

**ANÁLISIS FACIAL Y CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTES Y SUBAMBIENTES
DE DOS POZOS ESTRATIGRÁFICOS DE LA CUENCA CAUCA-PATÍA,
REGIÓN DE EL BORDO, CAUCA.**

JOAQUÍN ANDRÉS VALENCIA ORTIZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2011

**ANÁLISIS FACIAL Y CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTES Y SUBAMBIENTES
DE DOS POZOS ESTRATIGRÁFICOS DE LA CUENCA CAUCA-PATÍA,
REGIÓN DE EL BORDO, CAUCA.**

JOAQUÍN ANDRÉS VALENCIA ORTIZ

Proyecto de grado para optar al título de geólogo

Director

M.Sc ALBERTO ORTIZ FERNADEZ

Codirector

M.Sc JAIRO CLAVIJO TORRES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2011

DEDICATORIA

Unas pocas palabras escritas en estas hojas blancas, no expresan a cabalidad todo el sentimiento que quisiera reflejar para el ser que me brindo la ayuda en cumplir una de las metas más preciadas en mi vida.

Solo puedo decir infinitas gracias y que la vida sea prudente y te llene de gloria, paz y regocijo, para ver los frutos que alguna vez sembraste con sangre, tesón y lucha. Vedme aquí en la culminación de este proyecto de vida, es una alegría que nunca será opacada.

Gracias MAMA!!!!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis tías por todos estos años que estuvieron hay para darme una mano, en especial a mi tía Nati, por ayudarme por tanto tiempo.

También quiero presentar todo mi agradecimiento a mi prima María por enseñarme a perseverar cuando la dificultad apremia; a mi hermano porque ha sacrificado mucho para que yo esté aquí donde estoy. A mi padre por ayudarme en momentos de dificultad.

Agradezco a todos los profesores que me formaron en todos los conocimientos que en la vida profesional necesitare. A mi director y codirector de tesis que abrieron un espacio en su tiempo para ayudarme a crear este proyecto y en especial al profesor Jorge Eduardo Pinto que siempre me da consejo de cómo surgir en la vida profesional.

Agradezco a todo el grupo de investigación de la escuela de Petróleos a la Agencia Nacional de Hidrocarburos por brindarme la posibilidad de mostrar un pedazo de nuestro territorio antes no estudiado.

A todos mis amigos y futuros colegas.

A todos que en algún momento me brindaron su ayuda y apoyo.

Les agradezco por todos sus esfuerzos.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. OBJETIVOS	17
1.1 Objetivo General.....	17
1.2 Objetivos Específicos	17
2. GENERALIDADES DE ÁREA DE TRABAJO.....	18
2.1 Localización.....	18
2.2 Fisiografía y Clima.....	19
3. METODOLOGÍA.....	21
3.1 Recopilación de Material Bibliográfico Publicada para esta Zona (Fase de Oficina).....	21
3.2 Elaboración del Plan de Trabajo y Realización de Protocolos en la Fase de Campo (Fase Pre-Operativa)	22
3.3 Trabajo de Campo (Perforación de Pozos Estratigráficos Patia-29 Y Patia-27)	23
3.4 Selección de Muestras para Análisis de Laboratorios	23
3.4.1 Microscopía	24
3.5 Integración de todos los Datos	26
3.6 Resultados, Conclusiones y Recomendaciones.....	26
4. ANTECEDENTES	27
4.1 Geología	27
4.2 Geoquímica	29
4.3 Geología Histórica	29
5. GEOLOGÍA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	31

5.1 Cretácico	31
5.1.1 Guasbas-Chapungo	31
5.2 Paleoceno.....	31
5.2.1 Formación Peña Morada	31
5.2.2 Formación Chimborazo (Miembros Confites y Loma Larga)	32
5.2.3 Miembro Confites	32
5.2.4 Miembro Loma Larga.	33
5.2.5 Formación Mosquera.....	34
5.3 Neógeno	34
5.3.1 Formación Esmita.....	34
5.3.2 Formación Galeón	35
5.4 Cuaternario	35
5.4.1 Formación Popayán	35
5.4.2 Formación Mercaderes.....	36
5.4.3 Depósitos Cuaternarios	37
6. MARCO TEÓRICO.....	39
6.1 Clasificación de las facies.....	40
7. RESULTADOS	41
7.1 La Cuenca Cauca-Patía	41
7.2 Pozo Patía 29	45
7.2.1 Localización.....	45
7.3 Pozo Patía 27	55
7.3.1 Localización.....	55
8. CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTES Y SUBAMBIENTES DE DEPÓSITO 63	

8.1 Formación Esmita (Miembro Conglomerático)	64
8.2 Formación Popayán.....	65
8.3 Formación Mercaderes.....	67
8.4 Formación Rio Mayo.....	71
8.5 Depósitos Cuaternarios	72
9. CONCLUSIONES.....	74
10. RECOMENDACIONES	77
11. BIBLIOGRAFÍA	79
12. ANEXOS.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de los pozos estratigráficos.	18
Figura 2. Panorámicas mostrando los aspectos morfológicos de las zonas de: (A) Municipio de El Bordo, (B) Municipio de Mercaderes.	20
Figura 3. Estereomicroscopio Nikon SMZ 800.	24
Figura 4. Microscopio marca Nikon Eclipse E200.	25
Figura 5. Situación Cronoestratigráfica de la cuenca Cauca-Patía.	38
Figura 6. Esquema ilustrativo del Ciclo de Wilson.	42
Figura 7. Esquema de un sistema Intramontaña.	43
Figura 8. Esquema ilustrativo de la formación de la cuenca Cauca-Patía por colisión del arco de islas.	44
Figura 9. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de los Depósitos Cuaternarios.	52
Figura 10. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Rio mayo.	52
Figura 11. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Mercaderes.	53
Figura 12. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Popayán.	54
Figura 13. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Esmita (Mbro. conglomerático).	54
Figura 14. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Mercaderes.	59
Figura 15. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Esmita (Mbro. Conglomerático).	60
Figura 16. Columna generalizada de los dos pozos estratigráficos.	61
Figura 17. Ejemplo de Correlación de registros electicos con la columna estratigráfica. Fm. Esmita (Mbro. Conglomerático).	62

Figura 18. Modelo de Deposito de la Formación Esmita (Mbro. Conglomerático). Presenta Ambientes de Marismas, Pantanos y de Debris flow.....	65
Figura 19. Modelo de Deposito de la Formación Popayán. Presenta Ambientes de rellenos de cavidades erosivas (scours) y depósitos laterales de rio.....	67
Figura 20. Esquema de continuidad lateral de la Formación Mercaderes.	68
Figura 21. Modelo de Flujo Piroclástico.	69
Figura 22. Modelo Depositacional de la Formación Mercaderes en la Región de Mercaderes.	70
Figura 23. Modelo Depositacional de la Formación Mercaderes en la Región de El Estrecho.....	70
Figura 24. Modelo Depositacional de la Formación Rio Mayo.	72
Figura 25. Modelo Ambiental para los Depósitos Cuaternarios.	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Profundidades y Formaciones para la realización de Secciones delgadas	23
Tabla 2. Clasificación de las Facies detríticas fluviales.	40
Tabla 3. Clasificación de las facies por carácter Genético.	41

ANEXOS

- Anexo A.** Protocolo de Corazonamiento propuesto por la Escuela de Petróleos de La Universidad Industrial de Santander.
- Anexo B.** Formatos para descripción de núcleos (Formatos de Corazonamiento, Geología y Descripción de Roca Macro y Microscópicamente).
- Anexo C.** Formatos Elaborados en el Proceso de Campo.
- Anexo D.** Tablas de Descripción Facial de los Pozos Patía 29 y Patía 27.
- Anexo E.** Registro Fotográfico de Cada uno de los Núcleos Extraídos en los pozos Patía 29 Y Patía 27.
- Anexo F.** Registros Eléctricos de los Pozos Patía 29 y Patía 27.
- Anexo G.** Columna Generalizada a Escala 1:100 de los pozos Patía 29 y Patía 27.

RESUMEN

TÍTULO

ANÁLISIS FACIAL Y CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTES Y SUBAMBIENTES DE DOS POZOS ESTRATIGRÁFICOS DE LA CUENCA CAUCA-PATÍA, REGIÓN DE EL BORDO, CAUCA.*

AUTOR

JOAQUIN ANDRES VALENCIA ORTIZ**

PALABRAS CLAVE

CUENCA CAUCA-PATÍA, ESTRATIGRAFÍA, ANÁLISIS FACIAL, AMBIENTES, POZOS SLIM-HOLE.

CONTENIDO

En la región de la cuenca Cauca–Patía, subcuenca Patía se presenta la descripción de las unidades geológicas corazonadas en dos pozos que hacen parte de un proyecto de recuperación de núcleos en zonas con bajo conocimiento de unidades geológicas presentes en el subsuelo. Utilizando la tecnología *Slim hole* (pozo estrecho) se obtuvieron núcleos con un 90% de recuperación; los núcleos respectivos de los pozos Patía-29 y Patía-27 se describieron a escala 1:100 pies, con esta información se hace su respectivo análisis facial, caracterización de ambientes y subambientes, incluyendo la descripción de una serie de datos de tipo sedimentológico relativos al tipo de ambiente sedimentario en el que se reconocen: depósitos aluviales recientes, depósitos vulcano-sedimentarios con alto contenido de flujos Piroclásticos y depósitos de origen de transición marino continental a continental. La secuencia estratigráfica de los dos pozos perforados muestra una disminución de unidades litoestratigráficas debido a la manera como estuvo dispuesta la geometría de la cuenca en el momento de la depositación de los sedimentos, esto aplica para eventos donde no existe continuidad lateral y genera adelgazamientos a medida que se aleja en la horizontal un depósito sedimentario; la formación Mercaderes y la formación Esmita son muy características de desarrollar este tipo de patrones, esto debido a que presenta un mayor área de depósito sobre la cuenca, a diferencia de las otras unidades encontradas en pozo, que su área de influencia es más limitada y están documentadas en algunas regiones de la cuenca Cauca-Patía.

*Tesis de Grado. Modalidad investigación.

**Facultad de Ciencias Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: M.Sc Alberto Ortiz Fernández. Codirector: M.Sc Jairo Clavijo Torres

ABSTRACT

TITLE

FACIAL ANALYSIS AND CHARACTERIZATION OF ENVIRONMENTS AND SUB-ENVIRONMENTS OF TWO STRATIGRAPHICS WELLS IN THE BASIN CAUCA-PATIA, BORDO REGION, CAUCA.*

AUTHOR

JOAQUIN ANDRES VALENCIA ORTIZ **

KEYWORDS

CAUCA-PATÍA BASIN, STRATIGRAPHY, FACIAL ANALYSIS, ENVIRONMENT, SLIM-HOLE WELLS.

CONTENT

In the region of Cauca-Patia basin, subbasin Patía is a description of the geological units' hunches in two wells that are part of a draft core recovery in areas with little knowledge of geological units in the subsurface. Using Slim hole technology (narrow well) were obtained with 90% core recovery, the respective nucleos of the wells and Patia Patia-29 and Patía-27 described a scale of 1:100 feet with this information makes its respective facial analysis , characterization of environments and sub-environments, including the description of a series of sedimentological data types related to the type of sedimentary environment in which they are recognized: alluvial deposits, volcano-sedimentary deposits with high flows and pyroclastic deposits originated in transition marine continental mainland. The stratigraphic sequence of the two wells drilled shows lithostratigraphic units decreased due to the way it was prepared the geometry of the basin at the time of deposition of sediments, this applies to events where there is thinning of lateral continuity and generates as that escapes from the horizontal sedimentary deposit, formation Mercaderes and formation Esmita are very characteristic of developing such standards, it because it has a larger storage area in the basin, unlike the other units found in well that its influence is more limited and are documented in some regions of the Cauca-Patía basin.

* Degree Work. Modality Investigation.

** Faculty of Physical Chemistry. School of Geology. Director: M.Sc. Alberto Ortiz Fernandez. Co-Director: M. Sc Jairo Clavijo Torres

INTRODUCCIÓN

La formación de un ambiente sedimentario deriva de muchas fuentes externas e internas de la superficie del planeta, en donde los factores climáticos y los factores geológicos de mayor orden afectan directamente la corteza terrestre como lo son los desplazamientos tectónicos, los cuales moldean la superficie de una región, esto se aplica de forma general a todas las cuencas sedimentarias existente. Para poder entender estos procesos de cambio y mostrarlos de una forma lógica, se parte de la realización de un análisis a cada una de las unidades litoestratigráficas presentes en una secuencia sedimentaria. Esto se pone en práctica para el presente proyecto por un proceso de perforación de pozos estratigráficos, en el que a su vez, por medio del material extraído se reflejan los parámetros de creación y conformación de un ambiente sedimentario, representado por un modelo depositacional, donde esta ceñido a parámetros tanto físicos como químicos de la naturaleza geológica. Es por esto que la interpretación facial de una región cuenta con gran interés para la evolución geológica de una cuenca sedimentaria.

Este estudio utiliza información de un proyecto de recuperación de núcleos por el método *Slim hole* (Pozos Estrechos) en la Cuenca Cauca Patía, en donde no se han realizado recuperaciones de núcleos que permitan conocer como en otras cuencas la secuencia sedimentaria presente en subsuelo. Solo se cuenta con información de afloramientos de diferentes estudios de este estudio permite precisamente calibrar esta información y ajustar los espesores reales de las diferentes unidades sedimentarias objeto de este proyecto patrocinado por la ANH y ejecutado por la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la UIS. Se cuenta con la realización de una perforación de dos pozos estratigráficos estrechos de tipo “Slim hole” y con un registro de datos de aproximadamente 2144 pies de perforación en la región del Bordo y Mercaderes, Municipios del Cauca.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

- Realizar la descripción, análisis y posterior caracterización de las unidades litoestratigráficas presentes en dos pozos corazonados de la región de El Bordo, Municipio del Cauca.

1.2 Objetivos Específicos

- Descripción de núcleos en dos pozos litoestratigráficos corazonados en el proceso de campo, para su posterior análisis facial.
- Descripción y análisis de secciones delgadas por medio de microscopía en los sectores (Profundidades) o litologías de mayor interés.
- Análisis de los registros de los pozos y su correlación con la descripción litológica.
- Caracterización de los ambientes y subambientes con base en el análisis facial de los núcleos extraídos de los pozos de la región del Bordo, Municipio del Cauca.
- Elaboración de los modelos depositacionales que se desarrollaron en la zona de estudio.

2. GENERALIDADES DE ÁREA DE TRABAJO

2.1 Localización

El área de trabajo donde se perforó el primer pozo estratigráfico y nombrado Patía-29, se localiza a 3,4 Km del cruce de El Estrecho sobre la vía que conduce al Municipio de Balboa. En un lote ubicado en una planicie definida por un Cuaternario aluvial, a mano derecha de la carretera. El Estrecho es el cruce que hacia el Oeste conduce al Municipio de Balboa sobre la carretera Panamericana. (Plancha 386, Mercaderes) del instituto Geográfico Agustín Codazzi .El segundo pozo estratigráfico nombrado Patia-27 se encuentra en la región de Mercaderes, se localiza a 1.5 Km al Sur de la salida del sector San Fernando Sur, en el predio El Hornillo, ubicado a 4 Km al Sur del parque principal del Municipio de Mercaderes. Se accede por la carretera Mercaderes-Pasto (antigua vía), este punto geográfico pertenece a la (Plancha 386, Mercaderes) corta la carretera (Ver Figura 1).

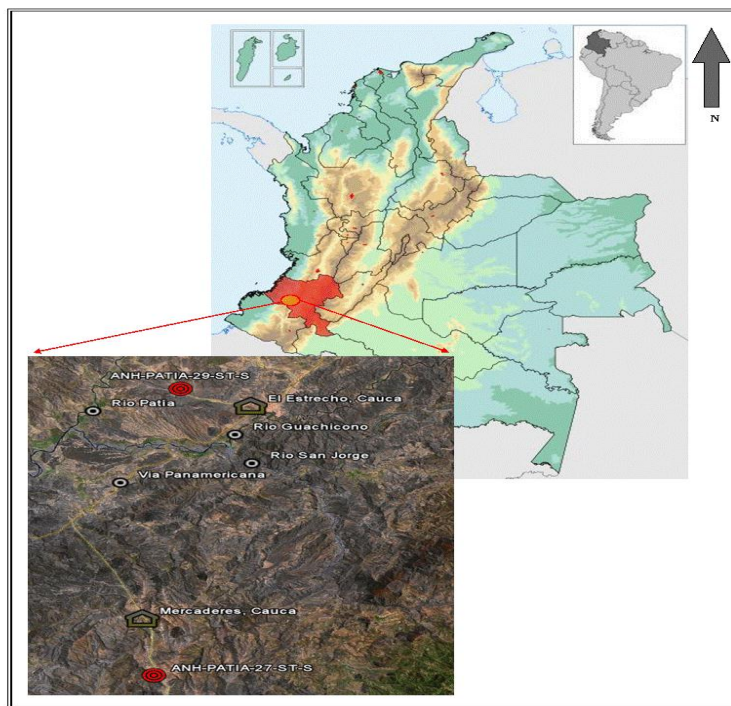


Figura 1. Localización de los pozos estratigráficos.
Tomado de Google Maps y Google Earth.

La distancia del pozo Patía 29 al pozo Patía 27 es de 24 km en línea recta, presenta un fácil acceso y se encuentran a unos 30 a 40 minutos por carretera pavimentada.

