



GEOLOGÍA DE SUPERFICIE Y GEOQUÍMICA DE ROCAS Y CRUDOS DE LA SUBCUENCA DEL SAN JUAN (CHOCÓ)

INFORME FINAL



DICIEMBRE DE 2008

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	7
1.1	OBJETIVOS	7
1.2	LOCALIZACIÓN	7
1.3	METODOLOGÍA	8
2	GEOLOGIA DE SUPERFICIE	11
2.1	MARCO TECTÓNICO REGIONAL	11
3	INTERPRETACIÓN FOTOGEOLÓGICA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SAN JUAN-CHOCÓ	14
3.1	EVALUACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA	14
3.2	MATERIAL DE REFERENCIA Y SOPORTE PARA LA INTERPRETACIÓN	16
3.3	METODOLOGÍA DEL PROCESO DE INTEPRETACIÓN FOTOGEOLÓGICA	16
3.4	ESTRUCTURAL	18
3.4.1	Sector de Jivarú - Río Pepe.....	19
3.4.2	Sector de Siguirisua – Docampadó.....	19
3.4.3	Sector Docampadó - San Juan.....	19
3.4.4	Sector Guapágara - Cucurupí.....	20
3.4.5	Sector Munguidó - Calima.....	21
3.5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	21
4	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	23
4.1.1	Sector Central - Norte.....	26
4.1.2	Sector Sur.....	28
4.2	ANÁLISIS DE FRACTURAS	28
4.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	31
5	ESTRATIGRAFÍA	34
5.1	DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES AFLORANTES	36
5.1.1	Formación Istmina (E3N1is).....	36
5.1.2	Formación Conglomerados de la Mojarra (N1cmj).....	36
5.1.3	Formación Condoto (N1cn).....	37
5.1.4	Formación Mayorquín (N2my).....	38
5.1.5	Formación Raposo (N2rp).....	39
5.2	COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS LEVANTADAS	40
5.2.1	Descripción e Interpretación de Facies.....	40
5.2.2	Facies.....	43
5.2.3	Asociación de Facies.....	52
5.3	DESCRIPCIÓN DE SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS	58
5.3.1	Formación Condoto.....	58
5.3.2	Formación Conglomerados de La Mojarra.....	95
5.4	INTERPRETACIÓN DE LOS REGISTROS DE RAYOS GAMMA	116
5.4.1	Columna Malambo.....	116
5.4.2	Columna Quebrada Grande.....	117



5.4.3	Columna Siguirisua	119
5.4.4	Columna Agua Clara	122
5.4.5	Columna Ladrilleros	125
6	GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO	127
6.1	ROCA GENERADORA.....	127
6.2	RESERVORIO	127
6.3	SELLO Y TRAMPAS	128
6.4	REZUMADEROS.....	128
6.5	OTRAS MANIFESTACIONES.....	128
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
8	BIBLIOGRAFÍA	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Índice de planchas topográficas a escala 1:25.000 del área de estudio.....	8
Figura 2. Mapa Geológico Bloque San Juan (<i>Ver Anexo 7</i>).....	12
Figura 3. Mapa índice de los sectores estructurales, basados en la fotointerpretación, Bloque San Juan (<i>Ver Anexo 4</i>).....	18
Figura 4. Mapa Estructural del área de San Juan (<i>Ver Anexo 8</i>).....	24
Figura 5. Corte geológico A-A', sección W.....	25
Figura 6. Corte geológico A-A', sección E.....	25
Figura 7. Corte geológico B-B'	25
Figura 8. Corte geológico C-C'	25
Figura 9. Proyección estereográfica de planos de fallas y polos de diaclasas de toda el área.....	29
Figura 10. Ejes de pliegues en echelón, al norte del área de estudio. Sugieren una orientación del esfuerzo compresivo principal NW-SE. Modelo de Elevación Digital de terreno.	32
Figura 11. Columna Estratigráfica generalizada modificada de ANH 2007	35
Figura 12. Perfil del Fondo Marino, Duque, este trabajo (<i>Ver Anexo 3</i>).....	41
Figura 13. Características de acumulación de flujos por gravedad, tomado de Mulder y Alexander, 2001.....	42
Figura 14. Clasificación de eventos turbulentos modificado de Haughton, 2006.	42
Figura 15. Estructura de desagüe, “load cast” y estructura en llama, producidas por saturación de agua en las capas de lodo (tomado de: http://strata.geol.sc.edu/Deepwater/Co-Clare-Images /WebPage Deep SedStructures /pages /163-LoadCastForms.html).	45
Figura 16. Diagrama esquemático de una turbidita lodosa, en el que se localizan las asociaciones faciales 1, 2 y 3, pendiente abajo y perpendicular a la pendiente. Modificado de Stow & Piper (1984).	53
Figura 17. Sección estratigráfica de Ladrilleros (base)	59
Figura 18. Sección estratigráfica de Ladrilleros parte inferior.....	60
Figura 19. Modelo de sedimentación de turbidita lodosa, el mayor ambiente de depósito de la Sección Ladrilleros	84
Figura 20. Sección estratigráfica de Siguirisua.	86
Figura 21. Sección estratigráfica de Agua Clara.	96
Figura 22. Modelo de sedimentación de una turbidita arenosa, el mayor ambiente de depósito de la Sección Agua Clara.....	106
Figura 23. Sección estratigráfica de Quebrada Grande	108
Figura 24. Sección estratigráfica Malambo.....	113
Figura 25. Parte del Rango de descripción de Gamma Ray 1, Columna Malambo.	116
Figura 26. Rango 4 de descripción de Gamma Ray, Columna Malambo.	117
Figura 27. Parte del Rango 1 de descripción de Gamma Ray, Columna Quebrada Grande.	117
Figura 28. Rango 7 de descripción de Gamma Ray, Columna Quebrada Grande.	118
Figura 29. Rango 7 de descripción de Gamma Ray, Columna Siguirisua.	120
Figura 30. Parte del Rango 9 de descripción de Gamma Ray, Columna Siguirisua.	121
Figura 31. Parte del Rango 5 de descripción de Gamma Ray, Columna Agua Clara.	123
Figura 32. Parte del Rango 11 de descripción de Gamma Ray, Columna Agua Clara.	124
Figura 33. Rango 2 de descripción de Gamma Ray, Columna Ladrilleros.	125
Figura 34. Parte del Rango 6 de descripción de Gamma Ray, Columna Ladrilleros.....	126

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación de planchas topográficas a escalas 1:25.000 y 1:100.000 del área de estudio.	7
Tabla 2. Geólogos participantes.	8
Tabla 3. Resumen Cronoestratigrafía (Zonación Planctónica) Duque, este trabajo (<i>Ver Anexo 3</i>).....	11
Tabla 4. Correlación estratigráfica, Cuencas San Juan y Atrato.	13
Tabla 5. Vuelos correspondientes a diferentes escalas y fechas de toma.	15
Tabla 6. Área de Exploración Cubierta por Imágenes de Radar INTERA.....	15
Tabla 7. Leyenda base para la interpretación Fotogeológica.	16
Tabla 8. Resumen Cronoestratigrafía (Zonación Planctónica) Duque, este trabajo (<i>Ver Anexo 3</i>).....	34
Tabla 9. Resumen de los códigos para las facies presentes en este estudio.	43

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1.	Fotografías (Estructural, Cartografía y Estratigrafía)
ANEXO 2.	Hoja de Datos de las Estaciones de Campo
ANEXO 3.	Informe Bioestratigráfico
ANEXO 4.	Anexo 4 Mapa Fotogeológico Plancha I a escala 1:50.000 Anexo 4 Mapa Fotogeológico Plancha II a escala 1:50.000
ANEXO 5.	Columnas Estratigráficas a escala 1:200 Anexo 5(1) Columna Agua Clara Anexo 5(2) Columna Ladrilleros Anexo 5(3) Columna Malambo Anexo 5(4) Columna Quebrada Grande Anexo 5(5) Columna Siguirisua
ANEXO 6.	Poligonales de las Columnas Estratigráficas a escala 1:5.000 Anexo 6A(1) Poligonal Agua Clara Anexo 6A(2) Poligonal Ladrilleros Anexo 6A(3) Poligonal Malambo Anexo 6A(4) Poligonal Quebrada Grande Anexo 6A(5) Poligonal Siguirisua Anexo 6B Base de datos Poligonales
ANEXO 7.	Mapa Geológico a escala 1:50.000 Planchas I, II y III Anexo 7 Mapa Geológico Plancha I Anexo 7 Mapa Geológico Plancha II Anexo 7 Mapa Geológico Ladrilleros Plancha III
ANEXO 8.	Mapa Estructural a escala 1:50.000 Planchas I, II y III Anexo 8 Mapa Estructural Plancha I Anexo 8 Mapa Estructural Plancha II Anexo 8 Mapa Estructural Ladrilleros Plancha III
ANEXO 9.	Secciones Estructurales a escala 1:50.000 Anexo 9 Sección Estructural A-A` Anexo 9 Sección Estructural B-B`

Anexo 9 Sección Estructural C-C`

ANEXO 10. Mapa de Estaciones a escala 1:50.000 Planchas I, II y III (Ver en Copia Digital Anexo 17)

Anexo 10 Mapa de Estaciones Plancha I

Anexo 10 Mapa de Estaciones Plancha II

Anexo 10 Mapa de Estaciones Ladrilleros Plancha III

ANEXO 11. Gamma Ray (Ver en Copia Digital Anexo 17)

Anexo 11A Gamma Ray

Anexo 11B (1) Correlación Gamma Agua Clara

Anexo 11B (2) Correlación Gamma Ladrilleros

Anexo 11B (3) Correlación Gamma Malambo

Anexo 11B (4) Correlación Gamma Quebrada Grande

Anexo 11B (5) Correlación Gamma Siguirisua

Anexo 11C Base de Datos Gamma Ray

ANEXO 12. Muestras (Ver en Copia Digital Anexo 17)

Anexo 12A Muestras

Anexo 12B Formato toma de Muestras con Taladro

Anexo 12C Descripción Muestras tomadas con Taladro

Anexo 12D Descripción Muestras de Mano

Anexo 12E Base de Datos Muestras

ANEXO 13. Formatos de Campo (Ver en Copia Digital Anexo 17 y Anexos Tomo II)

ANEXO 14. Fotografías Digitales sin Descripción (Ver en Copia Digital Anexo 17)

Anexo 14A Fotografías de Cartografía

Anexo 14B (1) Fotografías Afloramientos Agua Clara

Anexo 14B (2) Fotografías Muestras Agua Clara

Anexo 14B (3) Fotografías Afloramientos Ladrilleros

Anexo 14B (4) Fotografías Muestras Ladrilleros

Anexo 14B (5) Fotografías Afloramientos Malambo

Anexo 14B (6) Fotografías Muestras Malambo

Anexo 14B (7) Fotografías Afloramientos Quebrada Grande

Anexo 14B (8) Fotografías Muestras Quebrada Grande

Anexo 14B (9) Fotografías Afloramientos Siguirisua

Anexo 14B (10) Fotografías Muestras Siguirisua

ANEXO 15. Icnofósiles

ANEXO 16. Listado de equipos utilizados

ANEXO 17. Copia Digital (Contiene Informe Final y Anexos)

1 INTRODUCCIÓN

Este informe presenta los resultados del trabajo de campo y oficina, contratado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), a través de FONADE de acuerdo al contrato No. 2072139, de la consultoría para la geología de superficie a escala 1:25.000 de un área de 2.225 Km², y el levantamiento de 2.735 metros de columna estratigráfica a escala 1:200, adquisición de Gamma Ray y muestreo sistemático en las formaciones aflorantes. La interventoría fue realizada por la empresa HGA Ltda.

Las muestras tomadas fueron para análisis bioestratigráficos realizados en este estudio y análisis petrofísicos, petrográficos y de AFTA para análisis posteriores, con el fin de caracterizar unidades potencialmente generadoras de hidrocarburos y organizar la información de campo encaminada a la prospectividad y potencialidad de hidrocarburos de la Subcuenca San Juan en el Departamento de Chocó.

1.1 OBJETIVOS

Realizar la cartografía de superficie y los levantamientos estratigráficos en la Subcuenca San Juan, a partir de información colectada en campo y su posterior análisis e interpretación, con el objeto de valorar factores de prospectividad y de potencialidad de hidrocarburos, que existan allí. A continuación enunciamos los objetivos específicos:

- Levantar la cartografía geológica de un área de 2.225 Km² (Ver Figura 1).
- Descripción, interpretación y evaluación para la exploración de hidrocarburos de la geología estructural del área de estudio.
- Levantamiento de 2.000 metros de columna estratigráfica en unidades aflorantes, que puedan tener incidencia para la exploración de hidrocarburos.
- Recolección de mínimo cuatrocientas (400) muestras de roca de las unidades litológicas con características de rocas generadoras, almacenadoras y sello de hidrocarburos.
- Recolección de muestras de rezumaderos de hidrocarburo que existan en el área de estudio.
- Caracterización geoquímica de las unidades potencialmente generadoras y de los rezumaderos.
- Datación cronoestratigráfica de las unidades litológicas.
- Integración e interpretación de toda la información geológica colectada en el área de estudio.

1.2 LOCALIZACIÓN

El área de estudio comprende el sector ubicado aproximadamente entre las poblaciones de Buenaventura (sector sur), y los Caseríos Capirito y Agua Sucia (sector norte), en la Subcuenca de San Juan en el Departamento de Chocó (Ver Figura 1) y está comprendida en 36 planchas topográficas a escala 1:25.000 (Ver Tabla 1).

PLANCHAS TOPOGRÁFICAS BASE IGAC						
ESC. 1:25.000						ESC. 1:100.000
221 – II - A	221 – IV - C	222 – III - A	240 – IV - B	241 – III - A	260 – I - A	221
221 – II - B	221 – IV - D	222 – III - B	240 – IV - D	241 – III - B	260 – I - B	222
221 – II - C	222 – I - A	222 – III - C	241 – I - A	241 – III - C	260 – I - C	240
221 – II - D	222 – I - B	222 – III - D	241 – I - B	241 – III - D	260 – I - D	241
221 – IV - A	222 – I - C	240 – II - B	241 – I - C	259 – II - B		259
221 – IV - B	222 – I - D	240 – II - D	241 – I - D	259 – II - D		260

Tabla 1. Relación de planchas topográficas a escalas 1:25.000 y 1:100.000 del área de estudio.

221-II-A	221-II-B	222-I-A	222-I-B
221-II-C	221-II-D	222-I-C	222-I-D
221-IV-A	221-IV-B	222-III-A	222-III-B
221-IV-C	221-IV-D	222-III-C	222-III-D
240-II-A	240-II-B	241-I-A	241-I-B
240-II-C	240-II-D	241-I-C	241-I-D
240-IV-A	240-IV-B	241-III-A	241-III-B
240-IV-C	240-IV-D	241-III-C	241-III-D
259-II-A	259-II-B	260-I-A	260-I-B
259-II-C	259-II-D	260-I-C	260-I-D

Figura 1. Índice de planchas topográficas a escala 1:25.000 del área de estudio.

1.3 METODOLOGÍA

El estudio se realizó en tres etapas principales: 1) Actividades Precampo, 2) Fase de Campo y 3) Fase de Oficina. Este fue desarrollado por los geólogos que se relacionan en la Tabla 2.

GEÓLOGO	RESPONSABILIDAD
Juan Carlos Patiño	Director de Proyecto
Hernán Gómez	Fotointérprete
Juan Carlos Caicedo	Geólogo de Campo (Estratígrafo)
Guillermo Camargo	Geólogo de Campo (Estructuralista)
Salvador Ariza	Geólogo de Apoyo
Katerin Contreras	Geólogo Junior
Fernando Suárez	Geólogo Junior
Leidy Dayana Niz	Geólogo Junior
Luz Yenci Valencia	Geólogo Junior

Tabla 2. Geólogos participantes.

Actividades Pre – Campo

En esta etapa se revisó la información técnica disponible sobre el área de estudio, en general se trataron los siguientes temas, de los cuales, los que generaron informes o material de consulta (*), fueron entregados al cliente.

- ✚ Adquisición material cartográfico y sensores remotos (*)
- ✚ Compilación, validación, análisis y evaluación de la información
- ✚ Informe revisión de documentos San Juan con sus respectivos anexos (*)
- ✚ Presentación conocimiento y calidad de la información existente del área a cartografiar (*)
- ✚ Interpretación sensores y mapa fotogeológico a escala 1:50.000 (*)
- ✚ Informe fotogeológico (*)
- ✚ Scouting al área, Informe de “scouting” (*)
- ✚ Selección de secciones estratigráficas y cartográficas, programa de trabajo de campo (*)
- ✚ Coordinación logística en campo e inicio de actividades
- ✚ Socialización Comunidades y entes involucrados (ANH, Ministerio de Interior y Justicia, Fuerzas Armadas de Colombia)

Fase de Campo

De acuerdo con la previa selección, con el cliente, de las 11 secciones geológicas y las 5 secciones estratigráficas (Quebrada Agua Clara, Ladrilleros, Quebrada Malambo, Quebrada Grande y Río Siguirisua) a controlar (*Ver Anexo 4. Mapa Fotogeológico Planchas I-II*), se establecieron las bases logísticas para el sector norte, en el Caserío Puerto Bolívar - Río Docampadó y en las riberas del Río Capiro. Para el sector sur en la Inspección de Policía Juanchaco - Caserío Ladrilleros y en el caserío Copomá en la ribera del Río San Juan, desde donde se realizaron los desplazamientos hacia los diferentes sectores controlados geológicamente.

Cada geólogo utilizó el equipo básico de campo (morril, GPS, cámara, brújula, lupa, martillo, metro, elementos de protección personal - EPP) y dispuso de un auxiliar nativo de la región. La ubicación de las estaciones se hizo mediante el uso de GPS's Garmin (GPSmap 60CSx), procesando los datos con el software MapSource. Se realizaron calibraciones con el programa ArcPad en computadoras de bolsillo marca Pharos con GPS integrado. Adicionalmente y con el propósito de unificar la información, cada geólogo contaba con una tabla, donde se tenían las convenciones para la captura de la información en los formatos de cartografía y estratigrafía, como diagrama triangular de Folk, (Folk, 1968), diagrama para la clasificación de rocas calcáreas, (Dunham, 1962), etc., (*Ver Anexo 12A*).

La información cartográfica y estratigráfica, se recolectó en formatos estandarizados autorizados por el cliente. Las descripciones se complementaron con la toma de fotografías digitales. Se utilizó el equipo de medición correspondiente al Bastón de Jacob, brújula, láser, pinturas en aerosol, cintas, marcadores y bolsas plásticas. Las muestras se rotulaban según las estaciones de campo con las iniciales de cada geólogo y un número consecutivo, en las columnas de acuerdo al bastón levantado. Los datos obtenidos se descargaban y sistematizaban diariamente.

De esta manera se levantó y muestreó sistemáticamente la roca aflorante, de acuerdo a las etapas descritas a continuación:

Levantamientos estratigráficos

Se identificaron, en el terreno los sitios preseleccionados en la etapa inicial de oficina, y se localizaron cerca de estos, lugares con las mejores exposiciones de roca. Seguidamente se eligieron las secciones a levantar y se determinó el punto inicial, lo más posible hacia la base de la unidad, luego se procedió a medir

la secuencia utilizando el Bastón de Jacob o cinta y brújula, con estaciones controladas con GPS. Se ubica el bastón con el buzamiento y se lanzan visuales perpendiculares a este hacia las siguientes capas.

Una vez ubicado el punto donde cae la visual sobre el afloramiento, el bastón fue colocado en ese punto y marcado con aerosol para la descripción de dicho nivel y así sucesivamente. Cada bastón representa 1,5 metros de secuencia estratigráfica. En los cubiertos más pequeños, se bastonea con el último buzamiento, hasta donde aflore nuevamente roca, en los cubiertos grandes se midió con poligonal.

Paralelo a la medición se hace la definición de intervalos mayores de acuerdo a sucesiones estratigráficas diferenciables y descripción de las características más generales de las rocas, tales como espesor, composición, color, textura y datos estructurales. El geólogo elige los sitios de interés para el muestreo sistemático con taladro portátil (*Ver Anexo 12A*).

Seguidamente un grupo tomo las lecturas de rayos gama utilizando el espectrómetro RS-125, (*Ver Anexo 11A*).

Fase de Oficina

Después del trabajo de campo se procedió a organizar la información adquirida, digitalizar las columnas, los mapas, editar las fotografías, además de fotografiar, describir macroscópicamente y remarcar las muestras de los sectores Quebrada Agua Clara, Ladrilleros, Quebrada Malambo, Quebrada Grande y Río Siguirisua, al igual que las de cartografía.

Las muestras escogidas, se enviaron al los laboratorios para la realización de los respectivos análisis y las demás fueron entregadas a la Litoteca Nacional en Bucaramanga, con sus respectivos listados con la información solicitada (*Ver Anexo 12E*).

Se elaboró un Mapa de Estaciones a escala 1:25.000. La parte final de esta fase consistió en elaborar el presente informe que sintetiza todo el trabajo.

De acuerdo con lo demandado por ANH, el producto a suministrar incluye:

- ❖ Informe Final.
- ❖ Mapa Fotogeológico a escala 1:50.000.
- ❖ Mapa Geológico a escala 1:50.000.
- ❖ Mapa Estructural a escala 1:50.000.
- ❖ Secciones Estructurales Retrodeformables a escala 1:25.000.
- ❖ Mapa de Estaciones a escala 1: 50.000.
- ❖ Gráficos de Columnas Estratigráficas a escala 1:200.
- ❖ Gráficos de las Poligonales de las Columnas Estratigráficas a escala 1:5.000.
- ❖ Fotografías Digitales.
- ❖ Bases de datos compatibles con Access.

2 GEOLOGÍA DE SUPERFICIE

La etapa de comprobación fue realizada en tres campañas de campo, entre los meses de abril y septiembre, se obtuvieron 448 estaciones, las cuales pueden ser revisadas en los formatos de descripción de campo (*Ver Anexo 13*) o en forma resumida en la Hoja de Datos (*Ver Anexo 2*), estos formatos se elaboraron para recolectar la información en el campo, de una manera uniforme, por cada grupo de geólogos y corresponde a la información básica de campo o libreta de campo, con recolección de información sistemática, en forma de base de datos. Se recolectaron 108 muestras, y se cartografiaron 1.693,23 km² lo cual dio como resultado el mapa geológico exhibido en el presente informe (*Ver Figura 2 y Anexo 7*), a lo largo de 10 secciones geológicas, planeadas en el programa de campo preliminar.

Se levantaron 2.717,58 metros de columna estratigráfica en cinco secciones (*Ver Anexo 5*), elegidas según mapa base de Ingeominas, de acuerdo con las especificaciones del cliente. Allí se describieron, 1.779,30 metros de roca y 938,28 metros cubiertos, donde se recolectaron 332 muestras.

Del total de las 440 muestras recolectadas (*Ver Anexo 12*), se enviaron 26 muestras a análisis palinológicos y 101 a análisis micropaleontológicos (*Ver Anexo 3*), la siguiente tabla resume los resultados micropaleontológicos para las muestras de cartografía, las cuales permitieron delimitar las unidades cartografiadas (*Ver Tabla 3*) y las columnas estratigráficas (*Ver Tabla 6*).

ZONACIÓN BIOESTRATIGRÁFICA DE LAS MUESTRAS CARTOGRÁFICAS SUBCUENCA SAN JUAN				
EDAD	ZONA BIOESTRATIGRÁFICA	UNIDAD Duque, 1990a	COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	UNIDAD (Servigecol, 2008)
MIOCENO TARDIO	N18	S I E R R A	SA1119A	C O N D O T O
	N17			
	N16			
	N15			
MIOCENO MEDIO	N14	N A P I P I	SA124A SA130A	M O J A R R A
	N13			
	N12			
	N11			
	N10			
	N9			
	N8			
	N8			

Tabla 3. Resumen Cronoestratigrafía (Zonación Planctónica) Duque, este trabajo (*Ver Anexo 3*).

2.1 MARCO TECTÓNICO REGIONAL

Dentro del contexto regional el área de estudio se encuentra limitada por el denominado Arco Magmático de Mandé, el cual hace parte del flanco W de la Cordillera Occidental y la Serranía de Baudó, al E y W respectivamente.

Desde el punto de vista geotectónico la región ha sido sujeto de varios estudios de los cuales diversas denominaciones han sido propuestas: Etayo, et. al., 1986 propone los Terrenos Atrato - San Juan - Tumaco y Baudó. El Terreno Panamá - Baudó - Mandé (Restrepo & Toussaint, 1988) del cual hacen parte los denominados Arco de Mandé, la Serranía de Baudó y la cuenca del Atrato - San Juan sobre la que se encuentra el área de estudio.

Regionalmente esta zona es denominada el Bloque Chocó por Duque - Caro, 1990 quien concluye, con base en estudios paleontológicos de foraminíferos planctónicos, que se trata de un terreno exótico acrecionado al flanco NW de la Cordillera Occidental durante el Mioceno Medio, y sugiere un origen tan distante como proveniente de las actuales latitudes de Guatemala y México.

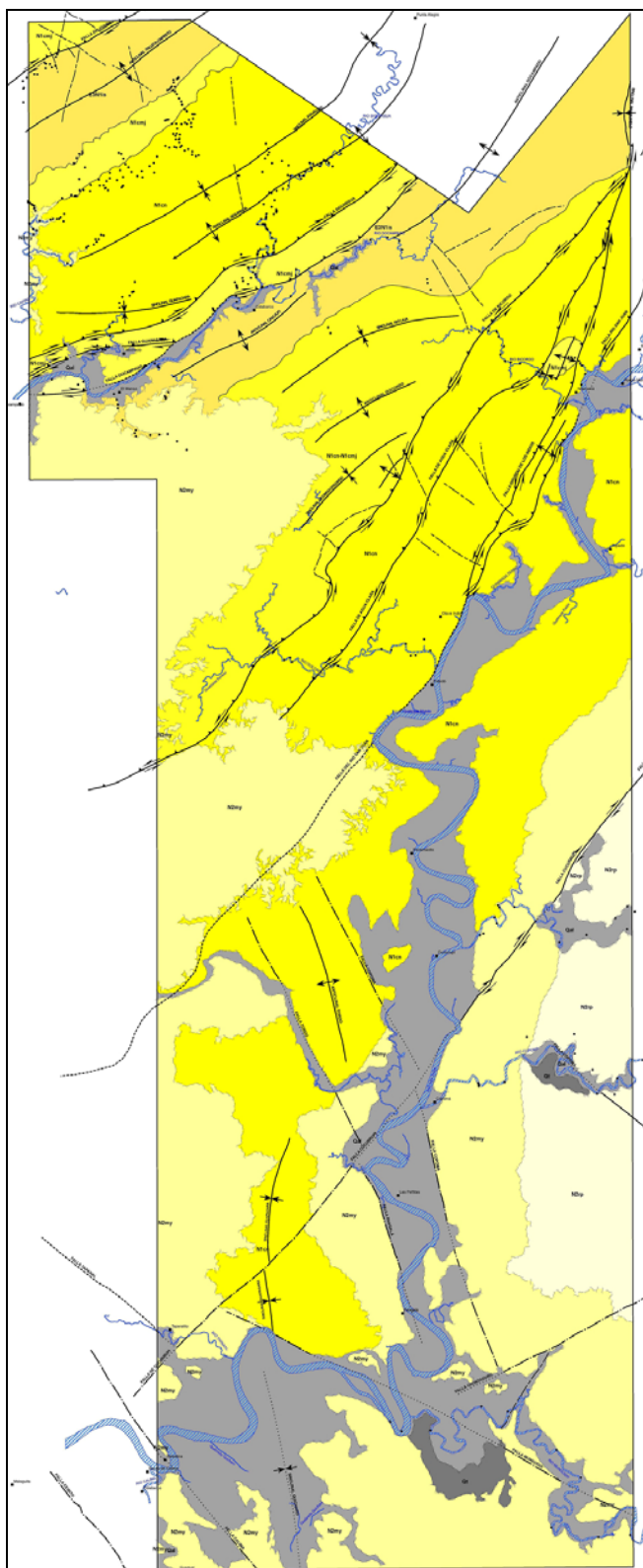


Figura 2. Mapa Geológico Bloque San Juan (Ver Anexo 7).

En términos generales se puede decir que existe cierto acuerdo en que se trata de un terreno constituido por basamento oceánico acrecionado al NW de La Cordillera Occidental durante el Mioceno. Lo anterior

sugiere que la gruesa secuencia sedimentaria del Mioceno encontrada en el área fue depositada en una cuenca formada anterior o al parecer de manera coetánea con los procesos de acreción y deformada al menos en parte durante el mismo proceso.

Al sur del área de estudio se presenta la denominada zona deformada de Istmina la cual es una zona de falla orientada NE-SE y que es interpretada como el costado sur de la zona de sutura formada como resultado de la acreción del Bloque Chocó (Duque - Caro, 1990). En esa zona deformada de Istmina la dirección de acreción sugiere componentes de movimiento de rumbo de tipo dextral. Esta zona denominada por Bueno & Govea, 1976 como el Palealto de San Juan, separa las cuencas de los Ríos Atrato y San Juan que drenan hacia el norte y hacia el sur respectivamente.

Basados en la información bibliográfica recopilada, documentada en el informe de Revisión de Documentos Existentes en el Bloque San Juan, entregada al cliente, se generó la tabla de correlación estratigráfica, la cual modificamos con la información obtenida en el campo (Ver Tabla 4).

EDAD	CUENCA RIO SAN JUAN					CUENCA DEL ATRATO	CUENCA SAN JUAN		
	SUAREZ RODRIGUEZ 1990	COSSIO 2002	REPSOL 1996	TEXAS COMPANY	MONTOYA 2003	DUQUE - CARO 1990	SUAREZ RODRIGUEZ 1996	INGEOMINAS IGAC-2005	SERVIGECOL 2008
Cuaternario	Holoceno	Aluviones - Terrazas	Terrazas	Aluviones Terrazas	Depósitos Recientes			Aluviones Terrazas	Aluviones - Terrazas
	Pleistoceno								
Neógeno	Plioceno	Fm. Atrato	Mayorquin	Fm. Atrato	Fm. Atrato	Fm. Quibdó	Fm. Quibdó	Mayorquin	Mayorquin
	Mioceno Superior	Fm. Munguidó	Fm. Nóvita	Fm. Munguidó	Fm. Munguidó	F. Munguidó	F. Munguidó	Raposo	Raposo
	Mioceno Medio	HIATO	HIATO	HIATO	HIATO	F. Napipí	Fm. Napipí	Condoto	HIATO
	Mioceno Inferior	F. Condoto	F. Condoto	F. Condoto	Condoto	S. arcilla arenosas	Fm. Uva	Fm. Napipí	C. Mojarra
		C. Mojarra	C. Mojarra	C. Mojarra	facies surucó	Sediment. Calcareo Arenosas	HIATO	HIATO	C. Mojarra
Paleógeno	Oligoceno	Fm. Itsmina	Fm. Itsmina	Fm. Itsmina	HIATO	Fm. Uva	Fm. Uva	Fm. Uva	Fm. Uva
	Eoceno	Fm. Sierra	Fm. Sierra	Fm. Sierra	Fm. Sierra	Fm. Salaquí	Fm. Salaquí	Fm. Salaquí	HIATO
	Paleoceno	Fm. Iró	HIATO	Fm. Iró	Fm. Iró	Fm. Charomandó	Fm. Clavo	Fm. Sierra	Fm. Iró
CRETACICO		Fm. Penderisco	Fm. Penderisco	Fm. Penderisco	F. Espinal	Fm. Nutibara	HIATO	Diabásico	Diabásico
		Basamento Económico	Fm. Barroso	Grupo Dagua	Diabásico	Diabásico	Fm. Barroso	Cisneros	Cisneros

CONVENCIONES: FUENTE (circulo con punto), RESERVORIO (circulo con punto y línea), SELLO (cuadrado con punto), REZUMADERO (triangulo verde), CONTACTO FALLADO (línea roja), DISCORDANCIA (línea ondulada)

Tabla 4. Correlación estratigráfica, Cuencas San Juan y Atrato.

La Formación Conglomerados de la Mojarra esta constituida principalmente por: basaltos, rocas volcánicas, cuarzdioritas, chert, areniscas, limolitas, y calizas que flotan en una matriz arenosa, con intercalaciones de lodolitas silíceas, ocasionalmente calcáreas, con abundante microfauna. La disposición caótica y variedad de cantos que lo componen, indican un medio sedimentario de alta energía, interpretado aquí, como canales turbidíticos medios en el talud superior.

Tomando en cuenta la disposición cartográfica de esta unidad en sentido noreste - suroeste y su presencia en sectores aledaños al Río San Juan al Norte y Occidente de la zona de estudio, la posible fuente de sedimentos propuesta correspondería a la Cordillera Occidental la cual presentó un levantamiento en el Mioceno Temprano (Cossio, 2003). Los sedimentos se derivaron de lo que actualmente se conoce como Grupo Diabásico, Grupo Dagua, Formaciones Penderisco y Barroso.

El siguiente capítulo de Interpretación Fotogeológica, contiene la información preliminar antes de la comprobación de campo. Esta interpretación fue ampliamente discutida con todo el grupo de trabajo, y el mapa geológico final presenta la versión integrada. La parte escrita del capítulo de interpretación fotogeológica, se ha dejado en los términos originales del Fotointérprete, para contrastar los cambios luego de integrar toda la nueva información obtenida en el proyecto. Los demás capítulos y anexos a este informe, resumen las actividades realizadas, así como muestran los productos suministrados al cliente de acuerdo a los parámetros contractuales.

3 INTERPRETACIÓN FOTOGEOLOGÍA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SAN JUAN- CHOCÓ

Inicialmente, se reviso toda la información cartográfica disponible en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAG), descartando la que no presentaba buena calidad para realizar la fotointerpretación geológica de 2.750 kms², localizados en el Departamento del Chocó. Se utilizaron copias heliográficas de mosaicos radar INTERA a escala 1:50.000 y fotografías aéreas, pancromáticas, con escala promedio 1:48.000, con resolución y contraste aceptable. Adicionalmente, se utilizó como referencia la información disponible sobre mapas a escala 1:100.000 publicados por INGEOMINAS en el año 2002, ampliados a escala 1:50.000, así como el modelo de elevación digital de terreno, a escala 1:100.000.

El área fotointerpretada presenta un grado de dificultad progresiva en relación con el relieve, el cual disminuye a medida que nos desplazamos desde el norte hacia el sur y por lo tanto la expresión fotogeológica observada en dicha dirección presenta un menor contraste y resolución, razones por las cuales el grado de confiabilidad puede disminuir.

Los resultados de la fotointerpretación geológica, a escala 1:50.000, fueron georeferenciados y vectorizados en ArcGis, donde se aprecian dos bloques estructurales diferenciables, divididos en cinco sectores, con orientación diferente de sus componentes geológicos, separados por la Falla del Río San Juan. Esta interpretación Fotogeológica, se integro con el mapa topográfico digitalizado y es presentado en el Mapa Fotogeológico (*Ver Anexo 4*).

