

**ELABORACIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA PARA CALIBRAR  
LA PROGNÓISIS DEL POZO ANH PATIA 1-ST-PROF, A PARTIR  
DE MUESTRAS DE ZANJA Y AFLORAMIENTO**

**SILVIA CAROLINA JEREZ ARENAS  
GINA ZULAY RODRÍGUEZ OSPINA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA  
2012**

**ELABORACIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA PARA CALIBRAR  
LA PROGNÓISIS DEL POZO ANH PATIA 1-ST-PROF, A PARTIR  
DE MUESTRAS DE ZANJA Y AFLORAMIENTO**

**SILVIA CAROLINA JEREZ ARENAS  
GINA ZULAY RODRÍGUEZ OSPINA**

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de  
Geólogo**

**Director  
M.Sc ALBERTO ORTIZ FERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

Hoy que termino un proceso más en mi vida, quiero agradecer a tantas personas que ayudaron a hacer esto posible. En primer lugar, gracias Dios por darme unos padres con los que siempre conté y me apoyaron incondicionalmente, a mi mami Olga por darme consejos útiles que me ayudaron en mi realización como persona a mi papi Ricardo por darme fortaleza y motivarme a salir adelante y haber creído en mí. A mis hermanos Ximena, Ricardo, Angie y mi primo Johan por ser un apoyo y compañía durante toda mi vida, además soy afortunada por haber contado con toda la ayuda de mis tías Carmen y Graciela que siempre pensaron que esto valía la pena.

Agradezco a todos los profesores que con su infinita paciencia aportaron algo diferente a mi vida no solo intelectualmente sino que me ayudaron a crecer como persona, al profesor Ricardo Mier por sus consejos y ayuda incondicional al profesor y director del proyecto Alberto Ortiz que no solo es un excelente profesional sino también lo es como persona, nos ayudó a tener éxito en este proceso y nos convirtió en personas muy pacientes.

Solo tengo palabras de agradecimiento para todos mis amigos que me dejaron ser parte de sus vidas y que sin duda dejaron huella en mí. Recordare con nostalgia todas las reuniones del “Cuartel”, pero aún más a sus miembros: Silvia que no solo es mi compañera de proyecto sino amiga, Diana, Aidalid, Alicia, Adriana, Tatiana y Carlitos que no solo fueron mis compañeros durante toda mi carrera, sino fieles amigos que me acompañaron en este proceso. En fin gracias a todas las personas que hicieron parte de este proceso y que sin duda llegaron a mi vida para quedarse.

**GINA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al darme cuenta de que una etapa de mi vida está por iniciar gracias a los esfuerzos realizados y de tantas personas que estuvieron a mi lado durante todos estos años de mi vida guiándome, apoyándome en todo momento quiero agradecerle a Dios por indicarme el camino correcto al que me llevo a este punto de mi vida para mi desarrollo profesional y personal dejándome acompañar de personas como mis padres Luis y Fanny quienes estuvieron junto a mi aconsejándome y apoyándome en la formación de mi vida con su amor incondicional, a mis hermanos Luis Carlos y Iván que junto con mi tía Cecilia nunca me dejaron desistir en aquellos momentos de desesperación, a mi Abuelita Graciela que siempre me alegraba en cada momento de mi vida y a toda mi familia que siempre estaban presentes para este logro de mi vida.

Le quiero dar gracias a mi director de proyecto Alberto Ortiz quien es un excelente profesional y como persona nos enseñó a ser pacientes y ser un guía en nuestro camino para así poder llegar a culminar con éxito nuestro proyecto y dejarnos grandes enseñanzas para nuestras vidas.

Al profesor Ricardo Mier por habernos regalado cada consejo y su apoyo absoluto que fueron un granito que nos ayudo guiar todo este proceso de nuestras vidas y todos aquellos profesores que con sus enseñanzas me hicieron ser mejor persona.

Igualmente a mi compañera de tesis Gina que al ser una excelente amiga con ella dimos toda para poder llegar a realizar este sueño que tanto estábamos esperando.

Al igual a todas aquellas personas que desde un inicio de mi carrera estuvieron junto a mi Juan Carlos, Jazmín, Constanza, Jorge Arley por ser mis primeros guías

en el inicio de mi carrera y me dieron ese empuje el cual me ayudo a estar en este punto de mi vida y que aun están a mi lado apoyándome en todo momento,

Igualmente existieron muchas personas que fueron forjadores de mi camino pero en especial les quiero dar las gracias a aquellas personas que están muy dentro de mi corazón por esa amistad incondicional quienes son mis pajareritos del alma Tatiana, Carlos, Gina, Alicia, Diana, Aidalid , Adriana, Álvaro, Lilian, Daniel y aquellas personas que conocí en el camino de mi vida universitaria.

**SILVIA**

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. GENERALIDADES	21
3.1 LOCALIZACIÓN	21
3.2 FISIOGRAFÍA Y CLIMA	23
4. METODOLOGIA	24
4.1 BÚSQUEDA Y CLASIFICACIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO	24
4.2 ETAPA DE CAMPO	24
4.3 ETAPA DE LABORATORIO	24
4.4 ETAPA DE OFICINA	25
4.5 INTERPRETACIÓN Y ELABORACIÓN DEL INFORME DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	25
5. ANTECEDENTES	26
6. MARCO GEOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO	29
6.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	29
6.2 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL	32
6.2.1 Cretácico	34
6.2.2 Paleoceno	34
6.2.3 Neogeno	37
6.2.4 Cuaternario	40
6.3 EVOLUCIÓN DE LA CUENCA	42
7. RESULTADOS	47
7.1 RECORRIDOS FASE DE CAMPO	47
7.1.1 Cuerpos Ígneos	47

7.1.2 Formación Peña Morada	52
7.1.3 Formación Mosquera	54
7.1.4 Recorridos Formación Esmita	61
7.1.5 Recorridos Formación Mercaderes	68
8. DETERMINACIÓN DE AMBIENTE	70
8.1 FORMACIÓN PEÑA MORADA	70
8.2 FORMACIÓN MOSQUERA	71
8.3 FORMACIÓN ESMITA	72
8.4 FORMACIÓN MERCADERES	73
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	82

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Abreviatura para los diferentes minerales en sección delgada.	47

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización área de interés.	22
Figura 2. Fase de formación de una cuenca tipo intramontana o <i>piggyback</i> en el ciclo de Wilson	29
Figura 3. Movimientos de <i>Thrust Sheets</i> en la formación de una cuenca tipo <i>Piggyback</i> o intramontana	30
Figura 4. Esquema tectónico de la Cordillera Occidental y la Cuenca del Patía durante el Eoceno Medio	31
Figura 5. Columna estratigráfica generalizada realizada en este trabajo	33
Figura 6. Esquema evolutivo de la Cuenca Cauca-Patía	46
Figura 7. Columna Estratigráfica Formación Peña Morada.	53
Figura 8. Columna Estratigráfica Formación Mosquera. Este estudio.	61
Figura 9. Columna Estratigráfica Formación Esmita en la Quebrada Matacea. Este estudio.	67
Figura 10. Columna Estratigráfica Formación Mercaderes en el sector del El Estrecho.	69
Figura 11. Modelo depositación de erosión transporte y sedimentación fluvial.	70
Figura 12. Modelo de depositación; se observa la depositación en zonas deltaicas y de facies de un canal.	71
Figura 13. Modelo depositacional en ríos meandriformes y llanuras de inundación adaptado de Allen, 1964.	72
Figura 14. Modelo depositacional donde se muestra la acumulación en un ambiente fluvial, para el tope conglomérico de la Formación Esmita.	73
Figura 15. Modelo de flujo piroclástico indicando el contenido de cantos de material piroclástico como Lapilli y pumitas.	74
Figura 16. Modelo de depositación. Depósitos de flujo volcánico depositándose en diferentes abanicos.	74

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

	pág.
Fotografía 1. Rio Esmita en el sector de Peña Morada.	48
Fotografía 2. Basamento Grupo Guabas.	49
Fotografía 3. Sección delgada y muestra de mano del basamento grupo Guabas.	50
Fotografía 4. Basalto del grupo Guabas.	51
Fotografía 5. Basalto del Grupo Guabas.	51
Fotografía 6. Conglomerados, Miembro Superior de la Formación Peña Morada.	52
Fotografía 7. Cantos ígneos de la Formación Peña Morada	53
Fotografía 8. Panorámica del Miembro Medio de la Formación Mosquera.	54
Fotografía 9. Miembro Inferior de la Formación Mosquera.	55
Fotografía 10. Intercalaciones de areniscas y lodolitas de la Formación Mosquera.	55
Fotografía 11. Arenisca del miembro inferior de la Formación Mosquera	56
Fotografía 12. Quebrada la Despensa. Cortando las capas de la Formación Esmita.	57
Fotografía 13. Contacto neto entre las Formaciones Mosquera y Esmita.	58
Fotografía 14. Conglomerados de la Formación Mosquera.	58
Fotografía 15 .conglomerados del miembro superior de la Formación Mosquera	59
Fotografía 16. Lodolitas de la Formación Esmita.	59
Fotografía 17. Areniscas de la Formación Mosquera en el sector del corregimiento de El Hoyo	60
Fotografía 18.Camino a la Quebrada Matacea, Margen izquierdo por la vía Panamericana Bordo – Pasto	62
Fotografía 19. Conglomerados Miembro superior de la Formación Esmita.	63
Fotografía 20. Lodolitas del Miembro Inferior de la Formación Esmita.	63

Fotografía 21. Miembro medio de la Formación Esmita sobre la Quebrada Matacea	64
Fotografía 22. Detalle areniscas Miembro Medio de la Formación Esmita en la Quebrada Matacea.	65
Fotografía 23. Areniscas del miembro medio de la Formación Esmita	66
Fotografía 24. Detalle del Miembro Inferior de la Formación Esmita en la Quebrada Matacea.	67
Fotografía 25. Conglomerado del miembro superior de la Formación Esmita	68
Fotografía 26. Miembro superior de la Formación Mercaderes.	69

## RESUMEN

**TÍTULO:** ELABORACION DE COLUMNA ESTRATIGRAFICA PARA PROSPECCION DE POZO ANH PATIA1-ST-PROF, A PARTIR DE MUESTRAS DE ZANJA Y AFLORAMIENTO

**AUTORES:** JEREZ ARENAS, Silvia Carolina  
RODRÍGUEZ OSPINA, Gina \*\*

**PALABRAS CLAVES:**

### DESCRIPCIÓN

En el municipio de Mercaderes se tiene como proyecto por la Universidad Industrial de Santander junto con la Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH realizar la perforación del pozo estratigráfico profundo ANH-PATÍA-1-ST-PROF, el cual tendrá una profundidad de 12.100 pies. Por tal motivo se realiza un estudio geológico previo en la Cuenca Cauca Patía (Sector Patía). Teniendo en cuenta información bibliografía reportada corroborada en la fase de campo, además de un análisis a nivel micro y macroscópicamente de muestras recolectadas en dicha cuenca, desarrollando una columna estratigráfica y un catálogo para la prospección del pozo e identificar la distribución de los elementos de un sistema petrolífero en Mercaderes. El recorrido se da entre el municipio de Rosas, El Bordo y Mercaderes, por la vía Panamericana que comunica entre Popayán y Pasto. Durante el recorrido se identifican cuatro formaciones estratigráficas: Peña Morada, Mosquera, Esmita y Mercaderes y dos cuerpos ígneos: Basamento Grupo Guabas y Basalto Grupo Guabas. Este estudio logra identificar algunos elementos del sistema petrolífero de la cuenca, como roca reservorio correspondiente a las Formaciones Mosquera y Esmita, por su descripción litológica presenta buena porosidad y contenido de carbonatos. La roca fuente corresponde posiblemente a la base de la formación Esmita, son limolitas negras con contenido de materia orgánica.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad Físicoquímicas, Escuela de Geología, UIS. Director Alberto Ortiz

## ABSTRACT

**TITLE:** PRODUCTION OF STRATIGRAPHIC COLUMN FOR EXPLORATION OF WELL ANH PATIA1-ST-PROF, FROM SAMPLES AND OUTCROP TRENCH

**AUTHORS:** JEREZ ARENAS, Silvia Carolina  
RODRÍGUEZ OSPINA, Gina\*\*

**KEYWORDS:**

## DESCRIPTION

In the municipality of Mercaderes has as projects in the Universidad Industrial of Santander along with the National Hydrocarbons Agency ANH perform drilling the deep stratigraphic ANH-PATÍA-1-ST-PROF, which will have a depth of 12,100 feet. For this reason it is being carried out a geological survey prior in the Cuenca del Cauca Patía (Sector Patía). Taking into account the information reported in the literature corroborated in the phase of field, in addition to the micro-level analysis and macroscopically of samples collected from the basin, is develop a stratigraphic column and a catalog for the prospecting of the pit and thus identify the distribution of the elements of a petroleum system in Mercaderes. The tour is done between the municipality of Rosas, the Bordo and Mercaderes, by the Panamericana Highway that communicates between Popayan and Pasto. On this tour are identified four stratigraphic formations that correspond to Peña Morada, Mosquera, Esmita and Mercaderes as well as two igneous bodies that are the Basement group and basalt Guabas group. This study does identify some elements of the petroleum system of the basin, as the corresponding reservoir rock formations Esmita and Mosquera, since its lithologic description presents good porosity and carbonate content. The source rock is possibly the basis for the training Esmita, siltstones are black with organic matter content.

---

\* Graduation Project

\*\* Physicochemical Faculty, School of Geology, Director Alberto Ortiz

## INTRODUCCIÓN

La Cuenca Cauca-Patía se divide en subcuencas Cauca Norte, Cauca Sur y sector Patía, en este se localiza la zona de estudio. Es una cuenca tipo convergente, su desarrollo está asociado a procesos de acreción del arco de islas de la Cordillera Occidental a la corteza continental, a partir de una paleotrinchera Cretácica. La cuenca tiene una edad terciaria y su actividad sedimentaria inicio en el Eoceno Medio extendiéndose hasta el Pleistoceno con influencia piroclástica en los estratos más jóvenes. Su sedimentación estuvo controlada por el equilibrio isostático de bloques tectónicos por fallas transformantes Cretáceas con orientación E-NE.

La cuenca Cauca Patía aunque tiene una densidad de exploración escasa es en general atractiva para la exploración de hidrocarburos, por su estilo estructural, espesor stratigráfico, geometría de las estructuras y presencia de rezumaderos en diferentes sitios de la cuenca que prueban un sistema petrolífero se hacen interesante. El presente trabajo pretende determinar elementos de un sistema petrolífero presentes en la zona, contando con información de estudios previos, análisis macro y microscópica de muestras recolectadas en una fase de campo; que conlleva a la generación de un catálogo de muestras que ayudara en la calibración de la prognosis del pozo ANH-1-ST-PROF, objeto de este proyecto patrocinado por la ANH.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Sobre la Cuenca Cauca-Patía existe información que evidencia manifestaciones de hidrocarburos, pero en el municipio de Mercaderes esta información es fragmentada y no presenta un grado de detalle necesario para la prospección de hidrocarburos, por tal razón se hace necesaria la elaboración de este tipo de estudios y seguir aumentando el conocimiento geológico de la cuenca.

En la subcuenca del Valle del Cauca se han perforado cinco pozos exploratorios: Candelaria-1, Juga-1, Patacoré-1, Salsa-1 y Berejú-1 y realizando un estudio de “Gas Asociado al Carbón” por García, M. (1996); mientras que en la subcuenca del Patía no ha sido perforado, pero se han adelantado varios estudios de Geología de superficie; se conoce la existencia de un rezumadero de aceite localizado en la Quebrada Matacea en un sector del Municipio de Mercaderes permitiendo asignar cierto grado de interés exploratorio a la cuenca.

El principal problema que se quiere resolver es identificar los elementos de un sistema petrolífero apoyado en análisis de muestras recolectadas en una fase de campo que ayudaran a la elaboración de una columna estratigráfica.

De acuerdo con lo expresado, en este proyecto se quiere estudiar:

- La distribución de algunos elementos del sistema petrolífero en la Cuenca Cauca- Patía.
- La elaboración de una columna estratigráfica para la ayuda de la prospección del pozo ANH-PATIA1-ST-PROF.
- Elaboración de un catálogo de muestras representativas de los sellos, las rocas almacenadoras y las potenciales rocas generadoras.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir y analizar muestras de campo en la Cuenca Cauca-Patía para la posterior elaboración de una columna estratigráfica que sirva de soporte a la prognosis del pozo ANH-PATIA-1-ST-P.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- La elaboración de una columna estratigráfica para la prospección del pozo PATIA1-ST-PROF.
- Muestreos en campo en sitios seleccionados en donde la bibliografía reporte columnas tipo de las formaciones presentes en la cuenca.
- Analizar e interpretar la información recolectada en campo, correlacionándola con la bibliografía para la identificación de posibles elementos de un sistema petrolífero en la subcuenca Patía.
- Elaborar un catálogo de muestras de las diferentes formaciones que sirvan de apoyo durante la perforación del pozo estratigráfico, incluyendo muestras de basamento y/o cuerpos ígneos.