2.2 Fisiografía y Clima.

Para el área de la subcuenca Patía se presenta una topografía abrupta con pendientes que van desde medias a casi escarpadas, con poca vegetación primaria caracterizada por pastizales; presenta temperaturas que oscilan entre los 18 a 26 °C, con baja pluviosidad. La realización de la perforación de los dos pozos estratigráficos se ubica en dos zonas diferentes que pertenecen al Departamento del Cauca y distan una de la otra a 38 Km por vía Panamericana y carreteras aledañas; Para el primer pozo Patía 29 se presenta en la región de El Estrecho, perteneciente al Municipio del Bordo está localizado a los 02° 06' 56" de latitud Norte y 76° 59' 21" de longitud Oeste. Altura sobre el nivel del mar: 910 m. Temperatura media: 23°C. Precipitación media anual: 2.171 mm. Dista de Popayán 82 km. El área municipal es de 723 km² y limita por el Norte con El Tambo y La Sierra, por el Este con La Sierra y Bolívar, por el Sur con Sucre y Mercaderes y por el Oeste con Balboa y Argelia. Hacen parte del municipio los corregimientos de El Hoyo, La Fonda o Portugal, Las Tallas, Mendez, Pan de Azúcar, Angulo, Bello Horizonte, Brisas, Santacruz, Don Alonso, El Estrecho, El Placer, El Puro, Galíndez, La Mesa, Patía, Piedra Sentada y Santa Rosa Baja. (Ver Figura 2-A)

El segundo pozo Patía 27 se encuentra en la región del Municipio de Mercaderes está localizado a los 1°48'5.14" de latitud Norte y 77°10'7.19" de longitud Oeste. Altura sobre el nivel del mar: 1.167 m. Temperatura media: 22°C. Precipitación media anual: 2.700 mm. Dista de Popayán 150 km. El área municipal es de 641 km² y limita por el Norte con Municipios de Patía y Balboa, por el Este con el Municipio de Bolívar, por el Sur con Municipio de Florencia y Departamento de

Nariño. Municipios de Taminango, San Lorenzo y La Unión y por el Oeste con Departamento de Nariño Municipios de Leiva y El Rosario. (Ver Figura 2-B)

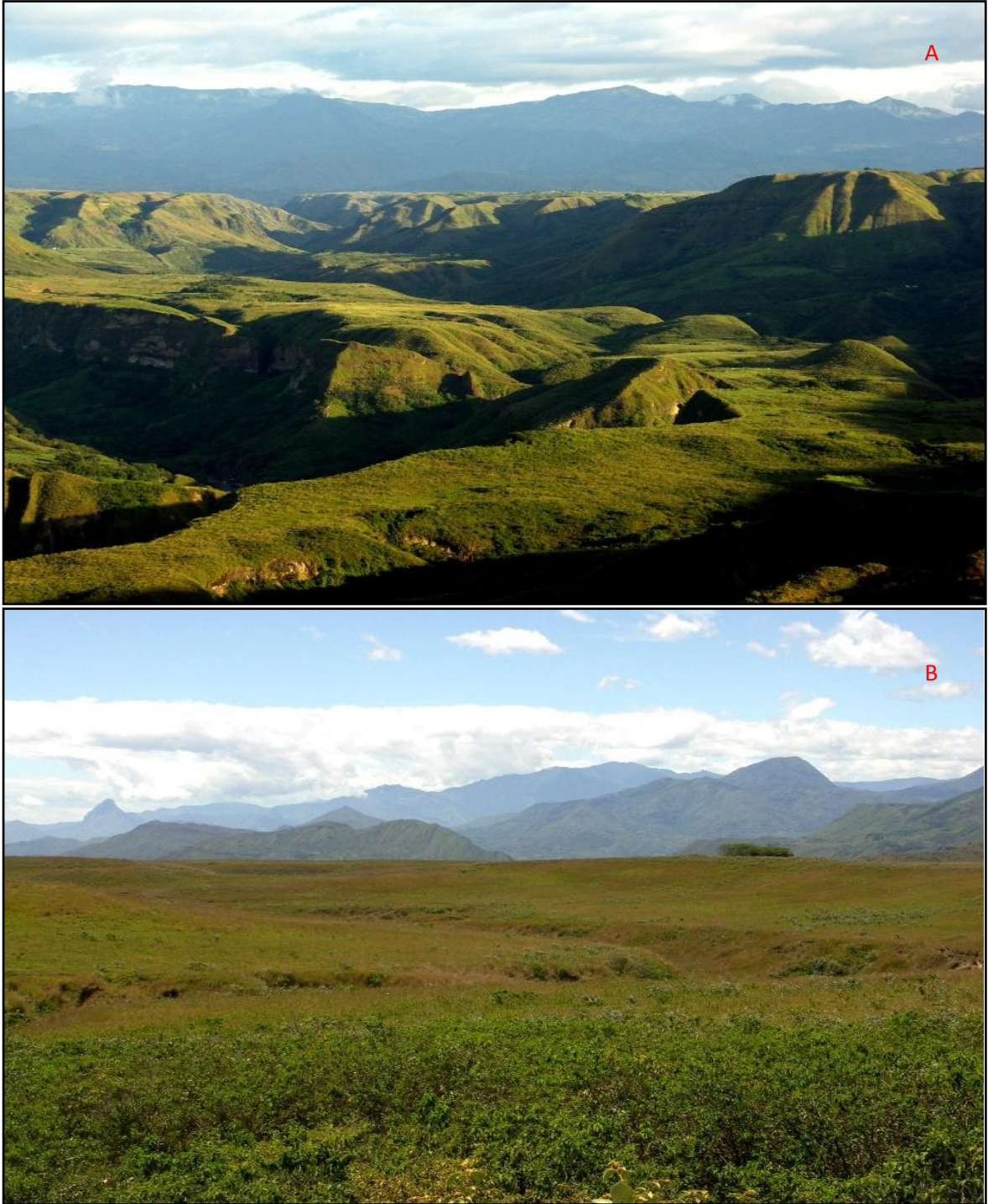


Figura 2. Panorámicas mostrando los aspectos morfológicos de las zonas de: (A) Municipio de El Bordo, (B) Municipio de Mercaderes.

3. METODOLOGÍA

La metodología a desarrollar para el presente proyecto se basa en la recopilación de información general, descripción de los núcleos recuperados en los pozos de estudio, análisis en laboratorio de las muestras recuperadas, e integración de la información para generar una serie de modelos interpretativos los cuales serán referenciados a continuación:

3.1 Recopilación de Material Bibliográfico Publicada para esta Zona (Fase de Oficina).

Integrando varias formas de adquisición de material bibliográfico como una fase inicial de reconocer las características geológicas del área de estudio y así evaluar de diferentes perspectivas los trabajos expuestos sobre la misma, con la información recolectada se tendrá una idea de las unidades geológicas presentes en superficie, y así extrapolarlas en profundidad.

Los trabajos publicados relacionados con esta cuenca se recopilaron desde el punto de vista investigativo, búsqueda directa del material por medio físico en cada uno de los centros bibliográficos, como la Biblioteca Central de la Universidad Industrial de Santander, La Biblioteca de la Escuela de Geología, la Biblioteca de "Instituto Colombiano del Petróleo" ICP; posteriormente se dará lugar a un investigación de tipo más informático como son las base de datos presentes en cada uno de los portales web que brinda la ANH, INGEOMINAS y la Universidad.

Después de obtener y clasificar todos los documentos recopilados en la primera fase de oficina se procede a determinar el orden de prioridad con los elementos de mayor importancia, para así presentar una información más verídica de la región en estudio; siguiendo a la digitalización de este material, seguido a este paso se procede a una incorporación del material para su análisis y/o interpretación,

presentando una descripción de cada situación geológica presente en la zona donde se desarrolló la perforación de los pozos Patía 29 y Patía 27. Los documentos adquiridos se clasificaran de acuerdo con la rama en que se desarrolle, como son artículos de geología general, estructural, geología histórica, geoquímica entre otras que competen conceptos de la Geología.

3.2 Elaboración del Plan de Trabajo y Realización de Protocolos en la Fase de Campo (Fase Pre-Operativa)

En esta fase se realizó un plan de trabajo, el cual se verá reflejado en la consecución de datos y el tipo de registro que se llenaron al momento de la perforación, en la adquisición de datos geológicos, como lo son el formato de REPORTE DIARIO GEOLOGICO y Formato ENTREGA DE CORAZONES CONVENCIONALES REPORTE DIARIO DE CORAZONAMIENTO (Ver Anexo B), registrando en una primera fase el trabajo realizado en cada uno de los pozos, también a este trabajo se anexan las descripciones realizadas para cada núcleo extraído.

Esta primera etapa se presenta de acuerdo con un lineamiento o protocolo establecido para el seguimiento de cada núcleo extraído y que se da como referencia en el protocolo de corazonamiento (Ver Anexo A) presentado por la Escuela de Ingeniería de Petróleos para el presente proyecto. El documento contiene los lineamientos de la norma API RP 40, lineamientos del Manual de entrega de información Geológica a la Litoteca Nacional y muestran el conducto regular desde el momento de la extracción del núcleo hasta la preservación del mismo. En este punto se incluirán las especificaciones técnicas del equipo con el cual se realizó la perforación del pozo estratigráfico.

3.3 Trabajo de Campo (Perforación de Pozos Estratigráficos Patia-29 Y Patia-27)

Con los elementos obtenidos en las dos primeras fases, antecedentes y formatos, más la descripción geológica de los núcleos, se recopila la información para ser interpretada en la fase de laboratorio. En estudio previo por parte de los antecedentes se destinaran las áreas de mayor interés, donde se realizaran análisis más precisos, dando lugar al análisis de 7 secciones delgadas a diferentes profundidades y litologías, con el fin de determinar con mayor precisión las diferencias litológicas de cada unidad evaluada. Las profundidades a tomar núcleos se presentan en la (Ver Tabla 1). De igual forma como se establecen los parámetros de preservación para los núcleos convencionales, se realiza la preservación de los núcleos de sección delgada, agregándole que el núcleo debe de ser de un cuerpo compacto, de aproximadamente 5 cm de longitud y 6,2 cm de diámetro, con su respectiva profundidad en la cual se tomó y detallo el tope y base del mismo.

N° Sección Delgada	Profundidad (Pies)	Formación
1	289	Mercaderes
2	494	Mercaderes
3	547	Popayán
4	674	Esmita
5	1.164	Esmita
6	1.784	Esmita
7	2.100	Esmita

Tabla 1. Profundidades y Formaciones para la realización de Secciones delgadas

3.4 Selección de Muestras para Análisis de Laboratorios

Con la realización de la fase de campo donde se obtuvieron las diferentes muestras de núcleos extraídos de la perforación de los pozos Patía 29 y Patía 27, se realizara una fase de laboratorio la cual contara con la selección, corte, secado,

pegado, pulida de cada uno de los núcleos en sus respectivas profundidades, el siguiente paso es realizar las descripciones de microscopía.

3.4.1 Microscopía

Los análisis de microscopía utilizados fueron de dos tipos: Fundamentalmente microscopía óptica y Microscopía de luz transmitida.

3.4.1.1 Microscopia Óptica

Estereomicroscopio

Un Estereomicroscopio binocular Nikon SMZ 800 de la Escuela de Geología de la UIS, fue utilizado para describir muestra de núcleos macroscópicamente y así definir minerales y/o estructuras visibles en este rango de vision, como también para identificar y observar distintos aspectos tanto mineralógicos como morfológicos de algunas fases minerales (Ver Figura 3).



Figura 3. Estereomicroscopio Nikon SMZ 800.

3.4.1.2 Microscopía de luz transmitida

Los análisis se llevaron a cabo, utilizando microscopios marca Nikon Eclipse E200 y NIKON Alphaphot – 2 YS2 (Ver Figura 4), disponibles en los laboratorios de microscopía óptica de la Escuela de Geología de la UIS. Los estudios determinaron con un mayor enfoque los minerales presentes en cada una de las secciones delgadas, precisando el carácter textural y composicional del núcleo extraído. Estos análisis se reportaran en los diferentes formatos los cuales describen las características generales para el presente estudio. (Ver Anexo B).



Figura 4. Microscopio marca Nikon Eclipse E200.

3.5 Integración de todos los Datos

Con el proceso investigativo, la descripción en campo de los núcleos extraídos en una profundidad aproximada de 2.144 pies, y el análisis macro y microscópico, se procede a realizar una integración de datos, con la realización de un análisis a escala 1:10 donde se correlacionara con la información de los registros, para establecer cada una de las facies presentes asignándoles un rango y una asignación estratigráfica para cada facie dispuesta en la columna estratigráfica. Posteriormente se pasa a la creación de una columna a escala 1:100 y así establecer la caracterización de ambientes y subambientes con las diferentes condiciones geológicas de formación de la cuenca en el sitio de la perforación del pozo estratigráfico.

3.6 Resultados, Conclusiones y Recomendaciones.

Teniendo los elementos dispuestos mediante un correcto procedimiento en el manejo de la información, se procederá a la parte del análisis donde se extraerá la información para generar una serie de escenarios, los cuales presentaran las correlaciones entre los pozos mostrando las secuencias sedimentarias y generando un modelo de la cuenca en la zona del presente estudio. Con los objetivos cumplidos y las metas alcanzadas se evaluarán los aspectos que dieron mayor impacto en el desarrollo de este proyecto los cuales mostraran los alcances y a su vez mostrar los puntos débiles del mismo, para que en futuros proyectos se tengan en cuenta, con un mejor desarrollo del plan a emprender y mejores resultados.

4. ANTECEDENTES

4.1 Geología

PÉREZ, G Y TÉLLEZ. (1980). La subcuenca del alto Patía está localizada entre las Cordilleras Central y Occidental, en la esquina Suroccidental de Colombia y constituye la porción Sur de la cuenca Cauca-Patía. Su desarrollo está 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 inicio en el Eoceno Medio y estuvo controlada por el equilibrio isostático de bloques tectónicos a lo largo de fallas transformantes Cretáceas con orientación ENE.

KEITH, J.F, RINE, J.M Y SACKS, P.E. (1988). Recopilación de varios informes y trabajos realizados sobre la Cuenca del Valle del Cauca, los datos fueron recogidos por los temas de campo y síntesis preliminares; estos datos fueron analizados en beneficiado de presentar las conclusiones de la situación actual de la cuenca con la información trabajada al momento de la investigación en este proyecto.

MARTINEZ, J.A Y RUBIO, F. (1991). Definición de las unidades sedimentarias del Terciario en términos de unidades tectosedimentarias conformadas por las formaciones Peña Morada, miembro basal de Mosquera, miembro superior de Mosquera, miembro limolítico-fosilífero y arenáceo de Esmita y el miembro conglomerático de Esmita, dando lugar a un estudio estructural de la zona para así apreciar el sistemas de fallas presentes y que a su vez influyen en la distribución de las facies.

GONZÁLEZ, C. (1996). Desarrollo de la cartografía y la correlación estratigráfica de los miembros en las formaciones Terciarias, comprendida entre el río Timba al Sur y el río Arroyohondo al Norte, el estudio cubre un área de 200km cuadrados donde se encuentran rocas del Cretácico al presente, en la zona de estudio se encuentran diferentes litologías como lo son las formaciones Confites, Guachinte y Ferreira, con esto se muestra el estudio de factibilidad en la prospección de carbones para la presente cuenca.

MORENO, S. M Y PARDO, T. (2003). Nuevos datos sobre las cinco regiones del Oeste de Colombia junto con la información disponible nos permiten sugerir que al menos cinco complejos estructurales constituyen de la frontera Noroccidental de América del Sur: Quebradagrande-Alao, Arquía-Guamote, Amaime-Chaucha, Cordillera Occidental y Chocó-Panamá. Las características geológicas y la edad de estos complejos apoyan la hipótesis de el origen del Pacífico del Caribe, proponemos que el origen de estos complejos están relacionados con la acumulación progresiva de bloques marítimos contra el Noroeste de Sur América en las siguientes fases: acumulación diagonal del Cretácico Inferior de la proto-Caribe corteza oceánica con un arco volcánico asociado, del Cretácico Superior en diagonal colisión de la placa del Caribe (meseta oceánica) contra el Noroeste de Sur , seguido por una colisión frontal durante el Terciario temprano.

INGEOMINAS. (2005). El portafolio de zonas potenciales que se presenta en este documento, es el resultado preliminar del análisis de la información geológica, geoquímica y minera que actualmente se adelanta en el proceso de compilación de toda la información temática existente (Fase 0), en las Zonas Central y Sur del Sistema Tectónico Cauca Romeral. Una vez se complete el proceso de compilación y análisis de la información técnica en desarrollo de la fase 0 del proyecto, se conocerá el número total de zonas potenciales, prospectos y/o proyectos que puedan ser de interés para el Sector Minero.

HINCAPIÉ, G. (2009). La Cuenca Cauca-Patía (CCP) es una depresión intermontana con un área de aproximadamente 13.000 km², 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 km², 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.

4.2 Geoquímica

RANGEL, A.V; GONGALVES, F.T Y ESCALANTE, C. (2002). La Cuenca Patía es un área frontera exploratoria con 5000km² localizada en la porción Suroeste de Colombia. Setenta muestras de roca de afloramiento y una muestra de crudo del rezumadero de la quebrada Matacea fueron sometidas a análisis geoquímicos. Estos análisis permitieron una mejor evaluación del potencial petrolífero de esta área frontera. Análisis de carbono orgánico y pirolisis indican que la secuencia Chapungo de edad Cretácica Tardía y la formación Chimborazo de edad del Eoceno poseen las mejores potencias para generación de petróleo entre las muestras estudiadas. Evidencias petrográficas sugieren que el efecto térmico de intrusiones ígneas es responsable por el alto grado de madurez de algunos de los intervalos muestreados.

4.3 Geología Histórica

PADILLA, L. E. (1986). La cuenca hullera del Terciario del Valle del Cauca-Cauca, es un depósito estrecho y alargado que aflora desde el Norte del Departamento de Nariño hasta un poco al Norte de la localidad de Vijes en el Departamento del Valle. La estratigrafía de las formaciones Guachinte y Ferreira, propuestas para el

borde Oriental de la Cordillera Occidental destacan la presencia de tres ciclos mayores o cicloternas, los cuales se repiten uniformemente durante el periodo comprometido entre el Eoceno y el Mioceno Medio.

RÍOS, P Y HERNÁNDEZ, J. M. (1989). Los sedimentos del intervalo Oligoceno-Mioceno afloran en el sector Noreste de la subcuenca del Valle del Cauca (Formación Cartago), se extienden en una franja de dirección Norte-Sur, de aproximadamente 50 km de largo y un promedio de 6 a 9 km de ancho, ocupan topográficamente las partes más altas de un pequeño cinturón montañoso que constituye las estribaciones Occidentales de la Cordillera Central, y que se observa desde el sector Este de Tuluá, al Sur, hasta el sector este de la ciudad de Cartago, al Norte. Su límite Oriental, está marcado por su contacto discordante con las unidades suprayacente, formación la Paila, edad Mioceno, y la formación Armenia, de edad plio-Pleistoceno; e igualmente su contacto discordante y localmente fallado con las unidades pre-Terciarias infrayacentes, formación Amainé; edad Jurásico, y el batolito de Buga de edad Cretácico.

NIÑO, C; CRISTINA. C Y MENESES, C. (2004). Compilación de datos presentes en la Cuenca Cauca-Patía, evaluando diversos aspectos para generar un modelo de prospectos de explotación y exploración para dicha cuenca.