El área de interpretación fotogeológica en la Subcuenca del Río San Juan, está representada por un polígono irregular, alargado 75 kilómetros en dirección N-S y limitado por 35 kilómetros en sentido E-W. El Río San Juan fluye desde el extremo noreste hacia el suroeste divagando sobre una llanura aluvial amplia en donde se aprecian meandros amplios, que contrastan con sectores más rectilíneos, debido a factores estructurales y litológicos. Inicialmente fluye en sentido 20° SW hasta la confluencia del Río Docordó, luego con dirección N-S por un trayecto de 35 km., hasta la desembocadura del Río Munguidó, donde fluye en sentido, casi E-W, debido a un cambio en la longitud y amplitud de sus meandros, por control estructural. A partir de este punto el Río San Juan presenta una deflexión fuerte hacia el oeste, en donde se aprecia el desarrollo de meandros muy cerrados e irregulares, deduciendo con este comportamiento, posibles controles estructurales y litológicos, que no son muy evidentes en las imágenes de radar y fotografías aéreas disponibles, pero se insinúa que son consecuentes con las posibles fallas de Munguidó y Calima, en el extremo sur del área analizada.

Dichas anomalías geomorfológicas de drenaje del río principal y las diversas características morfoestructurales expresadas sobre el material fotográfico disponible, se utilizan como un punto de partida e hipótesis del trabajo investigativo, para definir cual es el modelo estructural superficial, que se puede exponer preliminarmente y ponerlo en consideración previa al control de campo, sobre esta área promisoría.

3.1 EVALUACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA

Durante esta etapa preliminar del proyecto se visitó en diciembre de 2007, la División de Ventas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, con el fin de consultar la disponibilidad de material básico útil, en cuanto a fotografías aéreas, imágenes de radar y de satélite, para proceder a su adquisición y poder realizar la interpretación preliminar sobre el área definida por la ANH.

La evaluación de fotografías aéreas indica que el área esta cubierta parcialmente por los siguientes vuelos, correspondientes a diferentes escalas y fechas de toma, pero la deficiente calidad de los productos disponibles, permite seleccionar como “aceptables”, muy pocos (*Ver Tabla 5*).

De estos 16 vuelos sólo se seleccionaron 5 por ser los más aceptables en cuanto escala, resolución relativa y contraste, quedando en total 44 fotografías aéreas para el proceso de fotointerpretación con estereoscopio de espejos con aumento 8X. El recubrimiento lateral y longitudinal entre los vuelos fotográficos es mínimo.

VUELO	SOBRE	ESCALA	AÑO	FOTOGRAFÍAS	ACEPTABLES
C-1265	24433	1: 48.000	1969	73 A 79	-
C-1228	23870	1: 51.000	1968	358 A 364	358 A 364
C-1228	23871	1: 41.000	1968	368 A 377	372 A 377
C-2062	31529	1: 53.000	1982	210 A 217	210 A 217
C-2062	31530	1: 53.000	1982	232 A 241	-
C-1228	23848	1: 46.000	1968	081 A094	082 A 093
C-1255	24224	1: 20.000	1969	85 A 111	-
C-1224	23789	1: 44.500	1968	859 A 869	859 A 867
C-2117	32030	1: 53.000	1983	090 A 097	-
C-1228	23849	1: 46.000	1968	095 A 105	-
C-1246	24127	1: 21.000	1969	217 A223	-
C-1246	24128	1: 20.000	1969	224 A 232	-
C-1246	24129	1: 21.000	1969	233 A244	-
C-2400	35825	1: 21.000	1985	227 A 235	-
C-2400	35824	1: 21.000	1985	214 A 226	-
C-2400	35425	1: 21.000	1989	105 A117	-

Tabla 5. Vuelos correspondientes a diferentes escalas y fechas de toma.

El área de exploración está cubierta por 10 imágenes de Radar INTERA del año 1993 a escala 1:50.000 (Ver *Tabla 6*), muy favorable para la interpretación geológica y disponible sobre planchas heliográficas, con resolución y contraste aceptables, no obstante su pobre expresión debido a un relieve muy plano aproximadamente en el 30% del área.

IMAGEN RADAR	LOCALIDAD
221- 2	PUERTO PIZARRO
221- 4	PUERTO PIZARRO
222- 1	SIPI
222- 3	SIPI
240- 2	PICHIMA
240- 4	PICHIMA
241- 1	CUCURRUPI
241- 3	CUCURRUPI.
259- 2	MALAGUITA
260- 1	AGUAS CLARAS

Tabla 6. Área de Exploración Cubierta por Imágenes de Radar INTERA.

Los vuelos fotográficos y las imágenes de radar relacionados con la parte occidental del área tienen reserva militar, para su adquisición fue necesario realizar el trámite respectivo ante el Ministerio de Defensa Nacional. Las imágenes de satélite LANDSAT disponibles y relacionadas con el área de interés presentan gran recubrimiento por nubes: por tal razón se desistió de su adquisición y utilización durante el proceso de fotointerpretación.

3.2 MATERIAL DE REFERENCIA Y SOPORTE PARA LA INTERPRETACIÓN

El Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero - Ambiental y Nuclear, INGEOMINAS, publicó la geología de las Planchas 221 - Pizarro (Salazar, 2002), 222 - Sipí (Cossio, 2003), 240 - Pichimá (Montoya, 2002), 241 - Cucurupí (Montoya, 2002), 259 - Malaguita (Montoya, 2002) 260 - Agua Clara (Montoya, 2002), a escala 1:100.000, de las cuales se resume como referencia para la interpretación la leyenda litológica (Ver Tabla 7), para la Subcuenca del Río San Juan.

FORMACIÓN	NOMENCLATURA	LITOLOGÍA
Llanuras Aluviales	Qal	Limos, arenas y gravas no consolidadas.
Terrazas aluviales antiguas	Qta	Arenas y gravas no consolidadas
Terrazas Aluviales:	Q2t	Arena y grava polimíctica no consolidada, localmente con oro y platino.
Raposo	N1rp	Conglomerados polimícticos, poco consolidados, con niveles lenticulares de arena y lodo, localmente con restos de madera y hojas. Hacia el sur areniscas conglomeráticas, conglomerados, lodolitas y láminas de carbón. Las capas son lenticulares y las rocas poco consolidadas.
Mayorquín	N1my	Conglomerados polimícticos, lodolitas arenosas y arenas finas a medias poco litificadas, ocasionalmente restos de madera y hojas, fósiles marinos y concreciones.
Condoto	N1cn	Areniscas líticas conglomerados, limolitas y arcillolitas.
Conglomerados de la Mojarra:	N1cmj	Conglomerados con guijos principalmente de rocas volcánica y sedimentaria, que flotan en una matriz de arena gruesa.
Istmina	E3N1is	Areniscas líticas, areniscas tobáceas y limolitas. Hacia la parte media y tope, conglomerados y areniscas líticas.
Sedimentitas calcáreo-arenosas del Oligoceno Sup.-Mioceno Inf.	E3N1ca	Secuencia de areniscas calcáreas, calizas, lodolitas y arcillolitas, interestratificadas en capas delgadas hasta muy gruesas. Afloran al sur del área.
Uva:	E3N1u	Calizas, lodolitas calcáreas y areniscas calcáreas: hacia el techo se observan localmente niveles de conglomerados.
Cisneros	K2c	Pizarras negras y verdes, metalimolitas silíceas de color Gris oscuro, con apariencia pizarrosa, areniscas, chert y tobas, con predominio de metalimolitas y pizarras, afectadas por metamorfismo regional de bajo grado.

Tabla 7. Leyenda base para la interpretación Fotogeológica.

3.3 METODOLOGÍA DEL PROCESO DE INTEPRETACIÓN FOTOGEOLOGICA

El área de exploración petrolera se interpretó utilizando 10 imágenes de radar INTERA a escala 1:50.000, fotografías aéreas, de escala promedio 1:45.000, un modelo de elevación de terreno a escala 1:100.000 y mapas geológico de INGEOMINAS ploteados a escala 1:50.000, de acuerdo con la siguiente metodología:

Se plotearon las planchas geológicas de INGEOMINAS (2002), a escala 1:50.000, para tener de referencia cartográfica, después se ilumino el drenaje principal del Río San Juan, los tributarios principales y algunos secundarios. Posteriormente, se conformó un mosaico con las 10 imágenes de radar para analizar y evaluar regionalmente las características mas evidentes desde el punto de vista morfoestructural y geológico, los tipos de drenaje y densidad, el tono, la textura, estructura, etc.

A continuación se procedió a la interpretación de cada imagen radar, dibujando la red de drenaje, diferenciando y separando unidades fotolitológicas más homogéneas, pero teniendo en cuenta sus características fotogeológicas y geomorfológicas. Se interpretaron las diferentes estructuras anticlinales, sinclinales, fallas, capas guías, actitudes fotogeológicas lineamientos, etc. para ello se utilizó papel acetato, transparente y marcadores indelebles de colores, azul (drenaje), verde (contactos), rojo (estructuras), negro (grilla de coordenadas), café (área del contrato de exploración).

El grado de dificultad y confiabilidad de la interpretación monoscópica de las imágenes de radar estuvo relacionada con la expresión morfoestructural (relieve) y con la densidad de drenaje, teniendo en cuenta la escala disponible (1:50.000). La parte norte del área presenta mejores características fotogeológicas que la sur, debido a un relieve contrastado por estructuras geológicas identificables, las cuales son relativamente evidentes, entre los 100 y 300 m.s.n.m. A medida que nos desplazamos hacia el sur, durante la interpretación se aprecia que el relieve, variable entre los 75 y 25 m.s.n.m. es más homogéneo, monótono y presenta menor expresión morfoestructural, en forma tal que la interpretación monoscópica de la litología y estructuras es difícil, debido al factor de erosión hacia el este del Río San Juan sobre un relieve más plano y, hacia el occidente, principalmente por influencia de las llanuras de mareas, y antiguas barras de playa.

En cuanto a referencia estratigráfica se utilizó la descrita por Cossio (2003), descrita en el informe, “Geología de las Planchas 202 Pilizá, 203 Istmina, 221 Pizarro y 222 Sipí.

Posteriormente a la interpretación de las imágenes de radar se procedió a la fotogeológica, utilizando para ello los cinco vuelos preseleccionados, los cuales están distribuidos espacialmente sobre el área sin presentar ningún tipo de cubrimiento lateral, aunque las características de resolución y contraste no son las mejores. Para ello se utilizó un estereoscopio de espejos marca TOPCON con 8X, para interpretar los modelos tridimensionales, acetatos y marcadores.

Cada “estereopar” fotográfico se interpretó en la mayoría de los casos con aumento de 8X (veces), dibujando detalladamente la red de drenaje y su densidad, identificando la presencia de “capas guías” y su posible continuidad y actitudes fotogeológicas, en forma tal que nos permitiera delinear posibles estructuras geológicas. Esta interpretación fotogeológica detallada permitió precisar la existencia de nuevas estructuras, inferidas en algunos sectores, allí en donde predominan los sedimentos cuaternarios, especialmente, hacia el centro y sur del área de exploración.

Estos calcos de estereopares fotográficos fueron integrados a los mosaicos de radar utilizando la red de drenaje y la topografía para producir un calco con la totalidad de la interpretación. De esta manera se obtuvo un mapa fotogeológico integrado sobre un solo acetato transparente, compuesto por el resultado de la interpretación monoscópica de las 10 imágenes de radar a escala 1:50.000., la transferencia de la información obtenida estereoscópicamente de las fotografías aéreas. Sobre él se aprecia la localización de las líneas de vuelos y fotografías aéreas utilizadas durante la fotointerpretación, delineadas en color morado.

Luego de tener la totalidad de la interpretación de sensores remotos, se procedió a escanear el acetato en escáner de gran formato marca CONTEX modelo FSS 4300, el cual se georeferenció utilizando el software GLOBAL MAPPER v 8.03, utilizando el mismo sistema de coordenadas de la base topográfica del sector. Seguidamente se digitalizo esta información en el software ArcGis, para luego ser importada en el software GLOBAL MAPPER.

De esta manera, en el proceso de interpretación e integración de la información de radar INTERA y fotografías aéreas, se utilizó un modelo de elevación digital de terreno a escala 1:30.000, para analizar los diferentes controles estructurales generados por los sistemas de estructuras y fallas detectados durante el proceso y actualizar la interpretación. Finalmente luego del análisis, validación y actualización de la interpretación de sensores remotos, sobre el modelo de elevación, se produce el Mapa Fotogeológico.

3.4 ESTRUCTURAL

La geología estructural obtenida del análisis e interpretación fotogeológica preliminar (Ver Figura 3), permite proponer que sobre el área investigada, existen cinco sectores estructurales, definidos para el presente trabajo los que describiremos, teniendo en cuenta sus características fotogeológicas desde el noroeste al sureste así: Jivarú-Río Pepe, Siguirisua- Docampadó, Docampadó - San Juan, Guapagará - Cucurupí y Munguidó - Calima.

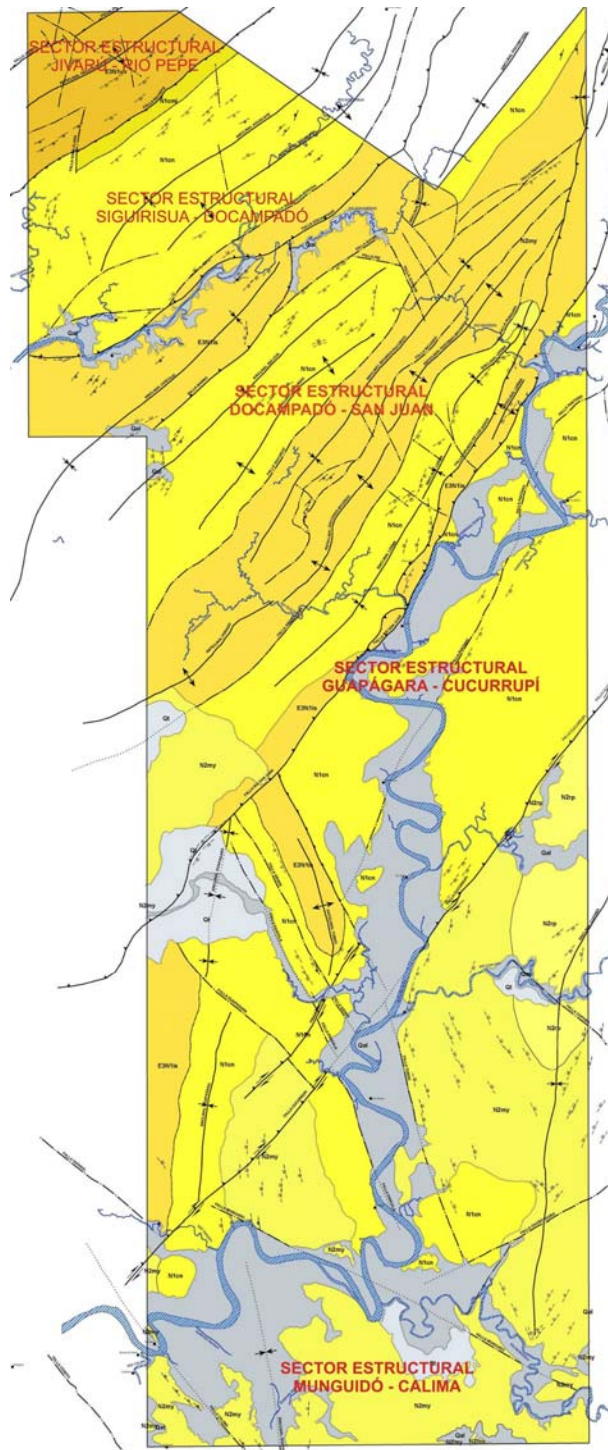


Figura 3. Mapa índice de los sectores estructurales, basados en la fotointerpretación, Bloque San Juan (Ver Anexo 4).

3.4.1 Sector de Jivarú - Río Pepe

Ubicado en el sector más noroccidental del área, está limitado entre las fallas de Jivarú y Río Pepe, en donde el relieve topográfico varía entre los 300 y 100 m.s.n.m. Presenta una sola estructura simétrica, orientada regionalmente N 45° E, identificada como el Anticlinal de la Trojita - Capirito, la cual es comprimida y sus flancos presentan un alto buzamiento, variable entre los 30° y 60°. Está conformada por rocas correspondientes a la Formación Uva, con un núcleo desarrollado en areniscas finas a medias y limolitas: hacia sus flancos, por areniscas medias a gruesas y hacia el techo por algunos niveles conglomeráticos. Las Fallas de Jivarú y Río Pepe aparentan ser de tipo normal. Este sector está afectado por pocas fallas transversales, cortas, con orientación NW.

3.4.2 Sector de Siguirisua – Docampadó

A continuación de la Falla del Río Pepe se observa la expresión morfoestructural de una faja homogénea, con relieve intermedio, entre los 150 y 75 m.s.n.m., en donde se presentan dos estructuras más amplias que la anterior, denominadas Sinclinal del Aguacate y Anticlinal de Siguirisua, con orientación regional, N45°E: los buzamientos de los flancos de ambas estructuras varían entre 20° y 40°. Dichas estructuras presentan en su porción SW una flexión anómala, hacia el sur, lo cual sugiere que el sistema de fallas Siguirisua - Docampadó, que lo limita, parece tener un movimiento lateral derecho (dextral). Desde el punto de vista fotogeológico, la secuencia presente hacia la base del sinclinal, corresponde a la Formación Conglomerado de la Mojarra, sobre ésta descansa la Formación Condoto, constituida por una secuencia de areniscas, conglomerados limolitas y arcillolitas.

Entre la Falla de Siguirisua - Gacha y la de Docampadó, se observa una faja cuya expresión fotogeológica corresponde a la secuencia constituida, principalmente, por areniscas líticas y conglomerados pertenecientes a la Formación Istmina.

3.4.3 Sector Docampadó - San Juan

Este gran bloque estructural, presente entre la Falla de Docampadó y la Falla del Río San Juan, es el más importante dentro del área de exploración, debido a que contiene un mayor número de estructuras, en comparación con los demás bloques con los cuales está relacionado. Está comprimido y levantado hacia el NE, donde presenta una amplitud de 8 Km. y una altura topográfica, en promedio, de 250 m. s. n. m. En contraste, está distendido y hundido relativamente hacia el sur, en donde se aprecia su amplitud de 23 km., allí el relieve se torna más uniforme con una (altura promedio de 50 m. s .n. m.) allí la fotointerpretación es más difícil y no permite extraer información confiable, del material utilizado. Para su descripción lo dividiremos en dos subsectores bien expresados sobre las imágenes de radar y separados por la Falla de Docordó – Tadocito, sus características morfoestructurales difieren entre sí, pero conservan una orientación regional, de N 45° E, consecuente con los dos sectores descritos anteriormente.

La relación espacial y disposición que presentan las estructuras geológicas que conforman este gran sector, nos permiten indicar que las Fallas de Docampadó y Río San Juan, así como las satélites (Falla de Dipurdú los Indios), podrían corresponder a posibles cabalgamientos, con vergencias opuestas (SE y NW), tal como se presenta en el Mapa Fotogeológico de la Subcuenca del Río San Juan. Se aprecia mayor compresión hacia el NE del área, donde las estructuras presentan rumbo N 30° E, mientras que hacia el SW, todas conservan el N 45° E.

En el primer subsector descrito, se encuentra, localmente, el Sinclinal del Cascajo desarrollado sobre las areniscas, limolitas, y arcillolitas, supuestamente correspondientes a la Formación Condoto inferior y medio, el cual se pierde bajo la Falla de Docampadó. La Falla del Barro lo separa del Sinclinal de Ijuá - Docampadó, la cual sobresale hacia las partes media y norte del sector, en donde se aprecia su cierre periclinal, emergente y fallado. Dicha estructura se aprecia amplia hacia el norte y está alargada en sentido NE - SW. Está conformada por niveles de conglomerados y areniscas de la Formación Condoto superior. El Sinclinal de Ijuá - Docampadó, está afectado hacia el norte, por fallas transversales, semicirculares. A

continuación se presenta el Anticlinal de Docordó, limitado y afectado en su flanco este por la Falla de Docordó.

En el segundo subsector comprendido entre las Fallas de Docordó - Tadocito y del Río San Juan, sobresalen estructuras más alargadas y apretadas, con orientación variable, desde N 45° hasta 30° E y en él sobresalen tres aspectos importantes, que vale la pena considerar.

La Falla de Dipurdú - Los Indios parece pertenecer al sistema de Fallas del Río San Juan, porque además de guardar cierto paralelismo trunca a la mayoría de las estructuras que provienen desde el occidente, lo cual nos indica que existe un posible cabalgamiento, estructura con vergencia hacia el NW.

En segundo lugar, las estructuras estrechas y alargadas, tales como el Anticlinal de Peradó - Docordó - Bicordó y el Sinclinal de Docordó - Bicordó, localizados hacia el oeste de la Falla de Agua Clara - Púngaro, presentan buena expresión en sus partes central y norte, debido al contraste que se observa en las areniscas de la Formación Istmina, hacia el sur es difícil definir su continuidad, debido al efecto de reducción del relieve por erosión y/o a la influencia de la zona intramareal, pues aparentemente el sector presenta hundimiento aparente en esta dirección.

Finalmente, las estructuras geológicas comprendidas entre las Fallas de Agua Clara y Río San Juan presentan expresión superficial aceptable hacia el NE, pero a medida que nos desplazamos hacia el SW, se tornan más difusas y su expresión superficial se desvanece. Las unidades y estructuras geológicas observadas hacia el norte, como el Sinclinal de Lerma y el Anticlinal de Lerma, se deducen parcialmente de la interpretación conjunta de las imágenes de radar y fotografías aéreas, hacia las partes central y sur del sector interpretado, su expresión superficial y continuidad geológica son pobres, debido que el relieve del área se torna progresivamente muy bajo y monótono y a que los efectos de erosión y/o peneplanización del área, en parte sobre las areniscas de la Formación Mayorquín, han sido mayores.

3.4.4 Sector Guapágara - Cucurupí

Tal como se observa en el Mapa Fotogeológico a escala 1:50.000, este sector estructural comprendido entre las Fallas de San Juan y Cucurupí tiene una orientación regional N 45° E y presenta cambios muy marcados en la disposición de las estructuras geológicas, en comparación con los sectores descritos anteriormente. El Río San Juan, principal arteria fluvial, presenta en su zona de divagación, marcados controles estructurales, los cuales permiten sectorizarlo así: en los primeros 25 km, hasta la confluencia del Río Docordó, fluye con dirección S 20° a 40° W, por un cauce más rectilíneo que meándrico, debido a un mayor control estructural y litológico, inducido por la Falla del Río San Juan. A partir de este punto de confluencia fluye en dirección hacia el sur, por una longitud de 40 km, desarrollando meandros irregulares en amplitud y longitud, debido a fallas con orientación NE - SW y NW - SE, así como por la presencia de sinclinales amplios, con orientación regional N-S.

Este sector comienza hacia el NE del Río San Juan, presentando una secuencia litológica conformada aparentemente por limolitas y areniscas de la Formación Condoto, con orientación regional similar a la de los bloques anteriores, pero afectada por la Falla de el Pantano. De acuerdo con la interpretación, a medida que nos desplazamos hacia el sector central de este bloque y SW del Río San Juan, se aprecia aparentemente el Anticlinal de Tordó, con un rumbo N-S, cuya relación y posición espacial contrasta claramente, con las estructuras más evidentes apreciadas hacia el norte. Está conformada aparentemente por rocas correspondientes a la Formación Istmina y a su vez, limitada al norte por la Falla de Tordó con rumbo N 30° W.

Inmediatamente hacia el SW, de acuerdo con la interpretación detallada de las fotografías aéreas, se observa con una expresión muy parcial (relieve muy plano) de una estructura amplia y alargada en sentido N-S, que se ha denominado Sinclinal de Guapágara. Su núcleo podría estar conformado por rocas de la Formación Condoto y sus flancos por las rocas de la Formación Istmina, siendo sus buzamientos variables entre 20° y 30°: dicha estructura está afectada por fallas transversales con rumbo NW - SE, que desplazan

su eje. Hacia el SW de esta estructura se aprecia un relieve más aplanado y uniforme, cuyo tono y textura son más suaves indicándonos la presencia discordante de la Formación Mayorquín (?).

La Falla del Río San Juan posiblemente continúe hacia el sur con rumbo S 45° W, hasta chocar con el sistema de fallas inferidas en parte y transversales, de Munguidó y Calima, cuyas orientaciones varían entre N 60° y 40° W. La disposición de las estructuras indica que la Falla del Río San Juan es de tipo sinextral, con un desplazamiento lateral, superior a la de Cucurupí que controla rectilíneamente el curso del río, por 7 kilómetros.

3.4.5 Sector Munguidó - Calima

A partir de la confluencia del Río Munguidó en el Río San Juan, se aprecia cómo el curso del principal cambia bruscamente hacia el occidente, en un trayecto de 20 km, en donde alternan por sectores, meandros amplios y estrechos. Se deduce que donde predominan los meandros angostos y muy cerrados con orientación NW - SE, corresponden a controles estructurales y litológicos y por lo tanto deben guardar estrecha relación con el sistema de Fallas Munguidó y Calima, cuyos rumbos varían entre N40° y 60° W y cuyas demarcaciones han sido inferidas, debido a muchas anomalías de drenaje.

Comprende todo el sector localizado hacia el SE de la Falla de Cucurupí con rumbo N 45° E, con desplazamiento dextral, pues es la que controla el curso casi rectilíneo del Río San Juan, en una longitud de 8 kilómetros, aproximadamente. Su continuidad hacia el sur es aproximada, con rumbo S 45° W y afecta al Sinclinal de Guapágara.

Hacia el NE y SW de este sector se aprecian dos estructuras denominadas Sinclinal de Copomá y Sinclinal de Quícharo, respectivamente. La primera presenta gran amplitud y se extiende por 20 Km. con rumbo N - S, desde inmediaciones del Río Munguidó, presenta deflexión hacia N 40° E, al norte del Río Copomá, de donde toma su nombre. Al sur está afectada por la Falla de Chontaduro (N 55° E), al norte por la Falla de Copomá (N 45° W) y al oeste por otra falla (N 25° W). El Sinclinal del Quícharo, expuesto parcialmente al sur del área estudio, tiene un rumbo N 10° W (fotografías aéreas), allí en donde se aprecia su cierre estructural: podría corresponder a la parte distal del Sinclinal de Guapágara.

3.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizada la etapa de fotointerpretación se plantea que el área de estudio se puede dividir estructuralmente en cinco sectores, cada uno con características propias y separados por el patrón de fallamiento principal con dirección regional N 45° E, a lo largo del Río San Juan. Estos sectores son: Jivarú - Río Pepe, Siguirisua - Docampadó, Docampadó - San Juan, Guapaguará - Cucurupí y Munguidó - Calima.

La Falla del Río San Juan es tal vez el rasgo más importante en toda el área, desde el punto de vista morfoestructural pues la divide en dos bloques estructurales bien diferentes. Uno norte representado por estructuras con orientación regional N 45° E y otro sur, por estructuras con rumbo preferencial aproximado, N-S. Dicha relación megaespacial en la Subcuenca del Río San Juan, se constituye en una anomalía estructural importante, los dos sectores del norte Jivarú - Río Pepe y Siguirisua - Docampadó, presentan estructuras alargadas y apretadas, falladas, levantadas ligeramente hacia el norte y hundidas suavemente hacia el sur, mientras que los del sur (Guapágara - Cucurupí y Munguidó - Calima), presentan en su mayor parte una morfología plana y erosionada. Adicionalmente las estructuras presentes son de gran amplitud y están conformadas por secuencias, principalmente de arenitas líticas, más continuas y homogéneas en composición.

El sector del Río Jivarú - Río Pepe, presenta el Anticlinal, comprimido de la Trojita - Capirito, comprendido entre las fallas del mismo nombre, con rumbo N 45° E y buzamientos variables entre 30° y 80°, mientras que las del sector Siguirisua - Docampadó son estructuras más amplias, presentan igual rumbo, pero muestran deflexión hacia el sur, en su parte distal, característica que conlleva a indicar que la Falla de Docampadó es de movimiento lateral derecho y presentar a su vez posibles indicios de cabalgamiento o al menos inversión entre los dos sectores.

El sector Docampadó - Río San Juan (central) se encuentra comprimido y basculado entre las dos fallas que lo limitan: hacia el norte las dos fallas presentan una separación de 8 km y un cambio en el rumbo de las estructuras hacia N 30° E, mientras que hacia el sur, el efecto de la compresión es menor, la diferenciación y continuidad de la litología y estructuras se pierde o “diluye” y la separación entre las dos fallas principales alcanza los 23 km.

El sector Docampadó - Río San Juan se divide en dos sectores, tomando como límite la Falla de Río Docordó - Tadocito. Uno norte compuesto por dos estructuras sinclinales, El Cascajo y Río Ijúá, separados por la Falla de el Barro (normal o cabalgamiento?), la primera parece estar conformada por rocas de la Formación Condoto, mientras que la segunda por las de la Formación Istmina. El cierre periclinal del Sinclinal de Ijúá, insinúa que en su núcleo puede estar presente la Formación Condoto. Inmediatamente hacia el sur se insinúa el Anticlinal de Docordó, limitando con la falla del mismo nombre.

Hacia las partes norte y central del área y SE de la Falla de Docordó - Tadocito, todas las estructuras presentes son estrechas y alargadas en dirección N 45° E y se encuentran afectadas por el sistema de Fallas Dipurdú - los Indios y Río San Juan, el cual muestra una relación espacial de cabalgamiento, tal como lo indica su truncamiento progresivo.

La Falla del Río San Juan presenta claro control estructural en el cauce del río, por sectores, así: 8 km desde el límite NE del área, con dirección NE 20° a 30° SW hasta la desembocadura del Río Docordó: en 35 kms, con dirección N - S, hasta la desembocadura del Río Munguidó, debido a la Falla de Cucurupí (movimiento lateral derecho), combinado con la presencia de estructuras sinclinales amplias orientadas en sentido N - S. A medida que domina el control litológico y estructural, por fallas con dirección NW - SE, el cauce del Río San Juan cambia su flujo hacia el W, por espacio de 15 km y algo más fuera del área de exploración.

El sector Guapagará - Cucurupí, localizado inmediatamente hacia el sur de la Falla del Río San Juan presenta de acuerdo con la interpretación fotogeológica un patrón estructural totalmente diferente al que se observa en los tres sectores del norte. Se interpretan dos estructuras amplias, denominadas de Sinclinal de Guapagará y Copomá, con orientación regional N - S, separados por la Falla de Cucurupí, la cual controla conjuntamente el cauce del Río San Juan en un trayecto de 7 km, con dirección N 45° E, con posible y aparente movimiento de rumbo en sentido lateral derecho (cauce más recto en el Mapa Fotogeológico). El Anticlinal de Tordó localizado inmediatamente hacia el NE del Sinclinal de Guapagará, se interpreta como una estructura posible, comprimida, apretada y fallada en sus flancos, presenta un rumbo anómalo NW 20° SE. Hacia el norte de la Falla de Tordó, las fotografías aéreas aparentan sutilmente una posible flexión sinclinal.

La interpretación monoscópica de los mosaicos de radar INTERA a escala 1:50.000 y fotografías aéreas (1:45.000) utilizadas permitieron definir los rasgos estructurales presentes en el área de estudio, así como plantear su relación espacial, con el fin de que la comprobación de campo le de el soporte respectivo. La diferenciación de unidades litoestratigráficas, no se logró precisar del todo, además no coincide con la planteada en las planchas de INGEOMINAS (2002) y por lo tanto la asignación sugerida para cada formación, en relación con el nuevo modelo estructural interpretado, es tentativo, mientras se lleva a cabo la etapa de comprobación de campo, la cual será descrita en los siguientes capítulos.

4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

De acuerdo con la fotointerpretación preliminar, la geología estructural obtenida, permitió proponer que en el área investigada, existían cinco sectores estructurales, definidos teniendo en cuenta sus características fotogeológicas.

Luego de la campaña de campo, el área de estudio se dividió en dos sectores estructurales principalmente: uno central - norte y otro sur, separados por la Falla de San Juan (*Ver Figura 4*). El sector central - norte esta caracterizado por fallas y pliegues cuyos ejes se orientan SW-NE principalmente y afectan rocas predominantemente del Mioceno. Se denominan Formación Istmina y Formación Condoto a las unidades predominantemente lodolíticas que se presentan infrayaciendo y sobreyaciendo respectivamente los niveles de conglomerados gruesos, denominados Formación Conglomerados de la Mojarra. Es importante anotar que este nivel caracterizado por gruesos paquetes de conglomerados se presenta mejor desarrollado en el costado NW del área a lo largo del Río Capiro, mientras que en el bloque NW de la Falla de Docampadó, muy cerca de esta, se presentan varios niveles conglomeráticos de menor espesor separados por lodolitas.

Una propuesta a nivel interpretativo de estos cambios litológicos se muestra en los cortes A - A', (*Ver Figura 5*), se basa en los resultados de edades reportados en los análisis bioestratigráficos. Esta interpretación pretende minimizar la discrepancia dada por las edades de los niveles conglomeráticos en las secciones de Agua Clara, Malambo y Quebrada Grande con los resultados de la secuencia predominantemente lodolítica de la Sección de Siguirisua. Estos resultados sugieren que la secuencia sedimentaria constituida por gruesos paquetes de conglomerados expuestos en el Río Capiro tienen edades similares a los niveles de conglomerados observados inmediatamente al norte del Río Docampadó, en donde se trata de varios niveles conglomeráticos considerablemente mas delgados que los observados en el Río Capiro separados por gruesos paquetes de lodolitas. La sección del Río Siguirisua constituida principalmente por lodolitas reportan edades igualmente similares a las obtenidas en la secuencia con presencia de conglomerados lo cual permite interpretar:

- a) Que los conglomerados de la sección de Agua Clara se acuñan lateralmente hacia el SE de una manera rápida.
- b) Los niveles conglomeráticos de las secciones Malambo y Quebrada Grande posiblemente corresponden a secuencias producidas por eventos deposicionales diferentes al que dio origen a los conglomerados del Río Capiro (sección Agua Clara) o corresponden a secciones mas proximales de los mismos depósitos, los cuales han sido interpretados como de origen turbidítico (*Ver Capitulo 5*).

La anterior interpretación implica que, dependiendo de la ubicación dentro de la cuenca, entre las denominadas Formaciones Istmina y Condoto puede no existir la unidad intermedia conglomerática (Formación Conglomerados de la Mojarra). En el bloque sur de la Falla de Docampadó, no se observaron estos niveles conglomeráticos de manera similar al sector norte de esta falla, razón por la cual se cartografió una unidad que involucra a la vez las Formaciones Condoto y Conglomerados de la Mojarra.