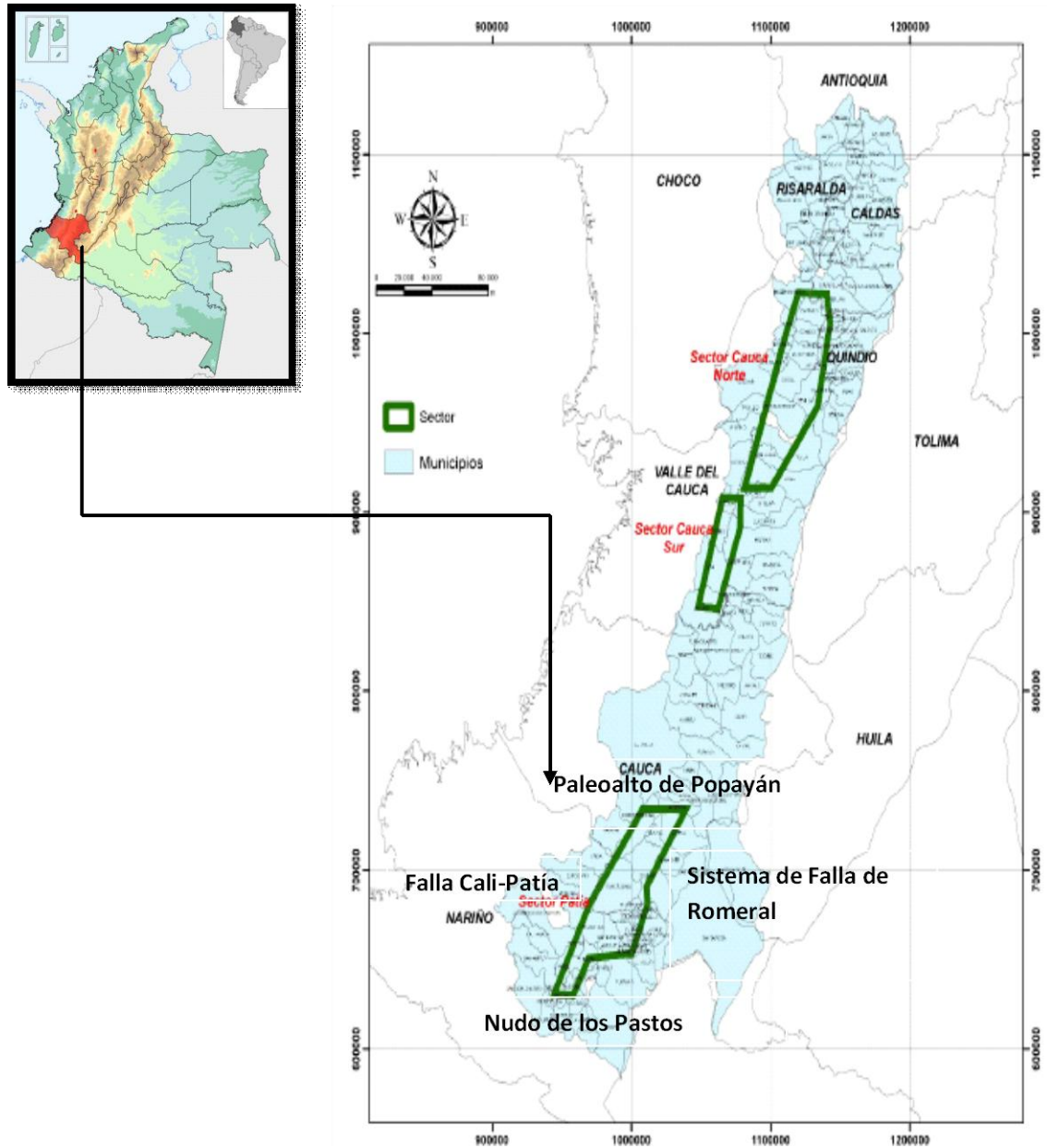
### 3. GENERALIDADES

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

El pozo estratigráfico **ANH PATIA1-ST-PROF**, se encuentra en el Municipio de Mercaderes (Figura 1), este se encuentra localizado al sur occidente del departamento del Cauca, limita al Norte con el municipio de Patía, al Occidente con los municipios de Leiva y El Rosario del departamento de Nariño, al Sur con los municipios de Taminango y La Unión del departamento de Nariño, al Oriente con el municipio de Bolívar y al Sur oriente con el municipio de Florencia (Cauca). Para llegar al pozo se debe usar la vía Panamericana que comunica la ciudad de Popayán con la de Pasto a la altura de un lugar llamado Mojarras, se continúa por la vía que comunica Mojarras-Higuerones, el pozo se encuentra a mano derecha de un carretable que esta sobre esta vía.

Las zonas donde se desarrollo el campo para mejorar la prognósis del pozo **ANH PATIA1-ST-PROF** se encuentran ubicadas en la Cuenca Cauca - Patía, en los Municipios de Rosas, El Bordo y Mercaderes del departamento de Cauca, planchas 364 (Timbío), 387 (Bolívar) y386 (Mercaderes) del Ingeominas a escala 1:100.000, nomenclatura del IGAC.

Figura 1. Localización área de interés.



Fuente: Tomado de Levantamiento de columnas estratigráficas y realización de análisis petrográficos, petrofísicos, bioestratigráficos y geoquímicos en las áreas de Pasto-El Bordo, Cali-Buga y Buga-Cartago (Cuenca Cauca-Patía).

### **3.2 FISIOGRAFÍA Y CLIMA**

El área muestra marcados contrastes fisiográficos controlados por la litología, los diferentes eventos estructurales y la dinámica hidrográfica, los cuales moldearon las geoformas y dieron como resultado la topografía actual.

El relieve en la Cordillera Occidental es fuerte, con pendientes pronunciadas que originan ríos de cauces estrechos y profundos, con frecuentes saltos; el territorio de Mercaderes es montañoso y de pendientes suaves a moderadas, cuenta con extensas zonas planas en el área central del valle del Patía; con una temperatura media entre 12 y 18 °C y promedio anual de lluvias de 1000 a 2000 mm, son tierras templadas semihúmedas.

## **4. METODOLOGIA**

La metodología a desarrollar para el presente proyecto se basa en la recopilación bibliográfica, recolección de muestreo cerca a la zona de perforación (Anexo 2), análisis del muestreo recopilado tanto en campo de la siguiente forma:

### **4.1 BÚSQUEDA Y CLASIFICACIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO**

Se realiza la recopilación de fuentes bibliográficas de la zona de estudio y así llegar a tener conocimiento geológico acorde con el tema a desarrollar. La búsqueda de esta información se realizó en la base de datos de la Biblioteca de la Universidad Industrial de Santander, Instituto Colombiano del Petróleo y la Universidad Nacional, igualmente se elaboró búsqueda en los portales web de estas.

### **4.2 ETAPA DE CAMPO**

Con la información obtenida, se desarrolló una fase de campo en el mes de diciembre de 2011 (Anexo 1) con el objetivo de adquirir muestras suficientes que ayuden en la prospección del pozo ANH-PATÍA1-ST-PROF. El total de muestras recolectadas fueron selladas en bolsas plásticas, marcadas y georeferenciadas. Estas muestras serán seleccionadas para sección delgada después de un análisis macro.

### **4.3 ETAPA DE LABORATORIO**

Se realiza el análisis microscópico de las secciones delgadas a partir de las muestras recolectadas en campo, para así obtener un mejor detalle la descripción de estas formaciones por medio del microscopio referenciado como NIKON

ECLIPSE 50i POL, disponibles en los laboratorios de microscopía óptica de la escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander.

#### **4.4 ETAPA DE OFICINA**

Se organiza y analiza los datos adquiridos en campo y laboratorio, así como el material bibliográfico para lograr el desarrollo del análisis investigativo de la zona de estudio, y de esta manera elaborar una columna estratigráfica característica de la zona de estudio.

#### **4.5 INTERPRETACIÓN Y ELABORACIÓN DEL INFORME DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Después de la etapa de campo, laboratorio y oficina se inicia el desarrollo de la interpretación de los datos obtenidos de las muestras de la zona de estudio para la edición del informe final del trabajo de grado que incluye la elaboración del catálogo de muestras.

## 5. ANTECEDENTES

Acosta (1978) denomina el Graben Interandino Cauca-Patía. Este autor deja abierta la posibilidad de que el graben haya sido formado dentro de un régimen compresivo o de distensión.

Álvarez (1983), menciona que en las cordilleras Occidental y Central, en su parte oriental y occidental, respectivamente, han sido afectadas por intrusivos, que se emplazaron a finales del Mioceno estos cuerpos se instruyeron favorecidos por las fallas Cali-Patía y el Sistema Romeral, y son de composición andesítica y dacítica; asociados a este evento comagmático se originaron los depósitos extrusivos del Plioceno-Pleistoceno, de composición intermedia, correspondientes a lavas andesíticas, flujos piroclásticos, tobas soldadas y tefras.

Barrero, (1976), reconoce tres unidades tectónicas mayores (1) La paleotrinchera de la subcuenca del Alto Patía, (2) El extremo sur de los Andes Occidentales de Colombia, (3) La paleotrinchera de Nariño o extremo sur de la fosa del Atrato-San Juan.

Barrero, (1976), menciona que en la Cuenca Cauca - Patía existen rocas Preterciarias que son, principalmente, materiales acrecionados al continente y constituyen un melange tectónico.

Govea y Aguilar (1986), nombra la Cuenca de Cauca Patía de tipo convergente, producto de la interacción entre la placa oceánica y la placa continental y adyacente a la zona de subducción. Aunque tiene una densidad de exploración escasa, presenta rezumaderos en diferentes sitios de la cuenca que prueban un sistema petrolífero.

Hincapié, G. (2009), menciona la Cuenca Cauca-Patía (CCP) como una depresión intermontana con un área de aproximadamente 13.000 km<sup>2</sup>, entre las cordilleras Central y Occidental de Colombia. La exploración de hidrocarburos en la CCP está aún en una etapa temprana, con sólo cinco pozos perforados en un área prospectiva cercana a los 7.500 km<sup>2</sup>, y en la que hasta ahora no se ha probado ningún sistema petrolífero. Aunque los resultados no han sido alentadores, la evaluación de información geológica disponible plantea nuevas e interesantes posibilidades.

León, (1973), determina que la subcuenca del Alto Patía ha sido colmatada por sedimentos de posible edad Cretácica Tardía a Eocena, agrupados en la secuencia del río Guabas y la Formación Peña Morada, además del Eoceno Medio a Plioceno, corresponden las Formaciones Mosquera y Esmita. Depósitos piroclásticos y epiclásticos del Plio-Pleistoceno, son los constituidos por las Vulcanitas del Galeón y la Formación Mercaderes, y materiales volcánicos recientes.

Meissner (1976), ha considerado la Cuenca de Cauca - Patía como un graben sin embargo, su geometría y origen han hecho necesaria la revisión de estos conceptos.

Orrego, (1980), presenta registros geológicos y dataciones radiométricas que hablan a favor de la existencia en el Jurásico-Cretácico de un arco volcánico en el borde oriental de la antigua Cordillera Central y de una paleozona de subducción en el borde occidental de la misma.

Pérez, G (1980), relaciona al miembro limolítico fosilífero de la Formación Esmita, la generación de hidrocarburos en la cuenca y cataloga las areniscas de las formaciones Eocenas y Miocenas como reservorios de buena calidad.

Pérez – Téllez, G (1980), establecen el desarrollo de la cuenca asociado al proceso de la acreción del arco de islas de la Cordillera Occidental a la corteza continental, a partir de una paleotrinchera Cretácica. La actividad sedimentaria inició en el Eoceno Medio y estuvo controlada por el equilibrio isostático de bloques tectónicos a lo largo de fallas transformantes Cretáceas con orientación ENE.

Rangel y Giraldo (1993), determina análisis geoquímicos realizados en el resumidero de petróleo de la quebrada Matacea por las lodolitas interestratificadas en la arenitas de la Formación Esmita presentan contenidos muy buenos a excelentes de TOC (Carbono Orgánico Total), con un potencial de regular a bueno para la generación de hidrocarburos líquidos, constituidos esencialmente de kerógeno. Con respecto al grado de la evolución termal, las muestras son inmaduras, a excepción de una de ellas, la cual presenta un estado de evolución muy avanzado debido, probablemente, al efecto del intrusivo.

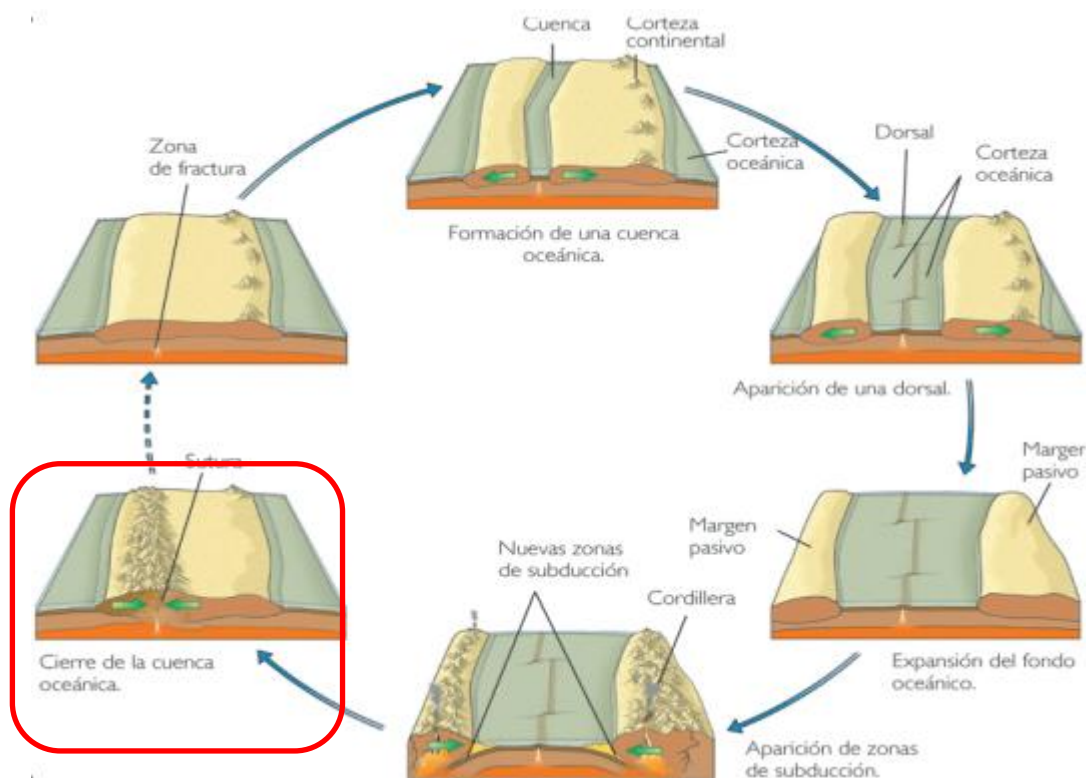
Schwinn, (1969), reconoce una fuerte deformación de los sedimentos afectados por fallas normales, característico de la evolución de cuencas de intermontana.

## 6. MARCO GEOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO

### 6.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La Cuenca Cauca Patía es una depresión intermontana asociado a la fase de cierre oceánico en el Ciclo de Wilson (Figura 2), presenta tasas de sedimentación muy altas debido a la morfología montañosa de alta pendiente adyacente, la cual comprende un área de aproximadamente 13.000 km<sup>2</sup> entre las cordilleras Central y Occidental de Colombia.

Figura 2. Fase de formación de una cuenca tipo intramontana o *piggyback* en el ciclo de Wilson

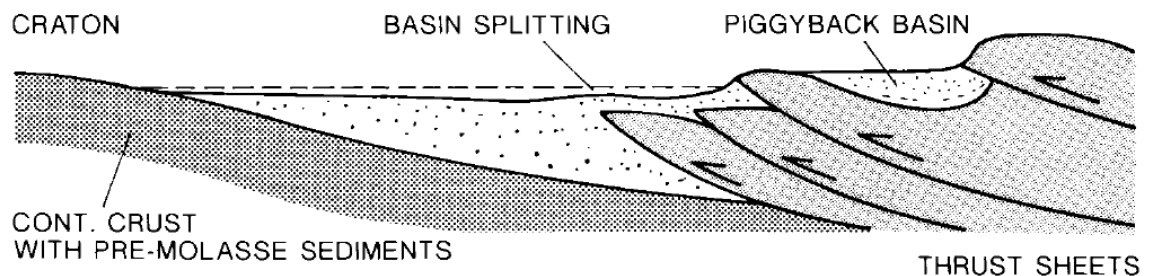


Fuente: KALIPEDIA. Ciclo de Wilson [en línea]. Ciencias Naturales. 2007. [Consultado el 2 de mayo del 2012, 5:00 p.m.]. Disponible en Internet: <URL:[http://co.kalipedia.com/popup/popupWindow.html?tipo=imagen&titulo=El+ciclo+de+Wilson&url=/kalipediamedia/cienciasnaturales/meda/200704/17/tierrayuniverso/20070417klpcnatun\\_43.Ees.LCO.png&popw=749&poph=665](http://co.kalipedia.com/popup/popupWindow.html?tipo=imagen&titulo=El+ciclo+de+Wilson&url=/kalipediamedia/cienciasnaturales/meda/200704/17/tierrayuniverso/20070417klpcnatun_43.Ees.LCO.png&popw=749&poph=665)>

La Cuenca Cauca Patía es de tipo convergente, producto de la interacción entre la placa oceánica y la placa continental y adyacente a la zona de subducción, rellena por sedimentos terciarios depositados en ambientes marino-transicional y continental, sobre sedimentos tipo "trench" plegados. Ori y Friend (1984) definieron la cuenca de *Piggyback* o intramontanas como una cuenca que se forma mientras tiene un movimiento de *Thrust Sheets* (figura 3).