ANÁLISIS: El desarrollo geológico de la cuenca se enfoca más hacia la región del Valle del Cauca donde cuenta con mayor cantidad de estudios realizados, pero a su vez esta información es muy escasa, ya que solo se presenta algunos estudios enfocados a aspectos geoquímicos. En la subcuenca Patía se presentan y describen procesos tectónicos que interpretan la evolución de la cuenca. Los análisis estratigráficos hechos se basan en las unidades más antiguas, estas unidades se analizaron para establecer el sistema petrolífero y así encontrar nuevos prospectos de exploración. La información encontrada no es reciente y cuenta con pocas publicaciones recientes.

5. GEOLOGÍA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Cretácico

5.1.1 Guasbas-Chapungo

Edad: Sin información

Autor: Orrego (1975).

Localidad: Al oeste Caserío El Amparo; río Asnazú y Marilopez; flanco este de la Cordillera Occidental; Noroeste de Popayán, cerro la Tetilla y alrededores.

Descripción litológica: Corresponde a rocas de composición basáltica, diabasas, basaltos amigdaloides, tobas y delgadas intercalaciones de rocas sedimentarias (calizas, chert, limolitas). Tomado de Nelson (1962).

Contacto: Sin información

Espesor: Sin información

5.2 Paleoceno

5.2.1 Formación Peña Morada

Edad: Infrayace la Formación Mosquera que ha sido datada como Eoceno Medio. Se le asigna una edad Cretácico Superior a Paleoceno (?) - aunque en la Formación Peña Morada no se ha reportado registro fósil.

Autor: León, Padilla & Marulanda (1973)

Localidad tipo: paraje Peña Morada (planchas 364-III-B), río Esmita.

Descripción litológica: La base está constituida por un banco de calizas negras de 8 m de espesor. Una capa de limolitas arenosas de unos 3 m de espesor, compactas, de apariencia lidítica, suprayace el banco de calizas. El tope está constituido por conglomerados polimícticos 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.

Espesor: Localidad tipo, 211 m

5.2.2 Formación Chimborazo (Miembros Confites y Loma Larga)

Edad: Maestrichtiano; Terciario Inferior (Paleoceno-Eoceno Medio?)

Autor: Orrego A. (1975)

Localidad tipo: Caserío Chimborazo; 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).

Descripción litológica: 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 rítmicamente con areniscas grauwáquicas y limolitas; en la parte superior cuatro niveles de conglomerados polimícticos y varias capas de areniscas grauwáquicas alternan rítmicamente con capas de limolitas; ocurre también una capa de arenisca fosilífera y algunas protocarcitas.

Espesor: Localidad-tipo 3.150 m; en el río Guachinte, 418 m.

Límites estratigráficos: Con el Grupo Diabásico es inconforme erosivo; al suroeste de Suárez y en la localidad-tipo, descansa concordantemente sobre la Formación Aguaclara.

5.2.3 Miembro Confites

Edad: Sin información

Autor: Orrego (1975)

Localidad tipo: Vereda Los Confites, situada a 14,5 Km de Jamundí; también en las quebradas Grande o Mindalá, Agua Negra y Chupadero y en el río Guachinte.

Descripción litológica: En la sección tipo, consta de 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 rítmica, estratificación gradual y a veces estratificación cruzada. Los conglomerados polimícticos alternan con areniscas grauwáquicas y limolitas. En la sección-tipo se observó laminación convoluta (“convolute lamination”) y estructuras de deslizamiento.

Espesor: Localidad-tipo Vereda Los Confites-162 m; en la quebrada. Chupadero sobrepasa los 2.000 m.

5.2.4 Miembro Loma Larga.

Edad: Por su posición estratigráfica se asigna una edad Paleoceno-Eoceno Medio?), aunque es posible que también comprenda el Maestrichtiano.

Autor: Orrego (1975)

Localidad tipo: Vereda Loma Larga (Cuadrángulo N-6, Popayán), a 17 kilómetros en dirección S 75 W del municipio de Morales (Cauca).

Descripción litológica: Consta de areniscas grauwáquicas, esporádicas protocuarzitas y conglomerados polimícticos que alternan con limolitas (algunas con concreciones y una capa fosilífera); al norte aparecen capas de carbón y shales carbonáceos. Se observan cambios de facies: las areniscas pasan a limolitas, las protocuarzitas a grauwacas; el espesor disminuye notablemente; aparecen esporádicas capas de brechas sedimentarias.

Espesor: en la localidad-tipo es de 908 m.

Límites estratigráficos: Suprayace concordantemente al Miembro Confites.

5.2.5 Formación Mosquera

Edad: Eoceno Medio – Mioceno Inferior

Autor: León, Padilla y Marulanda (1973)

Localidad tipo: Río Esmita, Anticlinal de Manga Vieja, regiones de Mayo, Baraya y río Timbío.

Descripción litológica: Es una secuencia predominantemente conglomerático-arenácea con cantos de cuarzo lechoso, chert y cuarcita. Se presentan intercalaciones de areniscas de cuarzo, friables; son comunes los cambios laterales de las areniscas a conglomerados, se presentan intercalaciones de limolitas grises. En los conglomerados basales que suprayacen rocas plutónicas pre-terciarias, se encuentran cantos de rocas plutónicas, bien redondeados, con los feldespatos y minerales ferromagnesianos muy alterados por meteorización y areniscas de cuarzo, chert, cuarcita y sericita. Hacia la parte media y alta de la Formación típicamente se presentan cintas y mantos de carbón de forma lenticular, algunas de las cuales son explotables, como las de la región del Mayo (Patía), la región de Baraya y en sectores del río Timbío.

Espesor: 150 a 261 m

5.3 Neógeno

5.3.1 Formación Esmita

Edad: Por posición estratigráfica y contenido fósil se le asigna una edad Mioceno Superior

Autor: Orrego (1975)

Localidad tipo: Río Pedregosa, Río Piendamó, Quebrada Sombrerillo, Río Mazamorrero y Río Teta.

Descripción litológica: Constituida principalmente por limolitas bastante macizas de color negro, a veces con estratificación fina a gruesa, areniscas grises de grano medio a grueso, capas de areniscas fosilíferas, pocas intercalaciones de shales

carbonáceos y un conglomerado cuarzoso de unos 3 metros de espesor. Algunas capas de areniscas y de limolitas presentan concreciones. El conglomerado basal varía de espesor; en la quebrada Sombrerillo es de 12 m

Espesor: 340 m

Contacto: Con la Formación Ferreira es discordante.

5.3.2 Formación Galeón

Edad: Grosse (1934 en Barbosa, 2003), la denominan Neoterciario

Autor: Grosse (1934 en Barbosa, 2003),

Localidad tipo: a los alrededores del Bordo en el Valle del Río Patía

Descripción litológica: 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. Esta unidad se halla en la Subcuenca Patía y en el sur de la Subcuenca Cauca, presentan depósitos proximales a los volcanes de Sotará y Sucubún, el nombre de Formación es cambiado por el de Vulcanitas.

Ambiente. La Formación Galeón es de naturaleza vulcano-sedimentaria donde los flujos fluviátiles se interdigitan de manera heterogénea con los flujos volcánicos principalmente de composición andesítica, depósitos piroclásticos de caída y posiblemente lahares. De esta manera los diferentes materiales presentan una distribución longitudinal, rellenando principalmente los valles o depresiones topográficas en el momento de su depositación.

5.4 Cuaternario

5.4.1 Formación Popayán

Edad: Plioceno-Pleistoceno

Autor: Hubach & Alvarado (1932 en Barbosa, 2003),

Localidad tipo: Aflora en la cima de la Cordillera Central en el Páramo de las Delicias y se extiende hacia ambos flancos de la Cordillera Central.

Descripción litológica: 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).

Ambiente. En general, todos los miembros de la Formación Popayán 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.

5.4.2 Formación Mercaderes

Edad: Plio-Pleistoceno.

Autor: Grosse (1934 en Barbosa, 2003)

Localidad tipo: Cabecera municipal de Mercaderes y en su zona rural, formando parte de la Subcuenca Patía, plancha 386 (Mercaderes).

Descripción litológica: Se trata de una unidad compuesta por rocas vulcano-sedimentarias que constituyen la meseta de Mercaderes, con un espesor promedio de 400 m y una extensión de 251 Km²; 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. La unidad se ha subdividido en el Miembro Piroclástico denominado como Tobas Granatíferas y el Miembro Epiclástico compuesto por gravas y arenas con aporte piroclástico.

Espesor: 400 m

Ambiente. El miembro epiclástico de la Formación Mercaderes se formó a partir de la acción de las corrientes de aguas que bañan la zona volcánica oriental especialmente las del Río Mayo que durante el Pleistoceno Medio-Superior tenía una dirección Sur-Norte, acumulando tanto vertical como lateralmente gravas, arenas y arcillas en ciclos lentos y aglomerados en períodos torrenciales formando el abanico de Mercaderes (Ruiz, 1996 en Barbosa, 2003). La Formación de Mercaderes ha sido correlacionada con la Formación Popayán. En este informe, se considera la Formación Mercaderes a parte debido a que es granatífera y no existe otra unidad con estos componentes en el valle interandino.

5.4.3 Depósitos Cuaternarios

Los Depósitos Cuaternarios corresponden a la cobertera sedimentaria que suprayace de manera inconforme las rocas más antiguas. Estos depósitos presentan diferentes orígenes, permitiendo su separación.

5.4.3.1 Depósitos Aluviales

Los Depósitos Aluviales consisten en materiales clásticos heterogéneos, con tamaños directamente relacionados con la cercanía al nivel base temporal o final del océano, desarrollo de las planicies aluviales y la distancia a las zonas de piedemonte. En general, ocurre un grano-decrecimiento de los clastos que conforman los depósitos aluviales en relación con el perfil de equilibrio de las diferentes corrientes. En general, los tamaños mayores se encuentran en zonas de alta pendiente y los tamaños finos se presentan en zonas donde la pendiente del río es baja y la energía de transporte es menor. En la zona de estudio se asocian al curso de los ríos Cauca, Patía, Timba, Esmita, Piendamó, Cofre, Mayo, entre otros. La región con mayor número de Depósitos Cuaternarios en la Subcuenca Cauca, se encuentra para las correspondientes planchas de Popayán, Cali, Jamundí, Palmira, Tuluá, Zarzal, Armenia, Pereira y El Cairo. Con la

6. MARCO TEÓRICO

Los elementos para el estudio de esta cuenca se presentan inmersos en los principios aplicados en el libro ***Estratigrafía, principios y métodos***, VERA. T. (1994), y que describen conceptos como **Estratigrafía** que una de las primeras definiciones que hizo Gradau (1913), en el primer libro de estratigrafía y que considero este término como *“La parte inorgánica de la Geología Histórica o el desarrollo a través de las sucesivas edades geológicas del armazón rocoso de la tierra o litosfera”*, un concepto más actualizado al respecto de la estratigrafía se da por Weller (1960) y que la interpreta con *“La rama de la Geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias y estratificadas, y de la identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal, cartografía y correlación de las unidades estratigráficas de las rocas”*.

Un término a utilizar es la de unidad estratigráfica que de acuerdo con la guía Estratigráfica Internacional (GEI, 1980). Define como **Unidad Litoestratigráfica** a un “Conjunto de estratos que constituyen una unidad, por estar compuesto predominantemente por un cierto tipo litológico o de una combinación de tipos litológicos, por poseer otras características litológicas importantes en común, que sirvan para agrupar los estratos”. Otro de los términos utilizados en la presente investigación es el de **Facie** la cual fue definida por Gressly (1838) para denominar a *“La suma total de los aspectos litológicos y paleontológicos de una unidad estratigráficas”* (según traducción de Teichert, 1958), o sea para definir el aspecto de cada grupo de rocas. También encontramos la asociación y correlación de facies para generar lo que conocemos hoy en día como un **Ambiente Depositacional** y que se presenta al estudiar las secciones estratigráficas detalladas, las asociaciones de facie se reconocen a partir de su expresión vertical, a la que se llama *Secuencia Facial o Secuencia Elemental*, la cual consiste en un módulo formado por la superposición vertical de dos o más facies genéticamente relacionadas que se repiten periódicamente.

6.1 Clasificación de las facies

La delimitación de las facies y el estudio de sus asociaciones constituyen dos aspectos fundamentales del análisis sedimentológico y de la estratigrafía, ya que son una herramienta fundamental para la interpretación genética de materiales antiguos por comparación con los actuales, aplicando el principio del uniformismo y el método actualista. Las facies se pueden clasificar establecido lotes con características (litológicas y estratigráficas) diferentes, que lógicamente tendrán un significado genético distinto. Para la secuencia que se presenta en los dos pozos se clasifica como una serie de facies que definió Miall (1978). En: Facies Model (1992). Pág. 119. El propuso una clasificación de facie que ha sido utilizada muy frecuentemente. Esta clasificación (Ver Tabla 2) se basa en el tamaño del grano diferenciando facies Conglomeráticas (con sigla G), de arenitas (con sigla S), y de lutitas (con sigla F) y dentro de ellas cada una de las litofacies. Dentro de esta clasificación también se encuentra una significación genética mayoritariamente de cada tipo de facie. (Ver Tabla 3).

Tabla 2. Clasificación de las Facies detríticas fluviales.

CLASIFICACION DE LAS FACIES DENTRITICAS FLUVIALES		
Modificado de Miall, 1978		
Código	Litofacies	Estructura Sedimentaria
Gms	Grava Masiva, con soporte de matriz	Masiva
Gms	Grava Masiva o algo Estratificada	Estratificación Horizontal e Imbricación
Gt	Grava Estratificada	Estratificación Cruzada
Gp	Grava Estratificada	Estratificación Cruzada plana
St	Areniscas ± Conglomeráticas	Estratificación Cruzada
Sp	Areniscas ± Conglomeráticas	Estratificación Cruzada planar
Sr	Areniscas	ripples de diversos tipos
Sh	Areniscas	Masiva, Con Laminación Horizontal
Sl	Areniscas Finas	Estratificación Cruzada de bajo ángulo
Se	Niveles erosivos con niveles blandos	Estratificación poco marcada
Ss	Areniscas ± Conglomeráticas	Estratificación cruzada paralela
Fl	Limos, Arenas, Arcillas	Laminación fina
Fsc	Limos, Arcillas	Laminada o Masiva
Fcf	Lutitas	Masiva, Gasterópodos
Fm	Limos, Arcillas	Masiva, grietas de desecación
Fr	Limos, Arcillas	Bioturbada

Tabla 3. Clasificación de las facies por carácter Genético.

Clasificación Genética	Descripción
Gms	Depósitos de debris flow
Gm	Barras longitudinales, depósitos de fondo de canal
Gt	Rellenos de canal
Gp	Barras liguoides o crecimientos deltaicos des antiguas barras
St	Dunas Subacuáticas
Sp	Barras transversales liguoides y sand waves
Sr	Ripples (régimen de flujo bajo)
Sh, Se y Ss	Flujo de capas planas
Sl	Rellenos de cavidades erosivas (scours)
Fl	Depósitos de llanuras de inundación
Fsc	Depósitos de marismas
Fcf	Depósitos de charcas de marismas
Fm	Depósitos de desbordamiento
Fe	Nivel lutítico infrayacente a un depósito de carbón

7. RESULTADOS

7.1 La Cuenca Cauca-Patía

La Cuenca Cauca-Patía (CCP) es una depresión intermontana que describe la fase final del ciclo de Wilson (Ver Figura 6), donde se presenta un estado de colisión y levantamiento de un sistema orogénico con múltiples fallas de tipo inverso de cabalgamiento producto de los eventos compresivos del sistema, generando un orogéno que delimita áreas subsidentes que lo rodean (Ver Figura 7). Estas áreas que quedan morfológicamente deprimidas con respecto a las zonas adyacentes que se alimentan o presentan materiales de los productos de la denudación de los relieves montañosos adyacentes. Después de finalizado el desplazamiento lateral y antes del inicio del depósito se presenta una deformación (fractura, plegamiento y elevación), de manera que la sedimentación, en estas áreas subsidentes, se inició de una manera discordante sobre materiales con edades depositacionales diferentes a cada unidad geológica.

Para la cuenca Cauca- Patía se presenta una tasa de sedimentación muy alta por su morfología la cual comprende un área de aproximadamente 13.000 km² entre las cordilleras Central y Occidental de Colombia, está limitada estructuralmente por el sistema de fallas del Patía al Occidente y el sistema de fallas del Romeral al Oriente. Para la subcuenca Patía la divide de la del Cauca al Norte y Sur por el alto paleogeomorfológico de Popayán- El Tambo y el nudo de los pastos, respectivamente.

