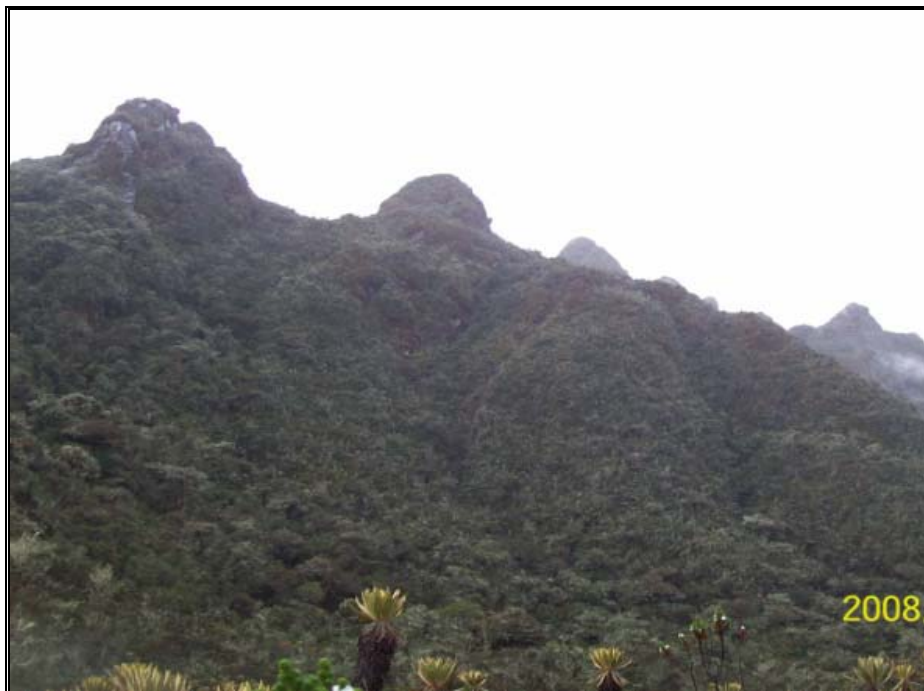




**Figura 11.** Imagen de satélite, donde se aprecian los principales rasgos topográficos del área de trabajo.



(a) Laguna Santa Rita ocupando un circo glacial.



(b) Se aprecian los Valles en U del cerro Caramanta.

**Figura 12.** (a) Circo glacial laguna Santa Rita y (b) valles en “U” del Cerro de Caramanta.

**Montaña media:** Ocupa 207 km<sup>2</sup> del área conformada por relieves agudos y pendientes denudacionales. Conformada por las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao en su mayoría y por una pequeña parte de la Monzodiorita de Farallones aflorante en la zona central del área de estudio en cercanías al cerro San Nicolás.

Comprende los espacios ubicados altitudinalmente entre los 2.700 y los 1200 ±100m.

La unidad integra rocas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao principalmente, las cuales producen cimas angulares rectas y valles estrechos en forma de V, por los cuales drenan ríos con gran caudal y gran arrastre de sedimentos. El principal patrón de drenaje es dendrítico de densidad media-alta controlado por el buzamiento general. En la quebrada La Mansa se observa un valle en V con aporte de material sedimentario, se observan también vertientes accidentadas con pendientes mayores al 40% con alturas mayores a 1000m y vertientes moderadamente accidentadas de origen estructural con pendientes de 25- 50%, observado principalmente en el río Pital, quebrada La Cristalina, quebrada La Arboleda, quebrada La Linda y parte de la quebrada Churruchú. La disección y el aporte de sedimentos hacia los piedemontes y llanuras son intensos así como la frecuencia de movimientos en masa en las vertientes y pérdida de suelos por escurrimiento superficial.



(a) Quebrada La Mansa. Se observan sedimentos sueltos, prueba del arrastre de las quebradas en esta zona.





(b): Se aprecian el valle en V formado por la acción del río Guaduas sobre las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K<sub>2</sub>pnu), al fondo se divisan los Farallones de Citará

**Figura 13.** (a) Valle en “V” en la quebrada La Mansa y (b) valle en V formado por la acción del río Guaduas.

Las rocas sedimentarias observadas en los demás puntos de muestreo (río Grande, río Guaduas, (Figura 13 b), quebradas La Arboleda, La Cristalina, La Linda, y en los cerros Farallones y Monteloro) generan una morfología escarpada con valles en V pronunciados debido a los altos buzamientos producto del levantamiento generado por la orogénia andina y la intrusión de la Monzodiorita de Farallones; solamente se observan pequeños cuaternarios en las riberas de los ríos. En algunos lugares se alcanzan a distinguir silletas posiblemente producto de actividad tectónica. (Figura 14).



**Figura 14.** Expresión morfológica en la parte oriental del bloque de estudio, sector de Tapartó.

**Montaña baja:** Con un área de 40 km<sup>2</sup> está conformado por un relieve de vertientes moderadamente accidentadas, colinas bajas a medias disectadas,

con alturas menores a 1200 msnm. Abarca una pequeña zona en el sector Sur del área de estudio, en cercanía de la quebrada Roque y al Norte en cercanías al río Grande. Por la pendiente fuerte, la remoción es rápida y por lo tanto se generan vertientes de retroceso con pendiente cóncava. Vertientes moderadamente accidentadas de origen estructural con pendientes de 25- 50 % fueron observadas en los afluentes del río Azul. Los suelos, para la zona de los Farallones de Citará se reconocen como superficiales a moderadamente profundos, ácidos y de fertilidad baja a moderada y pendientes por encima del 75% que a veces se entremezclan con afloramientos rocosos (Universidad Nacional, 1997). Y valles intramontanos amplios y poco extensos asociados al río Farallones así como valles en artesa como el observado en el río Guaduas. (Figura 15).



**Figura 15.** Panorámica del valle en artesa del río Guaduas, en el sector de montaña baja.

### 3. GEOLOGÍA

En este capítulo, se presenta la geología y la estratigrafía del área de estudio, haciendo énfasis en la descripción microscópica de las muestras de roca tomadas en campo.

#### 3.1 GEOLOGÍA

El área de estudio, es de forma alargada con dirección preferencial norte – sur, hace parte del sector más alto de la Cordillera Occidental, con vertiente a la cuenca del río Cauca hacia el este y los ríos Atrato y San Juan hacia el oeste. Se encuentran unidades sedimentarias del Cretáceo, rocas intrusivas del Terciario y rocas volcánicas del Terciario Superior. La zona se puede considerar como una cuenca de trans-arco, que forma la Cordillera Occidental.

El sector más occidental del área de trabajo, se caracteriza por rocas sedimentarias denominadas como Grupo Cañasgordas (Álvarez y González, 1978), de edad cretácea. La sección superior de este grupo está compuesta principalmente por una secuencia de rocas turbidíticas, denominadas Formación Penderisco, dividida en dos miembros: el miembro inferior compuesto por intercalaciones de calizas y chert, denominada Miembro Nutibara y el miembro superior compuesto por intercalaciones de Litoarenitas, limolitas y lodolitas, denominado Miembro Urrao. Este conjunto sedimentario forma el sector oeste y norte del área, en las veredas Guaduas, El Siete, La Arboleda y Monteloro, así como la parte más sur en la cuenca del río Azul y la quebrada Churruchú. Estas unidades cubren aproximadamente un 38% del área.

Esta secuencia cretácica, fue intruída por el plutón de Farallones, denominado como Monzodiorita de Farallones (González y Londoño, 1998), el cual forma una aureola de metamorfismo de contacto, con la presencia de cornubianitas alrededor del mismo (Figura 16). Este cuerpo tiene composición preferencial de monzodiorita, pero también se encontraron cuarzomonzodioritas, tonalitas y granodioritas. Este cuerpo se puede correlacionar con los stocks monzodioríticos del Páramo de Frontino, Cerro Plateado, Cerro Frontino y Morrogacho (Calle y Salinas, 1986). Esta unidad se halla cubriendo aproximadamente el 55% del área de trabajo.

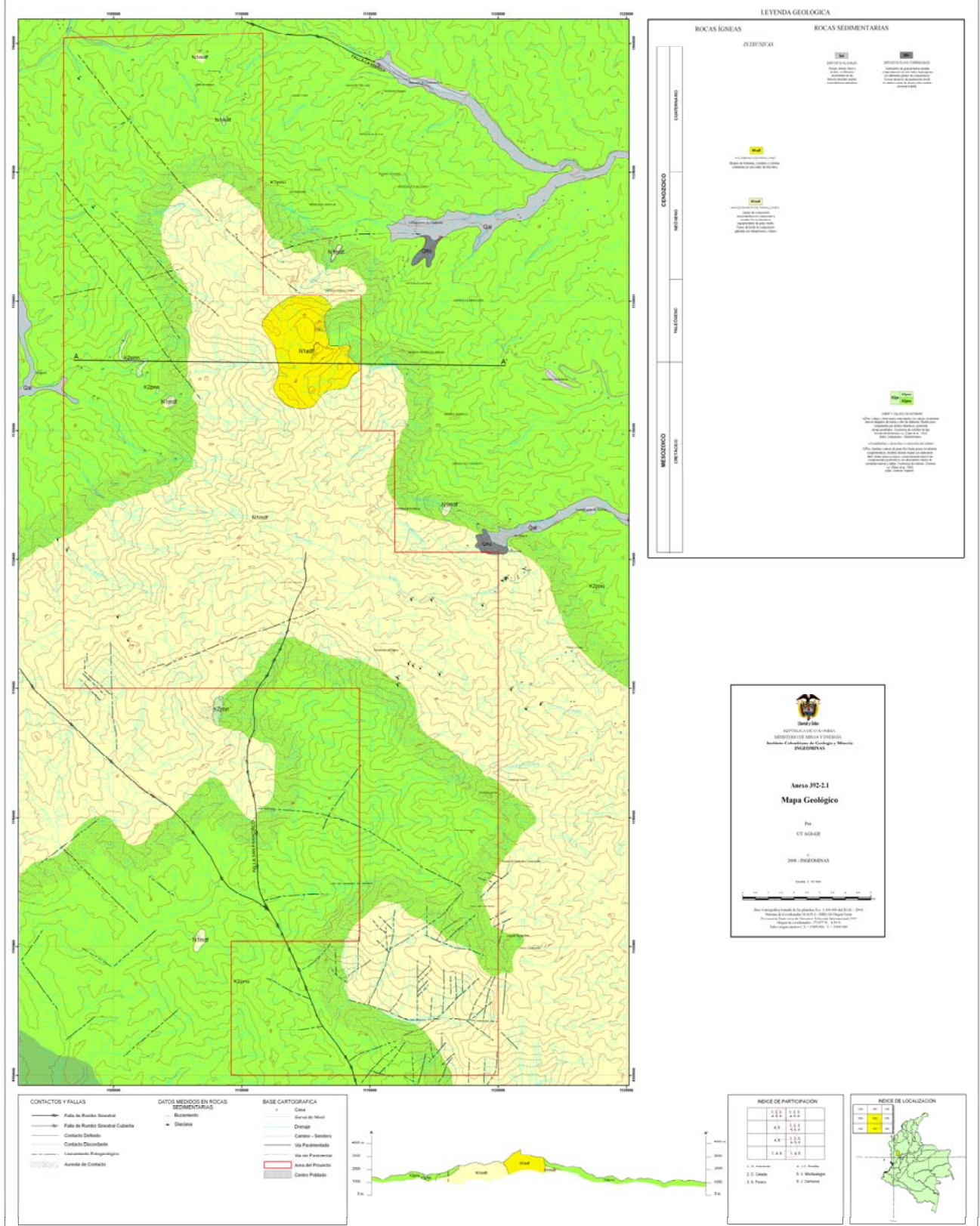
En la parte más alta de la zona, se encontraron rocas volcánicas, definidas en este trabajo como Aglomerado de Farallones, con matriz de toba lítica y bloques de andesita. Estas rocas volcánicas pueden ser correlacionables con rocas volcánicas halladas en el cerro de Frontino, al norte del área (Calle y Salinas, 1986). Esta unidad se halla cubriendo aproximadamente el 7% del área de trabajo.

De igual manera, se cartografiaron depósitos cuaternarios de tipo aluvial asociados con los ríos Grande (sector oeste del área), Bolívar (al norte del área de trabajo), Farallones y Tapartó al noreste y este de la zona. De igual manera, se observaron depósitos de tipo fluvio-torrencial, asociados con los ríos Farallones y Tapartó. En el sector de la laguna de Santa Rita (parte sureste de la zona) se tienen pequeños depósitos de tipo fluvio-glacial, asociados a la misma.

Estructuralmente en el área existe una zona con un componente de cizalla simple evidenciado por las múltiples fallas de rumbo sinéstrales que rigen en la zona con una tendencia NNW-SSE y un sistema secundario con dirección NE-SW de componente sinistral siendo estos parte de un sistema de relevo del sistema N-NW. Las principales fallas presentes en el área son la falla La Mansa que es una estructura de dirección N-NW buza preferencialmente al Este, aunque localmente se hallan planos de cizalla con buzamiento al Oeste y la falla San Francisco que es de rumbo de tipo sinistral, que en la zona desplaza pequeños bloques de la Monzodiorita de Farallones. Se identifica por su expresión morfológica, alineamientos de valles y "sillas"

Dentro del bloque y con ayuda de la fotogeología se identificaron rasgos marcados como lineamientos que fueron de difícil identificación en la fase de campo debido al fuerte fracturamiento de las rocas en el sector, se identifican tres direcciones preferenciales: N-NW, N-NE, N-S. Las estructuras de dirección N-NW son las más antiguas y están desplazadas por el sistema N-NE; a ellas están relacionadas las mineralizaciones de oro, plata, cobre, plomo y zinc de las minas Santa Cruz, La Soledad, La Tulia, La Misericordia, La Sombra, Santa Helena, San Esteban, La Alejandria, el Julio, La Paz, La Varonesa, y La Lorena.





**Figura 16.** Mapa geológico del área de trabajo.

### 3.2 ESTRATIGRAFÍA

Al inicio de las labores de campo, se utilizó la nomenclatura estratigráfica consignada en las memorias de las planchas 165 - Carmen de Atrato y 185 – Bagadó. Posteriormente, por recomendaciones del grupo de trabajo Cordillera Occidental de INGEOMINAS, se toma la nueva nomenclatura propuesta por ellos, quedando de la siguiente manera (Tabla 3):

**Tabla 3.** Nomenclatura utilizada en este trabajo.

<b>Nomenclatura INGEOMINAS planchas 165 y 185</b>	<b>Nomenclatura Grupo de Trabajo Cordillera. Utilizada en este trabajo</b>
Grupo Cañasgordas	Complejo Cañasgordas
Formación Barroso	Diabasas y basaltos del Barroso
Miembro Nutibara	Chert y calizas de Nutibara
Miembro Urrao	Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao

La nomenclatura de la unidad intrusiva terciaria, cartografiada en el trabajo continuó con el nombre de Monzodiorita de Farallones, según nomenclatura propuesta por González y Londoño (2002) y utilizada en las planchas 165 y 185. Para las rocas volcánicas que se cartografiaron en la parte alta de los farallones del Citará, se denominaron como Aglomerado de Farallones – N<sub>1</sub>Adf, siguiendo las recomendaciones de la International Subcommission on Stratigraphic Classification, ISSC (1987, 1994), donde se tiene en cuenta la composición modal predominante, Aglomerado y el nombre geográfico, ubicado en cercanía del corregimiento de Farallones, para nominar estratigráficamente este cuerpo.

Para las unidades cuaternarias cartografiadas, se utilizó la nomenclatura de las planchas 165 - Carmen de Atrato y 185 – Bagadó.

En la figura 17 se presenta la columna estratigráfica generalizada del área de estudio.

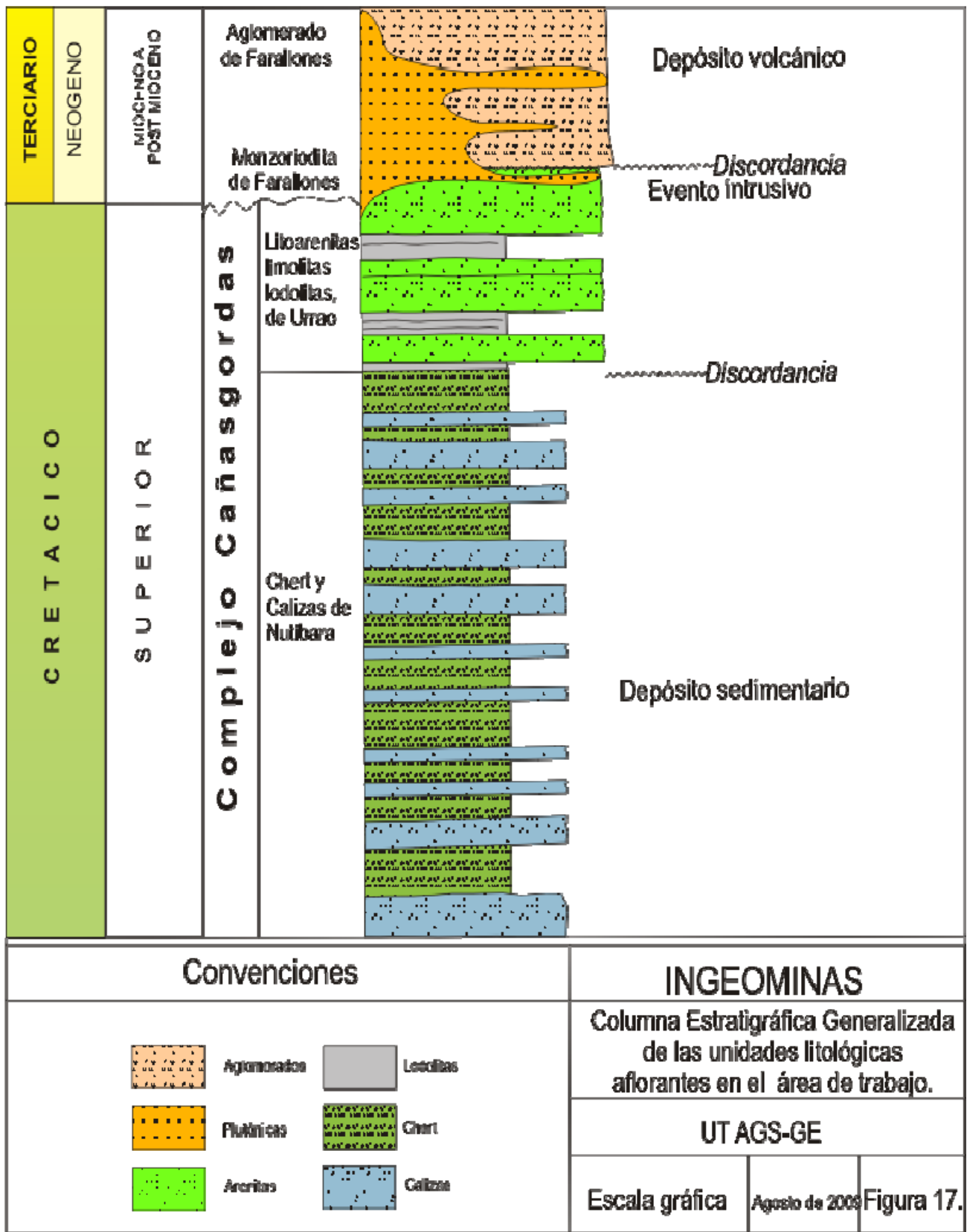


Figura 17. Columna estratigráfica generalizada del área del Contrato -#392.

### 3.2.1 Complejo Cañasgordas

Fue definido por Álvarez (1971a) con el nombre de Grupo Cañasgordas y posteriormente subdivido por Álvarez y González (1978) en dos unidades, la basal de tipo volcánico denominada Formación Barroso y uno sedimentario denominado Formación Penderisco, la cual fue subdividida en dos, una unidad areno-arcillosa denominada Miembro Urrao y otro calcareo-lidítico denominado Miembro Nutibara. Siguiendo las recomendaciones estratigráficas de INGEOMINAS, esta unidad en el presente trabajo se denomina como Complejo Cañasgordas.

De igual manera, para este trabajo debido a la complejidad estructural de la zona, los miembros Urrao y Nutibara se toman como bloques tectónicos, los cuales conserva las descripciones litológicas de sus unidades antecesoras, denominándose Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao y Chert y calizas de Nutibara.

#### 3.2.1.1 Chert y Calizas de Nutibara (K<sub>2</sub>pnn)

Inicialmente a esta unidad Álvarez y González (1979) le asignaron el nombre de Miembro Nutibara de la Formación Penderisco para designar una secuencia marina constituida por interestratificaciones de liditas oscuras y calizas masivas silíceas de color claro. En la Plancha 165 Carmen de Atrato, Calle y Salinas (1986) observaron que la unidad puede tener un espesor de máximo de 1000 metros. Se presenta en estratos de 10 – 30 cm de espesor, constituida por cherts que están cortados por numerosas venas de calcita dispuesta perpendicularmente a la estratificación e interestratificados con estratos de calizas silíceas, unidad que en este trabajo se denominará como Chert y calizas de Nutibara.

Se encuentra aflorando en el sector del río Grande (al oeste de la zona de trabajo), formando franjas angostas con rumbo preferencial NW – SE de igual manera se observa por la quebrada La Arboleda, en franjas elongadas y pequeñas, pero su extensión no es significativa para ser cartografiable en esta escala. Debido a la espesa cobertura vegetal existente y a la alta deformación estructural es muy difícil encontrar afloramientos que permitan mejorar el detalle de la cartografía de esta unidad.

#### Litología

La unidad está compuesta principalmente por cherts laminados, con gran cantidad de venas de calcita cortando la estratificación, intercaladas con calizas biomicríticas, con presencia de foraminíferos y ooides, compuestas por lodo calcáreo y calcita esparítica.

Los chert macroscópicamente están conformados por capas delgadas y medias con laminación plana continua a discontinua, formando bandas claras y oscuras. Algunos estratos se encuentran plegados y deformados con juegos de fracturas concoideas perpendiculares a la estratificación, atravesada por venillas irregulares de color blanco, algunas de las cuales se presenta disolución del material que las rellena.



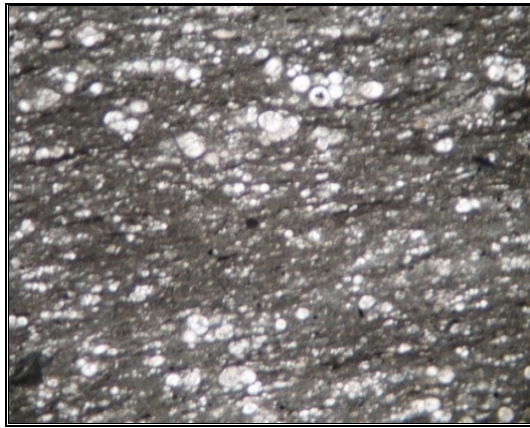
Las calizas macroscópicamente son de color gris, con laminación fina a media plano paralela a no paralela, marcada por cambios de color en tonos grises oscuros y claros (Figura 18), con intraclastos de color gris más oscuro, de grano fino, no se le reconocen minerales a nivel macroscópico. Presenta venillas rellenas de pirita.



**Figura 18.** Caliza silicificada muy fracturada y cizallada alterada sobre el cauce de la quebrada La Arboleda. Fracturas mineralizadas. (706521).

Su clasificación microscópica corresponde a oomicritas y a micrita fosilífera con intraclastos, donde predominan los ooides y calciesferas de forma esférica, de tamaños entre 0,04 y 0,16 mm, medianamente seleccionados, reemplazados por calcita esparítica, sin estructura interna o como ooides con borde de calcita, algunos ovalados por aplastamiento, flotan en una matriz de micrita - micrita recristalizada y restos de foraminíferos y radiolarios y espículas de tamaños entre 0,02 y 0,75 mm, mal seleccionados y regularmente preservados, reemplazados por calcita, tanto las caparazones como las cámaras; algunas cámaras reemplazadas por cuarzo microcristalino o sin relleno formando poros en el interior de las cámaras (intrapartículas) y a veces reemplazados por carbonatos con las caparazones de calcita y los núcleos de calcita esparítica flotando en la micrita, que es una pasta de color pardo, microcristalina (Figura 19 y Tabla 4).

La roca tiene laminación marcada por la materia orgánica, leve imbricación de los ooides y calciesferas localmente ovaladas y orientadas, en algunas láminas hay mayor aplastamiento y algo de deformación dinámica (706512) y tiene vetillas de calcita generalmente transversales a la laminación, de espesor máximo 1 mm (706521).



**706512. Oomicrita.** Nícoles paralelos. Ooides y restos fósiles reemplazados por esparita dentro de lodo micrítico. Opacos dispersos y materia orgánica indicando leve laminación.



**706521. Micrita fosilífera con intraclastos.** Nícoles cruzados. Intraclastos y restos fósiles reemplazados por calcita

**Figura 19.** Microfotografías de calizas de la unidad de Chert y calizas de Nutibara.

### Edad

Álvarez & González (1978) reportan que en muestras de lalitas se han encontrado restos de radiolarios y foraminíferos que indican una edad Cretácico tardío y con análisis de correlación, Calle y Salinas (1986) mencionan que la unidad tiene presencia de microfauna del Cenomaniano y el Turoniano.

De acuerdo con el análisis paleontológico de las muestras 706512 y 706521 se encontró lo siguiente:

En la muestra 706521 pertenece posiblemente al Turoniano-Coniaciano (cf. Caron, 1985, Sliter, 1993; Premoli Silva y Sliter, 2002), se encontró la siguiente asociación de foraminíferos planctónicos:

- *Marginotruncana sigali* (?)
- *Globotruncanita stuatiformis* (?)
- *Dicarinella concavata*
- *Dicarinella algeriana*
- *Pseudotextularia elegans*
- *Heterohelix reussi*
- *Heterohelix moremani*
- *Heterohelix pulchra*
- *Globigerinoides blowii*
- *Globorotalites subconicus*

También se encontraron las especies de foraminíferos bentónicos:

- *Aragonia* sp
- *Lenticulina* sp

**Tabla 4.** Muestras de las calizas de la unidad de Chert y Calizas de Nutibara con sus minerales principales y clasificación.

Estación	IGM	Aloquímicos	%	Ortoquímicos	%	Terrígenos	%	Clasificación
CC0008R	706512	Bioclastos: Foraminíferos, radiolarios	1.7	Micrita	79.9	Minerales autigénicos: Opacos	0.8	Oomicrita
		Ooides:	14.7	Materia Orgánica	2.9			
				Dolomita	Tr			
GA0017R	706521	Bioclastos: Restos fósiles	3.4	Micrita	88.3	Cuarzo Moscovita Opacos Biotita	0.1 Tr 0.1 Tr	Micrita fosilífera con intraclastos
		Ooides:	Tr					
		Intraclastos	7.1					

En la muestra 706512 de posiblemente edad Santoniano - Campaniano (cf. Caron, 1985, Sliter, 1993; Premoli Silva y Sliter, 2002), se encontró la asociación de foraminíferos planctónicos:

- *Globotruncanita calcarata* (?)
- *Globotruncanita orientalis* (?)
- *Globotruncana linneiana*
- *Globotruncanella petaloidea*
- *Laeviheterohelix pulchra*
- *Pseudotextularia elegans*
- *Heterohelix globulosa*
- *Heterohelix reussi*

Ademas ocurren moluscos del género *Inoceramus*.

Indicando así que la depositación fue entre Turoniano y el Campaniano en un ambiente de sedimentación hemipelágico y pelagico de fondo anóxico a disódico lejos de la influencia terrígena. El último esta soportado por la ocurrencia restringida, a una lámina, de los foraminíferos bentónicos. La presencia de los foraminíferos quillados (e.g. *Dicarinella* y *Globotruncanita*) sugiere condiciones de aguas relativamente profundas, i.e. plataforma media a talud continental.

### **Espesor**

A esta unidad no se le reconoce base y ni techo por lo tanto es imposible tener un estimativo de espesor.

### **Contactos**

Los Chert y calizas de Nutibara se encuentran en contacto fallado contra las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.

### **Correlaciones**

Los Chert y calizas de Nutibara son correlacionables con el Miembro Nutibara de Álvarez & González (1978). En la Plancha 165 Carmen de Atrato, Calle & Salinas (1986), mencionan que el Miembro Nutibara es correlacionable con la parte basal de la Formación Espinal de Barrero (1979), además sugieren correlación paleontológica con la Formación Santa Cecilia (erróneamente considerada como basamento). Es también correlacionable con los conjuntos Tres y Cuatro de los Estratos de Chita de Grosse (1935), con las sedimentitas silíceas y calcáreas de la Formación Consólida (Parra *et al.*, 1983) y con los miembros arcillosos - tobáceos de Nelson (1962).

En el área de trabajo, consideramos que se puede correlacionar con el Miembro Nutibara del cuadrangulo I-7, Urrao, debido a su equivalencia litológica.



### 3.2.1.2 Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K<sub>2</sub>pnu).

Esta unidad fue definida inicialmente por Álvarez (1978), como el miembro Urrao de la Formación Penderisco, en los afloramientos que se encuentran entre Concordia y Urrao, esta última es la población que le da su nombre. Esta unidad es predominantemente arcillo-arenoso y está compuesto por grawacas, limolitas y arcillolitas y localmente bancos delgados de lidita y caliza. Además, Calle y Salinas (1986) en la Plancha 165 Carmen de Atrato dicen que está constituido por interestratificaciones de lutitas, limolitas, lodolitas, areniscas, cherts y conglomerados polimicticos, dispuestos en estratos de características físicas muy variables. Para este trabajo debido a la complejidad estructural se toma como un bloque tectónico, el cual conserva las descripciones litológicas de sus unidades antecesoras.

Esta unidad presenta sus mejores afloramientos en el área de estudio en los ríos Grande, Guaduas, quebradas La Arboleda, La Cristalina y La Linda, así como en el cerro Farallones cerca al corregimiento del mismo nombre. Sobre la quebrada La Arboleda se describió una sección estratigráfica de 680 metros de espesor que se presenta en el Anexo 392-2, así como la poligonal de la misma. Ocupa aproximadamente un treinta y ocho por ciento (38%) del área estudiada, intruida por la Monzodiorita de Farallones.

#### **Litología**

Las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao estan constituidas por una espesa secuencia de sedimentos tipo flysch (litoarenitas, grawacas, arcosas, limolitas, lodolitas, arcillositas, etc.) plegados y fallados.

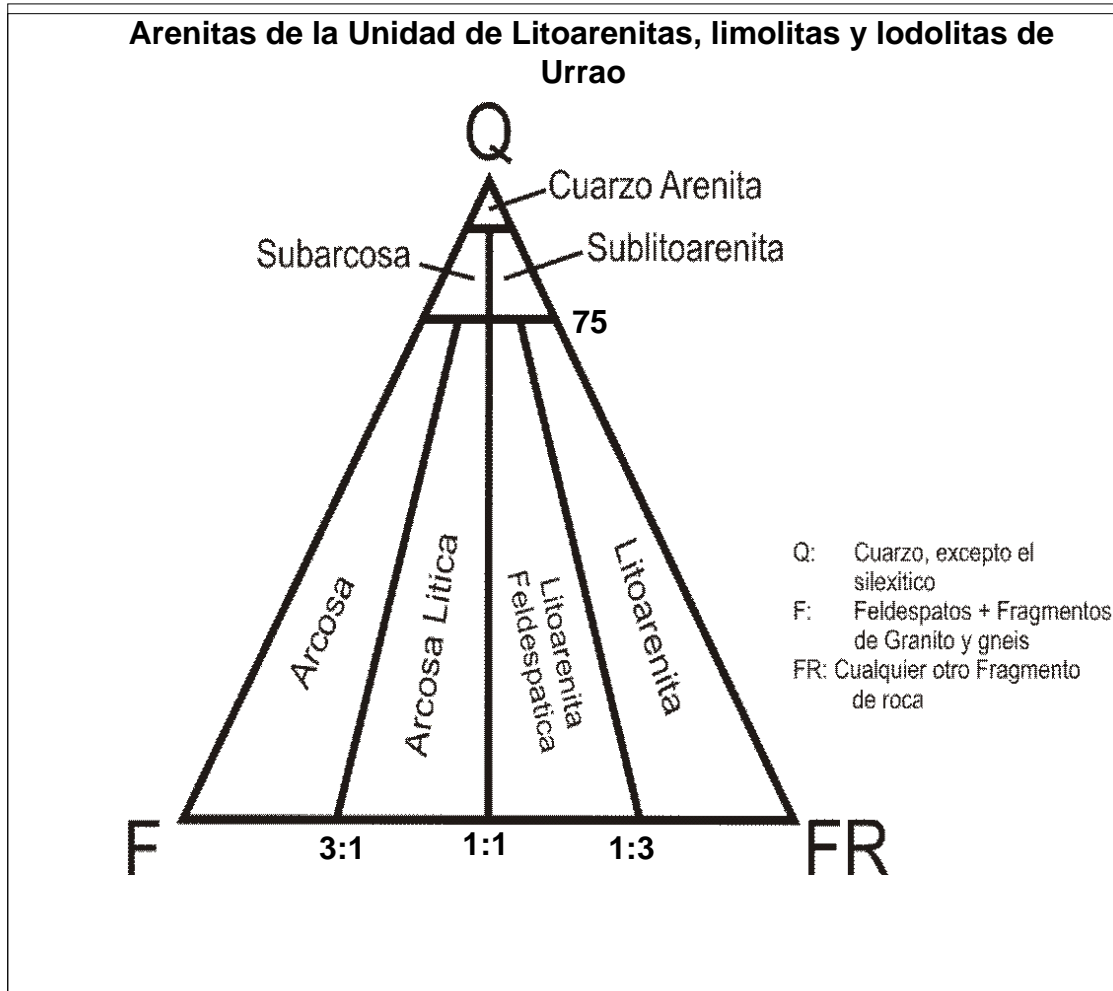
Las litoarenitas macroscópicamente se presenta en capas gruesas a medias de arenitas de grano fino a grueso, de terrígenos y líticos, compactas y con cemento silíceo, ocasionalmente se presentan sub-litoarenitas, arcosas, grawacas líticas y grawacas líticas feldespáticas (Figura 20).



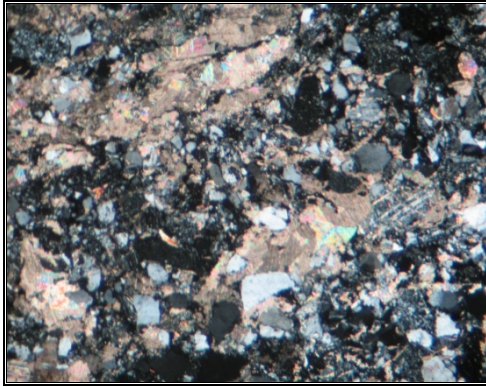
**Figura 20.** Vista panorámica de los Farallones de Citará alrededor de la Laguna de Santa Rita. Rocas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.

Microscópicamente se observa en las arenitas que el componente principal es el cuarzo monocristalino con tamaño de arena gruesa a fina hasta del 80%, feldespatos con predominio de plagioclasa del 14%, y micas del 4%. (Figura 21 y 22, Tabla 5). Los líticos predominantes son fragmentos de rocas

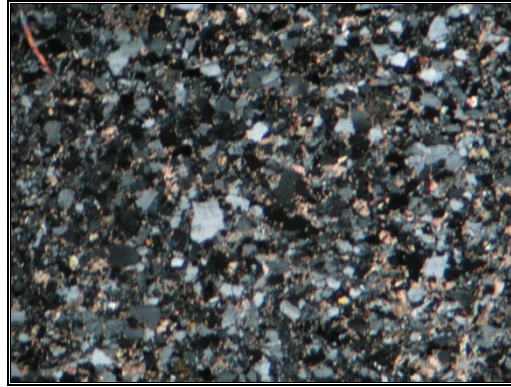
sedimentarias de tamaño fino a medio, de limolita, chert y lodolitas, y en menor relación se presentan fragmentos de rocas volcánicas (andesita y basaltos) y metamórficos de cuarcitas con sericita. La matriz de estas arenas es limo-arcillosa silícea hasta el 13%, constituida por láminas muy finas y plegadas y sin evidencias texturales de recristalización.



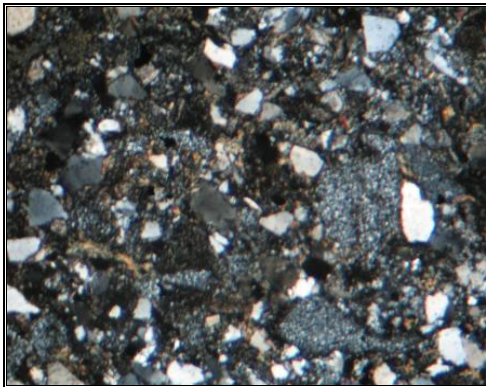
**Figura 21.** Triángulo de clasificación (QFFR) de Folk, 1976 para rocas sedimentarias según su composición, donde se observa la ubicación composicional de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.



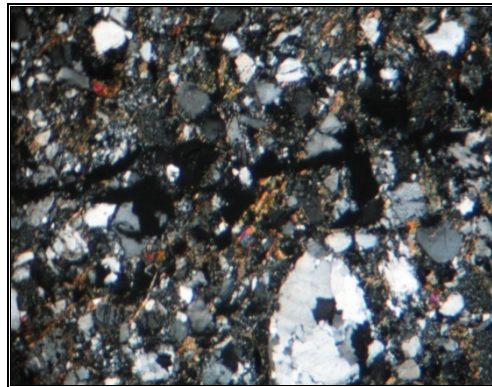
706523. Litoarenita. Nícoles cruzados. Fragmentos subangulares a subredondeados tamaño arena fina moderadamente seleccionados de cuarzo, plagioclasa y escasos de líticos sedimentarios en matriz de limo silíceo.



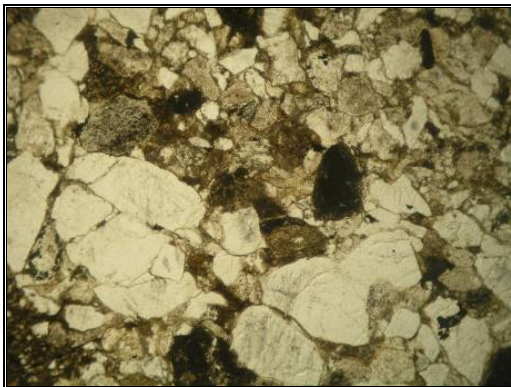
706530. Subarcosa. Nícoles cruzados. Fragmentos subredondeados bien seleccionados de cuarzo en matriz limo-arcillosa con láminas de mica blanca diseminadas.



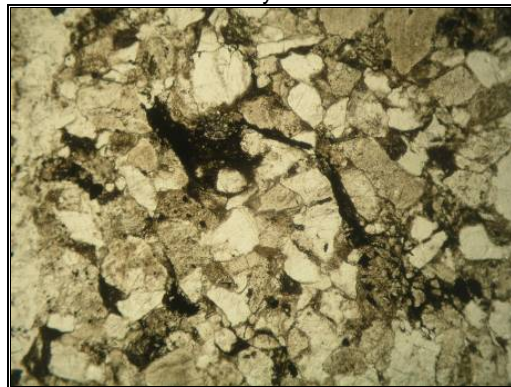
706534. Litoarenita feldespática. Nícoles cruzados. Fragmentos subangulares a subredondeados, ocasionalmente angulares, de cuarzo, líticos y feldspatos en matriz de limo con láminas flexionadas de mica.



706537. Litoarenita feldespática. Nícoles cruzados. Fragmentos tamaño arena gruesa a media poco seleccionados de cuarzo, líticos sedimentarios, plagioclasa con láminas detríticas micáceas en matriz de limo fino a muy fino silíceo.



706814. Litoarenita (sedarenita). Nícoles paralelos. Granos mal seleccionados de tamaño arena de cuarzo y líticos.



706819. Litoarenita feldespática. Nícoles paralelos. Granos de tamaño arena media de cuarzo, plagioclasa, materia orgánica y líticos.

**Figura 22.** Microfotografías de las litoarenitas en las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.



**Tabla 5.** Composición modal de muestras de arenitas de la unidad de Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urao

Estación	IGM	Terrígenos	%	Aloquímicos y Ortoquímicos	%	Líticos	%	Matriz	%	Otros	%	Descripción
GA-0044R	706523	Cuarzo	59.1	Calcita	2.1	Volcánicos:	1.4	Limoarcillosa	13.1			Litoarenita.
		Feldespatos	4.9									
		Micas	0.6									
		Opacos	0.1									
		Circón	Tr			Sedimentarios:	21.9					
		Sericita-clorita	Tr									
JCD-0038Rb	706530	Cuarzo	80.1	Calcita	0.3	Sedimentarios:	2.6	Limoarcillosa	9.3			Subarcosa
		Feldespatos	4.4									
		Mica blanca	1.7									
		Opacos	1.6									
		Biotita	Tr									
JP-0005R	706534	Cuarzo	66.2	Calcita	Tr	Sedimentarios:	14.3	Arcillosa	11.3			Litoarenita feldespatica
		Feldespatos	3.1									
		Micas	2.8									
		Opacos	2.3									
VM-0029R	706537	Cuarzo	47.9	Volcánicos: Sedimentarios:	3.6 26.0							Litoarenita Feldespática
		Plagioclasa	7.4									
		Epidota	1.4									
		Micas	3.1									
		Opacos	0.8									
JP0073R	706814	Cuarzo	28.8			Cuarcita	5.4	Recristalizada a biotita	12.6			Litoarenita Cornubianita?
		Plagioclasa	9.9			Basaltos, andesitas	5.5					
		Epidota	0.9			Chert, lodolitas, limolitas	36.9					
EM0067R	706819	Cuarzo	48.8					Arcilla	9.2			Litoarenita feldespatica
		Plagioclasa	13.8									
		Feldespatos	Tr									
		Moscovita	0.5									
		Opacos	1.0									
		Circón	Tr									

Las grawacas se identificaron en campo como rocas sedimentarias detríticas, de color gris, con tamaño de grano arena media, bien seleccionada, los granos de cuarzo, líticos y feldespatos en matriz limoarcillosa, en láminas irregulares a onduladas discontinuas de lodolita de color gris oscuro de 1 a 3 mm de espesor. (Figura 23)



**Figura 23.** Pliegues en intercalaciones de lodolitas negras y grawacas sobre el río Grande.

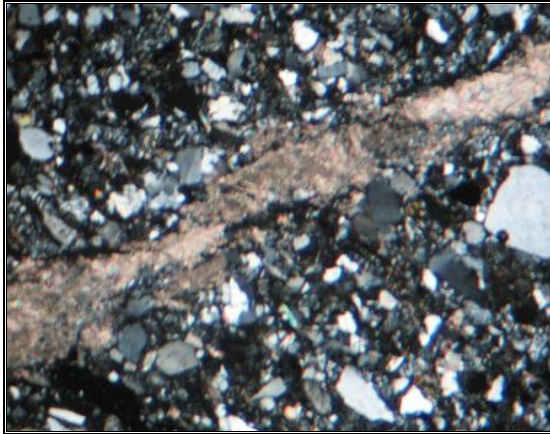
Estas rocas en sección delgada están compuestas principalmente por cuarzo en un rango entre el 32,1 y el 66,3% en granos de tamaño limo a arena fina, predominan los granos de cuarzo monocristalino, limpios o con inclusiones de opacos a manera de líneas, algunos con leve crecimiento en los bordes, extinción ligeramente ondulatoria. Los feldespatos están presentes en la roca en un rango entre el 1,7 y el 6.3% corresponden a granos de tamaño arena a limo, subangulosos de baja esfericidad en algunos de los cuales se conserva habito tabular, algunos maclados según albita o carlsbad, ligeramente empolvados por alteración a caolín.

Las plagioclasas están presentes en un rango entre 11,6 y el 13.4%. Son granos tamaño arena, subangulosos, generalmente con maclas de albita o combinada, empolvados por alteración a saussurita y arcilla. La alteración esta presente hasta en un 40% aproximadamente, empolvando la superficie de los granos.

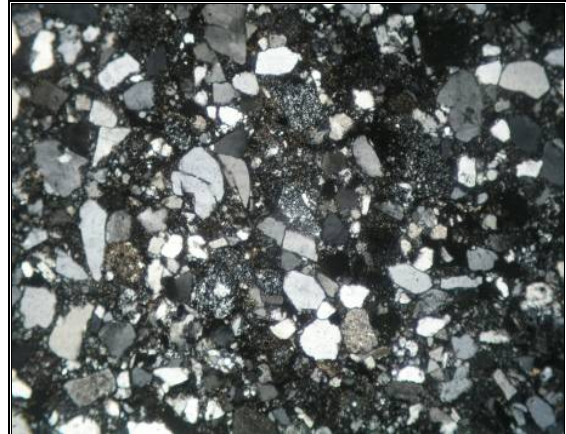
Como accesorios se tienen opacos en granos xenomórficos de formas irregulares y dispersos, circón en granos detríticos, subredondeados y finos, biotita como agregados xenomórficos a manera de microcristales y aglomeración de microcristales micáceos como parches, formados a partir de la matriz arcillosa y en algunos de los granos de tamaño arena, se puede encontrar en los bordes de contacto de los granos; se forma por metamorfismo

térmico, moscovita en láminas detríticas dispersas, flexionadas con extinción ondulatoria débil y epidota (Figura 21 y 24, Tabla 6).

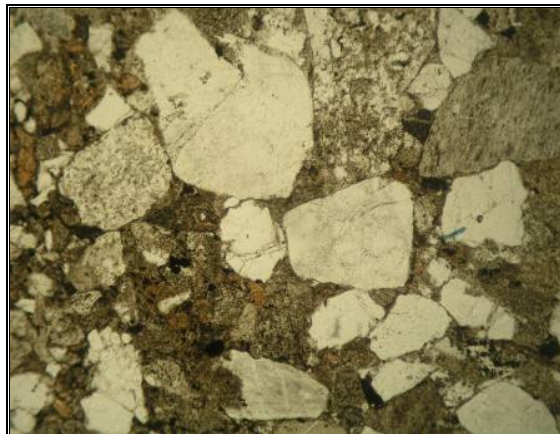
La roca generalmente está fresca y se observa metamorfismo térmico por orientación de los granos y presencia de minerales de metamorfismo tales como la biotita y andalucita.



706533. Grauvaca lítica. Nicoles cruzados. Roca sedimentaria clástica con fragmentos subangulares, de cuarzo, líticos sedimentarios y feldespatos en matriz limo-arcillosa.



706812. Grauvaca lítica feldespática. Nicoles cruzados. Granos de tamaño arena media de cuarzo, plagioclasa y líticos.



706818. Grauvaca lítica. Nicoles paralelos. Granos mal seleccionados de cuarzo, plagioclasa y líticos.

**Figura 24.** Microfotografías de las grawacas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao

Las arcosas se observan macroscópicamente como rocas sedimentarias compactas, isótropas, homogéneas (Figura 25) con fragmentos tamaño arena muy fina-limo de cuarzo bien seleccionados en matriz limo-arcillosa ligeramente calcárea, color gris medio con escasos líticos y feldespatos.

**Tabla 6.** Muestras de las grawacas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao con sus minerales principales y clasificación.

Estación	IGM	Terrígenos	%	Aloquímicos y Ortoquímicos	%	Líticos	%	Matriz	%	Otros	%	Descripción
JP-0001R	706533	Cuarzo	66.3	Calcita	0.3	Sedimentarios	9.6	Limo muy fino	16.6			Grauvaca Lítica
		Feldespatos	6.3									
		Mica blanca	0.8									
		Opacos	0.1									
		Circón	Tr									
JP-0068R	706812	Cuarzo	37.8			Cuarcitas	Tr	Arcilla – Minerales micáceos	31.9	Materia orgánica	0.1	Grauvaca lítica feldespática
		Feldespato	1.7			Andesita	5.9					
		Plagioclasa	13.4			Chert, limolitas, lodolita	9.2					
		Circón	Tr									
EM-0065R	706818	Cuarzo	32.1			Cuarcita	2.2	Arcilla recristalizada a biotita	26.7	Materia orgánica	0.5	Grauvaca lítica
		Plagioclasa	11.6			Andesitas y basaltos	5.4					
		Opacos	0.7			Chert, Limolitas	20.8					
		Biotita	Tr									
		Epidota	Tr									





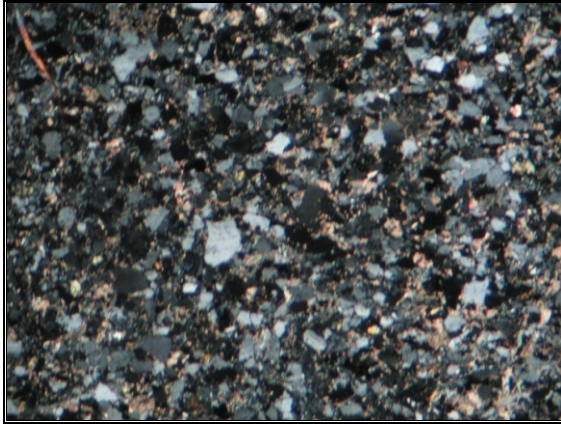
**Figura 25.** Arcosa de grano fino muy masiva con cemento silíceo y presencia de óxidos en las diaclasas ubicada en la quebrada La Convención.

Microscópicamente las arcosas están compuestas por granos de cuarzo en un rango entre 54% y el 80%, feldespatos en un rango entre el 4,4% y el 16,7%, líticos de sedimentitas silíceas microcristalinas en un rango entre el 2,6% y el 13,3%.