La cuenca tiene una edad terciaria, sus rocas sedimentarias descansan sobre un basamento compuesto por una secuencia heterogénea de rocas sedimentarias e ígneas básicas de edad cretácica, originadas en un ambiente típico de fondo oceánico. La actividad sedimentaria empieza en el Eoceno Medio y se extiende hasta el Pleistoceno con influencia piroclástica en los estratos más jóvenes. Estas rocas fueron afectadas por intensa actividad hipoabisal, dacítico-andesítica, especialmente durante el Mioceno Superior. Se han determinado dos importantes discordancias, en el Paleoceno-Eoceno Inferior a consecuencia de la Orogenia Calima (Barrero, 1979) y en el Mioceno Superior, a causa de la etapa principal de la Orogenia Andina.

Figura 3. Movimientos de *Thrust Sheets* en la formación de una cuenca tipo *Piggyback* o intramontana



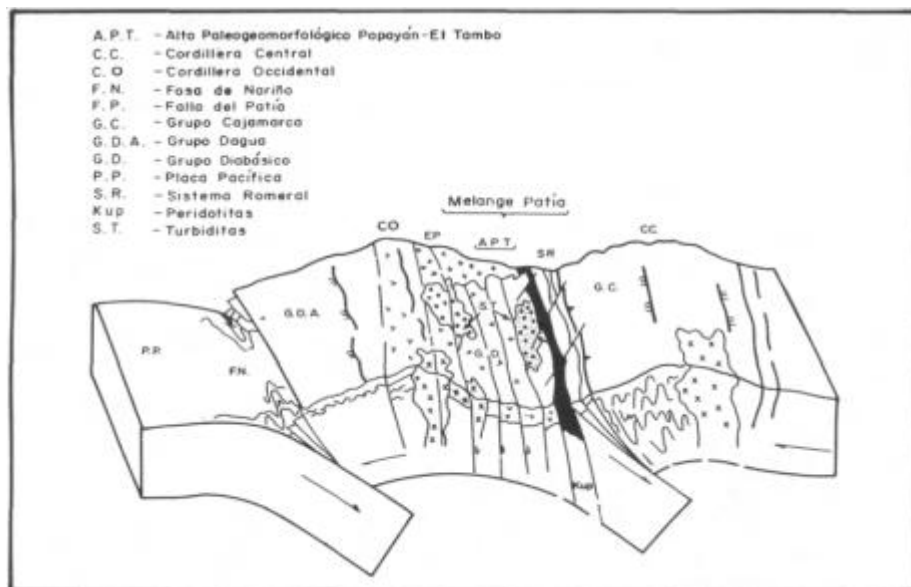
Fuente: Ori and Friend (1984).

La Cuenca Cauca Patía presenta un sistemas de fallas asociados a procesos de acreción en zonas de colisión oblicua, produciendo una serie de pliegues y

cabalgamientos que involucran un mosaico de rocas genéticamente diferentes, a manera de “fajas” deformadas con contactos estructurales, interpretado como un terreno de corteza oceánica amalgamado y acrecionado al Noroeste de Sur América durante la parte superior del Mesozoico tardío y el Cenozoico temprano (Barrero, 1979), generando un espacio de acomodación en donde hubo sedimentación siliciclástica de origen continental. Estructuralmente limitada por el Sistema de Fallas del Patía al Occidente y el Sistema de Romeral al Oriente. Al Norte y Sur está limitada por el Alto Paleomorfológico de Popayán – El Tambo y el Nudo de los Pastos, respectivamente.

Las rocas Pre- Terciarias constituyen una mezcla tectónica de características ambientales diversas, (un melange de acuerdo con Hsu, 1971), su origen y ubicación actual está asociado con el de la Cordillera Occidental, (Barrero, 1979) y la actividad de subducción a lo largo de la paleotrinchera del Cauca Patía y su acreción al continente (figura 4)

Figura 4. Esquema tectónico de la Cordillera Occidental y la Cuenca del Patía durante el Eoceno Medio



Fuente: Barrero, D. (1979).

En la cuenca Cauca-Patía (CCP) se encuentran rocas con potencial para generar hidrocarburos, depositadas en el Cretácico Tardío y Eoceno Temprano. Además presenta múltiples niveles de areniscas y conglomerados con niveles de areniscas y conglomerados con características de tipo reservorio depositado desde el Paleoceno Tardío hasta el Mioceno Medio. Su geometría es favorable para la acumulación de hidrocarburos, pliegues por propagación de falla, acuñaientos estratigráficos y cierres laterales contra fallas normales e inversas. (Open Round Colombia 2010, ANH). En la Subcuenca del Patía se presentan manifestaciones de hidrocarburos en la Quebrada Matacea (sector centro – occidental de área) y en la carretera Mercaderes - San Joaquín. Adicionalmente, en el extremo sur del área se presentan un *gas seep*, un rezumadero de agua salada cerca al Río San Jorge.

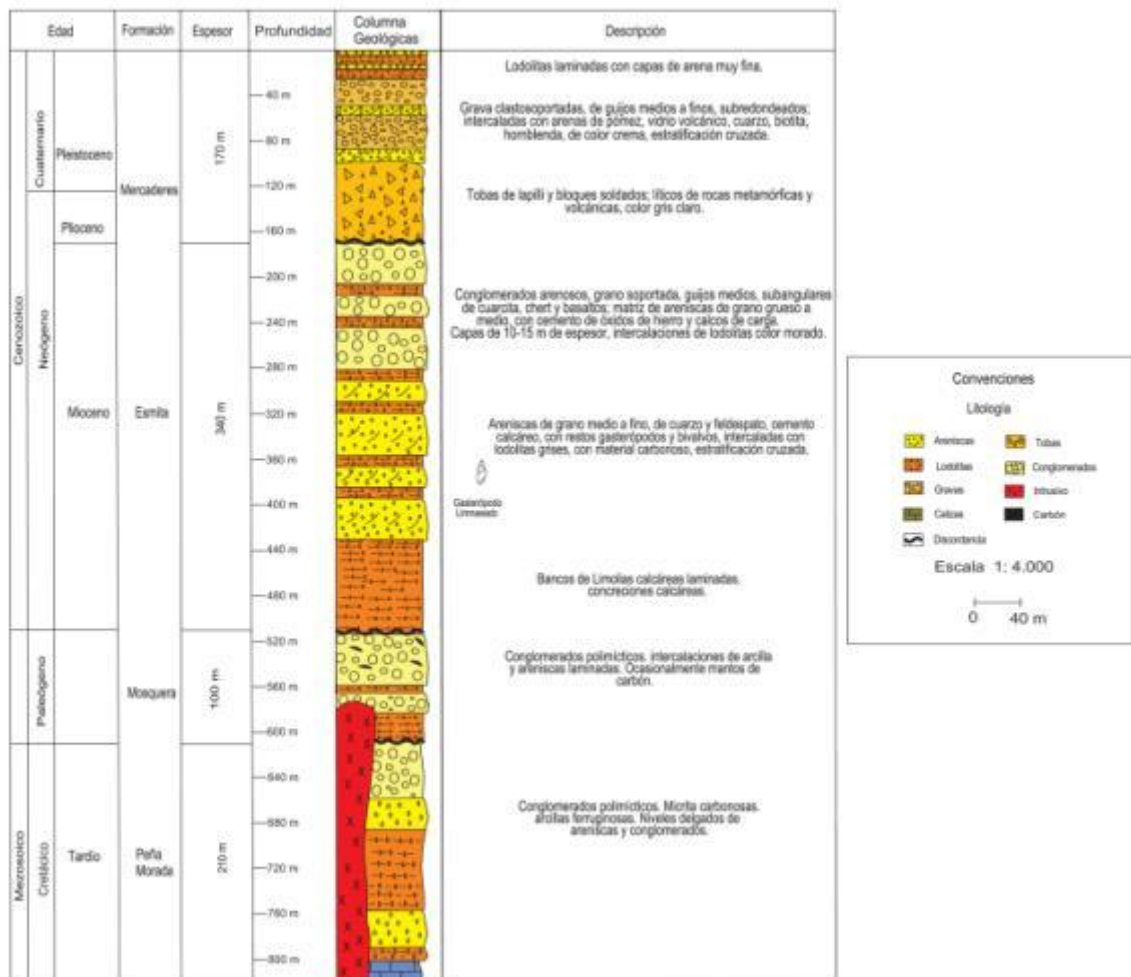
La exploración de hidrocarburos en la Cuenca Cauca-Patía está aún en una etapa temprana, con sólo cinco pozos perforados en un área prospectiva cercana a los 7.500 km<sup>2</sup>, y en la que hasta ahora no se ha probado ningún sistema petrolífero. Aunque los resultados no han sido alentadores, la evaluación de información geológica disponible plantea nuevas e interesantes posibilidades. Hincapié, G. (2009).

## **6.2 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL**

La Cuenca Cauca - Patía presenta rocas Preterciarias que son, principalmente, materiales acrecionados al continente y constituyen un melange tectónico, (Barrero, 1976). Como la Formación Peña Morada cuya distribución dentro de la Cuenca sugiere una depositación en abanicos submarinos. Estrada (1972). Ha reconocido frecuentes prismas de conglomerados a lo largo de la Cordillera Occidental. Además de presentar rocas Terciarias como la Formación Mosquera, Esmita y Mercaderes que corresponden principalmente a rocas de tipo molasa (Paris y Marín, 1979).

La subcuenca del Alto Patía ha sido colmatada por sedimentos de posible edad Cretácica Tardía a Eocena, agrupados en la secuencia del río Guabas y la Formación Peña Morada (León et al., 1973). Además, del Eoceno Medio a Plioceno, corresponden las Formaciones Mosquera y Esmita. Depósitos piroclásticos y epiclásticos del Plio - Pleistoceno, son los constituidos por las Vulcanitas del Galeón y la Formación Mercaderes, y materiales volcánicos recientes, como se muestra en la columna estratigráfica generalizada realizada por este estudio de las formaciones Peña Morada, Mosquera, Esmita y Mercaderes. (Figura 5).

Figura 5. Columna estratigráfica generalizada realizada en este trabajo



Fuente: Autoras

### 6.2.1 Cretácico

- **Guabas – Chapungo.** Aunque no se tiene una edad, espesor y/o contacto específico, por su emplazamiento y variedad litológica se tiende a saber que hace parte del cretácico, estos afloramientos se encuentran ubicados al oeste Caserío El Amparo; río Asnazú y Marilopez; flanco este de la Cordillera Occidental; Noroeste de Popayán, cerro la Tetilla y alrededores (Orrego 1975), Las características litológicas y físicas de la secuencia indican que estas fueron depositadas por corrientes de turbidez, posiblemente en cuencas profundas.

**Litología:** presenta rocas de composición basáltica, diabasas, basaltos amigdaloides, tobas y delgadas intercalaciones de rocas sedimentarias (calizas, chert, limolitas) (Nelson 1962), también se observa algunos basaltos serpentinizados, diabasas cloritizadas, igualmente entre las intercalaciones se puede presentar grauwacas y conglomerados con guijos y cantos provenientes de la unidad subyacente (Geoestudios Ltda. 1995).

### 6.2.2 Paleoceno

- **Formación Chimborazo.** La formación Chimborazo es de edad Maestrichtiano, Terciario Inferior que es definida por Orrego (1975 en Barbosa, 2003), para designar una secuencia sedimentaria de carácter marino que aflora cerca de la población de Chimborazo (17 Km al S80W del Municipio de Morales, Cauca), además, quebradas Agua Negra, Mindalá, Puentealto; río Sanguenguito; en general en las estribaciones orientales de la Cordillera Occidental (Cuadrángulos N-6 Popayán y M-6 Cali): es de origen marino más o menos profundo relacionada con un ambiente turbidítico. La superficie de discordancia que limita la formación con las unidades de la PLOCO (fragmentos del plateau que se acrecieron a la margen continental) se interpreta como el producto de erosión submarina por inestabilidad de la cuenca (Orrego & París, 1991 en Barbosa, 2003).

**Litología:** Se compone de una secuencia sedimentaria de conglomerados polimícticos, areniscas grauwáquicas, limolitas, brechas sedimentarias, esporádicas calizas clásticas hacia la base y shales carbonáceos hacia la parte superior. En la base y parte media de la formación se encuentran alrededor de unos 30 niveles de conglomerados polimícticos que alternan con areniscas grauwáquicas y limolitas; en la parte superior se dan cuatro niveles de conglomerados polimícticos y varias capas de areniscas grauwáquicas alternantes con capas de limolitas; ocurre también una capa de arenisca fosilífera y algunas protocuarzitas.

La Formación Chimborazo se divide en dos miembros Confites y Loma Larga:

#### **-Miembro Confites**

La consideran Paleoceno-Eoceno Medio, de acuerdo al contenido de radiolarios dentro de este Miembro. (Schwinn 1969), por medio del contenido de polen le asigna una edad del Eoceno Superior.

**Litología:** presenta conglomerados polimícticos, areniscas grauwáquicas, limolitas y brechas sedimentarias. Los conglomerados contienen cantos de limolita, diabasa, chert, cuarcita y cuarzo en menor proporción, en una matriz arenácea, a veces limolítica. Las brechas sedimentarias contienen cantos de arcillolita. Característicamente estas rocas presentan estratificación constante, estratificación gradual y a veces estratificación cruzada. Los conglomerados polimícticos alternan con areniscas grauwáquicas y limolitas (Orrego 1975).

#### **-Miembro Loma Larga**

Se estima que es del Paleoceno Medio según su posición estratigráfica (Orrego (1975). Los afloramientos se encuentran localizados en la vereda Loma Larga (Cuadrángulo N-6, Popayán), a 17 kilómetros en dirección S 75 W del municipio de Morales (Cauca) y suprayacen concordantemente al Miembro Confites.

**Litología:** se presenta una secuencia limosa interestratificada con pequeñas capas de areniscas o areniscas grauwáquicas, esporádicos polimícticos (algunas con concreciones y una capa fosilífera); al norte aparecen capas delgadas de carbón y shales carbonáceos. Se observan cambios de facies: las areniscas pasan a limolitas, las protocarcitas a grauwacas; el espesor disminuye notablemente; aparecen esporádicas capas de brechas sedimentarias.

- **Peña Morada.** La formación Peña Morada fue nombrada por León et al. (1973 en Barbosa, 2003), donde el nombre es dado por el paraje Peña Morada (Plancha 364-III-B) que se encuentra ubicado sobre el río Esmita.

Es de edad Cretácico Superior – Paleoceno (?), pero no evidencia registro fósil. Esta unidad infrayace a la Formación Mosquera.

**Litología:** La Formación Peña Morada está dividida en dos miembros, el miembro inferior está constituido por calizas negras de hasta 8 m de espesor. Sobre este se encuentra una capa de limolitas arenosas de unos 3 m de espesor, compactas, de apariencia lidítica que suprayace al banco de calizas. El tope es conglomerático polimíctico con cantos subredondeados, especialmente de rocas volcánicas, basaltos, basaltos amigdalares y cantos subredondeados de material sedimentario (chert, limolitas, calizas). Aparecen delgadas intercalaciones de limolitas rojizas compactas (León, Padilla & Marulanda 1973).

- **Formación Mosquera.** El nombre de la Formación Mosquera fue dado por Grosse (1935 en Barbosa, 2003) donde fue denominado como “Eoterciario de Mosquera” haciendo parte del grupo Cauca. La Formación Mosquera se presenta en una franja estrecha y alargada que se puede seguir desde 5 Km al NE de plancha 386 (Mercaderes) hasta la localidad de Párraga (plancha 364, Timbío), cerca al Municipio de Rosas; además de pequeños afloramientos localizados al NW de este municipio, pero siempre restringido al borde oriental de la subcuenca, al oriente de las fallas Guayabillas, Mosquerillo-La Tetilla y al occidente de la Falla

Cauca-Almaguer. En la plancha 387 (Bolívar) se han cartografiado varios cuerpos remanentes a manera de cerros testigos de erosión de esta unidad, cerca de la Falla Cauca-Almaguer, al sur del municipio de Bolívar.

En la Subcuenca Patía esta unidad ocurre como remanentes alargados en dirección sur, en jurisdicción de los municipios de Mercaderes, Bolívar y Sucre (Departamento del Cauca).

**Litología:** al tope consta de conglomerados con guijos de cuarzo que se encuentra en contacto con las limolitas de Esmita, cuarcitas, liditas y areniscas y arcillas, a la base. Se presentan intercalaciones de areniscas de cuarzo friables. Son comunes los cambios laterales de las areniscas a conglomerados y se presentan intercalaciones de limolitas grises.