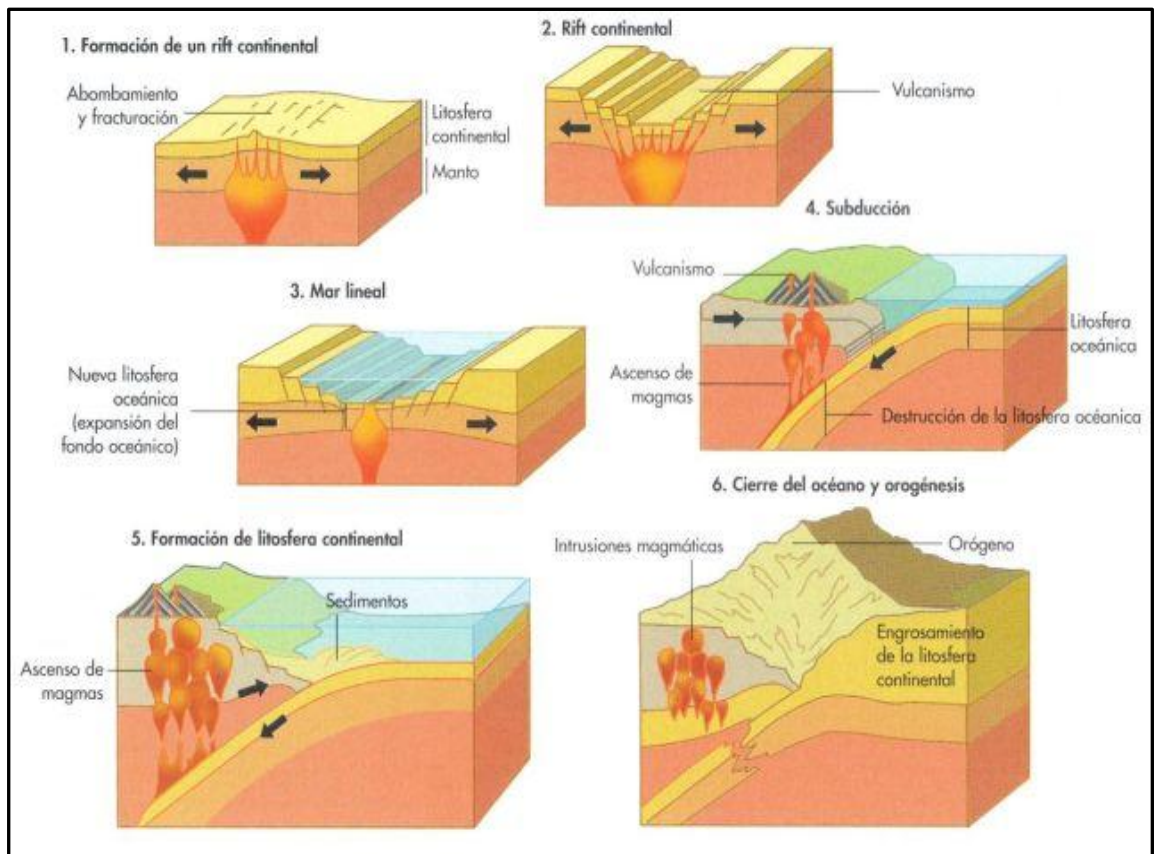


Figura 6. Esquema ilustrativo del Ciclo de Wilson. Tomado de: <http://www.google.com.co/imgres?imgurl=http://webs.ono.com/angelferp/imagenes/ciclowilson.jpg&imgrefurl=http://alfacentaurim.blogspot.com/2009/11/ciclo-de-wilson>

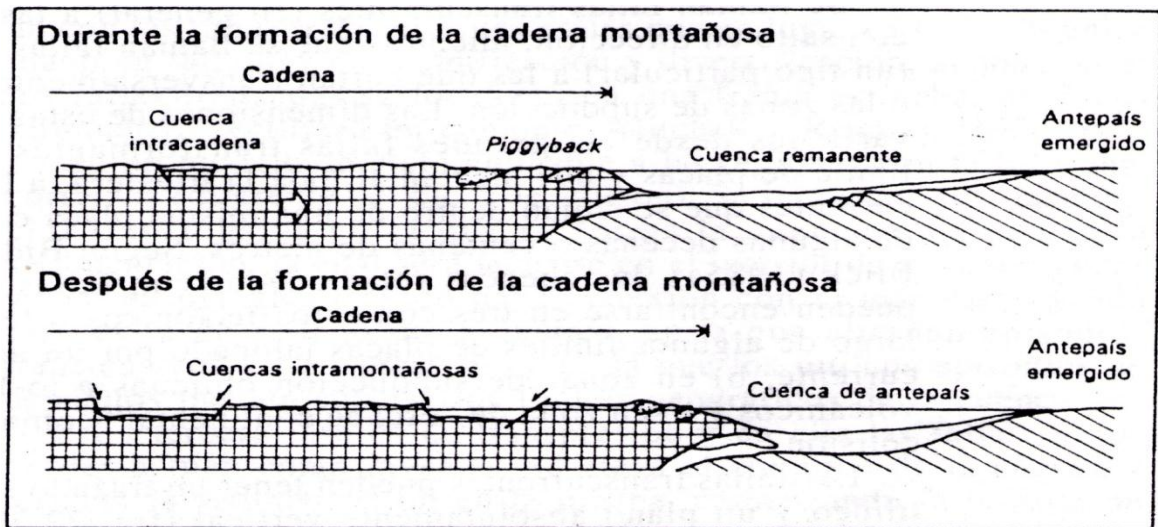


Figura 7. Esquema de un sistema Intramontaña. Tomado de VERA. T. (1994).

La cuenca tiene una edad Terciaria y la actividad sedimentaria inicio en el Eoceno medio (± 40.4 millones de años) y se extiende hasta el Pleistoceno (± 0.126 millones de años) con influencia de aportes de tipo piroclástico en los estratos más jóvenes. Estas rocas fueron afectadas por la intensa actividad hipoabisal, dacítico-andesítica, especialmente durante el Mioceno Superior (± 5.322 millones de años), de esta fuerte actividad se han encontrado dos importantes discordancias, en el intervalo 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, este proceso se da por la colisión entre el arco de islas y la placa Sudamericana e indica la fase final del ciclo de Wilson que es el inicio del modelo depositacional y tectónico de la cuenca.

Estos incidentes son la culminación del evento Calima en la zona de subducción dan un salto definitivo al Oeste de la fosa Nariño – Atrato. La subducción en esta zona de compresión se insinuó posiblemente desde el Coniaciano-Santoniano (± 85.8 millones de años) con el progreso de la expansión del arco de islas de la Cordillera Occidental. Dicho evento, simultáneamente con la acreación, determino el desplazamiento de intrusivos de composición acida a intermedia a lo largo de la joven Cordillera; igualmente de las rocas ultramarinas de Guayabillas a través de

fracturas del sistema de fallas de Romeral y la recién abandonada zona de subducción del alto Patía. (Ver Figura 8) En esta, la actividad sedimentaria se inició en el Eoceno medio con una transgresión seguida por sedimentación cíclica, marina somera y transicional hacia la parte superior.

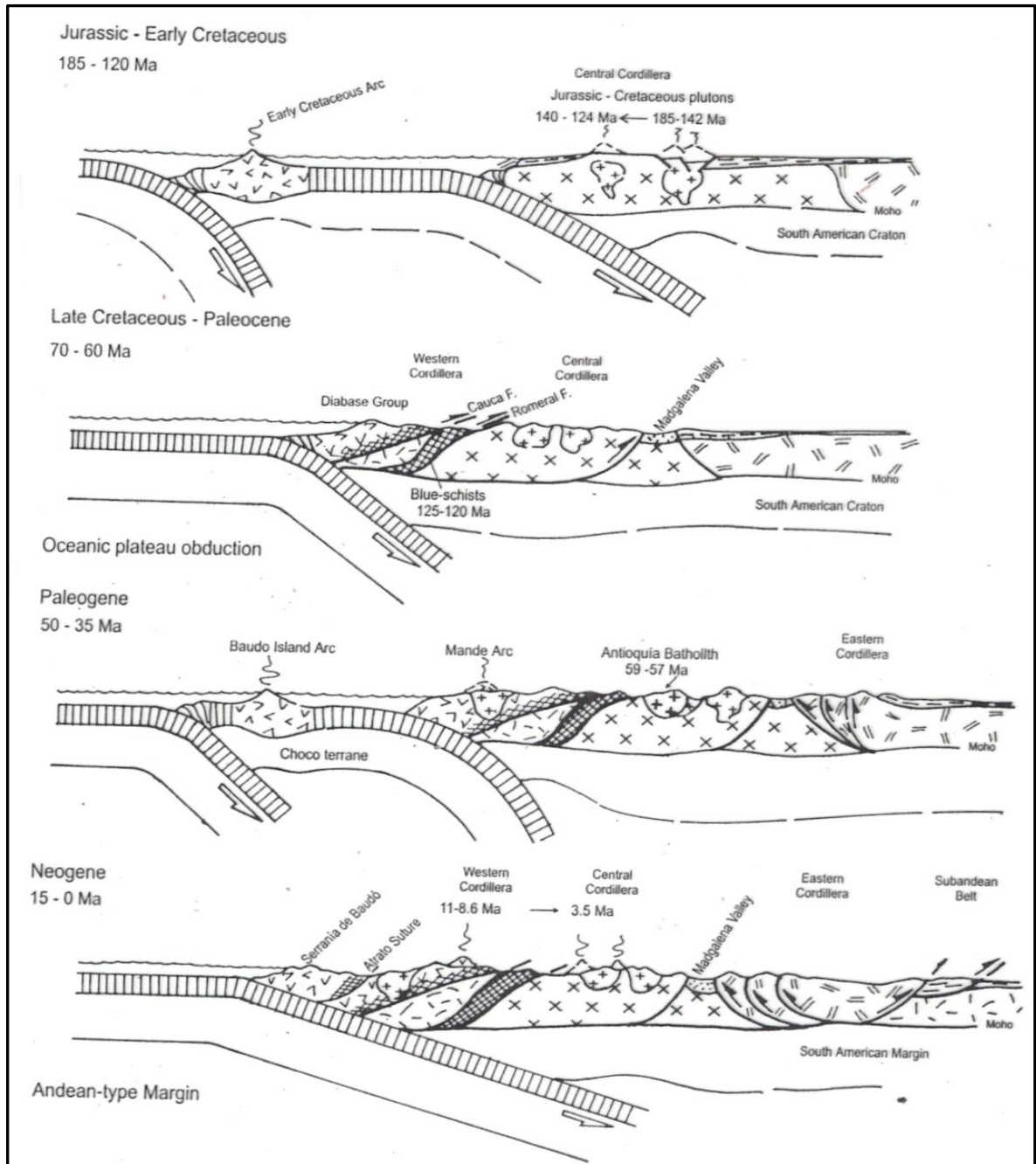


Figura 8. Esquema ilustrativo de la formación de la cuenca Cauca-Patía por colisión del arco de islas. Modificado de Barrero, 1979; Asden y McCourt, 1986.

Concluida la depositación del miembro Arenoso de la Formación Esmita, (Mioceno Superior) (\pm 7.246 millones de años), sobrevino la primera conmovición importante de la orogenia Andina que determino la regresión del mar y el evento hipoabisal regional. Además, se inició la etapa principal del plegamiento, se reactivó el fallamiento y se produjo el desplazamiento final de las rocas ultramáficas. La sedimentación continuó con una facies fluvial de perfil intermedio y aporte piroclástico hacia la parte superior. La continuidad de la orogenia se caracteriza por el vulcanismo de la Cordillera Central que deposito cantidades notables de piroclastos durante el Plioceno, los cuales fueron plegados y fallados antes de la acumulación de la formación Popayán y tobas de la formación Mercaderes (Plio-Pleistoceno) cuyo origen es piroclástico y su disposición actual es esencialmente horizontal (PÉREZ Y TÉLLEZ,1980).

El desarrollo del proyecto se enfoca sobre la subcuenca Patía que presenta una extensión de 3700 km², esta contiene una secuencia sedimentaria y piroclástica de edad Cenozoica de espesor aproximado de 2500 a 3800 m. Los intrusivos Terciarios cubren una superficie de unos 200 km²; esta información es basada en estudios realizados por GROSSE (1935); HUBACH Y ALVARADO (1934); LEON, PADILLA Y MARULANDA (1973); PARIS Y MARIN (1979.)

7.2 Pozo Patía 29

7.2.1 Localización

El pozo se localiza a 3,4 Km del cruce de El Estrecho sobre la vía que conduce al Municipio de Balboa. En un lote ubicado en una planicie definida por un cuaternario aluvial, a mano derecha de la carretera. El Estrecho es el cruce que hacia el Oeste conduce al Municipio de Balboa donde se realiza el proyecto y está sobre la carretera Panamericana.

Coordenadas:**LATITUD:** 1° 58´47.4" **NORTE:** 710.687 m**LONGITUD:** 77° 09´10.1" **ESTE:** 658.061 m**Altura:** 608 m.s.n.m

Descripción de Unidades Litoestratigráficas Encontradas: En este pozo corazonaron 2.142 pies con el 95.7% de recuperación. Por la forma en cómo se dio la secuencia de extracción en la perforación y analizando la bibliografía expuesta se puede determinar los topes de cada una de las unidades litoestratigráficas y la descripción de cada una de ellas, mostrando los siguientes resultados (Ver Columna Generalizada Patía 29 escala 1:100 Anexo G), también se da un soporte a la descripción general en cada uno de los formatos (Corazonamiento y Geológico realizados a escala 1:10) que presenta las descripciones correspondientes a cada núcleo extraído con su respectiva muestra fotográfica (Ver Anexo C y Anexo E):

Depósitos Cuaternarios (superficie hasta 137 pies)

Se presenta una zona con poca consolidación de la roca, se disgrega fácilmente; esta secuencia comprende intervalos de areniscas cuarzosas con un contenido menor de fragmentos líticos esta relación se presenta en un (70%) en Cuarzo y (30%) en fragmentos líticos, incrementa su granulometría a arenas conglomeráticas. Las areniscas son de color amarillo marrón claro, de grano medio a grueso, localmente gránulos y guijarros (1cm de diámetro), subredondeados a subangulares, localmente subesfericos, mal seleccionados; con matriz arcillosa marrón amarillenta clara, localmente marrón rojiza a roja. En menor proporción biotita y feldespatos, los fragmentos líticos presentan pumitas, minerales de biotitas y también cenizas volcánicas.

También se presenta secuencias conglomeráticas de tipo polimíctico de color gris claro a oscuro, de grano medio a guijarro, ocasionalmente presenta guijas, gránulos subredondeados a subangulares, en ocasiones redondeados, subesféricos, moderadamente compacto a deleznable de matriz arcillo arenosa; el 60% está constituido por cuarzo y el 40% por fragmentos líticos con un leve grado de meteorización.

Analizando la granulometría presente en la columna estratigráfica, se examinan los espesores de los estratos sucesivos los cuales tienen todos ellos valores análogos, con un valor real muy cercano a la media estadística de todos los espesores, esta secuencia se muestra muy homogénea y la variación granulométrica no tienen cambios muy fuertes. Los estratos no presentan superficies erosivas, se muestran en contactos netos de forma neta tabular, mostrando una depositación constante o de periodos de transición muy cortos, para la generación de eventos erosivos.

Flujos Piroclásticos, Rio Mayo (137 pies hasta 180 pies).

Se encuentran niveles de rocas vulcanosedimentarias de tipo piroclástico con textura porfírica, se observa láminas de hasta 10 cm de espesor de ceniza volcánica (lapilli), también estratos de hasta 2 m de pumitas en forma de conglomerados de tamaño entre arena gruesa hasta cantos de 15 cm de diámetro, las pumitas presentan cuarzo de color blanco con cristales de grano fino a medio, translúcido y hialino; se observa cristales verdes a grises oscuros de composición máfica (Anfíboles y Piroxenos), también presenta cristales de coloración marrón oscuro a negros principalmente de Biotita. Se encuentran Conglomerados polimícticos de color rojo marrón a gris claro, gradando localmente a areniscas conglomeráticas, estos conglomerados presentan matriz areno-arcillosa, no se encuentran bien consolidados, son subangulares y subredondeados. Se observan

arcillolitas de color marrón, algo deleznable, plástica, localmente con inclusiones carbonosas, algunas trazas de ichnofósiles.

En esta secuencia se desarrollan en forma rítmica donde los estratos se alternan ordenadamente, estas intercalaciones se dan entre las arcillolitas y arenisca conglomeráticas, los estratos no presentan superficies erosivas, con contactos netos tabulares y sin estratificación. Algunas secuencias de arcillolitas se encuentran con bioturbación hacia el tope.

Formación Mercaderes (180 pies a 556 pies)

Esta unidad comprende pequeñas secuencias de areniscas, arcillolitas y conglomerados; las areniscas son de coloración verde a gris verdosa, de tamaño entre arena fina a gruesa, subangulares y subesféricas, no presentan una estructura estratigráfica (estratos masivos), algo deleznales en algunos sectores se encuentran intercaladas con arcillolitas verdes oscuras y en menor proporción por conglomerados polimícticos con matriz limo arenoso y limosa de color gris verdosa, algunos sectores presentan una matriz arcillosa de color verde oscura, con contenidos de biotita y cristales de piroxenos. Se encuentran niveles de areniscas con alto contenido de cuarzo. Las areniscas presentan una coloración entre verde-oscuro a gris verdoso; su granulometría varía de grano fino a grueso, localmente muy grueso, subangular a subredondeado, moderadamente compacta, contiene un regular a mal calibrado.

La arcillolita es gris verdosa, blanda a moderadamente compacta, en parte limosa, localmente presenta materia orgánica marrón oscura a negra (turba). Niveles de conglomerados polimícticos que presentan guijarros y guijas hasta de 10 cm de diámetro, redondeados a subangulares, con matriz limo arenosa de color gris verdoso, se encuentra cuarzo y fragmentos líticos. Se pueden observar pequeños niveles de Limolita gris oscura a gris verdosa, medianamente compacta, con inclusiones de cuarzo y micas diseminadas.

En esta secuencia se desarrolla en forma aleatoria o de espesor variable en donde las unidades de los diferentes estratos superpuestos son muy variables y no presentan alguna ordenación definida, los estratos se encuentran en contactos netos tabulares, en la columna estratigráfica se observa una depositación potente entre los 345 pies y 465 pies de arcillolitas, dado por una región donde el flujo de corriente era muy bajo y con altos aportes de sedimentos.

Formación Popayán (556 pies a 610 pies)

Esta unidad presenta una secuencia de intercalaciones de poco espesor de arcillolitas, areniscas y conglomerados.

Las arcillolitas de coloración gris verdoso claro, compactas, localmente limosas, con alto contenido de material orgánico diseminado de color negro a marrón oscuro, presentan una leve laminación.

Las areniscas de coloración gris verdosa oscura; presenta granulometría entre grano medio a fino, subredondeado a angular, bien seleccionados moderadamente dura. La arenisca contiene una composición entre feldespatos y líticos de composición máfica de origen volcánico (Diabasas, Gabros, Anfibolitas, Piroxenitas) y en gran cantidad de cuarzo. Se observa una leve estratificación en láminas delgadas de arcilla (tipo flasser).

Los conglomerados de color verde oscuro y gris oscuro; de tamaño entre guijas hasta guijarros de 3 cm de diámetro con composición entre andesitas, piroxenitas y cuarcitas, redondeados a subredondeados, deleznales, con matriz arcillo-arenosa. Se observa la fuerte influencia de aporte sedimentario continental en la composición de los conglomerados.

Esta secuencia es de forma estratocreciente o de tipo negativo, donde los espesores tiene una ordenación por partes en los estratos con valor de espesores crecientes hacia el techo, dentro de cada lote. Este tipo de ordenamiento también

se le conoce con el nombre de secuencia negativa (Lombard, 1956). En: Estratigrafía principios y métodos. Se encuentran areniscas con lentes de arcillolitas de gran espesor.

Formación Esmita (Mbro. Conglomerático 610 pies a 2.144 pies)

Basándose en información bibliográfica, esta formación presenta tres miembros, el conglomerático (superior), el arenáceo (medio) y el limolítico (inferior), pero con la información obtenida en campo solo se presenta el miembro conglomerático con la incertidumbre de encontrar la base de este mismo miembro.