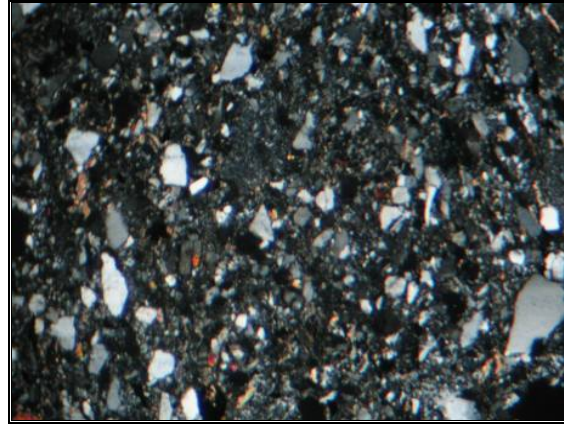
La roca tiene hasta un 10% de matriz limo – arcillosa con predominio de las partículas más finas (arcilla) relación que da la coloración crema o aspecto sucio.

Los granos de cuarzo se presentan como fragmentos bien seleccionados de baja esfericidad, subredondeados de tamaño arena muy fina de distribución uniforme y amplia en la roca. Incoloro, limpio a veces empolvado por microinclusiones de opaco, sin evidencia textural de deformación, con extinción normal-ondulatoria débil.

Los feldespatos son fragmentos subangulares tabulares, algunos maclados albita o carlsbad (feldespatos), empolvados por caolinización – crema. Los fragmentos líticos están compuestos por sedimentitas silíceas microcristalinas isótropas y laminadas finas – muy finas de color negro por materia carbonosa. Como componentes accesorios se encuentran opacos, micas, apatito y circón (Figura 21 y 26, Tabla 7).



706530. Subarcosa. Nicoles cruzados. Fragmentos subredondeados bien seleccionados de cuarzo en matriz limo-arcillosa con laminas de mica blanca diseminadas.



706538. Arcosa Lítica. Nicoles cruzados. Fragmentos poco seleccionados subangulares a subredondeados de baja esfericidad, de cuarzo, feldespatos y líticos en matriz de limo.

**Figura 26.** Microfotografías de las arcosas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.

Las lodolitas macroscópicamente se observan como rocas sedimentarias fino granulares, de color gris medio oscuro, presenta fracturamiento concoide, con laminación fina plano-paralela continua marcada por diferencia en la coloración debido al mayor o menor contenido de materia orgánica, cambiando de gris oscuro-negro a gris medio oscuro con evidencia de bioperturbación. En algunos casos con estructura pizarrosa por un metamorfismo térmico incipiente Las arcillolitas se reconocen como rocas sedimentarias de color gris, con tamaño de grano arcilla y limo, laminación marcada por cambios de color en tonos de grises que seguramente indican cambios composicionales, con pátina parda hacia los bordes por acumulación de óxidos de hierro (Figura 27 a y b).

Estas rocas generalmente se encuentran intercaladas entre sí o con las litoarenitas de la unidad.



**Tabla 7.** Muestras de las arcosas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao con sus minerales principales y clasificación.

Estación	IGM	Terrígenos	%	Aloquímicos y Ortoquímicos	%	Líticos	%	Matriz	%	Otros	%	Descripción
JCD-0038Rb	706530	Cuarzo	80.1	Calcita	0.3	Sedimentarios:	2.6	limo – arcillosa	9.3			Subarcosa
		Feldespatos	4.4									
		Mica blanca	1.7									
		Opacos	1.6									
		Biotita	Tr									
VM-0031R	706538	Feldespatos	16.7			Sedimentarios:	13.3					Arcosa Lítica
		Cuarzo	54.0									
		Opacos	1.9									
		Epidota	0.8									
		Micas	0.7									
		Circón-Apatito	Tr									



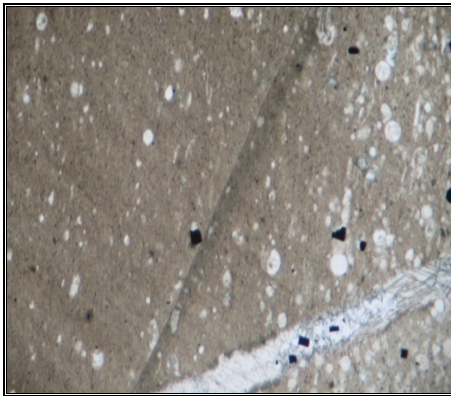
(a) Afloramiento de intercalación de arcillolitas y areniscas de grano fino en la quebrada La Cristalina



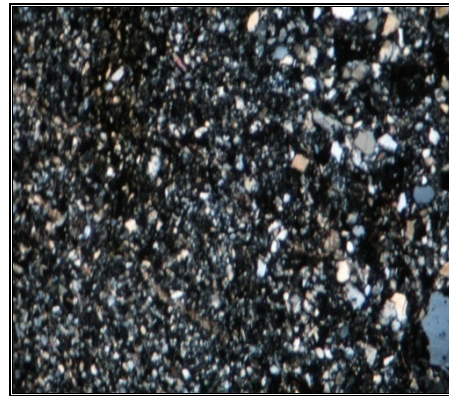
(b) Intercalación de lodolitas negras con litoarenitas grises de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urao.

**Figura 27.** (a) Arcillolitas aflorando intercaladas con litoarenitas y (b) lodolitas negras intercaladas con litoarenitas en el camino que conduce a la quebrada Churruchú.

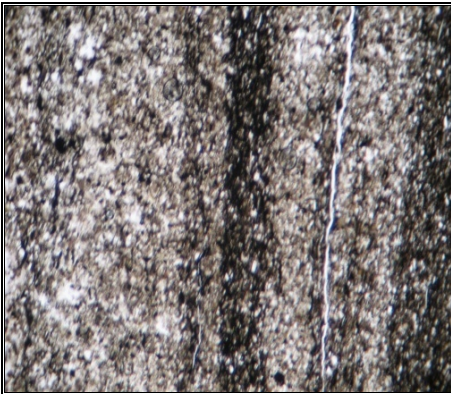
Las lodolitas en sección delgada están compuestas por cuarzo en un rango entre el 1,3% y el 67%. Se puede identificar por ser monocristalino subangular a sobredondeado bien seleccionado, baja esfericidad, incoloro limpio a ligeramente empolvado, extinción normal-ondulatoria débil. La matriz que varía entre limo y arcilla presenta un rango entre el 20% y el 98% viéndose generalmente como un material de color gris oscuro a pardo de tamaño limo muy fino-arcilla con ligera recristalización por diagénesis avanzada y/o metamorfismo térmico marcado por laminas de mica blanca y minerales micáceos arcillosos, que en conjunto presenta una orientación y aparece empolvado por materia carbonosa que da la coloración oscura a la sección. Con muy poca proporción de líticos (sedimentarios) y ocasionalmente opacos (Figura 28 y Tabla 8).



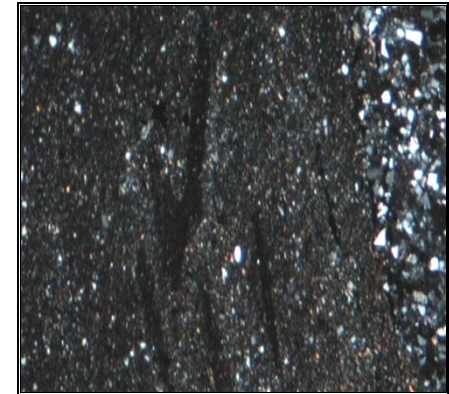
706526. Lodolita Silícea. Fragmentos ocasionales tamaño limo muy fino de cuarzo y formas esféricas de antiguos micro-organismos reemplazados por sílice microcristalina, en matriz limo-arcillosa. Venas con calcita secundaria



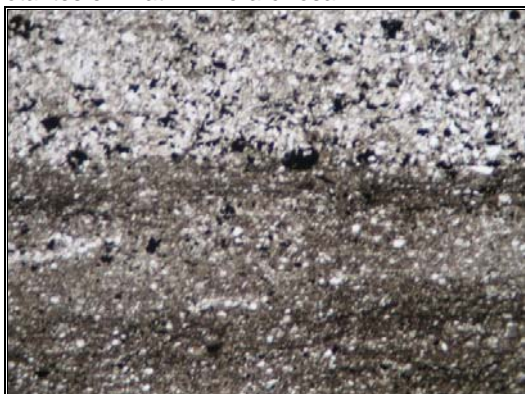
706527. Lodolita Arenosa. Nicoles cruzados. Fragmentos de cuarzo de distribución uniforme tamaño arena muy fina a fina, ocasionalmente más gruesos de plagioclasa y líticos sedimentarios en matriz limo-arcillosa.



706529. Lodolita laminada. Nicoles paralelos. Roca clástica con laminación fina plano-paralela continua marcada por cambios en la coloración debidos a la acumulación de materia orgánica. Fragmentos de cuarzo bien seleccionados flotantes en matriz limo-arcillosa



706531. Lodolita. Nicoles cruzados. Sedimentita con laminación fina definida por la variación en la granulometría y coloración debido a la presencia de materia orgánica. Fragmentos angulares a subangulares de cuarzo tamaño limo en matriz limo-arcillosa rica en materia orgánica



706532. Láminas de Lodolita y limolita. Nicoles cruzados. Láminas de limolita y lodolita con granos de tamaño limo de cuarzo, moscovita y opacos



706541. Arcillolita. Nicoles paralelos. Matriz arcillosa con débil laminación muy fina marcada por diferencias en la acumulación de materia orgánica con ocasionales fragmentos de cuarzo y formas orgánicas reemplazadas por sílice microcristalina

**Figura 28.** Microfotografías de las lodolitas y arcillolitas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.

**Tabla 8.** Muestras de las lodolitas y arcillolitas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urao con sus minerales principales y clasificación.

Estación	IGM	Terrígenos	%	Aloquímicos y Ortoquímicos	%	Líticos	%	Matriz	%	Otros	%	Descripción
JCD-0016R	706526	Cuarzo	3.4	Calcita	Tr			Sericita-cuarzo-materia carbonosa	90.2			Lodolita Silícea
		Opacos metálicos	1.1									
JCD-0017R	706527	Cuarzo	67.0	Calcita	Tr	Sedimentarios:	5.0	Limo-arcillosa	20.6			Lodolita Arenosa
		Plagioclasa	4.8									
		Micas	1.3									
		Opacos	1.3									
JCD-0034R	706529	Cuarzo	37.6					Limo	50.0			Lodolita Laminada
		Feldespatos	0.9									
		Micas	3.3									
		Opacos	2.2									
		Circón	Tr									
JCD-0039R	706531	Cuarzo	10.9			Sedimentarios	1.2	Limo-arcillosa	67.8			Lodolita
		Micas	3.6									
		Opacos	0.2									
JCD-0040R	706532	Cuarzo	27.6					Arcilla	57.8	Materia orgánica	5.4	Láminas de Lodolita y limolita
		Moscovita	3.2									
		Epidota	Tr									
		Plagioclasa	1.4									
		Opacos	4.2									
		Biotita	0.4									
VM-0039R	706541	Cuarzo	1.3					Sericita-minerales micáceos arcillosos	98.7			Arcillolita
JP0071R	706813	Cuarzo	5					Arcilla	93			Lodolita con láminas irregulares de arcillolita
		Plagioclasa	Tr									
		Feldespato	Tr									
		Moscovita	Tr									



### Sección Estratigráfica quebrada La Arboleda.

La sección estratigráfica levantada en la quebrada La Arboleda, corresponde a 680 m de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, en esta sección no se encuentra ni la base ni el tope de este bloque. Aunque pareciera ser correlacionable con una parte del Miembro Urrao, que levantaron Álvarez & González (1978), entre las localidades de Concordia y Betulia, donde reportaron un mayor predominio de arenas y lodolitas que pueden ser de similar litología con la sección de la quebrada La Arboleda y con toda la parte norte de la Cordillera Occidental. Las figuras 30 y 31, presentan la columna estratigráfica de esta sección y su poligonal.

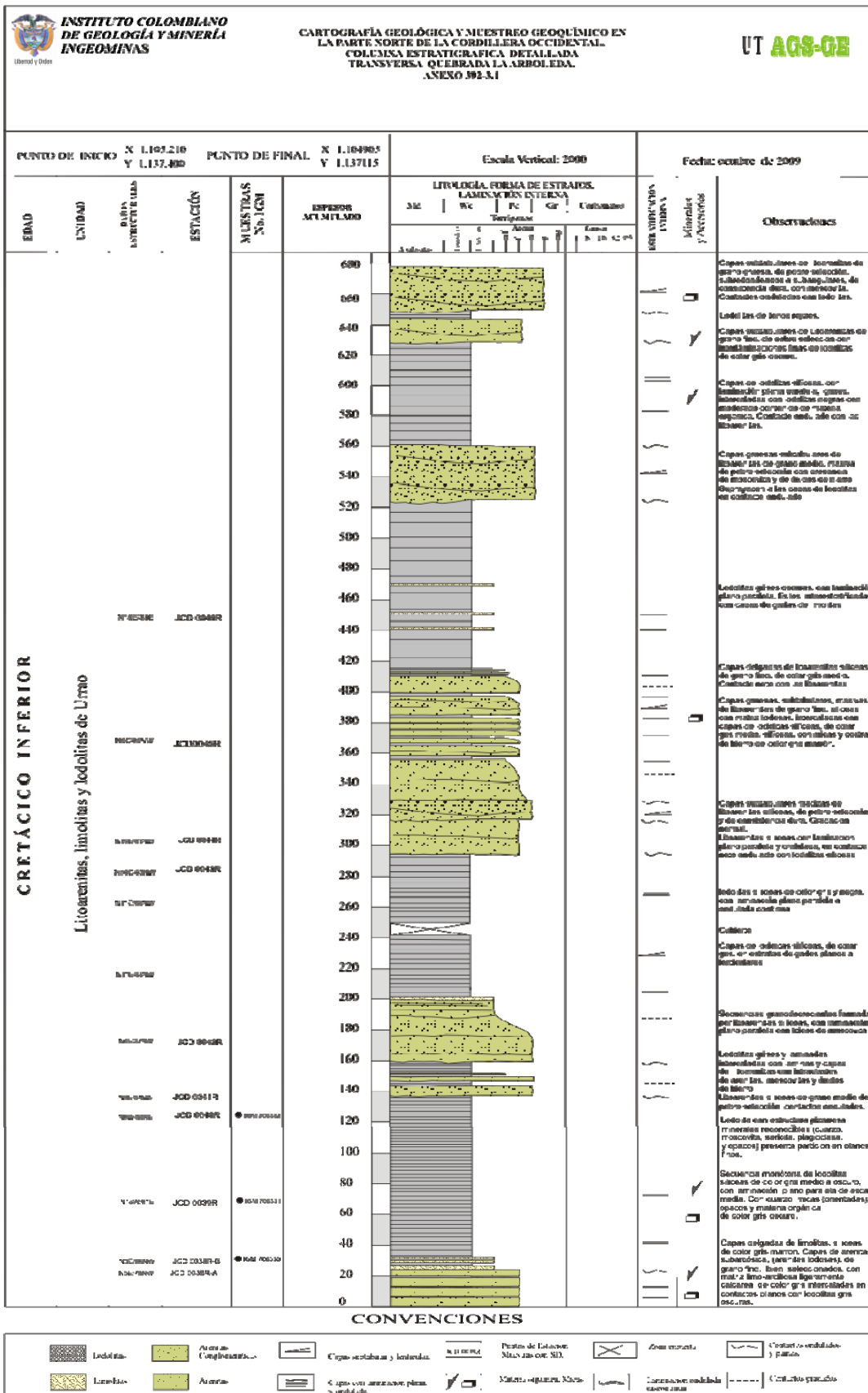
Hacia la parte inferior de esta sección se presenta un predominio de lodolitas de color gris oscuro y negras, bien laminadas con materia orgánica y moscovita. Igualmente se determinaron plagioclasa, sericita y minerales opacos, también es frecuente la estructura pizarrosa, con orientación de micas, y en ciertos niveles se presentan lodolitas calcáreas. La Figura 29, muestra los intervalos inferiores lodosos.



**Figura 29.** Niveles espesos de lodolitas grises oscuras a negras, silíceas intercaladas con capas delgadas de litoarenitas de grano fino.

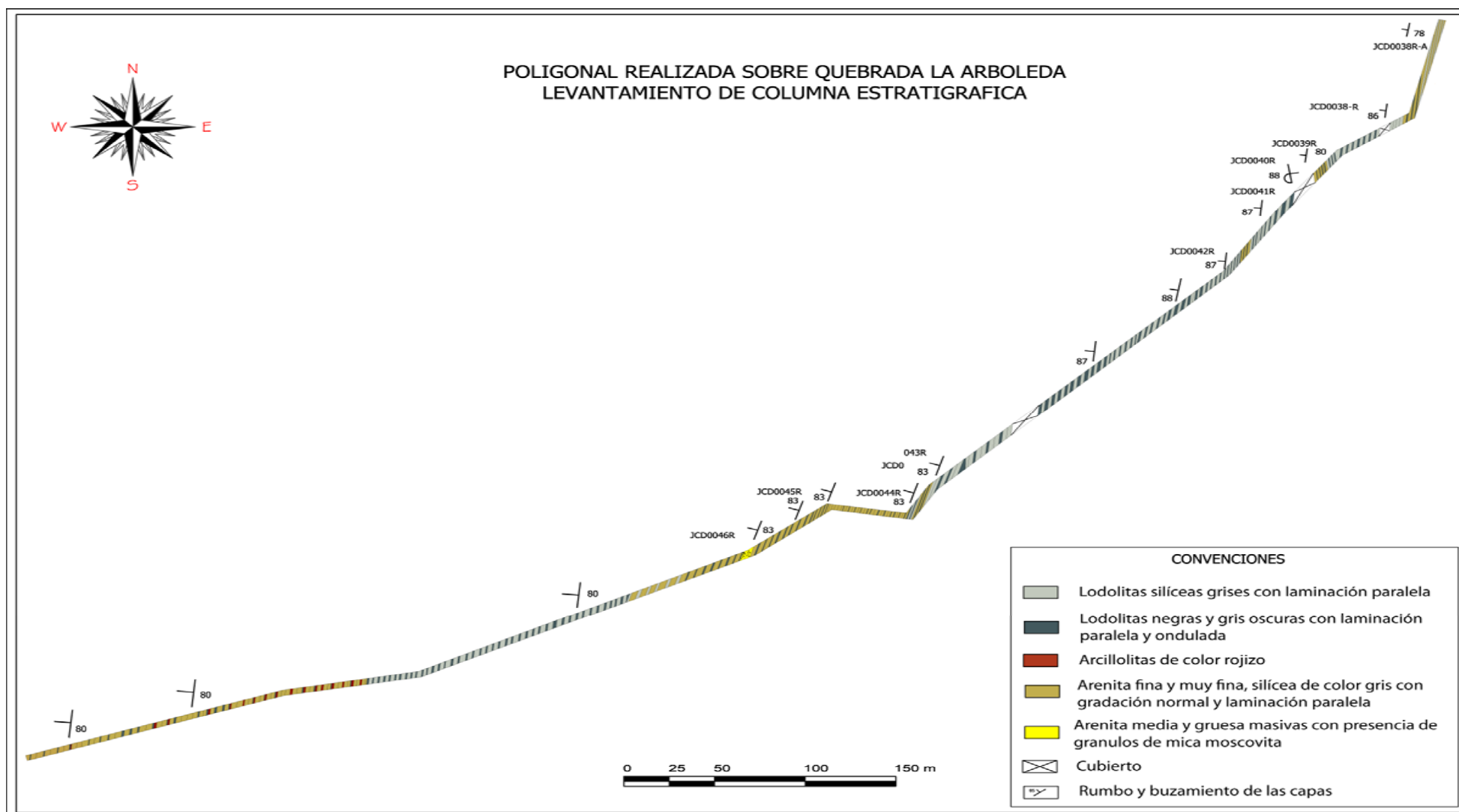
Entre la secuencia de lodolitas ocurren segmentos muy espesos de capas tabulares a subtabulares de arenitas sublíticas, de grano medio a fino, con matriz lodosa y silícea de color gris medio, estas capas de arenitas presentan contactos ondulado a ligeramente discordante con las lodolitas, y en general presenta gradación normal.

Hacia los segmentos superiores se presenta un ligero aumento en el porcentaje de las arenas, donde las capas son medias a muy gruesas, subtabulares, de grano fino a medio, de pobre a moderada selección, con matriz lodosa. En general estas capas forman paquetes de arenas de espesores métricos, con intercalaciones de lodolitas grises silíceas de estructuras foliadas y de aspecto cizalladas, dando ciertos visos brillantes. Hacia los intervalos superiores se vuelven a presentar el predominio de las lodolitas de color gris medio y con micas y ocasionales intercalaciones de limolitas de matriz lodosa.



**Figura 30.** Columna estratigráfica quebrada La Arboleda.





**Figura 31.** Poligonal de la columna estratigráfica en la quebrada La Arboleda.

Hacia la parte superior de la columna se presentan algunas capas gruesas de arenitas de grano medio a fino, donde se nota un contacto neto de apariencia erosiva, con las secuencias lodosas. Figura 32 muestra la geometría tabular y los contactos planos entre arenas y lodolitas.



**Figura 32.** Litoarenitas silíceas masivas y laminadas, en capas de 20 - 30 cm de espesor, intercaladas con capas de lodolitas laminadas de aproximadamente 3 cm de espesor.

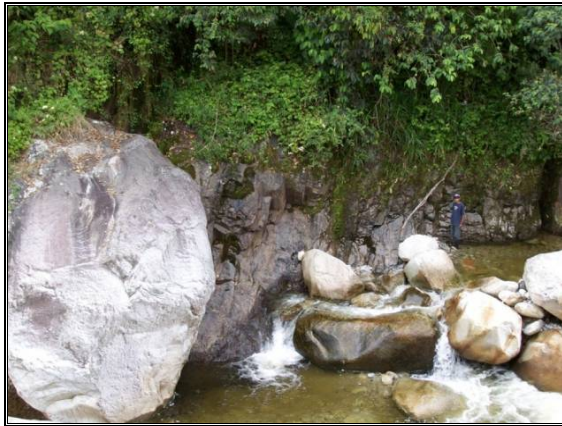
### **Contactos**

En el área de estudio no se observa el contacto con la unidad inferior. En el sector del río Grande y de la quebrada La Arboleda está en contacto fallado con el Chert y calizas de Nutibara.

Está intruida por la Monzodiorita de Farallones, la cual formo una aureola de contacto, con la formación de cornubianas. En el sector del río Grande, se tienen cornubianas de andalucita, biotita, cuarzo y grafito y cornubianas (metalodolita) de andalucita, biotita, cuarzo y sericita. En el costado este del área de trabajo, en cercanía al corregimiento de Tapartó, vereda La Rochela, se tienen cornubianas de cuarzo, andalucita, biotita y grafito, mientras que en el sector de la laguna de Santa Rita se tienen cornubianas de cuarzo, sericita y biotita.

Por su alta dureza, producto del metamorfismo térmico, las cornubianas presenta una mayor expresión topográfica, reflejada en las principales alturas presentes en la zona (cerros de Las Tetas, San Nazario, Laguna Santa Rita y del Diablo entre otros, así como cambios bruscos de pendiente, lo cual se observa en el sector norte del área de estudio, especialmente en la zona de Monteloro. La aureola de contacto, tiene un espesor variable, aproximadamente 2,0 kilómetros en la parte oeste del área de trabajo (sector de la vereda Guaduas, ríos Grande y El Pedral, y las quebradas La Alberia y La Convención), aumentando su espesor hacia el Norte, siendo en este sector de aproximadamente 2,5 kilómetros (quebradas La Arboleda, La Linda, vereda Monteloro). Este mayor espesor de la aureola de contacto se ve reflejado en

una mayor expresión topográfica en la parte este del área de estudio, formando las mayores alturas de los Farallones de Citará (Figura 33).



(a) Afloramiento de cornubianas color gris oscuro, ligeramente calcáreas, con laminación plano paralela discontinua, dispuestas en capas tabulares y facies Hornblenda cornubianita. Afloramiento localizado en la finca La Rochela

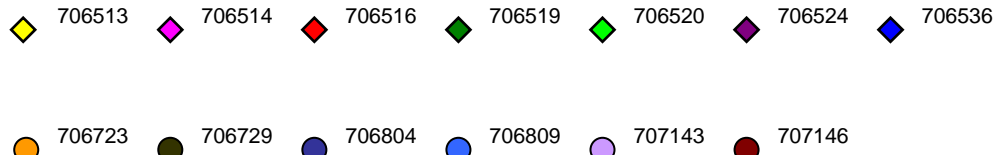
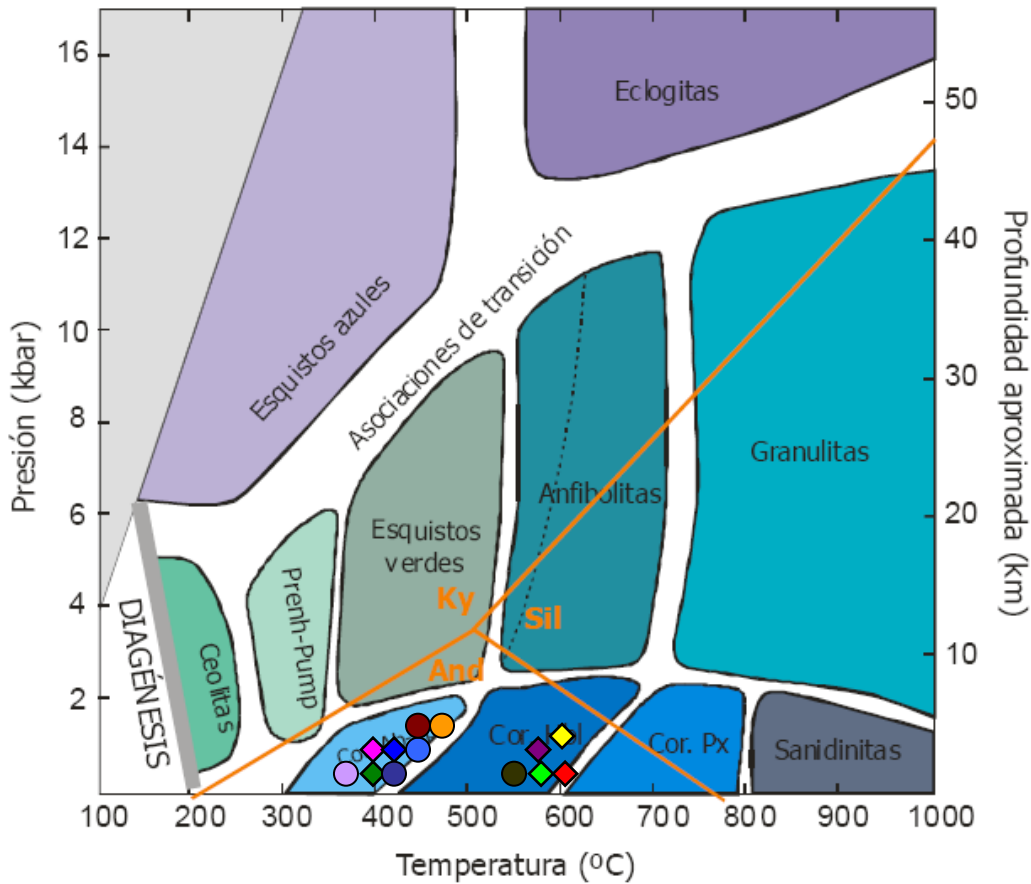


(b) Cornubiana de color gris, con textura sacarosa, sal y pimienta. Facies Albita-epidota-cornubianita.

**Figura 33.** (a) afloramiento de cornubiana de facies Hornblenda – Cornubianita y (b) afloramiento de cornubiana de facies Albita-epidota-cornubianita.

Las cornubianas macroscópicamente presentan, por los efectos del metamorfismo térmico, una modificación textural y composicional con respecto al protolito sedimentario. La roca en general presenta bandeamiento marcado por la segregación metamórfica de las láminas de biotita con las de cuarzo-plagioclasa y con algunas láminas ricas en materia carbonosa. En si estas se observan en muestra de mano como rocas sedimentarias de color gris a negro, constituida por porfidoblastos (de andalucita, según análisis petrográficos) a manera de puntos menores de 0,5 mm los cuales flotan dentro de una matriz. No se reconoce la mineralogía, tiene estructura pizarrosa, brillo sedoso.

En la Figura 34, se presenta el diagrama de Yardley (1989), con la ubicación de cada una de las muestras en su facies correspondiente. De acuerdo con este diagrama, se puede concluir que las cornubianas encontradas en el área pertenecen a dos facies: Una facies Albita – Epidota – Cornubianita de grado medio –bajo y facies Hornblenda – Cornubianita de grado medio.



**Figura 34.** Diagrama de Yardley (1989), con la ubicación de cada muestra en su respectiva facies.

En las secciones delgadas se observa que los principales minerales metamórficos corresponden a biotita con un rangopentre el 5% y el 44% de la roca, como microcristales xenoblásticos a subidioblásticos ligeramente orientados, de color marrón, con extinción paralela al clivaje, pero las láminas dobladas y con extinción anómala, presenta inclusiones abundantes de opacos, localmente alterada a clorita.

Andalucita en un rango entre 8,1% y el 38%, como porfidoblastos xenoblásticos de formas subredondeadas a ovaladas, orientadas en el sentido de la laminación esquistosa, con los bordes o contornos irregulares, con abundantes inclusiones de materia orgánica – grafito y en menor proporción biotita de recristalización y cuarzo en granos, los porfidoblastos en contactos flotantes, puntuales y tangenciales; rodeados por una matriz de sericita, biotita, cuarzo y minerales de arcilla y materia orgánica, de tamaños entre 0,4 y 0,6 mm en promedio.



Actinolita en un rango entre 0,8% y el 49%, en cristales xenomórficos generalmente orientados, con hábito plumoso a fibroso, color verde pálido a amarillento, poco pleocroico, en microcristales con bordes irregulares, el ángulo de extinción varía entre 10 y 18 grados, como agregados finos de cristales ligeramente orientados, varía el tamaño de una banda a otra, con extinción anómala.

Epidota en un rango entre el 2% y el 71%, en agregados microcristalinos anhedrales dispuestos en bandas, de relieve alto, color verde pálido a amarillo verdoso pálido, empolvado por materia orgánica. En algunas partes de la roca forma bandas hasta con un 96% de epidota, con algo de cuarzo y grafito y otras bandas con cuarzo – albita en mayor proporción.

Grafito en un rango entre 6,9% y el 10%, a manera de polvo en la matriz junto a cuarzo y biotita, en los bordes de los cristales o como láminas muy finas orientadas, aparece en algunas bandas en mayor proporción, imprimiéndoles un color gris a la roca, xenoblástico.

Turmalina en un rango entre el 0,3% y el 0,5%, como cristales subidioblásticos gruesos incompletos, que por lo general presentan inclusiones de cuarzo y opacos asociados. Se pueden considerar como microporfiroblastos dispersos.

Como minerales remanentes del protolito se presenta el cuarzo en cristales xenoblásticos irregulares muy finos, generalmente junto a biotita formando la matriz. Localmente pueden formar mosaicos de cristales xenoblásticos con bordes irregulares y con extinción ondulatoria, con birrefringencia gris del primer orden.

La roca presenta porfidoblastos de forma redonda, policristalina, constituido por microcristales de cuarzo a manera de mosaico, el tamaño del porfidoblastos es hasta de 2,4 mm, rodeado por opacos en los bordes. Plagioclasa en cristales xenomórficos junto a la actinolita, con bordes irregulares, generalmente sin desarrollo de maclas por lo cual se confunden con el cuarzo. Presentan extinción ligeramente ondulatoria y materia orgánica en agregados xenomórficos irregulares de color negro, marcan láminas y bandas junto a epidota (Figura 35 y Tabla 9).

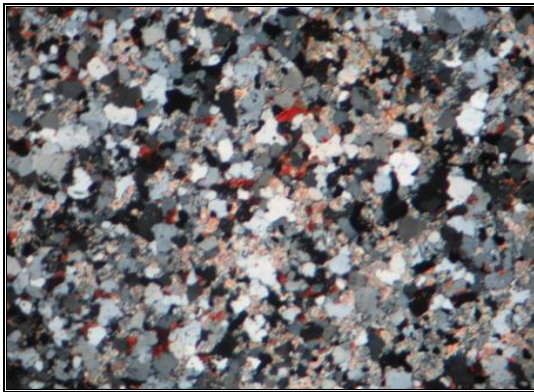




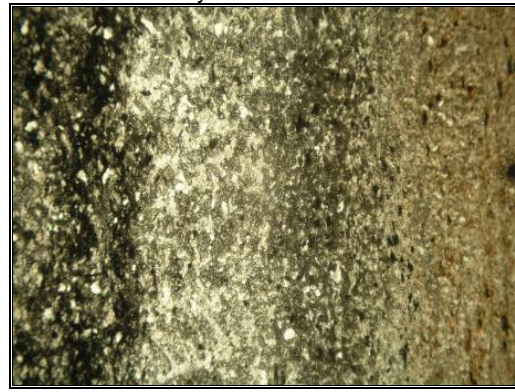
706513. Cornubianita de andalucita, biotita, cuarzo, grafito. Nícoles paralelos. Porfidoblastos de andalucita flotando en una matriz de biotita y cuarzo



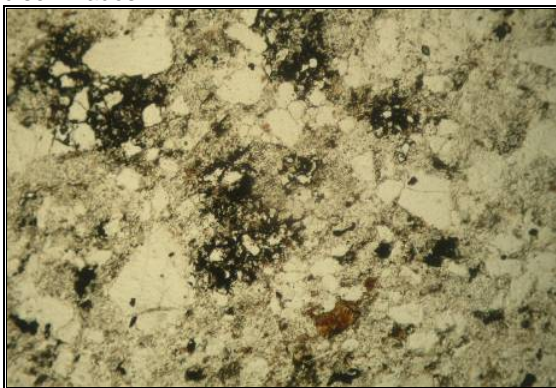
706519. Metalodolita – cornubianita de andalucita, cuarzo, biotita, sericita. Nícoles paralelos. Porfidoblastos de andalucita flotando en matriz microcristalina de biotita, sericita, grafito y restos detríticos de limo y arcilla



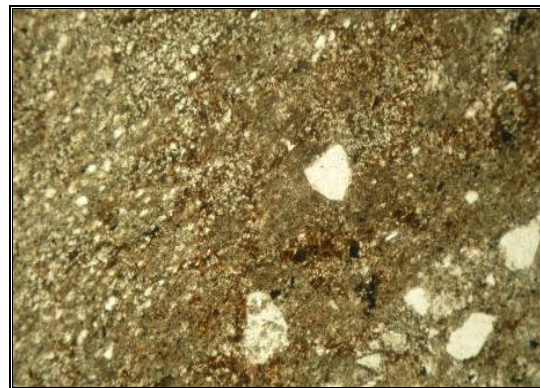
706536. Cornubianita de cuarzo-mica blanca-biotita con turmalina. Nícoles cruzados. Metamorfita de textura granoblástica constituida por mosaicos de cuarzo con moscovita y biotita en láminas finas intercristalinas; con abundantes opacos diseminados



706804: Cornubianita de epidota - actinolita – cuarzo – biotita. Nícoles paralelos. Bandas con agregados microcristalinos de epidota y biotita



707143. Cornubianita de cuarzo-biotita. Nícoles paralelos. Textura metaclástica producida a partir de limolita arenosa con recristalización térmica. Fragmentos (metaclastos) de cuarzo en matriz recristalizada granoblástica de cuarzo, con biotita térmica diseminada



707146. Cornubianita de cuarzo-sericita-biotita. Nícoles paralelos. Cuarzo granoblástico y como remanentes de fragmentos de una textura clástica en el protolito. Agregados de biotita pardo rojiza y mica blanca con opacos diseminados

**Figura 35.** Microfotografías de las cornubianas formadas a partir de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urao.

**Tabla 9.** Muestras de las cornubianas formadas a partir de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao con sus minerales principales y clasificación.

Estación	IGM	Principales	%	Accesorios	%	Introducción	%	Facies	Descripción
CC0010R	706513	Porfidoblastos: Andalucita	28.8	Opacos	2.2			Albita– epidota cornubianita	Cornubianita de cuarzo-sericita-biotita
		Matriz:	71.2						
		Cuarzo	28.5						
		Grafito	7.8						
		Biotita	32.7						
CC0012R	706514	Actinolita	49	Esfena Opacos	1.1 0.9			Albita– epidota cornubianita	Cornubianita de actinolita, plagioclasa, cuarzo
		Plagioclasa	35						
		Cuarzo	12						
		Epidota	2						
CC0032R	706516	Porfidoblastos: Andalucita	31.1	Opacos	Tr			Hornblenda cornubianita	Cornubianita de cuarzo, andalucita, biotita y grafito
		MATRIZ:	68.9						
		Biotita	24.1						
		Grafito	6.9						
		Cuarzo	37.9						
GA-003R	706519	Porfidoblastos: Andalucita	37.6	Materia orgánica Opacos	7.4 Tr			Epidota cornubianita	Metalodolita – cornubianita de andalucita, cuarzo, biotita, sericita
		Matriz:	55						
		Sericita	4.2						
		Cuarzo	34.5						
		Plagioclasa	1.1						
		Biotita	10.9						
JCD0006R	706524	Biotita	40.8	Opacos	3.3			Hornblenda cornubianita	Cornubianita de biotita-cuarzo-andalucita-mica blanca
		Andalucita	23.6						
		Mica Blanca	4.6						
		Cuarzo	27.4						

Estación	IGM	Principales	%	Accesorios	%	Introducción	%	Facies	Descripción
JP0044R	706536	Cuarzo	56.8	Opacos Apatito	4.1 Tr			Albita– epidota cornubianita	Cornubianita de cuarzo-mica blanca-biotita
		Biotita	13.8						
		Mica Blanca	22.1						
		Turmalina	0.3						
		Feldespatos	2.9						
CC0040R	706729	Cuarzo	34.0	Opacos Circon	3.4 Tr			Hornblenda Cornubianita	Cornubianita de cuarzo sericita biotita andalucita
		Sericita	29.7						
		Biotita	19.2						
		Andalucita	13.7						
JCD0085R	706804	Epidota	71	Opacos	Tr			Albita– epidota cornubianita	Cornubianita de epidota - actinolita – cuarzo – biotita bandeada
		Actinolita	8						
		Biotita	5						
		Cuarzo	10						
		Materia orgánica	6						
		Plagioclasa: albita	Tr						
JCD0118R	706809	Cuarzo	20.1	Opacos Materia orgánica	2.1 Tr			Albita – Epidota cornubianita	Cornubianita de biotita, plagioclasa, cuarzo
		Biotita	43.6						
		Plagioclasa	25.3						
		Andalucita sericitizada	8.1						
		Actinolita	0.8						
JP0077R	706816	Cuarzo	72			Cuarzo en venas	10	Albita – epidota cornubianita	Meta arcillolita lodosa
		Biotita	5						
		Materia orgánica	30						
		Arcilla	43						
GA 0046R	707143	Cuarzo	86.8	Opacos	2.4	Hematita- limonita	Tr	Albita– epidota cornubianita	Cornubianita de cuarzo-biotita
		Biotita	7.3						
		Plagioclasa	3.5						
GA 0050R	707146	Cuarzo	50.6	Opacos	1.6	Hematita- limonita	Tr	Albita– epidota cornubianita	Cornubianita de cuarzo-sericita-biotita
		Sericita	39.5						
		Biotita	8.3						

## Espesor

El espesor de esta unidad es imposible de calcular debido al tipo de contactos como también por los estados de deformación que se presentan en el área.

## Edad

Álvarez & González (1978), menciona que el Grupo Cañasgordas es de edad Cretácico temprano a tardío, Etayo *et al.*(1980) es citado por Calle y Salina (1986), donde se clasificaron algunos fósiles de la unidad como *Hamitas* (o *Hamitaceras*) y *Ptichoceras* del Aptiano-albiano, además nombran que P.J Bermudez afirma que la unidad contiene foraminíferos planctónicos *Globigerinella escheri* y *Rugogolobigerina* de edad Aptiano – Albiano, que estaría siendo el rango de edad de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.

## Correlaciones

Esta unidad es de particular complejidad estructural y estratigráfica, con relación al cuadrángulo I-7 y la Plancha 165 - Carmen de Atrato, en donde definieron que el Miembro Urrao consta principalmente de limolitas y lodolitas y restringen las facies a las zonas occidentales de estas áreas, y atribuyen esta problemática a una posición geográfica, a cambios tectónicos, como también a sistemas complejos de abanicos, donde se depositan las facies de turbiditas distales. Cronológicamente son correlacionables con las sedimentitas del Cretáceo superior de la Plancha 204 - Pueblo Rico, como también con las arenas y conglomerados del sector de Tatamá que evidencian depósitos de facies de turbiditas proximales. Álvarez & González (1978), en el cuadrángulo I-7 Urrao, define que en el Miembro Urrao se presentan conglomerados de tipo intraformacional, conformado por bancos entre 15 a 20 cm de espesor y con predominio de fragmentos de rocas.

### 3.2.2 Monzodiorita de Farallones (N<sub>1</sub>mdf)

Inicialmente Calle y Salinas (1986) le asignaron el nombre de Batolito de Farallones, a un cuerpo irregular emplazado en el aje axial de la Cordillera Occidental, de composición predominantemente monzonítica. Recibe su nombre del corregimiento de Farallones, en el Municipio de Ciudad Bolívar, Antioquia. González y Londoño (1997), siguiendo las recomendaciones de la International Subcommission on Stratigraphic Classification, ISSC (1987, 1994), donde se tiene en cuenta la composición modal predominante, monzodiorítica y el nombre geográfico original, para nombrar estratigráficamente este cuerpo como Monzodiorita de Farallones

En el área de trabajo la unidad se encuentra intruyendo las sedimentitas de la unidad denominada Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, por lo cual se forma una aureola de contacto con el desarrollo de cornubianitas. Esta intrusión contribuyó en parte al levantamiento de las rocas intruídas, las cuales forman los Farallones de Citara (El principal evento que formó los Farallones de Ciatará se debió a la fase inicial de la orogenia andina, la cual tuvo lugar en el Eoceno inferior a medio. En el Mioceno medio y superior se presenta una



nueva fase compresiva que duro hasta el Plioceno, siendo esta fase la más importante de la orogenia andina).

Es un cuerpo plutónico elongado en dirección N30°W y una amplitud variable con contornos irregulares que truncan las estructuras regionales. González y Londoño (1997), mencionan que el área total de la Monzodiorita de Farallones es de aproximadamente 670 km<sup>2</sup>, aunque en el área de trabajo tiene una extensión de 220 km<sup>2</sup>, (aproximadamente un 55% del total del área de trabajo). Respecto a los límites de la Monzodiorita de Farallones presentados en las Planchas 165 y 185, se realizó una afinación de los contactos, conservando la forma general del intrusivo.

Su mejor exposición se encuentra en la Vereda La Rochela, (Corregimiento de Tapartó) donde se aprecian cuarzomonzodioritas y dioritas faneríticas, con enclaves de xenolitos y de autolitos (Figura 36), los primeros son de rocas sedimentarias de la unidad de Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao y los segundos como componentes más básicos del mismo cuerpo.



**Figura 36.** Xenolitos de litoarenitas embebidos en la Monzodiorita de Farallones. Quebrada La Convención.

En los ríos Guaduas, Grande y El Pedral, las quebradas Convención y La Albería (sector oeste del área de trabajo), así como en el sector norte de la quebrada Churruchú (sector sur del área de trabajo), se tienen afloramientos de la Monzodiorita de Farallones, en contacto con las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, con desarrollo de cornubianitas.

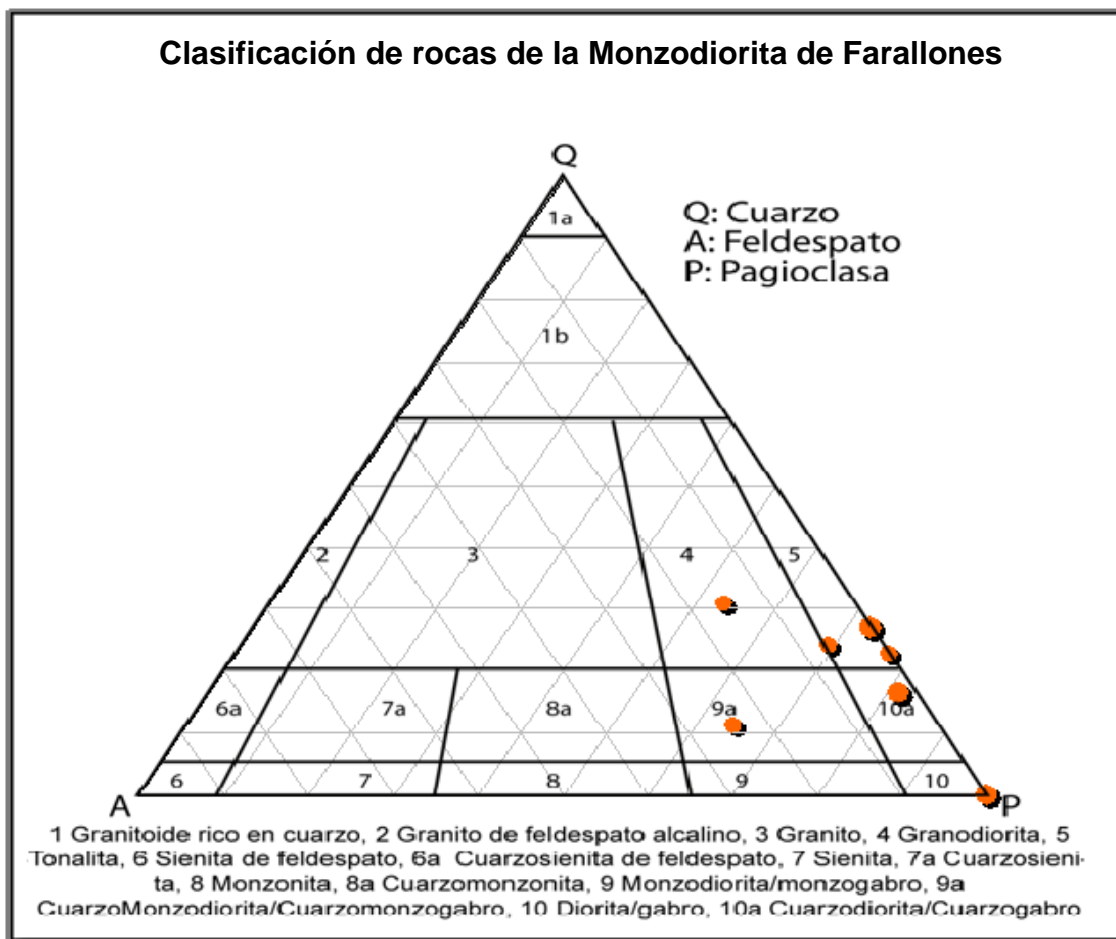
Al subir por la quebrada La Clara se aprecia el contacto entre el sedimentario y el intrusivo. En las partes más altas, se encontraron rocas de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, lo que nos puede indicar que el ígneo al intruirlo, dejó pequeños techos sedimentarios difíciles de cartografiar.



La intrusión permitió que fluidos ricos en sílice ascendieran formando venas y diques de cuarzo de gran espesor tanto en las rocas intruidas como en la Monzodiorita de Farallones, en algunas ocasiones estas presentan mineralizaciones importantes de Au, como en las minas de Dabaibe, La Paloma, Tapartó y Santa Cruz entre otras.

### Litología

En la tabla 10, se presenta un resumen de las muestras de roca de la Monzodiorita de Farallones a las cuales se les realizó petrografía. Se presenta el IGM, porcentajes de cuarzo, feldespato, plagioclasa, hornblenda, biotita y otros (principalmente clino y orto piroxenos presentes), textura y su clasificación petrográfica según Streckeisen (1976) (Figura 37).



**Figura 37.** Triangulo de Streckeisen (1976) y ubicación de las rocas de la unidad.

De acuerdo con las muestras recolectadas en campo a las cuales se les realizó análisis petrográfico, se puede decir que dentro de la Monzodiorita de Farallones, se tienen variaciones composicionales, desde monzodiorita (706806, 706811, Figuras 38 y 39) cuarzomonzodiorita (706515 y 706725, Figuras 40 y 41), tonalita (706518, 706528, 707144 y 707145, Figuras 42 y 43), y granodiorita (706517, 706807 y 706808, Figura 44).

Monzodiorita. Son rocas ígneas plutónicas, de color blanco moteado de negro, fanerítica de grano medio, con textura granular, esta constituida por plagioclasa en un 60 a 70%, feldespato 10 a 15% y minerales máficos en un 10 a 15 %.

Microscópicamente, estas rocas presentan texturas hipidiomórfica inequigranular, así como textura en coronas, cedaso y simplectítica. Mineralógicamente tiene la siguiente composición:

Cuarzo: trazas.

Plagioclasa andesina hasta en un rango entre 55,8% y el 60,5%. Corresponde a cristales euhedrales tabulares inequigranulares de tamaño medio, con maclas de albita y albita – Carlsbad, localmente presenta bordes de reacción con el feldespato, se altera a sericita y saussurita (5% a 20%), tiene inclusiones de opacos y apatito, a lo largo de fracturas tiene agregados verdes y pardos de clorita y epidota.

Feldespato en un rango entre el 14,9% y el 16,7%. Se presenta en cristales anhedrales intergranulares entre los cristales de plagioclasa, de menor tamaño que la plagioclasa, con relieve menor al del bálsamo, presenta desmezclas periticas a manera de parches, los bordes de los cristales irregulares, levemente empolvada por alteración a arcilla y caolín, en contactos con cristales de plagioclasa se desarrollan mirmequitas y corroe a la plagioclasa.