En el sector sur del área de estudio se advierte un tren estructural orientado preferencialmente NW - SE claramente diferente al observado en el sector central - norte. En este sector (*Ver Figuras 6, 7 y 8*), la expresión geomorfológica de las unidades es relativamente pobre, y la definición de las estructuras se ha hecho principalmente con ayuda de las imágenes satelitales y fotografías aéreas.

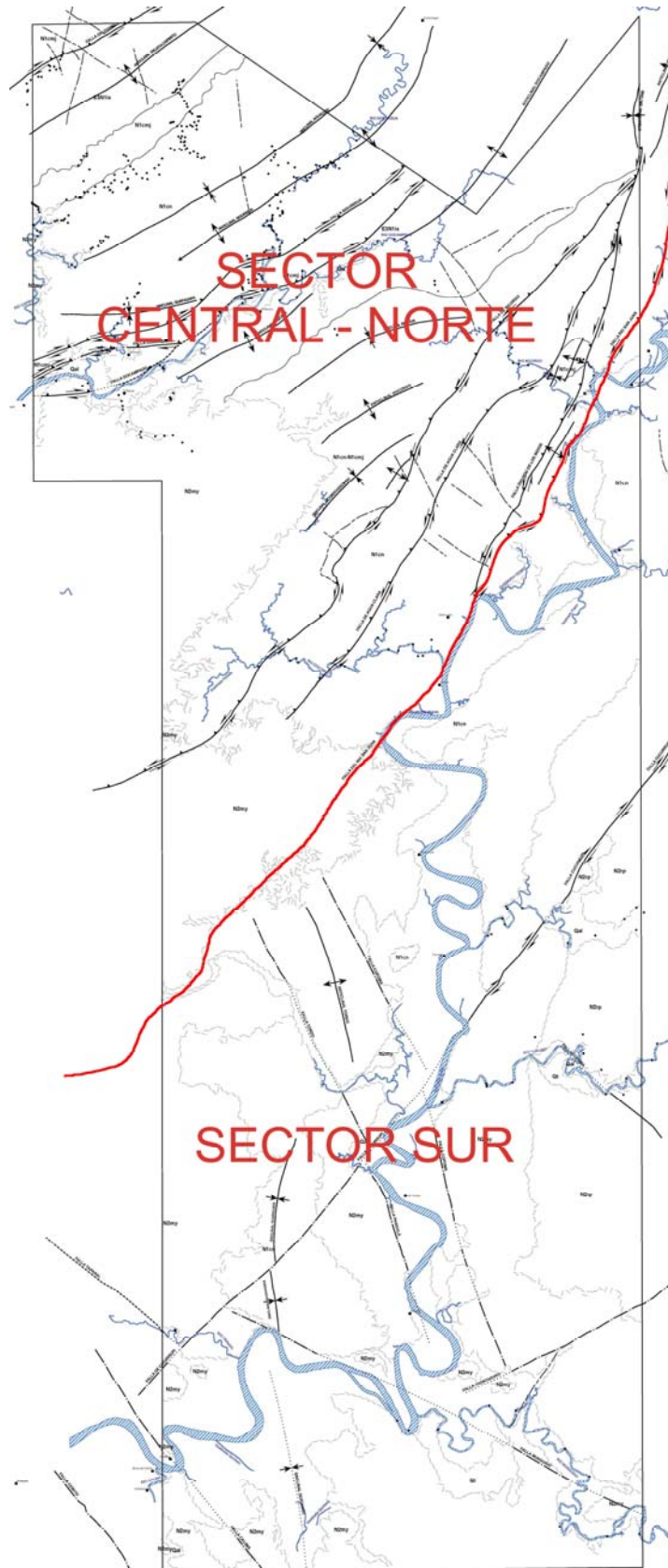


Figura 4. Mapa Estructural del área de San Juan (Ver Anexo 8)

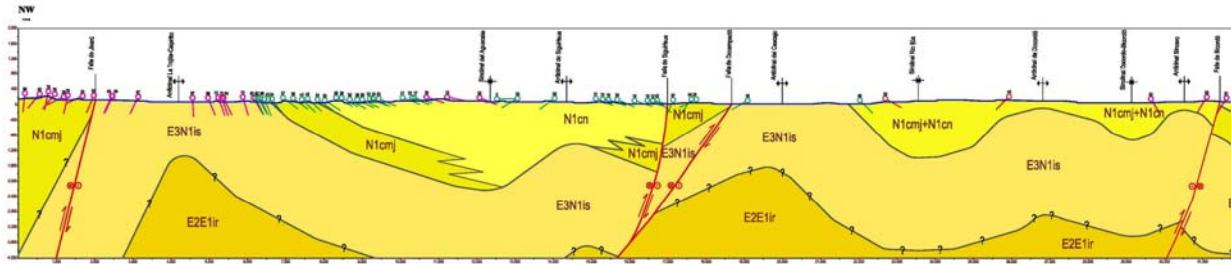


Figura 5. Corte geológico A-A', sección W.

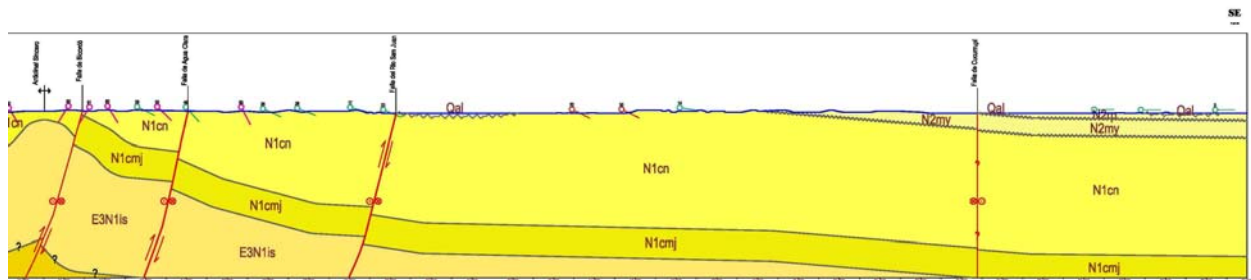


Figura 6. Corte geológico A-A', sección E.

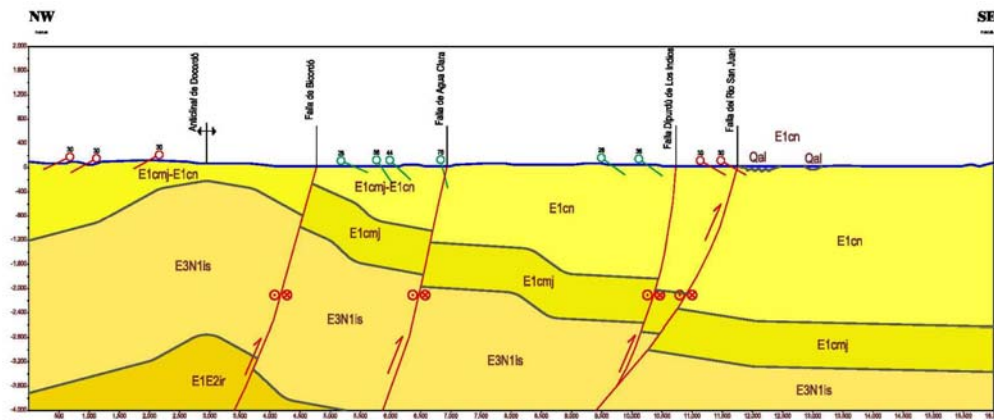


Figura 7. Corte geológico B-B'

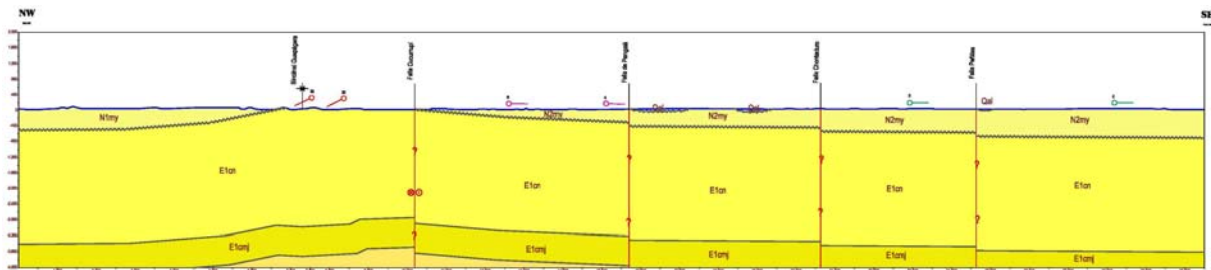


Figura 8. Corte geológico C-C'

4.1.1 Sector Central - Norte

A continuación se describen las estructuras de N a S, con base en la integración de la información obtenida a partir de las imágenes de radar, las fotos disponibles, la información de campo y las edades reportadas por los análisis bioestratigráficos. Las características de las estructuras descritas a continuación, pueden ser observadas en las figuras de los cortes (*Ver Figuras 5, 6, 7 y 8, Anexo 9*) y mapa estructural (*Ver Figura 4, Anexo 8*).

Falla Jivarú. Se presenta en el costado NW del área de estudio. Las imágenes permiten interpretar que se trata de una falla relativamente vertical cuyo trazo se orienta SW - NE y en su costado noreste sufre una inflexión hacia el E - W. La característica más sobresaliente de esta falla es la forma como trunca los flancos norte y sur del Anticlinal La Trojita - Caipirito, situado inmediatamente al sur. El bloque norte presenta paquetes muy gruesos de conglomerados, similares a los definidos en la sección del Río Capiro. La edad de los niveles conglomeráticos, el trazo relativamente rectilíneo de la falla y el salto estratigráfico que genera sugieren que se trata de una falla de alto ángulo, probablemente de rumbo dextral, con componente inverso y su bloque NW levemente levantado con respecto al bloque SE.

Anticlinal La Trojita - Caipirito. Se trata de un pliegue de extensión regional cuyos flancos buzanan de 50° a 70° y cuyo eje se orienta en dirección SW - NE y cabeceo hacia el NE. Su flanco norte se encuentra truncado casi en su totalidad por la Falla Jivarú. Este pliegue está constituido por la Formación Istmina y la Formación Conglomerados de la Mojarra en su flanco SE.

Sinclinal del Aguacate. Amplio pliegue de carácter regional cuyo eje se orienta SW - NE. Los flancos buzanan con ángulos que oscilan entre 20° y 35°, y un suave cabeceo hacia el norte. En el costado NE el eje se flexiona hacia el norte.

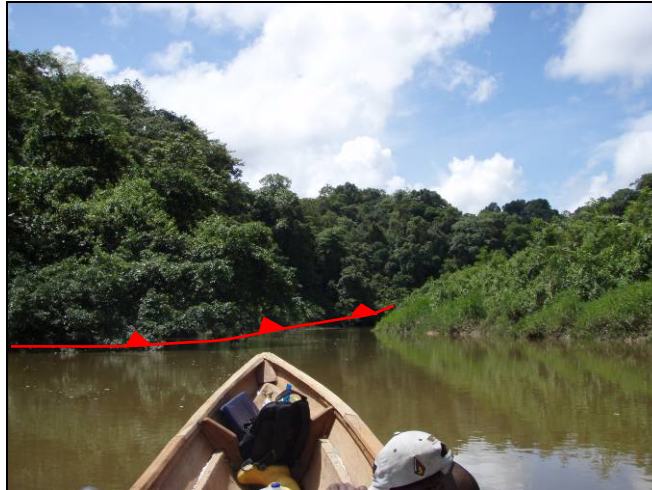
Anticlinal de Siguirisua Estructura orientada SW - NE y cuyos flancos buzanan más de 45° en el costado norte y reducen sus valores de buzamiento hacia el SW con valores de 20° a 30° en promedio. Los pocos datos de orientación de las capas en el costado SW sugieren que la estructura cabecea suavemente hacia el SW. En los flancos de esta estructura se presentan repliegues de menor extensión. Tanto esta estructura como el Sinclinal del Aguacate se presentan en rocas de carácter principalmente lodolítico cuya orientación de las capas no es fácilmente identificable con las imágenes de radar ni con las fotos y corresponden a una secuencia de lodolitas que suprayacen los niveles de conglomerados de la Formación Conglomerados de La Mojarra.

Falla de Siguirisua. Se trata de una falla que trunca niveles conglomeráticos competentes de la Formación Conglomerados de la Mojarra buzantes hacia el NW con ángulos promedios de 50° - 70° contra lodolitas buzantes al SE cuyas edades son similares a las reportadas por los conglomerados de la sección Agua Clara (Río Capiro). Como indica el corte estructural, esta falla se ha interpretado como de alto ángulo y movimiento principal de rumbo. El salto estratigráfico inferido con base en las edades bioestratigráficas y su trazo ligado a la Falla de Docampadó sugiere que las dos fallas, probablemente se conectan en profundidad.

Falla de Docampadó. Se trata de una falla que genera un relieve topográfico apreciable en su bloque levantado (*Ver Fotografía 1*). Junto con la Falla de Siguirisua generan un bloque levantado constituido por niveles competentes de conglomerados, limolitas y lodolitas en contacto con lodolitas, de la Formación Istmina en el bloque sur. Datos de orientación de estas lodolitas en el bloque sur de la falla y en cercanías a esta indican truncamiento de esta unidad contra la falla. El trazo curvilíneo y la inclinación de las capas sugieren que se trata de una falla de alto ángulo, pero posiblemente algo menor que en las otras fallas del sector central - norte. También se le atribuye una componente importante de rumbo. Entre la Falla de Docampadó y de la Falla de Siguirisua se presentan niveles conglomeráticos que son cortadas después de las fallas. En sección, esta falla se une en profundidad con la Falla de Siguirisua.

Anticlinal del Cascajo. La estructura se encuentra constituida por lodolitas de la Formación Condoto. Su eje se orienta aproximadamente N70E y su flanco norte se trunca contra la Falla de Docampadó.

Sinclinal Río Ijúa. Se trata de una extensa estructura cuyo eje se orienta aproximadamente en dirección N50E. Debido a la edad de su secuencia y la falta de características morfológicas y litológicas que permitieran definir con claridad las Formaciones Conglomerados de La Mojarra y Condoto, estas dos unidades fueron agrupadas en una sola.



FOTOGRAFÍA: 1	FOTO DIGITAL: JCP037 A	ACIMUT: 005°
DESCRIPCIÓN: Trazo de la Falla Docampadó, indicando la orientación regional. Río Siguirisua. Bloque Izquierdo levantado.		

Anticlinal de Docordó. Se presenta inmediatamente al SE del sinclinal anterior y se orienta de manera subparalela a este. El costado SE, se encuentra truncado contra la Falla de Docordó.

Sinclinal de Bicordó – Docordó. Estructura orientada NE – SW que junto con el Sinclinal del Río Ijúa y el Anticlinal de Docordó describen una geometría en echelón contra la Falla de Bicordó.

Falla de Bicordó. Falla de alto ángulo que afecta rocas de las Formaciones Condoto e Istmina. Se trata de una falla cuyo trazo es relativamente recto y se encuentra segmentada en la parte central oriental de la zona de estudio. Su principal rasgo asociado es la presencia del Sinclinal Río Ijúa, el Anticlinal de Docordó y el Sinclinal de Bicordó - Docordó dispuestos en echelón contra esta falla y sugieren un componente de movimiento de rumbo sinextral.

Falla Agua Clara. Falla de alto grado de inclinación que afecta la Formación Condoto.

Falla Dipurdú - Los Indios. Falla de alto ángulo la cual separa con la Falla Agua Clara una pequeña estructura anticlinal con cabeceo tanto al norte como hacia el sur y en la que afloran niveles conglomeráticos cuya descripción y edad coincide con la Formación Conglomerados de La Mojarra.

Falla de Río San Juan. Esta falla constituye, al parecer, el rasgo estructural más importante del área de estudio. A pesar de que se encuentra en buena parte de su recorrido cubierta, separa dos provincias geológicas con trenes estructurales diferentes. Uno orientado SW - NE en su parte central y norte y otra NW – SE en su parte sur. Esta falla separa además el bloque norte donde la deformación es considerablemente mas intensa (constituye todas las estructuras descritas del sector central – norte) que el observado en su bloque sur en donde, en general las unidades buzanan menos de 20 grados hacia SE. En su parte norte, se presentan numerosas fallas y pliegues con ángulos de buzamiento que superan con frecuencia los 45° - 50°. La naturaleza de los argumentos usados para definir la presencia de esta falla son variados y algunos poseen un carácter interpretativo mayor que otros:

- Restringe morfológicamente el recorrido del Río San Juan controlando su migración hacia el W, debido a que el bloque W de la falla se encuentra levantado en relación con el bloque E.

- La falla pone en contacto niveles de la Formación Condoto contra ella misma generando el contraste morfológico anotado.
- Trunca a nivel regional estructuras de la parte sur del área de estudio orientadas NW – SE. Este aspecto se basa en la interpretación de sensores remotos y desafortunadamente no se logró obtener control de campo para su corroboración.

4.1.2 Sector Sur

Al sur de la desembocadura del Río Docordó con el Río San Juan, este último sufre una deflexión de su curso hacia el sur y regionalmente coincide con el sector al sur del cual las estructuras regionales se orientan de manera NW - SE y se caracteriza por un relieve aún menos pronunciado que en el sector central - norte. La definición de estructuras se basa en mayor medida en la interpretación de imágenes de sensores remotos y se basa principalmente en la presencia de cambios de orientación y segmentos lineales del Río San Juan a lo largo de su curso, integrando algunos pocos datos de campo obtenidos en campañas previas a este trabajo.

La Falla Pangala, al parecer controla en parte el curso del Río San Juan. La Falla Cucurupí se orienta aproximadamente de manera paralela a la Falla San Juan y morfológicamente parece mostrar un desplazamiento de tipo dextral en el contacto entre las Formaciones Mayorquín y Raposo. Entre algunas de las fallas mencionadas se interpreta el Anticlinal de Tordó el cual se orienta de manera paralela a estas. De igual manera entre las Fallas de Cucurupí y Pangala se presenta el denominado Sinclinal de Pangala, cuyo flanco oriental es extenso y buza suavemente hacia el oriente.

En el costado mas sur del área de estudio, el Río San Juan orienta su curso hacia el W, y en este sector se interpretan, también con base en las imágenes de sensores remotos las Fallas Calima, Munguidó, Chontaduro y Taparal. Al costado oriental del sector sur se presenta el denominado Sinclinal Copomá, estructura amplia cuyo flanco W se extiende hasta el Sinclinal de Pangala. Sus flancos buzan suavemente y su eje se orienta aproximadamente N - S y sufre una inflexión hacia el NE en su extremo norte. El trazo de los contactos entre las Formaciones Mayorquín y Raposo sugiere un suave cabeceo de la estructura hacia el norte.

La falta de control geológico en el costado sur del área de estudio no permite reconstruir con facilidad el esquema geológico. Datos fotogeológicos interpretados en esta área y en el sector Central - Norte muestran en algunas localidades poca confiabilidad. Por lo tanto el esquema geológico de este sector posee un nivel mayor de incertidumbre, razón por la cual un análisis cinemático completo adolece de soporte.

4.2 ANÁLISIS DE FRACTURAS

Los datos de fracturas obtenidos en campo a nivel de afloramiento incluyendo los obtenidos en el área de Ladrilleros se presentan ploteados en la red estereográfica. A la izquierda se presentan los datos de fallas y a la derecha los polos de los planos de fracturas (*Ver Figura 9*).

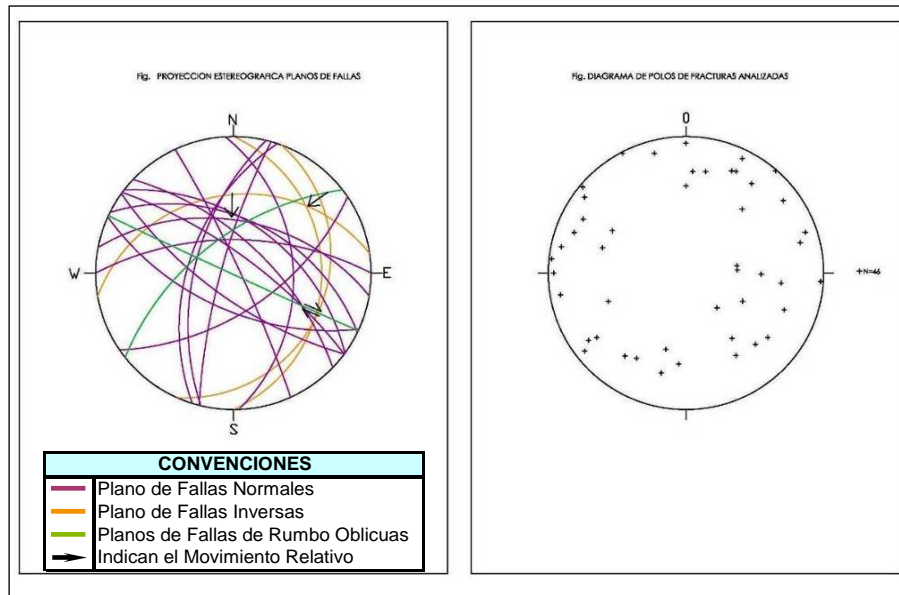
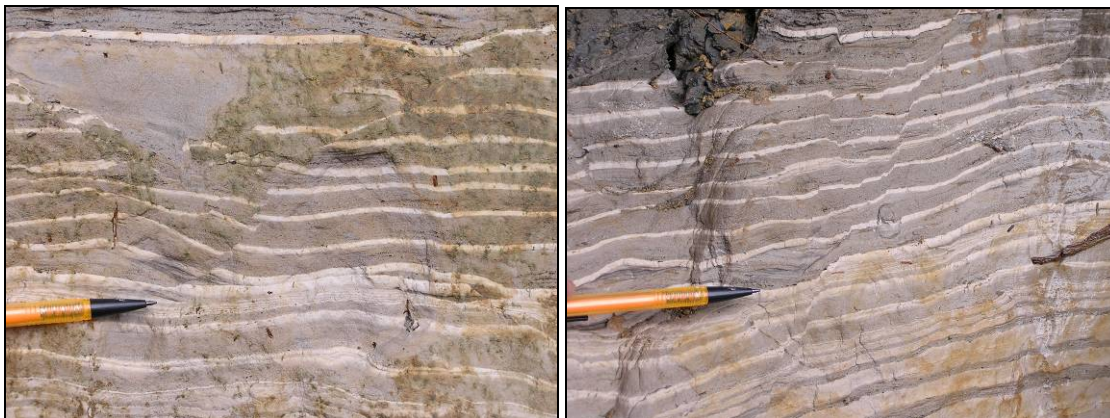


Figura 9. Proyección estereográfica de planos de fallas y polos de diaclasas de toda el área

En términos generales, la presencia de fallas menores a nivel de afloramiento es muy pobre y puede evidenciarse observando fotos obtenidas en algunos de los mejores afloramientos encontrados en el área. A pesar de lo anterior se observaron fallas principalmente normales, en menor proporción de rumbo y fallas inversas (cabalgamientos), estas últimas restringidas principalmente a la zona de ladrilleros. Adicionalmente se elaboraron diagramas de proyecciones estereográficas de los planos de fallas y diaclasas, medidos en todas las estaciones durante la campaña de campo. Se anexaron como gráficos en el mapa estructural (*Ver Anexo 8*).

Son varios los sectores en donde se encuentran evidencias de fallamiento normal a escala de afloramiento y los cuales se presentan afectando rocas de las unidades del Mioceno tanto en el área de trabajo como en el área de Ladrilleros. Sistemas de fallas menores bien expuestas (en marea baja) se observan en la ribera del Río Docampadó y puede apreciarse en las fotografías 2 y 3. En este sector se observan pequeñas fallas normales conjugadas con rumbos NW - SE y buzamientos de alto ángulo hacia el NE y SW. La presencia de estas fallas en asocio con estructuras como calcos de carga y estructuras en llama (“flame structures”) en el mismo afloramiento permite sugerir que se trata de fallas formadas durante el proceso de sedimentación y responden a procesos de desestabilización gravitacional.



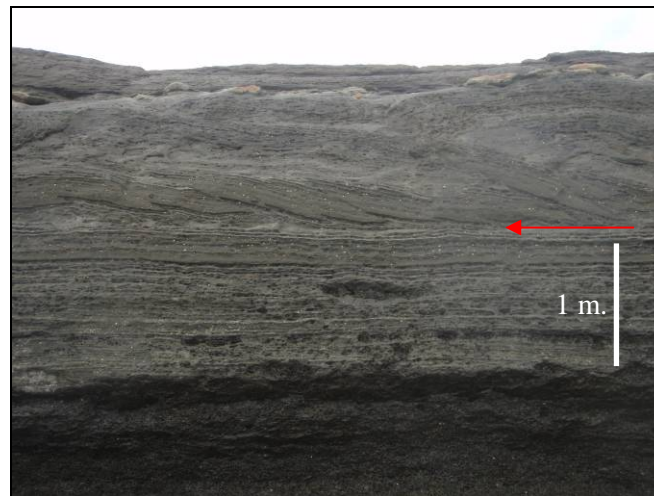
FOTOGRAFÍA: 2 y 3	FOTO DIGITAL: JG019 F Y G	ACIMUT: 330°
DESCRIPCIÓN: Falla normal en sistema conjugado. Depósitos recientes. Río Docampadó.		

En estos casos el peso de los sedimentos e incluso los sismos como agentes detonantes han sido invocados como causantes de tales estructuras. Cambio de espesor de delgados niveles lodolíticos a lado y lado de algunas fallas sugiere para estas fallas una actividad sindeposicional. Otras fallas normales en lodolitas pueden observarse en las fotografías 4 y 5 en el área de Ladrilleros. En los casos anteriores los desplazamientos no superan los decímetros y esporádicamente alrededor de un metro.



FOTOGRAFÍA: 4 y 5	FOTO DIGITAL: L070-072 A – L324+020 A	ACIMUT: 202° y 125°
DESCRIPCIÓN: Fallas normales en el sector de Ladrilleros.		

Fallas de cabalgamiento se observaron principalmente en el área de Ladrilleros. A diferencia de los casos anteriores, se trata de verdaderos sistemas de fallas inversas (duplex) restringidos a ciertos intervalos estratigráficos lo cual permite interpretar que se trata muy probablemente de fallas inversas generadas como producto de deslizamientos gravitacionales en otro sector de la cuenca. Es decir se trata de estructuras cuya génesis se asocia al colapso gravitacional de sedimentos. La falta de deformación en niveles inferiores y superiores a estas fallas y la presencia de estructuras formadas por colapsos gravitacionales son argumentos a favor de esta interpretación (*Ver Fotografía 6*).



FOTOGRAFÍA: 6	FOTO DIGITAL: L016-017 A	ACIMUT: 110°
DESCRIPCIÓN: Sistemas de fallas inversas tipo "duplex" interpretadas como resultado de colapso gravitacional sindeposicional. Note el nivel de despegue y sentido de movimiento señalado por la flecha roja.		

Detalles de estas fallas se pueden observar en la *Fotografía 7*. Estas fallas inversas restringidas a niveles sedimentarios sobre y bajo los cuales no se observa deformación alguna, excepto algunas estructuras asociadas a colapsos gravitacionales, sugieren que estas fallas son producto de acortamientos generados a partir de fallas normales lítricas localizadas en sectores mas proximales a la fuente de sedimentos.

Una pequeña falla de rumbo se observó en la ribera norte del Río Docampadó, cuyas estrías presentan estructuras de tipo “riedel” que permiten interpretar un movimiento dextral.



FOTOGRAFÍA: 7	FOTO DIGITAL: L107+000 B	ACIMUT: 055°
DESCRIPCIÓN: fallas inversas (thrusts) tipo “duplex” localizado en un nivel estratigráfico diferente a los anteriores.		

A pesar de la relativamente buena calidad de algunos afloramientos de las Formaciones Istmina, Conglomerados de la Mojarra y Condoto, se presenta en general ausencia de sistemas de diaclasas claramente definidos. En el mapa estructural, (Ver Anexo 8) se muestra que los afloramientos que poseen diaclasas presentan, en su gran mayoría, uno o dos sistemas de diaclasas. La orientación de estos sistemas de fracturas (incluyendo fallas y diaclasas) es variada y puede observarse en el diagrama de polos. A pesar del número reducido de datos es posible observar cierta relación entre la orientación de las diaclasas, la orientación de las capas y el tren general de las estructuras: uno de los sistemas de diaclasas se dispone de manera aproximadamente perpendicular a las capas y en los casos en que las estructuras (capas) se orientan NE - SW estos sistemas se orientan NW - SE. A nivel interpretativo posiblemente existe un sistema de diaclasas relacionado con esfuerzos extensivos generados bajo compresión orientada NW - SE. De cualquier forma la escasez de datos podría ser consecuencia del carácter fundamentalmente arcilloso de la secuencia predominante del área. El diagrama de polos de todas las fracturas muestra una alta variación de sus orientaciones lo cual no permite hacer un análisis más juicioso de su posible origen.

La elaboración de los cortes estructurales integra toda la información obtenida e incluye de una manera muy especial las edades reportadas en los análisis bioestratigráficos realizados a las muestras obtenidas de las secciones de Agua Clara, Malambo y Quebrada Grande (en unidades caracterizadas por gruesos paquetes de conglomerados muestreadas en sus intercalaciones lodolíticas) y la sección del Río Siguirisua en lodolitas indican la presencia de bio-zonas numeradas del N8 a N16, con edades que varían de Mioceno medio - inferior a Mioceno tardío respectivamente.

Los datos indican de manera relativamente consistente que la edad de los niveles conglomeráticos gruesos (aflorantes en los ríos Capiro e inmediatamente al Norte del Río Docampadó) tienen edades similares lo cual es de manera especial respetado en el corte estructural.

4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La solución estructural sugiere fallas de alto ángulo muy posiblemente con componentes de rumbo. Esta solución es compatible con la presencia de pliegues en echelón asociados a trazos relativamente rectos de fallas que se observan más al Norte y Noreste por fuera del área de estudio, apoyados en el modelo de elevación digital (Ver Figura 10).

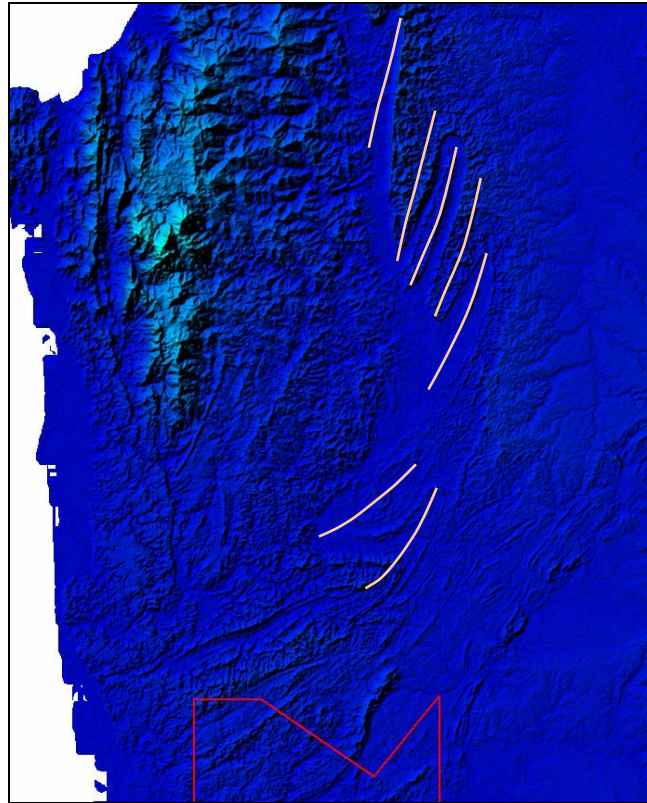


Figura 10. Ejes de pliegues en echelón, al norte del área de estudio. Sugieren una orientación del esfuerzo compresivo principal NW-SE. Modelo de Elevación Digital de terreno.

La presencia de amplios pliegues en el área de estudio sugiere un acortamiento importante acomodado muy probablemente con ayuda de zonas de despegue horizontales o subhorizontales. Sin embargo, no hay evidencia de la presencia de estas fallas en superficie, por lo que se pueden tratar de fallas ciegas formadas en un régimen deformativo fundamentalmente compresional relacionado a un ambiente de fallamiento regional de rumbo. Una solución estructural alternativa que explica los saltos estratigráficos involucra la presencia de fallas normales para cuyo caso la inclinación de estas debería ser contraria a la presentada en el modelo de fallas de rumbo.

Esta posibilidad presenta problemas para relacionar el evento deformativo compresivo que da origen a los pliegues de orden regional y en especial a los pliegues en echelón presentes al N y NE del área de estudio y cuya continuidad de las fallas que las genera se extiende hasta la zona de estudio. Adicionalmente fallas normales de dicha magnitud generan pliegues en el bloque cabalgante cuya geometría no se observa en el área de estudio.

Teniendo en cuenta la presencia de pliegues en echelón observados de manera espectacular al N y NE del área de estudio es posible advertir una compresión orientada NW - SE orientada aproximadamente perpendicular al eje de estos pliegues. Estos pliegues en echelón permiten interpretar la posible presencia de un fallamiento de rumbo importante que limita el costado oriental de estos pliegues y puede tratarse de una zona de discontinuidad previamente formada. Una compresión regional orientada de dicha manera permite interpretar movimientos transpresivos sinextrales en la parte norte de la imagen (*Ver Figura 10*) y hacia el sur (área de estudio) componentes de movimiento probablemente dextrales

que las fallas aquí interpretadas como fallas de rumbo tengan una muy probable componente de movimiento dextral en el bloque central - norte.

En el bloque sur las principales fallas se orientan N, NE – S, SE lo cual podría sugerir componentes de movimiento de rumbo de tipo sinextral. Las características expuestas anteriormente permiten sugerir que la Falla de San Juan posiblemente conformó durante la depositación de las unidades del Mioceno una paleobarrera contra la cual la secuencia sedimentaria del bloque NW se deformó. Consideramos que no tenemos los argumentos estructural y estratigráfico suficientes a favor de la presencia de una sedimentación asociada a una cuenca de transtensión (“pull-apart basin”) tal como lo sugiere Suárez, 2007.

Dispuesto sobre una buena parte del área SW de estudio se presenta una cobertera sedimentaria dispuesta de manera horizontal a subhorizontal (Formación Mayorquín) la cual reposa, al parecer, discordantemente sobre las unidades terciarias. Las fallas que afectan rocas terciarias no presentan continuidad en este cuerpo siendo por lo tanto anteriores a la edad de este cuerpo.