Este ciclo consta principalmente por conglomerados polimícticos intercalados por arcillolitas y lentes de areniscas, ocasionalmente Limolita. Los Conglomerados polimícticos están conformados principalmente por guijarros y guijas de basaltos, cuarcitas, chert, andesitas y diabasas, presenta matriz arcillo-arenosa de color marrón amarillenta rojiza a gris clara. Después de los 960 pies de profundidad se muestra un cambio de granulometría en los conglomerados el cual varía entre guijarros a guijas, compuestos por cuarcitas y basaltos en menor cantidad, también contiene diabasas, chert y feldespatos; estos conglomerados contienen una matriz areno arcillosa de color gris oscura a clara y en algunas capas presenta una leve cementación calcárea.

Se encuentran areniscas de coloraciones entre marrón amarillenta clara, rojiza, gris, localmente negra, de grano medio a grueso gradando a conglomerado de grano muy grueso a guijarros, con calibre moderado y mal seleccionado, moderadamente compacta a localmente deleznable, subredondeada a subangular, presenta cuarzo y en menor cantidad fragmentos líticos, se presentan lentes de arcillolitas de gran tamaño dentro de las areniscas.

Arcillolitas de color gris verdoso claro, gris oscuro, marrón y en ocasiones rojizas. Son moderadamente compactas en parte plástica, localmente limosas y

presentan una pequeña cantidad de fragmentos líticos de origen volcánico. Se presentan además niveles de limolita color marrón rojizo, amarillo gris claro a oscuro, moteada, compacta y arcillosa junto con lutitas de color pardo oscuro a café claro, consolidado y localmente físil, algo cerosa, ocasionalmente con incrustaciones elementos máficos.

En esta secuencia se observa en forma rítmica donde los estratos se alternan ordenadamente, estas intercalaciones se dan entre los conglomerados polimícticos, las arcillolitas y limolitas, los conglomerados presentan grandes espesores de depósitos potentes. Los estratos no desarrollan superficies erosivas, con contactos netos tabulares y sin estratificación.

Descripción de Facies Encontradas en Profundidad: Para la descripción facial se tomó como referencia la columna estratigráfica (Ver Columna Generalizada Patía 29 escala 1:100, Anexo G), de igual forma este análisis se basa en la descripción propuesta por Miall (1978). En: Facies Models. Pág. 119. (Ver Tabla 2), esto da como resultado una tabla de datos por unidad sedimentaria (Ver Anexo D), los resultados se evalúan en forma estadística y por formación para establecer como es la distribución facial y así tener un criterio más para evaluar los posibles ambientes en que se generaron estos depósitos sedimentarios.

Convenciones: Está nomenclatura será utilizada en los gráficos de a continuación.

Gms	Grava Masiva, con soporte de matriz
Gms	Grava Masiva o algo Estratificada
Gt	Grava Estratificada
Gp	Grava Estratificada
St	Areniscas ± Conglomeráticas
Sp	Areniscas ± Conglomeráticas
Sr	Areniscas
Sh	Areniscas
Sl	Areniscas Finas
Se	Niveles erosivos con niveles blandos
Ss	Areniscas ± Conglomeráticas
Fl	Limos, Arenas, Arcillas
Fsc	Limos, Arcillas
Fcf	Lutitas
Fm	Limos, Arcillas
Fr	Limos, Arcillas

Depósitos Cuaternarios.

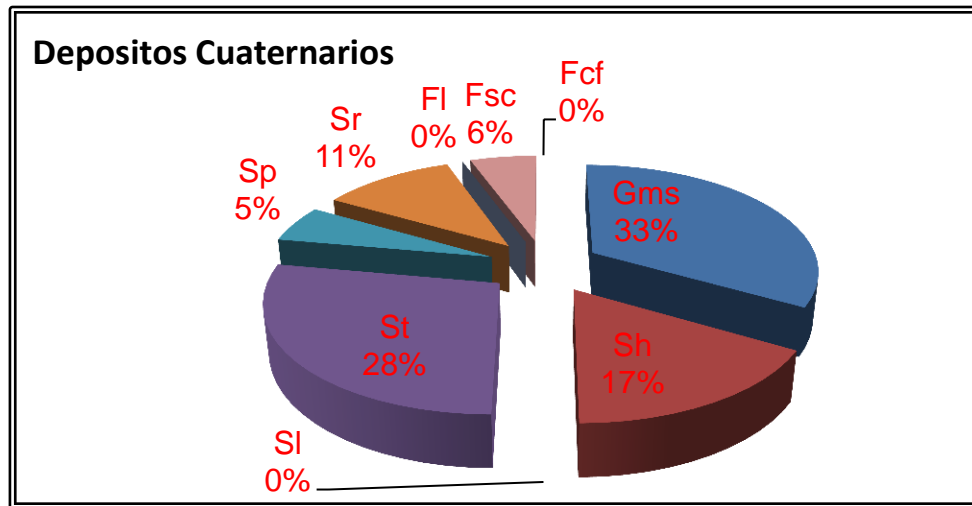


Figura 9. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de los Depósitos Cuaternarios.

La grafica (Ver Figura 9) muestra una tendencia alta en aportes de tipo **Gms** (Grava Masiva, con soporte de matriz correspondientes a posibles depósitos de debris flow), y **St** (Areniscas ± Conglomeráticas correspondientes a posibles depósitos de Dunas Subacuáticas) según la clasificación de Miall (1978).

Formación Rio Mayo

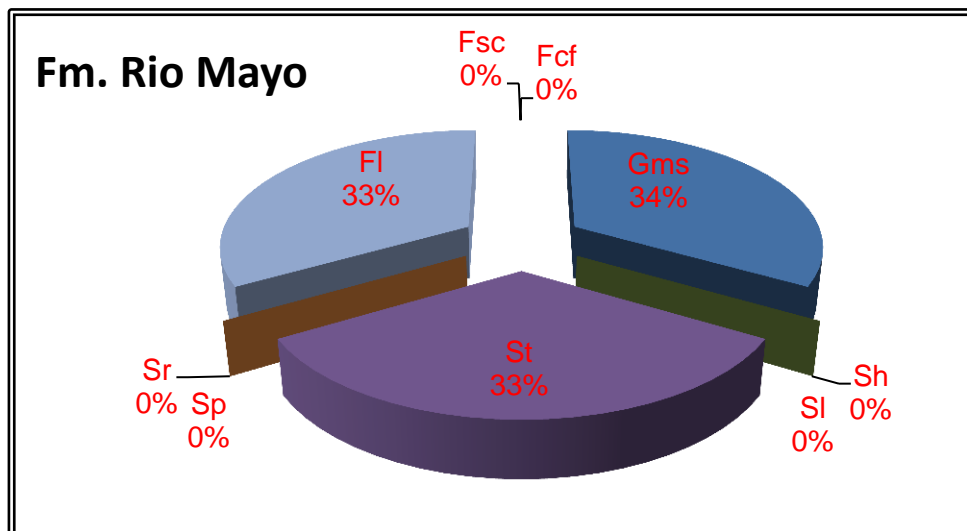


Figura 10. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Rio mayo.

La grafica muestra (Ver Figura 10) una tendencia alta en aportes de tipo **Gms** (Grava Masiva, con soporte de matriz correspondiente a posibles depósitos de debris flow), y **St** (Areniscas ± Conglomeráticas correspondientes a posibles depósitos de Dunas Subacuáticas) según la clasificación de Miall (1978), también hay que agregar que esta unidad presenta una fuerte influencia de actividad volcánica.

Formación Mercaderes

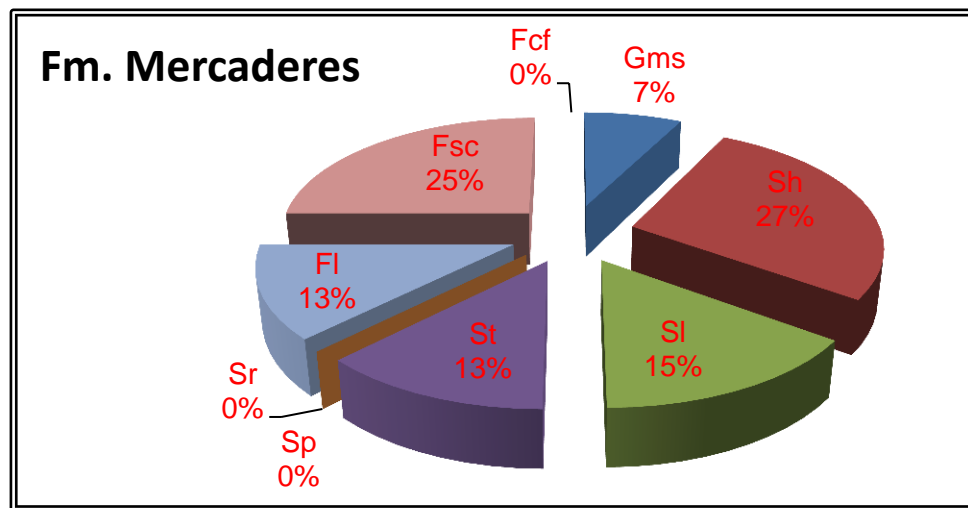


Figura 11. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Mercaderes.

La grafica (Ver Figura 11) muestra una tendencia alta en aportes de tipo **Sh** (Areniscas en flujos de capas planas) y **Fsc** (limos y arcillas que comprenden depósitos de marismas) según la clasificación de Miall (1978).

Formación Popayán

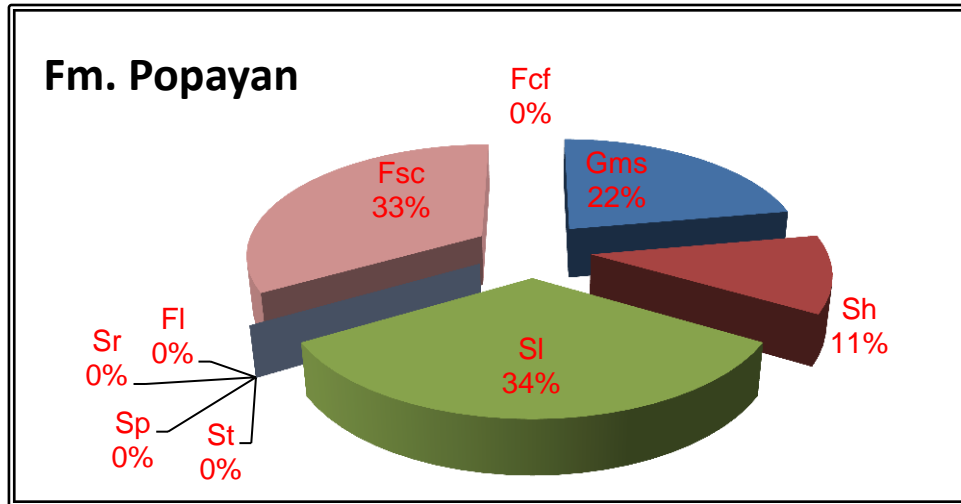


Figura 12. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Popayán.

La grafica (Ver Figura 12) muestra una tendencia alta en aportes de tipo **SI** (Arenas Finas comprenden rellenos de cavidades erosivas (scours)), y **Fsc** (Limos y Arcillas que comprenden depósitos de marismas) según la clasificación de Miall (1978), esta formación presenta algunos niveles de rocas vulcanosedimentarias como son pumitas y cenizas volcánicas.

Formación Esmita

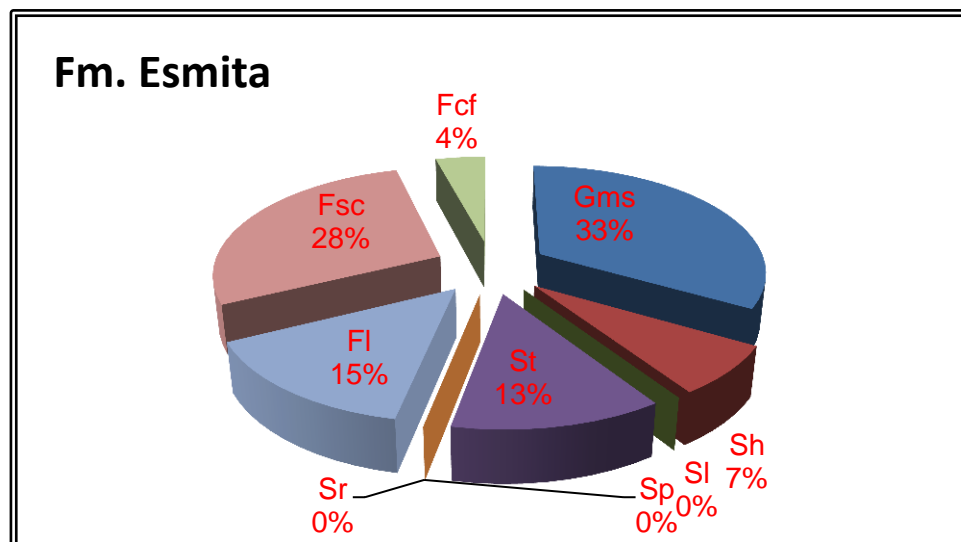


Figura 13. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Esmita (Mbro. conglomerático).

La grafica (Ver Figura 13) muestra una tendencia alta en aportes de tipo **Gms** (Grava Masiva, con soporte de matriz correspondientes a posibles depósitos de debris flow), y **Fsc** (Limos y Arcillas que comprenden depósitos de marismas) según la clasificación de Miall(1978). Como la formación Esmita presenta tres miembros solo se evalúa el miembro Conglomerático que de igual manera no se presenta completo al no encontrar en el proceso de campo la base de este miembro.

7.3 Pozo Patía 27

7.3.1 Localización

El pozo se localiza a 1.5 Km al Sur de la salida del sector San Fernando Sur, en el predio El Hornillo, ubicado a 4 Km al Sur del parque principal del Municipio de Mercaderes. Se accede por la carretera Mercaderes-Pasto (antigua vía) donde la proyección del Anticlinal de Reyes (Plancha 386, Mercaderes) corta la carretera.

Coordenadas:

LATITUD: 1° 45´ 54.9" **NORTE:** 656.846 m

LONGITUD: 77° 9´48.1" **ESTE:** 686.925 m

Altura: 1.208 m.s.n.m

Descripción de Unidades Litoestratigráficas Encontradas: En este pozo se corazonaron 1.590 pies con el 94.94% de recuperación. Por la forma en cómo se dio la secuencia de extracción en la perforación y analizando la bibliografía expuesta se puede determinar los topes de cada una de las unidades litoestratigráficas y la descripción de cada una de ellas, mostrando los siguientes resultados (Ver Columna Generalizada Patía 27 escala 1:100 Anexo G), también se da un soporte a la descripción general en cada uno de los formatos

(Corazonamiento y Geológico realizados a escala 1:10) que presenta las descripciones correspondientes a cada core extraído con su respectiva muestra fotográfica (Ver Anexo C y Anexo E):

Formación Mercaderes (Superficie hasta 1.225 pies).

Esta unidad se caracteriza por desarrollar dos Miembros de origen vulcanosedimentario, un Miembro Epiclástico y un Miembro Piroclástico.

Para el miembro Epiclástico que se encuentra hasta los 965 pies, presenta principalmente conglomerados polimícticos intercalados con arcillolitas y capas de areniscas, ocasionalmente limolitas; se observa además ceniza volcánica y material calcáreo.

Los conglomerados de tipo polimícticos en general están conformados por gránulos, guijos y guijarros de rocas metamórficas e ígneas (esquistos, cuarcitas, diabasas, andesitas, basaltos y un leve contenido de cenizas volcánicas); sub-angulares a sub-redondeados; clasto-soportados y soportados sobre una matriz areno-arcillosa y con muy poca compactación. Estos conglomerados presentan pequeños niveles de areniscas y arcillolitas. Las Areniscas de color gris claro a castaño amarillento, con granulometría entre muy fino a medio en ocasiones incrementa su granulometría a conglomerática, presenta gran cantidad de líticos (conformadas por esquistos, cuarcitas, diabasas, anfíboles, cenizas volcánicas); sub-redondeados a subangulares, moderadamente seleccionados, ligeramente compacta, matriz arcillosa. Las Arcillolitas de coloración amarillo café claro a castaño oscuro, muy consolidada, presenta algunos intregranulos de material ígneo y metamórfico. También se encuentran capas de Limolita de color gris claro a castaño amarillento; muy consolidada, se observa pequeños lentes y láminas de cenizas volcánicas y carbonatos.

El miembro Piroclástico se encuentra hasta los 1.225 pies. Se constituye generalmente por pequeños intervalos de hasta 35 pies de espesor de arcillolitas con intercalaciones de limolitas y areniscas; ocasionalmente conglomerados y shale.

Los conglomerados de tipo polimíctico están conformados por gránulos de guijos (diabasa, basalto, gabros, cuarcitas); sub-angulares a sub-redondeados; clasto-soportado; moderadamente consolidados, algunos núcleos presentan calcita rellenando estrías. Areniscas de coloraciones entre gris oscuro a pardo claro, Se presenta en delgadas capas y son de grano muy fino a medio, conformado por cuarcitas, feldespatos, líticos (chert), subredondeados a subangulares, bien seleccionados, moderadamente compactas. Arcillolitas por lo general son de color marrón oscuro a castaño amarillento; moderadamente consolidada, intercalaciones de cenizas volcánicas y carbonatos, delgadas intercalaciones de limolitas, se aprecian a lo largo del intervalo. Limolita de color gris claro a castaño claro; muy consolidada, arenosa, presencia de fragmentos líticos (cenizas, cuarzos y se presentan óxido de hierro en la matriz) lo que la hace muy consistente y plástica. Shale (Lutitas) de color castaño oscuro a negro, consolidada, fisil, cerosa.

Esta secuencia se desarrolla en forma homogénea donde los estratos son de gran espesor y tienen la misma naturaleza, posteriormente se observa un cambio en la forma de la depositación de los sedimentos, manifestándose en un orden rítmico para cada una de estas intercalaciones entre los conglomerados polimícticos, las arcillolitas y limolitas. Las arcillolitas se encuentran en grandes espesores generadas por procesos de depositacionales muy potentes. Los estratos no presentan superficies erosivas, con contactos netos tabulares y sin estratificación.