Hornblenda en un rango entre el 2,5% y el 14,9% en cristales anhedrales de color verde formados en los bordes de la augita, con pleocroismo X: amarillo, Y: verde y Z: verde oliva, también en parches uralíticos en la augita.

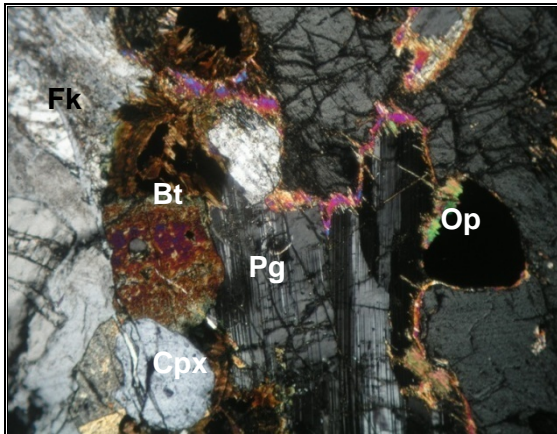
Biotita en un rango entre el 4,2% y el 9,7% en láminas subhedrales y anhedrales de color marrón oscuro, con un pleocroismo marcado X: amarillo, Y: marrón oscuro y Z: marrón oscuro, con extinción ondulatoria y en arce moteado, generalmente junto al anfíbol, se altera en los bordes a lo largo del clivaje a clorita verde y esfena residual, tiene inclusiones de hornblenda, apatito y opacos.

Como minerales accesorios se presentan: apatito en un rango entre trazas y el 1,6% en cristales medios a finos subhedrales y euhedrales, incoloros de relieve alto, incluidos en los minerales principales especialmente en los máficos. Opacos hasta en un rango entre trazas y el 1,7% en cristales euhedrales y anhedrales con bordes irregulares algunos con inclusiones de apatitos o con coronas de biotita radial, puede presentar texturas simplectíticas a manera de gotas y gusanos (similar a mirmequitas) en el interior de los cristales de clinopiroxeno.

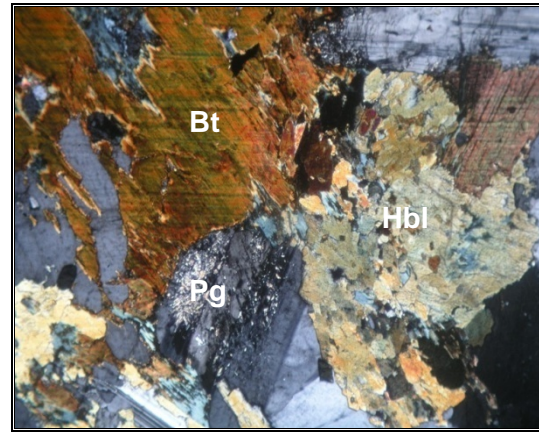
**Tabla 10.** Petrografía de las muestras de roca de la Monzodiorita de Farallones.

IGM	Qtz	Pg	Fk	Hbl	Bt	Otros	TEXTURA	CLASIFICACIÓN
706515	8,7	50,7	19,1	13,9	4,4	Op: 3,1	Hipidiomórfica inequigranular	Cuarzomonzodiorita
706517	25,3	44,3	12,7	12	4,4	Op: 1,3	Hipidiomórfica inequigranular	Granodiorita
706518	23	65,4	6,2	0,9	3,5	Op: 0,9	Hipidiomórfica inequigranular	Tonalita
706525	21,3	72,1	/	/	6,2	Op: 0,3	Hipidiomórfica inequigranular	Tonalita microporfídica leucocrática
706528	23,6	63,6	/	7,1	4,6	Chl: 0,6 Op: 0,4	Hipidiomórfica granular	Tonalita
706535	14,4	72,1	2,1	6,4	3,1	Chl: 0,1 Op: 0,5	Hipidiomórfica granular	Cuarzodiorita leucocrática
706557	/	58,9	/	/	/	Cpx: 39,3	Subofítica	Microgabro
706725	13,7	57,4	13,9	9,7	4,8	Op: 0,5	Hipidiomórfica granular	Cuarzomonzodiorita
706805	/	60,6	1,3	/	11,8	Cpx: 23,1 Op: 1,9	Subidiomórfica granular	Leucogabronorita
706806	Tr,	55,8	16,7	2,5	4,2	Cpx: 13,4 Opx: 4,1	Hipidiomórfica inequigranular	Monzodiorita
706807	40,4	43,2	12,8	0,7	2,1	Op: 0,8	Alotriomórfica inequigranular seriada	Granodiorita
706808	17,8	50	20	5	7,2	/	Subidiomórfica inequigranular	Granodiorita
706811	/	60,5	14,9	14,9	9,7	/	Alotriomórfica inequigranular	Monzodiorita
707144	19,5	52,7	3,6	19,5	3,9	Op: 0,8	Hipidiomórfica granular	Tonalita
707145	20,5	51,1	2,6	19,3	6,1	Op: 0,3	Hipidiomórfica granular	Tonalita

Qtz: Cuarzo Pg: Plagioclasa FK: Feldespato Hbl: Hornblenda Bt: Biotita  
Op: Ortopiroxeno Cpx: Clinopiroxeno Chl: Clorita



706806. Monzodiorita. Cristales subhedrales de clinopiroxeno (Cpx), plagioclasa (Pg), biotita (Bt), opacos (Op) y feldespato alcalino (Fk).



706811. Monzodiorita. Nícoles cruzados. Cristales subhedrales de plagioclasa (Pg), biotita (Bt) y hornblenda (Hbl).

**Figura 38.** Microfotografías de las secciones delgadas de monzodioritas de la unidad Monzodiorita de Farallones.

Cuarzomonzodioritas. Roca ígnea plutónica de color blanco moteado de negro, fanerítica de grano medio, con textura inequigranular, constituida por plagioclasa en un 55% a 65%, cuarzo de 15% a 25% y como minerales máficos hornblenda y biotita en un 5% a 12%. (Figura 39 a y b).

Microscópicamente, presenta textura hipidiomórfica inequigranular e hipidiomórfica granular, así como textura poiquilítica y mirmequítica. Mineralógicamente presenta la siguiente composición:

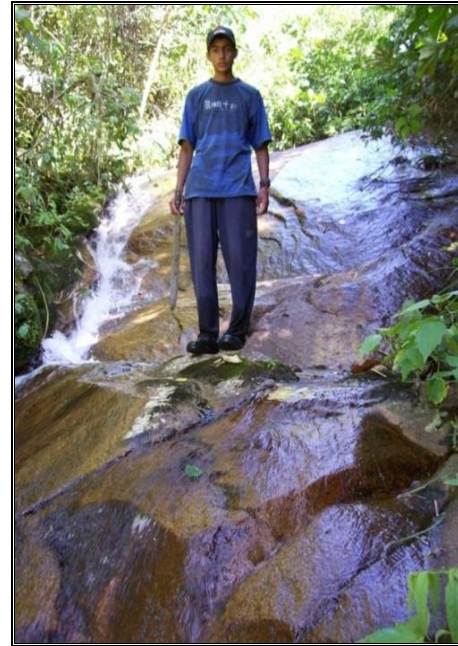
Cuarzo en un rango entre el 8,7% y el 13,7%, en cristales anhedrales intersticiales entre feldespatos, con extinción ondulatoria, generalmente de menor tamaño que la plagioclasa con birrefringencia blanca del primer orden, cristales limpios poco abundantes en la roca.

Plagioclasa (Oligoclasa) en un rango entre el 50,7% y el 57,4% en forma de cristales idiomórficos a subidiomórficos inequigranulares con caras cristalinas bien definidas de bordes rectos desarrollando hábito tabular, cristales más finos aparecen como inclusiones en ortosa incolora, limpia, microfracturada irregularmente, relieve moderado, maclada según albita, albita - Carlsbad con zonamiento normal marcado por bordes más limpios más sódicos que el núcleo. Composición An<sub>32</sub> en macla combinada de albita - Carlsbad.

Feldespato (Ortosa) en un rango entre el 13,9% y el 19,1%, en forma de cristales anhedrales con bordes irregulares entre plagioclasa algunas con inclusiones de este mineral. Incoloro ligeramente empolvado por productos arcillosos, relieve bajo no maclado, biaxial (-), grano medio.

Hornblenda en un rango entre el 9,7% y el 13,9%, en forma de cristales euhedrales a subhedrales en cortes basales y longitudinales, de color verde, con un pleocroísmo X: verde pálido, Y: verde y Z: verde oliva, pueden tener maclas dobles o polisintéticas, algunos poiquilíticos con inclusiones de biotita y opacos, ángulo de extinción variable. Inequigranular, limpio.



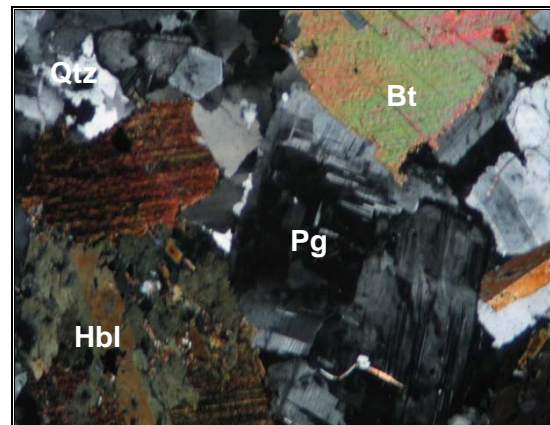
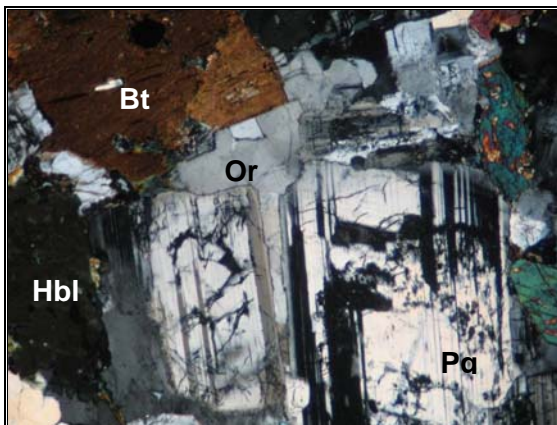


(a) Afloramiento de roca ígnea en el Cerro San Nazario. La roca presenta meteorización esférica, óxidos de hierro

(b) Afloramiento de roca ígnea de la Monzodiorita de Farallones, ubicado en drenaje sobre la vertiente sur de la quebrada Zaqueta en la cuenca media del río Tapartó.

**Figura 39.** Afloramientos de cuarzomonzodiorita en diferentes sectores del área de trabajo.

Biotita en un rango entre el 4,4% y el 4,8%, en forma de láminas euhedrales a subhedrales de color pardo con un pleocroísmo marcado X: amarillo, Y=Z: pardo, con extinción paralela en arce moteado, se altera a lo largo de bordes y clivajes a clorita con separación residual de esfena y magnetita, tiene inclusiones de opacos y apatito y se presenta como inclusiones en hornblenda.



706725. Cuarzo monzodiorita. Fotografía con nicoles cruzados. Cristales idiomórficos zonados y maclados de plagioclasa (Pg), Ortosa (Or) y Cuarzo (Qtz) intersticiales, Hornblenda (Hbl) y Biotita (Bt)

706515. Cuarzo monzodiorita. Fotografía con nicoles cruzados. Cristales euhedrales a subhedrales de plagioclasa (Pg), cuarzo (Qtz), biotita (Bt) y hornblenda (Hbl).

**Figura 40.** Microfotografías de las secciones delgadas de Cuarzo monzodiorita de la unidad Monzodiorita de Farallones.



Minerales accesorios tales como opacos en un rango entre 0,5% y el 3,1%, en forma de cristales anhedrales generalmente asociados a hornblenda y biotita, poiquilíticos con inclusiones de apatito, bordes irregulares; apatito en un rango entre trazas y 0,1% en forma de cristales euhedrales en cortes basales y longitudinales, incluido en los minerales principales; esfena en trazas en forma anhedral, de relieve alto, color pardo, el color del mineral enmascara el color de birrefringencia que es del tercer orden.

Tonalita. Roca ígnea holocristalina, fanerítica equigranular, de grano medio isótropa, compacta, densidad media, color gris claro-blanco y moteado blanco-gris claro de cuarzo-feldespatos y negro de biotita-hornblenda, constituida por cuarzo-plagioclasa-biotita. Composición cuarzo-diorítica-tonalita (Figura 41 a y b).

Microscópicamente presenta textura hipidiomórfica granular, así como textura poiquilítica y con zonamiento de plagioclasas. Mineralógicamente presenta la siguiente composición:

Cuarzo en un rango entre el 19,5% y el 23,6%, se presenta en forma de cristales anhedrales intersticial entre feldespatos y ocasionalmente en mosaicos, inequigranular de grano fino a medio (0,3 – 1,2 mm), incoloro empolvado de bordes definidos. Extinción ondulatoria de intensidad variable, algunos cristales microfracturados.

Plagioclasa en un rango entre el 51,1% y el 65,4%, se presenta en forma de cristales idiomórficos-subidiomórficos equigranulares tabulares de caras cristalinas bien definidas, incoloro limpio a ligeramente empolvado por caolín, relieve moderado, maclado según albita, albita-Carlsbad, periclina y Carlsbad. Algunos con zonamiento normal con borde limpio de bajo relieve. Composición An36 en macla combinada.



(a) Parte alta de la cordillera. Afloramiento de rocas de la Monzodiorita de Farallones, formando fuertes pendientes.



(b) Parte media de la cuenca de la quebrada Churruchú. Roca de la Monzodiorita de Farallones. Roca muy meteorizada, dando formas redondeadas a la topografía. Sector con fuerte pendiente.

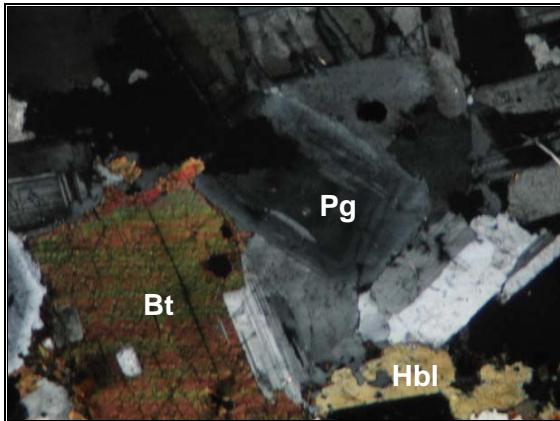
**Figura 41.** Afloramientos de tonalita en el sector de la Laguna de Santa Rita y de la quebrada Churruchú.

Feldespatos (Ortosa) en un rango entre el 0,0% y el 6,2%, se presenta en forma de cristales anhedrales-xenomórficos incompletos entre plagioclasa-cuarzo, incoloro, empolvado por caolinización debido a procesos de meteorización, relieve bajo ( $n < b$ ), no maclado, puede ser ligeramente pertítico, color de interferencia gris de primer orden. Biaxial.

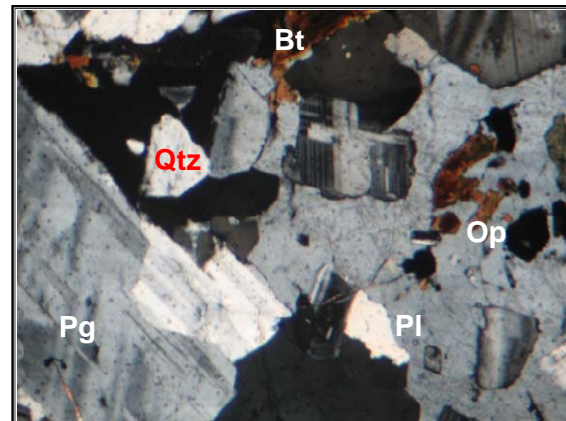
Hornblenda en un rango entre el 0,9 y el 19,5%, se presenta en forma de cristales subidiomórficos a xenomórficos de hábito tabular, incompletos con desarrollo de biotita a lo largo del clivaje de desarrollo irregular. Clivaje desarrollado en secciones longitudinales, extinción pleocroica X= pardo verdoso, Y= pardo y Z= pardo verdoso oscuro; algunos cristales poiquilíticos con inclusiones finas de plagioclasa y otros maclados, birrefringencia media con colores de interferencia en el rango del segundo orden bajo. Biaxial.

Biotita en un rango entre el 3,5% y el 6,2%, se presenta en forma de cristales subhedrales anhedrales laminar bordes incompletos así como en láminas xenomórficas asociadas a hornblenda, desarrollándose a partir de ésta y como mineral disperso, pleocroica de amarillo parduzco a Y=Z= pardo rojizo, extinción paralela sin deformación; fresca no alterada o deformada.

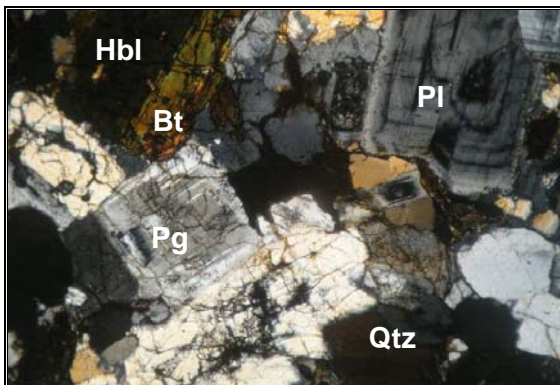
Minerales accesorios tales como: apatito hasta en un 0,1%, xenomórfico muy fino incluido en biotita; opacos hasta en un 0,4%, disseminados y asociados preferencialmente a máficos. Cristales xenomórficos finos aislados o en agregados; esfena, trazas, anhedral dispersa, ocasionalmente con opacos o en fracturas en hornblenda; así como trazas de circón y clorita (Figura 42a y b).



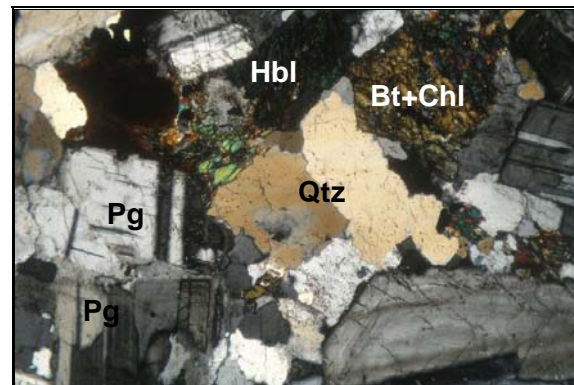
706518. Tonalita. Fotografía con nicoles cruzados. Cristales euhedrales a subhedrales de plagioclasa (Pg), biotita (Bt) y hornblenda (Hbl).



706528. Tonalita. Fotografía con nicoles cruzados. Roca ígnea plutónica de textura hipidiomórfica granular constituida por cuarzo (Qtz) anhedral intersticial, plagioclasa (Plg) idiomórfica a subidiomórfica maclada y zonada, biotita (Bt) en láminas dispersas y opacos (Op) diseminados.



707144. Tonalita. Fotografía con nicoles cruzados. Roca con textura hipidiomórfica granular con cuarzo (Qtz) anhedral, plagioclasa (Pg) idiomórfica empolvada, microfracturada, bien maclada, biotita (Bt) anhedral y hornblenda (Hbl). Óxidos de hierro acumulados en fractura.



707145. Tonalita. Fotografía con nicoles cruzados. Cuarzo (Qtz) anhedral cruzado por caminillos de opacos entre plagioclasa (Pg) idiomórfica tabular, maclada y zonada, hornblenda (Hbl) poiquilítica con inclusiones de plagioclasa y biotita con bordes de alteración a clorita (Bt+Chl).

**Figura 42.** Microfotografías de las secciones delgadas de Tonalita de la unidad Monzodiorita de Farallones.

Granodiorita. Roca ígnea plutónica de color blanco moteado de negro, fanerítica de grano medio a fino, con textura inequigranular, constituida por plagioclasa en un 55 a 65%, cuarzo de 20 a 30% y como minerales máficos hornblenda y biotita en un 3 a 8%, presenta en los planos de fractura relleno de pirita, así como patina de hierro en la superficie de la roca. (Figura 43a y b)





(a) Roca ígnea aflorante en el sector del río Tapartó.



(b) Parte baja del salto El Cóndor, donde se tiene un buen afloramiento de la Monzodiorita de Farallones.

**Figura 43.** Afloramientos de granodiorita en el sector del río Tapartó.

Microscópicamente, estas rocas presentan texturas alotriomórfica inequigranular seriada e hipidiomórfica inequigranular, así como texturas poiquilítica y mirmequítica (Figura 44).

Cuarzo esta presente con un rango entre 17,6% y el 40,4%, en forma de cristales anhedrales inequigranulares con los contornos irregulares, el relieve mayor al del bálsamo, con extinción ondulatoria, inclusiones de polvo a manera de líneas, con disposición intergranular. Localmente en mosaicos granulares rodeando plagioclasas más gruesas.

Plagioclasa en un rango entre 43,2% y el 50%, en forma de cristales euhedrales y subhedrales tabulares cortos, con maclas de albita y albita Carlsbad, con extinción zonada normal, pueden mostrar fracturas transversales al eje mayor, en algunos sectores totalmente reemplazado por sericita a manera de escamas, el relieve mayor al del bálsamo, tiene inclusiones de opacos y apatito. La plagioclasa es de tipo oligoclasa – andesina; en algunos sectores está 100% reemplazada por sericita hidrotermal. Pueden presentarse inclusiones de biotita, apatito y opacos.

Feldespato (Ortosa) en un rango entre 12,7% y el 20%, se presenta en forma de cristales anhedrales generalmente de mayor tamaño que la plagioclasa, puede mostrar textura poiquilítica con inclusiones de plagioclasa tabulares, con el relieve menor al del bálsamo, sin desarrollo de maclas, ligeramente empolvada por alteración a caolín, tiene inclusiones de cuarzo y plagioclasa.

Hornblenda en un rango entre 0,7% y el 12%. Se presenta en cristales euhedrales a anhedrales de color verde oliva, inequigranular algunos poiquilíticos con inclusiones y desmezclas a biotita, puede presentar maclas dobles, el ángulo de extinción varía entre 11° y 16° grados, ligeramente zonado, con inclusiones de opacos, apatito, esfena, biotita y plagioclasa.

Biotita en un rango entre 2,1% y el 7,2%. Se presenta en láminas anhedrales y subhedrales de color pardo, con un pleocroísmo X: amarillo pálido, Y: pardo oscuro y Z: pardo oscuro, con extinción en arce moteado, tiene inclusiones de apatito, plagioclasa y opacos, se altera a lo largo del clivaje y bordes de los

cristales a clorita y magnetita residual, puede estar totalmente reemplazado. Los contornos de los cristales son irregulares.

Los minerales accesorios presentes son: Opacos hasta en un 1,3% en forma de cristales anhedrales, con bordes irregulares, poiquilíticos con inclusiones de apatito, dispersos. Apatito en trazas, en forma de cristales euhedrales en cortes basales y longitudinales, de relieve alto, incluido en hornblenda, biotita, plagioclasa y opacos. Esfena, trazas en forma de cristales anhedrales generalmente dentro de la hornblenda, de relieve alto y birrefringencia del tercer orden, de color pardo.

### **Contactos**

La Monzodiorita de Farallones, presenta un contacto intrusivo sobre las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, formando una aureola de contacto de aproximadamente 2,0 kilómetros (cornubianitas), con recristalización de la fracción arcillosa de la unidad.

La unidad denominada en este trabajo como Aglomerado de Farallones, presenta un contacto discordante con la Monzodiorita de Farallones, de acuerdo a las relaciones observadas en campo.

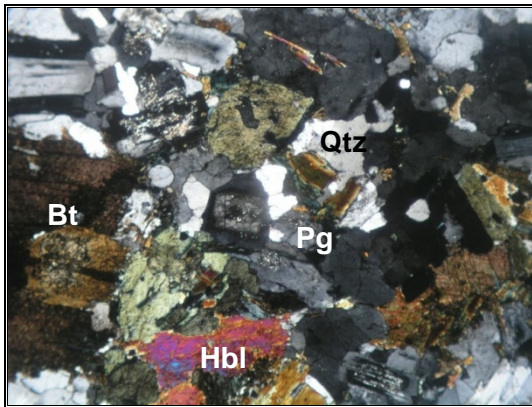
### **Edad**

La Monzodiorita de Farallones (INGEOMINAS, 1999), tiene una edad Mioceno tardío (existe una datación isotópica en hornblenda por método K/Ar que dio 11+/- 2 Ma, Calle et al., 1980). En este proyecto se enviaron muestras de este cuerpo intrusivo para análisis geocronológicos por el método Ar/Ar. Aun se está a la espera de los resultados.

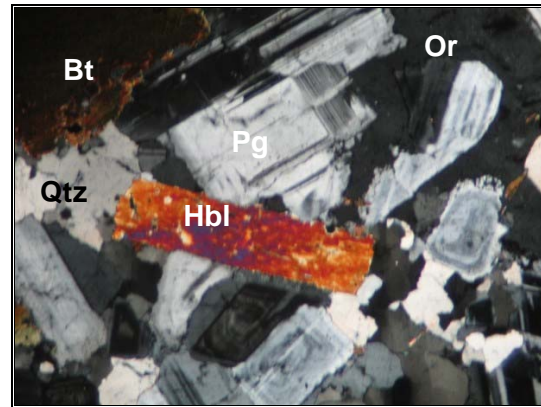
### **Correlaciones**

Aunque se posee escasa información química sobre este cuerpo, por edad, composición mineralógica, variedad petrográfica y posición axial en el eje de la Cordillera Occidental, se ha correlacionado con los stocks monzodioríticos del Páramo de Frontino, Cerro Frontino y Morrogacho.

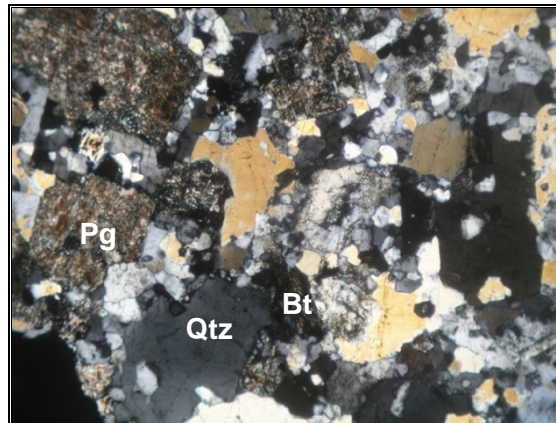




706808. Granodiorita. Fotografía con nicoles cruzados. Cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pg), biotita (Bt) y hornblenda (Hbl).



706517. Granodiorita. Fotografía con nicoles cruzados. Cristales euhedrales de plagioclasa (Pg), Biotita (Bt), hornblenda (Hbl), cuarzo (Qtz) y Ortosa (Or).



706807. Granodiorita. Fotografía con nicoles cruzados. Cristales anhedrales de plagioclasa (Pg), feldespato alcalino (Fk), Cuarzo (Qtz) y biotita (Bt).

**Figura 44.** Microfotografías de las secciones delgadas de granodiorita de la unidad Monzodiorita de Farallones.

### 3.2.3 Aglomerado de Farallones (N<sub>1</sub>adf)

Se refiere a las rocas volcano-piroclásticas que afloran en el cerro Farallones. De acuerdo con la bibliografía consultada, no se encontraron referencias de esta unidad, por lo cual siguiendo las recomendaciones del Grupo de trabajo Cordillera Occidental de INGEOMINAS, así como las de la International Subcommission on Stratigraphic Classification, ISSC (1987, 1994), donde se tiene en cuenta la composición modal predominante, Aglomerado y el nombre geográfico, ubicado en cercanía del corregimiento de Farallones, para nominar estratigráficamente este cuerpo como Aglomerado de Farallones en el presente trabajo.

Esta unidad aflora en la parte alta del cerro de Farallones, entre la quebrada la Cascada al Norte y la quebrada Bramadora al sur, desde los 3.200 hasta los 4.000 m.s.n.m. Presenta forma circular irregular, con un área aproximada de 18

Km<sup>2</sup>, con una geoforma similar a un cono volcánico como se observa en la figura 45.



**Figura 45.** Vista panorámica del Cerro de Farallones, donde se puede observar su morfología de posible edificio volcánico.

### **Litología**

La matriz consiste de tobas líticas de composición intermedia, de color gris a gris verdoso, por lo general medianamente meteorizadas, compactas, con textura fragmental de tamaño variable entre lapilli y ceniza gruesa presentando líticos angulares a sub-angulares (Figura 46), mal seleccionados, de sedimentitas silíceas (probablemente de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao) y fragmentos de rocas volcánicas porfídicas (Andesitas y Andesitas Porfídicas).

Por lo general los fragmentos y en especial los cristales no muestran evidencias de desgaste por abrasión o transporte mientras que en los de sedimentitas si hubo transporte, este no fue prolongado. Los fragmentos de cristales de plagioclasa – piroxeno tienen las mismas características de estos minerales en los fragmentos de vulcanitas.



**Figura 46.** Afloramiento de tobas líticas muy meteorizadas en el Cerro Farallones.

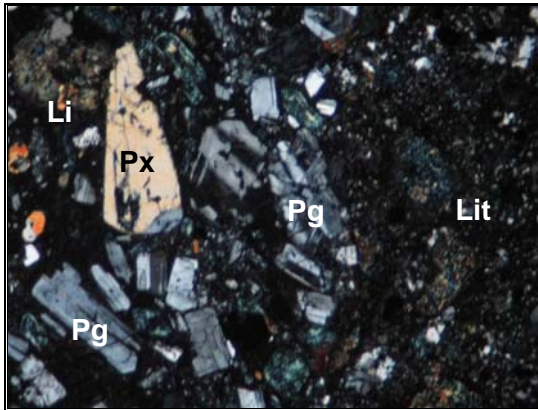
Microscópicamente estas rocas presentan fragmentos de líticos de vulcánitas y sedimentitas hasta en un 40%. Las vulcanitas están compuestas por plagioclasa y piroxeno, textura porfídica con matriz esencialmente vítrea. Las sedimentitas están mal seleccionadas, compuestas por fragmentos subangulares a subredondeados de rocas sedimentarias micro a criptocristalina silíceas, en algunas de las cuales se puede observar una textura clástica fina, mientras que en otros fragmentos aparece la masa silícea continua que puede corresponder a limolitas silíceas y chert respectivamente, rara vez se presentan rocas con ligera laminación.

Los cristales están presentes hasta en un 53%, principalmente de plagioclasa en forma de cristales idiomórficos a sub-idiomórficos, de hábito tabular con caras cristalinas bien definidas, incoloros de relieve moderado – medio, maclados según albita - Carlsbad por lo general con zonamiento normal, rara vez oscilatorio, empolvados a lo largo de microfracturas pero por lo general muy limpias, la composición varía entre andesina cálcica y albita – Carlsbad.

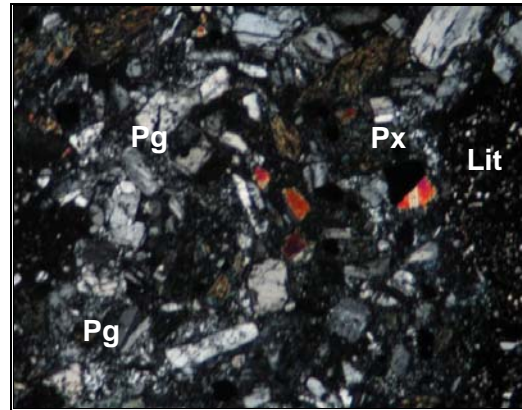
Clinopiroxeno en forma de cristales idiomórficos a subidiomórficos de hábito prismático con caras cristalinas rectas bien definidas y por lo general sin evidencia de fracturamiento, incoloro a verde pálido no pleocroico, algunos maclados, clivaje poco desarrollado, birrefringencia alta con colores de interferencia de segundo orden alto.

Opacos en forma de cristales o fragmentos de cristales de tamaño no uniforme de magnetita-ilmenita algunas con corona de esfena (Figura 47).





706728. Toba de cristales y Líticos. Nícoles cruzados. Piroclastos de cristales de plagioclasa (Pg), piroxeno (Px) y líticos (Lit) en matriz hipocristalina



706730. Toba de Cristales y Líticos. Nícoles cruzados. Fragmentos no desgastados de cristales de plagioclasa (Pg) y piroxeno (Px) y de líticos de sedimentitas (Lit) y vulcanitas básicas.

**Figura 47.** Microfotografías de las secciones delgadas de los Aglomerados de Farallones.

### Contactos

En el área donde se realizó la cartografía geológica, el Aglomerado de Farallones se presenta discordante sobre las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, así como sobre la Monzodiorita de Farallones.

### Edad

Estas rocas volcánicas denominadas en este trabajo como Aglomerado de Farallones, puede ser un antiguo cuello volcánico, emplazado como una fase terminal de la Monzodiorita de Farallones, de edad Mioceno. La edad de estas rocas, según comunicación escrita de INGEOMINAS, se tienen dataciones Ar/Ar de 11,9+/- 0,6 Ma y 9,08+/- 0,2 Ma, y por su relación con la Monzodiorita de Farallones, (datación isotópica en hornblenda por método K/Ar que dio 11+/- 2 Ma, (Calle *et al.*, 1980), se le puede asignar una edad Plioceno.

### Correlación

Esta unidad, denominada como Aglomerado de Farallones, puede ser correlacionables con rocas volcánicas halladas en el cerro de Frontino, al norte del área (Calle y Salinas, 1986).

### 3.2.4 Depósitos Cuaternarios

En general los depósitos cuaternarios observados en el área de trabajo están relacionados con las principales corrientes hídricas de la zona, tales como los depósitos aluviales (Qal) y los depósitos fluvio torrenciales (Qft). De igual manera, en la parte alta de la cordillera, en el sector de la laguna de Santa Rita, se observaron pequeños depósitos de tipo glacial (Qg), como morrenas de fondo y laterales. Aunque algunos de ellos están por fuera del área de estudio se incluyeron dentro de la cartografía realizada.



### **Depósitos Fluvio Torrenciales (Qft)**

Se observan principalmente en la Vereda La Rochela (Corregimiento de Tapartó), como abanicos en las partes altas de las quebradas La Clara, La Selva y el río Tapartó. Estos abanicos están constituidos por gravas, arcillas, bloques y cantos, con una mala selección, embebidos en matriz arcillo-arenosa, sin ningún tipo de estratificación o estructura sedimentaria.

### **Depósitos Aluviales (Qal)**

En la parte media y baja de las cuencas anteriormente anotadas se presentan depósitos aluviales, los cuales están formados por gravas polimícticas de bloques, cantos y guijos de monzodiorita y litoarenitas, limolitas y lodolitas, siendo mas prominentes las primeras (Figura 48).

Estos depósitos también se observan en la quebrada Convención y en el río Grande en la Vereda Guaduas (Municipio de Carmen de Atrato), allí se aprecian gravas de cantos gruesos de rocas sedimentarias y monzodiorita, en los depósitos aluviales de la quebrada se observa la presencia de suelos residuales. (Figura 49).



**Figura 48.** Depósitos cuaternarios del río Tapartó. Se observa la fuerte diferenciación morfológica entre los diferentes tipos de unidades geológicas: la Monzodiorita de Farallones, la parte distal del abanico fluvio torrencial y los depósitos aluviales.

Estos depósitos presentan espesores variables, desde decenas hasta centenas de metros, y en proceso de depósito. La edad de estos depósitos es incierta, pero la poca disección por parte de las corrientes de agua, nos puede indicar que son del Pleistoceno.



**Figura 49.** Contraste morfológico entre los depósitos cuaternarios del río Grande y las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.

### **Depósitos Glaciales (Qg)**

En el sector sureste del bloque, se encuentra ubicada la Laguna de Santa Rita, con una altura de aproximadamente 3.200 m.s.n.m., donde se puede apreciar el circo y la laguna glacial. En el fondo y paredes del valle se tienen remanentes de morrenas de fondo y laterales. Debido a la espesa vegetación presente es difícil cartografiar con exactitud estos depósitos.

## 4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La geología estructural de esta región está directamente relacionada con los esfuerzos creados en la zona de convergencia de la placa Suramericana, la placa Nazca y la placa Caribe. Los movimientos relativos de estas placas durante la era Cenozoica dieron origen al sistema orogénico de los Andes del Norte. La placa de Nazca converge hacia el Este con respecto a la placa Suramericana a una velocidad aproximadamente de 7cm/año, la convergencia relativa entre estas dos placas es absorbida en parte por la zona de subducción del Pacífico (Vargas, 2001). Lo cual dio origen entre otros sistemas a la Sutura río Verde - Pueblo Rico, río Verde – Santa Cecilia (Restrepo y Toussaint, 1985, Salazar *et al*, 1991), que son el principal sistema de fallas de la zona, cuya orientación está reportada en la geología de la Plancha 114 y continúa hacia el sur en las Planchas 165 y 185. Según Page (1986) son fallas de rumbo noroeste de tipo dextral, paralelas a la Cordillera Occidental (Salazar, 2005).

En el área en cuestión existe una zona con un componente de cizalla simple evidenciado por las múltiples fallas de rumbo sinéstrales que rigen en la zona con una tendencia NNW-SSE y un sistema secundario con dirección NE-SW de componente sinistral siendo estos parte de un sistema de relevo del sistema N-NW.

### 4.1 FALLAS

Las fallas en el área de estudio son muy escasas, cartografiándose solo dos las cuales son de rumbo con componente sinistral con dirección NNW – SSE (Figura 50)

#### 4.1.1 Falla La Mansa

Es una estructura de dirección N–NW buza preferencialmente al Este, aunque localmente se hallan planos de cizalla con buzamiento al Oeste, siendo la magnitud en ambos sentidos muy variable. Aunque se postuló para ella un movimiento sinestrolateral, en base a su relación con algunos cuerpos de forma lenticular, en esencia parece ser una falla normal. En la zona norte del bloque aparecen fallas satélites de ésta, las cuales ponen en contacto las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao con Basaltos y diabasas del Barroso, adicionalmente esta falla genera una zona de debilidad en la que se presentan grandes deslizamientos que afectan a las poblaciones de la vereda La Sucia y Lázaro Uribe, así como control de drenaje en el río Bolívar, que permite su identificación fotogeológica. La falla se encuentra al norte del área de trabajo, pero ésta es afectada por sus fallas satélites.

#### 4.1.2 Falla de San Francisco

Falla de rumbo de tipo sinistral, que en la zona desplaza pequeños bloques de la Monzodiorita de Farallones. Se identifica por su expresión morfológica, alineamientos de valles y silletas laterales. Atraviesa la zona de trabajo de norte a sur, y se considera una expresión de la Falla río Verde que Salazar *et al.* (1991) proponen como evidencia de una sutura cuya prolongación en el sur, en el límite Pueblo Rico se expresa en la Falla Las Peñas

En la parte sur oriental de la zona de estudio se presenta como un lineamiento bien marcado fotogeológicamente en dirección NNW, atravesando las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, sin embargo, debido a las alteraciones de orden público fue imposible visitar la zona donde se manifiesta, para llevar un control durante las labores de campo. De esta falla principal de San Francisco se desprende una falla satélite asociada, que presenta un movimiento sinistral con buzamientos preferenciales al Este y mostrando un pequeño desplazamiento en la Monzodiorita de Farallones, en el sector del río Azul, en sentido sureste – noroeste.

#### 4.2 LINEAMIENTOS

Dentro del bloque y con ayuda de la fotogeología se observaron rasgos marcados como lineamientos que fueron de difícil identificación en la fase de campo debido al fuerte fracturamiento de las rocas en el sector. De acuerdo con las mediciones realizadas en campo, se tienen tres direcciones preferenciales: N-NW, N-NE, N-S. Las estructuras de dirección N-NW son las más antiguas y están desplazadas por el sistema N-NE; a ellas están relacionadas las mineralizaciones de oro, plata, cobre, plomo y zinc de las minas Santa Cruz, La Soledad, La Tulia, La Misericordia, La Sombra, Santa Helena, San Esteban, La Alejandria, el Julio, La Paz, La Varonesa, y La Lorena.

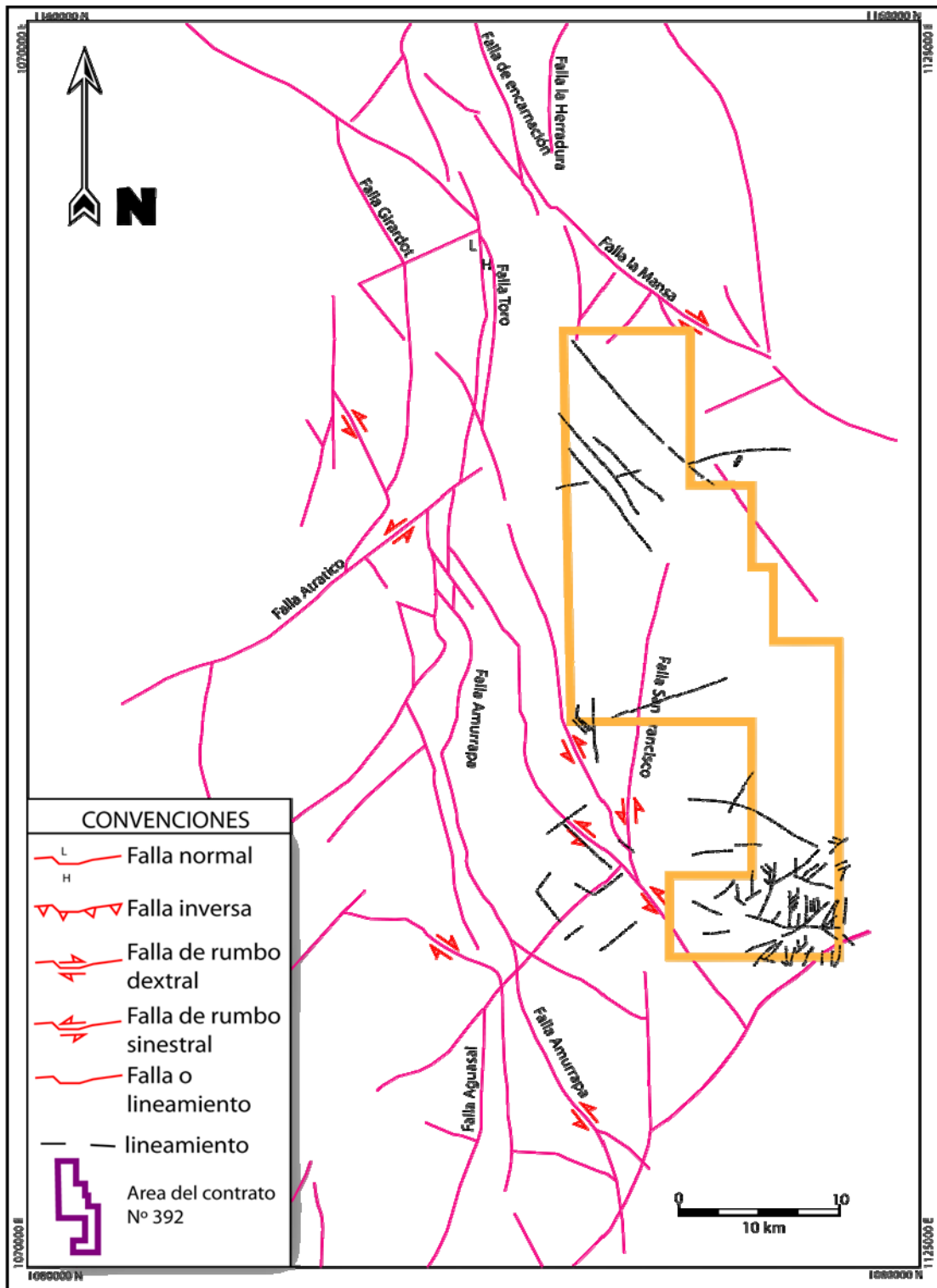
##### 4.2.1 Sistema N-NW

Controla parcialmente las mineralizaciones de las minas Dabaibe y Puerto de Oro, tiene influencia sobre la quebrada la Mansa y quebrada la Arboleda al norte del área y la quebrada Regue al sur del área.

##### 4.2.2 Sistema N-NE

Controlan el contacto entre las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao y la Monzodiorita de Farallones. Exhiben zonas de cizalladura de 35cm a 50cm con buzamientos fuertes, mayores de 45°.





**Figura 50.** Esquema estructural regional de la zona de trabajo.

## 5. GEOQUÍMICA

### 5.1 METODOLOGÍA

El procesamiento estadístico de los datos se realizó de acuerdo a la metodología del Ingeominas (Gonzalez *et al.*, 2004), utilizando el software SPSS para el análisis exploratorio de datos y el análisis multivariado. Se utilizó además el software ArcGIS 9.2 módulo Geostatistical Analyst para la generación de los mapas de concentración puntual de elementos por unidad litogeoquímica, y los mapas factoriales multielemento.

El procesamiento estadístico de los datos geoquímicos se hizo sobre un total de 231 muestras de sedimentos activos finos analizadas por ICP-AES para 33 elementos químicos que incluyen elementos mayores, menores y trazas. Los elementos que se analizaron fueron Ag, Al, As, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Te, Ti, Tl, V, W, Zn. El Au se analizó por Absorción Atómica (Tabla 11).

En primer lugar se hizo un preprocesamiento de la información para revisar los valores negativos que tienen algunos elementos y que significan resultados de análisis por debajo del límite de detección. Cuando se presentan valores de concentración menores al límite de detección estos son reemplazados por la mitad del valor absoluto del límite de detección. (Reimann *et al.*, 1998). Esto se hizo para incluir estos datos en el análisis estadístico; además para no afectar los parámetros como la media y la mediana; y para normalizar las curvas de distribución de frecuencia acumulativa. La siguiente Tabla muestra un resumen de las muestras validas, inválidas y el número de muestras con valores por debajo del límite de detección (LD).

Los elementos Ag, As, Au, La, Mo, Na, Pb, Se, Sb, S, Sn, Te, Tl y Hg se les hizo transformación de sus datos por debajo del Límite de detección como se describió anteriormente. Al elemento W, por presentar datos por debajo del Límite de detección que superan el 40% del total de su población, simplemente se eliminaron estos datos en los análisis estadísticos.

**Tabla 11.** Muestras por elemento químico en la zona de estudio que corresponden a las planchas 165 y 185.

	Muestras menores al LD	% LD	Muestras válidas	No válidas	Totales	LD
Fe	0	0	227	5	232	0.5
Mg	0	0	227	5	232	0.1
Ca	0	0	227	5	232	0.01
Ti	0	0	227	5	232	0.01
Mn	0	0	227	5	232	5
Ag	55	24	227	5	232	0.1
As	31	13	227	5	232	0.1
Au	19	8	226	6	232	2
Ba	0	0	227	5	232	5
Bi	63	27	227	5	232	5
Cd	57	25	227	5	232	1
Co	0	0	227	5	232	1
Cr	0	0	227	5	232	5
Cu	0	0	227	5	232	2
La	7	3	227	5	232	2
Mo	19	8	227	5	232	2
Na	8	3	227	5	232	0.01
Ni	0	0	227	5	232	2
Pb	32	14	227	5	232	5
P	0	0	227	5	232	10
Se	76	33	227	5	232	2
Sb	48	21	227	5	232	2
S	3	1	213	19	232	0.01
Sn	63	27	213	19	232	10
Sr	0	0	227	5	232	2
V	0	0	227	5	232	5
Te	31	13	213	19	232	5
Tl	65	28	227	5	232	0.5
Zn	0	0	227	5	232	5
Al	0	0	227	5	232	0.1
K	0	0	227	5	232	0.01
W	219	94	8	224	232	1
Hg	54	23	215	17	232	1

A continuación se realizó el análisis exploratorio de datos subdividiendo las muestras de acuerdo a su unidad litológica (subunidades), las cuales fueron tomadas de la interpretación geológica que hace parte de este estudio. Las subunidades que están presentes en el área de estudio y que son caracterizadas geoquímicamente porque tienen muestras de sedimentos finos son:

Unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones (N<sub>1</sub>mdf), constituido por rocas faneríticas equigranulares de grano medio, con facies de borde de composición gabroide con clinopiroxeno y olivino (Calle *et al.*, 1980).

Unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao ( $K_2pnu$ ), Arenitas y wacas de grano fino hasta grueso localmente conglomeráticas, limolitas silíceas negras con laminación débil, shales grises a negros; ocasionalmente bancos de conglomerados polimícticos con abundantes clastos de vulcanitas básicas y liditas.

Estas subunidades son caracterizadas geoquímicamente con los resultados del análisis estadístico univariado y multivariado. Para el análisis exploratorio de datos (AED) se utilizó el software SPSS para calcular las estadísticas de tendencia central como la media, mediana; las medidas de dispersión como la varianza y la desviación estándar y las medidas que indican la forma de la distribución de probabilidad como el sesgo y la curtosis. Se calcularon además diagramas de caja y de tallos y hojas, para expresar gráficamente la forma de la distribución de los datos que se muestra con los indicadores de tendencia central.

Los resultados del AED se tabularon en Excel y se realizaron las siguientes comparaciones: si las estimaciones de media y mediana difieren entre sí, esto indica que la distribución de los datos para estos elementos es asimétrica. La medida de asimetría debe mostrar valores altos, y estos elementos se destacan para cada unidad litogeoquímica, y mediante un cálculo posterior se determina si es necesario hacer una transformación (logarítmica, generalmente) mientras que las distribuciones más cercanas a la gaussiana son menos frecuentes en este set de datos.