La parte media superior de la Formación consiste casi exclusivamente, de areniscas y arcillas pizarrosas con concreciones boliformes de siderita arcillosa. En forma regional por los lados de Sachamates la parte media de la formación presenta arenas de grano fino a medio con capas gruesas de 2 a 10 m de espesor de color gris a blanco amarillento. Poseen laminación, estratificación cruzada y se componen de cuarzo, líticos de rocas ígneas, metamórficas y en menor proporción, feldspatos granos soportados, escasa matriz. El cemento es calcáreo con hidróxidos de hierro. También se observan cintas y mantos de carbón, algunos explotables, como las de la región del Mayo (Patía), la región de Baraya y en sectores del río Timbío. (Grosse y Alvarado (1931).

### **6.2.3 Neogeno**

- **Formación La Esmita.** La Formación Esmita fue diferenciada y descrita por León et al. (1973) en el río Esmita. Constituida por limolitas fosilíferas en la base, areniscas sucias de color gris verdoso en la parte media y conglomerados de chert, basaltos, rocas sedimentarias, rocas porfiríticas y material volcánico en la parte superior. Denominados informalmente como miembro limolítico-fosilífero,

arenáceo y conglomerático; en la Plancha 386 Mercaderes se reconoció el miembro medio de arenitas intercaladas con arcillolitas, así como el miembro superior conglomerático.

**Litología:** De acuerdo con Murcia & Cepeda (1991a y b) y con base en la presencia de fósiles y datación de los cuerpos dacíticos que intruyen la secuencia, la edad es del Oligoceno tardío al Mioceno medio, Grosse y Alvarado (1935); distinguen tres conjuntos litológicamente diferentes, denominados como inferior, medio y superior.

**El conjunto inferior** está constituido por areniscas y localmente arcillas pizarrosas con algunos estratos negros carbonosos y Pérez (1980) lo llama Miembro Limolítico Fosilífero por las limolitas oscuras fosilíferas, niveles de caliza e intercalaciones de grauwaca.

**El conjunto medio o principal**, son areniscas de grano medio a fino que descompuestas toman forma de “bolas y cáscaras” o “bolas de cañón”. Las areniscas conglomeráticas y conglomerados no son muy comunes. Se componen de guijos de cuarzo, cuarcitas y liditas hasta del tamaño de la mano. Al oeste de Bolívar, los guijos son de andesita. Alternan con arcillas y arcillas pizarrosas con bastante regularidad, con las rocas arenosas que ocupan algo más de la mitad del total del perfil del conjunto medio. En planos de estratificación y fisuras se observan cristalizaciones de yeso e intercalaciones de arcillas pizarrosas que ocasionalmente contienen cintas y bancos de carbón, como en la región de San Joaquín; además se observan varios horizontes fosilíferos con individuos de pocas especies de Gasterópodos y Lamelibranquios; en algunos lugares se encuentran bancos de Lumaquelas formados casi exclusivamente, por ostras. Una capa de dolomita arcillosa, de unos 10 metros, reposa sobre las arcillas. Al oeste del Alto Socavón y en Tintalito, entre las arcillas y la dolomita, se observa una transición

gradual, lo mismo que entre las arcillas ferruginosas y el manto de hematita que reposa sobre un cuerpo de serpentina.

**En el conjunto superior** se observan conglomerados lidíticos que alternan con areniscas y arcillas; los guijos de lidita y cuarcita, algunos andesíticos; son redondos y tienen un tamaño que varía entre el de un huevo y de una mano; son más pequeños en muchos bancos, teniendo el tamaño de una nuez y en otros son guijos gruesos del tamaño de una cabeza.

- **Formación Galeón.** Las Vulcanitas del Galeón fueron denominadas inicialmente por Grosse (1935) y Van der Hammen (1958) como Formación Galeón, en el cerro del mismo nombre, ubicado en la Plancha 364 Timbío. Posteriormente, Orrego & Acevedo (1993) y Orrego et al. (1994), en las planchas 364 Timbío y 387 Bolívar, las diferencian como Vulcanitas del Galeón e igualmente la denomina Neoterciario y la describe como la última unidad de estratos plegados. Afloran en la quebrada El Palmar, y en el nacimiento de la quebrada La Despensa. Es de naturaleza vulcano-sedimentaria donde los flujos fluviales se interdigitan de manera heterogénea con los flujos volcánicos principalmente de composición andesítica, depósitos piroclásticos de caída y posiblemente lahares.

**Litología:** Se describe como la última unidad de estratos plegados compuesta litológicamente por una secuencia sedimentaria clástica, intercalada con cuerpos volcánicos de tobas, lapilli y lavas andesíticas, los cuerpos localizados en el área de los alrededores del Bordo en el Valle del Río Patía, considerados como productos distales de los depósitos localizados en la parte alta de la Cordillera Central, estos últimos serían los productos proximales probablemente de los volcanes Sotará, Cutanga, Chontillal, Negro y Sucubún, entre otros.

#### 6.2.4 Cuaternario

- **Formación Popayán.** La Formación Popayán fue definida por Hubach & Alvarado (1932 en Barbosa, 2003), en la altiplanicie del Paletará y cubre aproximadamente un área de 1160 Km<sup>2</sup> en el Cuadrángulo N6 (Popayán). Aflora en la cima de la Cordillera Central en el Páramo de las Delicias y se extiende hacia ambos flancos de la Cordillera Central. Están relacionados con los diferentes ciclos de actividad eruptiva de la caldera de Gabriel López y se le asigna una edad Plioceno-Cuaternaria, con base en dataciones radiométricas. Esta unidad se encuentra en la Subcuenca Cauca en jurisdicción de los municipios de Timbío, El Tambo, Popayán, Cajibío, Piendamó, Morales, Caldono, Santander de Quilichao, Suárez, Buenos Aires, Caloto, Villa Rica y Corinto, del Departamento del Cauca.

**Litología:** Está unidad es constituida por andesitas piroxénicas de tobas, aglomerados y lavas con intercalaciones de conglomerados andesíticos, arcillas y turbas. Torres et al. (1990 en Barbosa, 2003), caracterizan litológica y estratigráficamente esta formación y la subdividen en tres conjuntos (inferior, medio y superior) y posteriormente la subdividen en siete miembros (Polindara, Sombrerillo Julumito, Cajibío, Palacé, Caldono y la Venta).

- **Formación Mercaderes.** Fue descrita inicialmente por Grosse (1934) como capas túficas de Mercaderes, pero un estudio semidetallado realizado por Ruiz (1996 en Barbosa, 2003), decide darle nombre como Formación Mercaderes por su homogeneidad litológica, rasgos topográficos distintivos, su delimitación de área y su límite superior e inferior definidos y la subdivide en Miembro Piro clástico y Miembro Epiclástico.

Murcia & Pichler (1987 en Barbosa, 2003) reportan edades de 1.5 Ma. (K/Ar). Se asume que la secuencia piroclástica es contemporánea con esta y se le asigna una edad Plio-Pleistocena donde las rocas que forman la meseta de Mercaderes, con un espesor promedio de 400 m y una extensión de 251 km<sup>2</sup>; afloran a lo largo

de la carretera que de Mercaderes conduce al río Hato Viejo, Mercaderes - Cañaveral, Mercaderes - La Esperanza, Casafría - Carbonero, carretera Panamericana entre la loma Bonilla y cuchilla La Trocha.

### **-Miembro Piroclástico**

Para este miembro, Grosse (1934) las denomina tobas granatíferas, y Murcia & Cepeda (1991), flujos piroclásticos del río Mayo, presenta una discordancia angular con la Formación Esmita y la Formación Galeón

**Litología:** este miembro presenta hacia la base está compuesta por brechas, aglomerados y tobas de lapilli y bloques, que dan lugar a una topografía abrupta con escarpes verticales, la parte media está constituida por una intercalación de tobas de ceniza y lapilli, tobas de lapilli y bloques de forma masiva y tabular suprayacidas por lluvias de ceniza y al tope está constituida por flujos de escombros, formados por cantos de roca metamórfica (esquistos, cuarcita) y volcánicas (diabasas, pórfido andesítico y pumita).

### **- Miembro Epiclástico**

Fueron denominadas por Grosse (1934) como capas tobáceas de Mercaderes, su origen se debe principalmente al transporte y depósito de los sedimentos del río Mayo que durante el Pleistoceno medio - tardío tenía una dirección sur norte, y acumulaba tanto vertical como lateralmente gravas, arenas y arcillas en ciclos lentos y aglomerados en ciclos torrenciales que formaron el abanico de Mercaderes.

**Litología:** está compuesto por lentes de aglomerados, gravas y estratos de arenas con niveles de arcilla.

- **Depósitos Cuaternarios.** Los depósitos cuaternarios son formados por los depósitos aluviales de gravas, arenas y limos, su espesor rara vez tiene más de 10 metros, al igual por depósitos coluviales, fue introducido por Desnoyers (1829) para describir unos depósitos marinos más recientes que los considerados terciarios en la Cuenca del Sena. Posteriormente, Lyell (1839) introdujo los términos Pleistoceno y Holoceno como subdivisiones del mismo.

### **-Aluviones y Coluviones**

Los aluviones corresponden a las gravas recientes, presentes a lo largo de los ríos Patía, San Jorge, Guachicono, Sambingo, Matacea, Hato Viejo, Mamaconde, San Pablo, La Lorenza y La Estancia. Son importantes los depósitos aluviales de los ríos Patía y Guachicono por la acumulación mecánica de oro. Las gravas se caracterizan por tener espesores y composición variable, con cantos subredondeados a redondeados, clasto soportados y con niveles lenticulares de arenas y limos.

Los coluviones corresponden al material de ladera acumulado en el piedemonte este de la Cordillera Occidental y se manifiestan como depósitos caóticos de fragmentos rocosos muy angulares y discordantes sobre todos los depósitos preexistente; se destacan los coluviones de las quebradas El Tablón y La Ladera, cerca del Corregimiento del Rosario, así como el deslizamiento cerca a la población de Balboa.

## **6.3 EVOLUCIÓN DE LA CUENCA**

El origen y ubicación actual de la Cuenca Cauca Patía, está asociado con el de la Cordillera Occidental, (Barrero, 1979) y la actividad de subducción a lo largo de la paleotrinchera del Cauca Patía y su acrecentamiento al continente, (Cretáceo Tardío-Terciario Temprano). Barrero et al, 1998, resume la evolución de la cuenca del Valle del Cauca-Patía en los siguientes eventos (figura 5):

- **Jurásico - Cretácico Temprano**

El área de la Cuenca Cauca-Patía estaría ocupada por una fosa tectónica (*trench*). La ruptura de Pangea en el Triásico temprano, resulta en un margen continental en forma de “*zigzag*” y geometría que va a influir la arquitectura facial y estructural de la cuenca. Durante el Jurásico medio la placa de Farallones subduce la margen continental en forma oblicua, dando como resultado el inicio de la Falla de Romeral, la formación de un arco magmático que posteriormente se convertiría en la actual Cordillera Central y la formación de un prisma de acreción hacia el lado oceánico. El proceso de subducción continúa durante el Cretácico temprano y se consolida el prisma de acreción, el cual se aumenta y se levanta como resultado de adhesión de material oceánico y genera un cinturón de cabalgamientos que son más jóvenes hacia el océano. Este prisma de acreción formará más tarde el basamento de la cuenca que se conoce en la literatura como el terreno Amaime al Sur, y como Formación Quebrada Grande al Norte.

- **Cretáceo Tardío - Paleoceno**

Probablemente a comienzos del Cretáceo tardío se forma una segunda zona de subducción, varios centenares de kilómetros al oeste del prisma de acreción, la cual da origen a un arco de islas intra-oceánico, la Cordillera Occidental. Durante el Campaniano - Maastrichtiano se inicia una colisión entre el arco de islas y la margen continental, dejando un espacio estrecho y alargado en dirección norte que conforma una clásica “*remnant ocean basin*”, Barrero et al, 1998. Esta cuenca se abre al océano en dirección norte. Mientras tanto, al norte de la Falla de Garrapatas y rezagado varios centenares de kilómetros otro segmento del arco de islas, el Arco de Panamá, se desplaza hacia el continente. La continua adhesión de material oceánico por “*underplating*” en la base del prisma acrecentado origina engrosamiento y solevantamiento del prisma y la adyacente Cordillera Central. El resultado de este proceso es el depósito de turbiditas calcáreas y siliciclásticas, olistostromas y hemipelagitas, representadas por lo que se denomina formaciones

Marilopito, Aguaclara y Nogales. La distribución de estas facies tiene carácter regional.

En el intervalo Cretáceo Superior –Paleoceno tuvo lugar la orogenia que dio origen la Cordillera Occidental (Orogenia Calima, Barrero, 1979), y junto con la acreción del continente hubo una migración de la zona de subducción hacia el Oeste. A la vez, las rocas de los Grupos Dagua y Diabásicos fueron sometidos a metamorfismo regional de bajo grado y a plegamientos y se inicia la configuración del Valle del Patía.

- **Eoceno Temprano a Medio**

Debido a la forma irregular de la margen continental la colisión se realiza en forma diacrona de Sur a Norte, se forma la cuenca de Cauca – Patía, la cual es asimétrica, cerrada al Sur pero abierta al océano en dirección norte. Posteriormente, se reactivan los “*thrusts*” de vergencia occidental (prisma de acreción) y se inician los “*thrusts*” de vergencia oriental. A lo largo de las zonas de debilidad se intruyeron, durante la Orogenia Calima (Pérez, 1980), rocas de composición ácida a intermedia, como los intrusivos Capitanes y Ejido.

Los drenajes provienen del Arco de Macuchí (Ecuador) y de la Cordillera Central y confluyen en un drenaje principal de dirección sur – norte, como resultado se deposita la molasa paleógena (Formaciones Peña Morada, Río Guabas y Chimborazo).

- **Mioceno Medio a Tardío**

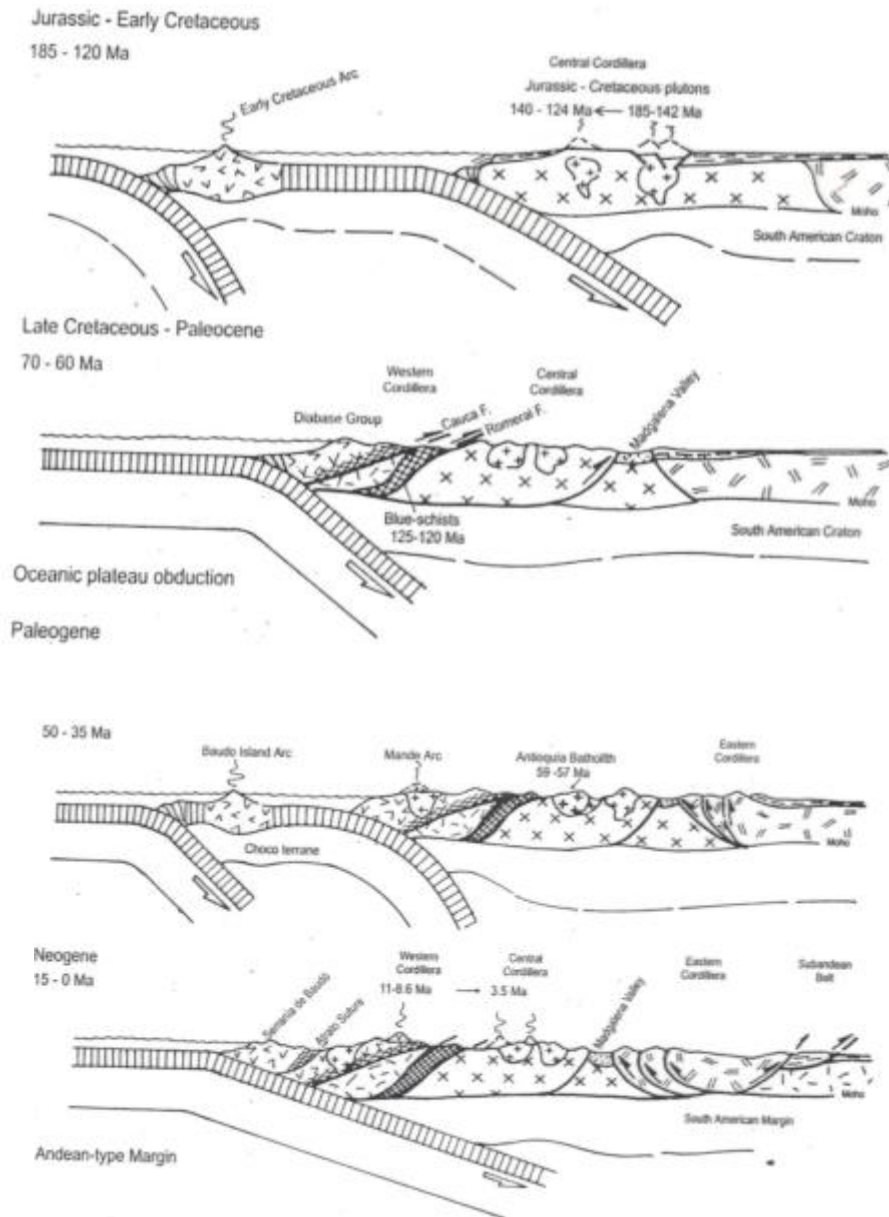
Durante este lapso se realiza la colisión del Arco de Panamá con la margen continental de Colombia en el sector de Antioquia cerrando la cuenca en su extremo norte. Las estructuras paleógenas se reactivan con predominancia de los “*thrusts*” de vergencia occidental decapitando los “*thrusts*” de vergencia oriental, principalmente en el área del Patía. A partir de este momento la cuenca se llena con la molasa del Neógeno (formaciones Patía, Esmita conglomerático y La Paila).