Formación Esmita (De 1.225 pies hasta 1.590 pies)

Basándose en información bibliográfica esta formación presenta tres miembros, el conglomerático (superior), el arenáceo (medio) y el limolítico (inferior), pero con la información obtenida en campo solo se presenta el miembro conglomerático con la incertidumbre de encontrar el tope de este mismo miembro.

Los Conglomerados polimícticos de color marrón amarillenta rojiza y gris clara en la parte de la matriz, están conformados principalmente por guijarros y guijos de composición entre basaltos, cuarcitas, diabasa, chert y andesitas, presenta matriz arcillo arenosa. Después de los 1.320 pies en adelante los conglomerados predominan los guijarros y guijas de cuarcitas y los basaltos en menor cantidad, también se presenta diabasas y chert, con matriz areno-arcillosa de color gris oscura a clara, presencia de cemento ligeramente calcáreo. Las arcillolitas se observan de color gris verdoso claro a gris oscuro, marrón en ocasiones rojiza, moderadamente compacta en parte plástica, localmente limosa en ocasiones presentan fragmentos líticos de origen volcánicos. Se encuentran también Limolitas de color marrón rojizo, amarilla gris clara a oscura, moteada, compacta y Areniscas en capas de pequeños espesores y ocasionalmente gradando a Conglomeráticas, pero no son representativas de la formación.

Se encontró un intervalo de gran tamaño entre los 1.440 pies y 1.590 pies el cual se representa en niveles de Areniscas, Lutitas y Limolitas intercaladas en todo intervalo.

Las Areniscas generalmente son de grano fino a medio, color gris claro a gris verdoso, muy sucia; conformadas por cuarcitas, abundantes máficos (anfíboles, diabasa, feldespatos, chert); sub-redondeados a sub-angulares, bien seleccionados, compacta; cuarzo traslúcido a blanco lechoso. Intraclastos de rocas metamórficas e ígneas y delgadas láminas de Calcita. También se encuentran pequeños niveles de Lutitas (shale) se manifiesta de color castaño

amarillento oscuro a negro, muy consolidada, físil, firme, astillosa, cerosa, abundante sílice y óxido de hierro.

En esta secuencia es de tipo rítmica, las intercalaciones se dan entre los conglomerados polimícticos y las arcillolitas y limolitas, las arcillolitas se desarrollan en grandes espesores de depósitos potentes. Los estratos no presentan superficies erosivas, con contactos netos tabulares y sin estratificación.

Descripción de Facies Encontradas en Profundidad: Para la descripción facial se tomó como referencia la columna estratigráfica (Ver Columna Generalizada Patía 27 escala 1:100 Anexo G), de igual forma este análisis se basa en la descripción propuesta por Miall (1978). En: Facies Models. Pág. 119. (Ver Tabla 2), esto da como resultado una tabla de datos por unidad sedimentaria (Ver Anexo D), los resultados se evalúan en forma estadística y por formación para establecer como es la distribución facial y así tener un criterio más para evaluar los posibles ambientes en que se generaron estos depósitos sedimentarios.

Formación Mercaderes

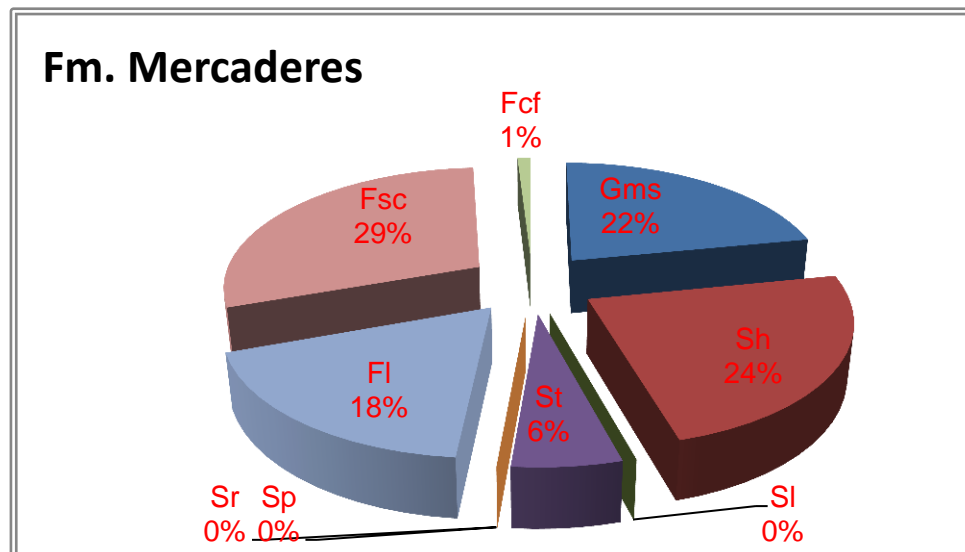


Figura 14. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Mercaderes.

La grafica (Ver Figura 14) muestra una tendencia alta en aportes de tipo **Fsc** (Limos y Arcillas que comprenden depósitos de marismas) y **Sh** (Areniscas en flujos de capas planas), y según la clasificación de Miall (1978), esta unidad presenta aportes de tipo volcánico.

Formación Esmita

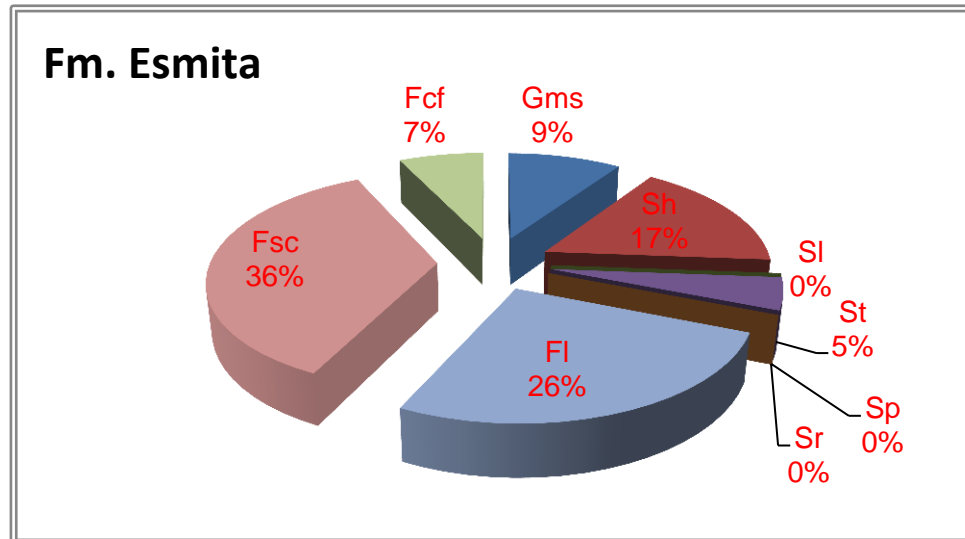


Figura 15. Comportamiento de las Facies por medio estadístico de la Fm. Esmita (Mbro. Conglomerático).

La grafica (Ver Figura 15) muestra una tendencia alta en aportes de tipo **Fsc** (Limos y Arcillas que comprenden depósitos de marismas) y **FI** (Presenta Limos, Arenas y arcillas, pertenecientes a depósitos de llanuras de inundación) según la clasificación de Miall (1978). Como la formación Esmita presenta tres miembros solo se evalúa el miembro Conglomerático que de igual manera se describe de una forma completa, al no encontrar en el proceso de campo la base de este Miembro.

En un resumen muy general de la situación litológica presente en los dos pozos estratigráficos es compilada en las columnas generalizadas (Ver Figura16), que describen los espesores encontrados de las unidades perforadas con su respectiva descripción litológica.

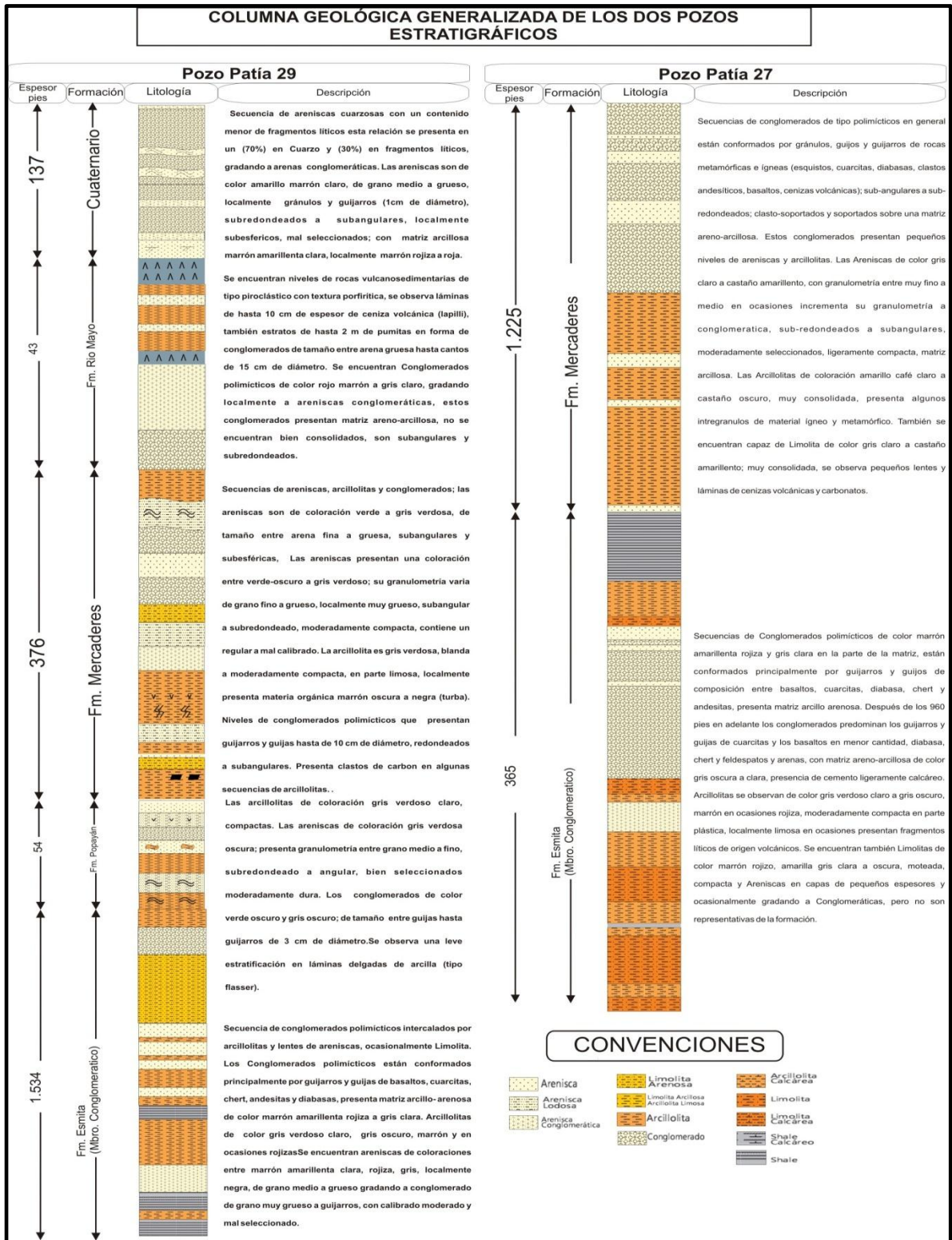


Figura 16. Columna generalizada de los dos pozos estratigráficos.

Posteriormente con la toma de los registros eléctricos en cada uno de los pozos, se realiza una integración de los datos para delimitar las capas de cada formación y a su vez establecer los límites estratigráficos de cada unidad encontrada en pozo. Esto se realiza con la comparación de tres factores que se tomaron en la interpretación de este análisis. Como lo son el de potencial espontaneo (SP) que mide la corriente generada por la roca, esto se analiza desde el punto de vista de saturación de salinidad presentes en los fluidos presentes en las porosidades de la roca. El otro punto a evaluar es el Gamma Ray que mide el grado de radioactividad generado en las rocas, en este punto se determina qué tipo de roca se encuentra por ejemplo, una lodolita que presenta valores muy altos de radioactividad generando un incremento en la curva del registro y a su vez valores bajos muestra rocas de granulometría de mayor tamaño y la curva de registro desciende. (Ver Figura 17).

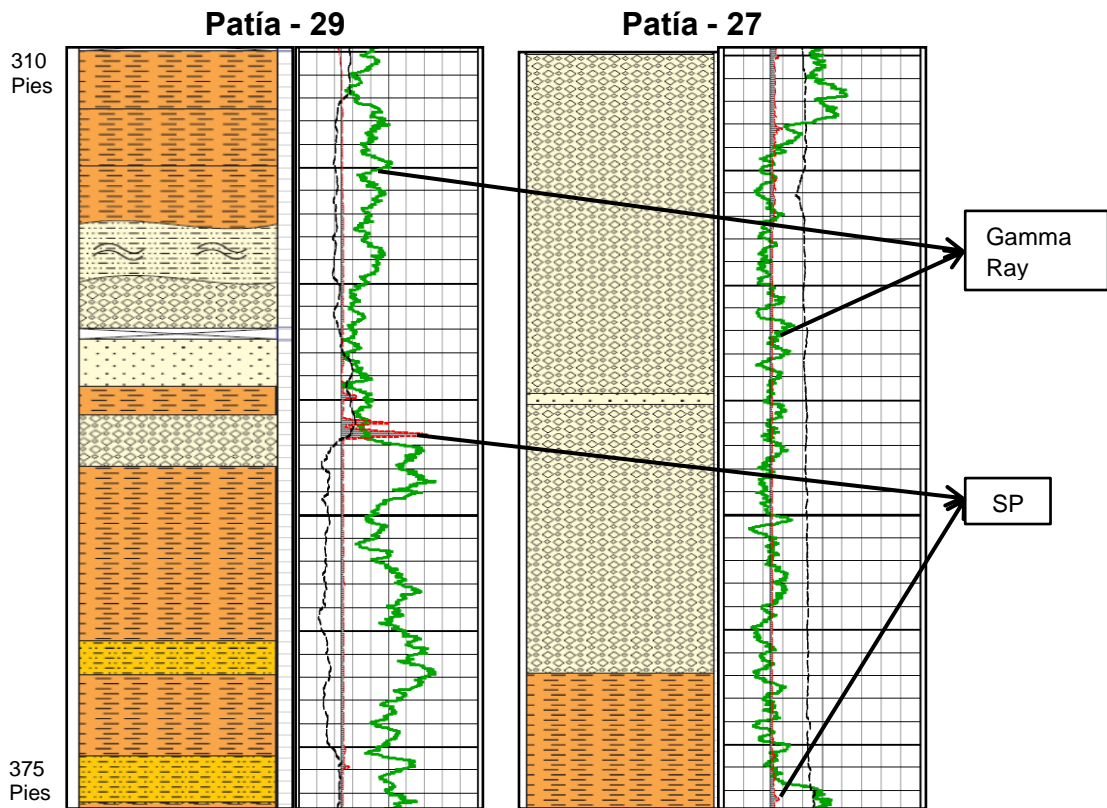


Figura 17. Ejemplo de Correlación de registros electricos con la columna estratigráfica. Fm. Esmita (Mbro. Conglomerático).

8. CARACTERIZACIÓN DE AMBIENTES Y SUBAMBIENTES DE DEPÓSITO

Tomando todos y cada uno de los productos obtenidos tanto en campo y posteriormente la descripción realizada en laboratorio, como son la realización de la columna de las facies y análisis Macro y Micro de las muestras extraídas en campo. Se da una caracterización ambiental y de subambientes en las formaciones que están presentes en la perforación de los pozos estratigráficos Patía 27 y Patía 29.

De estos análisis se puede observar un punto importante entre cada uno de los pozos perforados, y es la pérdida de registro estratigráfico perteneciente a los depósitos Cuaternarios y las formaciones Rio Mayo y Popayán, las cuales se presentan en la perforación del primer pozo (Patía 29), pero la segunda perforación ya no se presentan. Esto es debido al concepto de acuñamiento el cual se refiere a la finalización lateral de una unidad litoestratigráfica por pérdida progresiva de espesor hasta su desaparición total. Este tipo de relación lateral se produce en los bordes de un medio sedimentario que lateralmente cambia a un medio no depositacional. Son frecuentes en los bordes de cuencas sedimentarias, aunque también abunda dentro de cuenca en los límites de sectores con y sin depósito, en general a lo que se refiere es a una pérdida del registro estratigráfico en esta zona.

Las descripciones ambientales se dan por la correlación existente entre los dos pozos perforados, pero de igual forma se formula un estimativo para las formaciones que no se encuentra en los dos pozos, estas descripciones se realizan en un orden específico, tomando como punto de inicio el registro litoestratigráfico extraído en pozo y el cual concierne a la perforación del Patía 29, que llegó a una profundidad de 2.144 pies alcanzando el objetivo geológico del área de estudio. Comparando los dos registros y analizando los datos de laboratorio se caracterizaron los siguientes ambientes y subambientes.

8.1 Formación Esmita (Miembro Conglomerático)

Se presenta un intervalo de base a tope desde los 1.590 pies hasta los 1.225 pies en el Patía 27 y 2.144 pies hasta 610 pies en el Patía 29, registrando sedimentos de aporte continental con influencia menor marina. Se observa conglomerados polimícticos de variada granulometría, en contactos netos y sin superficies erosivas; presentan una fuerte tendencia a depósitos de marismas y de debris flow, esto debido a medios de transporte con flujo de energía muy bajo, donde los elementos de menor tamaño se depositan con mayor facilidad. Esta actividad se ve reflejada por el proceso de levantamiento del sistema orogénico, mostrando un cambio de ambiente en transición; este cambio se muestra debido a la forma como están dispuestos los sedimentos, en donde la tasa de sedimentación es alta por la influencia de un régimen de flujo bajo, así los sedimentos más finos pueden precipitar.

También se puede observar la fuerte influencia de periodos de alta energía, donde se depositan los sedimentos de gran tamaño como lo son las guijas y guijarros, estos materiales no presentan procesos de desgaste por el transporte, debido a que la fuente de donde provienen es cercana. Esta secuencia se interpreta como un ambiente directamente relacionado a zonas pantanosas como estuarios que se originan porque la entrada de aguas marinas durante la pleamar, retiene las aguas del río, mientras que durante la bajamar, todas las aguas comienzan a entrar a gran velocidad en el mar u océano, lo que contribuye a limpiar y profundizar su cauce, dejando a menudo, grandes zonas de marismas donde el aporte marino es muy bajo, posiblemente la desembocadura de un gran sistema. Para esta región presenta dos condiciones que varían desde el Patía 29 al Patía 27, (Ver Figura 18) mostrando depósitos en subambientes referentes a canales de flujo de corriente alto que presenta un alto contenido de facies **Gms** de debris flow y hacia la parte Patía 27 se encuentran zonas con subambientes más tranquilos donde el flujo de corriente es bajo desarrollando el alto contenido de facies **Fsc** de marismas con

presencia de algunas zonas pantanosas restringidas para la formación de lutitas (shale).