Con el fin de no sobre-estimar los indicadores de tendencia central se eliminaron temporalmente del procesamiento estadístico los valores extremos (*thresholds estadísticos*), los cuales son determinados mediante una observación inicial de los diagramas Q-Q normal, para cada elemento de las muestras. Estos diagramas se generan mediante una distribución de frecuencia acumulada, ordenando los datos y produciendo una gráfica de los valores ordenados versus los valores de la distribución de frecuencia acumulada  $(i-0.5)/n$ , para los valores *i-ésimos* ordenados del total de valores *n*, mediante el software SPSS. Luego se realizó una inspección visual de los histogramas para determinar los valores máximos que se alejan fuertemente de la línea central, para los cuales es aconsejable no incluirlos en el cálculo de los indicadores de tendencia central; sin embargo se tienen en cuenta para los mapas, y para la definición de las zonas anómalas.

Otro análisis que se hace de estos resultados es la comparación de curtosis y sesgo. Si existen resultados particularmente altos de curtosis estos son característicos de una distribución de elementos más puntiaguda que la de una distribución normal. Los valores altos del sesgo muestran especialmente alta la medida de la asimetría. El valor negativo de la curtosis es característico de una distribución más puntiaguda que la de una distribución normal, levemente desviada de su eje central hacia la izquierda conforme al mínimo valor positivo del sesgo (skewness).

Finalmente se hicieron los mapas de concentración puntual de elementos para cada unidad litogeoquímica utilizando el software ArcGis 9.2. Se generaron 33 mapas de concentración puntual a escala 1:50.000 para los elementos Ag, Al, As, Au, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S,



Sb, Se, Sn, Sr, Te, Ti, Tl, V, W, Zn. Los mapas se generaron en formato pdf, mxd y eps de acuerdo a los requerimientos para la entrega de la información del Ingeominas.

Para el análisis multivariado se efectuaron cálculos de correlación entre los elementos utilizando el coeficiente de correlación rho de Pearson, y el coeficiente tau-b de Kendall con sus niveles de significancia. Además se calculó la matriz de componentes principales con rotación varimax y cálculo de dendogramas usando conglomerados jerárquicos. De estos resultados se tomaron los más significativos, que dieron como elementos más correlacionados los pares Sr-Cr; Mn-Ba; Se-W y las parejas de elementos Bi-Cd-Sn-Sb (depósitos polimetálicos). Se hicieron los mapas de correlación de elementos para desplegar gráficamente la correlación de estos elementos y la identificación de las áreas anómalas de estos multielementos. Los 4 mapas se hicieron con el software ArcGis 9.2. Los mapas se generaron en formato pdf, mxd y eps de acuerdo a los requerimientos para la entrega de la información del Ingeominas.

## 5.2 BASE DE DATOS

La base de datos que se entrega contiene información geoquímica de sedimentos activos, colectados por la UT AGS-GE, como parte del contrato, y se entrega en formato Geodatabase versión 9.2, y contiene 232 muestras de sedimentos activos finos y las capas de puntos de muestreo y estaciones de campo. La geodatabase contiene los siguientes feature datasets:

Estaciones: 541 estaciones

Finos: 232 muestras de sedimentos activos finos con resultados de análisis para 33 elementos químicos

Finos transf: 232 muestras de sedimentos activos finos con los valores transformados para los resultados por debajo del límite de detección

Finos transf ULGQ: 232 muestras de sedimentos activos finos con los valores transformados para los resultados por debajo del límite de detección y con el cruce espacial con las unidades litogeoquímicas caracterizadas.

Finos ULGQ: 232 muestras de sedimentos activos finos con el cruce espacial con las unidades litogeoquímicas caracterizadas, con los valores de concentración de elementos tal como fueron reportados del laboratorio.

Unidad LitoGQ: Unidades litogeoquímicas que se agruparon a partir de la geología interpretada en este proyecto.

Las muestras que están contenidas en cada feature dataset llevan la siguiente codificación:

Numero de campo: el identificador del lugar o estación, generalmente lleva las iniciales de la persona que toma la muestra y un número consecutivo que el mismo asigna.

Coordenadas: generalmente son planas identificadas como Norte y Este; el origen se indica en una columna al lado de las coordenadas. En este caso el origen es Buenaventura.

Código estándar: Código resultante de la unión entre el número de campo y las iniciales del tipo de muestra.

Código IGM: Número asignado por INGEOMINAS a las muestras que se envían para análisis al laboratorio. Con este número se identifican las muestras en los reportes de laboratorio.

Tipo de resultado: Original, duplicado o chequeo.

Plancha: Número de la plancha IGAC.

Laboratorio: Laboratorio donde se analizaron las muestras.

Año: Año de toma de las muestras.

Subcuenca: Nombre de la corriente donde se tomó la muestra: quebrada (Q.), río (R.), afluyente (Afl.)

Localización: Nombre del municipio, vereda o carretera donde se toma la muestra.

Geol: Código o nombre de la unidad geológica.

Esta base de datos se exportó en archivos de Excel para su posterior procesamiento en el software SPSS. Los resultados de este procesamiento se exportaron a Excel, sin embargo en el Cd se entregan igualmente los archivos nativos del SPSS, con los parámetros que se aplicaron en el cálculo de las medidas de tendencia central y del cálculo del análisis multivariado.

### 5.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS UNIVARIADO

Se realizó el análisis estadístico para las muestras de sedimentos activos finos por cada una de las unidades litogeoquímicas: N<sub>1</sub>mdf y K<sub>2</sub>pnu. Se anexan los resultados tabularmente y unas observaciones del comportamiento de los datos de cada elemento químico en la unidad litogeoquímica.

#### 5.3.1 Unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones (N<sub>1</sub>mdf)

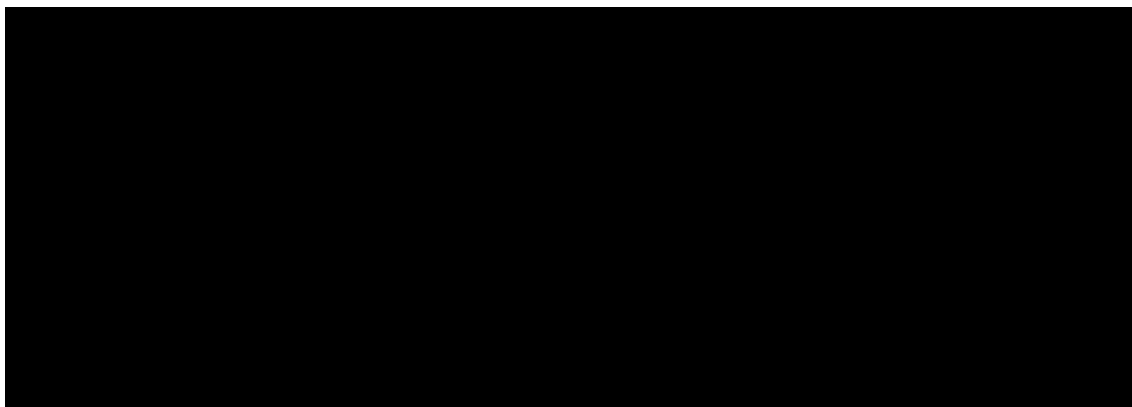
En estas tablas se pueden apreciar las estadísticas descriptivas de orden para la unidad litogeoquímica 1. Mediante el análisis Exploratorio de datos (Tabla 12) espaciales (AEDE) es posible tener una idea más profunda del fenómeno en estudio, antes de tomar decisiones con base en los datos. El AEDE está diseñado para explorar tendencias espaciales, y algunas de las tareas necesarias en estas exploraciones son:

- Exploración de la distribución de los datos.
- Determinación de “outliers” globales y locales.
- Determinación de tendencias globales.
- Examinación de la autocorrelación espacial.
- Determinación de la covariación entre los datos superficiales y profundos.

El análisis Exploratorio de datos espaciales (AEDE) para las muestras de sedimentos profundos y superficiales de llanuras de inundación se realizó con el software SPSS para el análisis de histogramas, Q-Q normales, covariación y autocorrelación espacial.

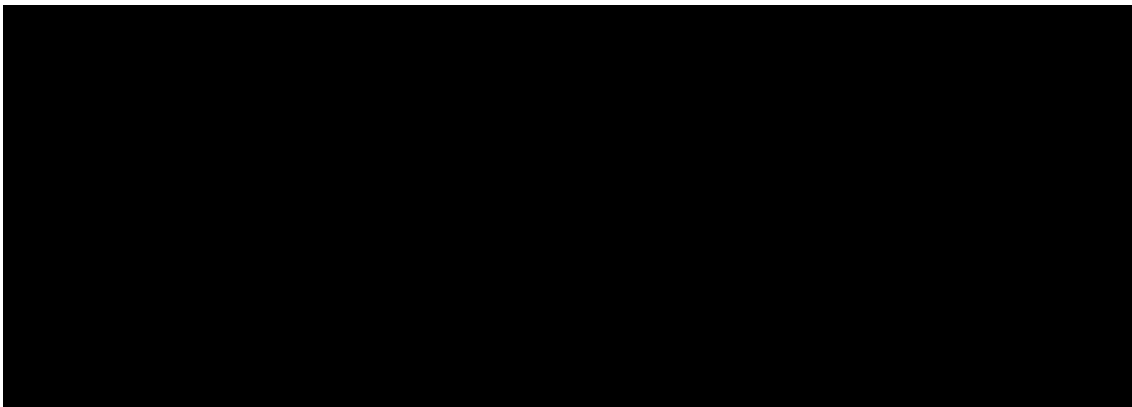
**Tabla 12.** Análisis exploratorio de datos para el Monzodiorita de Farallones (N<sub>1</sub>mdf).

		Fe	Mg	Ca	Ti	Mn	Ag	As
<b>N</b>	Válidos	89	89	89	89	89	89	89
	Perdidos	4	4	4	4	4	4	4
<b>Media</b>		3.7846	.5694	.4919	.1878	537.67	.251	10.27
<b>Mediana</b>		3.5900	.5300	.5000	.1900	566.00	.200	5.00
<b>Desv. típ.</b>		1.76452	.27234	.28658	.05904	202.790	.2689	18.956
<b>Varianza</b>		3.114	.074	.082	.003	41123.881	.072	359.313
<b>Mínimo</b>		.90	.17	.04	.04	91	.1	3
<b>Máximo</b>		14.19	1.77	1.38	.37	1193	1.5	119
<b>Percentiles</b>	<b>50</b>	3.5900	.5300	.5000	.1900	566.00	.200	5.00
	<b>75</b>	4.3950	.6500	.6700	.2150	667.50	.200	5.00
	<b>90</b>	5.0600	.9000	.8600	.2600	779.00	.600	23.00
	<b>95</b>	6.2100	1.2500	.9500	.2800	815.00	.950	50.00
	<b>98</b>	10.6540	1.4820	1.1960	.3700	937.80	1.420	111.00



		La	Mo	Na	Ni	Pb	P	Se
<b>N</b>	Válidos	89	89	89	89	89	89	89
	Perdidos	4	4	4	4	4	4	4
<b>Media</b>		8.25	3.67	.0929	30.11	6.58	723.55	3.93
<b>Mediana</b>		9.00	3.00	.0600	7.00	5.00	698.00	5.00
<b>Desv. típ.</b>		3.675	2.687	.07353	37.181	6.322	435.676	1.244
<b>Varianza</b>		13.506	7.222	.005	1382.442	39.971	189813.455	1.547
<b>Mínimo</b>		1	1	.01	3	3	108	3
<b>Máximo</b>		17	13	.35	181	47	2691	5
<b>Percentiles</b>	<b>50</b>	9.00	3.00	.0600	7.00	5.00	698.00	5.00
	<b>75</b>	11.00	4.50	.1500	53.50	6.00	854.00	5.00
	<b>90</b>	12.00	7.00	.1900	84.00	14.00	1143.00	5.00
	<b>95</b>	14.00	10.50	.2200	94.50	20.00	1706.50	5.00
	<b>98</b>	15.40	13.00	.2780	152.20	27.80	2034.20	5.00

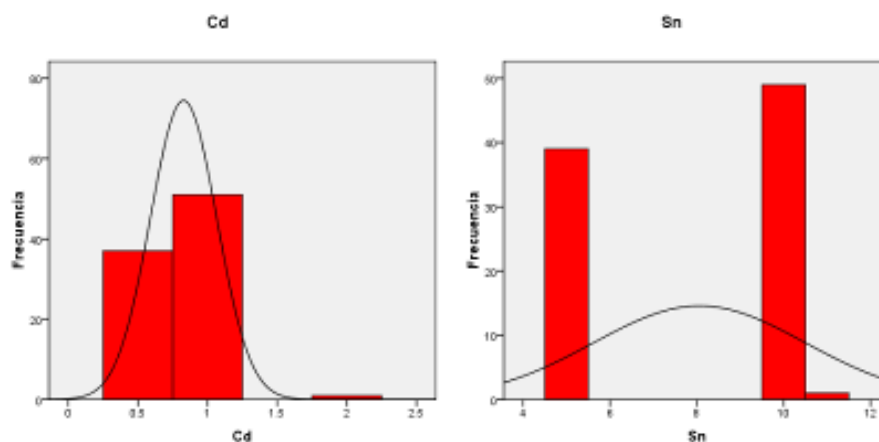
		Sb	S	Sn	Sr	V	Te	TI
<b>N</b>	Válidos	89	89	89	89	89	89	89
	Perdidos	4	4	4	4	4	4	4
<b>Media</b>		4.69	.0347	7.82	53.19	107.22	2.0585	3.99
<b>Mediana</b>		5.00	.0200	10.00	55.00	94.00	.2600	5.00
<b>Desv. típ.</b>		1.996	.08860	2.507	35.676	63.252	2.61226	1.234
<b>Varianza</b>		3.985	.008	6.285	1272.770	4000.813	6.824	1.523
<b>Mínimo</b>		3	.01	5	2	33	.11	3
<b>Máximo</b>		14	.73	11	148	516	12.00	5
<b>Percentiles</b>	<b>50</b>	5.00	.0200	10.00	55.00	94.00	.2600	5.00
	<b>75</b>	5.00	.0300	10.00	81.00	117.00	2.5000	5.00
	<b>90</b>	6.00	.0400	10.00	102.00	179.00	6.0000	5.00
	<b>95</b>	8.50	.0550	10.00	108.50	226.50	7.0000	5.00
	<b>98</b>	12.40	.5140	10.20	136.80	323.20	8.8000	5.00



En esta unidad no se pudieron calcular las estadísticas para W, porque no hay suficientes datos válidos.

La mayor parte de los elementos tienen suficientes resultados por encima del límite de detección (89 casos válidos).

En los elementos Cd, Hg, Se, Sb, Sn y TI existe una fuerte concentración alrededor de unos pocos valores, lo cual está dado por sus histogramas (Figura 51) con datos agrupados, por lo tanto sus resultados deben tomarse con más precaución.



**Figura 51.** Histogramas para Cadmio y Estaño en la Monzodiorita de Farallones (N<sub>1</sub>mdf).



Comparando la media y la mediana se observa que difiere en casi todos los elementos (en algunos casos requieren transformación logarítmica) con excepción del Ag, Bi, Co, Cu, K, Mg, Pb y Ti. Los anteriores elementos tienen por ello un comportamiento gaussiano normal, uniformemente distribuido sobre la unidad. Las conclusiones que se deriven para estos elementos son más correspondientes con la realidad.

Se observa que en el plutón existen valores anómalos para los elementos Al, Ba, Fe, Ca, Hg, Na, P, Sb, Sn, Te y V, porque presentan los valores más altos de todos los datos en conjunto y además superan su propio valor umbral más de una vez el percentil 98 más la desviación estándar. Se puede decir que hay enriquecimiento de estos elementos, y además se presentan la mayor cantidad de muestras anómalas de estos elementos en estas rocas.

El hierro presenta los valores anómalos en los afluentes del río Tapartó (8,13 - 14,19 ppm) con una media de 3,8 ppm, y en la quebrada Paloblanco (7,58 ppm). En esta misma cuenca se presentan los valores anómalos de vanadio (516 ppm) con una media de 107 ppm; telurio (12 ppm) con una media de 2,06 ppm y estaño (11 ppm) con una media de 7,8 ppm.

En el caso del bario, su máximo se presenta en el afluente río Grande (1019 – 1378 ppm con una media de 184 ppm) en la vereda Guaduas. En esta misma cuenca hay anomalías de cadmio (2 ppm) a partir de una media de 0,8 ppm. Para el aluminio su valor máximo es de 5,48 ppm con una media de 2,23 ppm.

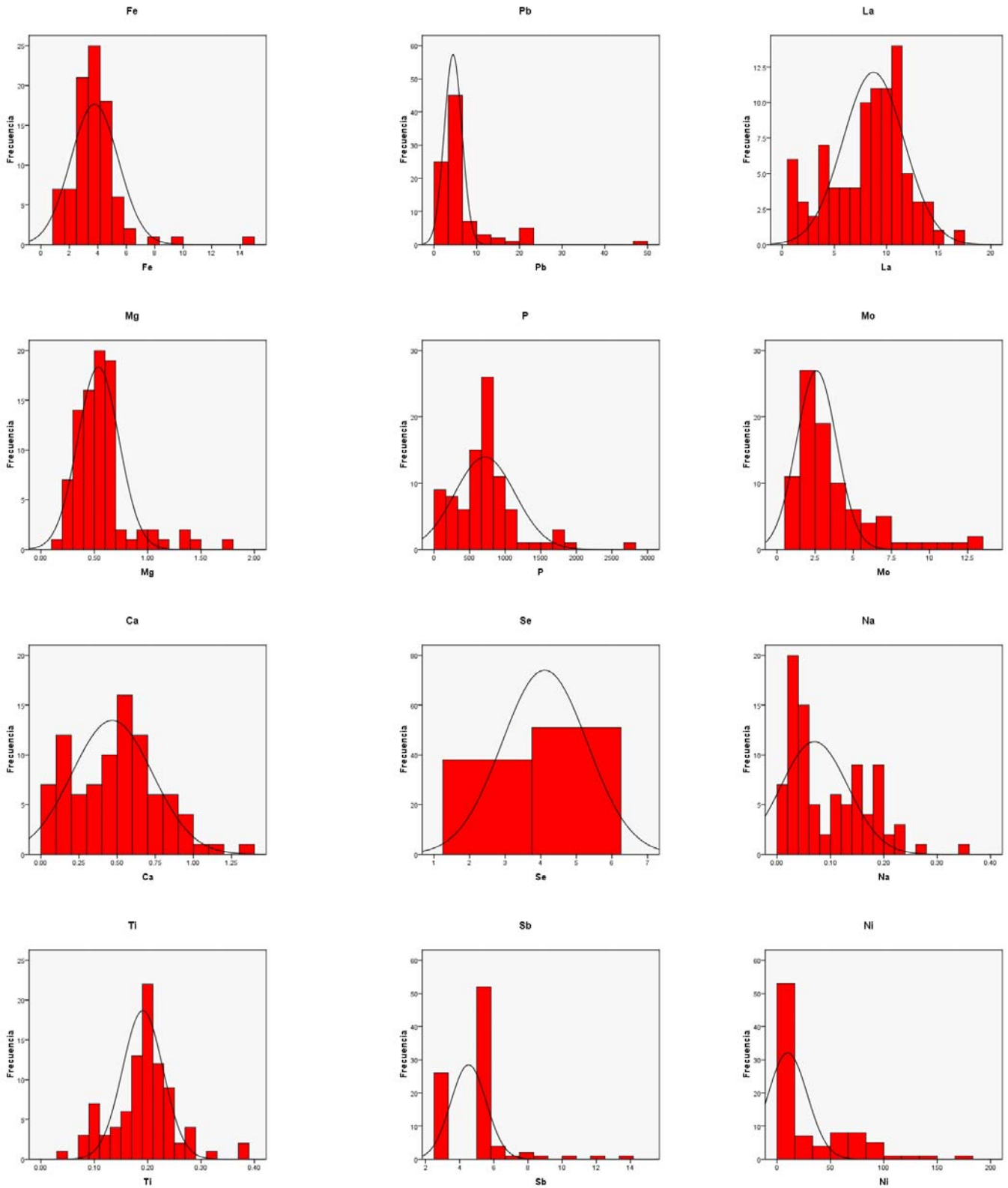
Los elementos Fe, Au, Ba, Cr, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, V y Te tienen valores que superan el valor umbral (hacia el percentil 95 y en algunos casos hacia el percentil 98), lo cual indica un enriquecimiento normal de estos elementos.

El potasio presenta valores superiores al doble de su desviación estándar por lo tanto su valor umbral va a estar definido por el percentil 98 (0,99 ppm)

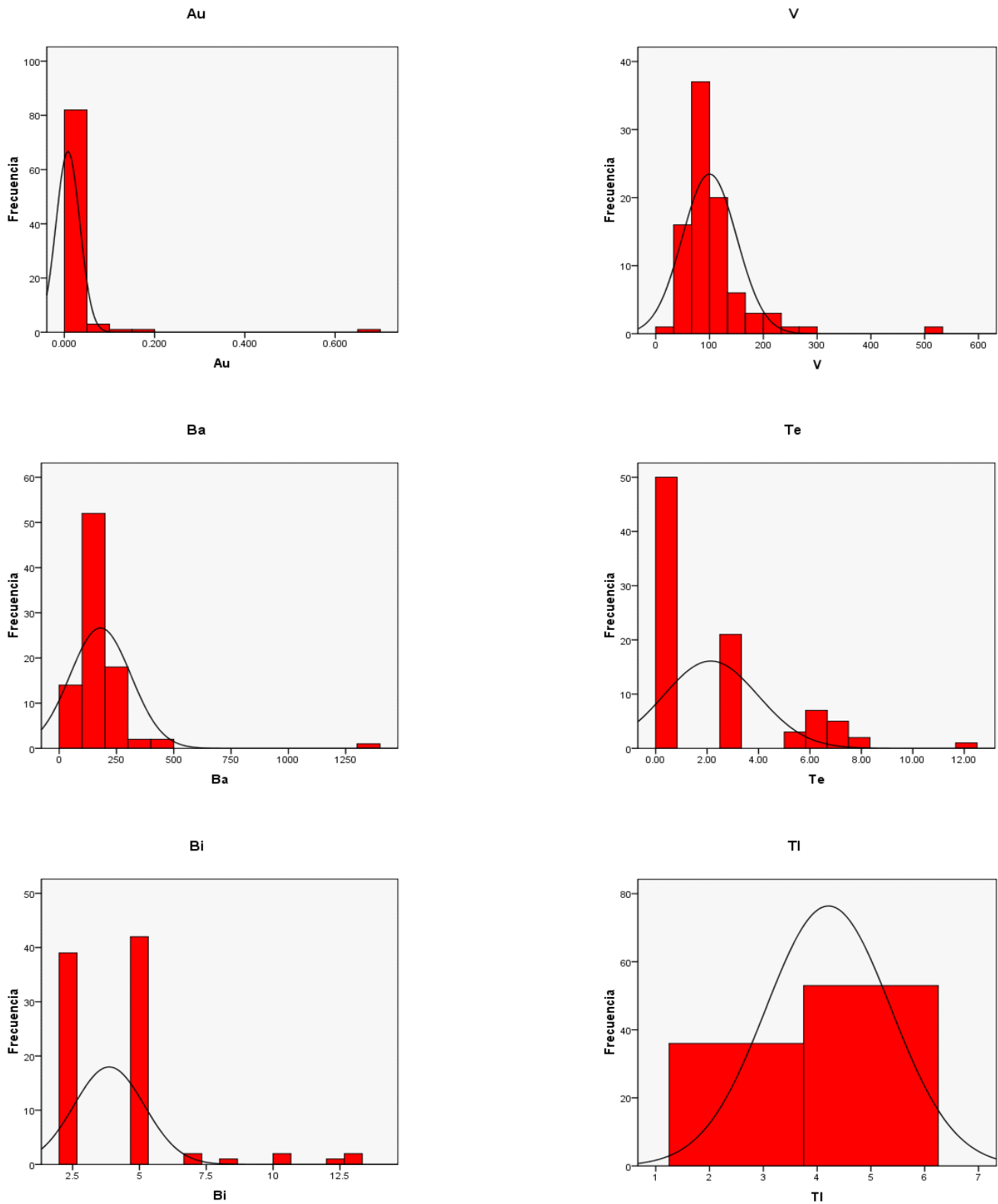
Con respecto al zinc se observa que aunque el valor extremo se presenta en las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, los plutones registran mayor cantidad de valores altos, aunque su media sea ligeramente menor que la de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. Para el cobre si está marcado el enriquecimiento en las litoarenitas las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, aunque existe un valor extremo en este plutón pero que es causado porque pertenece a la misma cuenca de los valores extremos de este elemento.

Finalmente el selenio es un elemento que se presenta con distribuciones uniformes sin datos anómalos, con una distribución de valores altos (alrededor de 5 ppm) en el afluente de la quebrada Cristalina, vereda Monteloro (Figura 52, 53, 54 y 55).

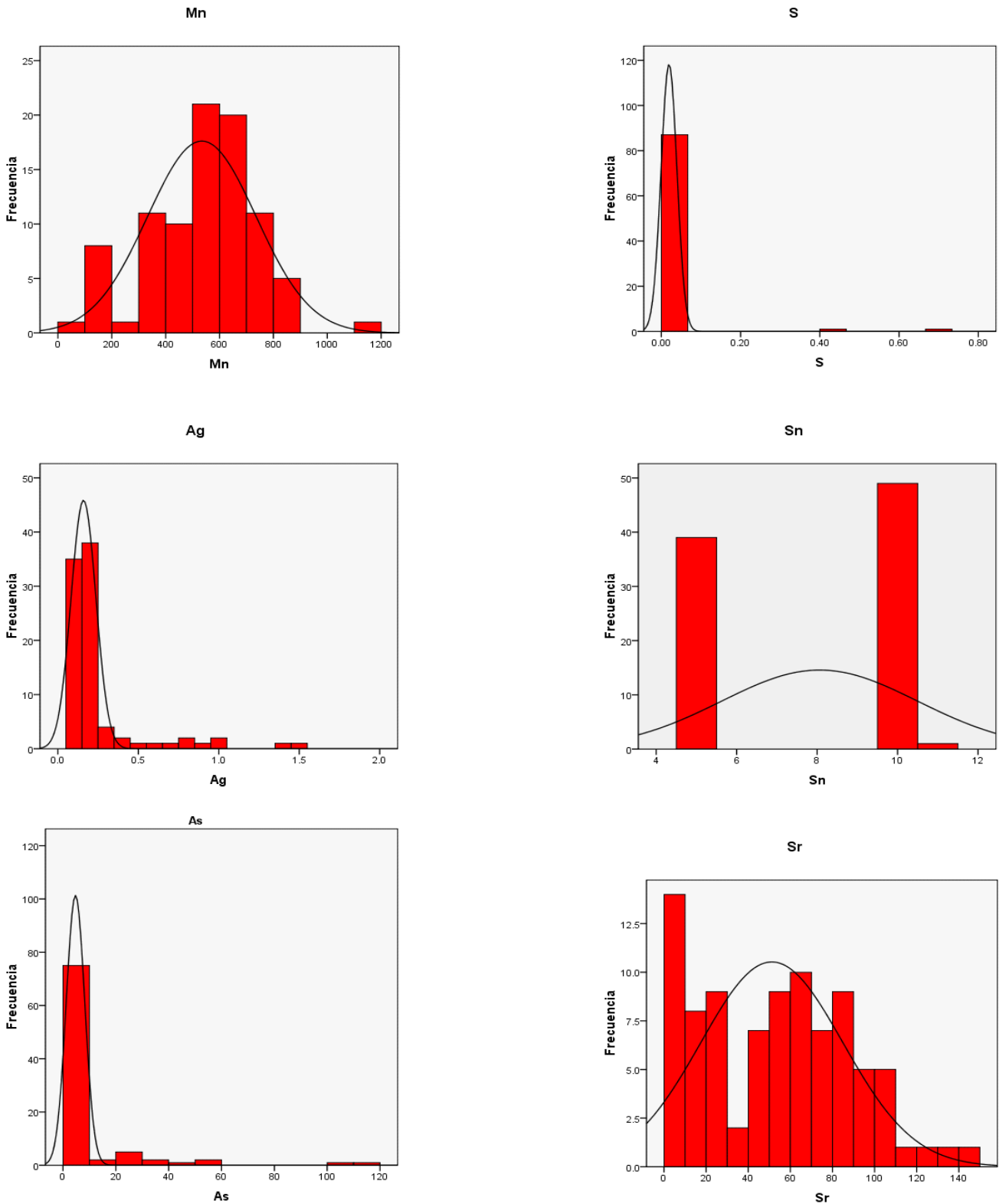
Histograma



**Figura 52.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones.

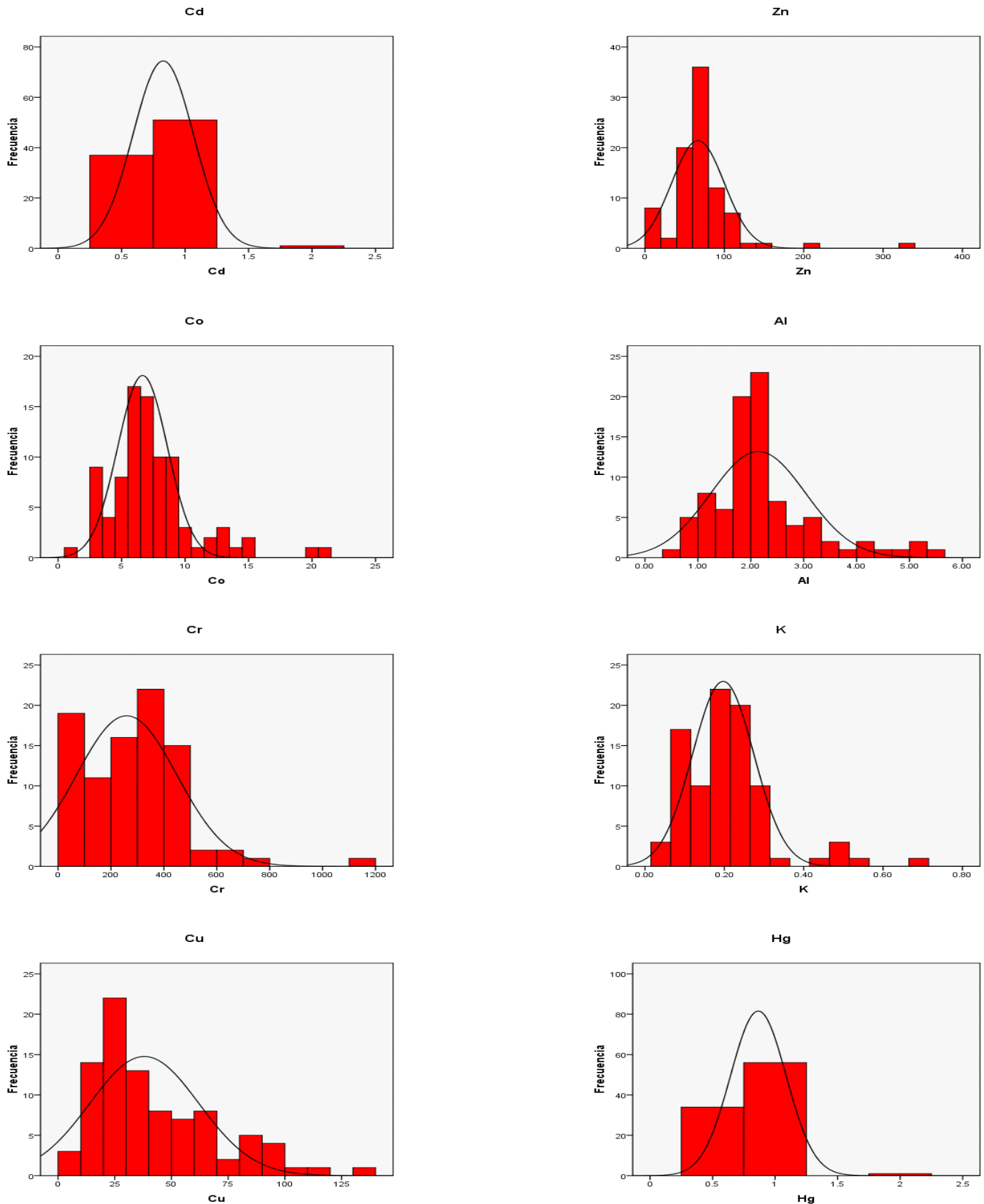


**Figura 53.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones.



**Figura 54.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones.





**Figura 55.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones.

### 5.3.2 Unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K<sub>2</sub>pnu)

En esta unidad no se pudieron calcular las estadísticas para W, porque solo tiene 8 datos válidos, los cuales son insuficientes para una buena estadística (Tabla 13). Esta unidad es la que concentra la mayor parte de las muestras (139 muestras) de las cuales casi todos los elementos tienen suficientes resultados por encima del límite de detección (138 casos válidos) con excepción del S, Sn y Hg.

Algunos elementos están fuertemente concentrados alrededor de un valor cercano a su media como por ejemplo la plata (0,2 ppm); bismuto (5 ppm); cadmio (1 ppm); selenio (5 ppm); antimonio (5 ppm); tulio (5 ppm) y el mercurio (1 ppm), por lo cual estos elementos no registran variaciones bruscas en su concentración en estas arenitas.

**Tabla 13.** Análisis exploratorio de datos para las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao (K<sub>2</sub>pnu).

		Fe	Mg	Ca	Ti	Mn	Ag	As
<b>N</b>	Válidos	138	138	138	138	138	138	138
	Perdidos	1	1	1	1	1	1	1
	<b>Media</b>	4.9760	1.1493	.3001	.1675	613.93	.261	21.97
	<b>Mediana</b>	4.7650	1.1400	.2400	.1350	560.00	.200	8.00
	<b>Desv. típ.</b>	1.45783	.42489	.24214	.11217	294.116	.2202	68.954
	<b>Varianza</b>	2.125	.181	.059	.013	86504.105	.048	4754.718
	<b>Mínimo</b>	2.12	.23	.05	.01	165	.1	1
	<b>Máximo</b>	13.33	2.61	1.50	.57	2202	1.9	784
<b>Percentiles</b>	<b>50</b>	4.7650	1.1400	.2400	.1350	560.00	.200	8.00
	<b>75</b>	5.5100	1.4100	.3600	.2300	709.75	.300	18.25
	<b>90</b>	6.1090	1.6840	.5630	.3200	876.20	.410	38.40
	<b>95</b>	7.2635	1.8560	.8155	.3815	1231.10	.600	71.20
	<b>98</b>	8.8798	2.0376	1.1748	.4564	1573.36	.988	120.66

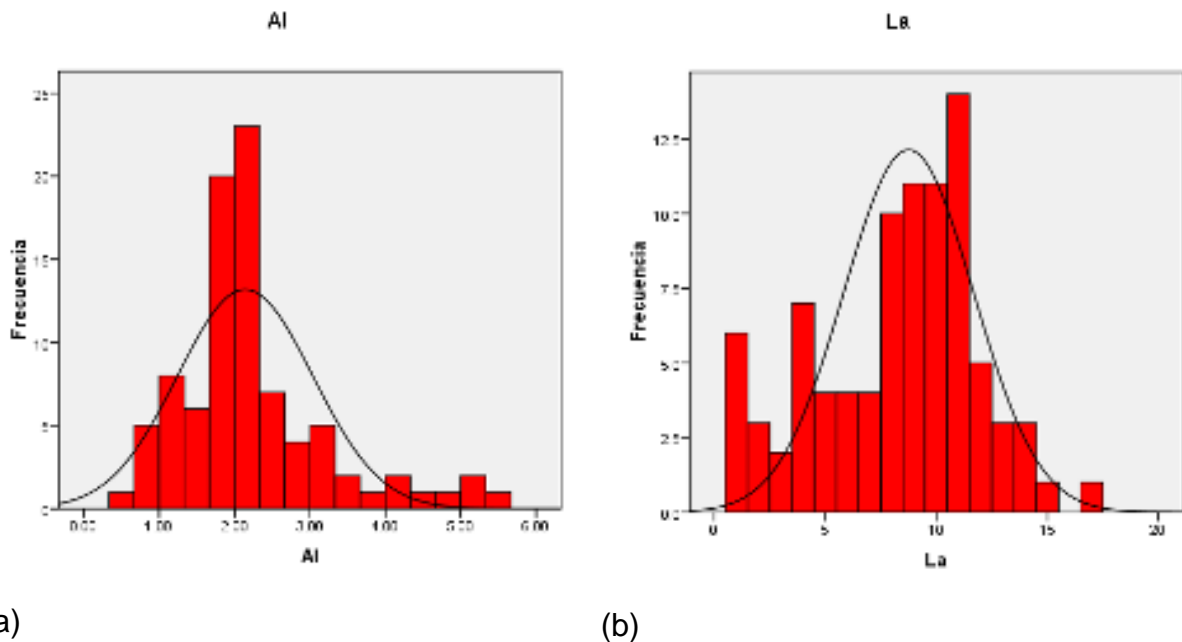
		Au	Ba	Bi	Cd	Co	Cr	Cu
<b>N</b>	Válidos	138	138	138	138	138	138	138
	Perdidos	1	1	1	1	1	1	1
	<b>Media</b>	19.98302	349.14	5.68	.98	17.88	226.89	65.38
	<b>Mediana</b>	.01800	277.00	5.00	1.00	16.50	243.50	62.00
	<b>Desv. típ.</b>	164.707793	233.209	3.256	.274	9.004	98.100	24.945
	<b>Varianza</b>	27128.657	54386.514	10.598	.075	81.072	9623.660	622.251
	<b>Mínimo</b>	.003	52	3	1	5	7	7
	<b>Máximo</b>	1400.000	1345	21	2	73	674	172
<b>Percentiles</b>	<b>50</b>	.01800	277.00	5.00	1.00	16.50	243.50	62.00
	<b>75</b>	.04200	442.00	5.00	1.00	20.25	283.50	74.25
	<b>90</b>	.22420	609.00	11.00	1.10	24.00	329.10	101.00
	<b>95</b>	.52330	884.10	13.00	1.41	28.00	350.00	108.10
	<b>98</b>	298.99976	1137.42	17.22	2.00	51.40	432.66	152.76

		La	Mo	Na	Ni	Pb	P	Se
<b>N</b>	Válidos	138	138	138	138	138	138	138
	Perdidos	1	1	1	1	1	1	1
	Media	8.43	3.32	.0518	52.82	9.85	432.27	4.20
	Mediana	8.50	3.00	.0400	49.00	9.00	394.50	5.00
	Desv. típ.	3.506	2.181	.04204	25.922	5.228	236.819	1.534
	Varianza	12.291	4.759	.002	671.945	27.334	56083.044	2.353
	Mínimo	1	1	.01	2	3	144	1
	Máximo	19	16	.29	236	34	2263	11
Percentiles	50	8.50	3.00	.0400	49.00	9.00	394.50	5.00
	75	11.00	4.00	.0500	65.00	12.00	462.75	5.00
	90	13.00	6.00	.0910	72.10	15.00	535.50	5.00
	95	14.05	7.00	.1500	90.20	21.00	775.70	5.00
	98	16.22	10.44	.1922	121.32	29.22	1212.46	5.00

		Sb	S	Sn	Sr	V	Te	Tl
<b>N</b>	Válidos	138	124	124	138	138	124	138
	Perdidos	1	15	15	1	1	15	1
	Media	4.53	.0586	9.04	26.98	131.32	1.0393	4.27
	Mediana	5.00	.0300	10.00	23.00	124.50	.2200	5.00
	Desv. típ.	1.390	.13642	1.989	17.408	58.426	1.94326	1.513
	Varianza	1.931	.019	3.958	303.029	3413.576	3.776	2.288
	Mínimo	1	.01	5	7	49	.01	0
	Máximo	10	1.07	11	153	437	9.00	8
Percentiles	50	5.00	.0300	10.00	23.00	124.50	.2200	5.00
	75	5.00	.0400	10.00	31.00	146.75	.3500	5.00
	90	5.00	.1050	10.00	41.10	177.00	5.0000	5.00
	95	6.00	.1975	10.00	51.20	221.25	6.0000	5.00
	98	7.22	.6800	10.00	86.36	425.08	7.0000	6.22

		Zn	Al	K	W	Hg
<b>N</b>	Válidos	138	138	138	8	124
	Perdidos	1	1	1	131	15
	Media	132.09	3.8767	.4575	10.50	.93
	Mediana	127.00	3.9700	.4500	8.50	1.00
	Desv. típ.	52.387	1.25434	.22788	9.243	.208
	Varianza	2744.416	1.573	.052	85.429	.043
	Mínimo	34	.85	.03	1	1
	Máximo	417	7.84	1.05	24	2
Percentiles	50	127.00	3.9700	.4500	8.50	1.00
	75	154.25	4.6900	.6000	18.75	1.00
	90	179.30	5.2570	.7400	24.00	1.00
	95	205.55	6.0610	.8600	24.00	1.00
	98	285.46	6.6492	1.0010	24.00	1.00

Sin embargo existen elementos con una distribución muy gaussiana o cercana a la normalidad tal como el aluminio, lantano, cromo, bario, manganeso, magnesio y hierro (Figura 56).



**Figura 56.** Diagrama de frecuencias de Al (a) y La (b) en muestras de sedimentos activos finos.

De los resultados del procesamiento estadístico se observa que existen valores anómalos para los elementos Ag, As, Au, Bi, Mg, Mn, Ti, Cd, Co, Cr, Cu, K, La, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, S, Se, Sr, Ti, Tl, W y Zn porque presentan los valores más altos de todos los datos en conjunto y además superan su propio valor umbral en más de una vez el percentil 98 mas la desviación estándar.

El magnesio tiene valores anómalos altos de 2,61 y 2,01 ppm (Afluente quebrada Convención) a partir de una media de los datos de 1,14 ppm. El cobre presenta valores anómalos en el afluente del Río Hábita (159 – 172 ppm) y en las limolitas mineralizadas del afluente de la quebrada La Arboleda (150 – 160 ppm).

El plomo está presente con altas concentraciones en el mismo afluente del río Hábita (30 ppm) a partir de una media de 9,85 ppm. En estas litoarenitas se presentan también valores anómalos de manganeso (2149 – 2202 ppm), titanio (valor máximo 0,57 ppm con una media de 0,17 ppm), cobalto (valor máximo 73 ppm con una media de 18 ppm).

El zinc tiene valores anómalos (250 - 407 ppm) en las arenitas de la vereda La Arboleda en el afluente de la quebrada con el mismo nombre. Otros valores extremos se presentan en los afluentes del río Grande (204 ppm) y en la quebrada Convención (199 ppm). La media para este elemento fue de 132 ppm (Figura 57).

La plata presenta resultados anómalos en la quebrada La Cascada (1,9 ppm) con una media de 0,26 ppm.

El oro tiene valores anómalos en los afluentes río Azul (1300 - 1400 ppb) donde se presenta actividad minera y en la quebrada La Clara (3,692 ppb) (Figura 56).

El cromo está presente con valores extremos en el sector sur del área, en el Cerro Paramillo (1160 ppm) a partir de una media de 227 ppm.

El molibdeno tiene valores anómalos en un afluente de la quebrada La Clara (16 ppm) y en la quebrada El Plateado (13 ppm) cuya media es de 3,32 ppm.

El sodio presenta los valores anómalos en el sector Este del área, en las Reservas de Caramanta (0,35 ppm) y en afluente río Tapartó (0,22 ppm). En el sector de las Reservas de Caramanta hay valores altos (no extremos) de antimonio (12 ppm).

En el caso del níquel, su máximo se presenta en la Vereda Andágueda (236 ppm) en este mismo sitio se existen también valores altos de plomo (34 ppm) cuya media es de 8,27 ppm.

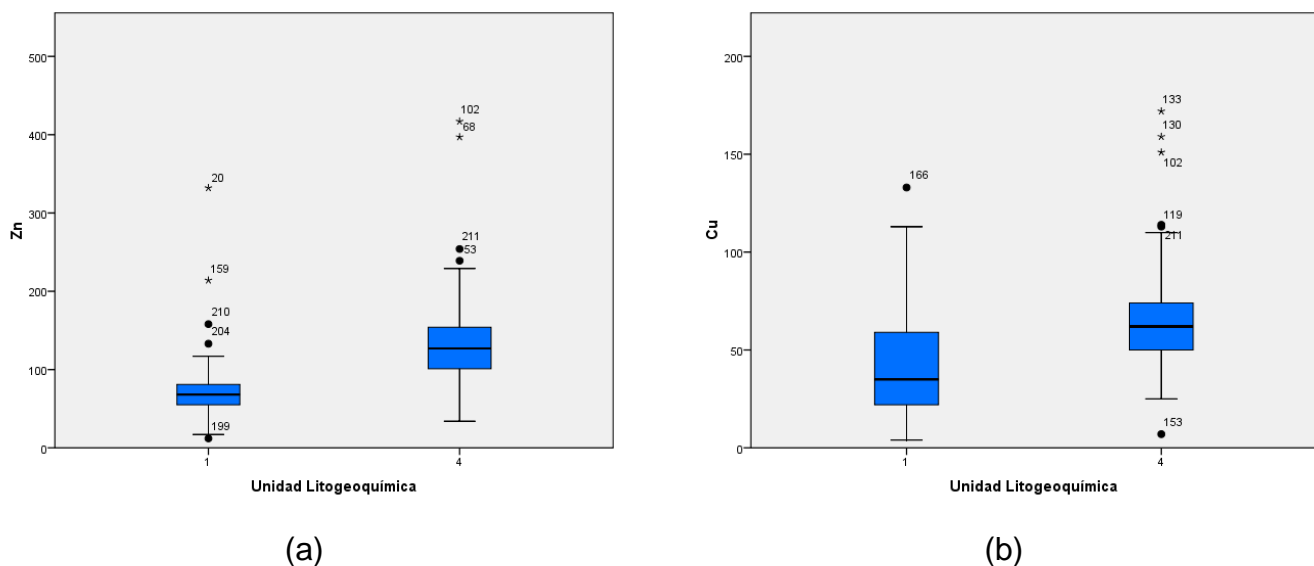
El plomo tiene valores anómalos en el sector del Cerro Paramillo (47 ppm) con una media de 9,85 ppm; en este mismo sitio se presentan anomalías de antimonio (14 ppm).

El selenio está presente con valores extremos en la margen izquierda de la quebrada Palo Blanco (11 ppm).

El potasio tiene valores anómalos en el afluente de la quebrada Convención (1,04 - 1,05 ppm) y su media es de 0,45 ppm.

Los elementos Mg, Ca, Ti, Mn, Ag, As, Co, Cu, La, P, S, Sr, Tl, Zn y Al tienen valores que superan el valor umbral (hacia el percentil 95 y en algunos casos hacia el percentil 98), lo cual indica un enriquecimiento normal de estos elementos.

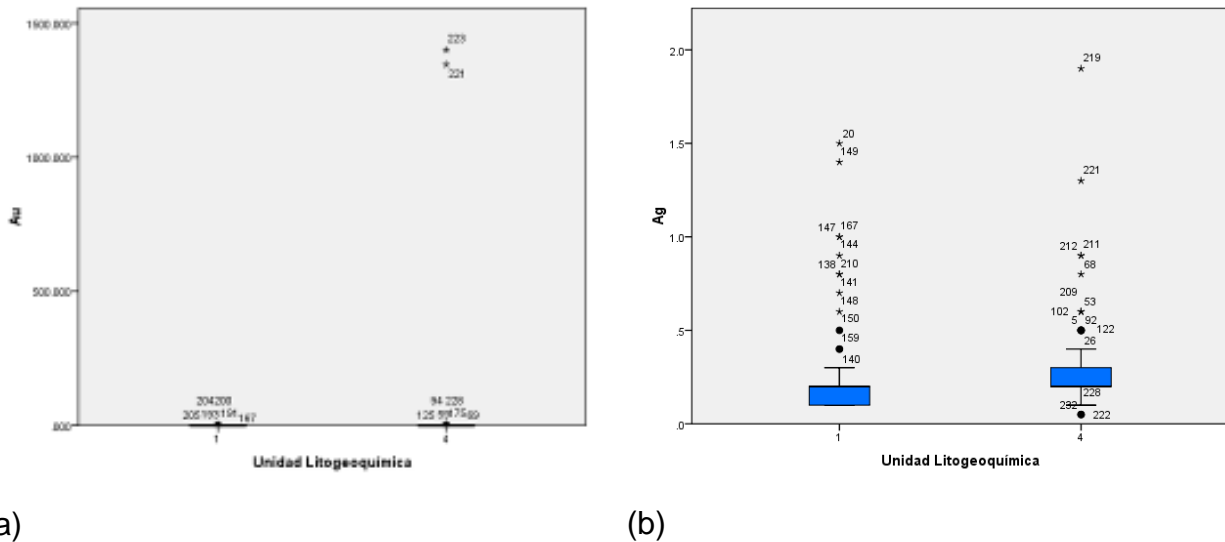
El bismuto presenta valores superiores al doble de su desviación estándar por lo tanto su valor umbral va a estar definido por el percentil 95 (12 ppm). No es un elemento representativo para las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urao, por cuanto sus valores se encuentran por debajo de la desviación estándar..