La presencia de pliegues con flancos de alto grado de buzamiento sugiere esfuerzos compresivos importantes y la posible presencia de paleoaltos sobre los que se intensifica la deformación. Los pliegues regionales son levemente asimétricos y su geometría no se asocia con facilidad a los típicos pliegues asociados a fallamiento inverso de bajo ángulo. No es clara la relación entre los pliegues y las fallas, pero parece que el proceso de fallamiento se realiza al menos en una etapa avanzada de plegamiento ayudado posiblemente por la localización de discontinuidades en el basamento. Los pliegues del área de estudio en general no muestran con claridad una geometría en-echelón con relación a las fallas, situación que claramente si sucede más al NE del área de estudio.

La excepción a esta observación la muestra el Sinclinal del Río Ijúa, el Anticlinal de Docordó y el Sinclinal de Bicordó - Docordó cuyo trazo de sus ejes se orientan NE-SW y se disponen con una geometría en-echelón con relación a la Falla de Bicordó. En este caso es posible interpretar para esta falla una componente de movimiento de rumbo de tipo sinextral, lo cual difiere de lo inferido para las fallas descritas más al NW. La orientación de esta falla cuyo rumbo se acerca mas al N-S comparado con las otras fallas puede ayudar a explicar la distribución de estos pliegues. Se puede asumir que fallas con rumbos aproximadamente paralelos a la Falla de Bicordó pueden tener componentes de movimiento de rumbo similares, es decir, de tipo dextral.

En los costados W y E de la Falla de San Juan se observa una mayor concentración de la deformación, lo cual podría ser explicado en función de una paleotopografía contra la cual se apila la secuencia al W de la falla. De la misma manera varios kilómetros al norte del área de estudio se observan pliegues en-echelón, orientados N - NE los cuales son compatibles con a) la presencia de una zona de deformación en profundidad que actúa como falla de rumbo sinextral (posible paleoestructura - paleobarrera?) y b) esfuerzo compresivo principal orientado NW - SE. No existen argumentos para pensar que el sistema de esfuerzos “lejanos” que actúan en el área de estudio sea diferente. De hecho la orientación NE - SW de los pliegues de los sectores central y sur coincide con esfuerzos NW - SE.

Considerando esa dirección del esfuerzo compresivo principal las fallas de los sectores central y norte deberían exhibir (en general) un desplazamiento de tipo dextral, excepto los pliegues en echelón relacionados a la Falla de Bicordó tal como se explico previamente.

Las imágenes de sensores remotos permiten sugerir la presencia de lineamientos orientados de manera diferente a las estructuras definidas en el mapa, algunos de ellos orientados E - W; sin embargo no han sido considerados como fallas en tanto no generan ningún tipo de desplazamiento y por lo tanto su naturaleza es aun incierta.

5 ESTRATIGRAFÍA

La cartografía en el área del Río San Juan contempla unidades principalmente del Mioceno depositadas en ambientes sedimentarios similares (Ver Figura 11), la delimitación cartográfica se dificulta por las características fisiográficas de la región, la escasa exposición litológica y la baja accesibilidad. Las unidades conglomeráticas generan geoformas con laderas escarpadas que sobresalen en las zonas de contacto y falla con las rocas sedimentarias más jóvenes o antiguas. En la parte central y hacia el sur de la zona de estudio, se presenta menos contraste geomorfológico y la diferenciación de las unidades se dificulta; en estos sectores se encuentra adicionalmente unidades Pliocénicas discordantes sobre la Formación Condoto. La descripción de estas unidades litoestratigráficas diferenciadas durante el estudio geológico se muestran a continuación en donde se describen en general, sus características composicionales, texturales y estratigráficas.

Las unidades litoestratigráficas cartografiadas son, de antigua a reciente: Formación Istmina (E3N1is), Conglomerados de la Mojarra (N1cmj), Condoto (N1cn), Mayorquín (N2my), Raposo (N2rp) y Depósitos Recientes. La zonación bioestratigráfica, permitió delimitar dichas unidades y realizar correlaciones de litologías en el área, que de otra manera debido a los cambios faciales hubiera sido muy difícil establecer (Ver Tabla 8.). Se presenta una correlación cronológica de las unidades observadas en el sector del Río Atrato y datadas igualmente por Duque (1990a, b). La bioestratigrafía tiene como referencias básicas a Petters y Sarmiento (1956) y Duque-Caro (1971, 1975, 1990ab) que cubren las secciones de referencia de Carmen - Zambrano y las de la Cuenca del Atrato, hasta ahora las mejores secciones y áreas de referencia para los estudios bioestratigráficos de la costas pacífica y caribeñas colombianas y que se han actualizado con la bioestratigrafía planctónica moderna de Blow (1969), Bolli *et al.* (1985) y Berggren *et al.* (1995).

ZONACIÓN BIOESTRATIGRÁFICA DE LAS COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS SUBCUENCA SAN JUAN					
EDAD	ZONA BIOESTRATIGRÁFICA	UNIDAD Duque, 1990a	COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS		UNIDAD (Servigecol, 2008)
MIOCENO TARDIO	N18	S I E R R A	R I O S I G I R I S U A	Q U E B R A D A M A L A M B O	C O N D O T O
	N17				
	N16				
	N15				
MIOCENO MEDIO	N14	N A P P I	R I O S I G I R I S U A	Q U E B R A D A A G U A C L A R A	M O J A R R A
	N13				
	N12				
	N11				
	N10				
	N9				
	N8				

Tabla 8. Resumen Cronoestratigrafía (Zonación Planctónica) Duque, este trabajo (Ver Anexo 3).

5.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES AFLORANTES

A continuación se describen de base a tope las unidades cartografiadas en el área de estudio.

5.1.1 Formación Istmina (E3N1is)

LITOLOGÍA	Limolitas calcáreas y silíceas con intercalaciones de arenitas finas y ocasionales capas de conglomerado.
EDAD	Mioceno Medio Bajo (N8 a mas antiguo) (Duque Caro, 2008).
ESPESOR	2.400 metros (según corte geológico, Servigecol, 2008), 5.450 metros (aproximado) (Ingeominas - Cossio, 2003).
AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN	Turbiditas lodosas.

Autor: Figueroa y Núñez, 1990.

Localización: Se ubica en la zona noroeste del área estudiada entre los ríos Ordó y Sivirú en una franja afectada por plegamiento y en contacto fallado al norte y normal al sur con la Formación Conglomerados de la Mojarra.

Los afloramientos de la Formación Istmina están al parecer en contacto normal con la Suprayacente Formación Conglomerados de la Mojarra. Macroscópicamente la formación presenta intercalaciones en capas principalmente delgadas en las cuales predominan limolitas, litoarenitas finas, lodolitas y capas medias de conglomerados (*Ver Fotografía 8*). En la parte norte del área estudiada los afloramientos de la Formación Istmina presentan alta variabilidad en la estructura como resultado de los esfuerzos regionales que localmente han desarrollado plegamientos y fallas. Los mejores afloramientos de esta unidad se tienen en los Ríos Sivirú y Ordó (sector Noroccidental).



FOTOGRAFÍA: 8	FOTO DIGITAL: GC056 A	ACIMUT: 270°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento tipo de la Formación Istmina. Quebrada Mochado, al sur del Río Docampadó.		

5.1.2 Formación Conglomerados de la Mojarra (N1cmj)

LITOLOGÍA	Arenitas y conglomerados líticos con intercalaciones de lodolitas y limolitas grises.
EDAD	Mioceno Medio Medio a Mioceno Tardío Bajo (Duque Caro, 2008). Pre-Mioceno medio a Post - Oligoceno Temprano a Mioceno Temprano (Texas, 1990 en Ingeominas, 2003)
ESPESOR	740 metros (según corte geológico Servigecol, 2008), 5.450 metros (aproximado) (Ingeominas - Cossio, 2003)
AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN	Turbiditas arenosas y canales submarinos.

Autor: Figueroa y Núñez, 1990.

Localización: Se ubica en la zona norte del área estudiada entre los ríos Ordó y Capiro en una franja con variaciones estratigráficas laterales y conformando el flanco sur Anticlinal de la Trojita – Capirito. En la margen derecha del Río Docampadó conforma una franja limitada por las fallas de Siguirisua y Docampadó que la colocan en contacto con las formaciones Condoto e Istmina, respectivamente (*Ver Fotografía 9*)

Consta principalmente de conglomerados polimícticos color gris oscuro en capas de delgadas a macizas con intercalaciones de lodolitas y litoarenitas; su composición textural varía en diversas localidades. La Formación Conglomerados de la Mojarra al parecer esta genéticamente relacionada con flujos de canal proximales en ambiente submarino, asociado a turbiditas proximales; este tipo de depositación explica la variabilidad litológica tanto lateral – local como regional en la zona.



FOTOGRAFÍA: 9	FOTO DIGITAL: AC367-369 A	ACIMUT: 250°
DESCRIPCIÓN: Panorámica afloramiento Nótese en la parte inferior de la secuencia capas de arenisca. Formación Conglomerados de la Mojarra. Quebrada Agua Clara.		

5.1.3 Formación Condoto (N1cn)

LITOLOGÍA	Lodolitas y limolitas grises, con intercalaciones de arenitas en capas delgadas.
EDAD	Mioceno Medio Bajo a Mioceno Tardío Bajo (Duque Caro, 2008). Mioceno medio (Duque, en Ingeominas, 2003)
ESPESOR	2800 a 3100 metros (según corte geológico, Servigecol, 2008)
AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN	Turbidita lodosa

Autor: Figueroa y Núñez, 1990.

Localización: Se encuentra en gran parte de la zona estudiada en amplias franjas afectadas por plegamientos y fallas. Presenta un aparente contacto neto sobre la infrayacente Formación Conglomerados de la Mojarra en la zona del Río Capiro. Comprende un amplio sector desde el Río Capiro hasta el Río Siguirisua hasta la falla de Siguirisua que la coloca en contacto con la formación Conglomerado de la Mojarra (*Ver Fotografía 10*)

Consta principalmente de gruesas sucesiones heterolíticas o intercalaciones de lodolitas calcáreas y silíceas con litoarenitas; ocasionalmente capas de limolitas y calizas tipo mudstone. La Formación Condoto presenta su exposición más continua en el sector de La Barra – Ladrilleros – Juanchaco junto al Océano Pacífico.



FOTOGRAFÍA: 10	FOTO DIGITAL: L270 – 275 B	ACIMUT: 140°
DESCRIPCIÓN: Panorámica de los afloramientos de la Formación Condoto en el sector de Ladrilleros - Juanchaco.		

5.1.4 Formación Mayorquín (N2my)

LITOLOGÍA	Intercalaciones de litoarenitas arcillosas y arcillolitas. Contiene cantos con restos de conchas, bivalvos y gasterópodos.
EDAD	Plioceno (Aspen, 1985 en Ingeominas - Cossio, 2003)
ESPESOR	1200 metros (aproximado) (Ingeominas - Montoya, 2003)
AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN	Plataforma marina

Autor: Aspen y Nivia, 1985.

Localización: Se encuentra principalmente en el sector occidental de la zona estudiada a manera de una gran cobertera sedimentaria, subhorizontal, discordante sobre las formaciones infrayacentes (Istmina, Conglomerados de la Mojarra y Condoto). En el sector oriental y sur del Río San Juan se presenta ligeramente inclinada y se extiende hasta el borde costero del Pacífico (*Ver Fotografía 11*)

Consta principalmente de una secuencia horizontal a levemente inclinada, constituida por lodolitas de color gris medio azulado a oscuro, masivas, de fractura concoidea con intercalaciones de litoarenitas de grano fino, las cuales presentan granos de arena gruesa a gránulos (Líticos 60%, Cuarzo 35%, Accesorios 5%) subredondeados. Las capas son de espesor muy fino a medio, de geometría subtabular a lenticular de contactos ondulados netos.

Los afloramientos aparecen continuos con poca variación estratigráfica.



FOTOGRAFÍA: 11	FOTO DIGITAL: JCP079 A	ACIMUT: 320°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento de la Formación Mayorquín en el Río Cucurrupe, constituida localmente por arcillolitas grises y litoarenitas en capas muy delgadas.		

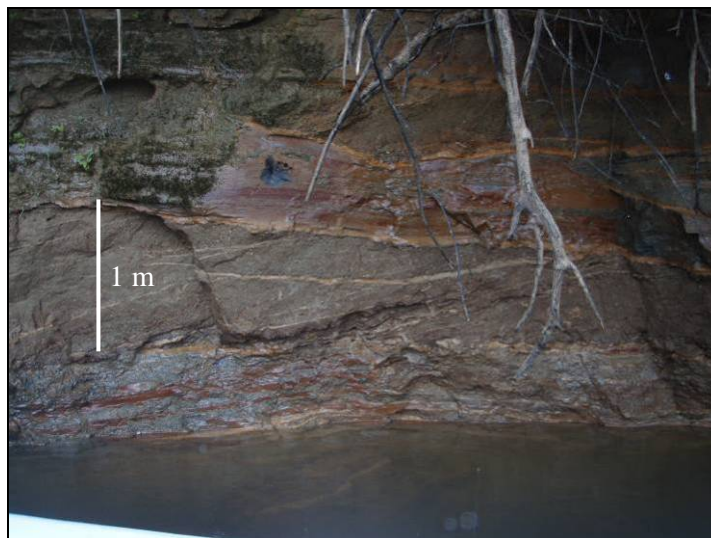
5.1.5 Formación Raposo (N2rp)

LITOLOGÍA	Litoarenitas y sublitoarenitas con granos de arena gruesa a gránulos.
EDAD	Plioceno (Aspen, 1985 en Ingeominas - Cossio, 2003)
ESPESOR	Sin espesor reportado.
AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN	Fluvial (ríos trezados, abanicos y llanura de inundación) (Montoya, 2003).

Autor: Aspen y Nivia, 1985.

Localización: Se encuentra exclusivamente en el sector oriental de la zona estudiada en contacto aparentemente normal con la localmente infrayacente Formación Mayorquín. En el sector oriental del Río San Juan se presenta ligeramente inclinada a subhorizontal y se extiende regionalmente hacia el flanco occidental de la Cordillera Occidental (Ver Fotografía 12)

Consta principalmente de una secuencia horizontal de lodolitas de color gris claro con niveles de litoarenitas de color gris medio, de tamaño de grano muy fino a fino, subangulares; capas tabulares para las lodolitas y lenticular para las arenas, ocasionalmente intercaladas con arcillolitas plásticas de color gris claro con láminas y capas delgadas de cuarzoarenitas, areniscas conglomeráticas de litoarenitas de grano fino a medio, subangulares, de composición Cuarzo 60%, Feldespatos 30% y Accesorios 10%, en capas medias de geometría tabular, bien estratificadas. No presenta fósiles.



FOTOGRAFÍA: 12	FOTO DIGITAL: FS054 A	ACIMUT: 310°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento tipo de la Formación Raposo. Río Cucurupí. Se observa en la parte inferior intercalaciones de arcillolitas con láminas de litoarenitas de grano fino a muy fino. Se aprecia estratificación cruzada, laminación ondulosa, contactos irregulares.		

5.2 COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS LEVANTADAS

5.2.1 Descripción e Interpretación de Facies

Para la utilización del término facies, se sigue la definición realizada por Reading (1986), quien se basa en el sentido de Greesly (1838) y las consideraciones que le hacen al concepto de facies, Teichert (1958), Middleton (1973) Cross & Homewood (1997): “Una facies es un cuerpo de roca con características específicas, donde las rocas sedimentarias pueden ser manipuladas en afloramiento o desde un pozo, esta es definida sobre la base de color, forma de las capas, composición, textura, estructuras sedimentarias y fósiles”.

El sentido en que se definieron las facies es estrictamente el de la observación de la roca (facies de lodolita laminada), en contraste a otros sentidos planteados por Reading (1986), tales como es el de procesos (facies de turbiditas); o como el sentido ambiental (facies fluvial). Se intenta así, describir la roca de una manera objetiva y mensurable, separando la observación de la interpretación, de tal forma, que cada facies, represente las condiciones de sedimentación y reflejen un proceso o ambiente de depósito particular.

Se espera entonces que la interpretación de una facies, discuta las posibles condiciones (generalmente hidrodinámicas) del fondo, en donde se acumularon las rocas y mediante la interpretación de las asociaciones de facies se dé una idea de los procesos deposicionales que formaron la sucesión de rocas. Ambas interpretaciones se encajan en un único contexto, para dar la mejor interpretación (o interpretaciones) del medio de depósito.

La evidencia principal utilizada para la identificación del fondo de depósito de las secciones estratigráficas levantadas fue el análisis de foraminíferos (*Ver Anexo 3*), ya que en todas las secciones levantadas los análisis foraminíferos encontrados, reflejan condiciones paleobatimétricas batiales, localizadas en un talud medio (500 - 1.000 m). Los niveles de conglomerados de las secciones de Agua Clara, Malambo y Quebrada Grande, tienen intercalados capas de sedimentos finos, los cuales contienen asociaciones de foraminíferos con ambientes batiales y talud medio. El perfil marino de referencia (*Ver Figura 12*), muestra en donde se localizan los diferentes ambientes, basado en los foraminíferos plantónicos y bentónicos, modificado de Duque (1990).

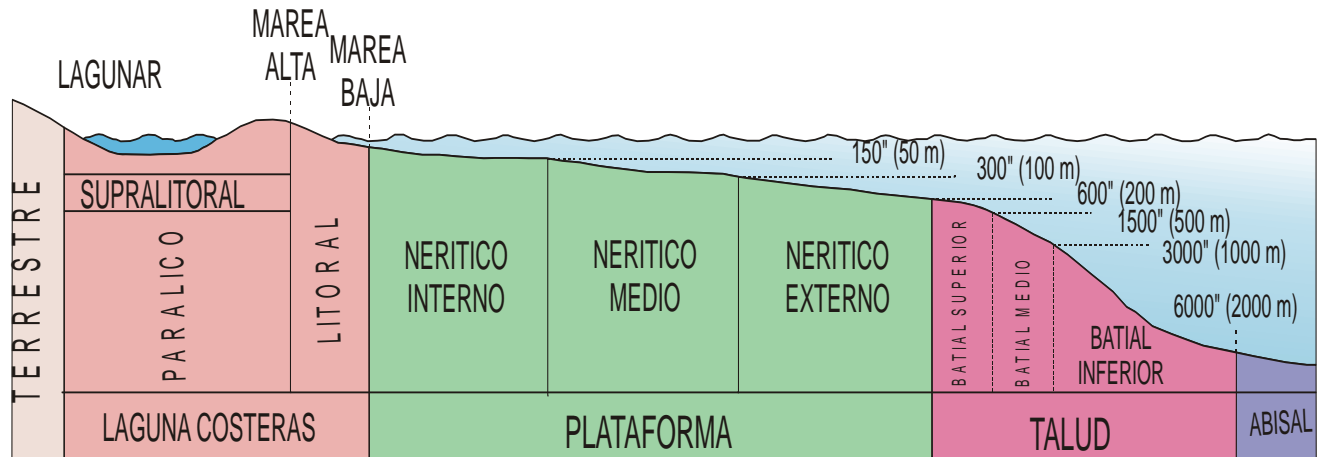


Figura 12. Perfil del Fondo Marino, Duque, este trabajo (Ver Anexo 3)

La presencia del icnogénero *zoophycus*, es otra importante evidencia a tener en cuenta en la interpretación ambiental, siendo más evidente en las secciones de Ladrilleros y Siguirisua. La traza fósil de *zoophycus* ha sido utilizado para estimar la paleo profundidad del agua, y ha sido localizada entre submareal a piso oceánico, siendo más común en ambientes por debajo del nivel de acción de tormentas. La presencia constante de *zoophycus* refuerza la idea de un fondo profundo para los sedimentos estudiados en las diferentes secciones estratigráficas de las Formaciones Condoto y Conglomerados de la Mojarra. La presencia de estructuras sedimentarias asociadas a ambientes turbidíticos, tales como slumps y estructuras convolutas son comunes en las secciones de Ladrilleros, Siguirisua y Agua Clara.

Las diferencias entre flujos turbidíticos, flujos de densidad concentrados y flujos de densidad hiperconcentrados con respecto a diferentes características físicas de la acumulación (Ver Figura 13), tales como: la velocidad de flujo es mayor en flujos concentrados y menor en hiperconcentrados y aún menos en flujos turbidíticos; la concentración de sedimentos es mayor en los flujos hiperconcentrados y muy baja concentración en los flujos turbidíticos; los mecanismos de soporte de partículas es matriz soportada y grano a grano, mientras que los flujos turbidíticos las partículas se sustentan por turbulencia fluida; Los mecanismos de depósito prevalece la acreción vertical en flujos hiperconcentrados, la tracción en flujos concentrados y caída en suspensión en flujos turbidíticos.

En un modelo deposicional basado en procesos como el de Haughton, 2006 (Ver Figura 14), se clasifican las acumulaciones producidas por flujos y corrientes impulsadas por la gravedad. Ellos son divididos en eventos cohesivos y no cohesivos con flujos transicionales.

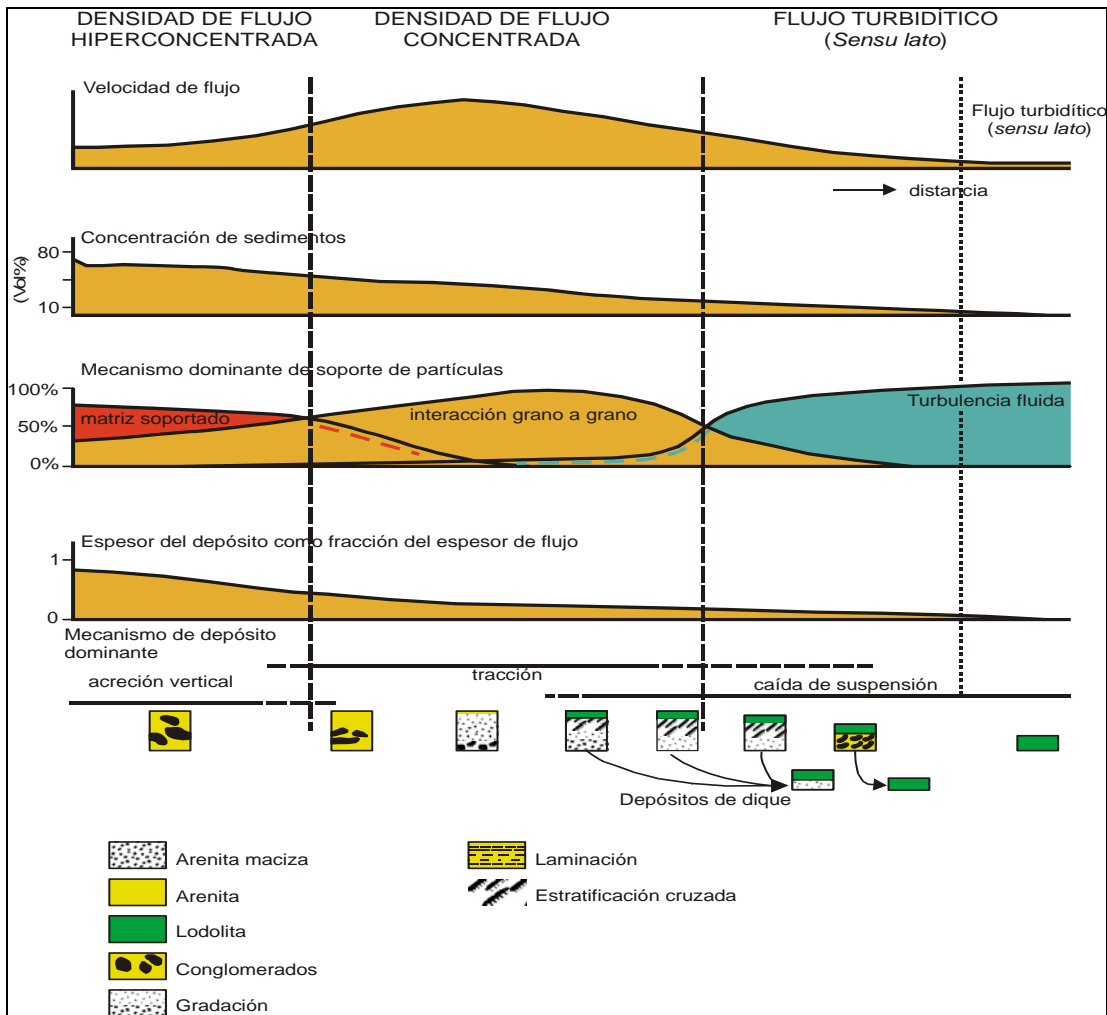


Figura 13. Características de acumulación de flujos por gravedad, tomado de Mulder y Alexander, 2001.

TIPOS DE EVENTOS		DEPÓSITO	FUNCIONAMIENTO
FLUJO DE DETRITOS	COHESIVO	Detritico	Flujo Lamina
FLUJO COGENÉTICO	TRANSICIONAL HIBRIDO	Detritico Relacionado	Velocidad
FLUJO DE "SLURRY"	TRANSICIONAL HIBRIDO	Arenisca Bandeada	
CORRIENTE TURBIDÍTICA DE ALTA DENSIDAD	NO-COHESIVA		Flujo Turbulento
CORRIENTE TURBIDÍTICA DE BAJA DENSIDAD			

Figura 14. Clasificación de eventos turbulentos modificado de Houghton, 2006.

5.2.2 Facies

En la Tabla 9 se presenta la codificación para las diferentes facies que se observaron en el presente estudio, los colores agrupan facies con características similares.

CÓDIGO DE FACIES	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	INTERPRETACIÓN
Fm	Sedimentitas de grano fino maciza.	Sedimentitas de grano fino macizas, bases gradacionales y topes netos, capas delgadas a muy gruesas, gran extensión lateral.	Deposición por suspensión hemipelágica, esporádicas corrientes turbidíticas lodosas.
R	Sedimentitas de grano fino laminada.	Sedimentitas de grano fino laminadas, bases netas y topes gradacionales, láminas muy delgadas en capas medias a muy gruesas, gran extensión lateral.	Deposición por suspensión hemipelágica.
HF	Sucesiones heterolíticas, predominio de sedimentitas de grano fino.	Sucesiones heterolíticas con predominio de grano fino, presencia de sucesiones tipo CCC.	Corrientes turbidíticas de baja densidad, altas tasas de deposición por suspensión, turbiditas tipo CCC por inestabilidad de talud en leve.
HA	Sucesiones heterolíticas con predominio de arenitas.	Sucesiones heterolíticas con predominio de grano fino, amalgamación de capas arenosas, laminación maciza, ondulosa y planoparalela, bases netas irregulares (prods y grooves), topes gradacionales a netos, capas delgadas tabulares.	Cambios energéticos en los medios de transporte de los sedimentos, acción de corrientes turbidíticas de baja concentración y menor acumulación por suspensión.
Alo	Arenita con laminación ondulada.	Arenitas con laminación ondulada (Climbing). Contactos netos planos en la base. Capas tabulares y lenticulares, medias a gruesas.	Flujos dominados por la tracción. Corrientes diluidas y turbulentes de alta concentración.
Alp	Arenita con laminación planoparalela.	Arenitas con laminación planoparalela en capas medias a gruesas, contactos netos e irregulares con geometría tabular y lenticular, geometría en canales.	a) Acumulación por suspensión y/o b) Deposición por flujo de granos en condiciones inconstantes de flujos. Acumulación en flujos de alta concentración.
Am	Arenita maciza.	Arenita maciza asociada a litofacies Al. Local estructura de socavación, relleno y desagüe. Bases netas a irregulares y topes netos, capas tabulares y acanaladas.	a) Acumulación por suspensión, caída de sedimentos desde una corriente permanente relativamente diluida y turbulenta y/o b) Rápida acumulación de una corriente con relativamente alta concentración y con flujo basal dominado por interacción de granos.
Ai	Arenita con estratificación inclinada.	Arenita con estratificación inclinada, localmente asociada con Am de arenita maciza con socavación ocasional, relleno y estructura de desagüe.	Acumulación por suspensión por caída de sedimentos desde una corriente permanente que es relativamente diluida y turbulenta en todas partes, la alta concentración de granos se produce por un rápido decrecimiento en el flujo al disminuir la pendiente en un régimen de flujo superior.
Acg	Arenita conglomerática maciza granodecreciente	Incluye arenitas con gránulos y arenitas de grano grueso y muy grueso. Capas granodecrecientes medias a muy gruesas en la base con litofacies Cm. Arenitas pobremente seleccionadas, la amalgamación de capas individuales es muy común.	Turbiditas depositadas rápidamente desde corrientes de turbidez de alta densidad. Intraclastos derivados de la erosión y colapso de márgenes de canal y depositados a una corta distancia del origen en la misma corriente turbidítica que indujo el colapso.
Ci	Conglomerado de intraclastos	Conglomerados ricos en intraclastos generalmente caóticos. Contactos netos y a veces irregulares. Capas medias a gruesas en paquetes lenticulares.	Depósitos de flujo "Slurry" (Sólidos y líquidos en suspensión).
Cm	Conglomerado macizo.	Conglomerados macizos en capas granodecrecientes medias a muy gruesas junto con la litofacies Acg. Capas gradadas generalmente cubiertas por capas de litofacies Am y Al. Sucesiones granocrecientes escasas. Los clastos hacen parte de la base de las capas.	Acumulación de turbiditas, depositadas rápidamente desde corrientes de turbidez de alta densidad. Muchos clastos soportados por efecto combinado de turbulencia fluida y presión dispersiva, resultado de colisión de granos.
S	Slump	Sucesiones heterolíticas distorsionadas con cabalgamientos y fallas, contactos netos, frecuentemente "scour" irregulares en capas muy gruesas con geometría lenticular.	
C	Concreciones	Niveles con concreciones	Concreciones diagenéticas en periodos de máxima sedimentación.

Tabla 9. Resumen de los códigos para las facies presentes en este estudio.

Facies Fm: Fino maciza

Descripción: La facies Fm está compuesta de sucesiones monótonas de sedimentitas de grano fino de lodolitas arcillolitas y arcillolitas limosa grises, generalmente maciza, (Ver Fotografías 13 y 14). Sus bases son generalmente gradacionales y sus topes netos planos o irregulares. Se presentan generalmente en capas muy delgadas a capas muy gruesas, frecuentemente en paquetes con gran extensión lateral. Presenta icnofósiles de forma ocasional como por ejemplo *condrites* y *zoophycus* (Ver Fotografía 14).

Interpretación: El tamaño de grano fino con la estratificación maciza y la esporádica laminación planoparalela sugiere que la deposición se produjo por suspensión hemipelágica con esporádica acumulación bajo concentración de corrientes turbidíticas (Johnson et al, 2001). Las arcillolitas limosas de la facies Fm fueron acumuladas en una corriente turbidítica lodosa, periódicamente interrumpidas por corrientes de turbidez arenosas y gravosas (interpretando a Bruhn & Walker, 1997).

Esta facies no tiene correspondiente en división de Bouma en las arcillolitas, mientras que en la limolita es Tdce. Corresponde con la facies E2 de Pickering et al. (1986, 1989) y facies G de Mutti and Ricci Lucci (1972).



FOTOGRAFÍA: 13 y 14	FOTO DIGITAL: NAC59+60 - L55+100 B	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Limolita maciza. Muestra de núcleo en la sección Agua Clara. Lodolita maciza con zoophycus, sección Ladrilleros. Facies de sedimentitas de grano fino maciza.		

Facies F1: Fino con laminación

Descripción: La facies F1 está compuesta por sedimentitas de grano fino de lodolita, arcillolita y arcillolitas limosa con láminas milimétricas a centimétricas de limolitas con laminación ondulosa y planoparalela, (Ver Fotografías 15 y 16). Las Láminas tienen bases netas y topes gradacionales. La geometría de las capas se presenta en láminas tabulares y lenticulares, medias a muy gruesas. Los Icnofósiles son raros a moderados, se reconocen condrites.

Interpretación: El tamaño de grano fino y la esporádica laminación planoparalela sugiere la deposición se produjo por suspensión hemipelágica y baja concentración de corrientes turbidíticas (Johnson et al, 2001).

Esta facies no tiene correspondiente en división de Bouma en las arcillolitas, mientras que en la limolita es Tde y menor Tdce. Corresponde con la Facies D2/E de Pickering et al. (1986, 1989) y facies D y E de Mutti and Ricci Lucci (1972).



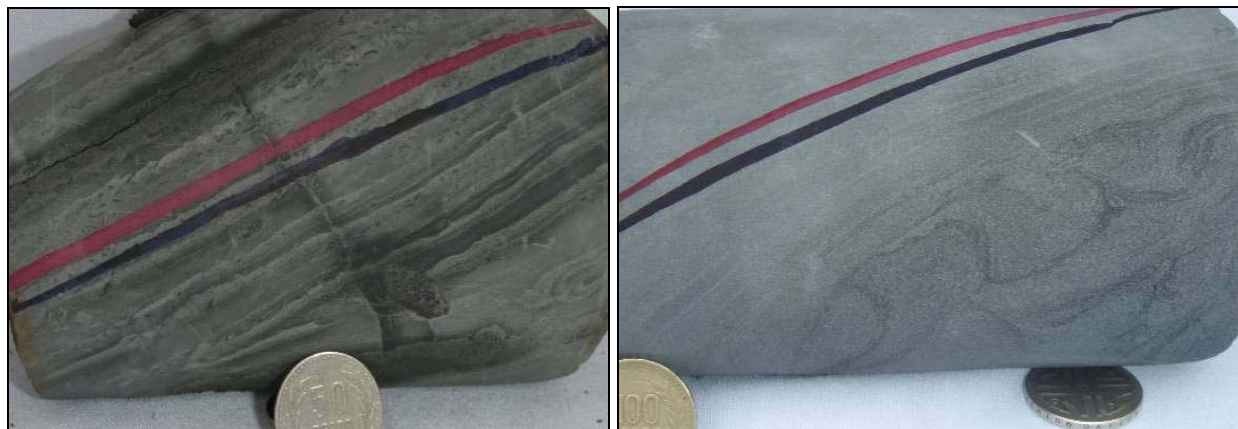
FOTOGRAFÍA: 15 y 16	FOTO DIGITAL: L126+100 A - AC446+040 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Lodolitas con laminación planoparalela, Sección Ladrilleros y Agua Clara respectivamente. Sedimentitas de grano fino laminadas. Facies F1: Fino con laminación.		

Facies HF: Heterolítica con predominio de sedimentitas de grano fino

Descripción: La facies HF consiste de sucesiones heterolíticas en donde predomina el grano fino de lodolita intercalada con capas delgadas de arenita con laminación planoparalela y ondulada inclinada. La arenita es de grano fino a muy fino (Ver Fotografías 17 y 18). Las capas de lodolita y las arenita pueden presentar alta bioturbación, pero generalmente es baja, es usual la ocurrencia de estructuras de carga (estructura en llama), (Ver Figura 15) y de convoluta. La facies HF forma sucesiones por de decenas de metros de espesor con una relación de lodo – arena de 10:1 a 2:1.

Las capas individuales contienen divisiones tipo Bouma, las ondulitas son principalmente tipo climbing y la laminación convoluta puede también presentarse, formando sucesiones tipo CCC.