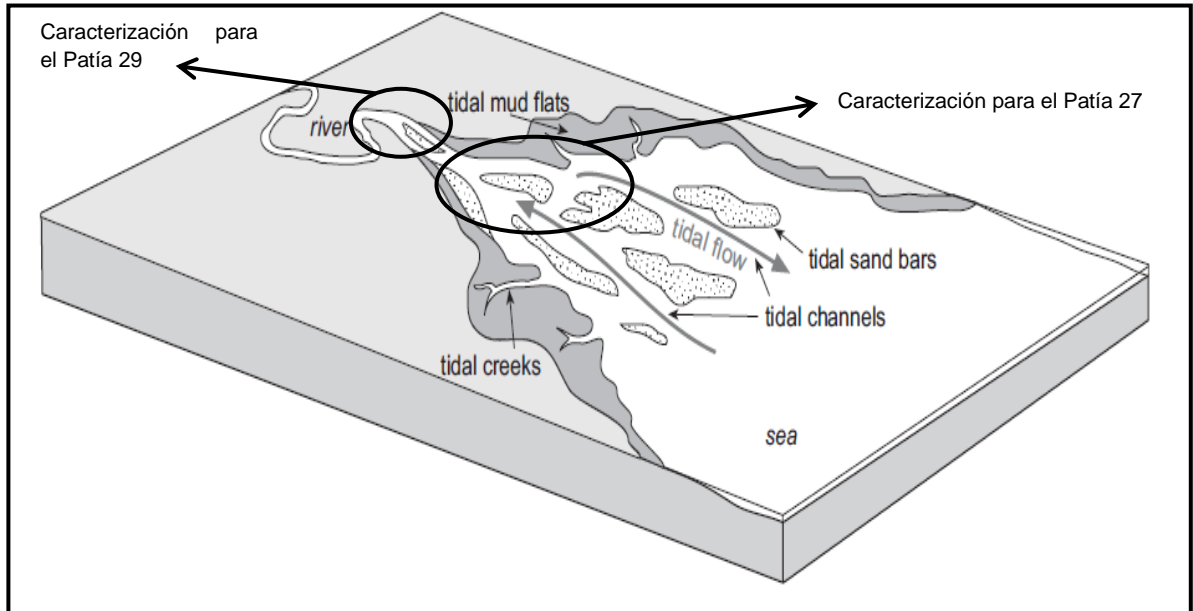


Figura 18. Modelo de Depósito de la Formación Esmita (Mbro. Conglomerático). Presenta Ambientes de Marismas, Pantanos y de Debris flow. Tomado de: NICHOLS. G. (2009).

8.2 Formación Popayán

Esta formación presenta un intervalo de base a tope desde los 610 pies hasta los 556 pies registrándose solo en la perforación del pozo Patía 29, encontrando sedimentos de aporte continental. Se describen arenas finas en depósitos de llanuras de inundación con superficies netas no erosivas, los aportes son esencialmente de origen continental ígneo, con algunas pequeñas influencias de cantos de lavas, diabasas, gabros, tobas y algunas pequeñas manifestaciones de cenizas y piroclastos por actividad volcánica en cercanías de la zona de depositación, todos estos aportes vienen dados posiblemente por el levantamiento de la Cordillera Central.

Esta región se desarrolla secuencias donde los sedimentos se presentan algo estratificados y en algunos sectores como las areniscas presentan lentes de

lodolita. Para la conformación de un tipo de ambiente característico para esta región se integran factores que influyen en cada uno de estos elementos, al incorporarse reflejan las características de un río trenzado. La sedimentación de arena y/o grava se produce en las barras medias del canal (Ver Figura 19). Además, se describe una secuencia de base a tope donde existe una superficies de erosión que representa la base del canal y esta será cubierta por una disposición de sedimentos de gran tamaño; posteriormente se encuentran estratos con laminación producidas por efecto de dunas subacuáticas. En sus partes laterales del canal se encuentran bancos de arenas a lodolitas de poco espesor siendo una fuente de relleno en las zonas de poca actividad de la corriente del río. También se pueden evidenciar para esta forma de depositación algunas regiones donde los ríos trenzados varían a una posición de llanura aluvial, una región amplia y extensa de depósitos de barras con granulometría de gran tamaño. Los procesos completos de sedimentación presentan facies de tipo **SI** (Arenas Finas que comprenden rellenos de cavidades erosivas (scours)), y **Fsc** (Limos y Arcillas que comprenden depósitos de dunas).

Toda esta secuencia se puede describir como una sucesión característica sedimentaria formada por la deposición de un ambiente de tipo de río trenzado, con sedimentos de aporte continental y de actividad volcánica con episodios de erupción corto o no tan fuerte, estos se reflejan en subambientes de actividades vulcanoclásticas que se presentaron periódicamente.

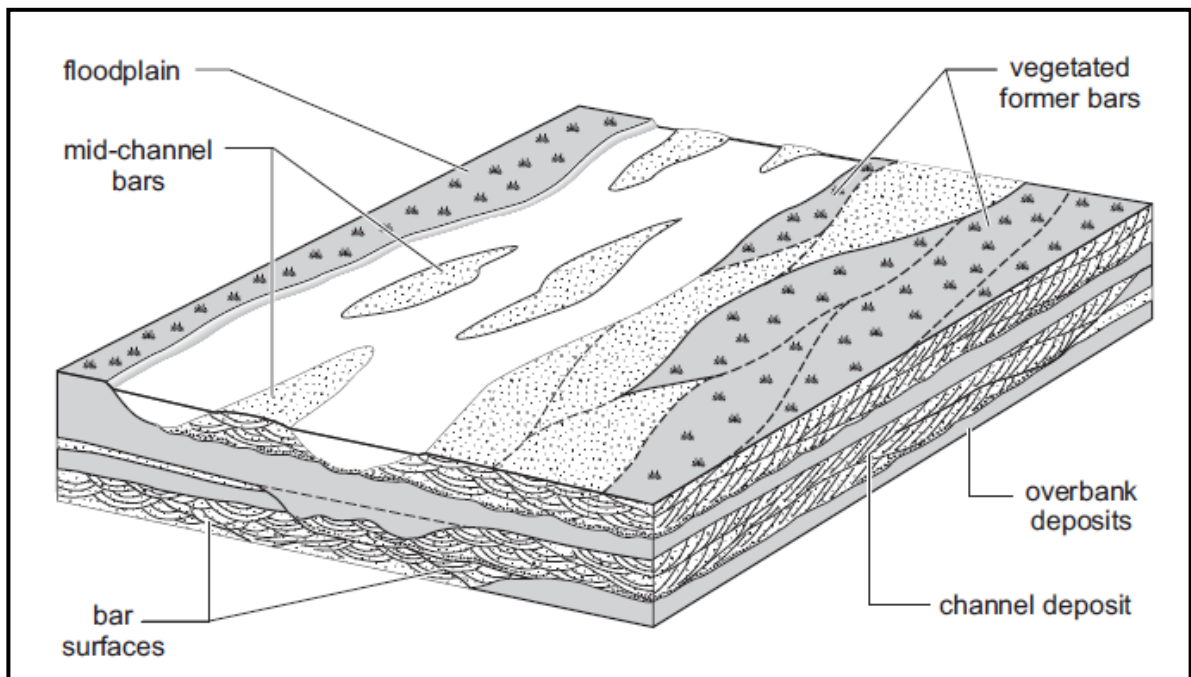


Figura 19. Modelo de Deposito de la Formación Popayán. Presenta Ambientes de rellenos de cavidades erosivas (scours) y depósitos laterales de río. Tomado de: NICHOLS. G. (2009).

8.3 Formación Mercaderes

La Formación Mercaderes presenta un intervalo de base a tope desde 556 pies a 180 pies para el Patía 29 y 1.225 pies a superficie en el Patía 27, se observa una tendencia de disminución de espesor de esta unidad a medida que se aleja del Patía 27, esto debido al fenómeno de continuidad lateral el cual define unidades que a la distancia se solapan o acuñan sobre otras unidades; también es debido a la manera como se depositan los sedimentos, mostrando geometrías donde las zonas de menor espesor se encuentran hacia la región del Patía 29, caso contrario sucede para la región de Mercaderes donde se observa un depocentro con mayor cantidad de depositación de sedimento, este suceso genera un adelgazamiento de las unidades a medida que se extienden en la lateral (Ver Figura 20).

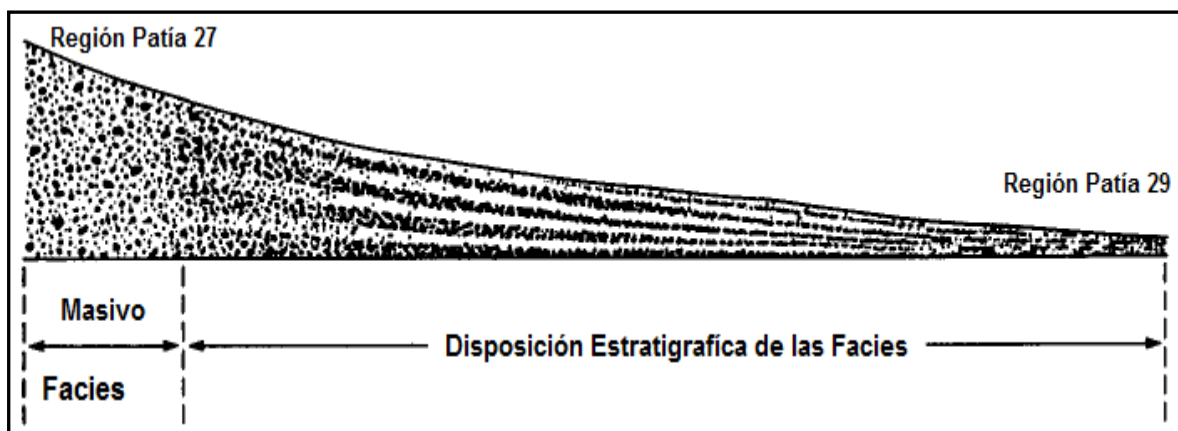


Figura 20. Esquema de continuidad lateral de la Formación Mercaderes.

Esta formación presenta dos secuencias vulcanosedimentarias hacia la región de Mercaderes, encontrándose una unidad piroclástica y otra epiclástica debido a la actividad volcánica registrada por el levantamiento de la Cordillera Central, esto es debido a que durante el levantamiento de un orogéno producto de una colisión el material que subduce (Cuña mantelica) se desmantela generando flujos de lava que ascienden rápidamente para generar sistemas volcánicos de gran actividad, en consecuencia se desarrollan depósitos de sedimentos de origen ígneo; para la región de Mercaderes se encuentran estas dos secuencias una de elementos piroclásticos (Ver figura 21), que comprenden cuerpos de rocas ígneas volcánicas como bombas y tobas de gran tamaño intercaladas con pequeños niveles de cenizas volcánicas (lapilli) y cantos de pumitas en una proporción muy baja. La secuencia de depósitos epiclásticos se caracteriza por presentar cantos poco transportados, angulosos, debido a los flujos lávicos que al momento de solidificarse se fracturan por el proceso de intemperismo, generando sedimentos con alto contenido de pumitas, andesitas, diabasas y basaltos; se encuentran en menores cantidades vidrio volcánico, gabros.

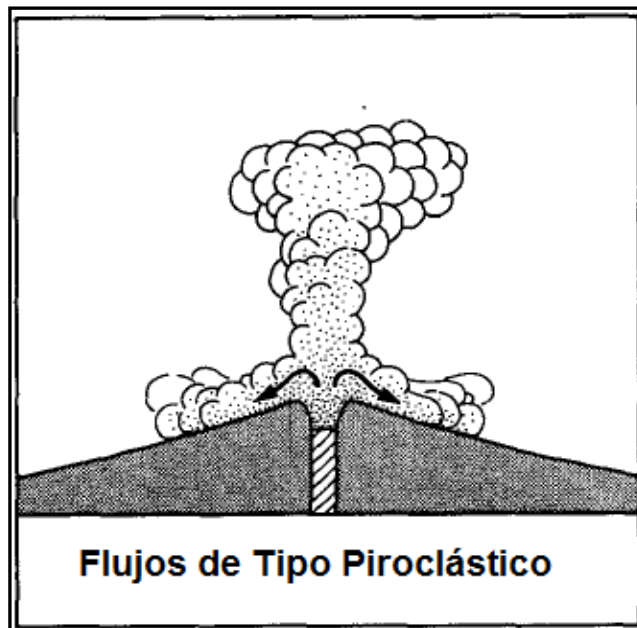


Figura 21. Modelo de Flujo Piroclástico.

La forma de depositación de esta unidad se representa por aportes de tipo **Fsc** (Limos y Arcillas) y **Sh** (Areniscas en flujos de capas planas), donde los sedimentos son netamente continentales y de origen volcánico, su depositación se da en corrientes de flujo alto, debido a la alta pendiente producto del sistema orogénico, en algunos sectores se encuentran pequeños abanicos de tipo aluvial y barras de canal en la zonas más lejanas de la depositación; este aspecto se desarrolló hacia la región de El Estrecho (Ver Figura 22). La depositación de las dos secuencias piroclástica y epiclástica se da en los dos pozos, pero con una mayor influencia de actividad piroclástica hacia la región de Mercaderes, donde se observan grandes espesores de estas unidades, por la cercanía a la Cordillera Central donde registra gran actividad volcánica. Toda esta secuencia se puede describir como una sucesión característica sedimentaria formada por la depositación de un ambiente de tipo vulcanosedimentario, con subambientes aluviales de planicies de inundación (Ver Figura 23).

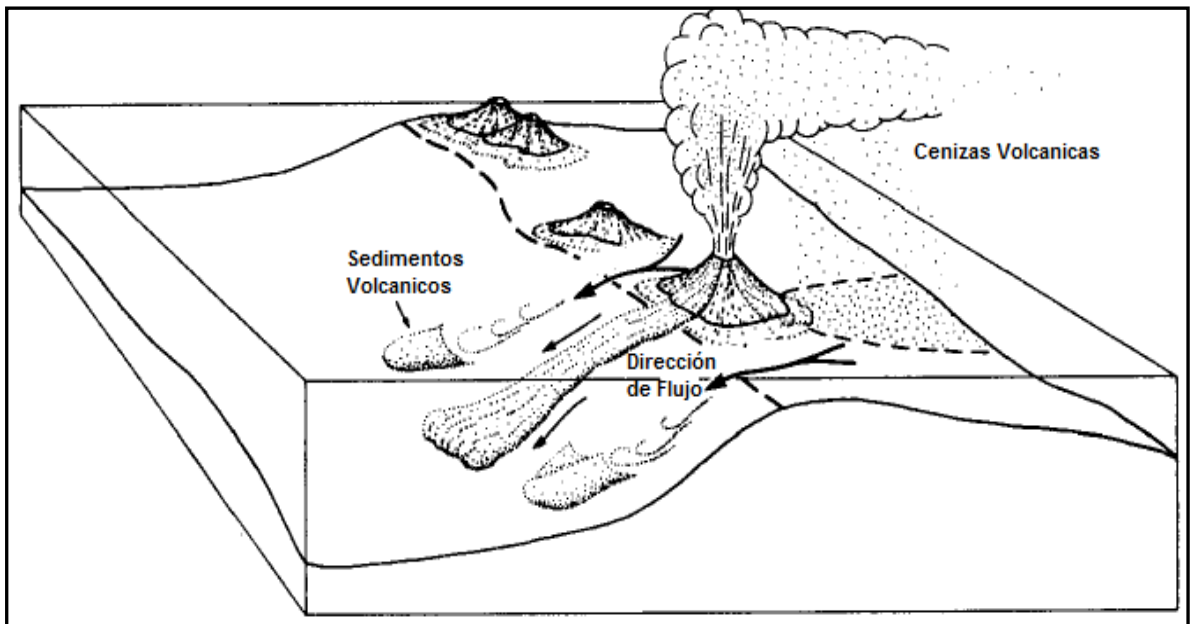


Figura 22. Modelo Depositacional de la Formación Mercaderes en la Región de Mercaderes. Presenta pequeños abanicos aluviales con alto contenido de elementos piroclásticos. Tomado de: SIGURDSSON (1980).