Durante el Neógeno (Mioceno) se acumularon sedimentos en marismas, llanuras costeras canales mareales hasta plataforma somera (parte inferior de la Fm. Esmita), las cuales indican el mayor evento transgresivo registrado en la cuenca. Los depósitos de la parte superior de la Formación Esmita sugieren nuevamente sedimentación continental. Entre el Mioceno Inferior y Superior el área fue afectada por un evento orogénico, denominado por Barrero, 1979 Orogenia Andina, con ocurrencia de magmatismo volcánico asociado a fallas y que está presente en el Valle del Patía y en la Cordillera Central. Esto se debe a una migración de la actividad magmática hacia el este consecuente con el avance de la placa oceánica subducente (Arango y Ponce, 1980)

- **Plioceno - Pleistoceno**

La continuidad de la Orogenia Andina se caracteriza por el vulcanismo de la Cordillera Central que depositó cantidades notables de piroclastos durante el Plioceno, los cuales fueron plegados y fallados antes de la acumulación de las formaciones Popayán y Tobas de Mercaderes (Plio-Pleistoceno) cuyo origen es piroclástico y su disposición actual es esencialmente horizontal. Como resultado de la terminación de un evento orogénico, se presenta un tiempo de relativa quietud tectónica y se depositan las formaciones Galeón, Popayán, Jamundí, Zarzal y Armenia, las cuales corresponden principalmente a depósitos vulcano - clásticos.

Figura 6. Esquema evolutivo de la Cuenca Cauca-Patía



Fuente: Barrero (1979), Asden y McCourt (1986).

## 7. RESULTADOS

El área seleccionada para el reconocimiento de campo y el posterior análisis de muestras de afloramiento (anexo 4), se encuentran ubicados en jurisdicción de los Municipios del Bordo, Piedra Sentada y Mercaderes.

En estos sectores se realizó un muestreo de las formaciones Peña Morada, Mosquera, Esmita y Mercaderes en sitios conocidos como la Hacienda La Sirena, El Hoyo y sobre la Quebrada Matacea, posteriormente se realizan seis secciones delgadas que son analizadas en un microscopio referenciada NIKON ECLIPSE 50i POL (Anexo 5), usando abreviaturas para los minerales encontrados (tabla 1).

Tabla 1. Abreviatura para los diferentes minerales en sección delgada.

<b>TABLA DE ABREVIATURA PARA SECCIONES DELGADAS</b>	
Cuarzo	Qtz
Plagioclasa	Pl
Feldespatos	KFs
Calcita	Ca
Fragmento de Roca	FR

### 7.1 RECORRIDOS FASE DE CAMPO

#### 7.1.1 Cuerpos Ígneos

**Localización:** Para acceder a los sitios donde afloran los cuerpos ígneos representativos de la zona, se parte del municipio de Popayán por la Vía Panamericana hacia Pasto, hasta unos 300 m antes de llegar al puente sobre el río Esmita, después de la población de Párraga y 25 Km antes de la población de

El Bordo; en la entrada a la hacienda La Sirena, se continua caminando alrededor de 4 horas, siguiendo por el Margen derecho del río Esmita (Fotografía 1).

**Coordenadas:** N: 737.460, E: 694.590

En este sector se encuentra el Basamento Grupo Guabas – Chapungo constituido por basaltos con presencia de venillas de cuarzo de más o menos 1 mm de grosor y a su alrededor presenta óxidos (Fotografía 2). De acuerdo a la bibliografía, aguas abajo a más o menos 200 m deberían encontrarse las Calizas del miembro inferior de Peña Morada. Sin embargo el alto nivel de las aguas del río impidió acceder a este sitio.

Fotografía 1. Rio Esmita en el sector de Peña Morada.

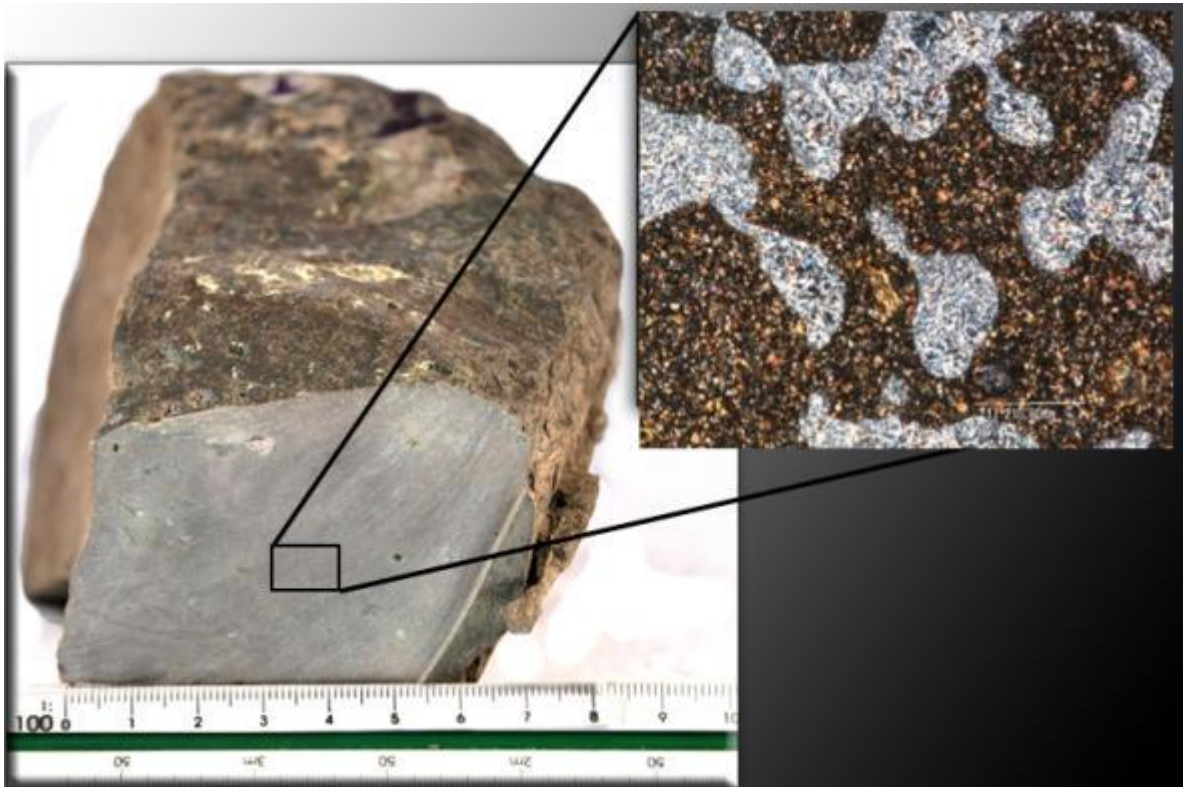


Fotografía 2. Basamento Grupo Guabas.



Se recolecta muestra de este basamento, realizando un análisis macro y microscópicamente. En la sección delgada realizada se observa la alteración que presenta la roca, (Fotografía 3) pero en algunos sectores se alcanza a presenciar zonas de cloritización.

Fotografía 3. Sección delgada y muestra de mano del basamento grupo Guabas.



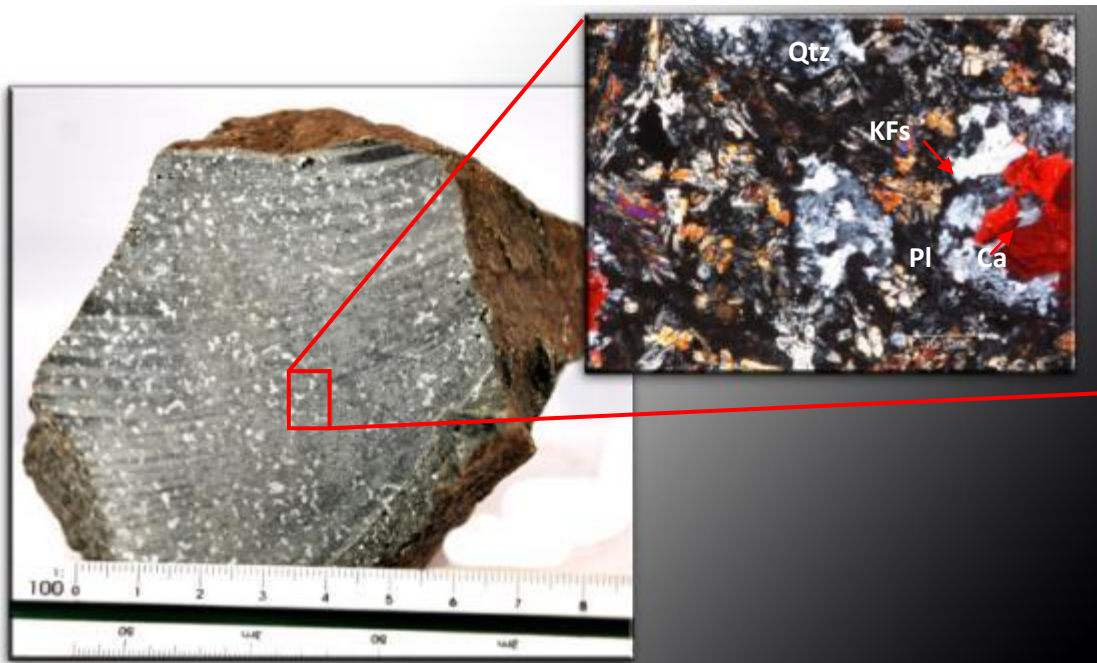
A 300 m del margen derecho del río Esmita, en un sector con coordenadas N: 737.678, E: 694.508, en ese punto se encontró una roca volcánica de color oscura con bajo contenido de sílice y que corresponde al Basalto Grupo Guabas (Fotografía 4). Este cuerpo ígneo se encuentra posiblemente instruyendo la Formación Peña Morada y el miembro inferior de la Formación Mosquera.

Fotografía 4. Basalto del grupo Guabas.



En la sección delgada (Fotografía 5), se evidencia intercrecimiento de plagioclasas y feldespatos en contacto con calcita. Composicionalmente presenta en su mayoría anfíboles y piroxenos; en menor proporción cuarzo y algunas micas.

Fotografía 5. Basalto del Grupo Guabas.



### 7.1.2 Formación Peña Morada

**Localización:** De Popayán a Pasto por la Vía Panamericana, a unos 300 m antes de llegar al puente sobre el río Esmita, después de la población de Párraga y 25 Km antes de la población de El Bordo; en la entrada de la hacienda La Sirena, por el camino paralelo al río, en dirección aguas abajo hacia el sector de Peña Morada, desde la entrada de la hacienda se camina 3.5 Km aproximadamente al margen derecho del río Esmita

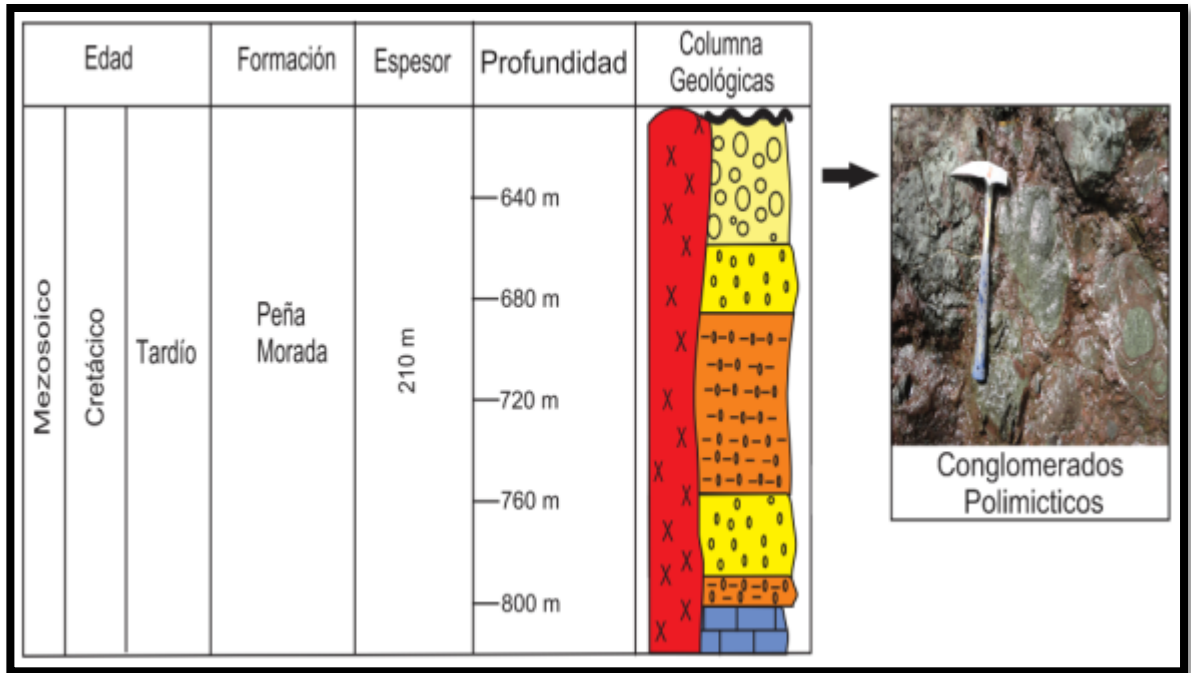
**Coordenadas:** N: 737.857, E: 693.926

Se encuentra el Miembro superior de la formación Peña Morada, que corresponde a conglomerados polimicticos (Fotografía 6), presenta cantos ígneos de rocas volcánicas como basaltos y diabasas de más o menos 16 cm (Fotografía 7) y una matriz arenosa de color rojizo con una estructura masiva.

Fotografía 6. Conglomerados, Miembro Superior de la Formación Peña Morada.



Figura 7. Columna Estratigráfica Formación Peña Morada.



Fotografía 7. Cantos ígneos de la Formación Peña Morada



### 7.1.3 Formación Mosquera

**Localización:** De Popayán a Pasto por la Vía Panamericana, hasta unos 300 m antes de llegar al puente sobre el río Esmita, después de la población de Párraga y 25 Km antes de la población de El Bordo; en la entrada de la hacienda La Sirena, se camina 2.73 Km alrededor de 3 horas.

**Coordenadas:** N: 738057, E: 693.941

En este lugar se encuentra el Miembro Medio de la formación Mosquera (Fotografía 8). El afloramiento presenta intercalaciones de areniscas y limolitas grises (Fotografía 9), con capas tabulares de hasta 2 m de espesor y con estratificación plana con un dato estructural de N76°W/ 22°SW.

Estas areniscas son de grano medio a grueso con clastos de cuarzo de más o menos 1 cm presente en un 2% de la muestra, sus granos son subredondeados, moderadamente calibrados con una porosidad aproximada de 8%. Su matriz y armazón presentan un alto contenido de cuarzo, se trata de una arenisca ligeramente conglomerática.

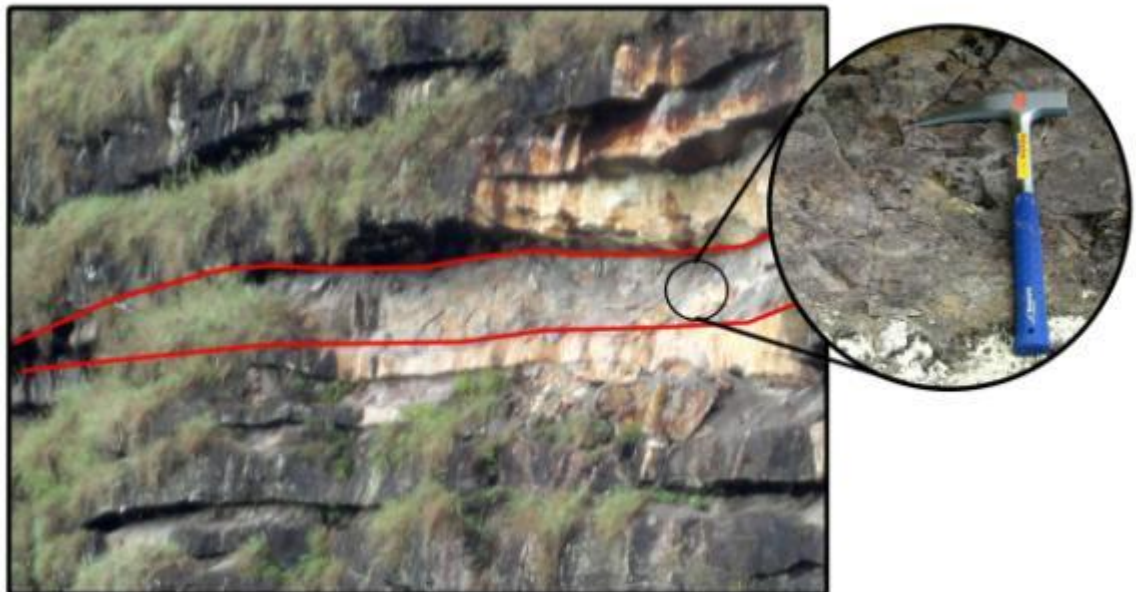
Fotografía 8. Panorámica del Miembro Medio de la Formación Mosquera.