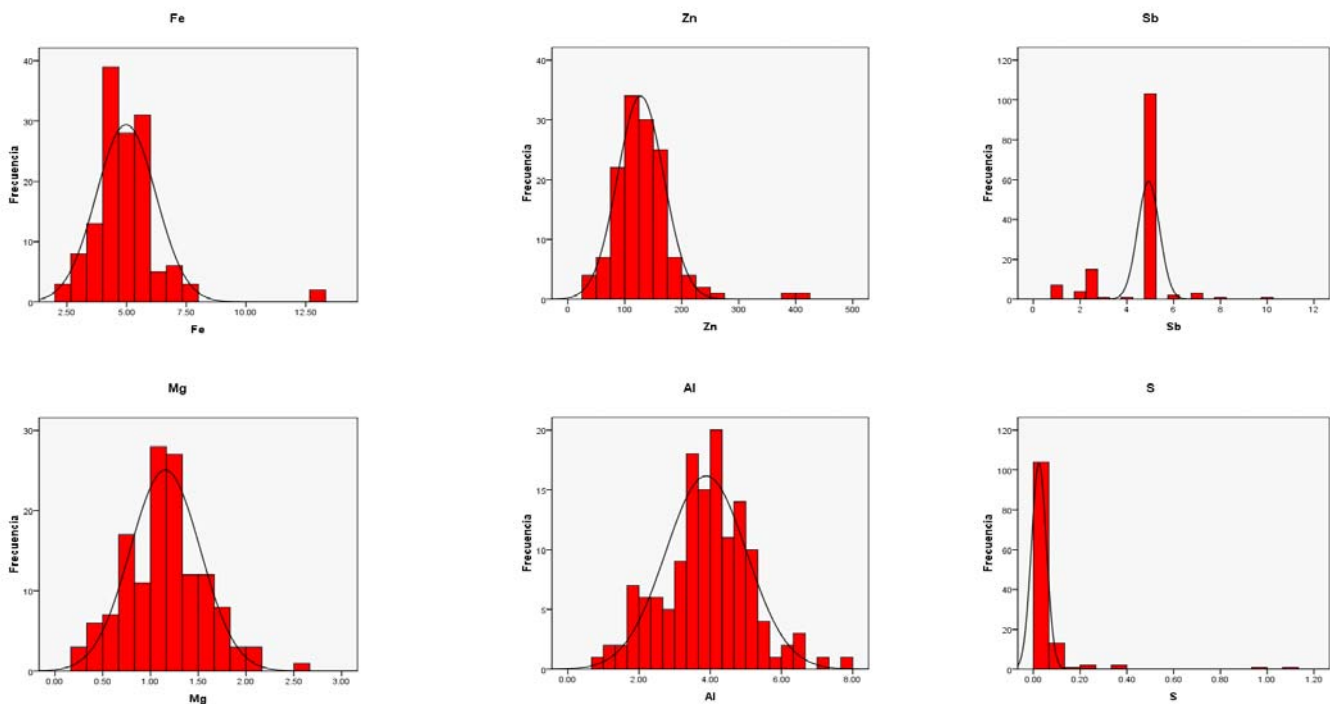
**Figura 57.** Comparación de finos por unidad litogeoquímica en zinc (a) y cobre (b) unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones; Unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urao.



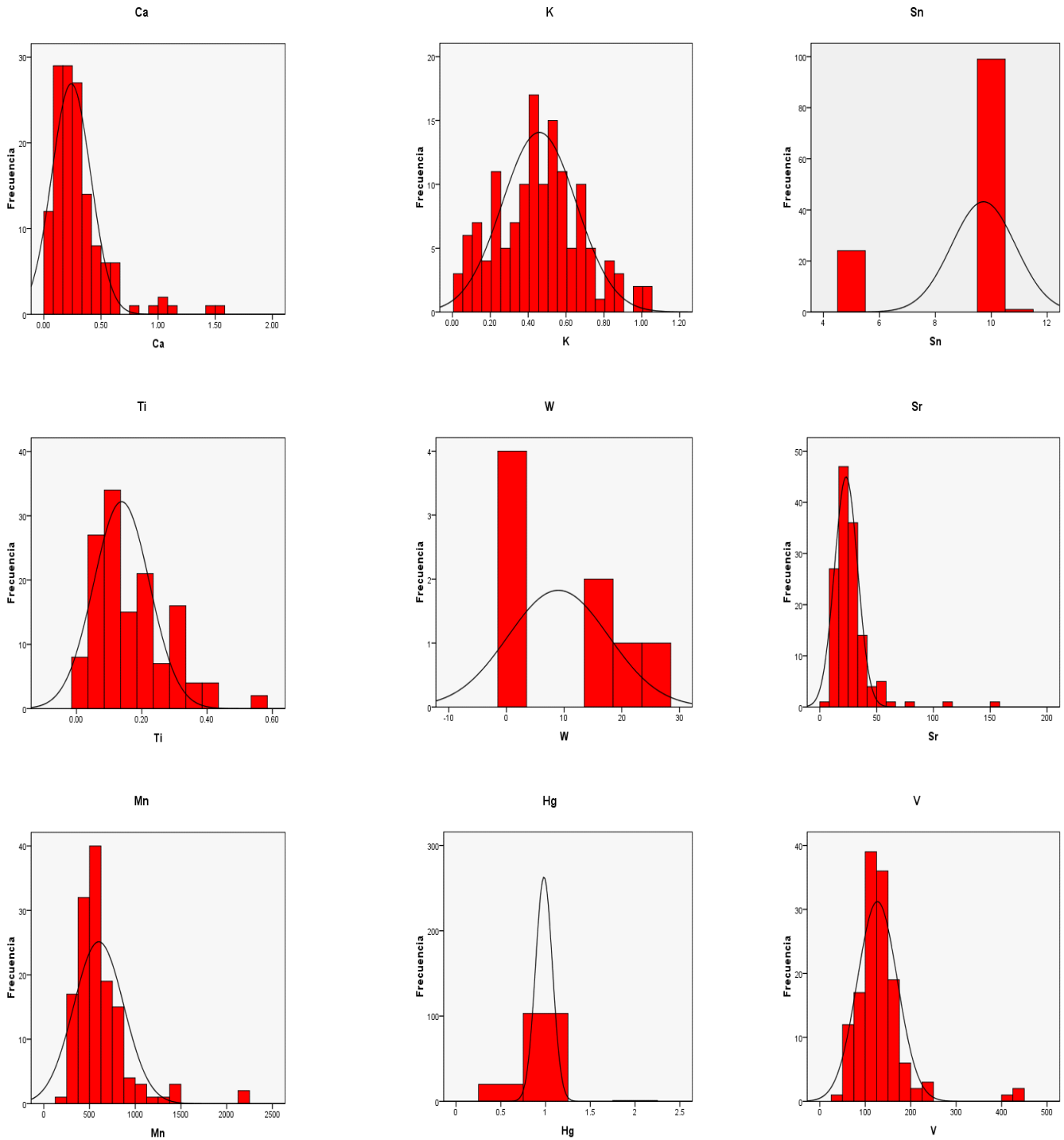
Los resultados particularmente altos de oro en las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao se deben a las mineralizaciones en el río Azul y la quebrada La Clara y se observan en el diagrama de caja de la Figura 58 a. La plata por su parte enriquece en gran medida en las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao de la unidad litogeoquímica 2, aunque el valor más extremo se presente en la quebrada Farallones, este valor se explica porque es el afluente que cruza la Monzodiorita de Farallones (Figura 59, 60, 61 y 62).



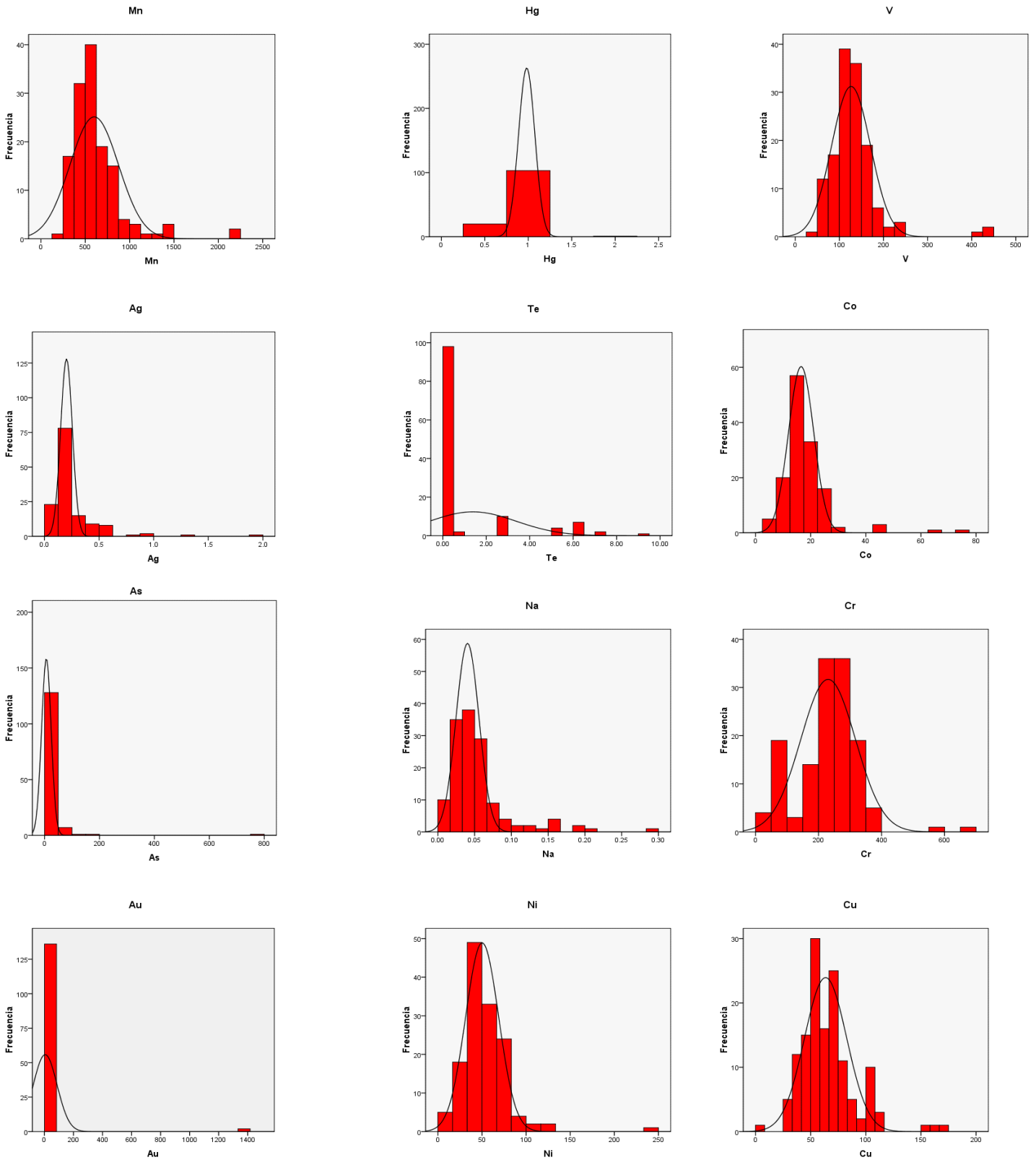
**Figura 58.** Comparación de finos por unidad litogeoquímica en oro (a) y plata (b) unidad Litogeoquímica 1: Monzodiorita de Farallones; Unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.



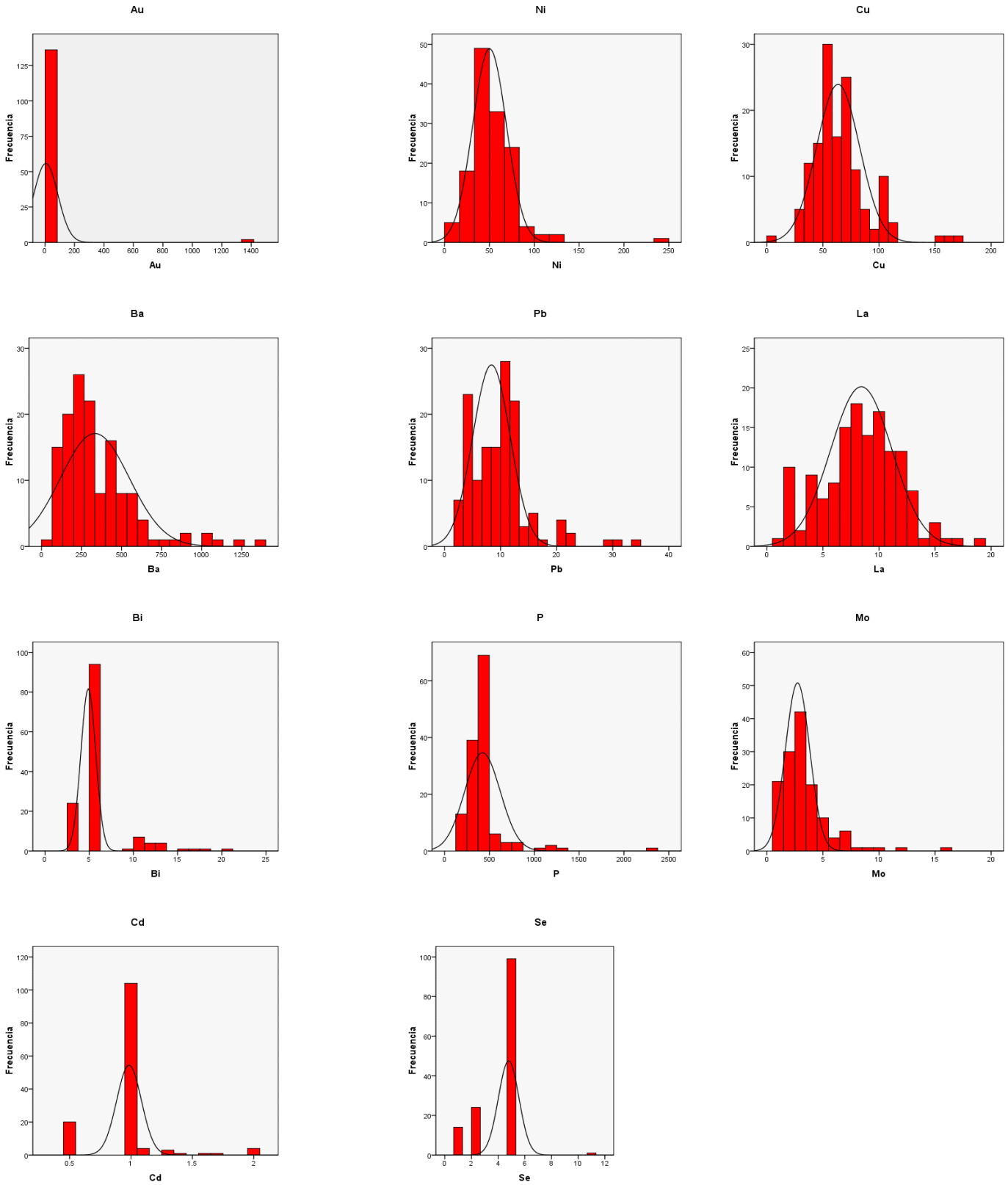
**Figura 59.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.



**Figura 60.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urao.



**Figura 61.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.

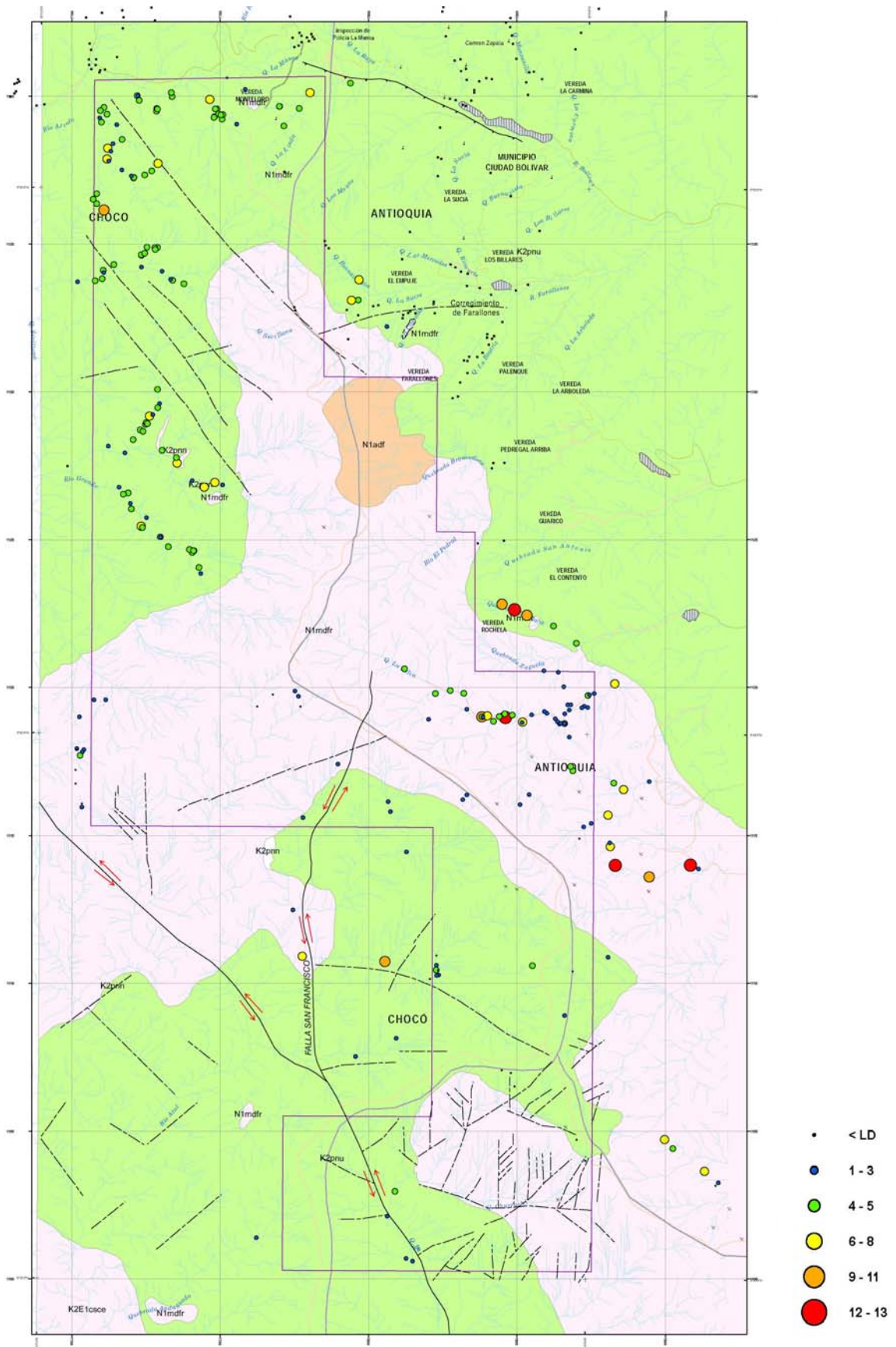


**Figura 62.** Diagrama de frecuencias en muestras de sedimentos activos finos unidad Litogeoquímica 2: Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urao.

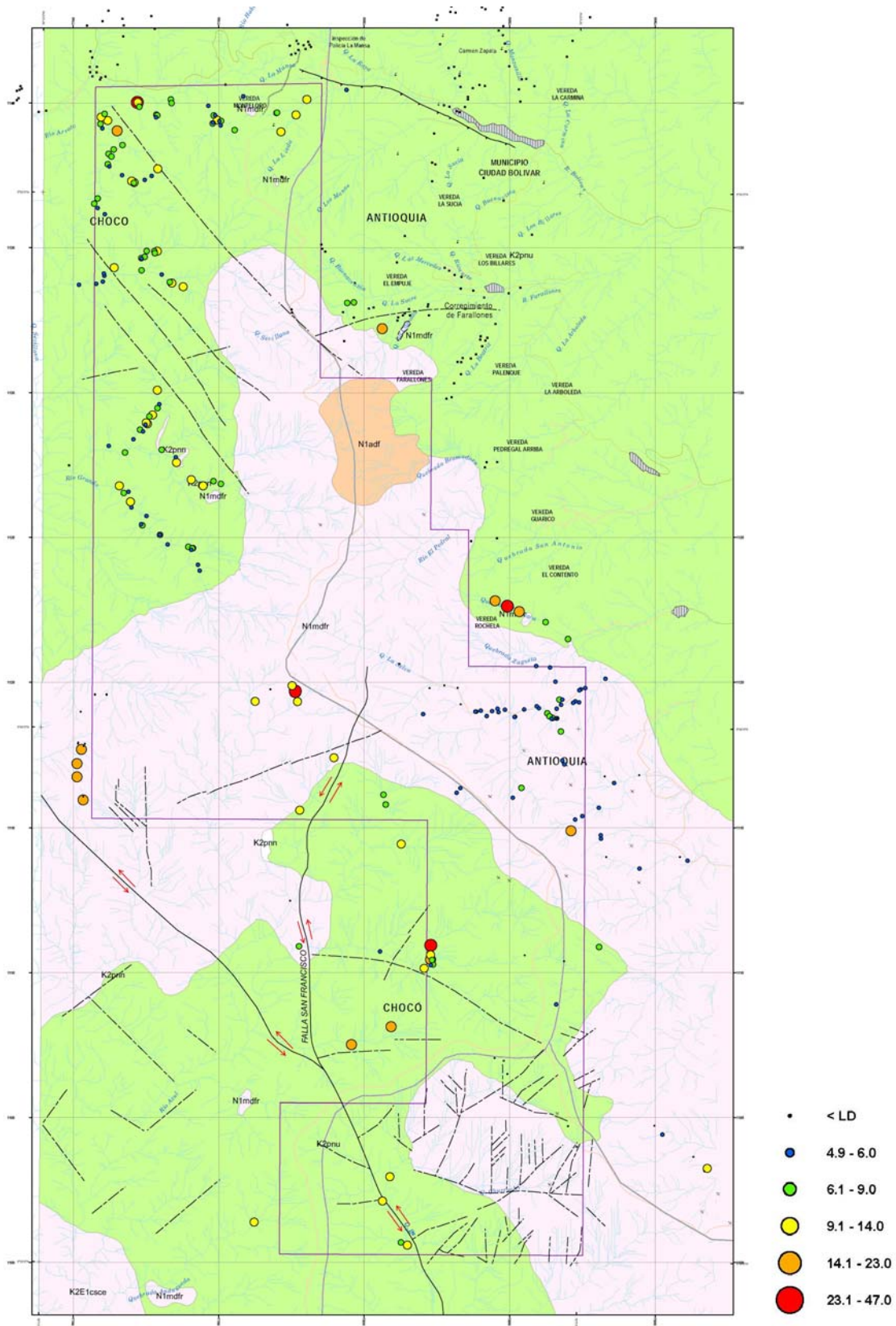
## **5.4 MAPAS DE CONCENTRACIÓN PUNTUAL**

La producción de mapas geoquímicos frecuentemente comienza con los mapas de puntos con los cuales se muestran los valores elementales directamente. Estos son mapas que muestran puntos de diferentes tamaños de acuerdo con la concentración de un elemento en un medio específico y corresponden a una muestra ubicada en el sitio donde aparece el punto. Los puntos aparecen sobre la base cartográfica compuesta por ríos, curvas de nivel, vías y sitios de interés. Los puntos están centrados en las coordenadas de ubicación de la muestra y su tamaño varía continuamente con la concentración del elemento presente correspondientes a cinco intervalos de clase de concentración, definidos por los percentiles de la distribución de los datos. Las definiciones de las clases pueden variar de acuerdo con la forma de la distribución. Para la mayoría de los elementos se presentaron distribuciones con sesgo positivo y se tomaron: Primera clase: valor mínimo a hinge inferior (mínimo a 25%); Segunda clase: primer cuartil a mediana (percentil 25 a 50%); Tercera clase: mediana a hinge superior (50 a 75 %); Cuarta clase: hinge superior a percentil 90%; Quinta clase: 90% a valor máximo (Figura 63 y 64).





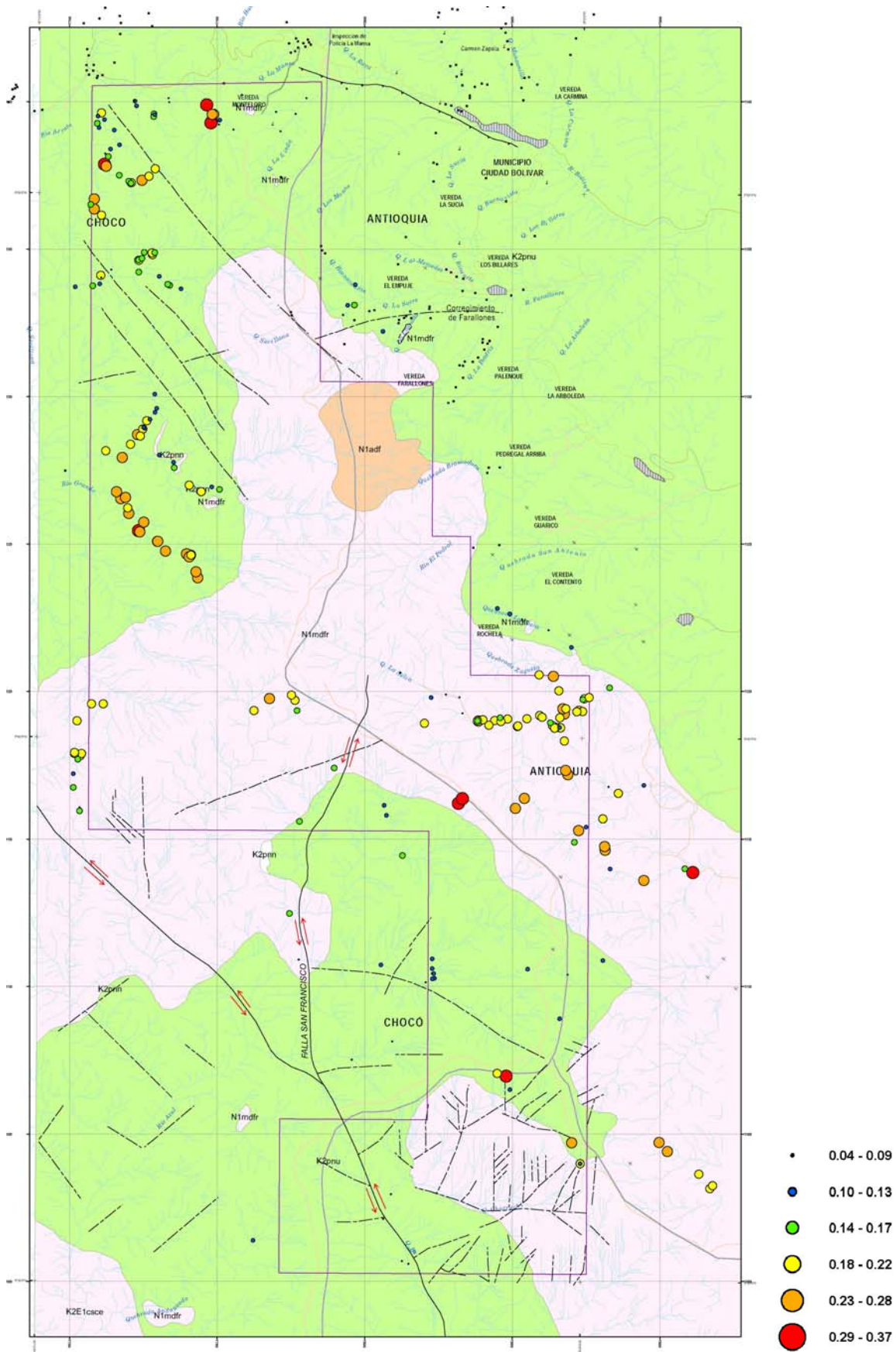
(a) Molibdeno



(b) Plomo

**Figura 63.** Mapas de Concentración Puntual de elementos en sedimentos activos finos.

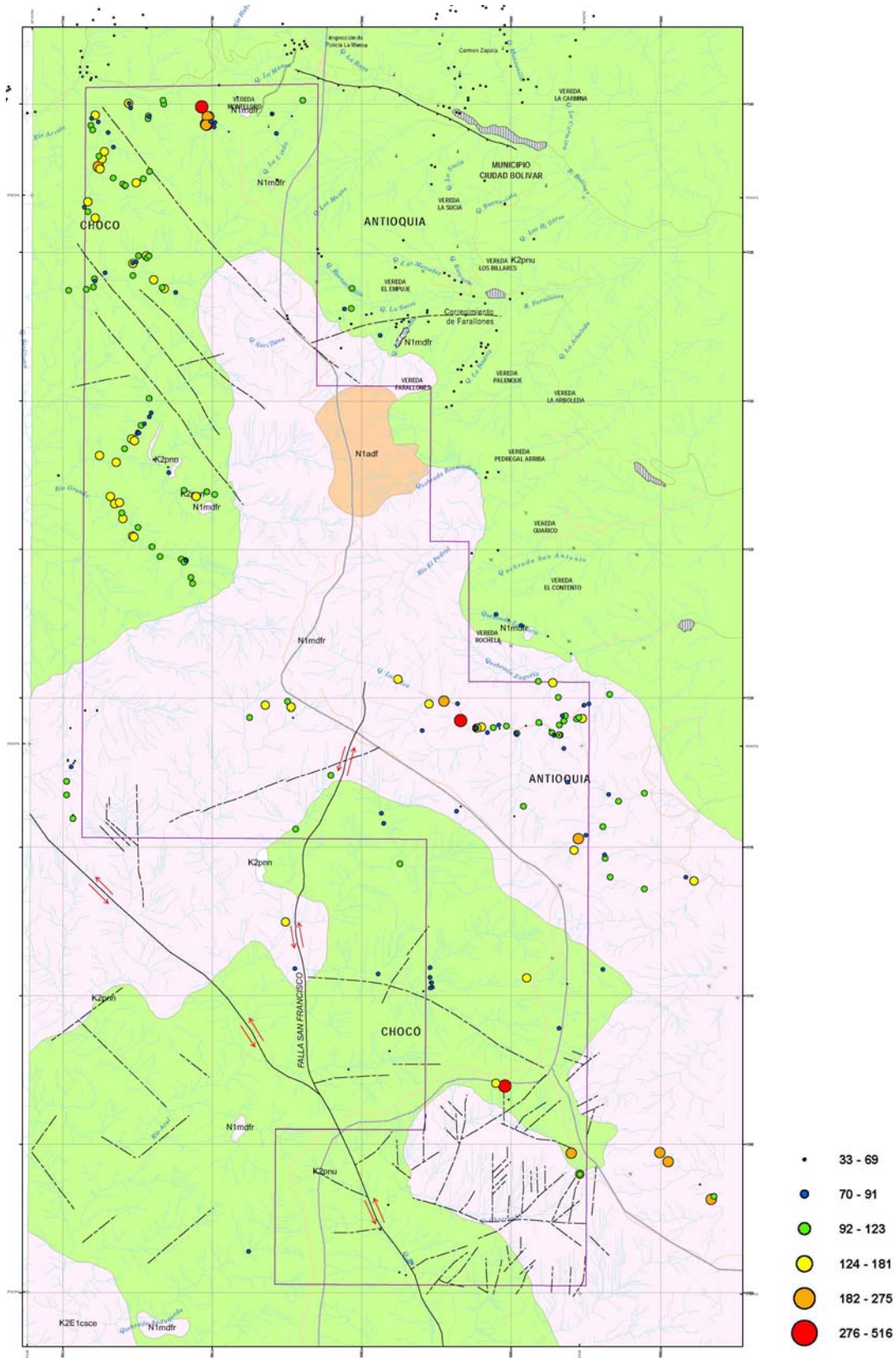




(a)Titanio

Cartografía geológica y muestreo geoquímico en la parte norte de la Cordillera Occidental, Planchas 165 y 185





(b) Vanadio

**Figura 64.** Mapas de Concentración Puntual de elementos en sedimentos activos finos.

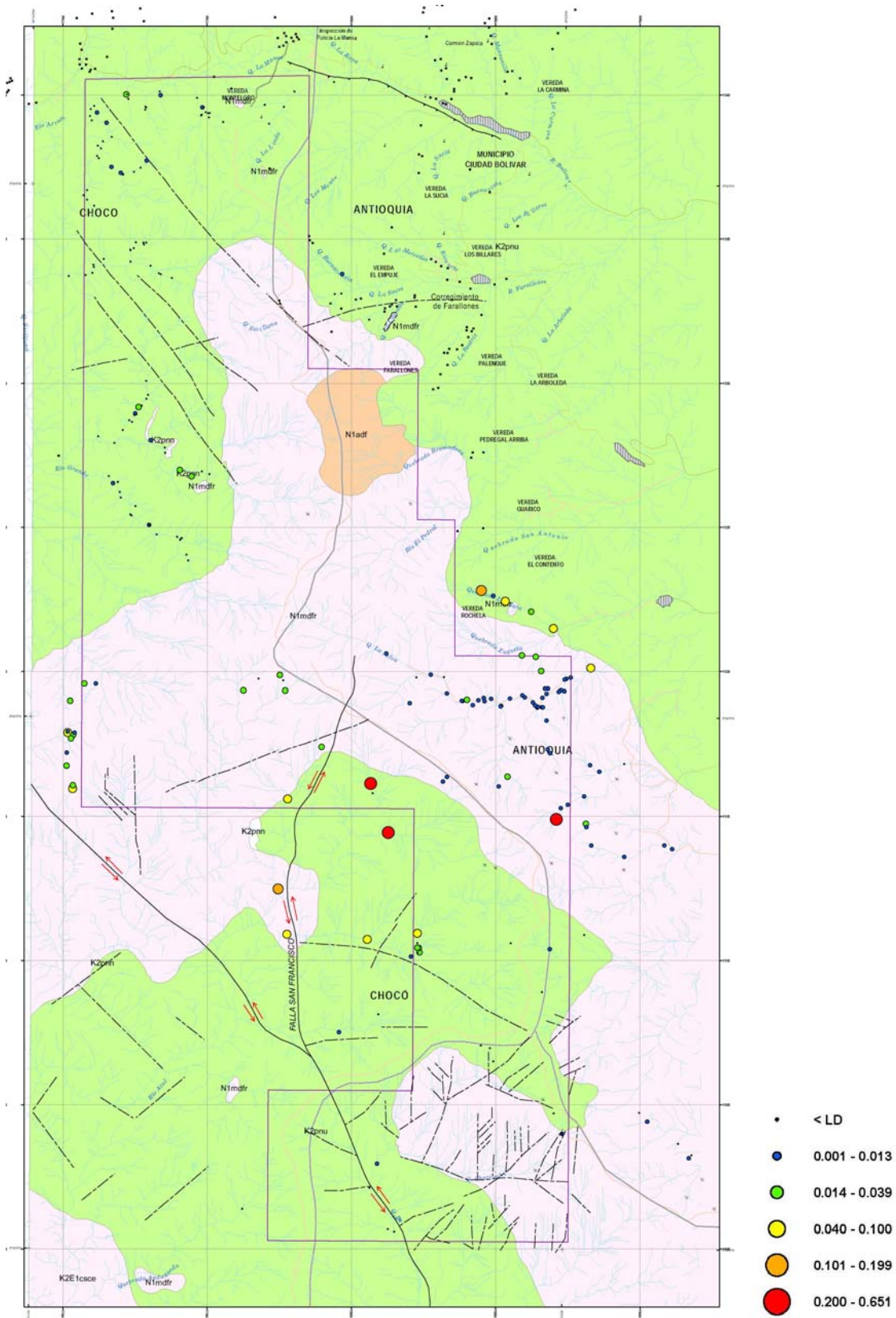
Para distribuciones con algunos datos extremos pero no tan sesgadas, se tomó la Cuarta clase de hinge superior a percentil 95% y la Quinta clase de percentil 95% a máximo (Ej. As, Ni, Pb). En distribuciones no sesgadas como la de Aluminio y Torio se tomaron los intervalos así: Primera clase: mínimo a percentil 10%; Segunda clase: percentil 10 % a hinge inferior; Tercera clase: hinge inferior a mediana; Cuarta clase: mediana a hinge superior y Quinta clase hinge superior a máximo (Figura 65).

Los puntos se grafican en orden de tamaño descendente con el fin de evitar que los puntos grandes cubran a los pequeños. El color del punto se asignó dependiendo del tipo de medio analizado (p. e., para aguas color azul y para sedimentos activos color rojo).

En los Anexos se encuentran los mapas de concentración puntual, en los cuales se muestra la concentración de cada elemento, en cada sitio. El formato de presentación está de acuerdo a las normas consignadas en el documento “Estándares para la presentación del Atlas Geoquímico de Colombia en Formato Digital, Escala 1:500.000” (INGEOMINAS; 2004).







(b) Oro

**Figura 65.** Mapas de Concentración Puntual de elementos en sedimentos activos finos.

## 5.5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS MULTIVARIADO

Se efectuaron cálculos de correlación entre los elementos utilizando el coeficiente de correlación rho de Pearson, y el coeficiente tau-b de Kendall con sus niveles de significancia. Además se calculó la matriz de componentes principales con rotación varimax y cálculo de dendogramas usando conglomerados jerárquicos. Estos diagramas e muestran en las figuras 66 y 67.

Del análisis anterior se observó que los elementos Au, Ag, Hg, Se, Sn, Te, Tl y W no poseen una adecuada distribución y generan tendencias no existentes en el análisis multivariado por lo tanto no se incluyen en el presente análisis.

### 5.5.1 Correlaciones de Spearman

En la Figura 64 se presentan las correlaciones bivariadas entre los elementos, analizados por espectrografía de emisión en muestras de sedimentos activos finos. Se calcularon por el método de rangos de Spearman. La Figura 66 describe las variaciones que se presentan en los datos relativos a las muestras analizadas, sobre la base hipotética de muestras no relacionadas entre sí, miembros finales o dominantes conocidos como factores.

Los datos de los elementos afines química y geológicamente se agrupan por factores, los primeros de ellos de mayor importancia. La influencia de cada factor sobre la muestra se mide por un puntaje denominado "score" del factor, siendo más alto cuanto más fuerte sea la influencia del factor. Los factores "scores" o puntajes factoriales pueden indicar zonas favorables para tipos particulares de mineralización y caracterizar unidades litológicas.

Si los factores coinciden perfectamente con la composición de cada muestra se dice que la "comunalidad" (varía entre 0 y 1) es de valor 1, entonces es un ajuste perfecto, puesto que la comunalidad cuantifica el grado en que la composición de muestras individuales puede ser explicadas en términos de una mezcla simple de varias poblaciones normales o factores.

La Figura 66 muestra las relaciones observadas al variar el contenido de los elementos analizados, a partir de una matriz de correlación entre los siguientes elementos. Por lo tanto están fuertemente correlacionados los siguientes elementos:

Na – Ca

Ag – Bi

Pb – Bi (indicador de depósitos polimetálicos)

Sb – Bi (indicador de depósitos polimetálicos)

As – Se

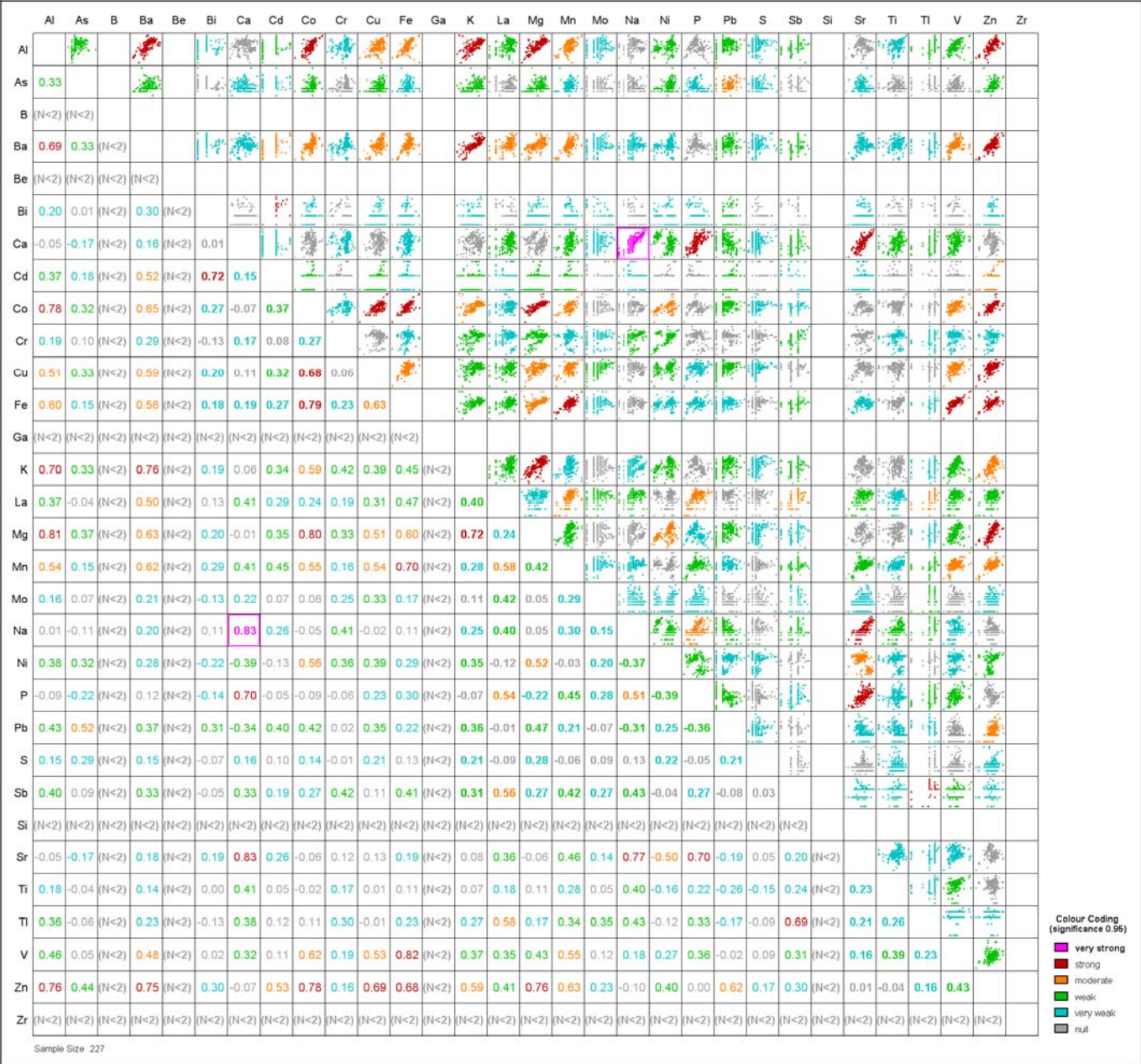
Ca – Sr (indica presencia de minerales)

Fe – V (indica presencia de varios silicatos y sulfatos)



**Correlacion Bivariada**

Project:  
Scientist:  
Project date:  
Report date: 2009/03/13



**Figura 66.** Correlaciones bivariadas entre elementos analizados en sedimentos activos finos.

Se realizaron correlaciones simples en las que se analizan las variaciones simultáneas de dos variables gráficamente para verificar las anteriores correlaciones y el resultado se presenta en la Tabla 14.