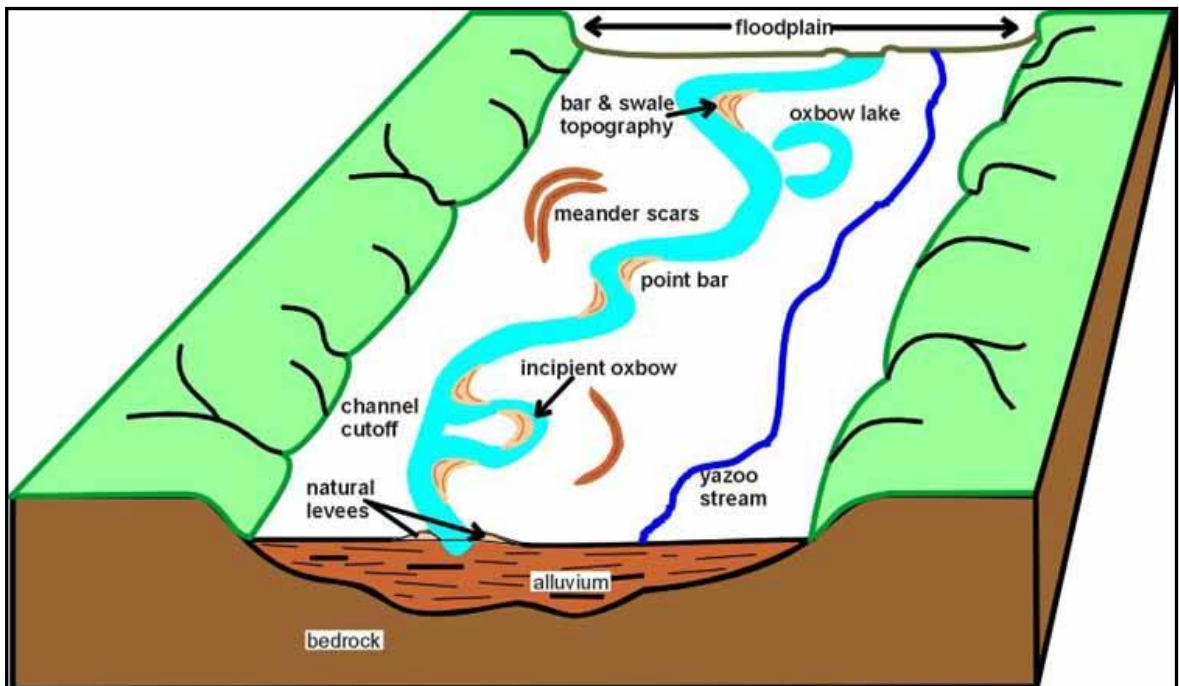


Figura 23. Modelo Depositacional de la Formación Mercaderes en la Región de El Estrecho. Se caracteriza por presentar zonas aluviales con planicies de inundación. Tomado de: http://www.utexas.edu/depts/grg/hudson/grg338c/old_338c/sediment_storage/floodplain.jpg

8.4 Formación Rio Mayo

Esta formación se describe para la región de El Estrecho, reportando un intervalo de base a techo desde los 180 pies hasta 137 pies. La formación registra un leve espesor y no se encuentra bien documentada en anteriores trabajos, donde solo se detalla como una formación de flujos piroclásticos con alto contenido de rocas ígneas e ígneas de tipo volcánico como lo son avalanchas ardientes, flujos de ceniza, pumita y lahares; los litoclastos incluyen fragmentos de eclogitas, piroxenitas, anfibolitas, esquistos y rocas porfíricas. En un análisis mayor datado en campo se describe por una fuerte actividad volcánica de tipo piroclástica; la procedencia de estos vulcanosedimentos posiblemente esté más ligada a rocas expulsadas de la Cordillera Occidental, a diferencia de la formación Mercaderes que sus aportes posiblemente vienen dados por la actividad volcánica de la Cordillera Central; esta unidad presenta niveles pequeños de conglomerados polimícticos con altos contenidos de pumitas, vidrio volcánico, diabasas y basaltos, con una coloración marrón oscura a negra, los cantos de rocas ígneas presentan textura porfírica; también se encuentran pequeños niveles de ceniza volcánica (lapilli) de hasta 10 cm de espesor.

Dado que la forma en que se depositó esta unidad muestra una tendencia alta en arcillolitas, refleja un carácter de flujo de corrientes suaves o de poco movimiento para este sector, posiblemente a una nivelación del terreno, se registra algunos periodos de intranquilidad con la forma de depositación de los sedimentos de mayor tamaño como lo son cantos y guijarros, debido a temporadas de fuerte actividad climática; en general se presenta una zona de aguas tranquilas donde los sedimentos más finos pudieron depositarse, a su vez influenciados por una actividad volcánica distal, se muestra una tendencia alta en aportes de tipo **Gms** (Grava Masiva, con soporte de matriz correspondientes a posibles depósitos de debris flow), **St** (Areniscas ± Conglomeráticas correspondientes a posibles depósitos de Dunas Subacuáticas) y **FI** pertenecientes a facies de llanuras de inundación. Su caracterización ambiental refleja una región aluvial de aportes

netamente continentales con subambientes de planicies de inundación con eventos esporádicos, posiblemente de ríos meandriformes. (Ver Figura 24).

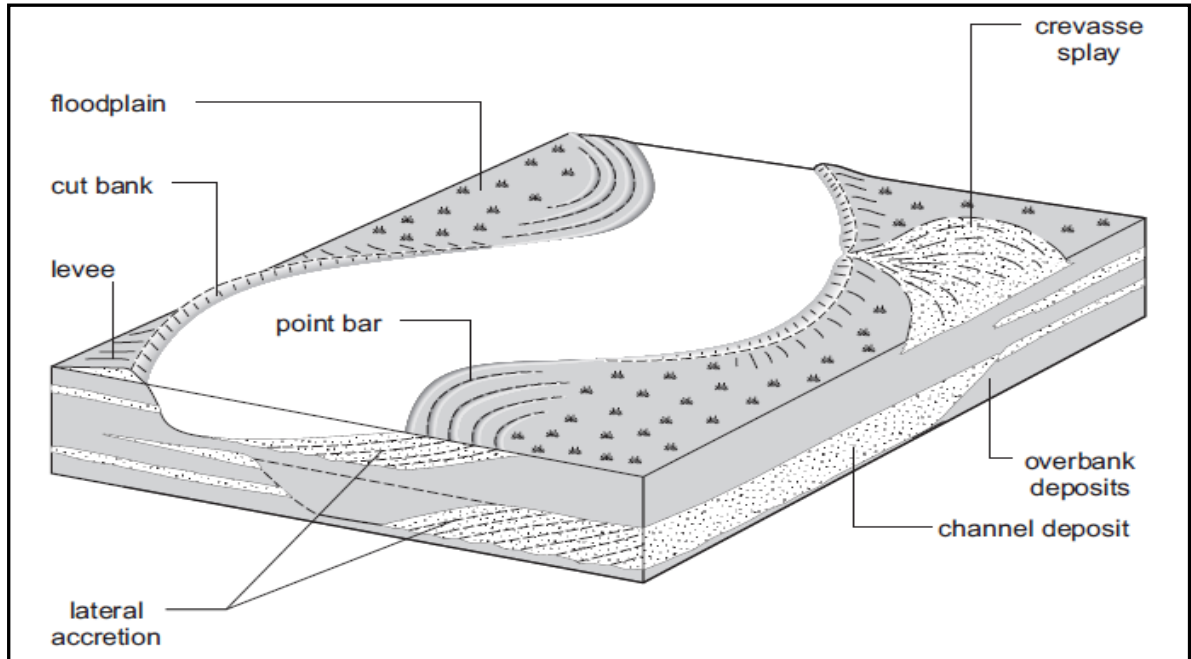


Figura 24. Modelo Depositacional de la Formación Rio Mayo. Tomado de: NICHOLS. G. (2009).

8.5 Depósitos Cuaternarios

Este depósito se presenta para la región de El Estrecho reportando un intervalo de base a techo desde los 137 pies hasta superficie; se describe una depositación de conglomerados y areniscas conglomeráticas, las cuales no desarrollan una orientación estratigráfica definida y el grado de compactación de la roca es muy débil, solo hacia la parte de la base se registra una leve ondulación con regiones bioturbadas; se disgrega fácilmente; el tipo de depositación fue constante y con aportes de origen continental por efecto de la denudación de los orogénos presentes en la región (Cordillera Occidental y Cordillera Central); no son depósitos maduros y actualmente se encuentran en procesos de sedimentación activa. La caracterización de este depósito es determinado por una región que se creó y rige por superficies aluviales de tipo abanico, donde se desarrolló una

deposición de conglomerados con una matriz arcillo-limosa, presenta algunos subambientes de llanura de inundación (Ver Figura 25).

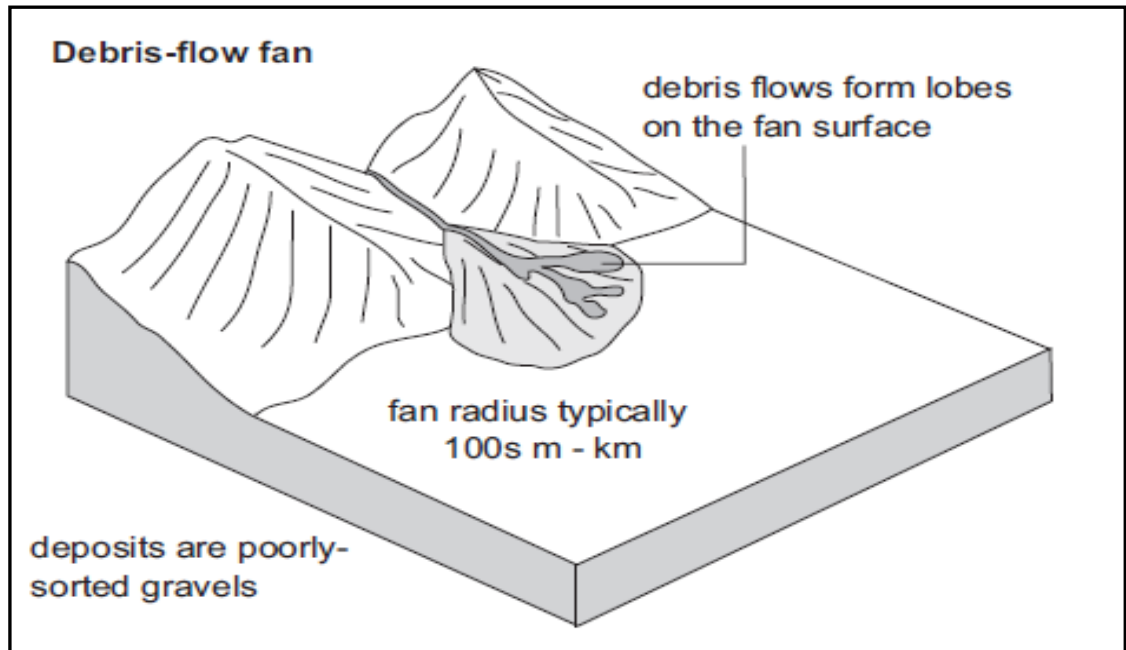


Figura 25. Modelo Ambiental para los Depósitos Cuaternarios. Tomado de: NICHOLS. G. (2009).

9. CONCLUSIONES

- Para el primer pozo estratigráfico perforado en la región del Estrecho se encontró una secuencia sedimentaria aluvial de tipo abanico y las formaciones Rio Mayo, Galeón, Mercaderes, Popayán y Esmita en su miembro conglomerático con la incertidumbre de hallar la base de este miembro.
- El segundo pozo perforado en la región de Mercaderes se encontraron las formaciones Mercaderes y Esmita en su miembro conglomerático de igual manera sin encontrar la base de este miembro.
- En los dos pozos estratigráficos se describieron nueve diferentes tipos de facies que son independientes de las formaciones encontradas en campo.
- Las facies descritas pertenecen a un sistema de depósitos aluviales que se diversifican unas de las otras por la forma en que se depositaron y las estructuras que forman para cada modelo ambiental.
- En una descripción general del área de estudio se muestra de base a tope un cambio ambiental que inicia en zonas de transición marino continente, pasando a regiones con actividad vulcanoclástica y terminando con ambientes aluviales de abanico con aportes continental.
- Se define un patrón de depositación diferente para cada región (El Estrecho y Mercaderes), debido a la influencia de cada uno de los sistemas orogénicos presentes (Cordillera Occidental y Central), que describe una depositación para la región de Mercaderes donde presentan más aportes pertenecientes a la Cordillera Central y que corresponden a la Formación Mercaderes; en cambio para la región del Estrecho se observa más de una

tendencia de aportes posiblemente de la Cordillera Occidental en las Formaciones Rio Mayo y Popayán.

- Para las unidades estratigráficas descritas en los dos pozos perforados se expone una secuencia en general de aportes de tipo continental, con depósitos sedimentarios caracterizados por presentar materiales en una mayor relación de tipo ígneo y metamórfico, con pequeños aportes de materiales de tipo sedimentario; en un aspecto macro de la cuenca se pueden presenciar ciclos donde los aportes son más de tipo de transición marino, marino-continental en sus partes más profundas.
- La Formación Esmita en su miembro conglomerático presenta aportes de cada uno de los sistemas orogénicos presentes en la región, estos aportes se caracterizan por contener una alta influencia de material ígneo y metamórfico por acción de la denudación en el proceso de levantamiento del sistema orogénico; se describe con facies de tipo Gms y Fsc que caracterizan ambientes someros de costa con zonas pantanosas, esto debido a la regresión del mar.
- Las Formaciones Popayán y Rio Mayo se depositaron con facies de tipo Sl y Fsc en una ambiente donde la actividad volcánica no presentaba erupciones periódicas con aportes de elementos de tipo Piroclástico y Epiclástico, también se encuentran intercalados con pequeñas capas de areniscas y lodolitas.
- En la parte más somera de la cuenca se refleja una actividad volcánica por efecto de la aproximación del arco de islas en la etapa progradada del ciclo de Wilson en su fase final, esto generado por el choque de las dos placas tectónicas (Sudamericana y Nazca), sucedido por un posterior plegamiento y levantamiento de un nuevo sistema orogénico. Al estar una de las dos

placas en subducción se genera un desmantelamiento de la cuña mantelica para emerger por las zonas más débiles y así generar cadenas volcánicas, que dieron los aportes para las Formaciones Popayán, Mercaderes y Rio Mayo.

- Una de las características observables de las secciones perforadas en los dos pozos estratigráficos, es el comportamiento de la Formación Mercaderes donde se observa un adelgazamiento de la unidad hacia la región de El Estrecho, esta geometría resulta por el proceso de continuidad lateral que presenta la formación en su depositación en la horizontal. Esta formación presenta facies de tipo Fsc y St, además por la cantidad de elementos Piroclásticos y Epiclásticos que caracterizan de ambientes de flujos volcánicos y planicies aluviales con zonas de inundación.
- La formaciones Popayán y Mercaderes muestran el inicio del levantamiento y plegamiento de las unidades existentes generadas por todo el proceso de la orogenia Andina; la forma depositacional de estas unidades se da en ambientes de rellenos de canal y abanicos aluviales con influencia de actividad volcánica producida por la joven cordillera Central que en su momento iniciaba toda su actividad emergente y volcánica.
- La estabilidad de la cuenca se da por la forma en que se depositó la formación Rio Mayo y que se caracteriza por tener ambientes de tipo Meandriformes, esto es una analogía de cómo el terreno se estabilizo y deposito elementos más finos, la influencia de las corrientes eran suaves con algunos periodos de desborde de canal.

10.RECOMENDACIONES

- Para estudios posteriores se recomienda la consecución y caracterización de las unidades más profundas, en este caso todo el intervalo que se presenta desde los 2144 pies hasta basamento, con el fin de tener una mayor percepción sobre la forma en que se depositó la cuenca desde su inicio en el momento en que el arco de islas choca contra la placa Sudamericana e inicia la formación del sistema Cauca-Patía.
- Para determinar con mayor certeza de donde provienen los aportes de cada una de las unidades litoestratigráficas encontradas en la perforación se requieren más estudios de tipo petrográfico, mineralógico y de forma de distribución de los sedimentos en la cuenca y de esta manera precisar la roca fuente que dio origen a cada una de las formaciones presentes en la cuenca.
- La toma de registros es una fuente importante para una referencia de los topes de cada una de las unidades, además para determinar las propiedades petrofísicas, que son una herramienta útil para posteriores estudios requeridos en la industria del petróleo.
- No se puede distinguir periodos de no depositación ya que los núcleos extraídos no alcanzan a reflejar estos aspectos, se sugiere un estudio más preciso sobre unidades expuestas en superficie, donde se detalla mejor los contactos entre la unidades y así poder ver las superficies de los estratos para determinar niveles de erosión o de no depositación.

- Estudios posteriores se recomienda unirlos a estudios petrofísicos, como la sísmica, magnetoteléfrica, teledetección, entre otros y así integrarlos en una base de datos para la generación de modelos digitales de la cuenca.

11. BIBLIOGRAFÍA

- **CRUZ GUEVARA, L. Y CABALLERO, V. M. (2007).** Guías de Laboratorios de Sedimentología, Escuela de Geología, Universidad industrial de Santander. Colombia. 89 Pág.
- **GONZÁLEZ, C. (1996).** Cartografía Geológica y correlación estratigráfica de los miembros en las formaciones del Terciario carbonífero, del área comprendida entre el río Guachinte y el sector Golondrinas en el Valle del Cauca. Tesis de grado. Universidad de Caldas. 100 Pág.
- **HINCAPIÉ, G. (2009).** Evaluación Geológica y Prospectividad de la cuenca Cauca-Patía, Colombia. X Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en Cuencas Subandinas held in Cartagena, Colombia. 10 Pág.
- **INGEOMINAS. (2005).** Portafolio preliminar de zonas potenciales en las regiones central y sur del sistema tectónico Cauca – Romeral.
- **KEITH, J.F, RINE, J.M Y SACKS, P.E. (1988).** Frontier basins of Colombia Valle del Cauca. Field report vol. 1. Universidad de Carolina del Sur. 318 Pág.
- **MARTINEZ, J.A Y RUBIO, F. (1991).** Arquitectura facial de las unidades tectosedimentarias Terciarias; con la Evolución Geodinámica de la Subcuenca del Alto Patía, Cauca- Colombia. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. 121Pág.
- **MORENO, S. M Y PARDO, T. (2003).** Stratigraphical and sedimentological constraints on western Colombia: Implications on the

evolution of the Caribbean plate, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*. AAPG. Memoir 79, p. 891– 924.

- **NICHOLS, G. (2009)**. *Sedimentology and Stratigraphy*. Editorial Wiley-Blackwell. West Sussex, PO19 8SQ, UK. 419 Pág.
- **NIÑO, C; CRISTINA. C Y MENESES, C. (2004)**. Informe cuencas sedimentarias Cauca – Patía y Catatumbo. Tesis de Maestría. Universidad nacional de Colombia.
- **PADILLA, L. E. (1986)**. Carácter cíclico del Terciario hullero del Valle del Cauca-Cauca. *Geología Colombiana* N°15. Pág. 229-239.
- **PÉREZ, G Y TÉLLEZ. (1980)**. Evolución Geológica de la subcuenca del alto Patía Departamento del Cauca, Colombia. *Geología Norandina*. Segunda Edición.
- **RANGEL, A.V; GONGALVES, F.T Y ESCALANTE, C. (2002)**. Organic geochemical evaluation of the Patía basin, Colombia: assessing the petroleum system of a frontier area. *CT&F- ciencia, tecnología y futuro*, vol. 2 núm. 3.
- **RÍOS, P Y HERNÁNDEZ, J. M. (1989)**. Análisis Facial del Intervalo Oligoceno- Mioceno en el sector noreste de la subcuenta de Cauca, Departamento del Valle del Cauca, Colombia. Tesis de grado. Universidad de Caldas.

- **VERA. T. (1994).** Estratigrafía principios y métodos. Editorial Rueda. Madrid España. 650 Pág.
- **WALKER. R. (1992).** Facies Models. Geological Association of Canada. Department of Earth Sciences Memorial University of Newfoundland St. John's, Newfoundland. Canada. 409 Pag.

12. ANEXOS

Se entregan en medio digital.