Fotografía 9. Miembro Inferior de la Formación Mosquera.

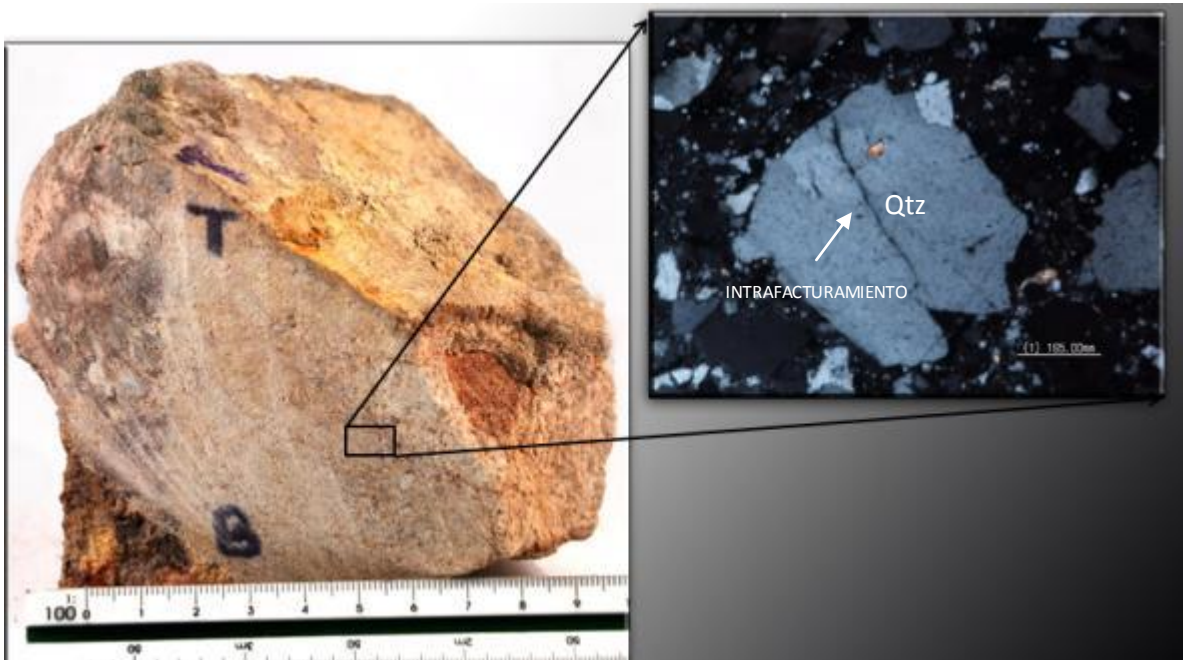


Fotografía 10. Intercalaciones de areniscas y lodolitas de la Formación Mosquera.



En la sección delgada (Fotografía 11) del miembro inferior de la Formación Mosquera, se identifica areniscas mal calibradas con cristales de cuarzo intrafracturados y alguno de ellos con biotita.

Fotografía 11. Arenisca del miembro inferior de la Formación Mosquera



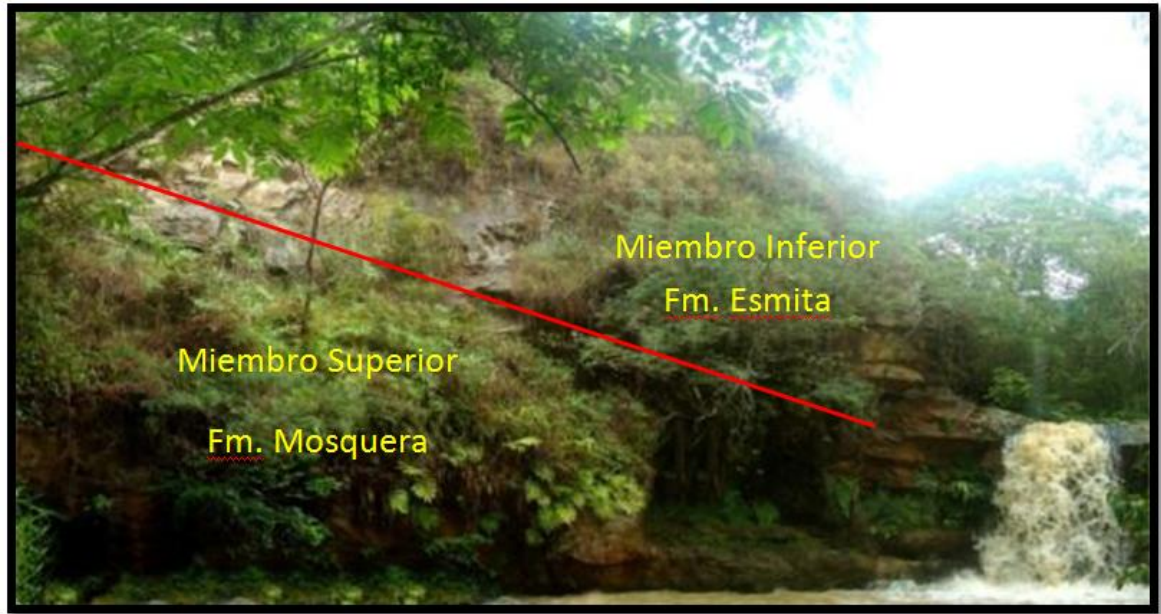
Al tomar la vía Panamericana que de Popayán conduce a Pasto, hasta llegar al corregimiento de Piedra Sentada, desviándose por el carretable que conduce a la Inspección de Policía de El Hoyo, se continúa en dirección SW por un carretable, que conduce hacia la vereda Alto Bonito, paralelo al cauce del río Patía, por unos 1,6 Km; hasta el puente sobre la Quebrada La Despensa. De este punto se continúa caminando 500 metros aguas arriba de la Quebrada (Fotografía 12), hasta encontrar el contacto entre el Miembro superior de la Formación Mosquera y el Miembro Inferior de la Formación Esmita con coordenadas N: 734.735, E: 673.017, el contacto que se da es neto (Fotografía 13), con un dato estructural de  $N45^{\circ}W/38^{\circ}NE$ .

Los Conglomerado de la Formación Mosquera tienen presencia de materia orgánica, contenido de cuarzo, plagioclasas y algunos óxidos (Fotografía 14). La arenisca conglomerática, del Miembro Superior de la Formación Mosquera presenta clastos de cuarzo de 2 cm, sus granos son subredondeados y está mal calibrada, la porosidad es aproximadamente de 3 %. Igualmente se encuentran lodolitas negras del Miembro Inferior de la Formación Esmita (Fotografía 16).

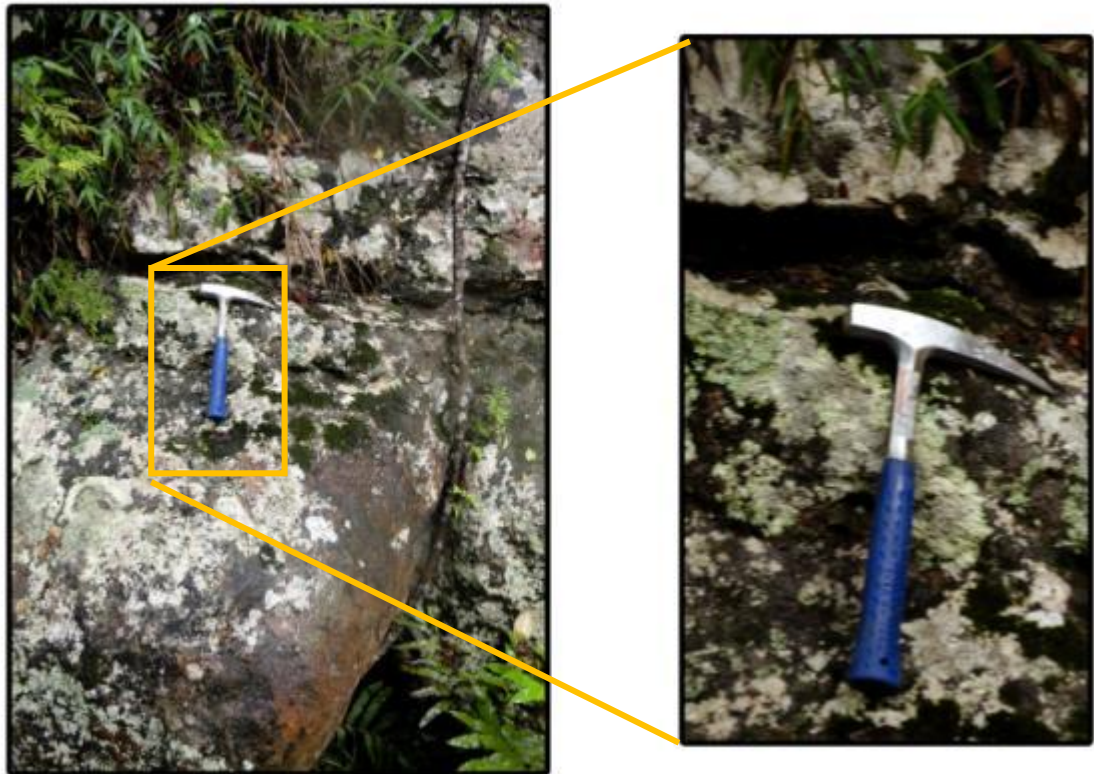
Fotografía 12. Quebrada la Despensa. Cortando las capas de la Formación Esmita.



Fotografía 13. Contacto neto entre las Formaciones Mosquera y Esmita.

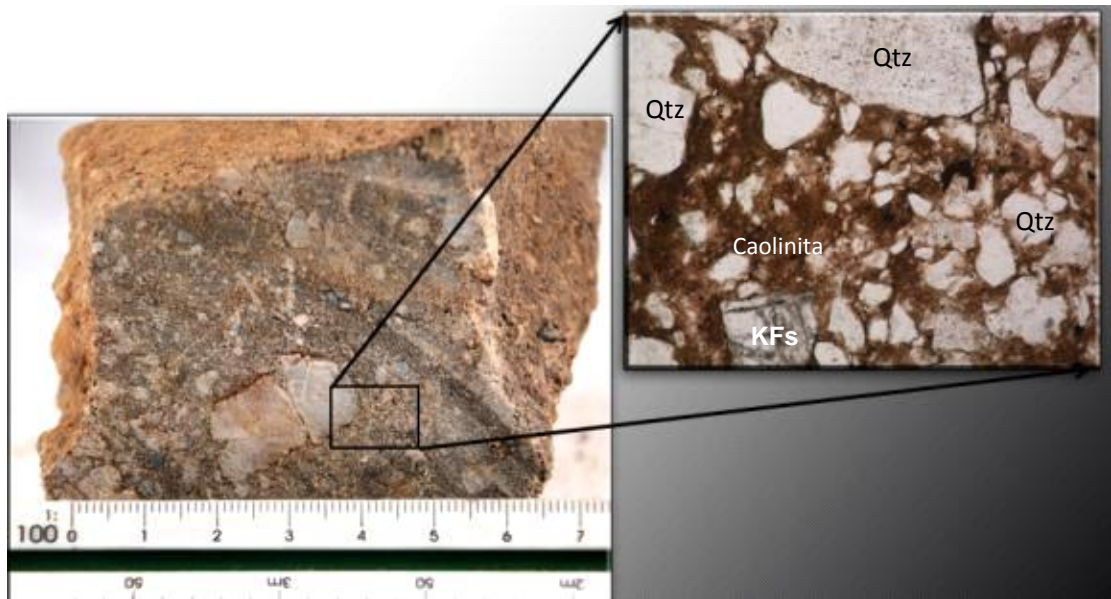


Fotografía 14. Conglomerados de la Formación Mosquera.



La sección delgada (Fotografía 15) del Miembro Superior de la Formación Mosquera, presenta conglomerados con clastos de cuarzos fracturados, una matriz de caolinita. Presenta una porosidad de 10% y un cemento siliciclástico.

Fotografía 15 .conglomerados del miembro superior de la Formación Mosquera



Fotografía 16. Lodolitas de la Formación Esmita.

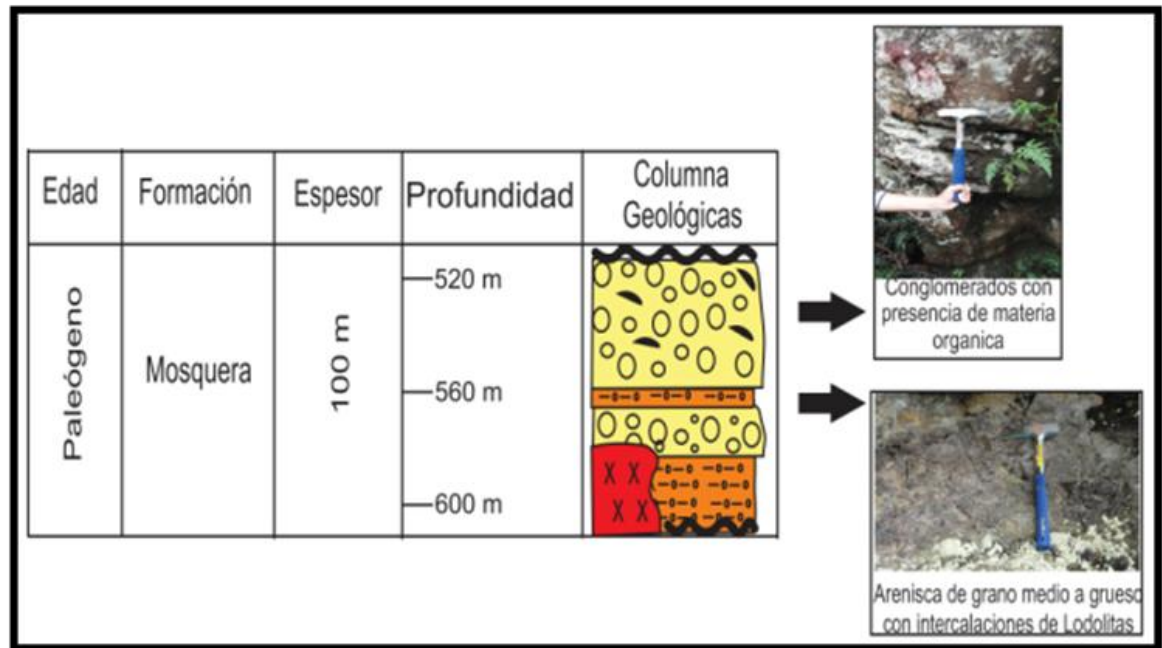


En el sector con coordenadas N: 736.608, E: 676.162, se encuentran Arenisca de la Formación Mosquera con grano medio a grueso, sus granos están subredondeados bien calibrados presenta una porosidad de más o menos 20%. Son de color Pardo (Fotografía 17).

Fotografía 17. Areniscas de la Formación Mosquera en el sector del corregimiento de El Hoyo



Figura 8. Columna Estratigráfica Formación Mosquera. Este estudio.



#### 7.1.4 Recorridos Formación Esmita

**Localización:** se parte desde el Municipio del Bordo por la vía Panamericana hacia Pasto, 60 Km más adelante se encuentra un desvío a mano izquierda que comunica con la Quebrada Matacea (Fotografía 18). De este desvío se continúa a pie por 3 horas sobre la Quebrada Matacea aguas arriba.

Fotografía 18. Camino a la Quebrada Matacea, Margen izquierdo por la vía Panamericana Bordo – Pasto



**Coordenadas:** N: 689.630; E: 648.048

En este punto se encuentra el Miembro Superior de la Formación Esmita, constituido por conglomerados de cantos subredondeados de aproximadamente 2 cm, su matriz es arenosa con un contenido mineralógico de cuarzo, feldspatos, hornblenda y líticos, de color café (Fotografía 19). Estos conglomerados están intercalados con lodolitas grises (Fotografía 20). También presenta un fracturamiento considerable.

Fotografía 19. Conglomerados Miembro superior de la Formación Esmita.



Fotografía 20. Lodolitas del Miembro Inferior de la Formación Esmita.



Al seguir por el margen derecho aguas abajo por la Quebrada Matacea, aproximadamente 636 m, de coordenadas N: 690.093, E: 647.614. Desde este punto se empieza a bajar estratigráficamente, observando el Miembro Medio de la Formación Esmita (Fotografía 21), son areniscas grises de grano medio, con un dato estructural de  $N5^{\circ}E/70^{\circ}SE$ , sus granos están bien calibrado y subredondeados; compuesta de cuarzo, plagioclasas y algunos líticos. Los afloramientos presentan gran fracturamiento producto debido a fallas cercanas.