Interpretación: Las capas delgadas heterolíticas fueron probablemente acumulados por una corriente turbidítica de baja densidad (Lowe, 1982). La ocurrencia común de ondulitas climbing y laminación convoluta sugiere altas tasas de deposición por suspensión (turbiditas CCC de Walker, 1985). La presencia de turbiditas tipo CCC y de los slumps son probablemente disparados por inestabilidad del talud de los levee (Bruhn & Walker, 1997).



FOTOGRAFÍA: 17 y 18	FOTO DIGITAL: NAC500 – NQM033+100	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Intercalación de lodolitas y limolitas. Núcleo de la sección Agua Clara, e intercalación de litoarenitas finas, muy finas y lodolitas, laminación convoluta, Sección Quebrada Malambo. Facies HF de heterolítica con predominio de sedimentitas de grano fino.		

Esta facies tiene una correspondiente con las facies definidas por Bouma con la Tcde que es la más común y con las Tcde, Tab y Ta-e, corresponde con la facies C/D de Pickering et al. (1986, 1989) y facies C (B) de Mutti and Ricci Lucci (1972).

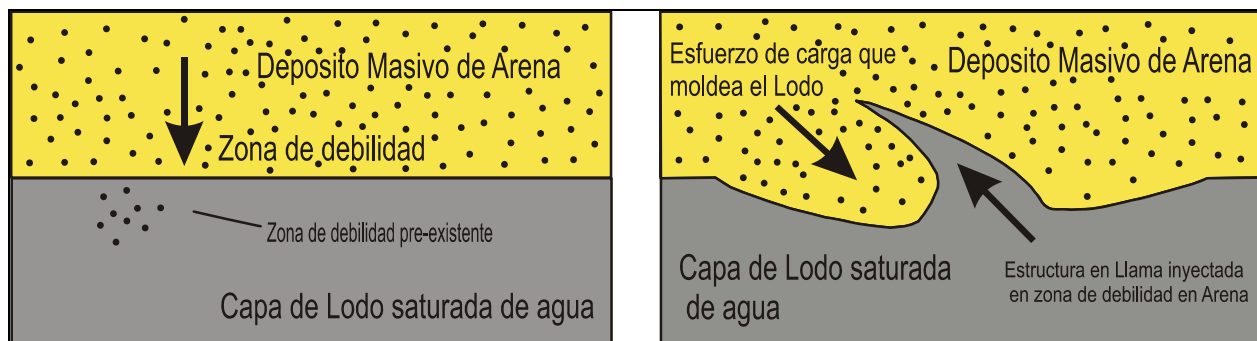


Figura 15. Estructura de desagüe, “load cast” y estructura en llama, producidas por saturación de agua en las capas de lodo (tomado de: <http://strata.geol.sc.edu/Deepwater/Co-Clare-Images/WebPage/DeepSedStructures/pages/163-LoadCastForms.html>).

Facies HA: Heterolíticas con predominio de arenitas

Descripción: La facies HA comprende de sucesiones heterolíticas con predominio de arenitas de grano muy fino y limolitas y/o intercalaciones arenita de grano muy fino y arcillolita, las capas más espesas de arenita son compuestas de capas amalgamadas. Las limolitas y arenitas de grano muy fino con ondulitas, laminación planoparalela y maciza. Calcos de surco (“groove”) sobre la base. Las capas de arenitas presentan bases netas, mientras que los topes son gradacionales a netos. El espesor de capas es de capas delgadas, con geometría de capas individuales tabulares a escala de afloramiento, las unidades completas desarrollan una geometría tabular. La facies HA presenta una mayor diversidad de icnofósiles con respecto a las facies Fm y Fl; se observan *Skolithos*, *Ophiomorpha*, *Palaeophycus?*, *Condrites*, *Thalasinoides* y madrigueras verticales y horizontales no determinadas. Ocasionalmente se presenta estratificación convoluta (Ver Fotografías 19 y 20).

Interpretación: Las características heterolíticas de esta facies refleja cambios de niveles energéticos en los medios de transporte de sedimentos con una mayor acción corrientes turbidíticas de baja concentración y menor deposición hemipelágica (Johnson et al, 2001).

Esta facies tiene una correspondencia con las facies definidas por Bouma muy variable, pero generalmente se definen Tcde, Tde y Tbc. Corresponde con la facies C2/D de Pickering et al. (1986, 1989) y facies E-D de Mutti and Ricci Lucci (1972).



FOTOGRAFÍA: 19 y 20	FOTO DIGITAL: L008 A - L000+100 B	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Heterolítica arenosa con thalasinoides e icnofósiles de skolitos, sección ladrilleros. Facies HA: Heterolíticas con predominio de arenitas		

Facies Alo: Arenita laminada ondulosa

Descripción: La facies Alo se compone de arenitas con laminación ondulada (climbing), se presenta asociada a facies Am y Alp, en capas medias a gruesas esporádicas, (Ver Fotografías 21 y 22). Estructuras de desagüe (Ver Figura 14). Los contactos son es la base netas, en capas medias a gruesas con geometría tabular, localmente lenticular y geometrías de canales.

Interpretación: La facies Alo es el producto de deposición desde una zona de límite de flujo dominado por la tracción. Las corrientes fueron suficientemente diluidas para formar “bedforms”; relativamente diluidas y turbulentas de principio a fin (Lawrence & Talling, 2006). Extensas ondulitas de corriente tipo climbing sugieren rápida deposición desde altas tazas de acumulación por suspensión desde un flujo sostenido (Johnson et al, 2001). La acumulación se produjo en una alta concentración de corrientes turbidíticos de una gran variedad de tipos de flujos pero dominados por flujos estables deflectivos (Johnson et al, 2001).

Esta facies tiene una correspondencia con las facies definidas por Bouma Tc, corresponde a la facies B1 de Pickering et al. (1986, 1989) y facies B de Mutti and Ricci Lucci (1972).



FOTOGRAFÍA: 21 y 22	FOTO DIGITAL: L035+020 A - NAC444+060	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Laminación Ondulada, sección Ladrilleros, Sublitorenita de grano muy fino a fino; laminación ondulosa discontinua, estructuras de desagüe. Sección Agua Clara. Facies Alo: Arenita laminada ondulosa		

Facies Alp: Arenita laminada planoparalela

Descripción: La facies Alp se compone de arenitas con laminación planoparalela, (Ver Fotografías 23 y 24), se presenta asociada a facies Am y Alo, en capas medias a gruesas esporádicos socavación y relleno (“scour y fill”), estructuras ball-and-pillow y estructuras de desagüe (dewatering). Los contactos en la base son netos y raramente irregulares, en capas medias a gruesas con geometría tabular, localmente lenticular y geometrías de canales.

Interpretación: La facies Alp es el producto de: a) deposición desde un inconstante flujo dominado por tracción, y/o B) deposición en un flujo de granos modificado bajo unas condiciones inconstantes de flujo. Sucesivas capas de flujos por tracción en carga de fondo (sedimentación por tracción tipo “carpet”, con un flujo de limite basal dominado por la interacción de granos y o acumulación impedida (Lawrence & Talling, 2006). La acumulación se produjo en una alta concentración de corrientes turbidíticas de una gran variedad de tipos de flujos pero dominados por flujos estables deflectivos (Johnson et al, 2001).

Esta facies tiene una correspondencia con las facies definidas por Bouma Tc, corresponde a la facies B1 de Pickering et al. (1986, 1989) y facies B de Mutti and Ricci Lucci (1972).



FOTOGRAFÍA: 23 y 24	FOTO DIGITAL: AC442+000 A - NL256+130	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Arenita con laminación planoparalela, Sección Agua Clara; laminación planoparalela, núcleo de la sección Ladrilleros. Facies Alp: Arenita laminada planoparalela.		

Facies Am: Arenita maciza

Descripción: La facies Am se compone de arenitas macizas (Ver Fotografías 25 y 26), localmente asociado con facies Ai de laminación planoparalela, y local socavación y relleno (scour y fill) y estructuras de desagüe (dewatering); presenta superficies de estratificación de bases netas a irregulares y topes netos. Las capas son medias a gruesas con geometría de canales rellenos y algunas hojas. Los fragmentos de madera son frecuentes.

Interpretación: La facies Am es interpretada como: a) acumulación por suspensión por caída de sedimentos desde una corriente permanente que es relativamente diluida y turbulenta en todas partes y/o b) una rápida acumulación de una corriente con relativamente alta concentración y en la cual el flujo basal limitante es dominado por interacción de granos y/o acumulación inhabilitada (Lawrence & Talling, 2006); la alta concentración de granos se produce por un rápido decrecimiento en el flujo al disminuir la pendiente en un régimen de flujo superior, suprimiendo el desarrollo de estructuras de tracción (Lowe, 1982).

La facies Am es acumulada mediante una alta concentración de corrientes de turbidez con flujos estables deflectivos e inestables (Johnson et al, 2001).

Esta facies tiene una correspondencia con las facies definidas por Bouma Ta. Facies B de Pickering et al. (1986, 1989) y facies B de Mutti and Ricci Lucci (1972).



FOTOGRAFÍA: 25 y 26	FOTO DIGITAL: AC328+000 A – NAC052+000	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Arenita maciza; Litoarenita de grano grueso maciza, Sección Agua Clara. Facies Am: Arenita maciza		

Facies Ai: Arenita con estratificación inclinada

Descripción: La facies Ai se compone de arenitas con estratificación inclinada (Ver Fotografías 27 y 28), localmente asociado con facies Am de arenita maciza, con ocasionales socavación y relleno (scour y fill) y estructuras de desagüe (dewatering); presenta superficies de estratificación de bases netas a irregulares y topes netos. Las capas son medias a gruesas con geometría de canales rellenos.

Interpretación: La facies Ai es interpretada como acumulación por suspensión por caída de sedimentos desde una corriente permanente que es relativamente diluida y turbulenta en todas partes, la alta concentración de granos se produce por un rápido decrecimiento en el flujo al disminuir la pendiente en un régimen de flujo superior, con producción de estructuras de tracción (Lowe, 1982).

Esta facies tiene una correspondencia con las facies definidas por Bouma Ta. Facies B de Pickering et al. (1986, 1989) y facies B de Mutti and Ricci Lucci (1972).



FOTOGRAFÍA: 27 y 28	FOTO DIGITAL: QM046+000 A – QM073+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Arenita con estratificación inclinada. Sección de Quebrada Malambo. Facies Ai: Arenita con estratificación inclinada.		

Facies ACg: Arenita conglomeráticas macizas de grano grueso homogéneo granodecrecientes

Descripción: La facies ACg incluye arenitas con gránulos, y arenitas de grano grueso y muy grueso. Se presentan en capas granodecrecientes medias a muy gruesas en la base con facies Cm, el grueso de la capa consta de las arenitas de grano grueso a muy grueso. Las arenitas son pobremente seleccionadas, (Ver Fotografías 29 y 30).

La amalgamación de capas individuales es muy común, formando paquetes de arenitas de hasta 50 metros de espesor. Los contactos entre capas son netos irregulares en la base y en ocasiones gradan hacia arriba y lateralmente a arenitas de grano fino de facies Am y Al.



FOTOGRAFÍA: 29 y 30	FOTO DIGITAL: AC053+000 A – QM003+050 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Arenita conglomerática en la sección Agua Clara; Arenita conglomerática en la sección Quebrada Malambo. Facies ACg: Arenita conglomeráticas macizas de grano grueso homogéneo granodecrecientes.		

Interpretación: Las características de la facies ACg en donde las capas homogéneas y con granodecrecimiento pasan verticalmente a facies Am y Al, son interpretadas como turbiditas, depositadas rápidamente desde corrientes de turbidez de alta densidad (Lowe, 1982). Los intraclastos son probablemente derivados de la erosión y colapso de márgenes de canal, depositados a una corta distancia del origen y fueron probablemente incorporados dentro del depósito en la misma corriente turbidítica que indujo el colapso de la pared del canal (Bruhn & Walker, 1997).

Facies Ci: conglomerado de intraclastos

Descripción: La facies Ci de conglomerados ricos en intraclastos generalmente caóticos, los contactos son netos y algunas veces irregulares, las capas son delgadas a gruesas en paquetes lenticulares por encima de 20 m de ancho. Son frecuentes los restos de madera y de escombros orgánicos (Ver Fotografías 31 y 32).

Interpretación: Depósitos de flujos “slurry” (sólidos y líquidos en suspensión) a deposición mas localizada de clastos rip-up.

Esta facies no parece tener una correspondencia con las facies definidas por Bouma. Corresponde a la Facies F de Pickering et al. (1986, 1989) y ninguna de las facies de Mutti and Ricci Lucci (1972).



FOTOGRAFÍA: 31 y 32	FOTO DIGITAL: NAC145+000 - L125+100 B	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Sublitoarenita con intraclastos de lodolita. Sección Agua clara. Facies Ci de conglomerado con intraclastos.		

Facies Cm: conglomerado macizo

Descripción: La facies Cm incluye conglomerados macizos (Ver Fotografías 33 y 34). Se presentan en capas granodecrecientes medias a muy gruesas junto con la facies ACg. Las capas gradadas están generalmente cubiertas por capas de arenita con estratificación maciza y planoparalela de la facies Am y Al.

Sucesiones granocrecientes son escasas. Los clastos generalmente hacen parte de de la base de las capas granodecrecientes. La amalgamación de capas individuales es muy común, formando paquetes de conglomerados de hasta treinta metros de espesor. Los contactos entre capas son netos irregulares en la base y en ocasiones gradan hacia arriba y lateralmente a arenitas de grano fino de facies ACg.

Interpretación: Esta facies es interpretadas como el producto acumulación de turbiditas, depositadas rápidamente desde corrientes de turbidez de alta densidad (Lowe, 1982). La ocurrencia de clastos de gran tamaño, sugiere que muchos clastos fueron soportados por efecto combinado de turbulencia fluida y presión dispersiva, resultado de colisión de granos (Lowe, 1982). Los grandes intraclastos fueron probablemente derivados de la erosión y colapso de capas infrayacentes lodosas (Bruhn & Walker, 1997).



FOTOGRAFÍA: 33 y 34	FOTO DIGITAL: AC372+100 A – NAC123+000	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Conglomerado macizo en la sección de Agua Clara. Facies Cm: conglomerado macizo.		

Facies S: Slump

Descripción: La facies S consta de sucesiones heterolíticas distorsionadas con cabalgamientos y fallas a escala de 20 a 50 cm. Los contactos son netos frecuentemente “scour” irregulares en capas muy gruesas con geometría lenticular, (Ver Fotografías 35 y 36).

Interpretación: La facies S se interpreta como “slump” en los canales de desborde y como acumulado sobre depósitos de levee (Johnson et al, 2001).

Esta facies no parece tener una correspondencia con las facies definidas por Bouma. Corresponde a la facies F de Pickering et al. (1986, 1989) y ninguna de las facies de Mutti and Ricci Lucci (1972).



FOTOGRAFÍA: 35 y 36	FOTO DIGITAL: L238+080 A – L256+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Fallas inversas en limolitas; Capa de arenita con estructura convoluta en la sección Ladrilleros. Facies S de slump.		

Facies C: Concreciones

Descripción: La facies C consta de niveles con concreciones calcáreas con contactos frecuentemente netos, en capas de arenitas amalgamadas en capas medias, lenticulares y limolitas lodosas. Muy ocasional presencia de *condrites*, (Ver Fotografías 37 y 38).

Interpretación: Esta facies es interpretada como de concreciones diagenéticas en periodos máxima sedimentación (Johnson et al, 2001).

Esta facies no parece tener una correspondencia con las facies definidas por Bouma. Corresponde a la facies F de Pickering et al. (1986, 1989) y ninguna de las facies de Mutti and Ricci Lucci (1972).



FOTOGRAFÍA: 37 y 38	FOTO DIGITAL: QM017+000 A – L321+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Concreción calcárea en capas de arenita, sección Quebrada Malambo; Concreción calcárea en capas de limolita. Sección Ladrilleros. Facies C de concreciones calcáreas.		

5.2.3 Asociación de Facies

Asociación de Facies 1: Depósitos Hemipelágicos en suspensión

Descripción: Esta asociación de facies comprende limolitas laminadas (**facies Fl**) hacia la base y arcillolitas y lodolitas macizas (**facies Fm**), ocasionalmente horizontes de concreciones (**facies C**). Estos depósitos son usualmente macizos o con laminación planoparalela, se presenta generalmente en sucesiones granocrecientes, formando paquetes de capas heterolíticas (**facies HF**). En las limolitas, se puede observar laminación ondulosa (**facies Fl**). La bioturbación es rara y consiste principalmente de *Condrites*.

Interpretación: Esta asociación de facies representa depósitos que se producen bajo corrientes turbidíticas de baja densidad en flujos no cohesivos (Haughton, 2006), Los sedimentos de grano fino representan deposición hemipelágica a partir de suspensión. Los horizontes con concreciones asociados con las arcillolitas son interpretados como la representación de condensación asociada con tasas mínimas de deposición clástica en la cuenca, generando diagénesis temprana en o cerca de la interfase sedimentos – agua (Raiswell, 1971). En las limolitas y facies heterolíticas, la presencia de laminación ondulada asociada indica deposición de corrientes de tracción débiles (Johnson et al, 2001). Estas facies son producto de corrientes de turbiditas diluidas en la parte distal de la cuenca (Johnson et al, 2001). Secciones dominadas por este tipo de deposición represente largos periodos de tasas de sedimentación lentas, seguidos por periodos de deposición heterolítica a partir de flujos diluidos de turbiditas (Johnson et al, 2001).

Asociación de Facies 2: Turbiditas estratificadas delgadas.

Descripción: Esta asociación de Facies consiste en alternancia de areniscas muy finas y limolitas que forman unidades heterolíticas interestratificadas (**facies HF y HA**). Las capas de areniscas muestran una variedad de estructuras, las secuencias tipo Bouma completas son raras, (Ver Figura 16). Icnofósiles son comunes e incluyen *Condrites*, *Skolithos*, *Ophiomorpha*, *Palaeophycus?*, *Thalasinoides* y madrigueras verticales y horizontales no determinadas. Las capas de arenita macizas (**facies Fm**) son menos frecuentes y gradan hacia el tope a limolitas. En algunos casos, la gradación es borrosa, el tope de las capas es neto con

división no aparente de facies Fm y Fl; estas capas son tabulares y pueden ser seguidas por más de 200 m. en los afloramientos de la sección de ladrilleros, (Ver Fotografías 39 y 40).

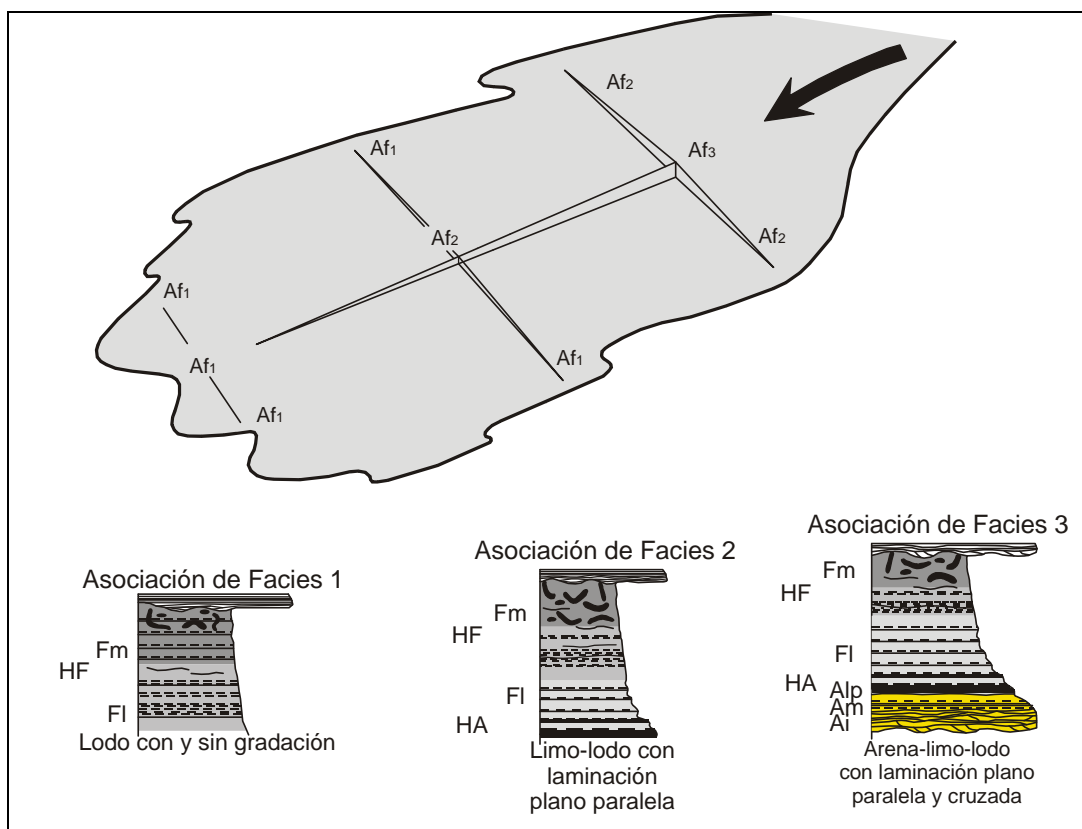


Figura 16. Diagrama esquemático de una turbidita lodosa, en el que se localizan las asociaciones faciales 1, 2 y 3, pendiente abajo y perpendicular a la pendiente. Modificado de Stow & Piper (1984).



FOTOGRAFÍA: 39 y 40	FOTO DIGITAL: L 332+000 A – L054+050 A	ACIMUT: 148° - 085°
DESCRIPCIÓN: Intercalación de facies Fm y Fl, gris oscura y gris clara; Intercalación de facies Fm y Fl en la Sección Ladrilleros. Sucesiones de asociación de facies 1 de depósitos hemipelágicos en suspensión.		

Esta asociación de Facies es comúnmente encontrada en paquetes mayores 5 metros de espesor que muestran una tendencia de aumento de espesor hacia el tope y granocreciente y menos comunes, paquetes que se adelgazan hacia el tope y son granodecrecientes y paquetes sin esta tendencia también pueden presentarse.

Interpretación: Esta asociación de facies representa deposición de corrientes de turbiditas desde baja a media densidad hasta alta concentración (Johnson et al, 2001). Las secuencias heterolíticas estratificadas delgadas representan los depósitos de corrientes de turbiditas de baja densidad, y las capas gruesas con secuencias tipo Bouma más completas representan los depósitos de corrientes de turbiditas de alta densidad (Johnson et al, 2001). La ausencia de secuencias completas tipo Bouma, es interpretada como un rasgo común de sucesiones de turbiditas en ambientes pobres de arenita (Lowe, 1982; Kneller & Branney, 1995) y localizados en la parte media del depósito, (Ver Figura 8, Fotografías 41 y 42) Estos depósitos son interpretados como flujos de corrientes fijas que decrecen en su energía (Kneller, 1995). Los ciclos de aumento de espesor hacia el tope indican un incremento en la fuerza o en el volumen de las corrientes de turbiditas en el tiempo (Johnson et al, 2001).

Las estructuras internas de capas de turbiditas reflejan deposición en una pequeña desaceleración de las corrientes turbulentas; esta deposición es relativamente rápida (horas o pocos días) en donde un relativamente grueso paquete de sedimentos puede ser acumulado en un intervalo corto de tiempo (Nelson et al., 1991).



FOTOGRAFÍA: 41 y 42	FOTO DIGITAL: AC456+020 A – L003+000 A	ACIMUT: Detalle - 153°
DESCRIPCIÓN: Intercalación de arenitas y lodolitas, sección Ladrilleros. Sucesiones de asociación de facies 2 de depósitos estratificados delgados.		

Asociación de Facies 3: Turbiditas estratificadas

Descripción: Esta asociación de facies se compone de sucesiones de arenitas macizas (**facies Am**) con esporádicas arenitas con estratificación inclinada (**facies Ai**) y facies finas al tope (**facies Fm y Fl**) con bases netas a erosivas que puede presentar estructuras de carga y deshidratación (dewatering), en un rango de espesor entre capas medias a gruesas, se presenta en sucesiones granodecrecientes. Internamente, las areniscas macizas pueden presentar intercalaciones delgadas de facies finas con laminación paralela difusa (**facies Fl**), clastos de detritos orgánicos caracterizados por fragmentos leñosos. Las partes superiores de las capas pueden contener raramente laminación ondulosa (**facies Fl**). Esporádica presencia de intraclastos lodosos y clastos flotantes (**facies Ci**).

Interpretación: La asociación de facies 3 de turbiditas estratificadas, es interpretada como altas concentraciones de granos que fluyen rápidamente sobre una pendiente y son depositados en régimen de flujo alto (Lowe, 1982). Un rápido decrecimiento en la velocidad del flujo resulta en abruptas acumulaciones de sedimentos con lo cual se suprime el desarrollo de estructuras de tracción o calibrado de los granos a la base (Johnson et al, 2001). La Intercalación de sedimentos finos sugieren deposición rápida de sedimentos de manera permanente a pulsos agradacionales (cf. Kneller & Branney, 1995). Capas con espesores medias a muy gruesas son comúnmente, formadas como resultado de la amalgamación de capas delgadas. Las estructuras internas de capas de turbiditas reflejan deposición en una pequeña desaceleración

de las corrientes turbulentas; esta deposición es relativamente rápida (horas o pocos días) en donde un relativamente grueso paquete de sedimentos puede ser acumulado en un intervalo corto de tiempo (Nelson et al., 1991) (Ver Fotografías 43 y 44).



FOTOGRAFÍA: 43 y 44	FOTO DIGITAL: QM078 - 079 A – AC082+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Sucesión granodecreciente. Sección Malambo; Sucesión granodecreciente. Sección Agua Clara. Sucesiones de asociación de facies 3 de depósitos estratificados.		

Asociación de facies 4: Flujos de escombros/slurry

Descripción: Esta asociación de facies presenta capas de arenitas macizas (**facies Am**) delgadas a medias, con bases netas y planas a irregulares y topes ondulados a netos (**facies Al**) que hacia la base de la secuencia se observan clastos subredondeados de shales (**facies Ci**), son comunes los fragmentos de vegetales y materia orgánica negra y principalmente asociados con la parte superior de las capas.

Interpretación: El pobre calibrado y la evidencia de clasto soportado en la base de las capas sugieren la erosión de capas anteriores. Esto es común en los casos de flujos de escombros en los cuales los clastos son soportados por la fuerza interna de la matriz y la flotabilidad de los clastos (Johnson et al, 2001). Esta asociación de facies ocurre como bolsones aislados de intraclastos asociado con periodos de socavamiento de espesas capas turbidíticas macizas tanto con geometría de canal y tabular (Johnson et al, 2001). Estos depósitos son interpretados como flujos de escombros o “slurry”, depositados en las colas de los flujos turbidíticos de alta densidad después de la rápida expulsión de agua y un incremento subsiguiente en la fuerza de la matriz (Johnson et al, 2001).

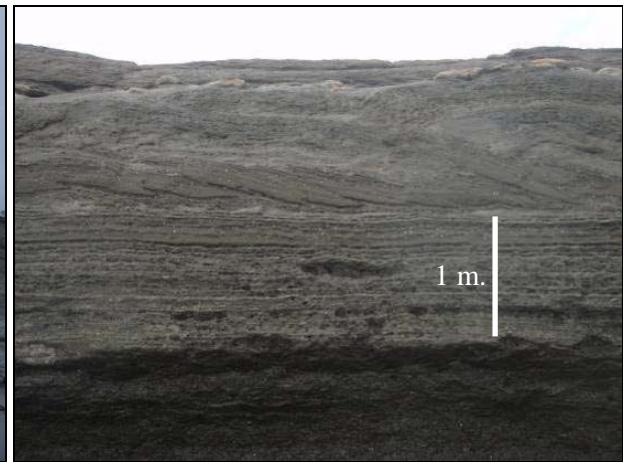
Asociación de facies 5: facies Slump

Descripción: Esta asociación de facies comprende alternancias de capas tabulares deformadas de arenita de grano muy fino a fino y limolitas (**facies S**). Las capas de arenita tienen bases netas planas a irregulares y contienen ondulitas y laminación planoparalela, pero son generalmente macizas. Esporádicas ocurrencias de intraclastos “rip-up” (intraclastos lodosos) son visibles en muchas de las capas de arenitas. Las limolitas generalmente exhiben laminación a escala milimétrica y la bioturbación está ausente. La deformación es expresada a pequeña escala, abierta, redondeada, pliegues con una apariencia dúctil y como fallas a pequeña escala con un sentido inverso de movimiento, (Ver Fotografía 45, 46, 47 y 48).

Interpretación: La deformación a pequeña escala asociada a fallas inversas y la apariencia dúctil de pliegues representa “slumping” localizados, de un paquete sedimentario semiconsolidado (Johnson et al, 2001).



FOTOGRAFÍA: 45 y 46	FOTO DIGITAL: L072+100 A - L072+000 B	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Capa de conglomerado con predominio de intraclastos lodosos Sección Ladrilleros. Sucesiones de asociación de facies 5 de depósitos de flujos de escombros.		



FOTOGRAFÍA: 47 y 48	FOTO DIGITAL: L131+000 A - L016-017A	ACIMUT: 175° - Detalle
DESCRIPCIÓN: Capa de conglomerado con predominio de intraclastos lodosos; Sucesiones de asociación de facies 5 de depósitos de flujos de escombros. Slump a pequeña escala, Sección Ladrilleros.		

Asociación de facies 6: Turbiditas Arenosas

Descripción: La asociación de facies turbiditas arenosas consiste de capas de arenita gradada macizas (**facies Am**), en capas delgadas a muy gruesas con intercalación de capas delgadas de lodolita (**facies Al**). Las capas tienen generalmente bases netas y granodecrecimiento hacia arriba con lentes de conglomerado macizos (**facies Cm**), arenitas de grano muy grueso a grueso hasta levemente conglomeráticas (**facies ACg**), macizas (**facies Am**) a la base, gradando a una arenita con estratificación planoparalela de grano medio a muy fino. Unas capas gradadas son cubiertas por laminación ondulosa (**Facies Al**).

Las sucesiones de la asociación de facies 6 tienen capas gruesas a muy gruesas, pueden gradar lateralmente o hacia arriba a asociación de facies 3 o ser cubierto de manera neta por sucesiones asociación de facies 7 o 3. La abundancia de arenitas estratificadas distingue la asociación de facies 6 de la 7, los clastos están concentrados en la base de las capas o puede estar ampliamente distribuido dentro de la capa (Ver Fotografías 49 y 50).

Interpretación: La asociación de facies 6 es interpretada como: a) la acumulación por suspensión desde una corriente menguante, la cual está relativamente diluida y turbulenta en todas partes. B) Una corriente con un flujo basal, dominado por interacción de granos (Lawrence & Talling, 2006).

La asociación de facies 6 es el producto de flujo de turbidez ricos en arenita, el grano fino en la arenita maciza y la presencia de laminación y laminación inclinada en la asociación de facies 6 sugiere que esta fue depositada por corrientes turbidíticas de más baja densidad que aquellas depositadas en la asociación de facies 7, una lenta desaceleración permitió el paso de sedimentos en suspensión a sedimentación por carga de fondo, seguido por sedimentación por tracción en la facies 6. Los intraclastos fueron probablemente derivados de la erosión y colapso de márgenes de canal, con muy poco transporte de los clastos (Bruhn & Walker, 1997).



FOTOGRAFÍA: 49 y 50	FOTO DIGITAL: AC333+100 A – AC486+000 A	ACIMUT: Detalle - 143°
DESCRIPCIÓN: Capas de arenita y arenita conglomerática en la Sección Agua Clara. Sucesiones arenitas de la Asociación de Facies 6 de Turbiditas Arenosas.		

Asociación de facies 7: Turbiditas conglomeráticas

Descripción: Esta asociación de facies presenta una sucesión granodecreciente de conglomerados macizos (**facies Cm**), arenitas conglomeráticas gradadas (**facies ACg**), y arenitas macizas (**facies Lm**). Se presentan en capas granodecrecientes medias a muy gruesas. Las capas gradadas están generalmente cubiertas por capas de arenita con estratificación planoparalela (**facies Al**) (Ver Fotografías 51 y 52).

Las sucesiones granocrecientes son escasas. Los clastos generalmente hacen parte de de la base de las capas granodecrecientes, el grueso de la capa consta de las arenitas de grano grueso a muy grueso maciza (**facies Am**). La amalgamación de capas individuales es muy común, formando paquetes de arenitas de hasta 30 m. de espesor. Los contactos entre capas son netos irregulares en la base y en ocasiones gradan hacia arriba y lateralmente a arenitas de grano fino de facies 2.

Interpretación: Las capas macizas y con granodecrecimiento de las **facies Cm, ACg y Am**, son interpretadas como turbiditas, depositadas rápidamente desde corrientes de turbidez de alta densidad (Lowe, 1982). La ocurrencia de clastos mayores a guijo, sugiere que muchos clastos fueron soportados por efecto combinado de turbulencia fluida y presión dispersiva, resultado de colisión de granos (Lowe, 1982). Los grandes intraclastos fueron probablemente derivados de la erosión y colapso de márgenes de canal y fueron depositados a una corta distancia del origen y fueron probablemente incorporados dentro del depósito en la misma corriente turbidítica que indujo el colapso de la pared del canal (Bruhn & Walker, 1997).



FOTOGRAFÍA: 51 y 52

FOTO DIGITAL: AC378-380 A – AC105-107 A

ACIMUT: Detalle - 264°

DESCRIPCIÓN: Capas de conglomerados sobre arenitas en la Sección Agua Clara. Sucesiones conglomerados de la Asociación de Facies 7 de Turbiditas conglomeráticas.

5.3 DESCRIPCIÓN DE SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS

El grado de bioturbación, esta referido en el Anexo 12A, Figura 7, desde capa regular (bioturbación 0) hasta deposito homogéneo (bioturbación 5).

5.3.1 Formación Condoto

Columna estratigráfica de Ladrilleros (Ver Figuras 17 y 18).

Descripción:

Segmento 1: Ubicado entre los metros 0 a 2,4 con un espesor de 2,4 metros, se observan capas delgadas a medias con forma tabular, de una arenita de grano fino regularmente estratificada (**facies HA**), con presencia de laminación paralela ondulosa continua (**facies Alo**) y cruzada en artesa hacia el tope (**facies Ai**). Color gris oscuro con buena porosidad, (Ver Fotografía 53). La composición es de una litoarenita. En las areniscas se encuentran restos foraminíferos e icnofósiles verticales y horizontales. Bioturbación predominante 2, en menor proporción 3.



FOTOGRAFÍA: 53

FOTO DIGITAL: L001+000 A

ACIMUT: 148°

DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 1.