En la cual se presentan las siguientes correlaciones:

Pb – Bi

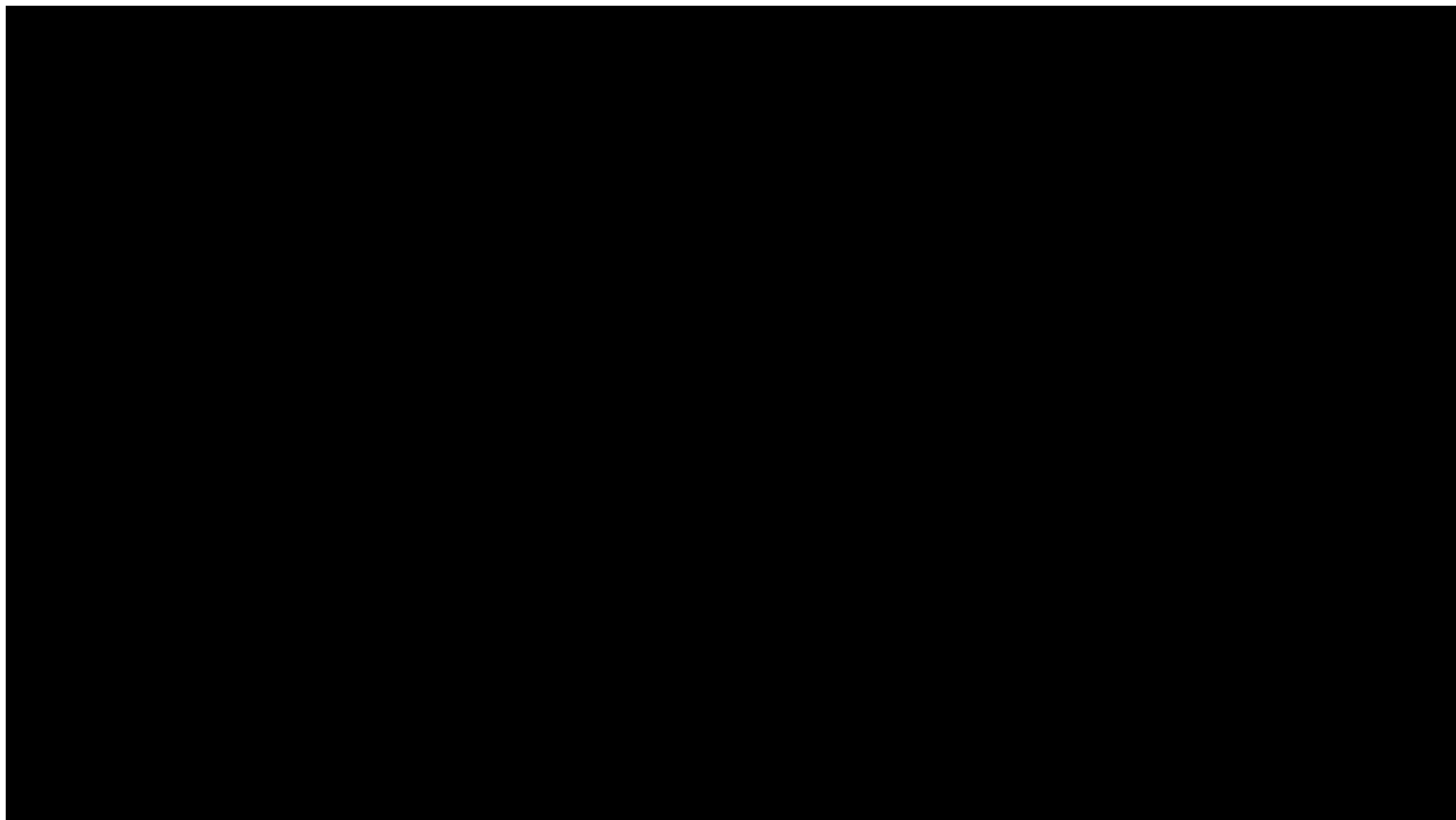
Sb – Bi

As – Se

Ca – Sr

Fe – V

**Tabla 14.** Diagramas Scatter Multiples entre elementos analizados en sedimentos activos finos.





### 5.5.2 Análisis de Conglomerados

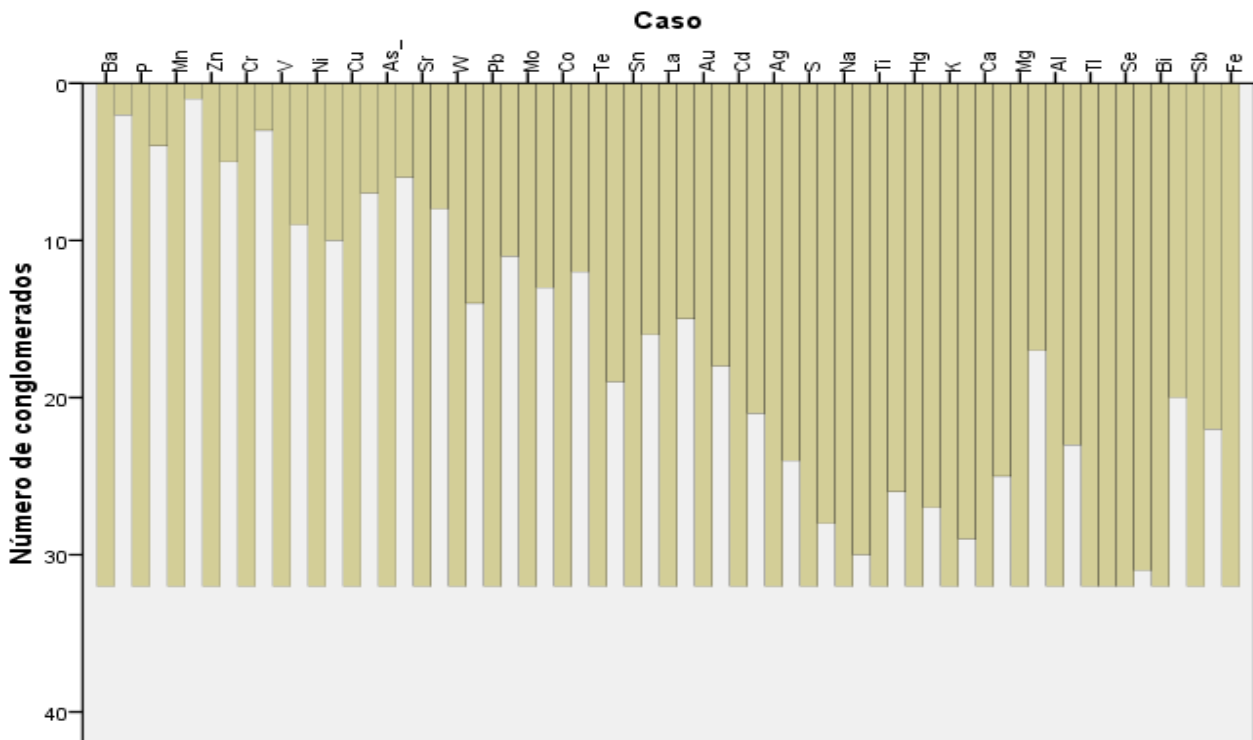
Esta es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es formar grupos a partir de un conjunto de elementos de tal forma que estos grupos estén formados por elementos los más parecidos que sea posible (homogéneos) y a su vez lo más diferentes (heterogéneos) que sea posible entre los grupos. Los elementos en cada grupo (conglomerado) tienden a ser similares entre sí (alta homogeneidad interna, dentro del clúster) y diferentes a los objetos de los otros grupos (alta heterogeneidad externa, entre clusters) con respecto a algún criterio de selección predeterminado. El resultado de los dendogramas muestra que existen los siguientes grupos con una alta similaridad estadística y por lo tanto geoquímica (Figura 67):

Grupo 1: Sr – Cr

Grupo 2: Ba – Mn

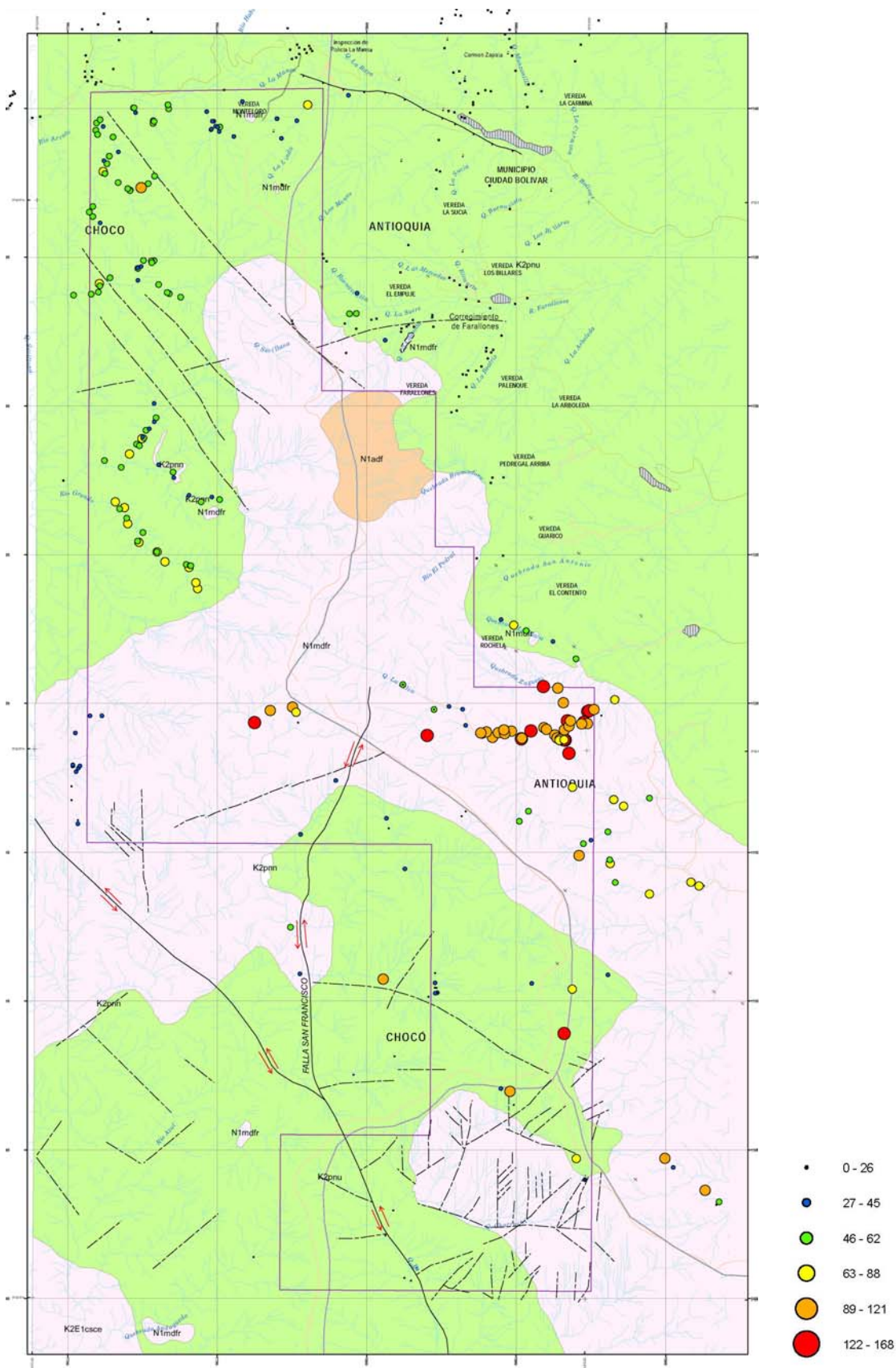
Grupo 3: Bi – Cd – Sn – Sb (depósitos polimetálicos)

Grupo 4: Se – W

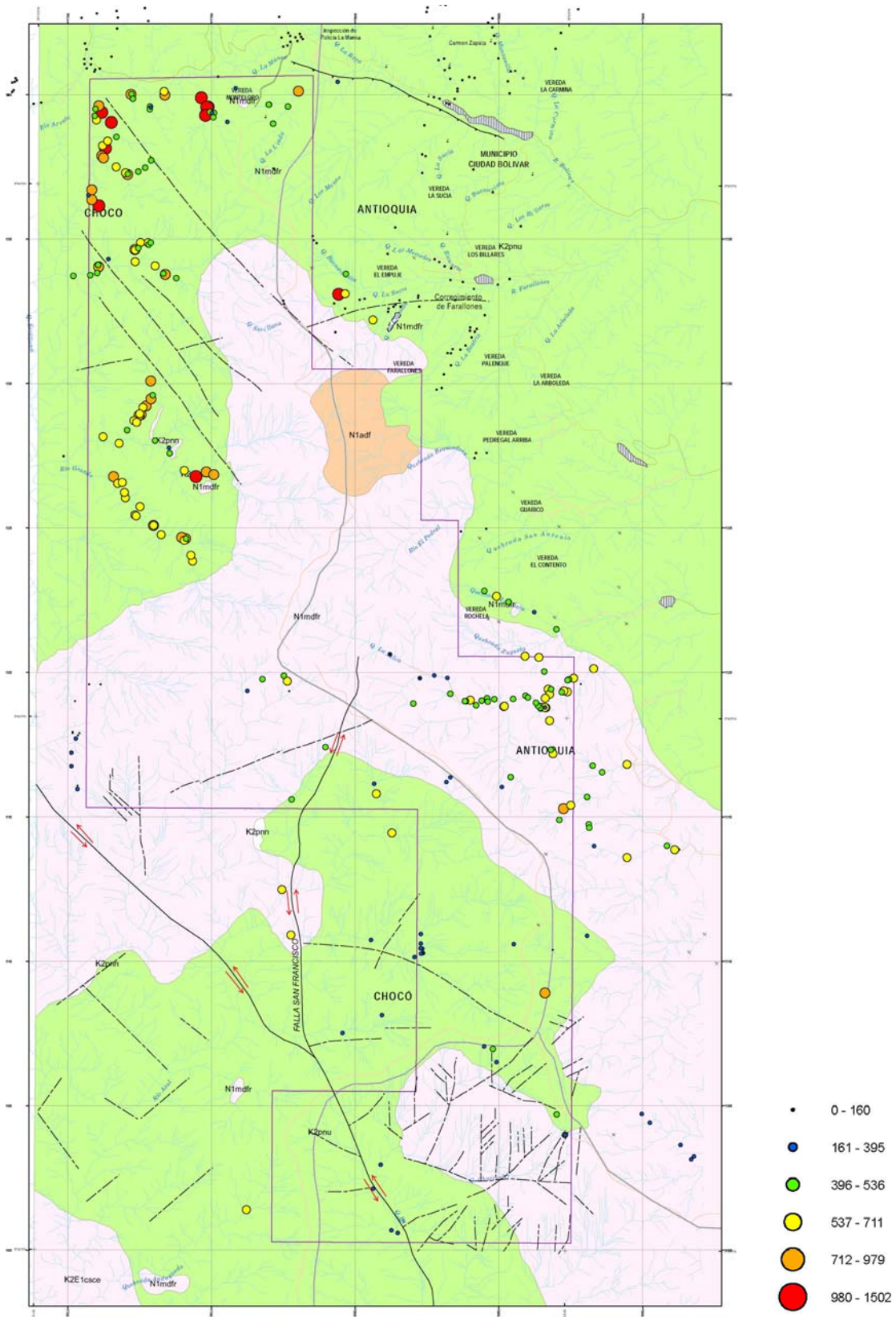


**Figura 67.** Dendograma entre elementos analizados en sedimentos activos finos.

Para estos grupos se hicieron mapas de factores que se presentan en el anexo 5, de los mapas de concentración puntual y de factores multielemento (Figura 68 y 69). Espacialmente se observa que para el grupo 1 (Sr – Cr) una zona de enriquecimiento en los afluentes del río Tapartó en la misma cuenca donde hay enriquecimientos de sodio, hierro, vanadio, telurio y estaño. En esta misma zona se observa el enriquecimiento factorial del grupo 3 (Bi – Cd – Sn – Sb) indicador de depósitos polimetálicos.



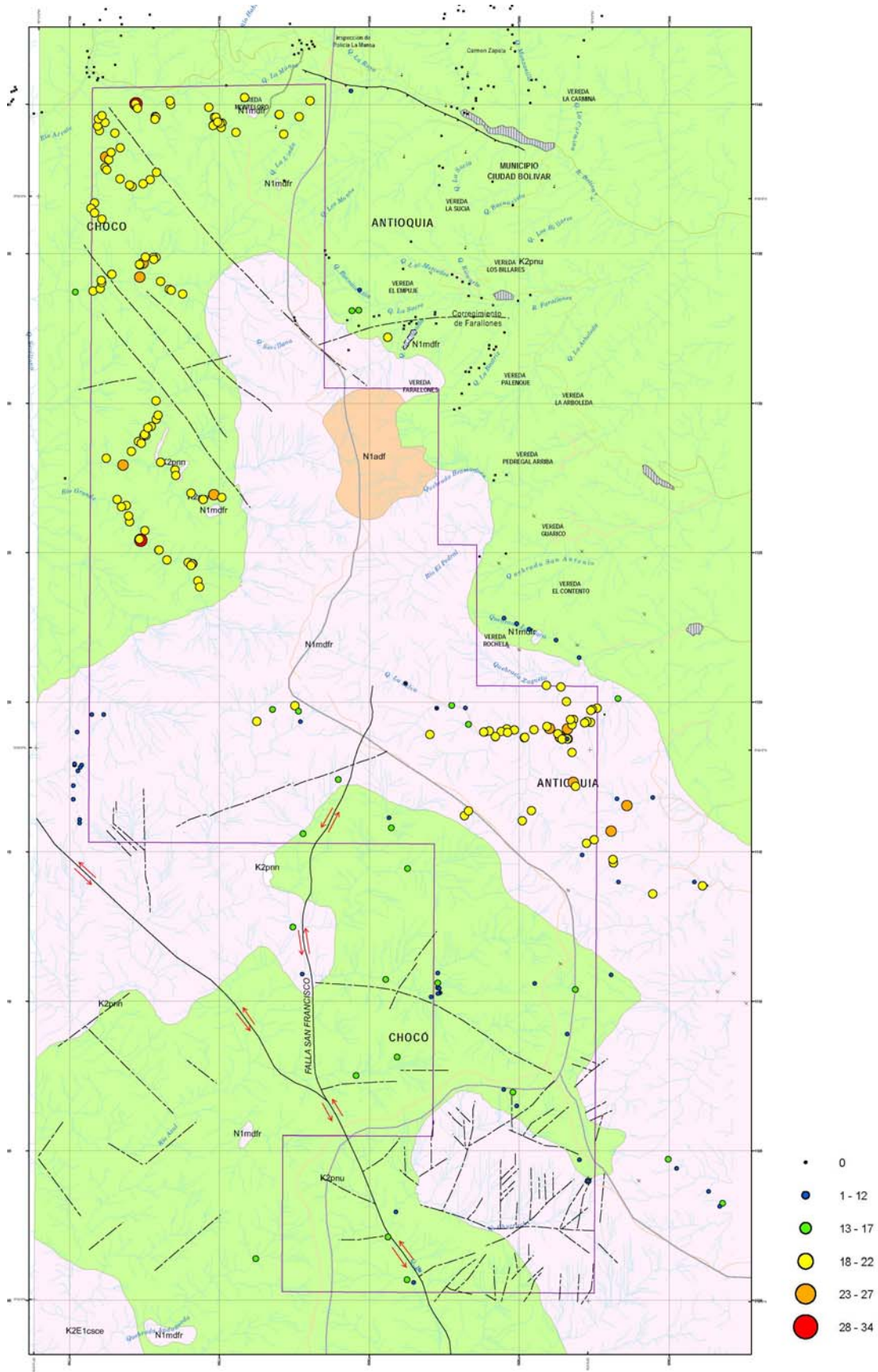
(a) Estroncio – Cromo



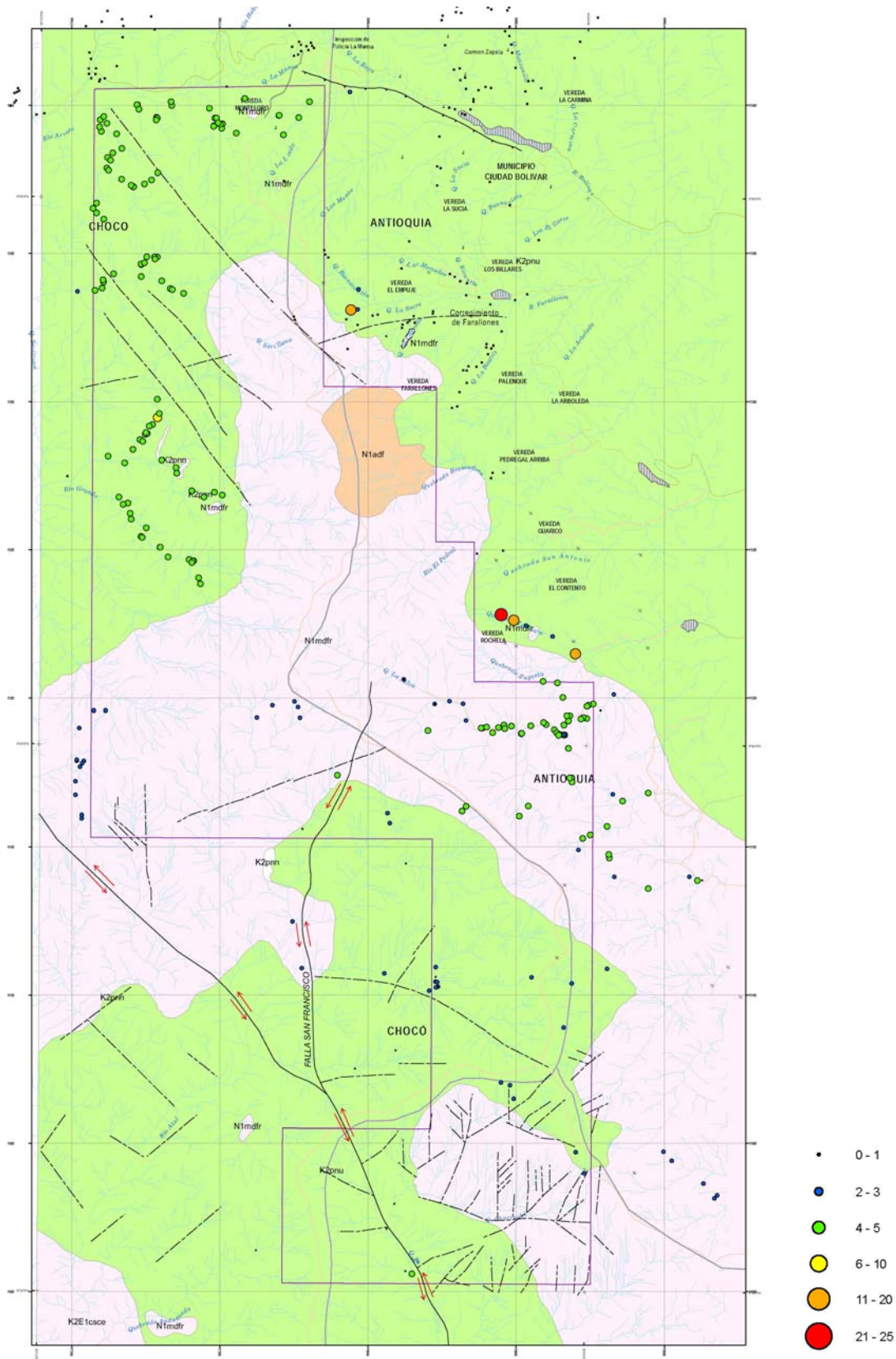
(b) Bario - Manganeso

**Figura 68.** Mapas multivariado de elementos en sedimentos activos finos.





(a) Bi-Cd-Sn-Sb



(b) Selenio - Wolframio

**Figura 69.** Mapas multivariado de elementos en sedimentos activos finos.



Para el grupo 2 (Ba – Mn) se observa que el enriquecimiento de estos factores se presenta en las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao en el afluente de la quebrada La Arboleda, y en la Monzodiorita de Farallones en el afluente del río Grande.

El grupo 4 (Se – W) está enriquecido en el afluente de la quebrada Santa Clara (vereda La Rochela), en el mismo sitio donde hay están las mineralizaciones de oro.

## **5.6 LITOGEOQUÍMICA**

Para el procesamiento litogeoquímico se tomaron muestras de rocas de la zona de estudio, asociadas a la Monzodiorita de Farallones, y esta información se ha organizado e interpretado con herramientas estadísticas y litogeoquímicas, para establecer sus ambientes de formación y dar una visión sobre la utilidad de la información química de rocas en la exploración de depósitos minerales.

En la zona de estudio existen tres sitios de mineralizaciones bien reconocidos como son los casos de las minas El Roble, La Equis y Dabaibe. La presencia de estas mineralizaciones permite relacionar la información litogeoquímica con los valores de concentración de elementos químicos encontrados en los sedimentos y la relación con las anomalías obtenidas mediante tratamiento estadístico y geoestadístico de los datos.

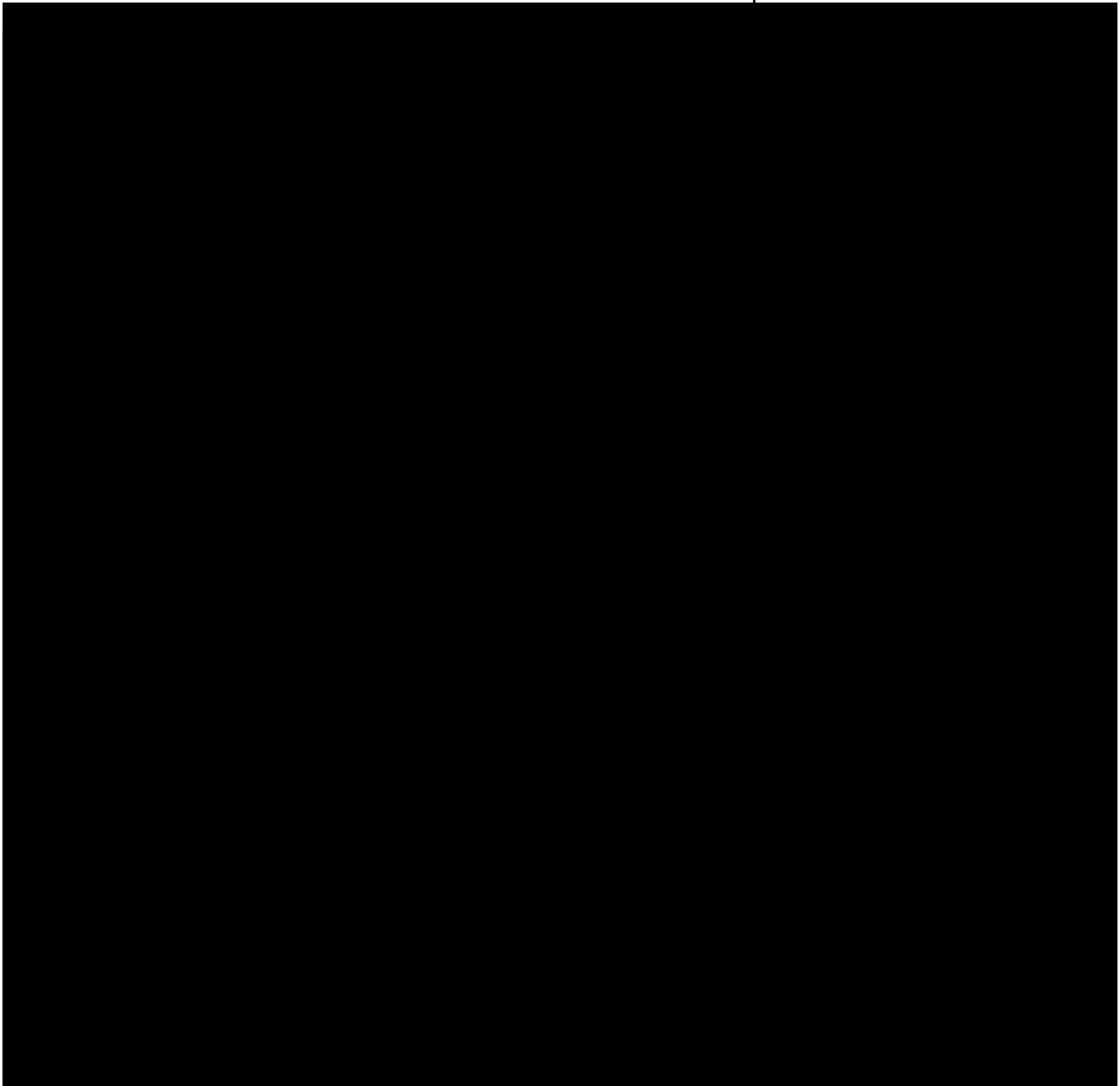
### **5.6.1 Metodología**

Toda la información que se procesa en esta zona de estudio referente a los sitios de muestreo y a las muestras de litogeoquímica, se adaptó al formato requerido para su inclusión en la base de datos del Ingeominas en SIGER. Esta base de datos está en formato de geodatabase de ArcGis 9.2.

En total se seleccionaron 6 muestras para análisis por ICP-MS, teniendo en cuenta que para elaborar los diagramas de discriminación de ambientes tectónicos se necesitaba uniformidad en la distribución de los minerales en la roca; ubicación dentro de zonas de interés determinadas mediante el análisis geoestadístico de resultados y priorización de unidades geológicas por la importancia de su ambiente.

Los límites de detección del método analítico se observan en la Tabla 15.

**Tabla 15.** Límites de detección del análisis de rocas por ICP-MS.



Nota: Este método para análisis de rocas por ICP y ICP/MA usa fusión con metaborato/tetraborato de litio, con cubrimiento de número de elementos y límites de detección. La calidad de los datos iguala o excede la calidad de datos del análisis por fusión y XRF, el estándar antiguo en análisis completos de rocas. El proceso de fusión asegura dilución completa de los metales totales particularmente para los elementos como tierras raras en fases resistentes.

Todas las muestras se encuentran dentro de la unidad Monzodiorita de Farallones. Los resultados de los análisis químicos de rocas se presentan en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Resultado del Análisis Químico de Rocas de la Monzodiorita de Farallones.

IGM	Estación	Localización	Roca	Unidad Litológica	C. Este	C. Norte	Año						
706515	CC0027R	Vereda La Rochela, Río Tapartó	Monzodiorita	Monzodiorita de Farallones	1.118.304	1.120.308	2008						
706525	JCD0009R-A	Guaduas, río Grande	Diorita	Monzodiorita de Farallones	1.107.530	1.127.420	2008						
706724	JCD0049R	La Rochela, río Tapartó	Monzodiorita	Monzodiorita de Farallones	1.117.336	1.115.835	2008						
706725	JCD0052R		Monzodiorita	Monzodiorita de Farallones	1.116.121	1.116.248	2008						
706727	JCD0067R		Monzodiorita	Monzodiorita de Farallones	1.120.120	1.115.262	2008						
706811	JCD0122R	La Albería, Qda. La Albería	Monzodiorita	Monzodiorita de Farallones	1.105.002	1.122.015	2008						
IGM	Estación	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Total%
706515	CC0027R	61,36	16,84	6,47	0,156	1,82	5,93	3,49	2,44	0,533	0,33	0,26	99,63
706525	JCD0009R-A	64,95	16,19	6,15	0,073	1,8	4,58	2,7	1,28	0,535	0,15	1,75	100
706724	JCD0049R	61,94	16,56	5,73	0,154	1,73	5,43	3,19	2,95	0,478	0,29	1,02	99,47
706725	JCD0052R	59,44	17,66	6,47	0,159	1,94	4,9	3,03	2,61	0,474	0,33	3,2	100
706727	JCD0067R	64,39	16,19	4,82	0,117	1,35	4,75	3,56	2,66	0,362	0,24	0,5	98,94
706811	JCD0122R	56,25	18	7,95	0,133	2,27	6	3,5	4,61	0,704	0,43	0,23	100
IGM	Estación	Ag ppm	As ppm	Ba ppm	Be ppm	Bi ppm	Ce ppm	Co ppm	Cr ppm	Cs ppm	Cu ppm	Dy ppm	Er ppm
706515	CC0027R	-0,5	-0,5	1.257	1	0,4	27,9	10	110	11,5	20	2,41	1,45
706525	JCD0009R-A	-0,5	20	1.950	1	1,3	26,6	10	150	1,5	80	2,87	1,81
706724	JCD0049R	-0,5	-0,5	995	1	2,1	23,2	13	60	2	90	2,22	1,34
706725	JCD0052R	-0,5	-0,5	1.356	1	1,5	30,8	11	50	1,2	10	2,67	1,62
706727	JCD0067R	-0,5	-0,5	1.451	1	1,5	29,2	8	80	0,9	-10	1,96	1,2
706811	JCD0122R	-0,5	-0,5	1.154	2	1,7	39	16	100	2,8	60	4,81	3,13
IGM	Estación	Eu ppm	Ga ppm	Gd ppm	Ge ppm	Hf ppm	Ho ppm	In ppm	La ppm	Lu ppm	Mo ppm	Nb ppm	Nd ppm
706515	CC0027R	1,03	20	2,75	1,5	1,8	0,48	-0,1	16,2	0,213	5	3,3	14
706525	JCD0009R-A	0,881	20	2,77	1,3	2,8	0,6	0,1	16,1	0,279	8	5,2	13
706724	JCD0049R	0,922	18	2,52	2,1	2,3	0,44	-0,1	13,2	0,206	3	3,8	12
706725	JCD0052R	1,09	21	2,89	1,5	2,2	0,54	-0,1	17,9	0,254	-2	3,7	15,2
706727	JCD0067R	0,839	19	2,24	1,5	2,2	0,4	-0,1	17,6	0,185	3	3,6	12,9
706811	JCD0122R	1,27	21	4,6	1,7	4,5	1,02	-0,1	21,8	0,536	6	6,3	21,2
IGM	Estación	Ni ppm	Pb ppm	Pr ppm	Rb ppm	Sb ppm	Sc ppm	Sm ppm	Sn ppm	Sr ppm	Ta ppm	Tb ppm	Th ppm
706515	CC0027R	-20	32	3,82	58	1	8	3,1	8	990	0,28	0,42	3,25
706525	JCD0009R-A	-20	17	3,7	47	3,1	12	2,92	7	460	0,48	0,48	3,66
706724	JCD0049R	-20	8	3,27	72	0,3	8	2,71	6	930	0,31	0,38	4,95
706725	JCD0052R	-20	16	4,26	64	0,3	10	3,42	1	874	0,33	0,46	2,99
706727	JCD0067R	-20	7	3,82	63	-0,2	6	2,63	8	946	0,29	0,34	4,18
706811	JCD0122R	-20	114	5,56	103	0,7	17	4,69	7	719	1,12	0,77	12,1
IGM	Estación	Ti ppm	Tm ppm	U ppm	V ppm	W ppm	Y ppm	Yb ppm	Zn ppm	Zr ppm			
706515	CC0027R	0,63	0,218	1,43	109	0,5	1,4	1,4	130	61			
706525	JCD0009R-A	0,84	0,273	1,67	99	0,9	1,79	1,79	130	103			
706724	JCD0049R	0,82	0,204	1,47	107	2,5	1,34	1,34	80	78			
706725	JCD0052R	0,63	0,247	1,53	116		1,6	1,6	100	73			
706727	JCD0067R	0,45	0,186	2,41	78	-0,5	1,22	1,22	50	74			
706811	JCD0122R	0,62	0,499	6,82	157	-0,5b	3,38	3,38	130	139			

Los análisis químicos de elementos mayores para 6 muestras fueron clasificados teniendo en cuenta las unidades litológicas a la cual pertenecían. De esta forma se centró el análisis en la unidad Monzodiorita de Farallones para la cual se hizo la elaboración de los diagramas de clasificación y de discriminación de ambientes tectónicos.

Se calcularon los estadísticos descriptivos para los resultados de los análisis químicos y se construyeron diagramas de dispersión entre los elementos.

#### 5.6.1.1 Litogeoquímica

Los análisis químicos de los 11 óxidos mayores expresados como porcentaje fueron recalculados al 100% libre de LOI. Dado que en los análisis químicos no se diferencia la cantidad de óxido de hierro ferroso del férrico, sino que el porcentaje viene expresado como hierro total, se emplearon las relaciones establecidas por Wilkinson (1986) para obtener los valores de FeO y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a partir de hierro total (FeO\*):

$$\text{FeO}^* = \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{FeO} = 0,2$$

A partir de los óxidos mayores se calculó la norma CIPW con el fin de obtener los porcentajes de minerales normativos o teóricos constituyentes de cada muestra.

Los resultados se representan en diferentes diagramas y gráficos para elementos mayores y trazas, de los cuales se toma: la clasificación química, la clasificación de ambientes tectónicos y el grado de diferenciación magmática, mediante análisis comparativos con la condrita y con el manto primigenio.

Las rocas volcánicas se clasificaron con el diagrama de Le Maitre *et. al.*, (1989) y el diagrama de Jensen (1976) de acuerdo al contenido de Al, Fe total +Ti y Mg; las rocas intrusivas con el diagrama de Cox *et al.*, (1979), utilizando la norma CIPW; además de diagramas empleando elementos de tierras raras.

Para la discriminación de ambientes tectónicos se emplearon diagramas usando elementos relativamente inmóviles, HFSE (elementos de fuerza de campo alta), que permanecen estables durante la meteorización y alteración post-eruptivas como el Nb, Y, Ta, y Zr.

Se elaboraron también diagramas multielemento tipo *spider* normalizados respecto a la condrita, al manto primigenio y al MORB.

#### 5.6.2 Revisión de Anomalías Geoquímicas en Sedimentos Activos

Del capítulo anterior se tomaron los resultados del análisis univariado y multivariado de los sedimentos activos finos para 33 elementos; se generaron mapas de distribución de los elementos químicos de interés y de los componentes principales y se cruzó con la información de rocas, para la

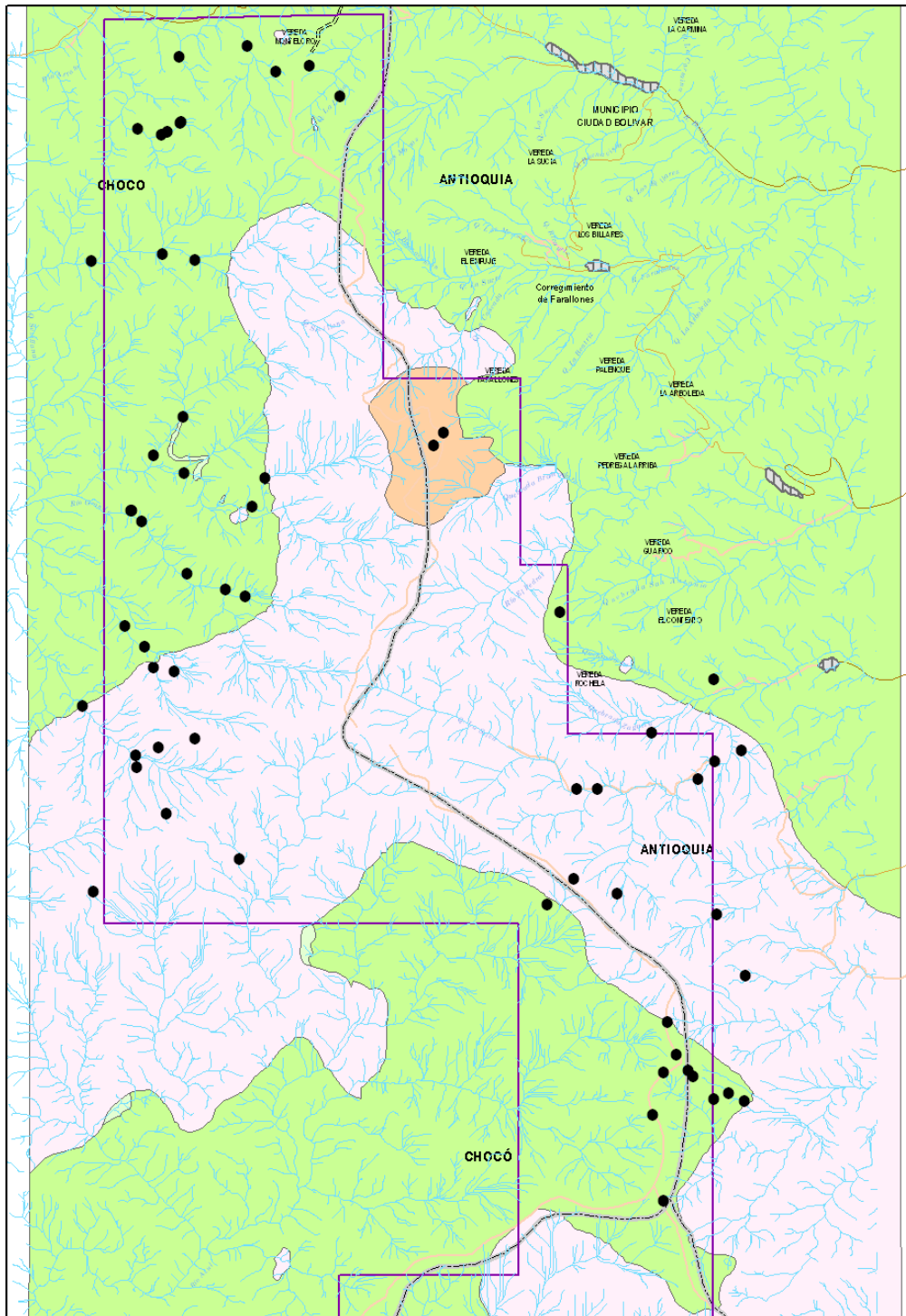


unidad litogeoquímica 1 (Monzodiorita de Farallones). Las anomalías geoquímicas conocidas se ubicaron en el mapa a escala 1:100.000.

#### 5.6.2.1 Descripción micropetrográfica de las secciones delgadas y composición de las rocas en la Monzodiorita de Farallones

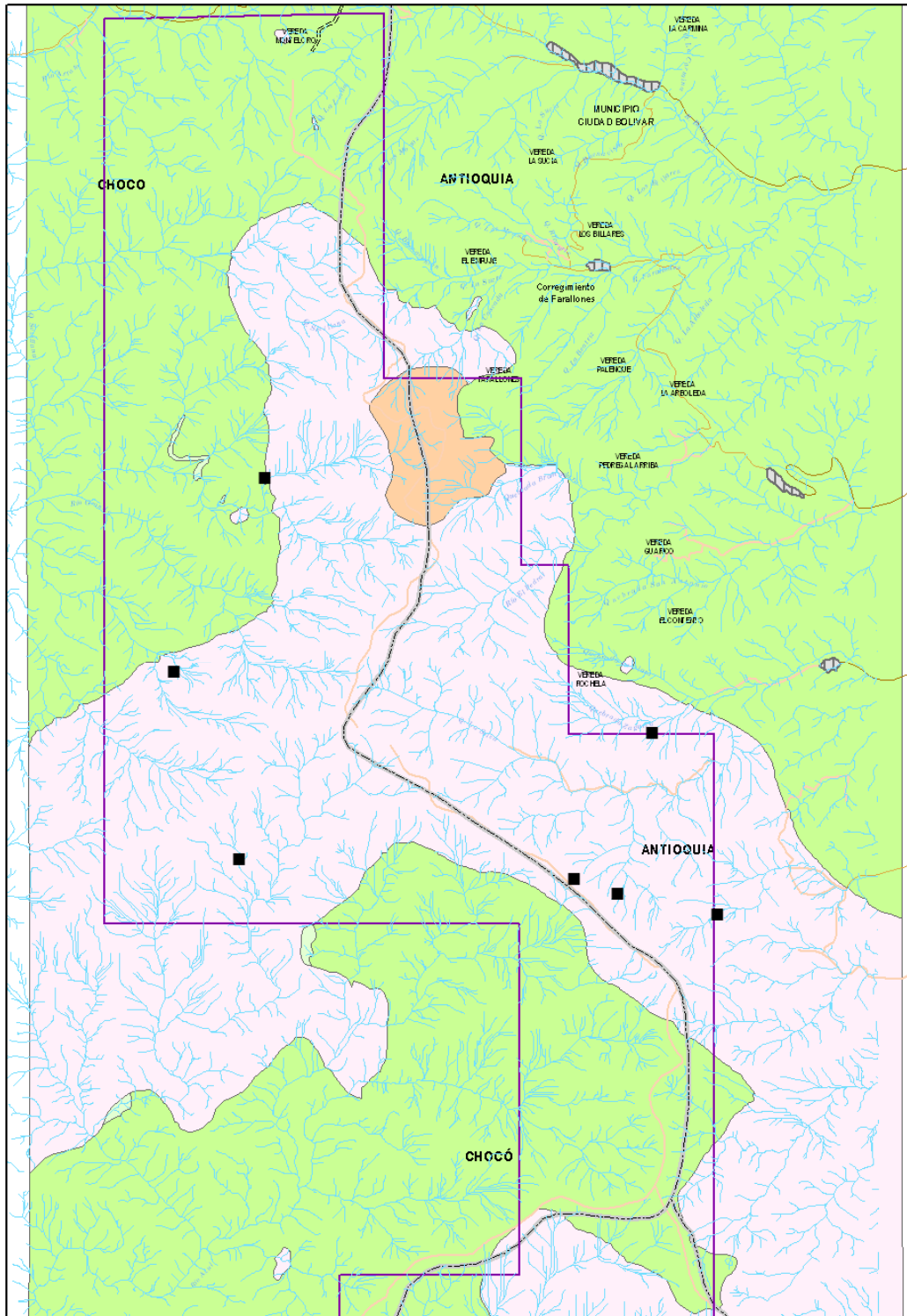
Para la zona de estudio se tomaron 57 muestras de secciones delgadas (Figura 70), de las cuales 21 corresponden a la Monzodiorita de Farallones para clasificarlas bajo el microscopio según Streckeinsen (1976).

En la Tabla 16, se presenta el número de IGM, que representa el código de análisis para cada sección delgada, este mismo código se encuentra dentro de la base de datos, como llave de conexión a las otras tablas donde se pueden encontrar los demás campos correspondientes a cada muestra. Se presenta además la composición mineralógica de cada roca en porcentaje estimado.



**Figura 70.** Ubicación de muestras de secciones delgadas en el contrato #392.

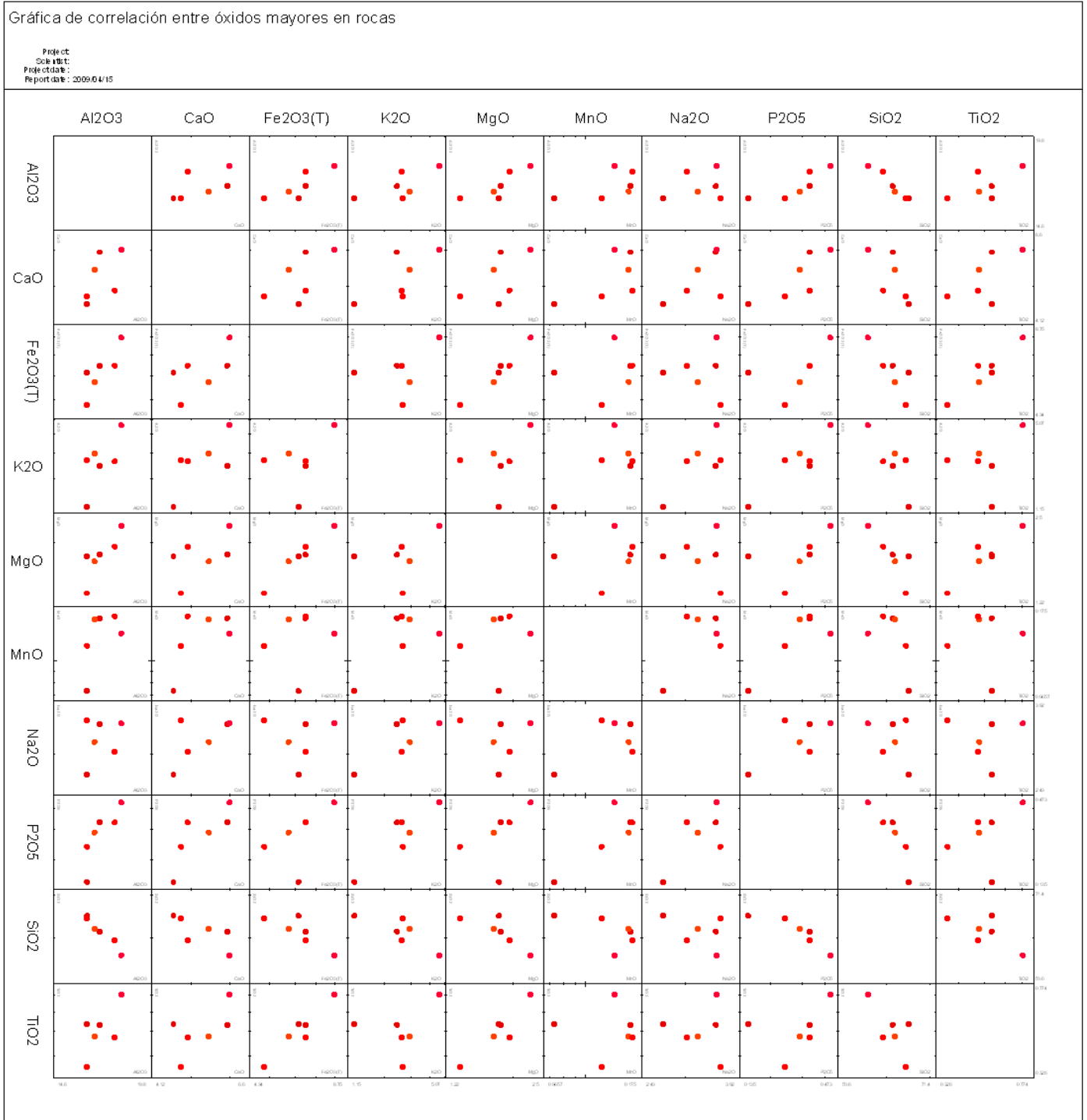
En la Figura 71, se presenta la ubicación de las muestras de litogeoquímica tomadas en las rocas de la unidad Monzodiorita de Farallones.



**Figura 71.** Ubicación de las muestras litogeoquímicas de la Monzodiorita de Farallones.

En la Figura 72 se muestra un gráfico que muestra la correlación entre los óxidos mayores. En esta figura se muestra por ejemplo que al aumentar el Mg

se observa un aumento del Ca y Fe y disminución del Na, el Al no aumenta significativamente.



**Figura 72.** Gráfica de correlación entre óxidos mayores en rocas de la Monzodiorita de Farallones.

### 5.6.2.2 Monzodioritas

La composición química de las monzodioritas es: SiO<sub>2</sub>: 52,42-55,77 %, CaO: 5,79-8,87 %, MgO: 2,15-4,52 %, TiO<sub>2</sub> 0,413-0,750 %; Ag: 0,3 ppm en dos

*Cartografía geológica y muestreo geoquímico en la parte norte de la Cordillera Occidental, Planchas 165 y 185*





muestras, otros metales traza en ppm: Cu: 33-207, Pb: 3-7, Mo: 1-6, Zn: 76-155, As: 0,3-9, Ni: 10-15, Cr: 10-15, V: 119-310; Sr: 318-502; W: 7-10, Sn: 28, U: 10,00- 13, Nb: 1,4 a 4 ppm (Tablas 17 y 18).

#### 5.6.2.3 Dioritas

La composición química de las dioritas, en óxidos mayores, en cuanto a minerales preciosos se presenta Ag: 0,3, Au: 0.001 ppm; otros elementos traza en ppm, Cu: 75-207, Pb: 2-5, Mo: 1, Zn: 49-64, As: 3,0, Ni: 3-23, Cr: 10-24, V: 209-287; Sr: 331-418; Nd: 1-1,3 (Tablas 17 y 18).

#### 5.6.2.4 Gabros y Monzogabros

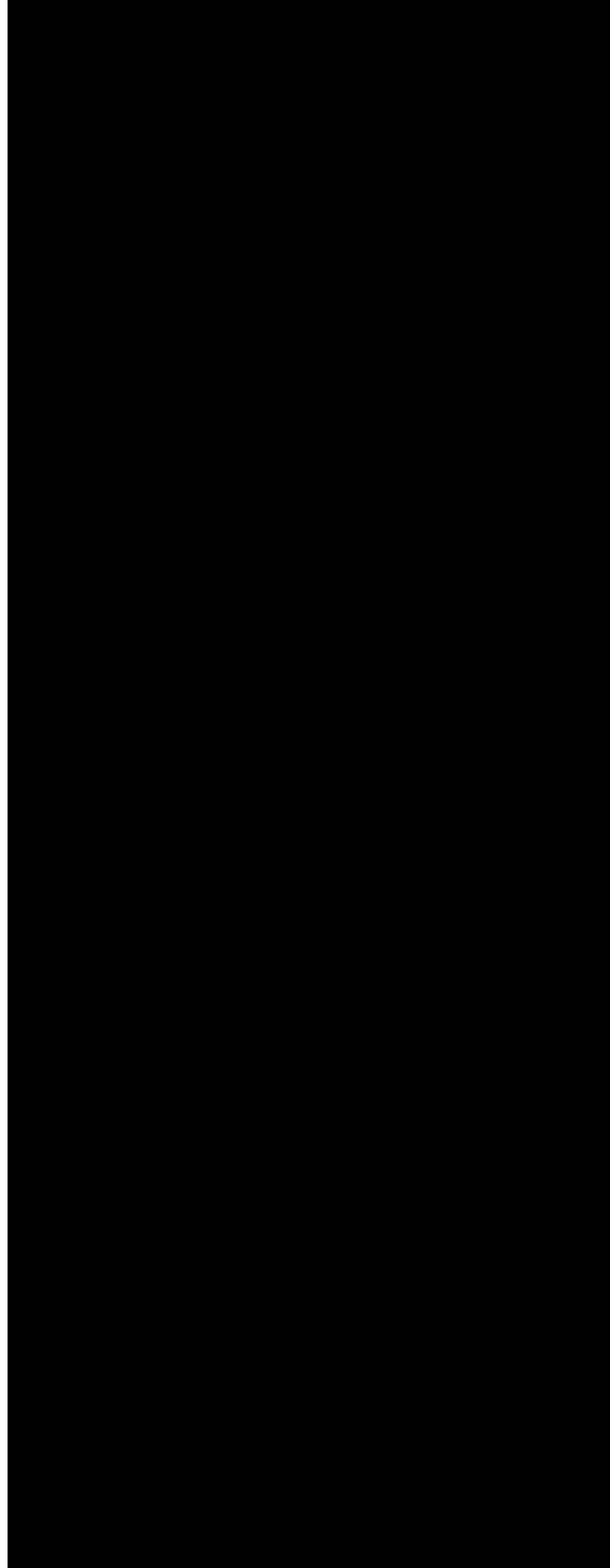
La composición en elementos mayores de los gabros, en cuanto a elementos traza, en ppm, se tiene: Ag: 0,3-6,2, Au: 0.001; Cu: 86-3308, Pb: 3-17, Mo: 6-9, Zn: 70-115, As: 3,0, Ni: 6-198, Cr: 5-130, V: 272-844; Sr: 350-706; Nd: 13, Co: 63, W: 6-10, Bi: 6, La: 43,0, Th: 10, Sc: 69,0-85,0, U: 8,0-10,0, Ce: 80 (Tablas 17 y 18).

De la comparación de resultados de litogeoquímica con el Batolito de Mandé se observa que en promedio el valor de SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> es mayor en la Monzodiorita de Farallones que en el Batolito de Mandé. Igualmente son mayores los elementos Ba, Ce, Cs, Dy, Er, Hf, Ho, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, U, Y, Yb, Zr. (Tablas 17 y 18).

Estas muestras corresponden con las 6 muestras del análisis litogeoquímico.