Fotografía 21. Miembro medio de la Formación Esmita sobre la Quebrada Matacea



Alrededor de 313 m aguas abajo de la Quebrada Matacea de coordenadas N: 690.324, E: 647.492, aflora en este sector el Miembro Medio de la Formación Esmita (Fotografía 22), con un dato estructural de  $N5^{\circ}E/70^{\circ}SE$ . Este Miembro corresponde a areniscas violácea de grano medio, sus granos son subredondeados y presenta un buen calibrado, estas arenas se encuentran al margen derecho de la Quebrada Matacea aguas abajo, a diferencia de las

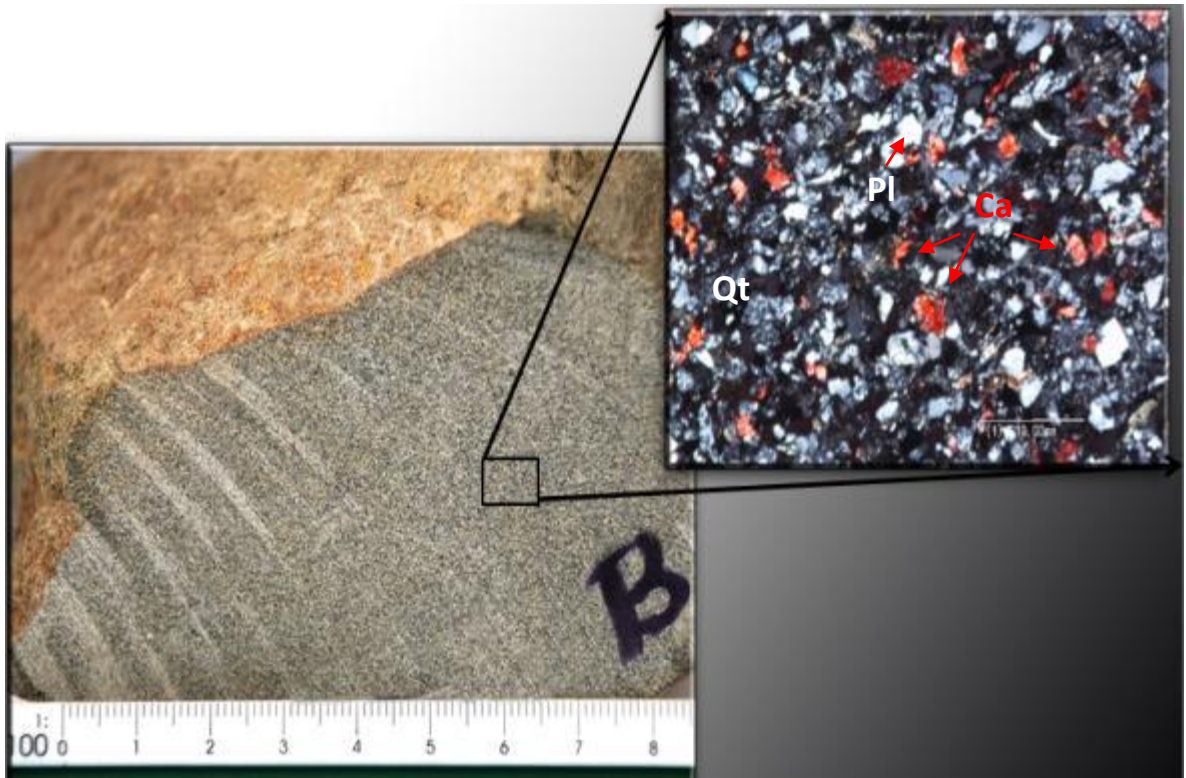
encontradas al margen izquierdo aguas abajo ya que estas varían su color, indicando un cambio en el ambiente de sedimentación.

Fotografía 22. Detalle areniscas Miembro Medio de la Formación Esmita en la Quebrada Matacea.



En la sección delgada (Fotografía 23) del miembro medio de la Formación Esmita, se encontró contenido de plagioclasas, feldespatos, cuarzo y calcita (tonos rojos). Esta moderadamente calibrada con una porosidad del 8% y de cemento siliciclástico.

Fotografía 23. Areniscas del miembro medio de la Formación Esmita



En el sector de coordenadas N: 690.688, E: 647.021, a mas o menos 730 m caminando por el margen izquierdo aguas abajo de la Quebrada Matecea, aflora el Miembro Inferior de la Formación Esmita, con un dato estructural de N5°E/ 70° SE y se caracteriza por presentar lodolitas grises (Fotografía 24).

Fotografía 24. Detalle del Miembro Inferior de la Formación Esmita en la Quebrada Matacea.

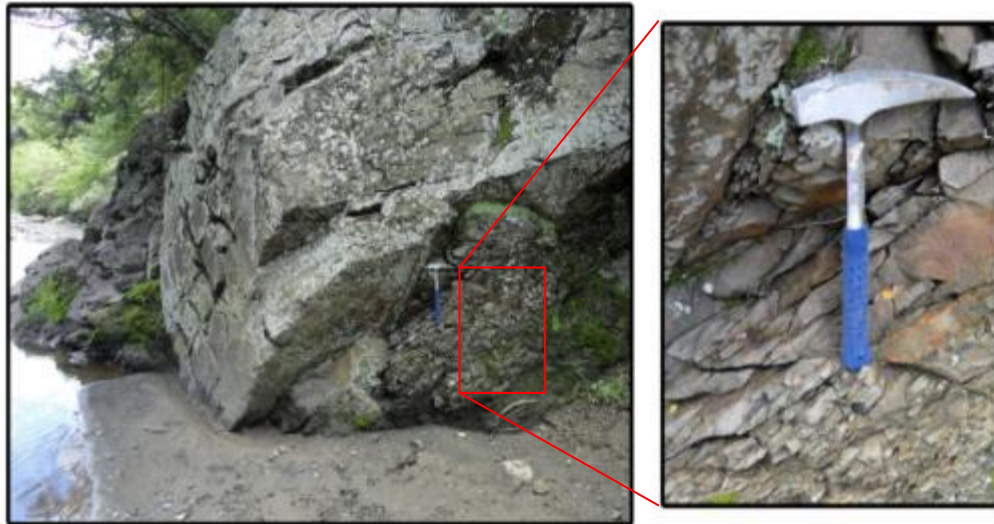
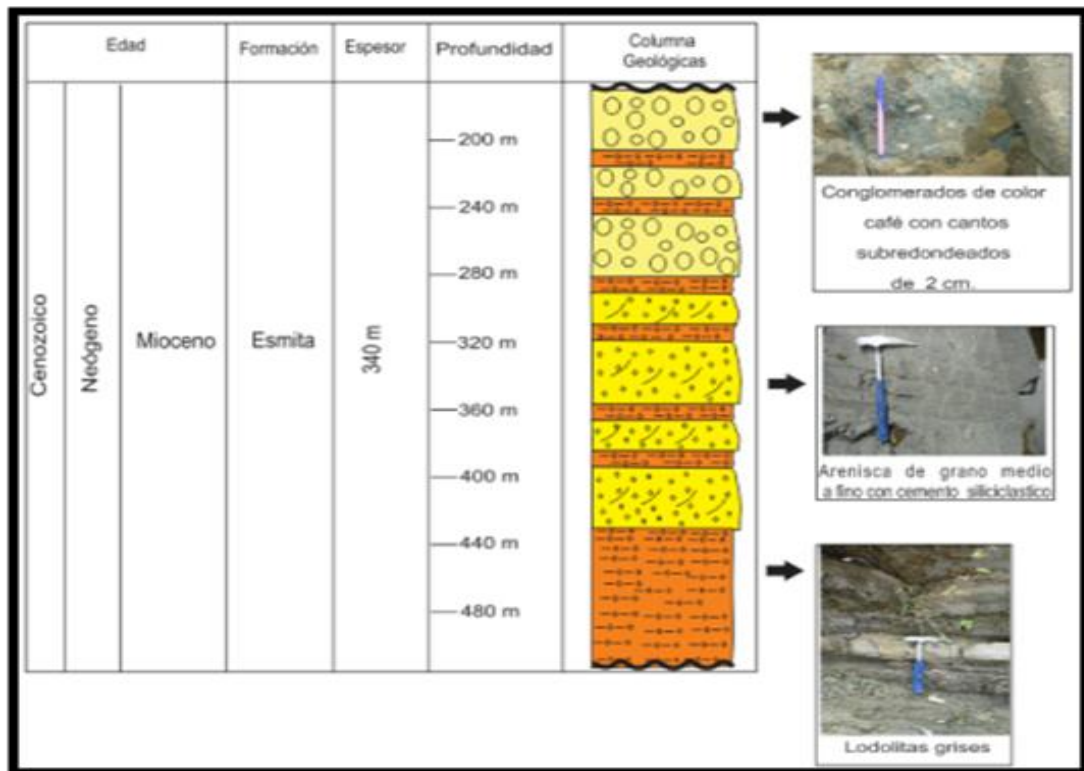
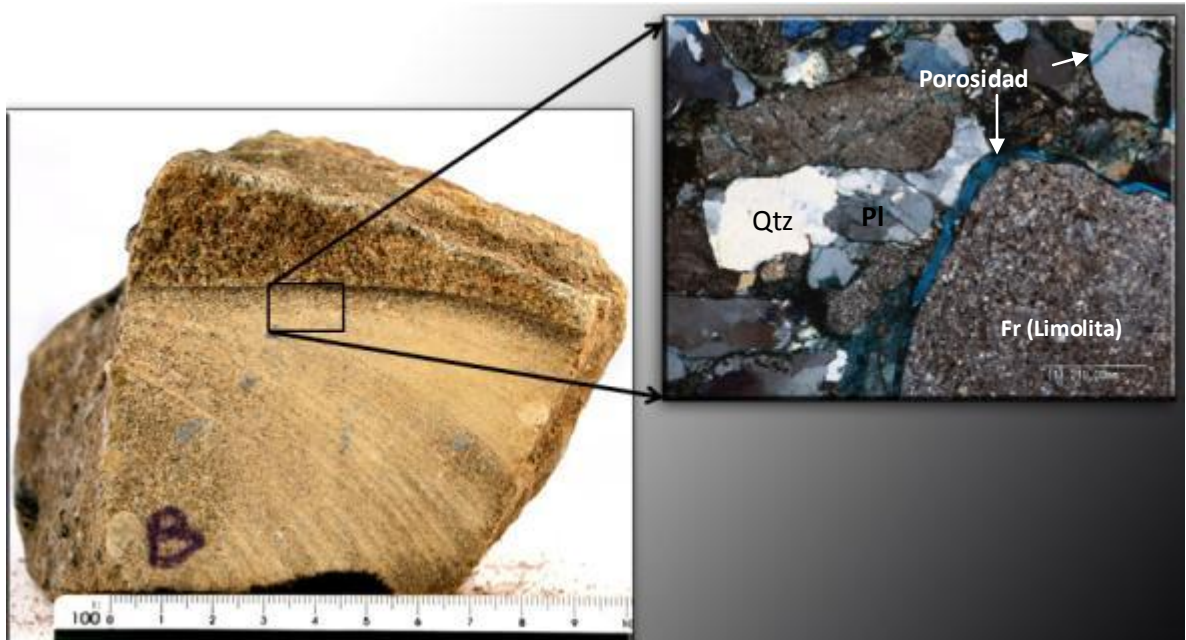


Figura 9. Columna Estratigráfica Formación Esmita en la Quebrada Matacea. Este estudio.



En la sección delgada del Miembro Superior de la Formación Esmita (Fotografía 25), se observa un conglomerado con contenido de plagioclasa, cuarzo, fragmentos de roca (limolitas); con unas venillas de cuarzo presenta una porosidad del 15%.

Fotografía 25. Conglomerado del miembro superior de la Formación Esmita



### 7.1.5 Recorridos Formación Mercaderes

**Localización:** a unos 500 metros del pozo ANH-PATIA-29-ST-S, aflora los conglomerados de la Formación esmita que se localiza a 3,4 Km del cruce de El Estrecho sobre la vía Panamericana que conduce al Municipio de Balboa. En un lote ubicado en una planicie de aspecto aluvial a mano derecha de la carretera.

**Coordenadas:** N: 711.201, E: 657.955

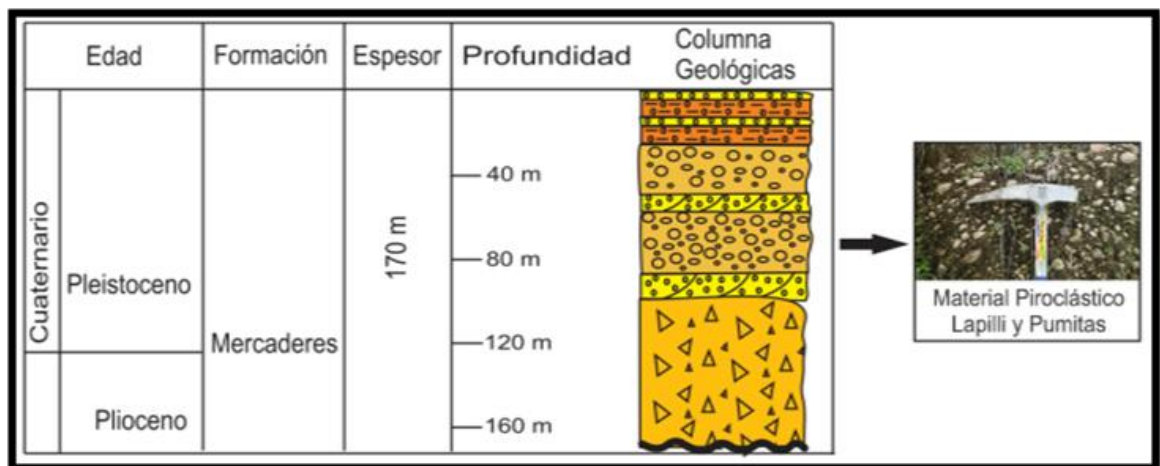
Este sector corresponde al Miembro superior de la Formación Mercaderes en donde se encuentra un afloramiento conglomerático con cantos de material

piroclástico como Lapilli y pumitas. Esta última contiene cuarzo y en menor cantidad hornblenda y biotita, con pumita de color crema (Fotografía 26)

Fotografía 26. Miembro superior de la Formación Mercaderes.



Figura 10. Columna Estratigráfica Formación Mercaderes en el sector del El Estrecho.



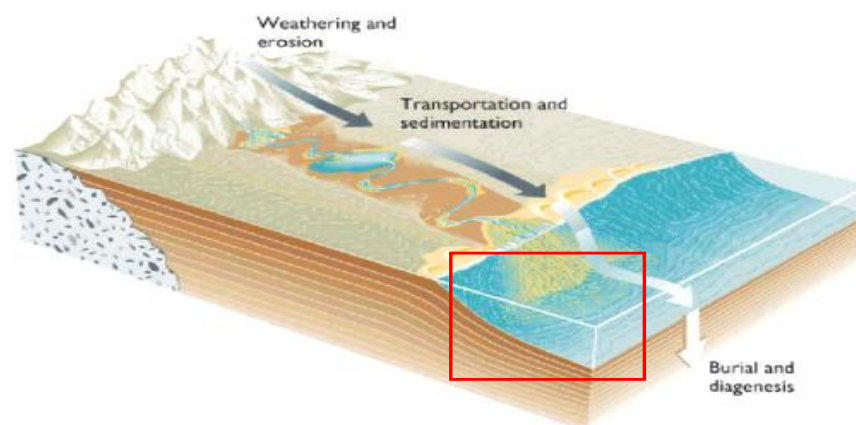
## 8. DETERMINACIÓN DE AMBIENTE

La determinación del ambiente de las Formaciones Peña Morada, Mosquera, Esmita y Mercaderes, se realiza teniendo en cuenta tanto los estudios Macro y Micro de las muestras de afloramientos obtenidas en la fase de campo, como de la información bibliográfica recopilada.

### 8.1 FORMACIÓN PEÑA MORADA

La formación Peña Morada presenta un crecimiento de grano de base a techo con aportes de material marino y volcánico. El Miembro Inferior está compuesto por rocas acumuladas en una plataforma somera dominada por lodos calcáreos, sobre estos se depositaron conglomerados acumulados en abanicos proximales; esto indica que hubo un abrupto descenso en el nivel del mar, registrando el mayor evento regresivo. Por otra parte, su carácter litológico y composición indican que la zona de aporte fue la Cordillera Occidental.

Figura 11. Modelo de deposición de erosión, transporte y sedimentación fluvial.