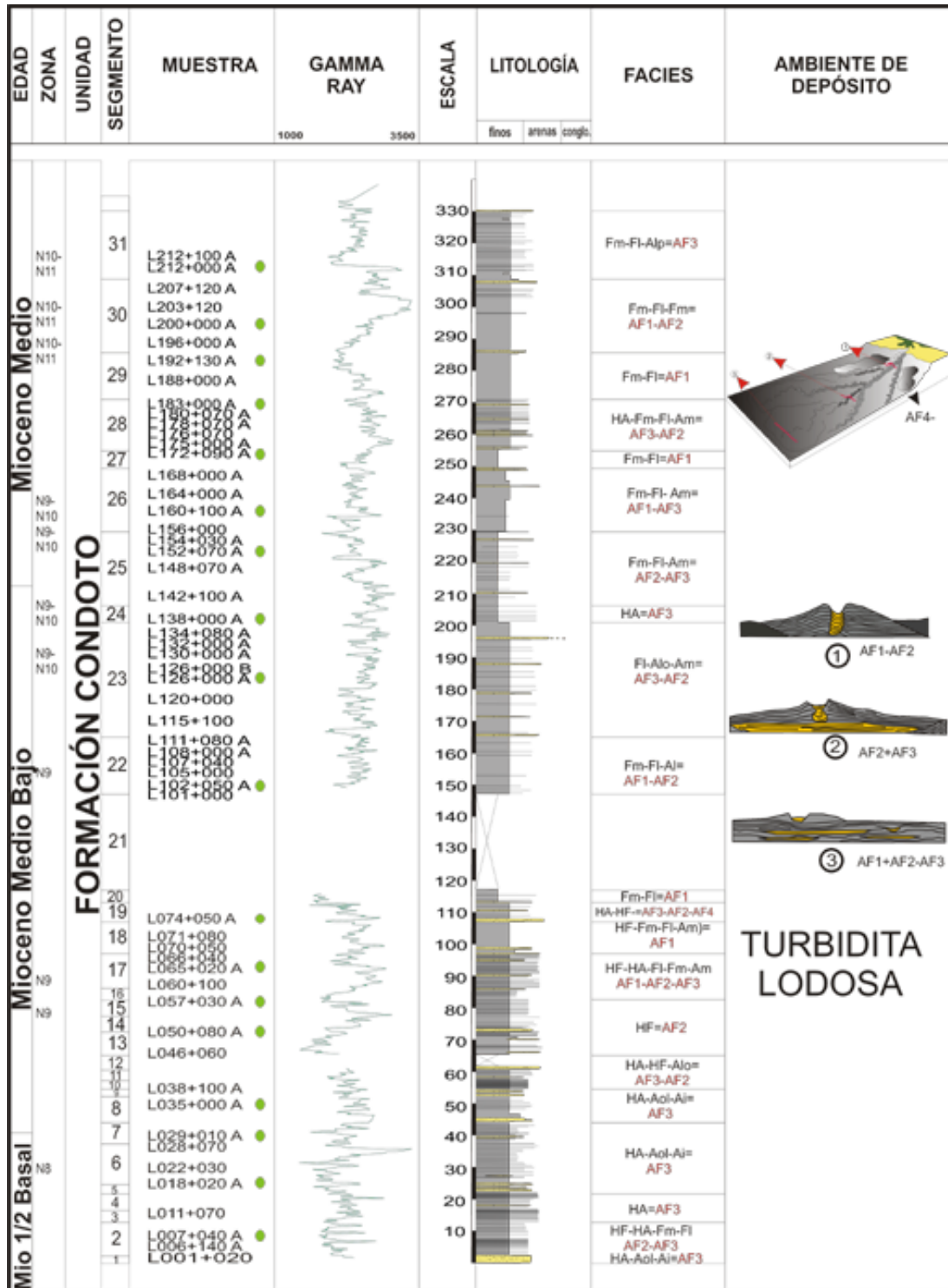


Figura 17. Sección estratigráfica de Ladrilleros (base).

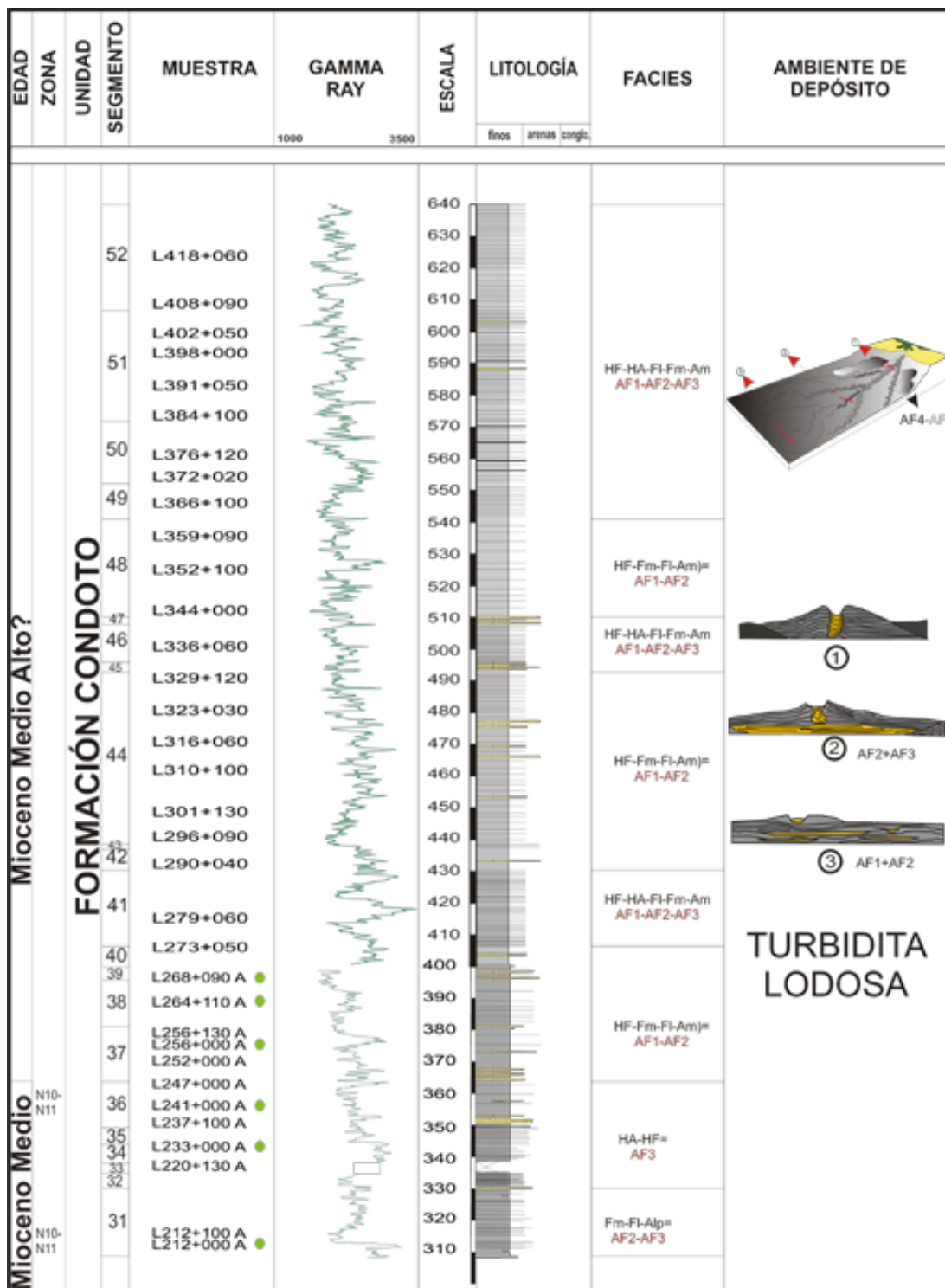


Figura 18. Sección estratigráfica de Ladrilleros parte inferior.

Segmento 2: Ubicado entre los metros 2,4 a 13,2 con un espesor de 10,8 metros, se observa una sucesión heterolítica granocreciente (**facies HF a HA**) de capas que varían de gruesas a muy delgadas de forma tabular, principalmente de lodolitas (**facies Fm**) hacia la base con presencia de laminación paralela ondulosa continua y ocasionalmente plana paralela continua (**facies FI**). Las arenitas son de grano muy

fino, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, porosidad predominante buena, (Ver Fotografía 54). La composición corresponde a una litoarenita. Notoria presencia de slump y fallas normales (**facies S**) En las capas de lodolitas se encuentran foraminíferos, fósiles en general, icnofósiles horizontales, verticales y en todas direcciones. Bioturbación entre 1 y 2.



FOTOGRAFÍA: 54	FOTO DIGITAL: L006+065 A	ACIMUT: 122°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 2.		

Segmento 3: Ubicado entre los metros 13,2 a 17 con un espesor de 3,8 metros, sucesión heterolítica de capas delgadas de forma tabular, principalmente de arenitas con presencia de laminación plana paralela continua (**facies HA**). Las arenitas son de grano medio, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, porosidad buena predominante. La composición corresponde a una litoarenita. En las capas de arenitas se encuentran condrites. Bioturbación 1, (Ver Fotografía 55).



FOTOGRAFÍA: 55	FOTO DIGITAL: L009+000 A	ACIMUT: 262°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 3.		

Segmento 4: Ubicado entre los metros 17 a 22,2 con un espesor de 5,2 metros, se observa una sucesión heterolítica granocreciente (**facies HF a HA**) de capas delgadas a medias de forma tabular, principalmente de arenitas con presencia de laminación no paralela ondulosa continua (**facies Alo**). Las arenitas varían de grano fino a medio, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca, (Ver fotografía 56). La composición corresponde a una litoarenita. Bioturbación de 1.



FOTOGRAFÍA: 56	FOTO DIGITAL: L011+000 A	ACIMUT: 008°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 4.		

Segmento 5: Ubicado entre los metros 22,2 a 24,8 con un espesor de 2,6 metros, se observa una sucesión heterolítica (**facies HF**) de capas medias de forma tabular, principalmente de arenitas con presencia de laminación paralela ondulosa continua y masiva, ocasionalmente plana paralela continua. Las arenitas son de grano fino a muy fino, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado ocasionalmente moderado, granos principalmente redondos variando a subangulares, porosidad predominante buena. La composición corresponde a una litoarenita. Bioturbación predominante 1 con variaciones 2 y 3.

Segmento 6: Ubicado entre los metros 24,8 a 37,7 con un espesor de 12,9 metros en donde se observa una sucesión heterolítica (**facies HF**) de capas que varían de muy delgadas a medias de forma tabular, principalmente de lodolitas con presencia de laminación (**facies Fl**) plana paralela continua, paralela ondulosa continua y ocasionalmente no paralela ondulosa continua y maciza (**facies Fm**). Las arenitas varían de grano medio a muy fino, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, porosidad predominante buena, (Ver Fotografía No. 57). La composición corresponde a una litoarenita. En las capas de lodolitas se encuentran foraminíferos, fósiles en general, icnofósiles horizontales y en todas direcciones, algunos lentes de arcillolitas. Bioturbación variando entre 1, 3, 4 y 5.

Segmento 7: Ubicado entre los metros 37,7 a 46,8 con un espesor de 9,1 metros, se observa una sucesión heterolítica (**facies HF**) de capas delgadas a medias de forma tabular, principalmente de arenitas al centro y lodolita en la parte inferior y superior, con presencia de laminación (**facies Fl**) no paralela ondulosa continua., plana paralela continua, y paralela ondulosa continua, (Ver Fotografía 58). Las arenitas varían de grano fino a medio, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca. La composición es de una litoarenita. En las lodolitas hay presencia de icnofósiles horizontales. Bioturbación predominante 3 con variaciones 2 y 1.



FOTOGRAFÍA: 57	FOTO DIGITAL: L022 – L024 A	ACIMUT: 194°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 6.		



FOTOGRAFÍA: 58	FOTO DIGITAL: L029+000 A	ACIMUT: 236°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 7.		

Segmento 8: Ubicado entre los metros 46,8 a 52,6 con un espesor de 5,8 metros, se observa una sucesión heterolítica de capas delgadas a medias de forma tabular, principalmente lodolitas y arcillolitas, con presencia de laminación no paralela ondulosa continua, y ocasionalmente paralela ondulosa continua. Las arenitas varían de grano fino a muy fino, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca. La composición es de una litoarenita, (Ver Fotografía 59). En las arenitas hay de icnofósiles horizontales y en las lodolitas icnofósiles en todas las direcciones. Bioturbación 1.

Segmento 9: Ubicado entre los metros 52,6 a 55 con un espesor de 2,4 metros, se observa una sucesión heterolítica de capas medias a delgadas de forma tabular, e igual proporción de arenitas y lodolitas (**facies HF y HA**) con presencia de laminación ondulosa no paralela continua. Las arenitas son de grano muy fino, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca, porosidad predominante buena, las arenitas son maduras. La composición es de una litoarenita (Ver Fotografía 60). Bioturbación predominante 1 y 4.



FOTOGRAFÍA: 59	FOTO DIGITAL: L034+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 8.		



FOTOGRAFÍA: 60	FOTO DIGITAL: L034 – L036 A	ACIMUT: 183°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 9.		

Segmento 10: Ubicado entre los metros 55 a 57,8 con un espesor de 2,9 metros, se observa una sucesión heterolítica de capas delgadas a medias de forma tabular, principalmente de arenitas (**facies HA**) con presencia de laminación no paralela ondulosa continua (*Ver Fotografía 61*). Las arenitas son de grano medio, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca, porosidad predominante buena. La composición es de una litoarenita. Bioturbación 1 y 4.

Segmento 11: Ubicado entre los metros 57,8 a 61,2 con espesor de 3,3 metros, se observa una sucesión heterolítica de capas delgadas a medias de forma tabular, principalmente de lodolitas (**facies HF**) con presencia de laminación plana paralela continua, paralela ondulosa continua y no paralela ondulosa continua. Las arenitas varían de grano fino a muy fino, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado y buena porosidad. La composición es una litoarenita (*Ver Fotografía 62*). Bioturbación 2 con variaciones a 3.



FOTOGRAFÍA: 61	FOTO DIGITAL: L039+000 A	ACIMUT: 356°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 10.		



FOTOGRAFÍA: 62	FOTO DIGITAL: L039 – L041B	ACIMUT: 006°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 11.		

Segmento 12: Ubicado entre los metros 61,2 a 65,7 con un espesor de 4,5 metros, segmento principalmente cubierto, aflorando entre los metros 61,2 a 62 con un espesor de 0,8 metros, allí se observan capas tabulares, de arenita de grano medio, con presencia de laminación paralela ondulosa continua y no paralela ondulosa continua (**facies A1o**). Color gris oscuro, buena porosidad (*Ver Fotografía 63*). La composición es de una litoarenita. Bioturbación 2.

Segmento 13: Ubicado entre los metros 65,7 a 73,1 con un espesor de 7,4 metros. Sucesión heterolítica (**facies HF**) de capas que varían de delgadas a medias, tabulares, principalmente lodolitas con laminación plana paralela continua, paralela ondulosa continua, no paralela ondulosa continua y ocasionalmente maciza. Las arenitas varían de grano medio a fino y se presentan ocasionalmente como lentes, el segmento

es de color gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, granos redondos, porosidad muy buena. La composición es de una litoarenita. Bioturbación predominante 2 con variación a 1.



FOTOGRAFÍA: 63	FOTO DIGITAL: L044+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 12.		

Segmento 14: Ubicado entre los metros 73,1 a 78,3 con un espesor de 5,2 metros. Sucesión heterolítica de capas medias de forma tabular, hacia la base predominan las arenas con laminación casi ondulosa pero en general predominan las lodolitas (**facies HF**) con laminación ondulosa paralela continua. Las arenitas son de grano fino, el segmento es de color gris oscuro, roca fresca con buen calibrado, granos redondeados, porosidad regular, las arenitas son maduras. La composición es de una litoarenita. Dentro de las lodolitas se encuentran icnofósiles en general. Bioturbación predominante 3 con variaciones a 2.

Segmento 15: Ubicado entre los metros 78,3 a 83,3 con un espesor de 5 metros. Sucesión heterolítica de capas gruesas de forma tabular, principalmente lodolitas (**facies HF**) con laminación plana paralela continua, ondulada paralela continua, no paralela ondulada continua. Arenitas de grano medio, segmento de color gris oscuro, la roca es madura (*Ver Fotografías 64 y 65*). En las lodolitas se encuentran restos de fósiles en general, icnofósiles verticales y horizontales. Bioturbación 3.



FOTOGRAFÍA: 64 y 65	FOTO DIGITAL: L054+050 A – L056+000 A	ACIMUT: 075° - 008°
DESCRIPCIÓN: Afloramientos del segmento 15.		

Segmento 16: Ubicado entre los metros 83,3 a 86,6 con un espesor de 3,3 metros, se observa sucesión heterolítica de capas delgadas a medias de forma tabular, principalmente de lodolitas (**facies HF**) con presencia de laminación plana paralela continua y paralela ondulosa continua (**facies FI**). Las arenitas son

de grano muy fino (*Ver Fotografía 66*). En las capas de lodolitas se encuentran icnofósiles verticales, horizontales y en todas las direcciones. Bioturbación 3 con variaciones a 2.



FOTOGRAFÍA: 66	FOTO DIGITAL: L058+050 A	ACIMUT: 010°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 16.		

Segmento 17: Ubicado entre los metros 86,6 a 97,9 con un espesor de 11,3 metros, se observan capas medias a gruesas con forma tabular, de sucesión heterolítica principalmente lodolitas con menor proporción de limolitas (**facies HF**) que presentan estructuras paralelas onduladas continuas, y en menor proporción plana paralela continua (**facies FI**), calcos de carga, estructuras en llama y macizas (**facies Fm**), (*Ver Fotografías 67 y 68*). Las arenitas macizas (**facies Am**) varían de grano medio a muy fino, color gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, granos redondeados con buena porosidad, roca madura. La composición es de una litoarenita. Bioturbación predominante 2 y en menor proporción 3.



FOTOGRAFÍA: 67 y 68	FOTO DIGITAL: L062 – L064 A – L063+000 A	ACIMUT: 137° - Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 17.		

Segmento 18: Ubicado entre los metros 97,9 a 108,9 con un espesor de 11 metros, se observan capas delgadas con forma tabular, principalmente de lodolitas y limolitas (**facies HF**), con presencia de laminación ondulosa paralela continua (**facies FI**) y maciza (**facies Fm**) y esporádicamente capas irregulares de arenitas macizas (**facies Am**), de grano fino, color gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, granos redondeados con porosidad predominante buena, la roca es madura con variaciones a

submadura, (Ver Fotografía 69). En las capas de limolitas, se encuentran restos de icnofósiles en general y en la capas de lodolitas restos de bivalvos. Bioturbación predominante 2 y en menor proporción 3.



FOTOGRAFÍA: 69	FOTO DIGITAL: L070 – L072 A	ACIMUT: 054°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 18.		

Segmento 19: Ubicado entre los metros 108,9 a 114,3 con un espesor de 5,4 metros, se observan capas delgadas a gruesas de forma tabular, principalmente lodolitas (**facies Fm, Fl y HF**) y en menor proporción (**facies HA**) arenitas con laminación plana paralela continua (**facies Alp**), ocasionales intraclastos lodosos tamaño guijo (Ver Fotografía 70). Las arenitas varían de tamaño de grano medio a fino, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca, pobre calibrado, granos subredondeados, buena porosidad, roca inmadura. Composición cuarzo (50%) y fragmentos líticos (45%) corresponde a una sublitoarenita. En las capas de arenitas se encuentran icnofósiles verticales horizontales. Bioturbación 2 con variaciones a 3.



FOTOGRAFÍA: 70	FOTO DIGITAL: L073 – L074 A	ACIMUT: 357°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 19.		

Segmento 20: Ubicado entre los metros 114,3 a 118,2 con un espesor de 3,9 metros, se observan capas delgadas con forma ondulada, de lodolita (**facies Fly Fm**) y esporádicamente capas delgadas de arenitas de grano medio. La roca está fresca. En las capas de lodolitas se encuentran restos fósiles en general fragmentados y condrites. Bioturbación 3.

Segmento 21: Ubicado entre los metros 118,2 a 148,5 con un espesor de 30,3 metros, segmento cubierto sin afloramientos visibles.

Segmento 22: Ubicado entre los metros 148,5 a 167 con un espesor de 18,5 metros, se observan capas medias a delgadas con forma tabular, de lodolitas, limolitas y arcillolitas, con presencia de laminación plana paralela, ondulada paralela continua (**facies F1**) y ocasionalmente maciza (**facies Fm**), se presentan ocasionalmente capas delgadas de arenitas macizas (**facies Am**), de grano medio a muy fino, color gris y ocasionalmente café amarillo, roca fresca con buen calibrado, porosidad predominante buena, la roca es submadura (*Ver Fotografías 71 y 72*). La composición corresponde a una sublitoarenita. En las lodolitas se encuentran icnofósiles verticales, horizontales y en todas las direcciones, foraminíferos y fósiles en general. Bioturbación 3 con variaciones a 2 y 4.



FOTOGRAFÍA: 71 y 72	FOTO DIGITAL: L100+050 A – L107+000 A	ACIMUT: Detalle - 065°
DESCRIPCIÓN: Afloramientos del segmento 22.		

Segmento 23: Ubicado entre los metros 167 a 203 con un espesor de 36 metros, se observan capas gruesas a delgadas forma ondulosa, lenticular y acanalada, de interestratificación de lodolitas, arcillolitas y limolitas principalmente (*Ver Fotografías 73 y 74*), con laminación ondulosa paralela (**facies F1**) continua y ocasionalmente paralela ondulosa discontinua y no paralela ondulosa continua y arenitas de grano fino a grueso, con presencia de laminación paralela ondulosa continua (**facies Alo**), y maciza (**facies Am**).



FOTOGRAFÍA: 73 y 74	FOTO DIGITAL: L125+100A - L125+000A	ACIMUT: Detalle - 344°
DESCRIPCIÓN: Afloramientos del segmento 23.		

Segmento de color gris con variación a gris oscuro y café claro y oscuro, roca fresca con buen calibrado, granos subredondeados, buena porosidad variando a regular, la roca es submadura. La composición

corresponden principalmente a litoarenita y en menor grado sublitoarenita. En las capas de lodolitas se encuentran restos de peces, fósiles en general y foraminíferos, icnofósiles en general, en todas las direcciones. Bioturbación 3 con variaciones a 2 y 4.

Segmento 24: Ubicado entre los metros 203 a 208,2 con un espesor de 5,2 metros, capas medias a delgadas de lodolita, laminación ondulosa paralela continua (**facies F1**), restos foraminíferos. En menor proporción capas de arenita maciza (**facies Am**) (Ver Fotografía 75), de grano fino, roca fresca con buen calibrado, granos subangulares, porosidad entre pobre y regular. Bioturbación 4.



FOTOGRAFÍA: 75	FOTO DIGITAL: L138+000 A	ACIMUT: 289°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 24.		

Segmento 25: Ubicado entre los metros 208,2 a 231,8 con un espesor de 23,6 metros, se observan capas medias a delgadas con forma acanalada, lenticular, acuñaada y ondulosa, de intercalaciones de lodolitas, limolitas y arcillolitas, con laminación no paralela ondulosa continua, ondulosa paralela continua (**facies F1**) y maciza (**facies Fm**), ocasionalmente paralela ondulosa discontinua (Ver Fotografía 76).



FOTOGRAFÍA: 76	FOTO DIGITAL: L149+050 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 25.		

Se presentan algunas capas de arena maciza de grano muy fino (**facies Am**), el segmento es de color gris con variaciones a gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, porosidad entre pobre a regular. La

composición corresponde a una litoarenita feldespática. En las lodolitas se encuentran icnofósiles verticales, horizontales y en todas las direcciones, foraminíferos y fósiles en general. Bioturbación 4.

Segmento 26: Ubicado entre los metros 231,8 a 252,2 con un espesor de 20,4 metros, se observan capas con forma tabular y hacia el tope acuada, de intercalaciones de arcillolitas y lodolitas con presencia de laminación plana paralela discontinua, ondulosa paralela continua y discontinua (**facies F1**) y algunas capas macizas (**facies Fm**), en menor proporción capas de arenitas (**facies Am**). Las arenitas varían de grano medio a muy fino, con calibrado moderado, granos subangulares, con buena porosidad, la roca es submadura. La composición corresponde a una litoarenita. En las lodolitas y arcillolitas se encuentran restos de bivalvos, gasterópodos, fósiles en general e icnofósiles en todas las direcciones (*Ver Fotografía 77*). Bioturbación predominante 4 con variaciones a 5.



FOTOGRAFÍA: 77	FOTO DIGITAL: L160+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 26.		

Segmento 27: Ubicado entre los metros 252,2 a 258,8 con un espesor de 6,6 metros, se observan capas macizas de lodolita calcárea (**facies Fm**) con laminación ondulosa paralela continua, ondulosa paralela discontinua, y plana paralela discontinua (**facies F1**). La roca está fresca, de color gris, se encuentran restos de icnofósiles en general y foraminíferos (*Ver Fotografía 78*). Bioturbación entre 3 y 4.



FOTOGRAFÍA: 78	FOTO DIGITAL: L170+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 27.		

Segmento 28: Ubicado entre los metros 258,8 a 273,8 con un espesor de 15 metros, se observan capas medias a delgadas con forma tabular a subangular, de una intercalación principalmente de lodolitas

calcáreas, con presencia de laminación ondulosa paralela continua (**facies Fl**), maciza (**facies Fm**) y plana paralela discontinua se presentan en menor proporción capas de arena maciza (**facies Am y HA**) de granos finos a muy finos, el segmento es de color gris con variaciones a gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, granos subangulares, con porosidad buena. La roca es submadura (*Ver Fotografía 79*). La composición corresponde a una litoarenita. En las capas de lodolitas se encuentran icnofósiles en general, foraminíferos y fósiles en general. Bioturbación 3 con variaciones a 5.



FOTOGRAFÍA: 79	FOTO DIGITAL: L182+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 28.		

Segmento 29: Ubicado entre los metros 273,8 a 288,4 con un espesor de 14,5 metros en donde se observan capas gruesas a medias de forma tabular de una lodolita con laminación ondulosa paralela continua (**facies Fl**) y en algunas ocasiones maciza (**facies Fm**) y en menor proporción una limolita. La roca está fresca, de color gris claro, se encuentran restos de icnofósiles en general, verticales y horizontales, foraminíferos y bivalvos (*Ver Fotografía 80*). Bioturbación entre 4 y 5.



FOTOGRAFÍA: 80	FOTO DIGITAL: L185 - L188 A	ACIMUT: 040°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 29.		

Segmento 30: Ubicado entre los metros 288,4 a 312 con un espesor de 23,6 metros en donde se observan capas gruesas a medias con forma tabular y hacia el tope acuñada, de una lodolita con presencia de

laminación plana paralela continua (**facies Fl**) y en menor proporción capas de arenitas (**facies Am**) de grano fino a muy fino, color del segmento gris oscuro con variaciones a gris claro, la roca está fresca, las arenitas presentan un calibrado bueno, granos subredondeados, con porosidad buena. La composición corresponde a una litoarenita. En las capas de lodolitas se encuentran restos de bivalvos, fósiles en general e icnofósiles verticales, horizontales y en todas las direcciones y foraminíferos (*Ver Fotografías 81 y 82*). Bioturbación de 4.



FOTOGRAFÍA: 81 y 82	FOTO DIGITAL: L211+030 A – L223+000 A	ACIMUT: Detalle - 101°
DESCRIPCIÓN: Afloramientos del segmento 30.		

Segmento 31: Ubicado entre los metros 312 a 334,6 con un espesor de 22,6 metros donde se observan capas medias a delgadas con forma subtabular principalmente y en algunas ocasiones tabular, de una lodolita intercalada con arcillolitas, con presencia de laminación plana paralela (**facies Fl**), paralela ondulosa continua, macizas (**facies Fm**) y algunas capas plana paralela discontinua, plana no paralela discontinua de arenitas (**facies Alp**). Las arenitas varían de grano fino a muy fino, color gris oscuro, la roca es fresca con buen calibrado, granos subredondeados con porosidad predominante buena, la roca es madura con variaciones a submaduras (*Ver Fotografía 83*). La composición corresponden principalmente a litoarenita y en menor grado sublitoarenita. En las capas de lodolitas se encuentran restos de *condrites*, icnofósiles en todas las direcciones, fósiles en general, foraminíferos, marcas de objetos y estructura de nutrición (*fodinichnia*). Bioturbación 3.



FOTOGRAFÍA: 83	FOTO DIGITAL: L225+000 A	ACIMUT: 092°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 31.		

Segmento 32: Ubicado entre los metros 334,6 a 338,7 con un espesor de 4,1 metros, se observa secuencia de lodolitas (**facies HF y HA**) y arenitas intercaladas con capas de arenitas medias con forma tabular, las arenitas son de grano muy fino, el segmento se caracteriza por presentar laminación paralela ondulada

continua y no paralela ondulosa continua, (*Ver Fotografía 84*). El segmento presenta color gris claro, la roca es fresca con buen calibrado, granos subredondeados con porosidad predominante buena, la roca es madura. La composición corresponde principalmente a litoarenita feldespática. En las capas de lodolitas se encuentran restos icnofósiles en general y foraminíferos. Bioturbación 4.



FOTOGRAFÍA: 84	FOTO DIGITAL: L229+000 A	ACIMUT: 110°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 32.		

Segmento 33: Ubicado entre los metros 338,7 a 342,2 con espesor de 3,5 metros, segmento cubierto sin afloramientos visibles.

Segmento 34: Ubicado entre los metros 342,2 a 347,8 con espesor de 5,6 metros, se observa secuencia de lodolitas y arenitas (**facies HF y HA**) intercaladas en forma tabular (*Ver Fotografía 85*), las arenitas son de grano fino a muy fino, el segmento se caracteriza por presentar laminación paralela ondulada continua y plana paralela continua. El segmento presenta color gris claro, la roca es fresca con buen calibrado, porosidad regular, la roca es madura. La composición corresponde principalmente a litoarenita feldespática. En las capas de lodolitas se encuentran restos icnofósiles en general, verticales y horizontales, fósiles en general, restos de peces, *pellets* y foraminíferos. La bioturbación es 3 con variaciones al tope 4.



FOTOGRAFÍA: 85	FOTO DIGITAL: L236+090 A	ACIMUT: 064°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 34.		

Segmento 35: Ubicado entre los metros 347,8 a 353,3 con espesor de 5,5 metros, se observa secuencia de lodolitas y arenitas intercaladas (**facies HF y HA**) en forma tabular, muy bien estratificadas y delgadas, las arenitas son de grano medio a fino, el segmento se caracteriza por presentar laminación paralela ondulada continua y no paralela ondulosa continua. Deformación por fallas normales a nivel centimétrico (*Ver*

Fotografía 86). En las capas de lodolitas se encuentran restos icnofósiles en general, restos de peces, *pellets* y foraminíferos. Bioturbación 4.



FOTOGRAFÍA: 86	FOTO DIGITAL: L238+080 A	ACIMUT: <i>Detalle</i>
DESCRIPCIÓN: <i>Afloramiento del segmento 35.</i>		

Segmento 36: Ubicado entre los metros 353,3 a 368,1 con espesor de 14,8 metros, se observan capas medias a delgadas con forma tabular (*Ver Fotografía 87*) de una intercalación de lodolitas y arenitas donde prevalecen las lodolitas (**facies HA – HF**) con laminación paralela ondulosa continua y ocasionalmente laminación plana paralela continua. Las arenitas varían de grano fino a muy fino, color gris claro y ocasionalmente gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, porosidad predominante buena. La composición corresponde principalmente a litoarenita. En las capas de lodolitas se encuentran restos de icnofósiles en todas las direcciones, foraminíferos y fósiles en general. La bioturbación varía entre 3 y 4.



FOTOGRAFÍA: 87	FOTO DIGITAL: L251 – L252 A	ACIMUT: 055°
DESCRIPCIÓN: <i>Afloramiento del segmento 36.</i>		

Segmento 37: Ubicado entre los metros 368,1 a 385,5 con espesor de 17,4 metros, se observan capas granodecrecientes muy gruesas a delgadas con forma tabular bien estratificadas y una intercalación de arenitas, lodolitas y arcillolitas con presencia de laminación plana paralela continua y paralela ondulosa continua (**facies Alp**). Las arenitas varían de grano medio a muy fino, color gris claro y ocasionalmente gris oscuro, localmente se observan capas con estratificación convoluta (*Ver Fotografía 88*). La roca está fresca con buen calibrado con variaciones a muy bueno, porosidad predominante buena con variaciones a muy buena, la roca es madura. La composición corresponden principalmente a litoarenita y en menor grado

sublitoarenita. En las capas de lodolitas se encuentran restos de peces, fósiles en general, foraminíferos, icnofósiles en todas las direcciones y *thalasinoides*. La bioturbación predominante es 4 con variaciones a 5.



FOTOGRAFÍA: 88	FOTO DIGITAL: L256+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 37.		

Segmento 38: Ubicado entre los metros 385,5 a 400,7 con espesor de 15,2 metros, se observa secuencia de lodolitas y arenitas intercaladas con forma lenticular, las arenitas son de grano fino a muy fino, el segmento se caracteriza por presentar laminación paralela ondulada continua (**facies HA**) y plana paralela continua (Ver Fotografía 89). El segmento presenta color gris claro. En las capas de lodolitas se encuentran restos icnofósiles en general y en todas las direcciones, fósiles en general, *pellets* y foraminíferos. La bioturbación es 4.



FOTOGRAFÍA: 89	FOTO DIGITAL: L258 – L263 A	ACIMUT: 040°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 38.		

Segmento 39: Ubicado entre los metros 400,7 a 405 con espesor de 4,3 metros, se observan capas muy gruesas a muy delgadas con forma lenticular (**facies Alo**), de una intercalación de arenitas, lodolitas y arcillolitas, con presencia de laminación paralela ondulosa continua, (Ver Fotografía 90). Las arenitas varían de grano medio a fino, color gris claro, la roca está fresca con buen calibrado, granos redondeados, con porosidad predominante buena, la roca es submadura. La composición corresponde a una litoarenita. En las capas de lodolitas se encuentran restos fósiles en general, icnofósiles en todas las direcciones y nódulos lodolíticos.



FOTOGRAFÍA: 90	FOTO DIGITAL: L268 – L270 A	ACIMUT: 156°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 39.		

Segmento 40: Ubicado entre los metros 405 a 411,3 con espesor de 6,3 metros, se observan capas delgadas a muy delgadas con forma tabular de lodolitas silíceas con capas delgadas de arenitas de grano muy fino, bien estratificadas (**facies F1**), con presencia de laminación no paralela continua y paralela continua hacia el tope (Ver Fotografía 91). Color gris claro con porosidad buena. En las capas de lodolitas se encuentran fósiles en general, restos de peces e icnofósiles verticales. La bioturbación predominante es 2 y en menor proporción 3 hacia el tope.



FOTOGRAFÍA: 91	FOTO DIGITAL: L273+000 A	ACIMUT: 048°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 40.		