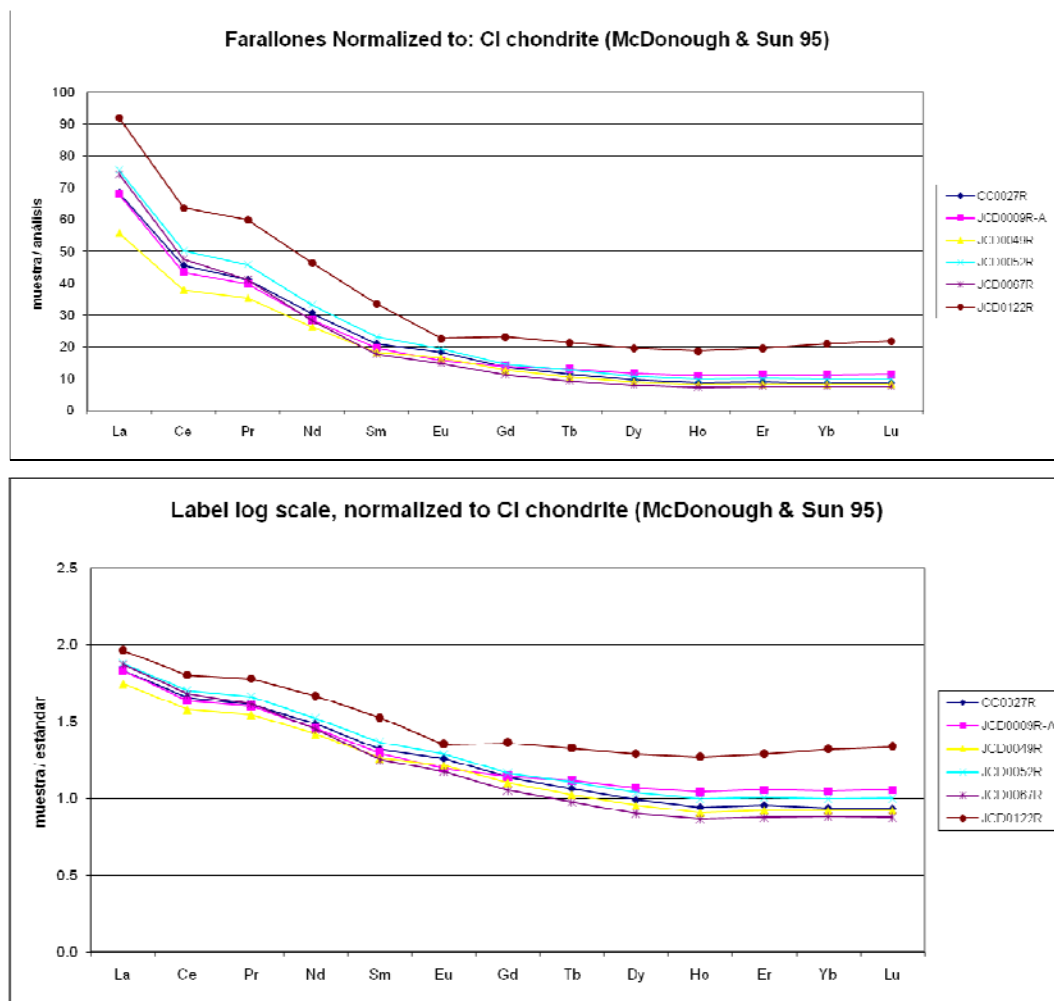


**Tabla 18.** Comparación de la media y desviación estándar de la Monzodiorita de Farallones y el Batolito de Mandé (Salazar *et al*, 2005).



### 5.6.3 Diagramas normalizados respecto a la Condrita

La concentración de elementos de tierras raras en rocas son generalmente normalizadas a una referencia estándar común, la más usada es la composición de los meteoritos condriticos. Los patrones de tierras raras, vistos como los elementos traza menos solubles y relativamente inmóviles durante metamorfismo de bajo grado, meteorización y alteración hidrotermal) aún en rocas ligeramente alteradas, pueden representar en forma fidedigna la composición original de la roca parental inalterada (Rollinson, 1996). Por ello se construyeron estos diagramas de los elementos de las tierras raras.



**Figura 73.** Elementos de tierras raras normalizados y logarítmico respecto a la condrita (Sun y McDonough, 1995) en las muestras de la Monzodiorita de Farallones.

En la Figura 73 se observa que la Monzodiorita de Farallones presenta 5 muestras con patrón similar y niveles promedio de 8 a 75 condritos para los elementos livianos, de igual manera existe una muestra menos diferenciada que presenta un patrón diferente (HCP- 1840, GS 1143 y GS 1131). Esta localizada en el sector nor-oriental de la Monzodiorita de Farallones en la vereda La Alberia, quebrada La Albería. Esta última muestra una anomalía positiva de Eu, lo cual suele presentarse en la zona de exhalitas relacionadas

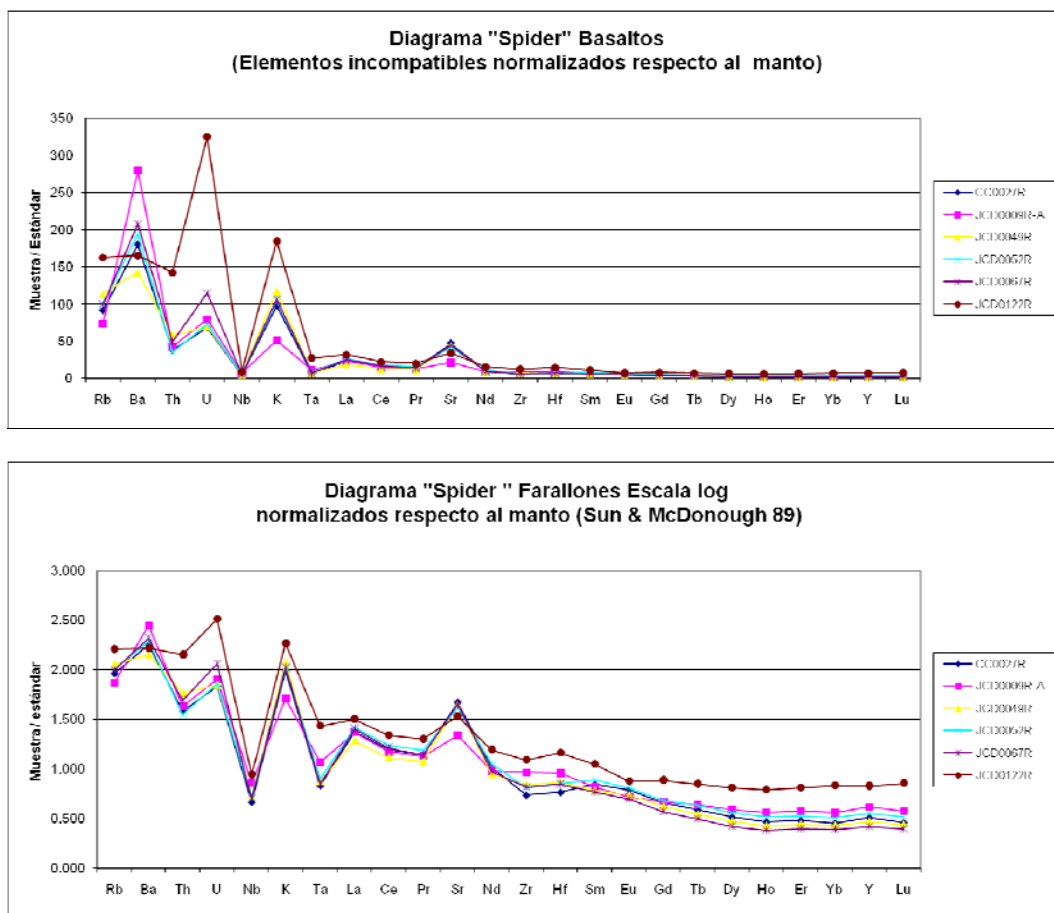


con depósitos volcanogénicos de sulfuros VMS (Gale *et. al.*, 1998). En este sector el batolito presenta una facies más básica, menos diferenciada.

#### 5.6.4 Diagramas multielemento

A continuación se presentan los diagramas multielemento normalizados respecto al manto primigenio (diagramas tipo “*spider*”) para las muestras, estos diagramas son útiles para diferenciar los ambientes tectónicos de formación y evolución de las rocas. Según Jenner (1996) la normalización contra el manto primigenio usando elementos resistentes a la alteración o inmóviles es adecuada cuando se tienen rocas alteradas.

En la Figura 74 se encuentra el diagrama tipo *spider* para los basaltos de la zona de estudio. Para normalizar los elementos incompatibles respecto al manto se tomaron los valores reportados por Sun & McDonough (1989).

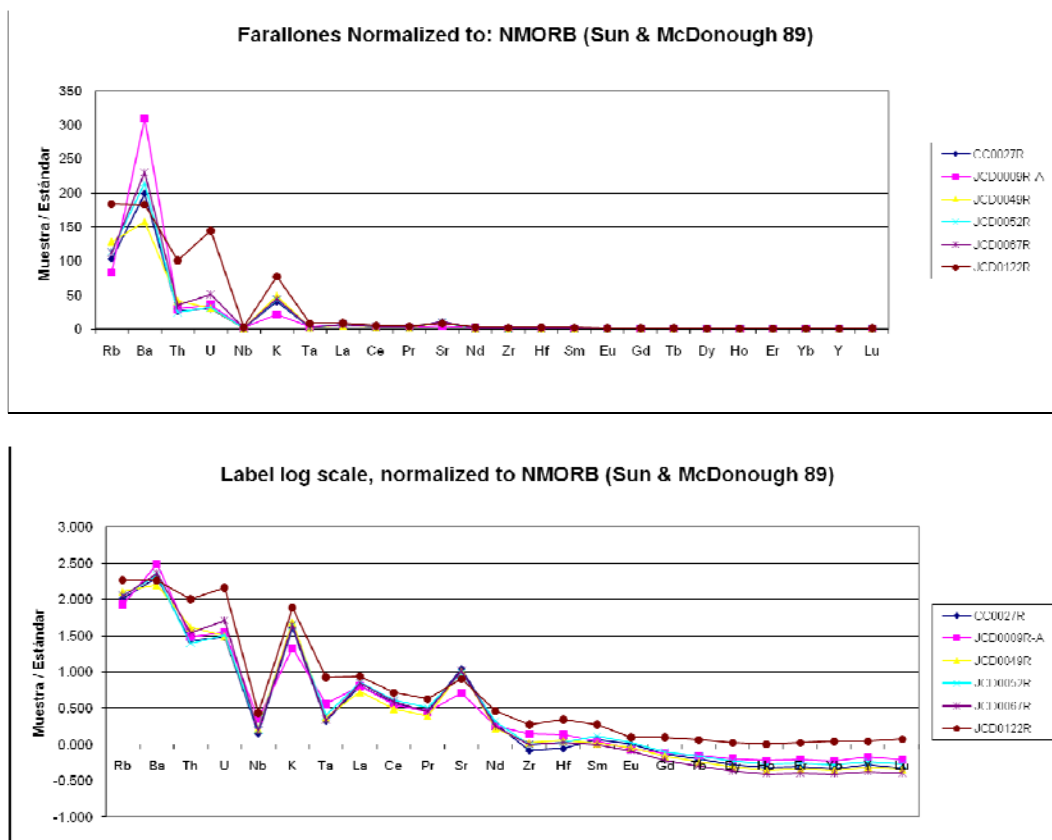


**Figura 74.** Diagrama multielemento para basaltos, normalizado respecto al manto primigenio, valores según Sun & McDonough (1989).

En este gráfico se observan contenidos bajos de Nb y Ta, relativos a los elementos de fuerza de campo iónico baja o grupo LFSE (Cs, Rb, K, Ba, Pb) y al La, que se consideran una evidencia geoquímica de arcos volcánicos.

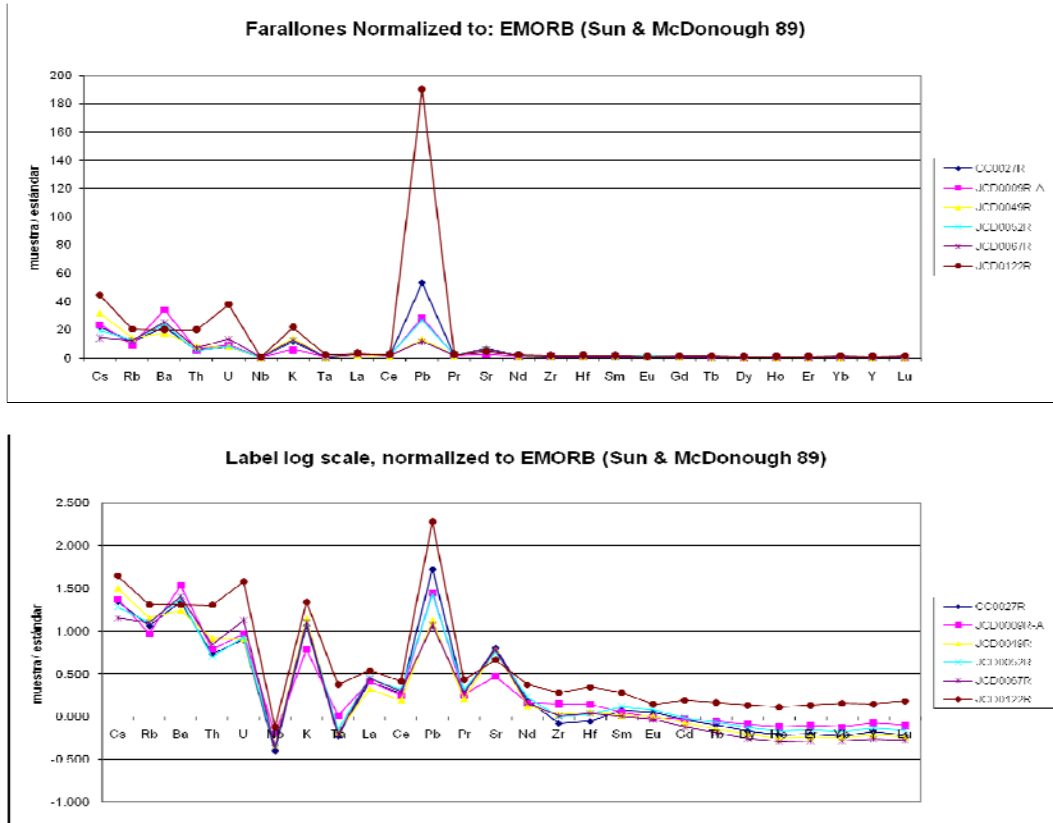
También se presenta el diagrama de elementos normalizados respecto al MORB, que según Rollinson (1996) es el más apropiado para basaltos evolucionados, andesitas y rocas de corteza, en las que el material parental se asemeja más al MORB que al manto primitivo.

La Figura 75 presenta esta gráfica para un grupo seleccionado de elementos. Según Pearce (1996) la anomalía negativa de Nb respecto a Th y Ce que se aprecia, es una característica distintiva de los basaltos de arco volcánico, entre más calco- alcalinos sean las rocas, presentan mayores valores de Nb y Zr pero el Ti e Y, conservan niveles inferiores al N-MORB.

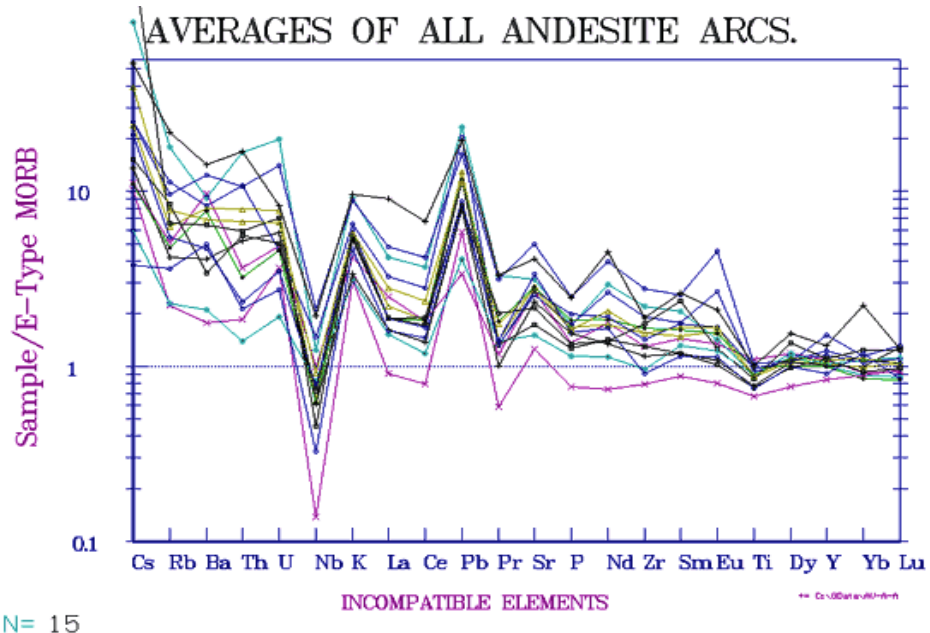


**Figura 75.** Diagrama de elementos seleccionados en basaltos, normalizados respecto al N-MORB.

Además en la Figura 76 se presenta la grafica de valores normalizados respecto a E-MORB con el fin de compararlos con los que se encuentran en la base de datos GEOROC para arcos andesíticos (Figura 77).



**Figura 76.** Diagrama multielemento para basaltos, normalizado respecto al E-MORB.



from GEORC compilations

**Figura 77.** Promedio de todos los arcos andesíticos que se encuentran en la base de datos GEORC (Gunn, 2005).

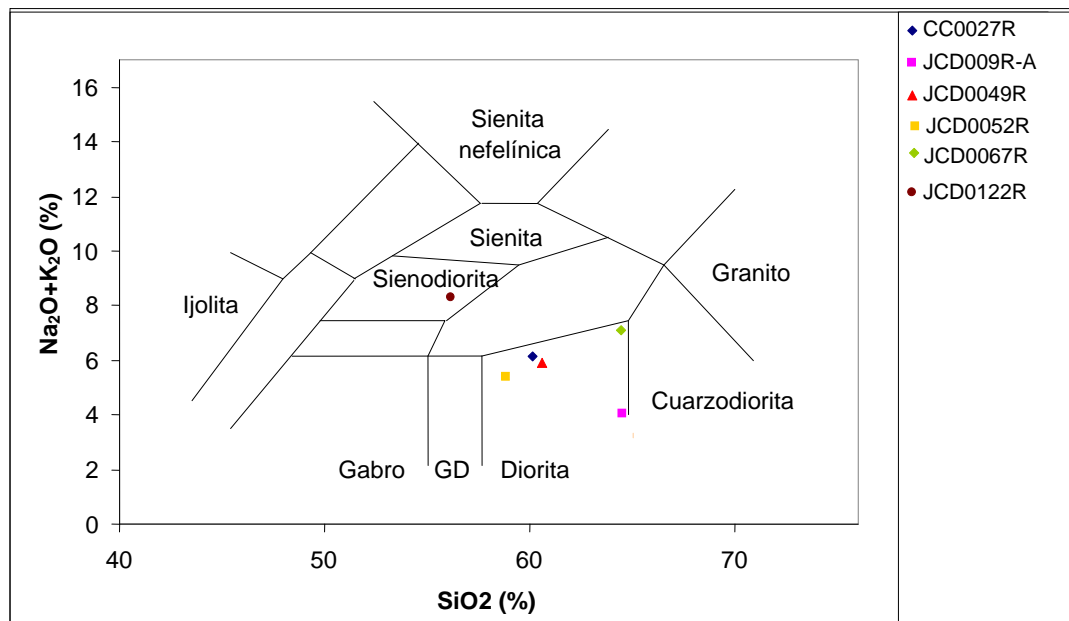
### 5.6.5 Clasificación de roca con elementos mayores y diagramas de discriminación empleando elementos traza

La clasificación química de las rocas se hizo empleando el diagrama de Cox *et al.*, (1979) adaptado por Wilson (1989) para rocas plutónicas, presentado en Rollinson (1993).

#### 5.6.5.1 Clasificación de rocas de la Monzodiorita de Farallones

El diagrama, tiene porcentaje en peso de SiO<sub>2</sub> en la abscisa y (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) en la ordenada. No comprende todos los campos que considera Streckeisen (1979), entre ellos los campos: granodiorita, monzodiorita, monzogabro y por tanto la clasificación petrográfica no coincide totalmente con la de los diagramas.

En la Figura 78 se observa que las rocas caen en los campos de sienodiorita y diorita.



**Figura 78.** Gráfica que presenta las muestras de la Monzodiorita de Farallones representadas en el diagrama de Cox *et al.*, (1979) adaptado por Wilson (1989).

Las rocas clasificadas por medio de microscopio tienen una ligera variación con respecto a la clasificación química, en los siguientes aspectos:

- Las muestras clasificadas al microscopio como granitos, tienen menos cuarzo del que se reportó bajo sección delgada y en consecuencia las rocas en el diagrama aparecen como cuarzodioritas en vez de granitos como en la descripción bajo el microscopio.
- Las rocas clasificadas como monzonitas bajo el microscopio, en el diagrama se aproximan a cuarzodioritas.

- Las monzodioritas las aproxima a dioritas o gabros.
- Las dioritas y los gabros son más consistentes en ambas clasificaciones, aunque a veces se aproximan a un campo o a otro. Se puede decir que estos campos son los que más coinciden bajo las dos clasificaciones.

#### 5.6.5.2 Discriminación de ambientes tectónicos para la Monzodiorita de Farallones empleando los elementos traza.

La discriminación de ambientes propuesta por Pearce y Cann (1971, 1973) utiliza los elementos Ti, Zr, Y y Nb, por ser los más efectivos para discriminar rocas volcánicas por ambientes tectónicos (Rollinson, 1993).

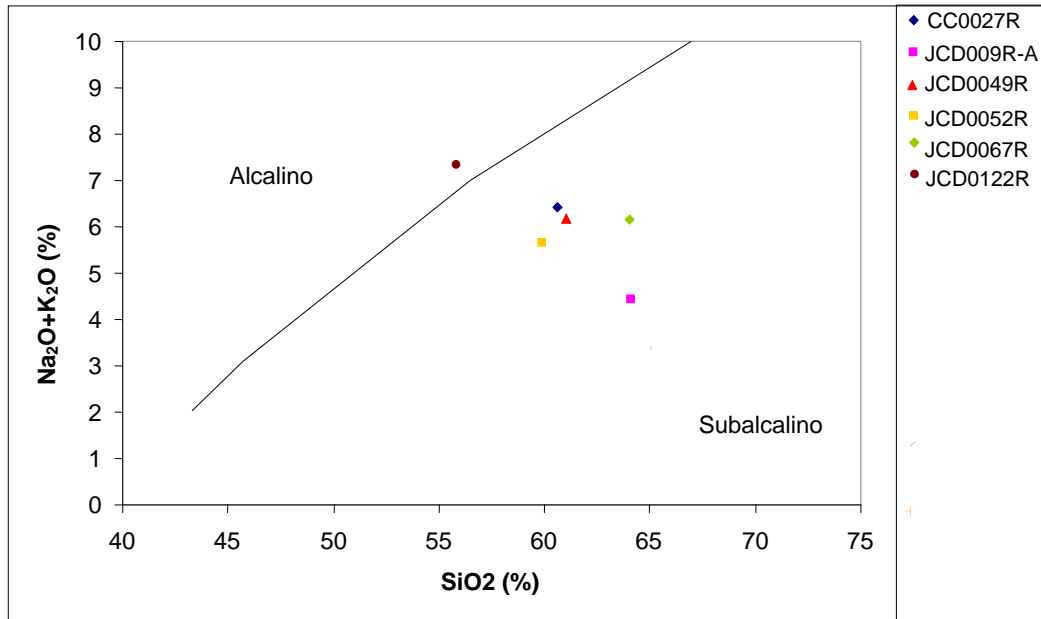
Posteriormente se extendió el uso de estos diagramas a otros tipos de rocas, por ejemplo, para granitos se usan diagramas de discriminación basados en la variación de Rb-Y-Nb y Rb-Yb-Ta.

#### 5.6.5.3 Discriminación entre Series Alcalina y Subalcalina.

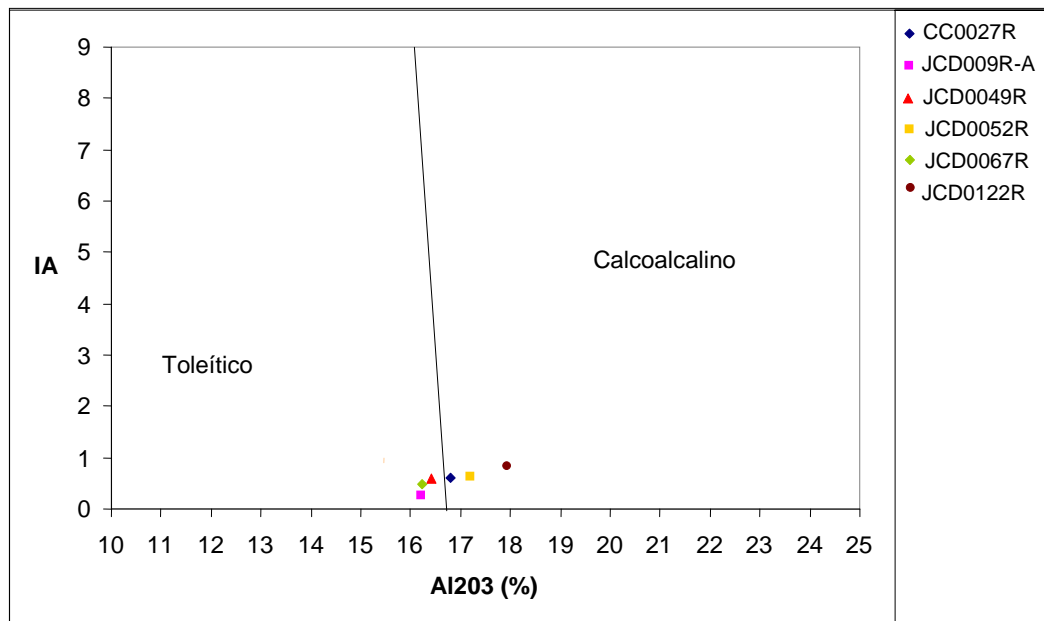
Usando el diagrama TAS (álcalis totales vs. sílice), las rocas volcánicas pueden subdividirse en dos series principales de magma: la alcalina y la subalcalina. Varios autores han compilado líneas de subdivisión del diagrama empleando datos de rocas de diferentes regiones, Irvine & Baragar (1971) lo hicieron con rocas volcánicas del Terciario. En la Figura 79, se muestran las rocas de la Monzodiorita de Farallones localizadas de acuerdo con la subdivisión encontrada por estos autores.

El diagrama  $Al_2O_3$  contra IA (índice de alcalinidad) es otro diagrama que permite, una vez determinada la tendencia subalcalina de una asociación de rocas, diferenciarlas en dos grupos denominados calcoalcalino y toleítico. El índice de alcalinidad se define a partir de los óxidos de sodio, potasio y sílice:  $IA = (Na_2O + K_2O) / (SiO_2 - 43) * 0.17$ . El 50 % de las muestras de la Monzodiorita de Farallones cayeron en el campo calcoalcalino y el otro 50% cayeron en el campo toleítico, aunque en general se encuentran muy cerca del límite entre los dos campos (Figura 80).





**Figura 79.** Muestras de la Monzodiorita de Farallones representadas en el diagrama TAS (Le Bas *et al*, 1986).



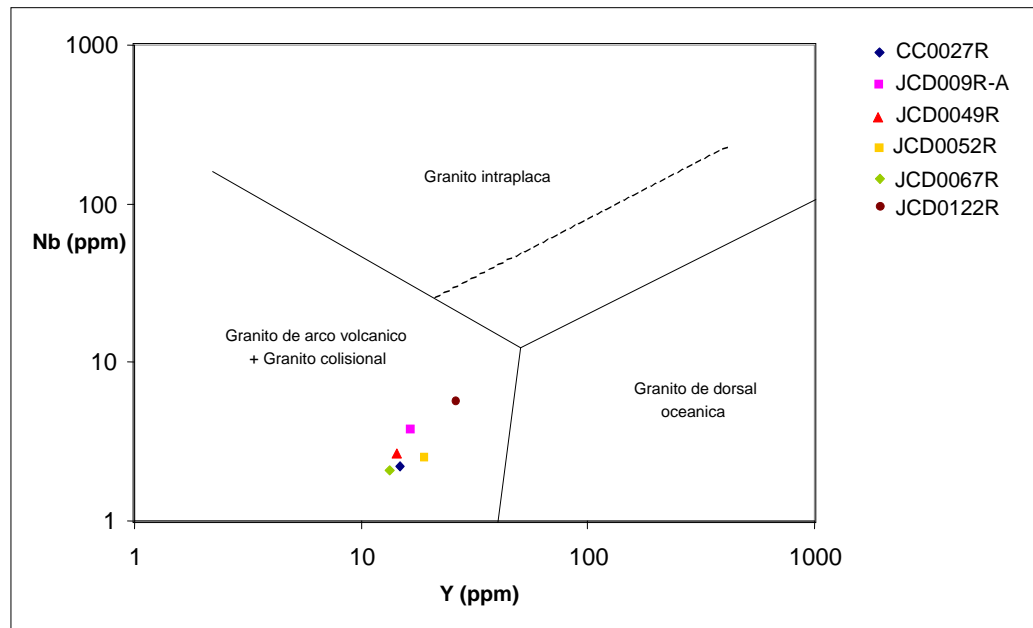
**Figura 80.** Muestras de la Monzodiorita de Farallones representadas en el diagrama de Índice de alcalinidad vs contenido de aluminio (Le Bas *et al*, 1986).

#### 5.6.5.4 Discriminación de Ambiente Tectónico

Pearce *et al.*, (1984) clasifican los granitos de acuerdo con el ambiente tectónico, así: granitos de margen oceánico (ORG) normal y anormal, margen de cuenca de retroarco y margen de cuenca antearco. Los granitos de arco volcánico (VAG) a su vez se clasifican en granitos en arcos oceánicos dominados por basaltos toleíticos, por basaltos calco-alcalinos o granitos en márgenes continentales activos. Los granitos intraplaca (WPG) en granitos en

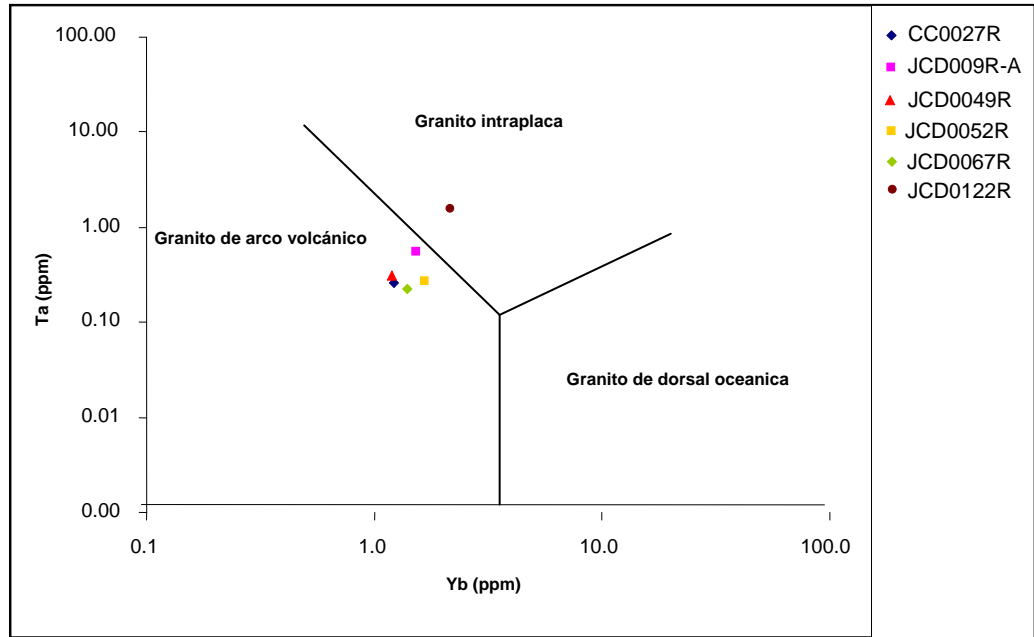
anillos complejos intracontinentales, granitos en corteza continental atenuada y granitos en islas oceánicas. Granitos de colisión (COLG) en granitos sintectónicos y postectónicos asociados con colisión continente-continente y granitos sintectónicos asociados con colisión continente - arco.

Las muestras de la Monzodiorita de Farallones se clasificaron de acuerdo con el diagrama de Pearce (1984) que incluye los campos anteriormente descritos y emplea los elementos Nb e Y, todas las muestras se ubicaron en VAG + syn-COLG, indicando que están en el campo de granitos de arcos volcánicos o granitos de colisión sintectónica, (Figura 81).



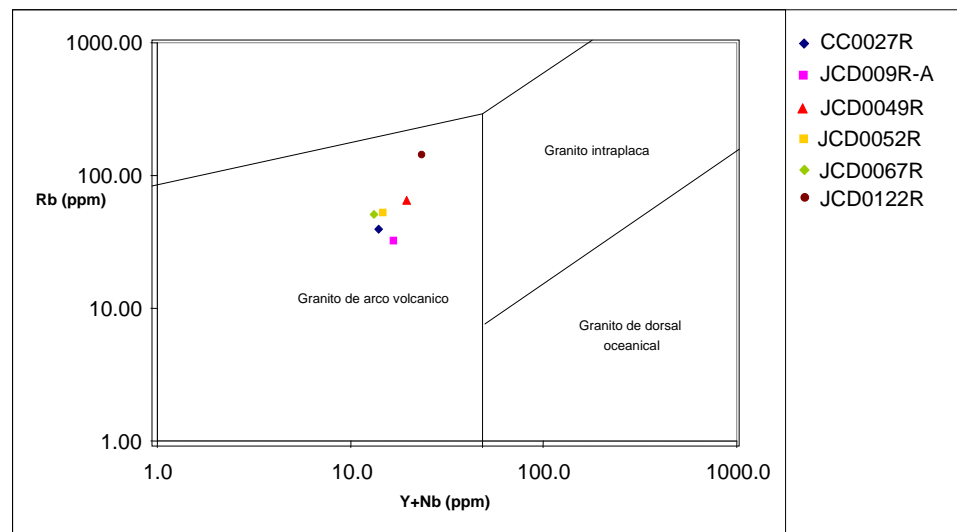
**Figura 81.** Diagrama de discriminación de Nb Vs. Y para granitos (según Pearce et al., 1984).

A continuación se empleó el diagrama de Ta vs. Yb (Figura 82) que diferencia VAG (granitos de arco volcánico) de syn-COLG. Al graficar los resultados en este diagrama, todas las muestras caen en VAG, es decir en granitos de arcos volcánicos.

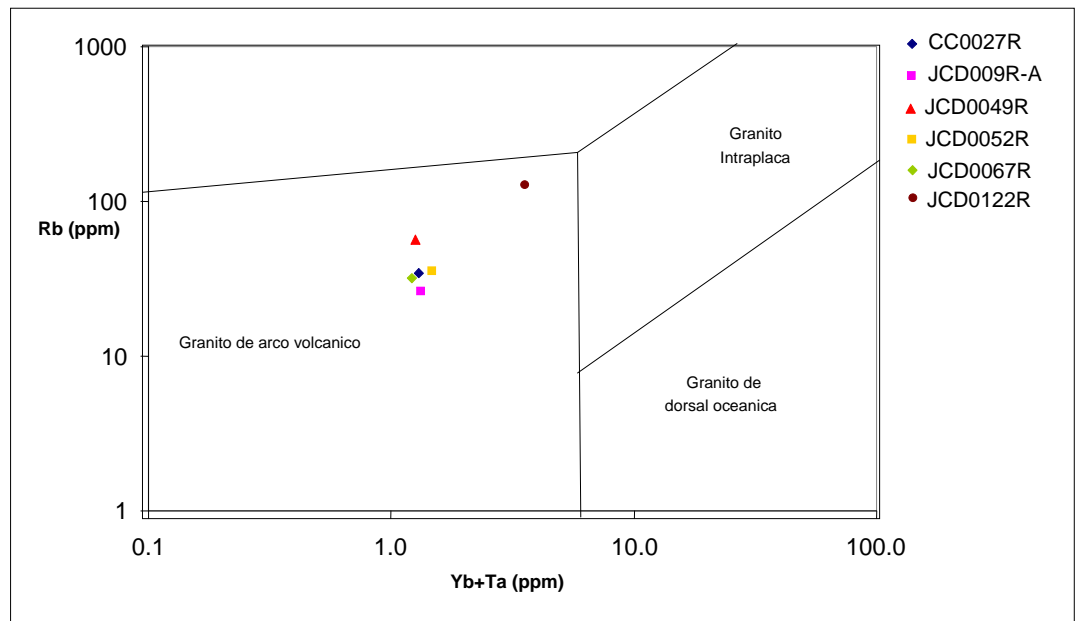


**Figura 82.** Diagrama de discriminación para granitos Ta Vs. Yb, (Pearce *et al.*, 1984).

Los elementos Rb, Y, Yb, Nb y Ta han sido seleccionados como los más eficientes para discriminar entre los diferentes tipos de granitos antes mencionados. El diagrama de Rb vs. Y+Nb que se presenta en la Figura 83, se usa para discriminar granitos sintectónicos de granitos de arco volcánico, también permite hacer una división entre granitos intra-placa y granitos de borde oceánico (Rollinson, 1993). Se observa que las muestras de la Monzodiorita de Farallones caen en el campo de granitos de arco volcánico. Lo mismo ocurre cuando se usa el diagrama Rb vs. Yb + Ta que se aprecia en la Figura 84.



**Figura 83.** Diagrama de discriminación de Rb-(Y+Nb) para granitos (Pearce *et al.*, 1984).



**Figura 84.** Diagrama de discriminación para granitos Rb vs. Yb+Ta (Pearce *et al.*, 1984).

El campo en que caen las muestras de la Monzodiorita de Farallones en los gráficos de las figuras 84 y 85 ha sido denominado por varios autores entre ellos Christiansen y Keith (1996) como de magmas silíceos tipo I, generados en zonas de subducción, los cuales presentan características geoquímicas bien definidas como alta relación entre los elementos litófilos de ión grande con los elementos de fuerza de campo alta (HFSE) y pueden tener asociados depósitos minerales importantes de Cu, Pb, Zn, Au y Ag, también depósitos tipo *Skarn* de W y en algunos casos Mo.

En conclusión, según los diagramas TAS y los diagramas Rb vs. Y+Nb y Rb vs. Yb+Ta, las muestras de la Monzodiorita de Farallones se clasifican como rocas de arco volcánico diferenciado desde toleítico hasta calcoalcalino.

### 5.6.6 Potencial mineral de la zona

Algunas de las elevaciones más pronunciadas del norte de la Cordillera Occidental Colombiana están constituidas por rocas del Mioceno conocidas como Monzodiorita de Farallones, Plutón de Tatamá y otros cuerpos menores. Varios de estos *stocks* están orientados a lo largo del eje de la Cordillera Occidental Colombiana al norte de ésta. Petrográficamente incluyen granodioritas, tonalitas, monzodioritas y algunos cuerpos de gabros y piroxenitas. Dataciones radiométricas sugieren 11 +/- 2 M.a. para estos cuerpos (Restrepo *et al.*, 1991)

Las principales minas en cercanía y dentro de la zona de son:

Mina El Roble: mineralización descubierta en la quebrada del mismo nombre, conocida desde 1943 y explotada desde 1973, las rocas encajantes son

volcánicas y sedimentarias (chert y arcillolita) del Complejo Cañasgordas del Cretáceo superior, intruidas por diques andesíticos. El ambiente es de corteza oceánica y el origen del depósito es volcanosedimentario. La alteración hidrotermal es sericita principalmente.

El área presenta rasgos estructurales regionales - fallas - de dirección NW - SE que afectan las rocas volcanosedimentarias y posiblemente la mineralización, de tal manera que los cuerpos mineralizados presentan un control estructural.

Los minerales del depósito son: calcopirita, pirita - pirrotina, oro y plata subordinada que forman cuerpos masivos del tipo sulfuros masivos, localmente interestratificados entre las capas de chert. En sitios vecinos a la mina se encuentran acumulaciones pequeñas de suelo residual con altos contenidos de hierro y sulfuros formando gossan. Los contenidos de cobre en la mina están por encima del 3%. De donde resulta que los elementos indicadores para localizar anomalías geoquímicas en el área es el Cu y Fe.

Otras manifestaciones minerales de sulfuros en el área son vetiformes: El Dorado en el río Toro afluente del río Atrato y El Socorro en la quebrada Marsella afluente del río Atrato cerca de Carmen de Atrato (Rodríguez *et al*, 1982).

Minas de Dabaibe: La Monzodiorita de Farallones (González *et al*, 2002), tiene en el borde suroccidental las minas de Dabaibe y La Argelia famosas por producción de Au y Ag. El espesor de los filones es variable, y alcanzan localmente más de un metro con dirección entre N28°E y N40°E, y buzamiento empinado al este. La mineralización está constituida por oro y plata con cantidades menores de calcopirita y galena, y muy variable de pirita y arsenopirita, en una ganga de cuarzo con algo de feldespato. Los respaldos muestran abundantes sulfuros con valores menores de Au - Ag y presentan una intensa alteración marcada por acumulación de diferentes óxidos de hierro.



## **6. GEOLOGÍA ECONÓMICA**

Los yacimientos minerales primarios se encuentran localizados hacia los bordes de los cuerpos intrusivos, donde se desarrollaron soluciones hidrotermales.

### **6.1 MINERALIZACIONES ASOCIADAS A LA MONZODIORITA DE FARALLONES**

Las mineralizaciones asociadas a este cuerpo se desarrollaron en una amplia aureola de contacto (aproximadamente 3 km) en forma de estructuras vetiformes que obedecen a un control estructural. Es, a su vez, roca huésped de mineralizaciones de oro, plata y polisulfuros. En la Figura 85, se presenta un mapa con la geología de la zona, así como la ubicación de las principales minas de la zona.

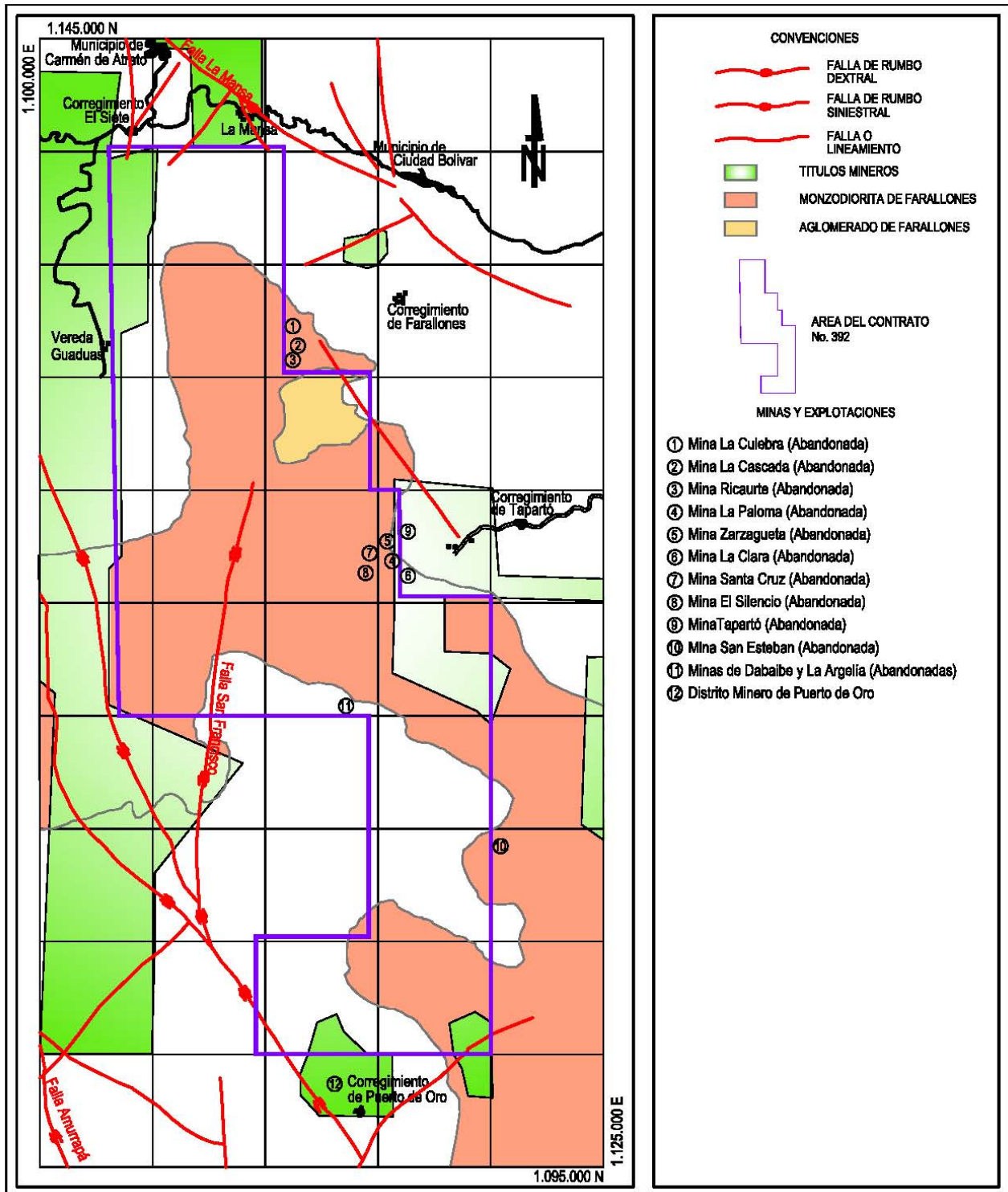
Relacionadas a esta unidad, están ubicadas al oeste del cuerpo intrusivo, las minas de Dabaibe y La Argelia. Al sur, el Distrito Minero de Puerto de Oro, al este las minas La Cucarrona y San Pablo. La información geológica básica se compiló de Escorce (1971).

De acuerdo con la información recolectada en campo, muchas de estas minas se encuentran explotadas artesanalmente por periodos indeterminados de tiempo, teniendo en cuenta la situación de orden público de la zona. La explotación de las minas ubicadas en la parte sur del área de estudio, depende en gran parte del permiso de las comunidades indígenas del resguardo Embera – Chamí, quienes no permiten el libre tránsito por sus territorios.

Las mineralizaciones se encuentran en la zona de contacto entre el Plutón de Farallones y la secuencia sedimentaria de las Litoarenitas, lodolitas y limolitas del Urrao, controladas estructuralmente y siguen zonas de cizalla de orientación N60°- N70°W, buzando entre 40°-50° hacia el este y E-W con buzamiento entre 30°- 40° hacia el norte.

Al parecer, las mineralizaciones están controladas por el sistema de lineamientos presentes de dirección N-NW. Los filones tienen espesores entre 0,10 - 1,0 m, con cuarzo como mineral de ganga. La mena está constituida por Au, Ag, pirita, calcopirita, galena, de los cuales sólo se beneficia el oro libre.

En la actualidad, sólo están en explotación dos de las minas antiguas, la de Dabaibe y las de Puerto de Oro, las cuales se explotan en forma manual y sin asistencia técnica.



**Figura 85.** Ubicación de las Minas asociadas a la Monzodiorita de Farallones.

En el Distrito Minero del Suroeste Antioqueño (Rodríguez *et al*, 1982), reportan las siguientes ocurrencias de mineralizaciones de metales base o preciosos relacionadas a rocas del Complejo Cañasgordas o de la Monzodiorita de Farallones en inmediaciones del sector de Farallones:

*Cartografía geológica y muestreo geoquímico en la parte norte de la Cordillera Occidental, Planchas 165 y 185*

En las cabeceras de la quebrada La Cascada, afluente del río Farallones se explotaron las minas La Culebra, La Cascada y Ricaurte (Rodríguez *et al*, 1982).

En las cabeceras del río Tapartó se reportan las minas abandonadas de Las Palomas, Zarzagueta, La Clara, Santa Cruz y El Silencio. En la mina Las Palomas (Figura 86), ubicada 13 kilómetros con dirección N80°W del casco urbano del municipio de Andes, existe una mineralización que contiene pirita, arsenopirita, y cuarzo en un filón de 0,25 m de espesor, dispuesto N40E/65SE y con tenor de Ag de 23,53 ppm, el cual está encajado en una diorita meteorizada perteneciente a la Monzodiorita de Farallones (Rodríguez *et al*, 1982).



**Figura 86.** Socavón de la Mina La Paloma en el extremo oriental del Bloque, Vereda la Rochela, Corregimiento de Tapartó.

En la mina abandonada Tapartó, ubicada 13,5 kilómetros al N70°W del casco urbano de Andes. La mineralización presenta pirita, calcopirita, arsenopirita, galena y cuarzo en un filón de 0,12 m de espesor, dispuesto N38°W / 80°NE y con tenores de Au de 12,73 ppm y Ag de 31,96 ppm, el cual está encajado en sedimentitas marinas del Complejo Cañasgordas (Rodríguez *et al*, 1982).

En la mina abandonada San Esteban, localizada 12 kilómetros al S62°W de la cabecera municipal de Andes y a 2.200 msnm, se explotaron dos filones de 0,25 m de espesor cada uno, dispuestos N25°E / 38°NW, mineralizados con pirita, arsenopirita, pirita y cuarzo y encajados en rocas dioríticas de la Monzodiorita de Farallones cerca al contacto con las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao. Los tenores auroargentíferos de las vetas son de 7,18 ppm de Au y 4 ppm de Ag (Rodríguez *et al*, 1982).

La Monzodiorita de Farallones (González *et al*, 2002), tiene en el borde suroccidental las minas de Dabaibe y La Argelia famosas por producción de Au y Ag. El espesor de los filones es variable, y alcanzan localmente más de un

metro con dirección entre N28°E y N40°E, y buzamiento empinado al este. La mineralización está constituida por oro y plata con cantidades menores de calcopirita y galena, y muy variable de pirita y arsenopirita, en una ganga de cuarzo con algo de feldespato. Los respaldos muestran abundantes sulfuros con valores menores de Au – Ag y presentan una intensa alteración marcada por acumulación de diferentes óxidos de hierro.