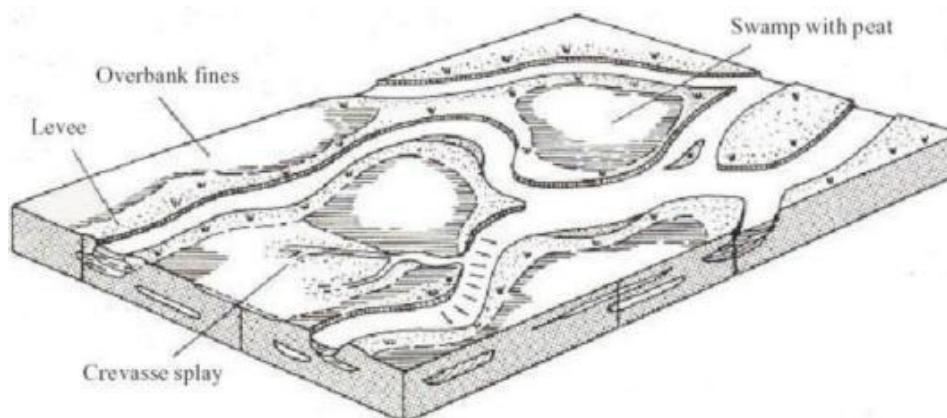


Fuente: IBAÑEZ, Juan José. Erosión, Transporte y Sedimentación: Erosión Geológica [en línea]. 2008. [Consultado el 2 de mayo del 2012, 5:23 p.m.]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/08/15/98822>>

## 8.2 FORMACIÓN MOSQUERA

La Formación Mosquera presenta una gradación sedimentaria, su miembro inferior es de contenido limolítico, el miembro Medio presenta intercalaciones de areniscas y limolitas grises, con capas tabulares de hasta 2 m de espesor y con estratificación plana, indicando un proceso de transición continental-litoral, con algunos niveles marinos posiblemente zonas deltaicas y de facies de canal. Las arenitas y lodolitas, son producto de depósitos de ríos meandriformes y llanuras de inundación; puntualmente presenta sedimentitas con influencia marina. El Miembro superior compuesto por conglomerados acumulados en ambientes de abanicos proximales-distales y ríos trenzados tiene presencia de materia orgánica, sus granos son subredondeados y está mal calibrada. Este aporte sedimentario proviene de la Cordillera Central que se depositaron en canales de relleno y en una llanura transicional, dada la presencia de carbón que se da en la Formación. Se considera como el resultado de un proceso transgresivo. Ambientalmente representa una asociación de abanicos aluviales en costas abruptas.

Figura 12. Modelo de depositación; se observa la depositación en zonas deltaicas y de facies de un canal.

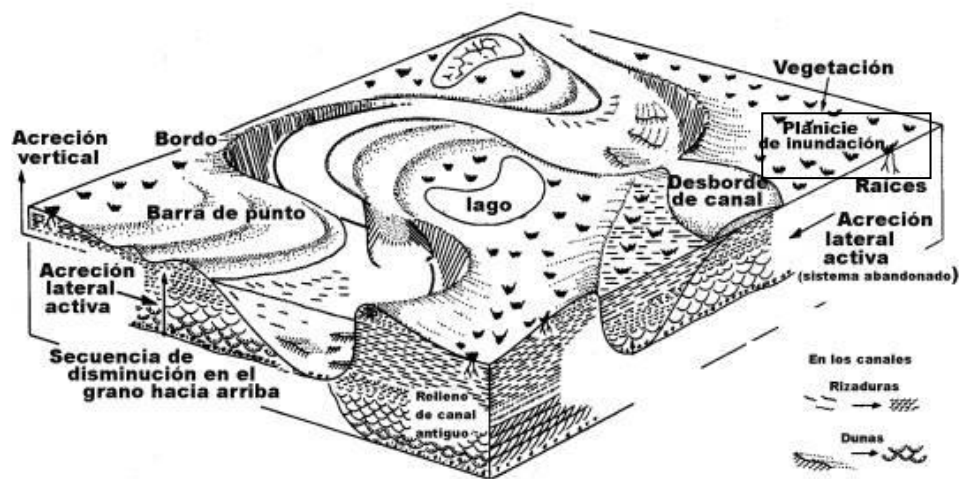


Fuente: IBAÑEZ, Juan José. Erosión, Transporte y Sedimentación: suelos principales del mundo [en línea]. 2008. [Consultado el 2 de mayo del 2012, 5:23 p.m.]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/wp-content/blogs.dir/42/files/1283/rio-anastasomado-suelos-principales-del-mundo-wrb-fao.jpg>>

### 8.3 FORMACIÓN ESMITA

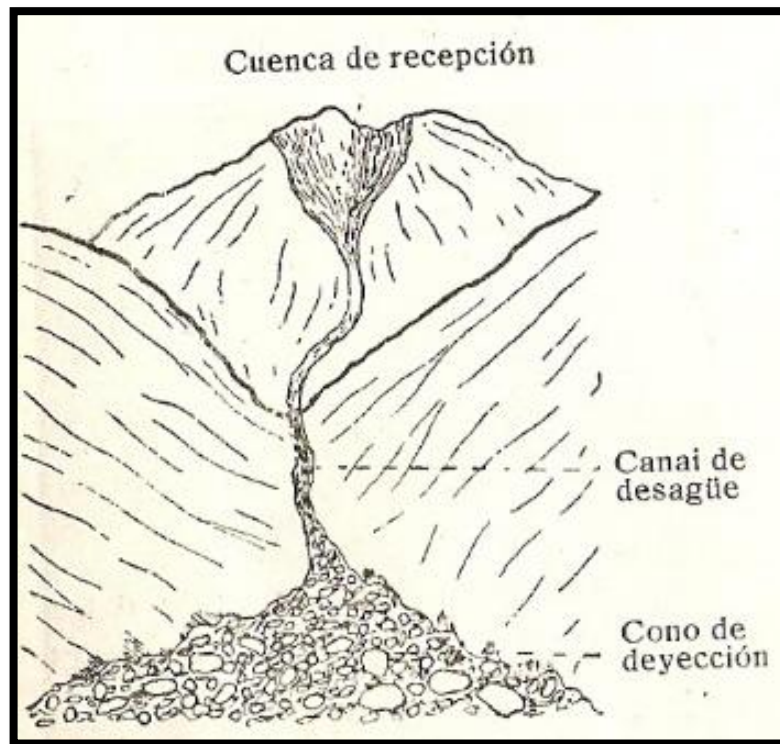
La formación Esmita presenta un crecimiento de grano de base a techo presentando algunos rasgos de ambiente transicional – continental. El Miembro Limolítico Fosilífero base de la Formación Esmita, lo constituyen sedimentitas finas, heterolíticas y de cuarzoarenitas que fueron acumuladas en ámbitos de marismas, de pantanos, de llanuras mareales, de canales mareales y de plataforma somera, siendo este miembro depositado, en un sistema estuarino. El miembro medio de la Formación Esmita, conformados principalmente por arenitas y lodolitas acumuladas en ámbitos de ríos meandriformes y llanuras de inundación, Se considera de ambiente transicional regresivo, donde la línea de costa migra en dirección Oeste. El miembro conglomerático de la formación se acumulo en un ambiente fluvial (Murcia & Cepeda 1991), consideran que la parte superior se deposito en abanicos aluviales en llanuras costeras.

Figura 13. Modelo depositacional en ríos meandriformes y llanuras de inundación adaptado de Allen, 1964.



Fuente: BLEYZE. Medios sedimentarios [en línea], artículo. [Consultado el 20 de mayo del 2012, 3:00 p.m.]. Disponible en Internet: <URL:<http://es.scribd.com/doc/58484724/Medios-Sedimentarios>>

Figura 14. Modelo depositacional donde se muestra la acumulación en un ambiente fluvial, para el tope conclomerático de la Formación Esmita.

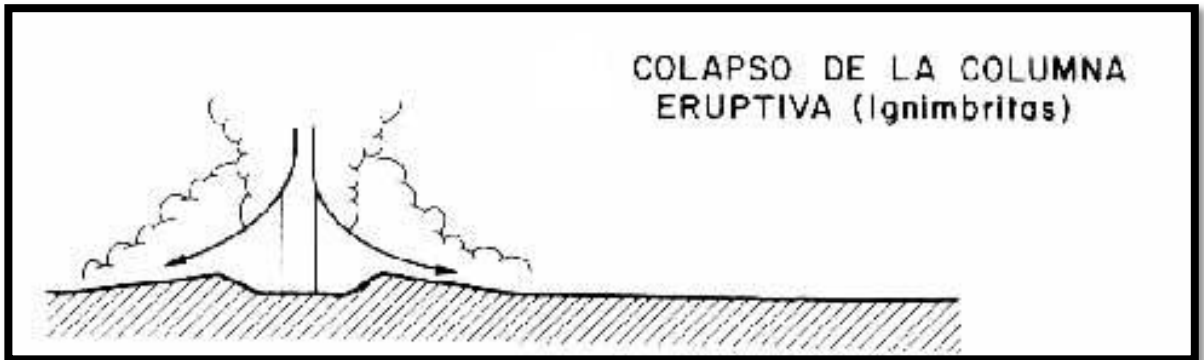


Fuente: BLOG INESPONT. Biología y geología: Geomorfología [en línea]. 2011. [Consultado el 20 de mayo del 2012, 3:45 p.m.]. Disponible en Internet: <URL:<http://inespont.blogspot.com/>>

#### **8.4 FORMACIÓN MERCADERES**

El origen del Miembro Epiclástico de la Formación Mercaderes presenta una composición de areniscas de Pómez, con presencia de Cuarzo y en menor cantidad Hornblenda y Biotita que se debe principalmente al transporte y depósito de los sedimentos del río Mayo que durante el Pleistoceno medio - tardío y acumulaba tanto vertical como lateralmente gravas, arenas y arcillas en ciclos lentos y aglomerados en ciclos torrenciales que formaron el abanico de Mercaderes.

Figura 15. Modelo de flujo piroclástico indicando el contenido de cantos de material piroclástico como Lapilli y pumitas.



Fuente: V. Araña y J. Coello. (1989)

Figura 16. Modelo de depositación. Depósitos de flujo volcánico depositándose en diferentes abanicos.

Fuente: SIGURDSSON (1980).

## CONCLUSIONES

- La columna estratigráfica y el catalogo de muestras de las formaciones esperadas en el pozo ANH-PATIA-1-ST-PROF sirve como apoyo a la hora de su identificación en la etapa de perforación.
- Los intrusivos identificados en la etapa de campo (grupo guabas), posiblemente se encontraran durante la perforación del pozo evitando que se llegue a la profundidad esperada, además es posible q se confundan con el miembro de conglomerados polimicticos de la Formación Mosquera, ya que esta presenta cantos ígneos de hasta 16 cm. gracias a los análisis petrográficos estos cuerpos ígneos serán más fácil identificar durante este proceso.
- La escasa información de subsuelo no permite definir la existencia de depocentros en los cuales las rocas con potencial generador hayan podido alcanzar condiciones de madurez apropiadas para generar y expulsar hidrocarburos, ni su historia de enterramiento. sin embargo este estudio logra identificar algunos elementos del sistema petrolífero de la cuenca, como la roca reservorio correspondiente a las Formaciones Mosquera y Esmita, ya que su descripción litológica presenta buena porosidad y contenido de carbonatos. La roca fuente corresponde posiblemente a la base de la formación Esmita, son limolitas negras con contenido de materia orgánica.
- Durante el recorrido de campo se identifico el Miembro Superior de la Formación Mosquera que corresponde a conglomerados acumulados en abanicos proximales que están en contacto con el Miembro inferior de esta Formación que si bien por problemas climáticos no se logro identificar, por información bibliográfica corresponden a lodos calcáreos, acumulados en plataformas

someras. Esto indica que se presentó un descenso en el nivel del mar, es decir un evento regresivo.

- La cuenca Cauca- Patía es alargada, estrecha y presenta una rápida sedimentación; esto se evidencia en los clastos de cuarzo de la Formación Mosquera, ya que se encontraron granos redondos y otros de menor tamaño de forma angular mostrando un menor transporte.

## RECOMENDACIONES

- La Cuenca Cauca Patía, no presenta una cartografía detallada que sirva como soporte en el adecuado reconocimiento de las unidades de interés, esto es un impedimento en su estudio, sobre todo de las unidades del Cretácico ya que están son las posibles unidades generadoras. Por esto se hace necesario adquirir e interpretar las fotografías aéreas e imágenes de radar, que representan el cubrimiento del área, con el objetivo de mejorar la geología de superficie.
- Es necesario dirigir esfuerzos a la realización de un pozo estratigráfico que ayude a precisar datos sobre el espesor de las unidades, el gradiente geotérmico y los contactos intraformacionales.
- Realizar un modelamiento geoquímico, con base en las muestras ya existentes y en nuevos muestreos realizados en secciones diferentes a las hasta hoy analizadas, con el fin de obtener datos representativos para el área.
- Realizar análisis petrográficos más detallados y geoquímicos para así poder determinar con mayor certeza los elementos para un sistema petrolífero.

## BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, C. El graben interandino Colombo-Ecuatoriano. I Congreso Latinoamericano de Geología. Lima. 1978

ÁLVAREZ, A. J. Geología de la Cordillera Central y el occidente colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides mesocenoicos: Boletín Geológico, INGEOMINAS, 1983. 26 (2): 175.

BARRERO, D. Geology of the Central Western Cordillera, West of Buga and Roldanillo, Colombia: Publicaciones Geológicas Especiales. Ingeominas, v. 4, 1979. p. 1-75

BRAVO, C; CARDONA, C; VALDÉS, C. Informe Cuencas Sedimentarias Cauca-Patía y Catatumbo. Maestría en Geofísica de la Universidad Nacional de Colombia. 2004

CÁCERES, H. Reconocimiento Geológico del campo Cuenca Valle del Cauca y del Patía. ECOPETROL-ESRI. 1988

ESTRADA, A. Geology and Plate Tectonics History of the Colombian Andes (M. Sc. Thesis). Standford University, California. 1972. p. 115

GEOESTUDIOS. Levantamiento de Columnas Estratigráficas y Realización de Análisis Petrográficos, Petrofísicos, Bioestratigráficos y Geoquímicos en las áreas de Pasto-el Bordo, Cali-Buga y Buga-Cartago (Cuenca Cauca-Patía)". 2008. p. 382.

GONZÁLEZ, M. (1996). "Gas Asociado a carbón en Colombia: Una Alternativa Energética de Yacimientos No Convencionales de Gas" *Publigas / Elite E.U.* ISSN: 0124-3330 *ed: v. fasc. Enero-Marz. 2005.p.49 – 53.*

GOVEA, C. & AGUILERA, H. *Cuencas Sedimentarias de Colombia. Cuadernos Técnicos de Ecopetrol.* 1986. p. 79.

GROSSE, E, ALVARADO, B. *Acerca de la Geología del Sur de Colombia. II. Informe Rendido al Ministerio de Industrias Sobre un Viaje por la Cuenca del Patía y el Departamento de Nariño. Instituto Geológico Nacional, INGEOMINAS, Informe Geológico 129, Bogotá. 1931. p.105.*

HINCAPIÉ, G. *Evaluación Geológica y Prospectividad de la cuenca Cauca-Patía, Colombia. X Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en Cuencas Subandinas held in Cartagena, Colombia. 2009. p. 10.*

INGEOMINAS. *Portafolio preliminar de zonas potenciales en las regiones central y sur del sistema tectónico Cauca – Romeral. 2005*

LEÓN, A., PADILLA, L.E., & MARULANDA, N. *Geología, recursos minerales y geoquímica de la parte NE del cuadrángulo 0-5, El Bordo, Depto. del Cauca: Popayán, Ingeominas. 1973*

MEISSNER, RO., FLUEH, ER., STIBANE, F. y BERG, E. *Dinámica del límite de placas activo en el SW de Colombia, de acuerdo a recientes mediciones geofísicas. Proyecto Cooperativo Internacional Nariño. In: J.E. Ramírez y L.T. Aldrich (Editors), La transición océano-continente en el suroeste de Colombia. Instituto Geofísico - Universidad Javeriana, Bogotá, 1976a, p. 169-179.*

MURCIA, A. y CEPEDA, H., Mapa geológico de Colombia, Plancha 429 Pasto, Escala 1: 100.000, INGEOMINAS. 1991.

ORI, G.G. y FRIEND, P.F. Sedimentary basins formed and carried piggyback on active thrust sheets. *Geology*. 1984, 12: 475-478.

ORREGO, A; LEÓN, L; PADILLA. L; ACEVEDO, A; Marulanda, N Mapa Geológico plancha 364 Timbio escala 1:100000. INGEOMINAS. 1999

ORREGO, A; PARIS, G; IBAÑEZ, D; Vásquez, E Mapa Geológico plancha 367 Bolívar escala 1:100000. INGEOMINAS. 1999

PARÍS, G, MARULANDA, N, Mapa Geológico de la Parte Oeste de la Plancha 387 Bolívar. Escala 1:50000, INGEOMINAS, Popayán. 1975.

PÉREZ, G, NUMPAQUE, L. Estudio Geológico de la Subcuenca del Río Patía. *ECOPETROL*, Informe geológico 706, Bogotá. 1980 p. 48

PÉREZ-TÉLLEZ, G Evolución Geológica de la subcuenca del alto Patía Departamento del Cauca, Colombia. *Geología Norandina*. Segunda Edición. 1980

RANGEL, A. V. y GIRALDO, B. N. Evaluación geoquímica de afloramientos de la subcuenca de Patía. *Memorias del VI Congreso Colombiano de Geología*, Medellín, 1993. p. 354-369

RUIZ, S Geología de la plancha 386 Mercaderes escala 1:100000. INGEOMINAS. 1999

SCHWINN, W. Guidebook to the Geology of Valle Del Cauca Area: Columb. Soc. Petroleum Geol. And Geophys, Bogotá. 1969

VALENCIA, J. Análisis Facial y Caracterización de Ambientes y Subambientes de dos Pozos Estratigráficos de la Cuenca Cauca-Patía, Región de él Bordo, Cauca. Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander. 2011

VAN DER HAMMEN, T. Estratigrafía del Terciario y Maastrichtiense continentales y tectonogénesis de los Andes Colombianos: Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional, v. 6, no. 1-3, 1958. p. 67-128.

## **ANEXOS**

**Se entregan en forma digital**