Segmento 41: Ubicado entre los metros 411,3 a 435,3 con espesor de 24 metros, se observa sucesión heterolítica de capas que varían de medias a delgadas de forma tabular, principalmente de lodolitas hacia la base con presencia de laminación paralela continua y hacia el tope plana paralela discontinua (**facies HF**), ondulosa discontinua y plana no paralela discontinua (Ver fotografía 92). Las arenitas son de grano muy fino, el segmento es de color gris medio, la roca está fresca con buen calibrado, porosidad predominante buena. La composición corresponde principalmente a litoarenitas. En las capas de lodolitas se encuentran foraminíferos, fósiles en general, icnofósiles en todas las direcciones. La bioturbación varía entre 3 y 4.



FOTOGRAFÍA: 92	FOTO DIGITAL: L270 – L275 B	ACIMUT: 203°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 41.		

Segmento 42: Ubicado entre los metros 435,3 a 442 con espesor de 6,7 metros, se observa sucesión de capas medias a gruesas de forma tabular (**facies F1**), principalmente de lodolitas calcáreas, masivas con presencia de laminación plana no paralela discontinua (Ver fotografía 93). La arenita es de grano fino a medio, el segmento es de color gris medio, la roca está fresca con buen calibrado, porosidad predominante buena. La composición corresponde principalmente a litoarenita. En la capa de arenita se presenta gradación normal y en las lodolitas se encuentran fósiles en general, fragmentos de peces e icnofósiles en general. Bioturbación 3.



FOTOGRAFÍA: 93	FOTO DIGITAL: L288 – L291+020 A	ACIMUT: 290°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 42.		

Segmento 43: Ubicado entre los metros 442 a 443,5 con espesor de 1,5 metros, se observa intercalación de capas delgadas a medias de forma tabular a subtabular de lodolitas calcáreas y arenitas con presencia de laminación no paralela y ondulosa discontinuas (**facies F1**). Las arenitas son de grano medio, el segmento es de color gris medio, la roca está fresca, (Ver Fotografía 94). La composición corresponde principalmente a litoarenita. La bioturbación es 4.



FOTOGRAFÍA: 94	FOTO DIGITAL: L295+030 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 43.		

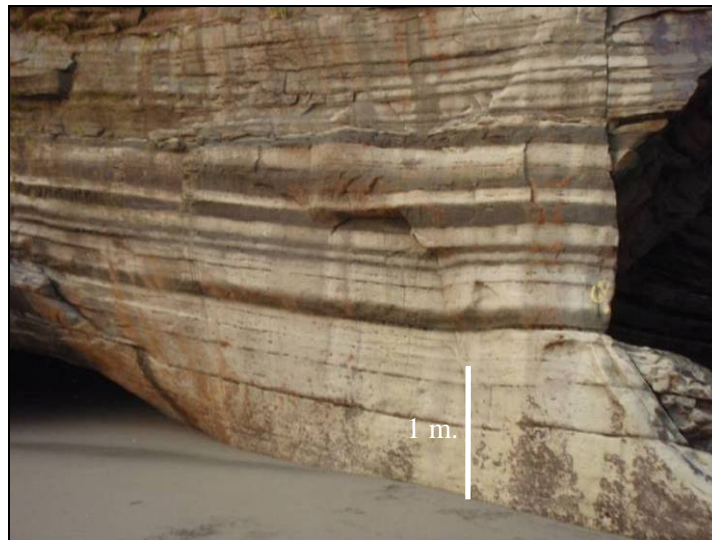
Segmento 44: Ubicado entre los metros 443,5 a 497,7 con espesor de 54,2 metros, se observa sucesión heterolítica de capas medias a gruesas de forma tabular, principalmente de lodolitas masivas (**facies Ha**). Las arenitas son principalmente de grano muy fino con algunas capas de grano fino y medio con presencia de laminación paralela ondulosa discontinua y plana paralela discontinua (**facies Alo**) (Ver Fotografía 95), ocasionalmente plana no paralela continua, el segmento es de color gris medio, la roca está fresca con buen calibrado ocasionalmente moderado, granos principalmente subredondeados a subangulares, porosidad predominante buena. La composición corresponde principalmente a litoarenita. La bioturbación predominante es 4 con variaciones a 3.



FOTOGRAFÍA: 95	FOTO DIGITAL: L301+100 – 306 A	ACIMUT: 100°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 44.		

Segmento 45: Ubicado entre los metros 497,7 a 500,8 con espesor de 3,1 metros, se observa intercalación heterolítica de capas que varían de delgadas a medias de forma tabular, de lodolitas macizas con laminación plana paralela continua (**facies HA**). Las arenitas son principalmente de grano muy fino y ocasionalmente medio con gradación normal, (Ver Fotografía 96), el segmento es de color café claro - oscuro, la roca está

fresca con buen calibrado, porosidad predominante buena. La composición corresponde principalmente a litoarenita. La bioturbación predominante es 4.



FOTOGRAFÍA: 96	FOTO DIGITAL: L 332+000 A	ACIMUT: 148°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 45.		

Segmento 46: Ubicado entre los metros 500,8 a 513 con espesor de 12,2 metros, se observa sucesión de capas medias a gruesas de forma tabular, principalmente de lodolitas macizas y arenitas muy delgadas a láminas, con presencia de laminación no paralela continua (**facies Alo**). Las arenitas son principalmente de grano muy fino, el segmento es de color gris medio, la roca está fresca, corresponden principalmente a litoarenitas, (Ver Fotografía 97). En las lodolitas hay presencia de foraminíferos, fósiles en general, fragmentos de peces; icnofósiles horizontales, verticales e inclinados. La bioturbación predominante es 3.



FOTOGRAFÍA: 97	FOTO DIGITAL: L336 – L338 A	ACIMUT: 097°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 46.		

Segmento 47: Ubicado entre los metros 513 a 516 con espesor de 3,0 metros, se observa intercalación en capas medias a delgadas de forma tabular, principalmente de lodolitas macizas y arenitas delgadas (**facies Fm - Alp**), con presencia de laminación paralela continua, (Ver Fotografía 98). Las arenitas son principalmente de grano medio con arenitas muy finas al medio, el segmento es de color gris medio, la roca

está fresca. La composición corresponde principalmente a litoarenita. En las lodolitas hay presencia de foraminíferos y fragmentos de peces. La bioturbación predominante es 4.



FOTOGRAFÍA: 98	FOTO DIGITAL: L343 – L344 A	ACIMUT: 127°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 47.		

Segmento 48: Ubicado entre los metros 516 a 546 con espesor de 30 metros, se observa sucesión de capas gruesas a medias de forma tabular, principalmente de lodolitas macizas y arenitas muy delgadas a láminas (**facies Fl - Alp**), con presencia de laminación no paralela continua. Las arenitas son principalmente de grano muy fino, el segmento es de color gris medio, la roca está fresca, corresponde principalmente a litoarenita, (Ver Fotografía 99). En las lodolitas hay presencia de foraminíferos, fósiles en general, fragmentos de peces; icnofósiles horizontales, verticales e inclinados. La bioturbación predominante es 3.



FOTOGRAFÍA: 99	FOTO DIGITAL: L346+040 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 48.		

Segmento 49: Ubicado entre los metros 546 a 557 con espesor de 11 metros, se observa sucesión de capas medias a gruesas de forma tabular, principalmente de lodolitas macizas (**facies Fm**) y arenitas muy delgadas con presencia de laminación paralela continua (**facies Alp**), (Ver Fotografía 100). Las arenitas son principalmente de grano muy fino, el segmento es de color gris medio, la roca está fresca, corresponde a

litoarenita. En las lodolitas hay presencia de foraminíferos, fósiles en general, fragmentos de peces; icnofósiles horizontales e inclinados. La bioturbación predominante es 3.



FOTOGRAFÍA: 100	FOTO DIGITAL: L370+100 A	ACIMUT: 125°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 49.		

Segmento 50: Ubicado entre los metros 557 a 576,7 con espesor de 19,7 metros, se observa sucesión de capas gruesas a medias de forma tabular a subtabular, principalmente de lodolitas macizas y arenitas delgadas a muy delgadas, con presencia de laminación plana paralela continua y ondulosa paralela discontinua hacia el tope (**facies F1**). Las arenitas son principalmente de grano muy fino, el segmento es de color gris claro, la roca está fresca, corresponden principalmente a litoarenitas.

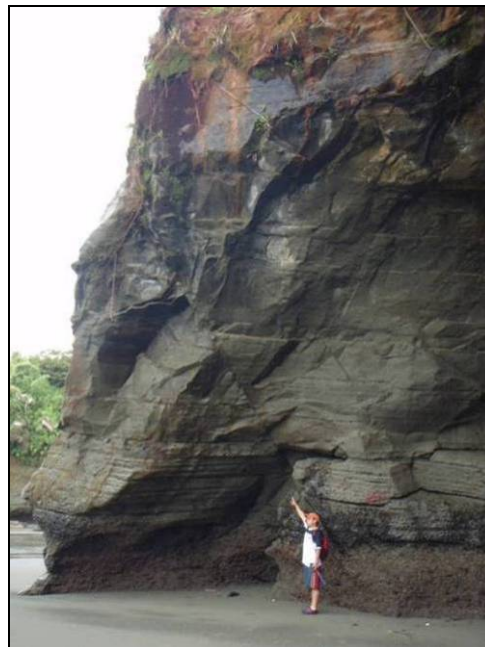
En las lodolitas hay presencia de foraminíferos, fósiles en general; icnofósiles principalmente horizontales. La bioturbación varía de 4 a 3

Segmento 51: Ubicado entre los metros 576,7 a 611,5 con espesor de 34,8 metros, se observa intercalación de capas delgadas a medias de forma tabular, principalmente de lodolitas macizas con presencia de laminación no paralela ondulosa discontinua (**facies Fm**). Las arenitas son principalmente de grano muy fino y ocasionalmente fino, (Ver Fotografía 101). Presentan laminación plana paralela y no paralela discontinua, ocasionalmente ondulosa paralela discontinua; el segmento es de color gris medio a oscuro, la roca está fresca, porosidad predominante buena. En las lodolitas se observan foraminíferos, fósiles en general e icnofósiles en general. Predominan icnofósiles horizontales. La composición corresponde a litoarenita. La bioturbación varía de 3 a 4.

Segmento 52: Ubicado entre los metros 611,5 a 645 con espesor de 33,5 metros, se observa sucesión de capas medias y ocasionalmente gruesas de forma tabular, principalmente de lodolitas con presencia de laminación plana paralela continua (**facies F1**), plana discontinua y maciza, (Ver Fotografía 102). Presentan foraminíferos y fósiles en general, fragmentos de peces e icnofósiles en general. Las arenitas son principalmente de grano muy fino y se encuentran en láminas delgadas a muy delgadas (**facies Alp**), el segmento es de color gris medio, la roca está fresca con buen calibrado y buena porosidad. Icnofósiles inclinados, corresponden a litoarenitas. La bioturbación es 4.



FOTOGRAFÍA: 101	FOTO DIGITAL: L399+030 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 51.		



FOTOGRAFÍA: 102	FOTO DIGITAL: L410+000 A	ACIMUT: 046°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 52.		

Análisis Bioestratigráfico

Se procesaron y analizaron 26 muestras de la Columna Ladrilleros que mostraron una cronoestratigrafía comprendida entre el Mioceno medio alto, no suficientemente diagnóstico, zonas planctónicas post N.12 (Ver Anexo 3), Mioceno medio, zonas N.10-N.11, Mioceno medio bajo, Zona N.9 y Mioceno medio basal, Zona N.8. El **Mioceno medio alto, no suficientemente diagnóstico**, está representado por las muestras L-268+090, L-264+110 y L-256, el **Mioceno medio** por las muestras L-241, L-233, L-220+130, L-212, L-65+020, L-200, L-192 +130, L-183, L-172+090, L-160+110 y L-152+070, el **Mioceno medio bajo** por las muestras L-138, L-126A, L-108, L-102+050, L-076, L-074+050, L-57+030, L-050+080, L-035 y L-

029+010, y el **Mioceno medio basal** por las muestras L-018+020 y L-007+040. El ambiente general indicado por estas muestras es de talud superior y la estratigrafía correspondiente es correlacionable con la porción inferior de la Formación. Sierra y con la Formación Napipí (Duque-Caro, 1990).

Ambiente de depósito.

La sección estratigráfica de Ladrilleros representa la acumulación sobre un fondo marino en la parte del talud superior, de acuerdo a tres evidencias encontradas: las asociaciones de foraminíferos presentes en las rocas sedimentarias de grano fino, la asociación de icnofósiles identificados tales como *condrites* y *zoophycus*, estructuras sedimentarias típicas de turbiditas, p.e. slumps, estructuras en llama, sucesiones sedimentarias granodecrecientes tipo Bouma.

Las asociaciones de facies encontradas en la sección de Ladrilleros evidencian que la acumulación de sedimentos se realizó mediante turbiditas lodosas (Ver Figura 19). La asociación facial más común en la sección Ladrilleros es la AF2, caracterizada por turbiditas estratificadas delgadas y la cual hace parte del grueso del abanico (Ver Corte a, b y c de la Figura 19). La asociación facial AF1 representa depósitos hemipelágicos y de abanicos turbidíticos más distales. La asociación de facies AF3, representa rellenos de canales de gran extensión lateral, transportados por flujos densos, menguantes en el tiempo (Ver Corte b y c de la Figura 19). La asociación facial 5 de slumps, son relativamente comunes en la sección, desde slumps decimétricos hasta decamétricos. La asociación facial AF4 de flujos de escombros, son poco comunes y se componen casi exclusivamente de intraclastos lodosos. Los modelos de turbiditas lodosas en ambientes recientes predicen geometrías elongadas de extensión muy amplia, con inclinaciones bajas de depósitos, cruzada por canales arenosos y en ocasiones conglomeráticos. El espaciamiento de las ramas de los *zoophycus* refleja una alta tasa de sedimentación.

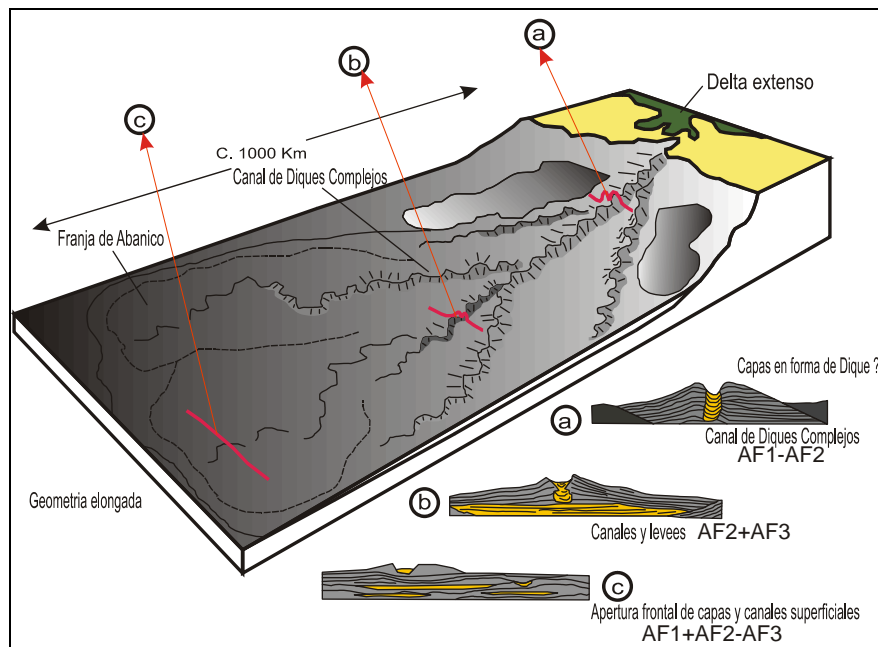


Figura 19. Modelo de sedimentación de turbidita lodosa, el mayor ambiente de depósito de la Sección Ladrilleros

Columna Estratigráfica Siguirisua (Ver Figura 20).

Descripción:

Segmento 1: Ubicado entre los metros 0,00 a 16,8 con espesor de 16,8 metros, se observan capas delgadas hasta gruesas con forma tabular de lodolitas silíceas y calcáreas (**facies F1**) con capas muy delgadas a láminas de arenitas de grano muy fino, bien estratificadas, con presencia de laminación plana paralela

continua (**facies Alp**). Color gris claro, (*Ver Fotografía 103*). En las capas de lodolitas se encuentran fósiles en general, foraminíferos e icnofósiles verticales. La bioturbación predominante es 3.



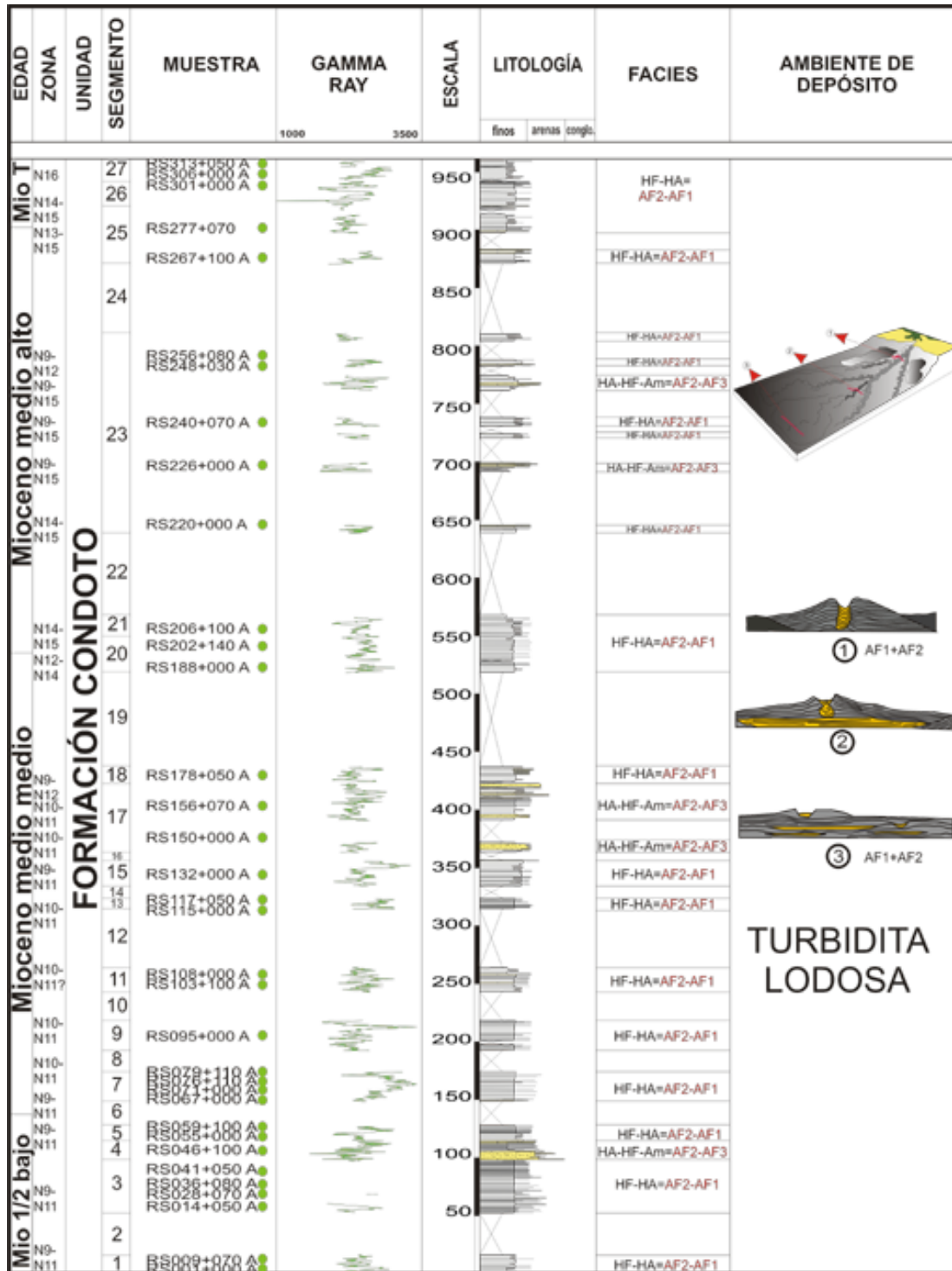
FOTOGRAFÍA: 103	FOTO DIGITAL: RS002+000 A	ACIMUT: 348°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 1.		

Segmento 2: Intervalo cubierto ubicado entre los metros 16,8 a 53,3 con espesor de 36,5 metros.

Segmento 3: Ubicado entre los metros 53,3 a 99,6 con espesor de 46,3 metros, se observa una sucesión de capas muy delgadas a delgadas de forma tabular a subtabular, principalmente de lodolitas silíceas con presencia de laminación plana paralela y ondulosa continuas y discontinuas (**facies Fl**). Las arenitas son de grano fino a muy fino, el segmento es de color gris medio a oscuro, la roca está fresca con calibrado moderado a bajo, porosidad predominante buena, (*Ver Fotografía 104*). La composición corresponde principalmente a litoarenita - sublitoarenita. Presenta capas locales de arenita, estratificación cruzada y lenticular; en lodolitas se encuentran fósiles en general, foraminíferos, nódulos e icnofósiles en general. La bioturbación varía de 3 a 2.



FOTOGRAFÍA: 104	FOTO DIGITAL: RS042+000 A	ACIMUT: 109°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 3.		

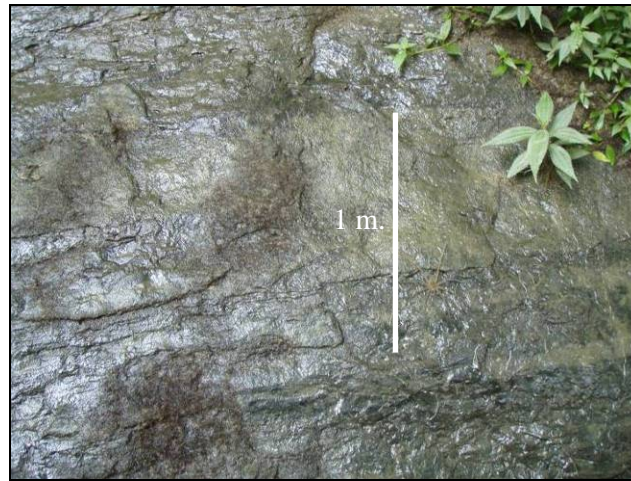


● Muestras preparadas para bioestratigrafía

Figura 20. Sección estratigráfica de Siguirisua.

Segmento 4: Ubicado entre los metros 99,6 a 115.6 con espesor de 16 metros, se observa hacia la base una sucesión granodecreciente desde arenita de grano muy grueso a fino (**facies Alp**) bajo una intercalación de capas delgadas a medias de forma tabular, de lodolitas calcáreas y arenitas masivas con presencia de laminación ondulosa continua (**facies Alo**), plano paralela continua y plano paralela discontinua, (Ver

fotografía 105). Las arenitas son principalmente de grano fino, el segmento es de color gris oscuro a claro, la roca está fresca. La composición es variable, corresponden a sublitoarenitas y litoarenita. La bioturbación predominante es 2.



FOTOGRAFÍA: 105	FOTO DIGITAL: RS050+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 4.		

Segmento 5: Ubicado entre los metros 115,6 a 128,5 con espesor de 12,9 metros, se observa una sucesión heterolítica de capas delgadas de forma tabular, principalmente de lodolitas y limolitas masivas (**facies F1**) con interposiciones de arenitas muy delgadas a láminas, (Ver Fotografía 106). Las arenitas son principalmente de grano muy fino con presencia de laminación plana paralela continua (**facies Alp**), ondulosa discontinua y plana paralela discontinua, el segmento es de color gris medio, la roca está fresca. En las lodolitas se presentan pellets, fósiles e icnofósiles en general. La bioturbación varía de 3 a 4.



FOTOGRAFÍA: 106	FOTO DIGITAL: RS062+000 A	ACIMUT: 135°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 5.		

Segmento 6: Intervalo Cubierto ubicado entre los metros 128,5 a 148,9 con espesor de 20,4 metros.

Segmento 7: Ubicado entre los metros 148,9 a 174,7 con espesor de 25,8 metros, se observa sucesión heterolítica de capas medias a gruesas de forma tabular, principalmente de lodolitas con láminas de arenitas muy finas a finas (**facies HF**). El segmento es de color gris oscuro a claro, la roca está fresca. En las lodolitas hay presencia de foraminíferos, fósiles en general, *pellets*; icnofósiles principalmente horizontales; laminación plana paralela, ondulosa paralela y ondulosa no paralela continuas, ocasionalmente ondulosa paralela discontinua. La bioturbación predominante varía entre 3 y 4 hacia el tope.

Segmento 8: Intervalo Cubierto ubicado entre los metros 174,7 a 193,2 con espesor de 18,5 metros.

Segmento 9: Ubicado entre los metros 193,2 a 219.9 con espesor de 26,7 metros, se observa una sucesión de capas gruesas a medias de forma tabular, principalmente de lodolitas calcáreas macizas (**facies Fm**) y arenitas muy delgadas a láminas (**facies Alp**), con presencia de laminación plana no paralela continua y discontinua, (*Ver Fotografía 107*), plana paralela y ondulosa continua y hacia el tope ondulosa no paralela continua. Las arenitas son principalmente de grano muy fino, el segmento es de color gris medio a claro, la roca está fresca, corresponden principalmente a litoarenita. En las lodolitas hay presencia de foraminíferos, fósiles e icnofósiles en general, *pellets* y gasterópodos. La bioturbación varía de 2 hacia la base y 4 hacia el tope.



FOTOGRAFÍA: 107	FOTO DIGITAL: RS095+000 A	ACIMUT: 258°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 9.		

Segmento 10: Intervalo Cubierto ubicado entre los metros 219.9 a 244.8 con espesor de 24,9 metros.

Segmento 11: Ubicado entre los metros 244.8 a 266,1 con espesor de 21,3 metros, se observa una sucesión heterolítica de capas medias a delgadas de forma tabular, principalmente de lodolitas, limolitas, arenitas muy finas y arcillolitas (**facies HA**), con presencia de laminación plana paralela continua, ondulosa paralela continua y ocasionalmente acuñada y plana paralela discontinua, (*Ver Fotografía 108*). Las arenitas son principalmente de grano muy fino, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca, corresponden a cuarzo arenitas con buen calibrado y redondez, porosidad regular. En las lodolitas hay presencia de foraminíferos, fósiles e icnofósiles en general; principalmente verticales. La bioturbación varía de 2 a 4.

Segmento 12: Intervalo Cubierto ubicado entre los metros 266,1 a 317.5 con un espesor de 51,4 metros.

Segmento 13: Ubicado entre los metros 317.5 a 326.5 con espesor de 9 metros, se observa una secuencia de lodolitas masivas con láminas de arenita muy fina y ocasionales capas de caliza, segmento de forma tabular con presencia de laminación plana paralela y no paralela continua y ondulosa paralela continua (**facies Fm**), (*Ver Fotografía 109*). Presentan foraminíferos, *pellets* y fósiles en general, icnofósiles en general e intraclastos redondeados. Las arenitas son principalmente de grano muy fino y delgadas, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, granos subangulares y buena porosidad, corresponden a litoarenitas. La bioturbación es 4.

Segmento 14: Intervalo cubierto ubicado entre los metros 326.5 a 337 con un espesor de 10,5 metros.



FOTOGRAFÍA: 108	FOTO DIGITAL: RS106+050 A	ACIMUT: 266°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 11.		



FOTOGRAFÍA: 109	FOTO DIGITAL: RS111 – RS112 A	ACIMUT: 266°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 13.		

Segmento 15: Ubicado entre los metros 337 a 359.5 con espesor de 22,5 metros, se observa una intercalación de limolitas silíceas y lodolitas con ocasionales capas delgadas a láminas de arenita muy fina (**facies Fl - Alp**), segmento de forma tabular a subtabular con presencia de laminación plana paralela y no paralela continuas y ondulosa no paralela continua, (*Ver Fotografía 110*). Presentan foraminíferos, *pellets* y fósiles en general, icnofósiles en general. Las arenitas son principalmente de grano muy fino y delgadas, el segmento es de color gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, granos subangulares y buena porosidad, corresponden a litoarenitas. La bioturbación varía de 3 a 4.

Segmento 16: Intervalo Cubierto ubicado entre los metros 359.5 a 367 con un espesor de 7,5 metros.

Segmento 17: Ubicado entre los metros 367 a 426.4 con espesor de 59,4 metros, se observa una intercalación de lodolitas silíceas y calcáreas con limolitas silíceas y litoarenitas muy finas en capas delgadas a medias, segmento de forma tabular a subtabular con presencia de laminación plana paralela y ondulosa paralela continua (**facies Fl**), (*Ver Fotografía 111*). Presentan foraminíferos, *pellets*, fragmentos de peces y fósiles en general, icnofósiles en general. Las arenitas son principalmente de grano muy fino, el segmento es de color gris claro principalmente, la roca está fresca con buen calibrado, granos subangulares

y buena porosidad, corresponden a litoarenitas principalmente, sublitoarenitas y litoarenitas. La bioturbación es 5.



FOTOGRAFÍA: 110	FOTO DIGITAL: RS137+000 A	ACIMUT: 112°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 15.		



FOTOGRAFÍA: 111	FOTO DIGITAL: RS155+000 A	ACIMUT: 164°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 19.		

Segmento 18: Ubicado entre los metros 426.4 a 441.2 con espesor de 14,8 metros, se observa hacia la base una sucesión de lodolitas con limolitas bajo una intercalación de lodolitas silíceas con limolitas silíceas y litoarenitas muy finas en capas medias a delgadas, segmento de forma tabular a subtabular con contactos irregulares y ondulados (**facies F1**); presencia de estratificación cruzada y ondulosa paralela continua, (*Ver Fotografía 112*). Presentan foraminíferos, fósiles en general, icnofósiles horizontales. Las arenitas son principalmente de grano muy fino, la roca está fresca con buen calibrado, granos subangulares y buena porosidad, a litoarenitas principalmente. La bioturbación es 3.

Segmento 19: Intervalo cubierto ubicado entre los metros 441.2 a 523.3 con espesor de 82 metros.



FOTOGRAFÍA: 112	FOTO DIGITAL: RS180+050 A	ACIMUT: 195°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 18.		

Segmento 20: Ubicado entre los metros 523.3 a 554.6 con espesor de 31,4 metros, se observa sucesión heterolítica lodolitas limosas masivas con litoarenitas muy finas en capas delgadas a láminas y ocasionales capas de calizas (**facies HF**), segmento de forma tabular a subtabular con contactos irregulares y ondulados; presencia de estratificación plana paralela y ondulosa paralela continua, localmente ondulosa paralela discontinua y hacia el tope angular, (*Ver Fotografía 113*). Presentan foraminíferos, fósiles en general, *pellets* e icnofósiles en varias direcciones. El intervalo es de color gris claro a gris verdoso; las arenitas son principalmente de grano muy fino, la roca está fresca con buen calibrado, granos subangulares y buena porosidad. La bioturbación es 4.



FOTOGRAFÍA: 113	FOTO DIGITAL: RS184+000 A	ACIMUT: 176°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 20.		

Segmento 21: Ubicado entre los metros 554.6 a 573.1 con espesor de 18,4 metros, se observa sucesión heterolítica constituida por lodolitas y limolitas masivas con litoarenitas muy finas en capas muy delgadas a láminas (**facies HF**), hacia el tope capas de arcillolitas, segmento de forma tabular a subtabular; las capas son principalmente masivas, hacia la base presencia de estratificación ondulosa no paralela discontinua, (*Ver Fotografía 114*). Presentan *pellets*, algunos foraminíferos y fósiles e icnofósiles en general. El intervalo es de color gris medio en la base a gris claro hacia el tope; las arenitas son principalmente de grano muy fino, la roca está fresca con buen calibrado, granos subangulares y buena porosidad. La bioturbación es 3.

Segmento 22: Intervalo cubierto ubicado entre los metros 573.1 a 644.8 con espesor de 71,7 metros.



FOTOGRAFÍA: 114	FOTO DIGITAL: RS216+000 A	ACIMUT: 269°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 21		

Segmento 23: Ubicado entre los metros 644.8 a 818.4 con espesor de 173,6 metros, se observan 7 segmentos separados por cubiertos; los segmentos presentan sucesiones heterolíticas constituida por lodolitas macizas (**facies Fm**), limolitas y litoarenitas muy finas a finas en capas desde gruesas a muy delgadas, segmento de forma tabular con contactos principalmente ondulados; predominan las estratificaciones onduladas paralelas y plano paralela continuas, localmente plano no paralela continua y plana paralela discontinua, (*Ver Fotografía 115*). Presentan abundantes foraminíferos y fósiles en general, ocasionalmente pellets; icnofósiles en general y horizontales. Los segmentos son de color gris oscuro a claro; las arenitas son principalmente de grano muy fino, la roca está fresca con buen calibrado, granos subangulares y buena porosidad, corresponden principalmente a cuarzo arenitas. La bioturbación predominante es 5 con variaciones hasta 3.



FOTOGRAFÍA: 115	FOTO DIGITAL: RS232 – RS233 A	ACIMUT: 175°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 23.		

Segmento 24: Intervalo Cubierto ubicado entre los metros 818.4 a 879.5 con espesor de 61,1 metros.

Segmento 25: Ubicado entre los metros 879.5 a 927 con espesor de 47,5 metros, se observan 2 segmentos separados por cubiertos; los segmentos presentan sucesiones heterolíticas constituida por lodolitas y limolitas calcáreas con litoarenitas muy finas en capas desde gruesas a delgadas (**facies HF**), segmentos de forma tabular con contactos principalmente ondulados e irregulares; predominan las estratificaciones onduladas paralelas y plano paralela continuas, localmente plano no paralela y plana paralela discontinuas, (*Ver Fotografía 116*). Presentan *pellets*, fósiles en general, icnofósiles en general e intraclastos arenosos.

Los segmentos son principalmente de color gris oscuro; las arenitas son principalmente de grano muy fino, la roca está fresca con buen calibrado, granos subredondeados a redondeados y buena porosidad, corresponden a cuarzoarenitas y sublitoarenitas principalmente. La bioturbación predominante es 4.



FOTOGRAFÍA: 116	FOTO DIGITAL: RS266+100 A	ACIMUT: 193°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 25.		

Segmento 26: Ubicado entre los metros 927 a 951.6 con espesor de 24,60 metros, se observan sucesiones de lodolitas calcáreas y silíceas masivas con litoarenitas muy finas en capas desde delgadas a láminas que aumentan hacia el tope (**facies Fl**); ocasionales capas delgadas de calizas y limolitas, segmento de forma tabular con contactos principalmente ondulados e irregulares hacia el tope, (Ver Fotografía 117). Predominan las estratificaciones onduladas paralelas y plano paralela continuas. Presentan *pellets*, foraminíferos, fósiles en general, icnofósiles en general y localmente “*Arenicolites* y *Figichnia*”. El segmento es principalmente de color gris oscuro; las arenitas son de grano muy fino, la roca está fresca con buen calibrado, granos subredondeados a redondeados y buena porosidad, corresponden a sublitoarenitas principalmente. La bioturbación predominante es 4 y 5 hacia la base.