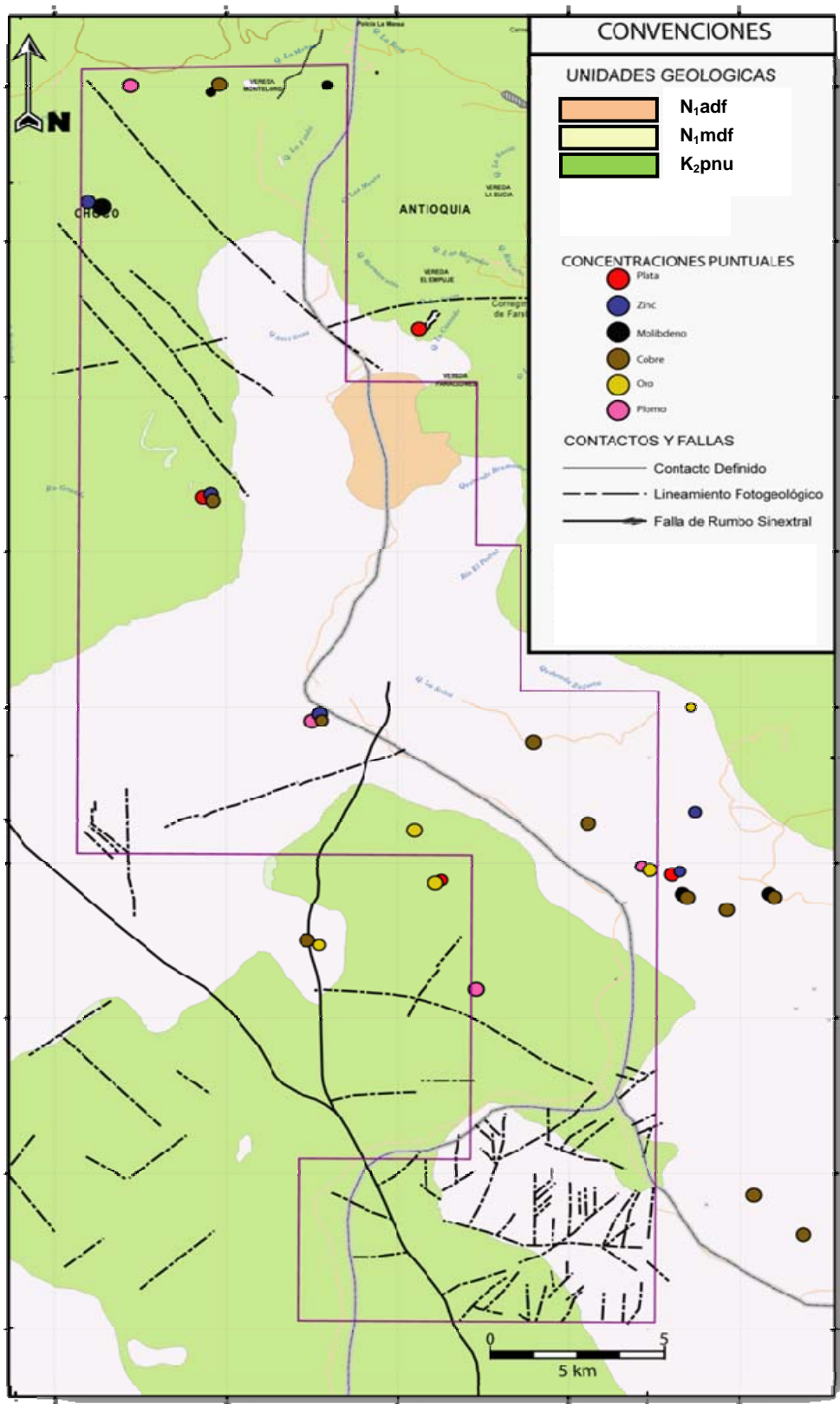
## **6.2 PERSPECTIVAS DE DEPÓSITOS**

De acuerdo con los análisis geoquímicos realizados en este trabajo, se pudo observar que las principales anomalías presentes en los mapas de concentración puntual para el oro (Au), la plata (Ag) y para el cobre (Cu), están relacionadas principalmente con antiguas minas abandonadas, pero de gran prospectabilidad, como es el caso del sector de las minas de Dabaibe en la parte central del área de trabajo, minas de Santa Cruz, Santa Teresa y La Julia, en cercanía de la quebrada El Plateado, y en el sector del río Tapartó y la quebrada La Clara en el costado este del bloque, así como otras interesantes anomalías ubicadas en cercanía del corregimiento de Farallones, en la parte norte del área (cuena de la quebrada La Arboleda) y en el sector del río Grande al oeste del área. De acuerdo con la ubicación de estas anomalías, se puede concluir que se encuentran principalmente en la parte central y en el costado este de la zona cartografiada y muestreada.

Como dato del análisis de prospectabilidad de las diferentes anomalías observadas, es importante anotar que así como existen anomalías asociadas a fluidos hidrotermales emplazadas en venas y filones ubicadas en cercanía al contacto entre la Monzodiorita de Farallones y las Litoarenitas, limolitas y lodolitas del Urrao, también se encontraron anomalías en sedimentos activos (depósitos aluviales), especialmente en el río Azul (zona centro-oeste del área de trabajo), quebrada La Clara (sector centro-este) y el río Grande (sector oeste – vereda Guaduas)

Adicionalmente a los depósitos mencionados anteriormente, los tipos de rocas que afloran en la región, son fuente de materiales de construcción, ya que de la meteorización de las rocas intrusivas resultan arenas cuarzosas; las rocas volcánicas y los chert son utilizados como material de recebo en las carreteras; las areniscas y conglomerados de las formaciones sedimentarias son una fuente de material de construcción hasta ahora no explotado debido al escaso desarrollo urbano en esta región, no obstante deben tenerse en cuenta a futuro (Figura 87).





**Figura 87.** Ubicación de las concentraciones puntuales de los elementos en el área.



## **7. AMENAZAS NATURALES**

El tema de las amenazas naturales en Colombia es de gran importancia por sus consecuencias tanto humanas como económicas (Hermenlin, 2005). Entre los factores que contribuyen a esa situación está la localización geográfica del país ya que Colombia es una nación andina, compuesta por montañas altas, tectónicamente activas y con manifestaciones volcánicas. Además, su ubicación ecuatorial le depara una gran variedad de climas y zonas con altas precipitaciones, como en el área de estudio, lo que ayuda a crear amenazas naturales adicionales.

La distribución de amenazas naturales tales como las inundaciones, avenidas torrenciales y fenómenos de remoción en masa, se encuentran generalmente por fuera del área de trabajo, aunque la generación de éstas sea producto de fenómenos asociados dentro del bloque.

### **7.1 MOVIMIENTOS POR REMOCIÓN EN MASA.**

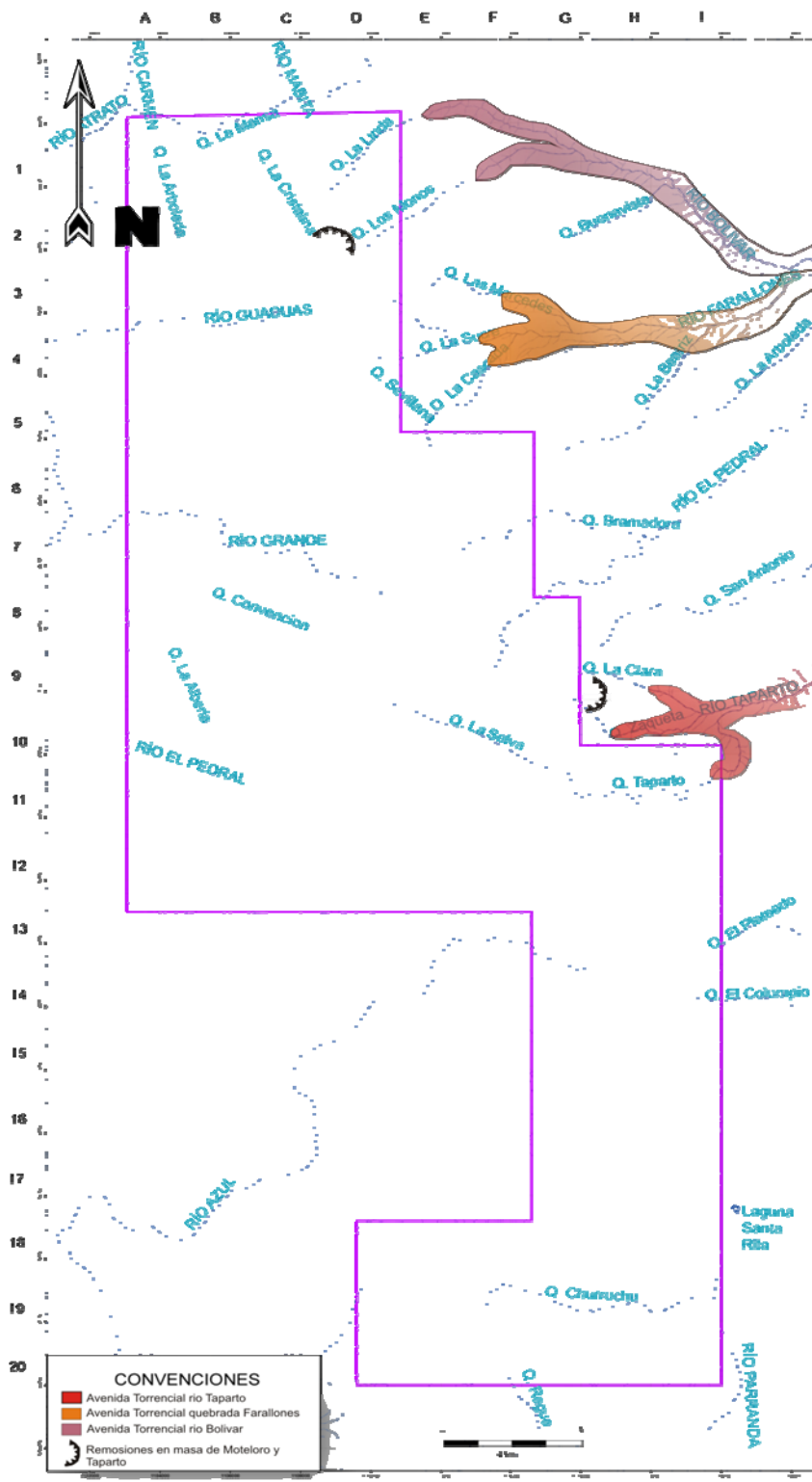
La mayor cantidad de remisiones en masa está concentrada al norte del área en la vereda Monteloro y en el municipio de Tapartó. Esto es claramente explicable, ya que los municipios en estas regiones se encuentran ubicados en lugares con una topografía abrupta poco estable y perfiles muy profundos de roca saprolitizada (Figuras 88 y 89).



**Figura 88.** Fenómeno de remoción en masa en la parte alta de la vereda Monteloro.

### **7.2 AVENIDAS TORRENCIALES**

Las avenidas torrenciales se presentan con mayor frecuencia en las vertientes de ambos flancos de la cordillera debido a la alta pluviosidad, topografía abrupta y los altos perfiles longitudinales de sus cauces entre otros. Principalmente se observan en el río Tapartó poniendo en riesgo el municipio del mismo nombre, la quebrada Farallones amenazando el corregimiento de Farallones y en las quebradas Monos y Linda poniendo en riesgo el municipio de Ciudad Bolívar. (Figura 89).



**Figura 89.** Mapa de localización de los principales fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales encontradas en campo.

### **7.3 EROSIÓN**

Debido a las altas precipitaciones presentes en el área de estudio (precipitación media anual entre 4.000 y 6.000 mm), por la baja cantidad de brillo solar, así como la alta nubosidad, se presenta un desbalance hídrico, con exceso de humedad en los suelos, asentado por la tala de bosques, los cuales tienen una doble función: retienen humedad y descargan las nubes. Sin cobertura vegetal, las escorrentías van a las quebradas de inmediato, son breves los tiempos de concentración de aguas y enormes los caudales de los torrentes. Así, la erosión de los cauces de montaña resulta inminente este fenómeno se identifica en el área al costado oriental de la cordillera donde la abundancia de cultivos y de asentamientos humanos genera la deforestación que ocasiona este fenómeno.

### **7.4 ZONAS DE AMENAZAS SÍSMICAS**

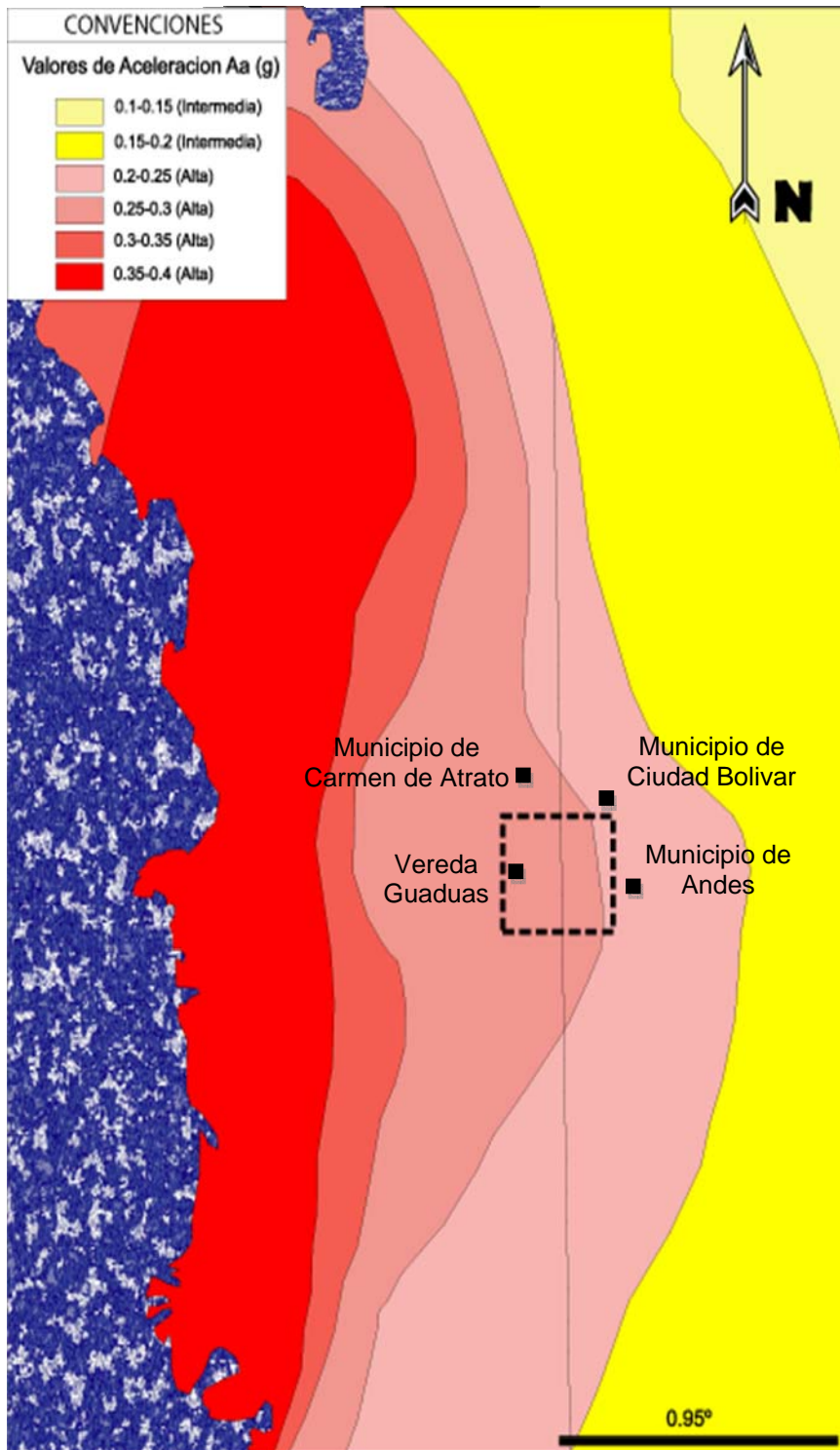
Los sismos están ubicados en el valle del Atrato y las vertientes occidental y oriental de la Cordillera Occidental, consideradas como zona de amenaza sísmica alta con aceleraciones entre 0,2 y 0,3g, según las normas colombianas de diseño y construcción sísmo resistente de 1998.

La zona de trabajo se encuentra en zona de amenaza sísmica alta. Como se puede observar en la Figura 90.

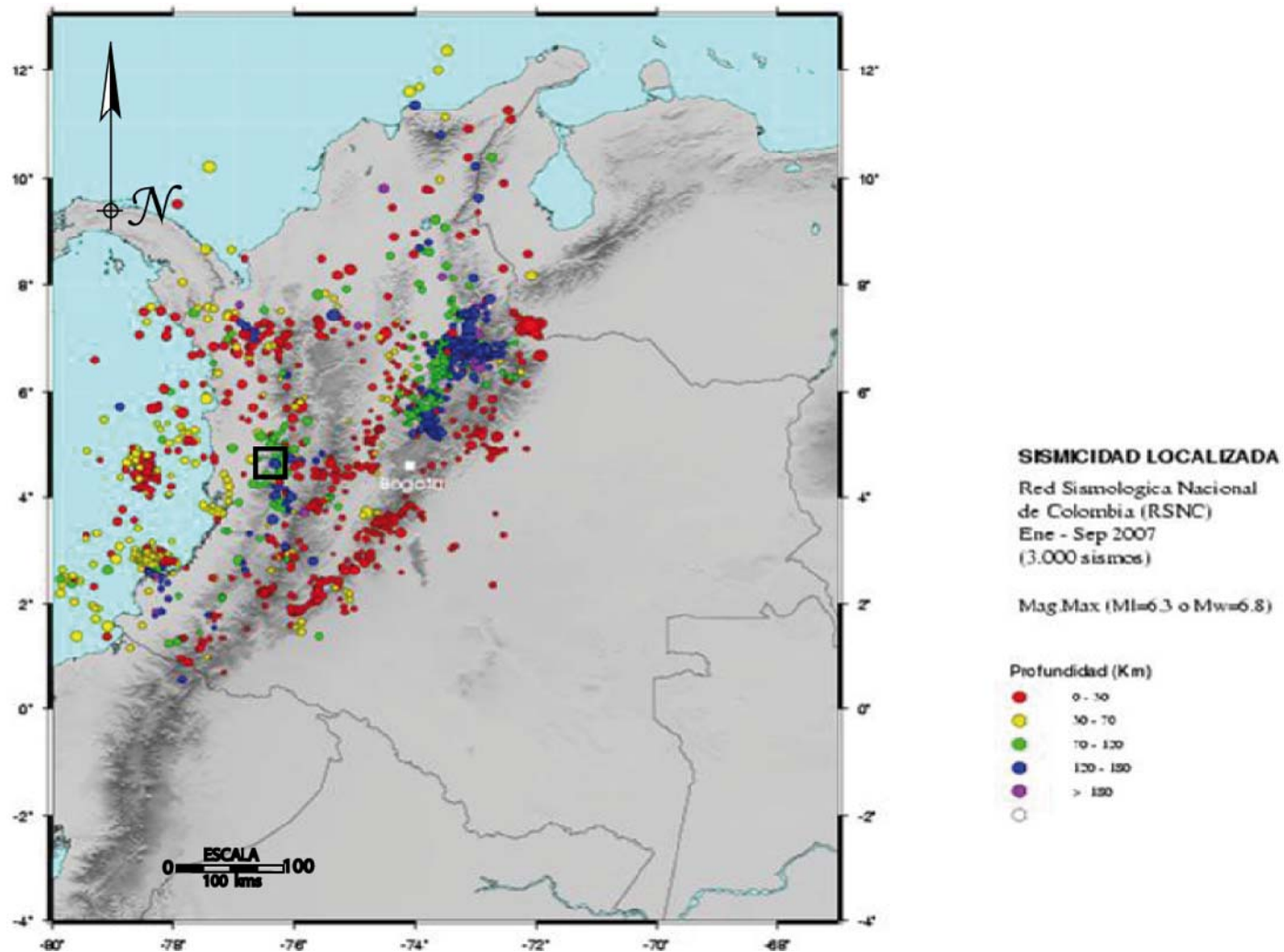
La amenaza sísmica se define como la probabilidad de que un parámetro como la aceleración, la velocidad o el desplazamiento del terreno producido por un sismo, supere o iguale un nivel de referencia.

Zona de Amenaza Sísmica Alta: definida para aquellas regiones donde se esperan temblores muy fuertes con valores de aceleración pico efectiva mayor de 0.20g. El sector oeste queda incluido en la zona de amenaza sísmica alta. ([www.ingeominas.com](http://www.ingeominas.com))

Por otra parte se puede observar en la Figura 91 los epicentros de sismos registrados por INGEOMINAS entre los meses de enero y septiembre del año 2007, donde el área de trabajo se encuentra afectada por gran cantidad de éstos; cuya profundidad varía entre 70 y 150 kilómetros, indicando así gran actividad sísmica; además también se detalla que el área está rodeada por varios focos sísmicos que al Este son más profundos y al Oeste son más someros.



**Figura 90.** Mapa de amenaza Sísmica de Colombia, el área se encuentra en el rectángulo punteado negro. (Mapa tomado de [www.ingegominas.gov.co](http://www.ingegominas.gov.co)).



**Figura 91.** Mapa de Focos Sísmicos de Colombia. El área se encuentra en el rectángulo punteado negro. (Mapa tomado de [www.ingeo-minas.gov.co](http://www.ingeo-minas.gov.co)).



## **8. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA**

Para explicar la evolución geológica del área es necesario conocer la evolución tectónica de la Cordillera Occidental, cuyo levantamiento ha sido discutido por un sin número de autores que describen de manera detallada los principales rasgos geotectónicos en los que se desarrolló una amplia zona del país, la cual se extiende, a lo largo de más de 850km, desde Punta Ardita, en la frontera con Panamá, hasta el río Mataje, en la frontera con Ecuador, y desde la cresta de la Cordillera Occidental (el Nudo de Los Pastos en la Cuenca del Patía) hasta la zona litoral del Pacífico, donde se describen los procesos llevados a cabo en la zona y que generaron la orogenia andina, específicamente en la parte norte de Suramérica, sin embargo, en este capítulo se explicará de manera general dichos eventos, con el fin de llegar a conclusiones locales en el polígono de estudio (Figura 92).

Según Toussaint & Restrepo (1988) la Cordillera Occidental está constituida por rocas de ambiente oceánico del Cretácico, adosadas a la Cordillera Central a lo largo de la sutura representada por el sistema de fallas Romeral, durante el Cretácico Tardío, sin embargo, Galvis y Mojica (1993) mencionan que la falla del río Cauca es la que separa los dominios de corteza oceánica al occidente y corteza continental, o siálica, al oriente, por tal razón posteriormente se adoptó el hecho de que en este sistema pueden considerarse dos subsistemas: el denominado Silvia – Pijao, que define el límite occidental de los esquistos paleozoicos del Complejo Cajamarca y el Cauca – Almaguer, que define el límite occidental de los esquistos de media alta presión mesozoicos del Complejo Arquía.

Esta zona de falla está compuesta por fallas subparalelas anastomosadas. Las diferentes fallas tienen longitud variable, desde unos pocos metros a más de 50km, pero en conjunto se interpreta como una zona de sutura del Cretácico Inferior.

Esta sutura está generada por la colisión de la Placa de Nazca, con la Placa Suramericana, donde se desarrolló una zona de subducción que marca el límite de la Cordillera Occidental y Central, la cual fue migrando hacia el occidente, en la actualidad representada por la falla de Utría

La Cordillera Occidental se originó de la actividad orogénica entre el Cretáceo y el Terciario, donde por el choque de las placas anteriormente mencionadas, la placa oceánica (Nazca) inició una subducción bajo la continental (placa Suramericana), evidencia de esto son los lineamientos N-NW, N-NE y N-S, que en algunos casos hacen parte de fallas de cabalgamiento, y de fallas de rumbo a nivel regional (Galvis 2001).

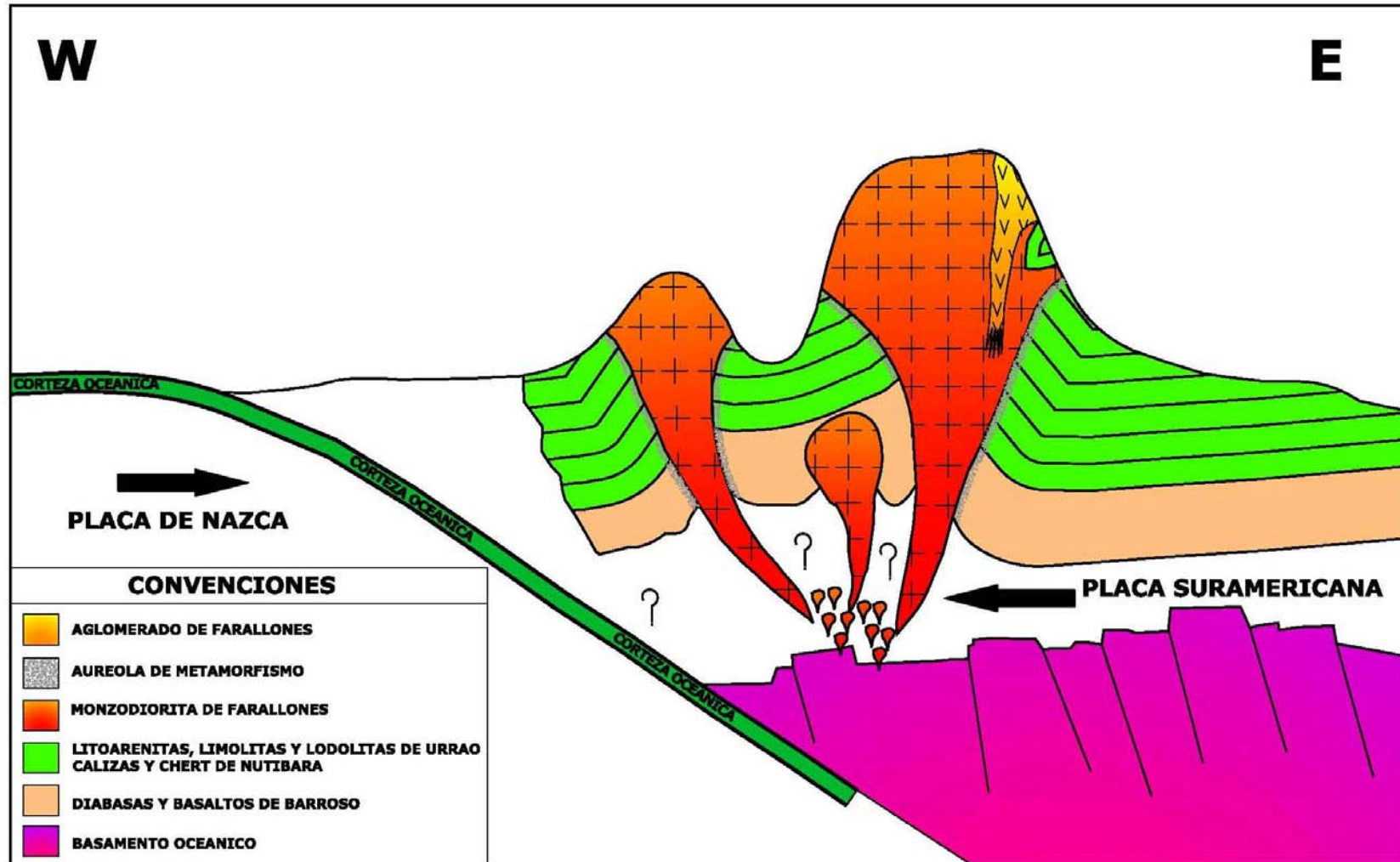


Figura 92. Modelo de Evolución Geológica en el área.

La continua subducción generó fusión parcial de los materiales, los cuales se acumularon en cámaras donde ascendió el magma y generó el vulcanismo lineal terciario descrito por Galvis (1993), que en la zona se manifiesta con el intrusivo denominado Monzodiorita de Farallones y el posible cuello volcánico descrito en este trabajo como Aglomerado de Farallones.

Para el bloque específico se encuentran rocas del Cretácico inferior representadas por El Complejo Cañasgordas de las cuales se observa el Bloque de diabasas y basaltos de Barroso de origen volcánico así como las unidades de Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao y las Chert y calizas de Nutibara de origen sedimentario.

La unidad de Diabasas y basaltos de Barroso fue caracterizada por Nivia (1992) como originada en un “plateau” oceánico probablemente el del Caribe ubicado en una posición más suroccidental con respecto a las placas Suramericana y Norteamericana, cuyo emplazamiento tuvo lugar hace más de 39Ma en sentido NNE y en el intervalo entre 39 -9Ma en sentido W – E.

Galvis (2001) indica a diferencia de Nivia que la unidad fue originada por vulcanismo afín con un arco insular principalmente basáltico toleítico, que posteriormente desarrolló metamorfismo de bajo grado de fondo oceánico evidenciado por la presencia de prehnita-pumpellyta desarrolladas a partir de plagioclasa cálcica y prehnita en venas (González, 2001); posteriormente estas rocas fueron cubiertas por sedimentos turbidíticos como son los de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, caracterizados por una espesa secuencia de sedimentos tipos flysh en los que adicionalmente se intercalan conglomerados, así como con las Chert y calizas de Nutibara, depositadas en ambientes de transición entre llanuras abisales y talud continental (Hoyos 1990),

Estos sedimentos están fuertemente plegados y fracturados, producto del continuo movimiento tectónico que afecta el pacífico colombiano.

Posteriormente debido al emplazamiento de la Monzodiorita de Farallones de edad Mioceno ( $\pm 11$  Ma), generada por la fusión parcial de corteza oceánica y parte inferior de corteza continental, producto de la subducción de la placa de Nazca bajo la Placa de Suramerica, las rocas sedimentarias fueron expuestas a temperaturas de hasta 850°C produciendo una aureola de contacto, en la que se encuentran cornubianitas sobre las rocas de grano fino de las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, esta aureola puede alcanzar los 2.000m de espesor, alrededor del cuerpo intrusivo.

Este cuerpo intrusivo está relacionado genéticamente con los stocks monzodioríticos y dioríticos de los límites de Chocó - Antioquía entre los



municipios de Urrao y Frontino, los cuales hacen parte del ciclo magmático de Mioceno tardío que tiene gran riqueza en elementos de grupo del oro.

Dentro del marco del estudio realizado por UT-AGS-GE, se describen unos depósitos de tipo volcánico en las partes mas altas de los cerros Farallones y San Fernando, observándose tobas y aglomerados de composición intermedia en los que se identifican clastos angulares de sedimentitas silíceas, por lo anterior y por su posición estratigráfica discordante con las unidades sedimentarias cretácicas, este depósito es interpretado en este informe como un cuello volcánico antiguo, emplazado posteriormente a la Monzodiorita de Farallones de edad post-Mioceno, que parece evidenciar una fase tardía de la intrusión en el que se desarrollaron edificios volcánicos producto de la expulsión de magma a través de fracturas y zonas de debilidad de la roca encajante.

## 9. CONCLUSIONES

- Para el bloque específico se encuentran rocas del Cretácico inferior representadas por el Complejo Cañasgordas de las cuales se observan las unidades de Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao y Chert y calizas de Nutibara de origen sedimentario. Las rocas de origen intrusivo, denominadas como Monzodiorita de Farallones son de edad Mioceno. También se cartografiaron rocas volcánicas post-miocenas, denominadas en este trabajo como Aglomerado de Farallones.
- La Monzodiorita de Farallones es un cuerpo epizonal generado en un ambiente geotectónico de convergencia de placas, cuyo emplazamiento en el eje de la Cordillera Occidental fue favorecido principalmente por la presencia de fracturas longitudinales, de ahí su forma elongada en esta dirección.
- Los fluidos mineralizantes que acompañaron toda la actividad magmática en el sector de farallones se localizan preferencialmente dentro del mismo cuerpo ígneo o se encajan dentro de las sedimentitas del Complejo Cañasgordas, cerca de la zona de contacto con la Monzodiorita de Farallones.
- Las rocas de la Monzodiorita de Farallones son la principal fuente de generación de los sedimentos finos colectados en las diferentes cuencas del área de trabajo. De igual manera se tomaron muestras sobre las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao.
- El sector del Cerro de Farallones esta compuesto principalmente por rocas volcánicas de tipo aglomerado, según los análisis petrográficos realizados a las muestras de campo. Esta unidad geológica se denomina en este trabajo como Aglomerado de Farallones, puede ser un antiguo cuello volcánico, emplazado posteriormente a la Monzodiorita de Farallones (Post-Mioceno).
- Debido a la espesa cobertura vegetal existente, la alta deformación estructural y los plegamientos menores existentes en toda la secuencia cretácica, la relación estratigráfica entre el Chert y calizas de Nutibara y las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao es difícil de observar en campo.
- En el área existe una zona con un componente de cizalla simple evidenciado por las múltiples fallas de rumbo sinéstrales que rigen en la zona con una tendencia NNW-SSE y un sistema secundario con dirección



NE-SW de componente sinistral siendo estos parte de un sistema de relevo del sistema N-NW.

- Dentro del bloque y con ayuda de la fotogeología se identificaron rasgos marcados como lineamientos que presentan tres direcciones preferenciales: N-NW, N-NE, N-S. Las estructuras de dirección N-NW son las más antiguas y están desplazadas por el sistema N-NE; a ellas están relacionadas las mineralizaciones de oro, plata, cobre, plomo y zinc de las minas Santa Cruz, La Soledad, La Tulia, La Misericordia, La Sombra, Santa Helena, San Esteban, La Alejandria, el Julio, La Paz, La Varonesa, y La Lorena.
- De acuerdo con los análisis geoquímicos realizados en este trabajo, se observó que las principales anomalías para el oro (Au), la plata (Ag) y para el cobre (Cu), están relacionadas con antiguas minas abandonadas, pero de gran prospectabilidad, como son las minas de Dabaibe, minas de Santa Cruz, Santa Teresa y La Julia, en cercanía de la quebrada El Plateado, y en el sector del río Tapartó y la quebrada La Clara. Según la ubicación de estas anomalías, se concluye que se encuentran principalmente en la parte central y en el costado este de la zona cartografiada y muestreada. De igual manera para la plata (Ag) y para el cobre (Cu) se tienen interesantes anomalías ubicadas en cercanía del corregimiento de Farallones, en la parte norte del área (cuenca de la quebrada La Arboleda) y en el sector del río Grande al oeste del área.
- En general en la zona de estudio se presentan anomalías de oro, cobre y plomo. El oro tiene valores anómalos en los afluentes río Azul (1.300 – 1.400 ppb) donde se presenta actividad minera y en la quebrada La Clara (3.692 ppb). El cobre presenta valores anómalos en el afluente del río Hábita (159 – 172 ppm) y en las limolitas mineralizadas del afluente de la quebrada La Arboleda (150 – 160 ppm). El plomo tiene valores anómalos en el sur el área, en el sector del Cerro Paramillo (47 ppm) con una media de 33 ppm; en este mismo sitio se presentan anomalías de antimonio (14 ppm).
- Como dato del análisis de prospectabilidad de las diferentes anomalías observadas, es importante anotar que así como existen anomalías asociadas a fluidos hidrotermales emplazadas en venas y filones ubicadas en cercanía al contacto entre la Monzodiorita de Farallones y las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao, también se encontraron anomalías en sedimentos activos (depósitos aluviales), especialmente en el río Azul (zona centro-oeste del área de trabajo), quebrada La Clara (sector centro-este) y el río Grande (sector oeste – vereda Guaduas), a manera de depósitos de placer.
- Se observa que en las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao existen valores anómalos para los elementos Ag, As, Au, Bi, Mg, Mn, Ti, Cd, Co,

Cr, Cu, K, La, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, S, Se, Sr, Ti, Tl, W y Zn. Esta unidad está enriquecida además por Fe, Au, Ba, Cr, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, V y Te. El magnesio tiene valores anómalos de 2,61 y 2,01 ppm (afluente quebrada Convención). El cobre presenta valores anómalos en el afluente del río Hábita (159 – 172 ppm) y en las limolitas mineralizadas del afluente de la quebrada La Arboleda (150 – 160 ppm). El plomo está presente con altas concentraciones en el mismo afluente del río Hábita (30 ppm) a partir de una media de 9,5 ppm. En estas litoarenitas se presentan también valores anómalos de manganeso (2.149 – 2.202 ppm), titanio (valor máximo 0,57 ppm con una media de 0,17 ppm), cobalto (valor máximo 73 ppm con una media de 18 ppm). El zinc tiene valores anómalos (250 - 407 ppm) en las arenitas de la vereda La Arboleda en el afluente de la quebrada con el mismo nombre. Otros valores extremos se presentan en los afluentes del río Grande (204 ppm) y en la quebrada Convención (199 ppm). La media para este elemento fue de 132 ppm. La plata presenta resultados anómalos en la quebrada La Cascada (1,9 ppm) con una media de 0,26 ppm. El oro tiene valores anómalos en los afluentes río Azul (1300 - 1400 ppb) donde se presenta actividad minera y en la quebrada La Clara (3,692 ppb). El cromo está presente con valores extremos en el sur, en el Cerro Paramillo (1160 ppm) a partir de una media de 227 ppm. El molibdeno tiene valores anómalos en un afluente de la quebrada La Clara (16 ppm) y en la quebrada El Plateado (13 ppm) cuya media es de 3,32 ppm. El sodio presenta los valores anómalos en el norte de la Reserva de Caramanta (0,35 ppm) y en afluente río Tapartó (0,22 ppm). En el norte de la Reserva de Caramanta hay valores altos (no extremos) de antimonio (12 ppm). En el caso del níquel, su máximo se presenta en la Vereda Andágueda (236 ppm) en este mismo sitio se existen también valores altos de plomo (34 ppm) cuya media es de 8,27 ppm.

- En la Monzodiorita de Farallones se observa que existen valores anómalos para los elementos Ag, Bi, Co, Cu, K, Mg, Pb y Ti. Hay enriquecimiento de los elementos Mg, Ca, Ti, Mn, Ag, As, Co, Cu, La, P, S, Sr, Tl, Zn y Al. Algunos elementos están fuertemente concentrados alrededor de un valor cercano a su media como por ejemplo la plata (0,2 ppm); bismuto (5 ppm); cadmio (1 ppm); selenio (5 ppm); antimonio (5 ppm); tulio (5 ppm) y el mercurio (1 ppm), por lo cual estos elementos no registran variaciones bruscas en su concentración en este batolito. El hierro presenta los valores anómalos en los afluentes del río Tapartó (8,13 - 14,19 ppm) con una media de 3,8 ppm, y en la quebrada Paloblanco (7,58 ppm). En esta misma cuenca se presentan los valores anómalos de vanadio (516 ppm) con una media de 107 ppm; telurio (12 ppm) con una media de 2,06 ppm y estaño (11 ppm) con una media de 7,8 ppm. En el caso del bario, su máximo se presenta en el afluente río Grande (1019 – 1378 ppm con una media de 184 ppm) en la vereda Guaduas. En esta misma cuenca hay anomalías de cadmio (2 ppm) a partir de una media de

0,8 ppm. Para el aluminio su valor máximo es de 5,48 ppm con una media de 2,23 ppm.

- Se efectuaron cálculos de correlación entre los elementos utilizando el coeficiente de correlación rho de Pearson, y el coeficiente tau-b de Kendall con sus niveles de significancia y se generaron los siguientes grupos de factores multielemento Grupo 1: Sr – Cr; Grupo 2: Ba – Mn; Grupo 3: Bi – Cd – Sn – Sb; Grupo 4: Se – W. En los mapas se observa que para el grupo 1 (Sr – Cr) una zona de enriquecimiento en los afluentes del río Tapartó en la misma cuenca donde hay enriquecimientos de sodio, hierro, vanadio, telurio y estaño. En esta misma zona se observa el enriquecimiento factorial del grupo 3 (Bi – Cd – Sn – Sb). Para el grupo 2 (Ba – Mn) hay un enriquecimiento de estos factores en las Litoarenitas, limolitas y lodolitas de Urrao en el afluente de la quebrada La Arboleda, y en la Monzodiorita de Farallones en el afluente del río Grande. El grupo 4 (Se – W) está enriquecido en el afluente de la quebrada Santa Clara (vereda la Rochela), en el mismo lugar donde se observan mineralizaciones de oro.
- La presencia de comunidades con minorías étnicas (resguardo indígena Unificado Chamí en el sector de la quebrada Churruchú y resguardo indígena Andágeda en las cuencas del río Pedral y la quebrada La Alberia), las cuales son celosas con su territorio y desconfían de las personas que llegan a realizar labores de investigación, negando el libre tránsito de los profesionales, lo cual dificultó la elaboración de los trabajos de campo en estos sectores. De igual manera, la presencia de grupos armados al margen de la ley en varios sectores del área de trabajo también retrasó las labores (campos minados y campamentos en el sector de la vereda Guaduas, Municipio de Carmen de Atrato y campamentos en cercanía a las minas de Dabaibe).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVAREZ, J. A., 1971. Informe preliminar de la geología y la geoquímica de la Cordillera Occidental. INGEOMINAS, informe 1761, 347 p., Medellín.
- ALVAREZ, E. y GONZÁLEZ, H., 1978. Geología y Geoquímica del Cuadrángulo I-7, Urrao. INGEOMINAS, Informe No. 1761, 370p, Medellín.
- BARRERO, D., 1979. Geology of the Central Western Cordillera, west of Buga and Roldanillo, Colombia. INGEOMINAS, Publi. Geol. Esp., 4:1 – 75. Bogotá.
- BONI, OTAVIO A., 1998. Prospecção geoquímica: Princípios, métodos e métodos. Serviço Geológico do Brasil- CPRM. Rio de Janeiro, 236 p.
- BOTERO, G., 1975. Edades radiométricas de algunos plutones colombianos. Rev. Minería, 27 (168 – 179): 8336 -8342. Medellín.
- BOURGOIS, J., et al. 1982. Ages et structures des complexes basiques et ultrabasiques de la façade Pacifique entre 3° N et 12° N (Colombie, Panama et Costa Rica). Bull. Soc. Geol.. France.
- CALLE, B. Y SALINAS, R., 1986. Geología y Geoquímica de la Plancha 165 Carmen de Atrato. INGEOMINAS, Informe 1967, 140 p., Bogotá.
- CASE, J., E., DURÁN, L., LÓPEZ, A. Y MOORE, W.,R., 1971. Tectonic Investigations in Western Colombia and Eastern Panamá. Geological Society American Bulletin, 82: 2685-2712.
- COX, K.G., BELL, J.D., PANKHURST, R.J., 1979. The interpretation of igneous rocks. Georger Allen and Unwin, London.
- CHRISTIANSEN, E.H. Keith, J.D. 1996. Trace element systematics in silicic magmas: a metallogenic perspective, en Wyman, D.A. ed., Trace element geochemistry of volcanic rocks: Applications for massive sulphide exploration. Geological Association of Canada, Short Course Notes, v. 12 p. 115-151
- DUQUE-CARO, H. 1990a El bloque Chocó en el Noroccidente Suramericano: Implicaciones Estructurales, Tectonoestratigráficas y Paleogeográficas. INGEOMINAS Boletín Geológico 31(1): 49-71, Bogotá.



- DUQUE-CARO, H. 1990b Estratigrafía, Paleocanografía y Paleobiogeografía de la Cuenca del Atrato y la Evolución de Panamá. INGEOMINAS Boletín Geológico 31(1): 3-46, Bogotá.
- DUQUE - CARO H., 1989. El arco de Dabeiba: Nuevas aportaciones al conocimiento de la Cordillera Occidental. Mem. V Congr. Col. Geol., 1. 108 – 126. Bucaramanga.
- ETAYO, F. 1989. Campanian to Maestrichtian Fossils in the Northeastern Western Cordillera, Colombia. Geol. Norandina., (11): 23-31. Bogotá.
- GALVIS, J. 1990. Análisis de la Génesis Mineral en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67) 753-777.
- GALVIS, J. 1998. Una Caldera Volcánica en el Macizo de Santander, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 22 (84) 355-362.
- GONZÁLEZ, H., 2001. Mapa geológico del departamento de Antioquia, escala 1: 400.000, memoria explicativa. INGEOMINAS, 240 p. Bogotá.
- GONZÁLEZ, H., 1997. Mapa geológico del departamento de Antioquia, escala 1: 400.000, memoria explicativa. INGEOMINAS, informe 2199. 232 p. Bogotá.
- GONZÁLEZ, H., 1993. Mapa geológico del Departamento de Risaralda, escala 1: 200.000, memoria explicativa. INGEOMINAS, Bogotá.
- GONZÁLEZ, H. Y LONDOÑO, A. 2002c Catálogo de las Unidades Litoestratigráficas de Colombia, Monzonita del Páramo de Frontino, Cordillera Occidental, Departamento de Antioquia. INGEOMINAS 15p, Bogotá.
- GUNN, B. 2005. "The Geochemistry of Igneous Rocks," [www.Geokem.com](http://www.Geokem.com)
- HAFFER, J. 1967 On the Geology of the Urabá and Northern Chocó Regions, NW Colombia Colombian Petroleum Company- COLPET, Bogotá.
- HERMELIN, M., 2005. Desastre de origen Natural en Colombia 1979 – 2004. Universidad EAFIT – OSSO. Medellín.
- HOYOS, F. 1990. Contribución al conocimiento de la Geología de la Zona Central de Antioquía. Boletín de Ciencias de la Tierra.
- HUBACH, E. Y ALVARADO, B., 1934. Geología de los departamentos de Valle y Cauca en especial del carbón. Serv. Geol. Nal., informe 224. 237 p. Bogotá.
- INGEOMINAS, 1999, Catalogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia, Monzodiorita de Farallones (Plutón de Farallones). Bogotá





- INGEOMINAS, 1991, Mapa geológico de la plancha 165 Carmen de Atrato
- INGEOMINAS, 1999, Mapa geológico de la plancha 185 Bagadó
- INGEOMINAS, 2005, Mapa geológico de la plancha 165 Carmen de Atrato
- INSPECTORATE, 2008. Lista de servicios analíticos y geoquímicos. Inspectorate Services Perú S.A.C. [www.inspectorate.com](http://www.inspectorate.com).
- INSPECTORATE, 2008. Exploration and mining services. Schedule of rates. [www.inspectorate.com](http://www.inspectorate.com).
- IRVINE, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks: Canadian Journal of Earth Sciences, v.8, p.523-548
- JENNER, G.A., 1996. Trace element geochemistry of igneous rocks. Elsevier Editor. London. 566 pp.
- JENSEN, ML, (1976): Economic mineral deposits. 3<sup>rd</sup> ed. Wiley & Sons. Nueva York. 593 pp.
- LE MAITRE, R.W., 1989. A Classification of Igneous rocks and Glossary of Terms. Recommendation of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Rocks. Blackwell Scientific Publications. 191 p., London.
- LE MAITRE, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmidt, R., Sorensen, H., Streckeisen, A, Woolley, A.R., Zanettin, B., 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford.
- McDONOUGH, W. F. and SUN, S., 1995 The composition of the Earth. Chemical Geology, London, 120: 223-254.
- NIVIA, A., 1989. El terreno Amaime-Volcánica: Una provincia acrecionada de basaltos de meseta oceánica.-Congr. Col. Geol. Bucaramanga, Mem., 1:1-30; Bucaramanga-
- PARRA, E., 1983. Geología y geoquímica de la plancha 223 El Cairo, escala 1:100.000. INGEOMINAS, informe 1914. 138 p. Bogotá.
- PEARCE, JA, 1996. A user's guide to basalt discrimination diagrams: Montana Bureau of Mines and Geology Memoir 41, 22 p.
- PEARCE J.A. 1984 Trace Element Characteristics of Lavas from Destructive Plate Boundaries (ed. Thorpe R.S.) [M]. pp.525-548. Wiley, N.Y.



- RESTREPO, J.J. Y TOUSSAINT, J. F., 1976. Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia. Pub. Esp. Geol., U. Nal. 6: 1 – 24. Medellín.
- RODRÍGUEZ, C. y PERNET, A. 1982. Recursos minerales de Antioquia. Informe No. 1885. Ingeominas. Medellín. 225 p.
- ROLLINSON HR., 1993, 1996, Reprinted 2007. Early Earth Systems – A Geochemical Approach. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 296 pp.
- ROSE, A.W., HAWKES, H.E., WEBB, J.S. 1979. Geochemistry in mineral exploration. Academic Press, New York. Segunda edición, 657 p.
- SALAZAR, G., JAMES, M., TISTL, M. 1991 El Complejo Santa Cecilia-La Equis: Evolución y Acreción de un Arco Magmático en el Norte de la Cordillera Occidental de Colombia. Simposio Magmático Andino y su Marco Tectónico Memorias, II:142-160 Manizales.
- SILLITOE, R., JARAMILLO, L., DAMON, P. E., SHAFIQUILLAH, M., ESCOVAR, R., 1982. Setting Characteristics and Age of the Andean Porphyry Copper Belt in Colombia. Economic Geology, 77:1837-1850, London.
- SILLITOE, R. 2002. Granites and metal deposits. Episodes, International Geoscience Newsmagazine. Special issue on the geology of granites. December 1996. Vol 19 No. 4 pp 126-133.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLIN, 1997. Reserva Farallones de Citará estudios biofísicos y socioeconómicos preliminares (Suroeste Antioqueño), Pág. 70-80, Medellín.
- STRECKEISEN, A., 1976: To each plutonic Rock its proper name.- Earth Science Rev. Bd. 12 p.1-33 Amsterdam, London, New York
- VARGAS CUERVO, GERMAN. 2001, Criterios para la descripción y clasificación de movimientos en masa." .En: Colombia. Boletín De Geología - Bucaramanga ISSN: 0120-0283 ed: Ediciones UIS, v.22 fasc. p.39 – 68
- WILSON R.W., 1995. Contribución al conocimiento de la Geología de la Zona Central de Antioquia: Boletín de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional.
- YARDLEY, B.W.D. 1989, An introduction to metamorphic petrology Longman.Editors. Pág. 8-18, London, New York



**INSTITUTO COLOMBIANO  
DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
INGEOMINAS**

---

*Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico en la parte  
Norte de la Cordillera Occidental, Planchas 165 y 185*

*Elaborado por:*