FOTOGRAFÍA: 117	FOTO DIGITAL: RS293+050 A	ACIMUT: 215°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 26.		

Segmento 27: Ubicado entre los metros 951.6 a 969.3 con espesor de 17,7 metros, se observan sucesiones de lodolitas y arcillolitas con limolitas silíceas hacia la base (**facies Fl**) y arenitas de grano muy fino delgadas hacia el tope (**facie Alp**). Segmento de forma tabular con contactos principalmente ondulados y netos. Predomina la estratificación plano paralela continua y localmente ondulada paralela continua y cruzada. Presentan *pellets*, foraminíferos, fósiles en general, icnofósiles en general, (Ver Fotografía 118).

El segmento es principalmente de color gris medio a claro; la roca está fresca. La bioturbación predominante es 4 y 3 hacia el tope.



FOTOGRAFÍA: 118	FOTO DIGITAL: RS308 – RS309 A	ACIMUT: 163°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 27		

Análisis Bioestratigráfico

Se procesaron y analizaron 37 muestras del Río Siguirisua que mostraron una cronoestratigrafía comprendida entre el Mioceno tardío y más joven, y el Mioceno medio bajo, zonas planctónicas N.16 a N.9 respectivamente (*Ver Anexo 3*). El **Mioceno tardío y más joven** está representado por las muestras RS-313+050, RS-306+000 y RS-301+000, el **Mioceno medio alto** por las muestras RS-294+080, RS-277+070, RS-267+100, RS-262+000, RS-256+080, RS-248+030, RS-240+070, RS-226+000, RS-220+000, RS-206+100 y RS-202+140, el **Mioceno medio** por las muestras RS-188+000, RS-178+050, RS-156+070, RS-150+000, RS-132+000, RS-117+050, RS-115+000, RS-108+000, RS-103+100, RS-095+000, RS-079+110, RS-076+110, RS-071+000, RS-067+000 y RS-059+100, y el **Mioceno medio bajo** por las muestras RS-055+000, RS-046+100, RS-041+050, RS-036+080, RS-028+070, RS-014+050, RS-009+070 y RS-001+000. El ambiente general indicado por estas muestras es de talud superior y la microestratigrafía correspondiente es correlacionable con la porción inferior de la Formación Sierra y con la infrayacente Formación Napipí (Duque-Caro, 1990).

Ambiente de Depósito

La sección estratigráfica del Río Siguirisua representa la acumulación sobre un fondo marino en la parte del talud superior, de acuerdo a tres evidencias iguales a la sección de Ladrilleros, pero menos espectaculares debido a la menor calidad de los afloramientos, estas evidencias son: las asociaciones de foraminíferos presentes en las rocas sedimentarias de grano fino, la asociación de icnofósiles identificados tales como *condrites* y *zoophycus*, los cuales fueron reconocidos en las muestras de superficie tomadas con taladro, sucesiones sedimentarias granodecipientes tipo Bouma, también vistas en muestras de mano.

Las asociaciones de facies encontradas en la sección del Río Siguirisua evidencian que la acumulación de sedimentos se realizó especialmente mediante turbiditas lodosas (*Ver Figura 19*). La asociación facial más común en la sección del Río Siguirisua es la AF2, caracterizada por turbiditas estratificadas delgadas, la cual hace parte del grueso del abanico (*Ver Corte a, b y c de la Figura 19*). La asociación facial AF1 representa depósitos hemipelágicos y de abanicos turbidíticos más distales. La asociación de facies AF3, representa rellenos de canales de gran extensión lateral, transportados por flujos densos, menguantes en el tiempo (*Ver Corte b y c de la Figura 19*).

5.3.2 Formación Conglomerados de La Mojarra

Columna estratigráfica Agua Clara (Ver Figura 21).

Descripción:

Segmento 1: Ubicado entre los metros 0 a 27,3 con espesor de 27,3 metros, se observan capas granodecrecientes de espesor principalmente grueso, también se observan medias y en menor proporción muy gruesas y delgadas, con forma tabular, de una arenita que varía desde conglomerática (**facies ACg**) a arenisca de grano fino) al tope, regularmente estratificada, con presencia de laminación plana paralela y algunas capas macizas (**facies Am**) y en menor proporción lodolitas con laminación plana paralela (**facies Alp**). Las arenitas varían de grano muy grueso a muy fino, color gris oscuro y ocasionalmente gris claro, la roca está fresca con buen calibrado, granos subredondeados con porosidad predominante buena con variaciones a pobre, la roca es madura. La composición corresponde principalmente a litoarenita y en menor grado sublitoarenita, (Ver Fotografía 119). La bioturbación predominante es 2 y en menor proporción 3.

El segmento 1 tiene una Asociación de Facies 6, es interpretado como el producto de turbiditas arenosas mediante flujos de densidad concentrados.



FOTOGRAFÍA: 119	FOTO DIGITAL: AC007+050 A	ACIMUT: 255°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 1.		

Segmento 2: Ubicado entre los metros 27,3 a 30,2 con un espesor de 2,9 metros en donde se observan capas granodecrecientes muy gruesas forma tabular, de conglomerados clasto soportados macizos (**facies Cm**) que gradan a una areniscas de grano grueso macizas (**facies Am**). Los conglomerados son de grava gruesa a fina, color gris claro y amarillo claro, la roca está fresca con porosidad que varía de regular a buena, (Ver Fotografía 120). La composición corresponde a una litoarenita. Bioturbación 2.

El segmento 2 representa una Asociación de Facies 7 interpretado como una turbidita conglomerática.

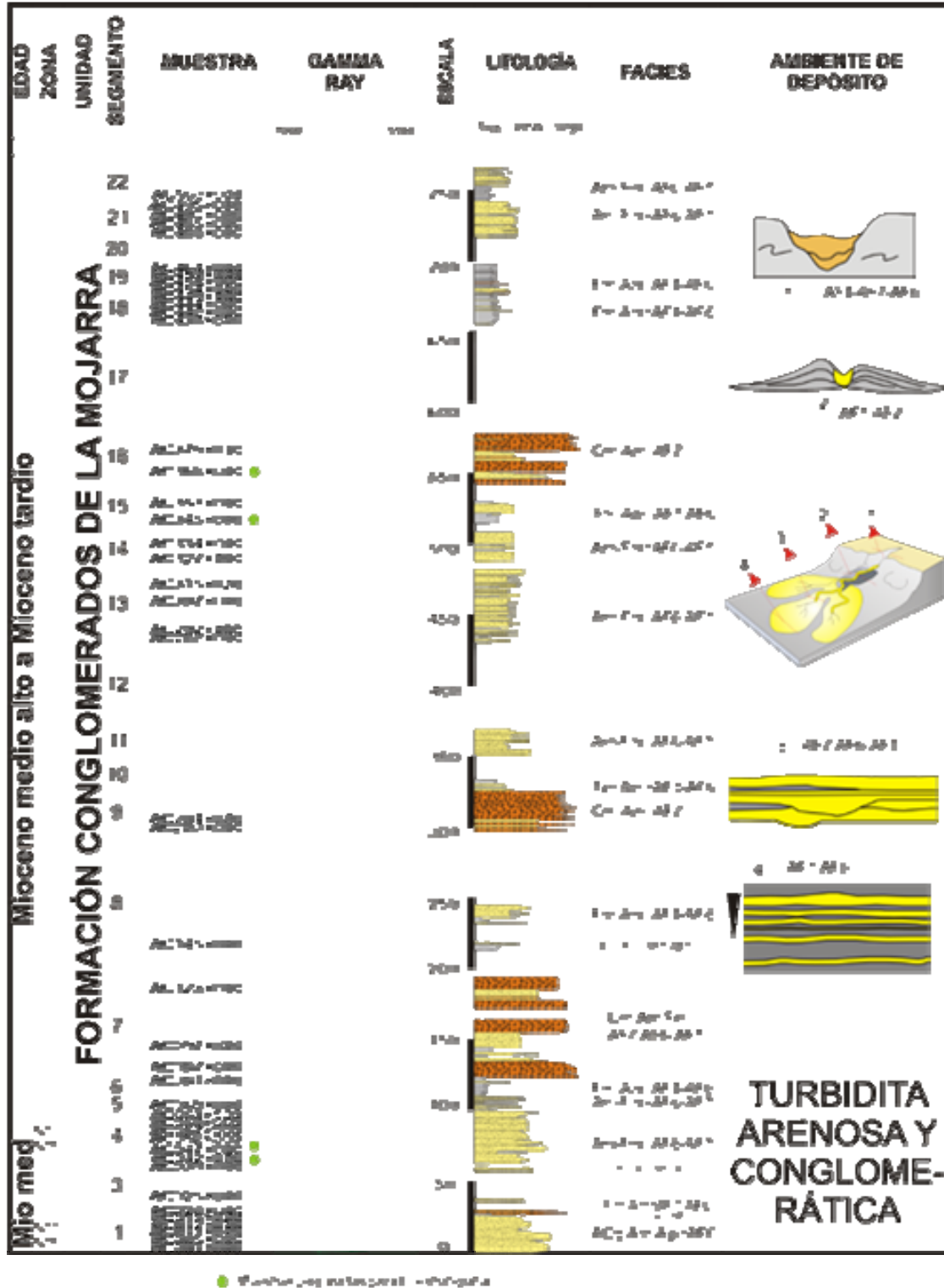


Figura 21. Sección estratigráfica de Agua Clara.



FOTOGRAFÍA: 120	FOTO DIGITAL: AC018+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 2.		

Segmento 3: Ubicado entre los metros 30,2 a 63 con un espesor de 32,8 metros. Segmento en parte cubierto con dos afloramientos, el primero ubicado entre los metros 35,9 a 38,3 de espesor 2,4 metros y el segundo ubicado entre los metros 56,6 a 60,2 de espesor 3,6 metros en donde se observan capas muy gruesas con forma tabular, de una arenita (**facies Am**) y en menor proporción limolitas (**facies Fm**). Las arenitas varían de grano medio a muy fino, color gris oscuro el primer estrato y el segundo estrato gris verdoso, la roca está fresca con porosidad buena hacia la base y pobre hacia la parte superior, (Ver Fotografía 121).

El segmento 3 representa una Asociación de Facies 6 en la parte aflorante de arenitas interpretado como una turbidita arenosa, las limolitas intercaladas suponen Asociación de Facies 1 de depósitos hemipelágico, teniendo en cuenta este escenario, se podría suponer que el sector cubierto esta compuesto también de facies finas de depósitos hemipelágicos.



FOTOGRAFÍA: 121	FOTO DIGITAL: AC039+000 A	ACIMUT: 069°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 3.		

Segmento 4: Ubicado entre los metros 63 a 100 con un espesor de 37 metros en donde se observan capas granodecrecientes principalmente gruesas que varían en menor proporción a medias y muy gruesas, los estratos de forma tabular corresponden a arenitas regularmente estratificada macizas (**facies Am**) y en menor proporción lodolitas (**facies Fm**). Las arenitas macizas varían de grano muy grueso a muy fino, color gris oscuro y ocasionalmente gris claro, la roca está fresca con calibrado principalmente pobre que varia a pobre y hacia la parte superior muy bueno, granos subangulares y ocasionalmente subredondeados, con porosidad predominante regular con variaciones a pobre y buena, la roca es submadura, (Ver Fotografía 122). La composición corresponde principalmente a litoarenita y en menor grado sublitoarenita. En las

capas de limolitas se encuentran fósiles en general, foraminíferos e icnofósiles verticales y horizontales. Bioturbación predominante entre 2 y 3 con variaciones hacia 4.

El segmento 4 representa una Asociación de Facies 6 en la parte aflorante de arenitas interpretado como una turbidita arenosa, las limolitas intercaladas suponen Asociación de Facies 1 de depósitos hemipelágico, teniendo en cuenta este escenario, se podría suponer que el sector cubierto esta compuesto también de facies finas de depósitos hemipelágicos.



FOTOGRAFÍA: 122	FOTO DIGITAL: AC044+000 A	ACIMUT: 057°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 4.		

Segmento 5: Ubicado entre los metros 100 a 111,1 con un espesor de 11,1 metros en donde se observan capas heterolíticas gruesas (**facies HA**) a medias con forma tabular, de arenitas (**facies Am**) y lodolitas macizas (**facies Fm**) y en menor proporción arenitas con laminación ondulosa continua (**facies Alo**). Las arenitas macizas varían de grano fino a muy grueso (hacia la base), color gris claro y ocasionalmente gris oscuro, la roca es fresca con calibrado pobre, granos subredondeados con porosidad buena, la roca es madura, (*Ver Fotografía 123*). La composición corresponde a litoarenita y sublitoarenita. Bioturbación 1.



FOTOGRAFÍA: 123	FOTO DIGITAL: AC069+100 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 5.		

El segmento 5 representa una Asociación de Facies 6 de turbiditas estratificadas arenosas, intercalada con la Asociación de Facies 1 depósitos hemipelágicos y con la Asociación de Facies 3 de turbiditas estratificadas.

Segmento 6: Ubicado entre los metros 111,1 a 124 con un espesor de 12,9 metros en donde se observan capas medias con forma tabular, de lodolitas con presencia de laminación plana paralela y alteraciones de arenitas de grano fino macizas, color gris claro, la roca está fresca con buen calibrado, granos redondeados con porosidad buena, la roca es madura. (*Ver Fotografía 124*). La composición corresponde a una sublitoarenita. Bioturbación 1.



FOTOGRAFÍA: 124	FOTO DIGITAL: AC083+100 C	ACIMUT: <i>Detalle</i>
DESCRIPCIÓN: <i>Afloramiento del segmento 6.</i>		

Segmento 7: Ubicado entre los metros 124 a 199,5 con un espesor de 75,5 metros, segmento en parte cubierto con 3 afloramientos, el primero ubicado entre los metros 124 a 138,1 de espesor 14,1 metros, el segundo ubicado entre los metros 140,9 a 166,4 de espesor 25,5 metros y el tercero entre los metros 174 a 199,5 en donde se observan capas masivas a medias con forma tabular, predominan los conglomerados clastosoportados macizos, y en menor proporción intercalación de lodolitas y areniscas de grano muy fino con laminación plana paralela y areniscas conglomeraticas macizas, (*Ver Fotografía 125*). Las arenitas macizas varían de grano muy grueso a muy fino, en el primer afloramiento los estratos son de color gris, en el segundo afloramiento las capas son de color gris con variaciones de claro a oscuro y en el tercer afloramiento predomina el color amarillo oscuro con variaciones de gris oscuro y claro, la roca está fresca con calibrado muy pobre, granos subangulares principalmente con variaciones a subredondeados con porosidad predominante buena con variaciones a pobre, las areniscas son submaduras principalmente con variación local a inmadura. La composición corresponde principalmente a litoarenita feldespática y en menor grado litoarenita. En las capas de areniscas del segundo estrato se encuentran restos icnofósiles horizontales y en todas las direcciones. Bioturbación predominante de 1 y en menor proporción de 3 y 4.



FOTOGRAFÍA: 125	FOTO DIGITAL: AC095 – AC097 A	ACIMUT: 284°
DESCRIPCIÓN: <i>Afloramiento del segmento 7.</i>		

Segmento 8: Ubicado entre los metros 199,5 a 299,9 con un espesor de 100,4 metros, Segmento principalmente cubierto con dos afloramientos el primero ubicado entre los metros 214,9 y 221,3 de espesor 5,9 metros, el segundo afloramiento ubicado entre los metros 233,9 y 247,4 de espesor 12,5 metros, en el primer afloramiento predominan las capas de espesor grueso de forma tabular y en el segundo hay una variación de capas gruesas a delgadas con forma tabular, en el primer afloramiento se observa una intercalación de arcillolitas, lodolitas y arenitas hacia el tope, con presencia de laminación plana paralela,

en el segundo afloramiento se observa una intercalación principalmente de arenitas con menor grado de lodolita arenosa, lodolita calcárea y arcilla con presencia de laminación plana paralela y ocasionalmente no paralela ondulosa continua, (Ver Fotografía 126). Las arenitas varían de grano medio a muy fino, el primer afloramiento es color gris moderado a medio a gris claro y en el segundo afloramiento predomina el gris claro, la roca está fresca las areniscas tienen un buen calibre, granos subredondeados con porosidad entre regular y buena, la roca es submadura. La composición corresponde a una litoarenita. En las capas de lodolitas se presentan concreciones de calizas. Bioturbación en el primer afloramiento 5 y en el segundo afloramiento 2.



FOTOGRAFÍA: 126	FOTO DIGITAL: AC158+000 A	ACIMUT: 75°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 8.		

Segmento 9: Ubicado entre los metros 299,9 a 328 con un espesor de 28,1 metros en donde se observan capas granodecrecientes muy gruesas con forma tabular y en menor proporción lenticular, de conglomerados con clastos que varían de cantos a gránulos, algunas capas macizas con presencia de laminación plana paralela en las areniscas. Hacia la base el color es amarillo oscuro y hacia la parte mediana y el tope el color predominante es gris, la roca está fresca con calibre muy pobre, granos subangulares con porosidad predominante buena con variaciones a regular y muy buena, la roca varía de submadura a inmadura. La composición corresponde a litoarenita, (Ver Fotografía 127). Bioturbación predominante 1.



FOTOGRAFÍA: 127	FOTO DIGITAL: AC204+100 B	ACIMUT: 88°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 9.		

Segmento 10: Ubicado entre los metros 328 a 353,6 con un espesor de 25,6 metros, segmento principalmente cubierto con un afloramiento ubicado entre los metros 328 a 336 con un espesor de 8

metros, en donde se observan capas muy delgadas a gruesas con forma tabular, de una intercalación de arenas limos y lodolitas, con presencia de laminación plana paralela continua y algunas capas con laminación ondulosa continua y macizas, (Ver Fotografía 128). Las arenitas son de grano muy fino, el segmento es de color gris claro, la roca está fresca con buen calibrado, granos subredondeados con porosidad muy buena, la roca es submadura. La composición corresponde principalmente a litoarenita. Bioturbación varía de la base al tope de 2 a 4.



FOTOGRAFÍA: 128	FOTO DIGITAL: AC240+000 A	ACIMUT: 120°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 10.		

Segmento 11: Ubicado entre los metros 353,6 a 371,8 con un espesor de 18,2 metros en donde se observan capas gruesas a medias con forma tabular, de una arenita que varía de grano medio hasta arenita de grano fino regularmente estratificada, con presencia de laminación plana paralela y en menor proporción cruzada cóncava, color gris oscuro y ocasionalmente amarillo, la roca está fresca con muy buen calibrado, granos redondeados con porosidad buena, la roca es madura. La composición corresponde a una sublitoarenita. Bioturbación 1.

Segmento 12: Ubicado entre los metros 371,8 a 433,2 con un espesor de 61,4 metros, segmento cubierto sin afloramientos visibles.

Segmento 13: Ubicado entre los metros 433,2 a 485,4 con un espesor de 52,2 metros en donde se observan capas gruesas a delgadas con forma tabular, de una intercalación de arenitas de grano fino a muy fino con lodolitas y algunas arcillolitas, la laminación dominante es plana paralela continua y en algunos casos macizas. El color del segmento gris claro y ocasionalmente gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, granos subredondeados a redondeados con porosidad predominante regular con variaciones a pobre, la roca es inmadura con algunas variaciones a madura. La composición corresponde principalmente a litoarenita y en menor grado sublitoarenita, (Ver Fotografía 129). En las capas de arenitas y lodolitas se encuentran restos de materia orgánica y algunos icnofósiles horizontales y en todas las direcciones. Bioturbación predominante de 1 y 2 y en menor proporción 3.



FOTOGRAFÍA: 129	FOTO DIGITAL: AC290+000 B	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 13.		

Segmento 14: Ubicado entre los metros 485,4 a 511,4 con un espesor de 26 metros, segmento parcialmente cubierto con un afloramiento ubicado entre los metros 490,4 a 511,4 con un espesor de 21 metros, en donde se observan capas que varían de gruesas a delgadas con forma tabular, de una arenita de grano muy fino regularmente estratificada, con presencia de laminación plana paralela y en menor proporción lodolitas con laminación plana paralela, color gris claro y ocasionalmente gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, granos subredondeados con porosidad entre regular y buena, la roca es madura. La composición corresponde principalmente a litoarenita y en menor grado sublitoarenita, (Ver Fotografía 130). Bioturbación de 1.



FOTOGRAFÍA: 130	FOTO DIGITAL: AC333+100 A	ACIMUT: 265°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 14.		

Segmento 15: Ubicado entre los metros 511,4 a 545,7 con un espesor de 34,3 metros, Segmento principalmente cubierto, con un afloramiento ubicado entre los metros 517,6 y 533,2 de 15,6 metros espesor en donde se observan capas que varían de gruesas a delgadas con forma tabular, de una intercalación de lodolitas, arcillas y arenitas al tope con laminación plana paralela, (Ver Fotografía 131). Las arenitas tienen un tamaño de grano uniforme muy fino, el segmento presenta un color gris verde, la roca está fresca con un calibrado que varía de bueno a muy bueno, granos subredondeados con porosidad buena, la roca es madura. La composición corresponde a una litoarenita. Bioturbación entre 1 y 2.



FOTOGRAFÍA: 131	FOTO DIGITAL: AC352+000 A	ACIMUT: 234°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 15.		

Segmento 16: Ubicado entre los metros 545,7 a 581,3 con un espesor de 35,6 metros en donde se observan capas granodecrecientes masivas a delgadas con forma tabular y esporádicamente lenticulares, de conglomerados principalmente intercalados con una arenita que varía de levemente conglomerática hasta arenita de grano muy fino regularmente estratificada con presencia de laminación plana paralela y localmente cruzada cóncava, en menor proporción capas de lodolitas, (Ver Fotografías 132 y 133). Los conglomerados varían sus clastos desde gránulos a cantos, algunos de los clastos son líticos volcánicos, chert, lodolitas, limolitas silíceas y arenitas, las arenitas varían de grano muy grueso a muy fino, color gris que varía de gris medio a claro, la roca está fresca con calibrado muy pobre, granos subredondeados principalmente con variaciones a subangulares, con porosidad predominante buena con variaciones a pobre, la roca es inmadura. La composición corresponde a una litoarenita. En las capas de arenitas se encuentran restos icnofósiles verticales y fósiles en general. Bioturbación de 1.



FOTOGRAFÍA: 132 y 133	FOTO DIGITAL: AC367-AC369 A – AC372+100 A	ACIMUT: 303° - Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramientos del segmento 16.		

Segmento 17: Ubicado entre los metros 581,3 a 657 con un espesor de 75,7 metros, segmento cubierto sin afloramientos visibles.

Segmento 18: Ubicado entre los metros 657 a 680,2 con un espesor de 23,2 metros en donde se observan capas granocrecientes medias a delgadas con forma tabular y en menor proporción lenticular, de una intercalación de lodolitas y arcillolitas con laminación plana paralela continua y algunas paralela ondulosa

continua y en menor proporción arenitas con laminación plana paralela. Las arenitas son de grano muy fino, color gris oscuro a moderado y ocasionalmente gris verde, la roca está fresca, las areniscas presentan un calibre moderado granos subredondeados con porosidad regular, (*Ver Fotografía 134*). En las capas de lodolitas y arcillolitas se encuentran restos de icnofósiles horizontales y verticales, fósiles en general, foraminíferos y *pellets*. Bioturbación predominante de 3 y en menor proporción de 2 y 4.



FOTOGRAFÍA: 134	FOTO DIGITAL: AC446+000 B	ACIMUT: 080°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 18.		

Segmento 19: Ubicado entre los metros 680,2 a 703,2 con un espesor de 23 metros, se observan capas medias a delgadas tabulares, de una secuencia heterolítica de arenitas y lodolitas con presencia de laminación plana paralela continua, macizas y algunas cruzadas cóncavas, hacia la base se presenta una capa lenticular de conglomerados con cemento calcáreo, (*Ver Fotografía 135*). Las arenitas varían de grano medio a muy fino, color gris oscuro y gris claro, la roca está fresca presenta buen calibre, granos subangulares a subredondeados con porosidad buena, es madura. La composición corresponde a litoarenita. En las capas de lodolitas se presentan *pellets*, restos de fósiles en general, foraminíferos, icnofósiles horizontales e icnofósiles en general. La bioturbación predominante es de 5 y en menor proporción de 4.



FOTOGRAFÍA: 135	FOTO DIGITAL: AC459 – AC461 A	ACIMUT: 192°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 19.		

Segmento 20: Ubicado entre 703,2 a 720,1 metros con espesor de 16,9 metros, segmento cubierto.

Segmento 21: Ubicado entre los metros 720,1 a 740,8 con un espesor de 20,7 metros en donde se observan capas medias a delgadas con forma tabular, de una secuencia heterolítica de arenitas y lodolitas con presencia de laminación cruzadas cóncavas y planar cruzada acuñada, (Ver Fotografía 136). Las arenitas varían de grano muy fino a fino, la roca está fresca con buen calibrado, granos subangulares, con porosidad regular. La composición corresponde entre una sublitoarenita y una litoarenita feldespática. En las capas de arenitas se presentan *pellets*. Bioturbación que varía de base a tope entre 2 y 4.



FOTOGRAFÍA: 136	FOTO DIGITAL: AC480 – AC510 B	ACIMUT: 156°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 21.		

Segmento 22: Ubicado entre los metros 740,8 a 769,9 con un espesor de 29,1 metros en donde se observan capas delgadas con forma tabular, de una secuencia heterolítica de litoarenitas finas y muy finas con capas delgadas de lodolitas con laminación paralela ondulosa continua y algunas plana paralelas continuas. La roca está fresca con calibrado regular a bueno, granos subredondeados con porosidad regular. La composición corresponde a una litoarenita feldespática. En las capas de lodolitas y arenitas se presentan *pellets*, restos de fósiles en general, foraminíferos, icnofósiles horizontales e icnofósiles en general. Bioturbación predominante entre 4 y 5.

Análisis Bioestratigráfico.

Se procesaron y analizaron 4 muestras de la Quebrada Agua Clara que mostraron una cronoestratigrafía correspondiente particularmente al Mioceno medio y más joven (ver análisis detallados más adelante). El **Mioceno medio** está representado por las muestras AC-047 y AC-042+070, donde la ocurrencia de *Globorotalia fohsi* es característica y que coloca estas muestras dentro del Mioceno medio, zonas planctónicas N. 10-N.11. Las muestras suprayacentes, más jóvenes AC-368 que tuvo un recobro pobre y AC-345 que no tuvo recobro, parecen indicar una edad no más joven que el **Mioceno tardío**, con base en la ocurrencia de *Bolivina sp*, presente en la muestra AC-368 que en los márgenes continentales colombianos no es más joven que la Zona planctónica N.16, de ahí que el intervalo comprendido por encima de la muestra AC-047 se le pueda asignar una edad de **Mioceno medio alto a Mioceno tardío**, zonas N.14 a N.16.

El ambiente sugerido por estas muestras es de talud superior, Duque, este trabajo.

Ambiente de Depósito

La sección estratigráfica de Agua Clara, representa la acumulación sobre un fondo marino en la parte del talud superior, de acuerdo a las evidencias encontradas: las asociaciones de foraminíferos presentes en las rocas sedimentarias de grano fino y los icnofósiles identificados tales como *condrites*.

Las asociaciones de facies encontradas en la sección de Agua Clara evidencian que la acumulación de sedimentos se realizó especialmente mediante turbiditas arenosas. El ambiente de depósito interpretado de

las facies presentes en la sección estratigráfica de Agua Clara es de turbiditas arenosas y conglomeráticas, separados por acumulaciones de depósitos hemipelágicos y turbiditas lodosas. Se destacan ambientes de canales de abanico medio los cuales forman canales amalgamados (Ver Figura 22), segmentos 1 - 4 - 13 - 14 - 21 y ambientes de abanicos exteriores distales.

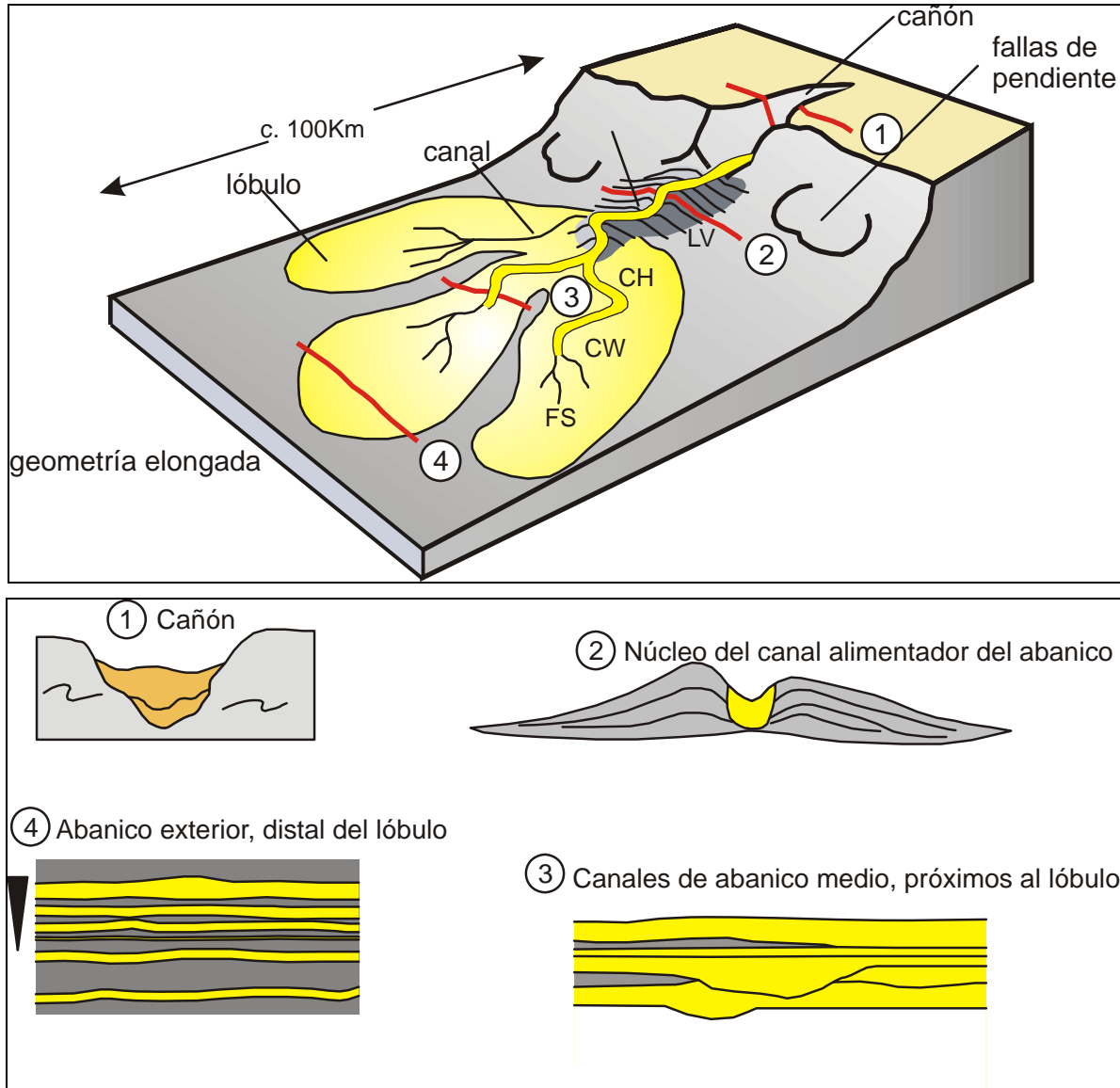


Figura 22. Modelo de sedimentación de una turbidita arenosa, el mayor ambiente de depósito de la Sección Agua Clara.

Columna Quebrada Grande (Ver Figura 23).

Descripción:

Segmento 1: Ubicado entre los metros 0 a 9 con un espesor de 9 metros en donde se observan capas gruesas a medias con forma subtabular, de una intercalación de lodolitas gruesas y capas medias de limolitas silíceas, presentan láminas de arenitas muy finas y capas muy delgadas y delgadas de calizas, con presencia de laminación plana paralela y algunas capas macizas. Son de color gris oscuro, la roca está fresca. En las capas de arcillolitas se encuentran restos de icnofósiles en general, fósiles en general y foraminíferos. Bioturbación que varía de 2 a 5.

Segmento 2: Ubicado entre los metros 9 a 37,2 con un espesor de 28,2 metros en donde se observan capas gruesas a delgadas con forma subangular, de una intercalación de lodolitas silíceas con capas delgadas de calizas y de arenita muy fina, algunas capas de lodolitas calcáreas, con presencia de laminación plana paralela y algunas capas macizas. De color gris oscuro, la roca está fresca. En las capas de limolitas y lodolitas se encuentran restos icnofósiles en general, fósiles en general y foraminíferos. Bioturbación entre 3 y 4.

Segmento 3: Segmento en parte cubierto localizado entre los metros 37,2 a 59,4 con un espesor de 22,2 metros, tres afloramientos el primero ubicado entre los metros 37,2 y 46,3 de espesor 9,1 metros, el segundo entre 50,9 metros y 51,6 metros con un espesor de 0,7 metros y el tercero entre 53,8 metros y 59,4 metros con un espesor de 5,6 metros. Se observan capas gruesas a delgadas con forma subangular, de una sucesión de lodolitas silíceas con capas medias a gruesas de limolitas y algunas capas delgadas de calizas y algunas lodolitas ligeramente calcáreas. Con presencia de laminación plana paralela, (*Ver Fotografía 137*). De color gris oscuro, la roca está fresca. En las capas de limolitas y lodolitas se encuentran restos icnofósiles en general, fósiles en general y foraminíferos. Bioturbación entre 3 y 5.



FOTOGRAFÍA: 137	FOTO DIGITAL: QG039+000 A	ACIMUT: 018°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 3.		

Segmento 4: Segmento en parte cubierto localizado entre los metros 59,4 a 97,5 con un espesor de 38,1 metros, tres afloramientos el primero ubicado entre los metros 59,4 y 77,9 de espesor 18,5 metros, el segundo entre 79,5 metros y 90 metros con un espesor de 10,5 metros y el tercero entre 93,1 metros y 97,5 metros con un espesor de 4,4 metros. Se observan capas muy gruesas a delgadas con forma subangular, de una sucesión de lodolitas silíceas con capas de limolitas y lodolitas y algunas capas de calizas, hacia el tope se observan capas de arenitas de grano muy fino. Con presencia de laminación plana paralela y plana no paralela continua. De color gris oscuro, la roca está fresca, con buen calibrado, con porosidad predominante buena, la roca es submadura. La composición corresponde principalmente a litoarenita. En las capas de limolitas y lodolitas se encuentran restos icnofósiles en general, fósiles en general y foraminíferos. Bioturbación entre 2 y 3.

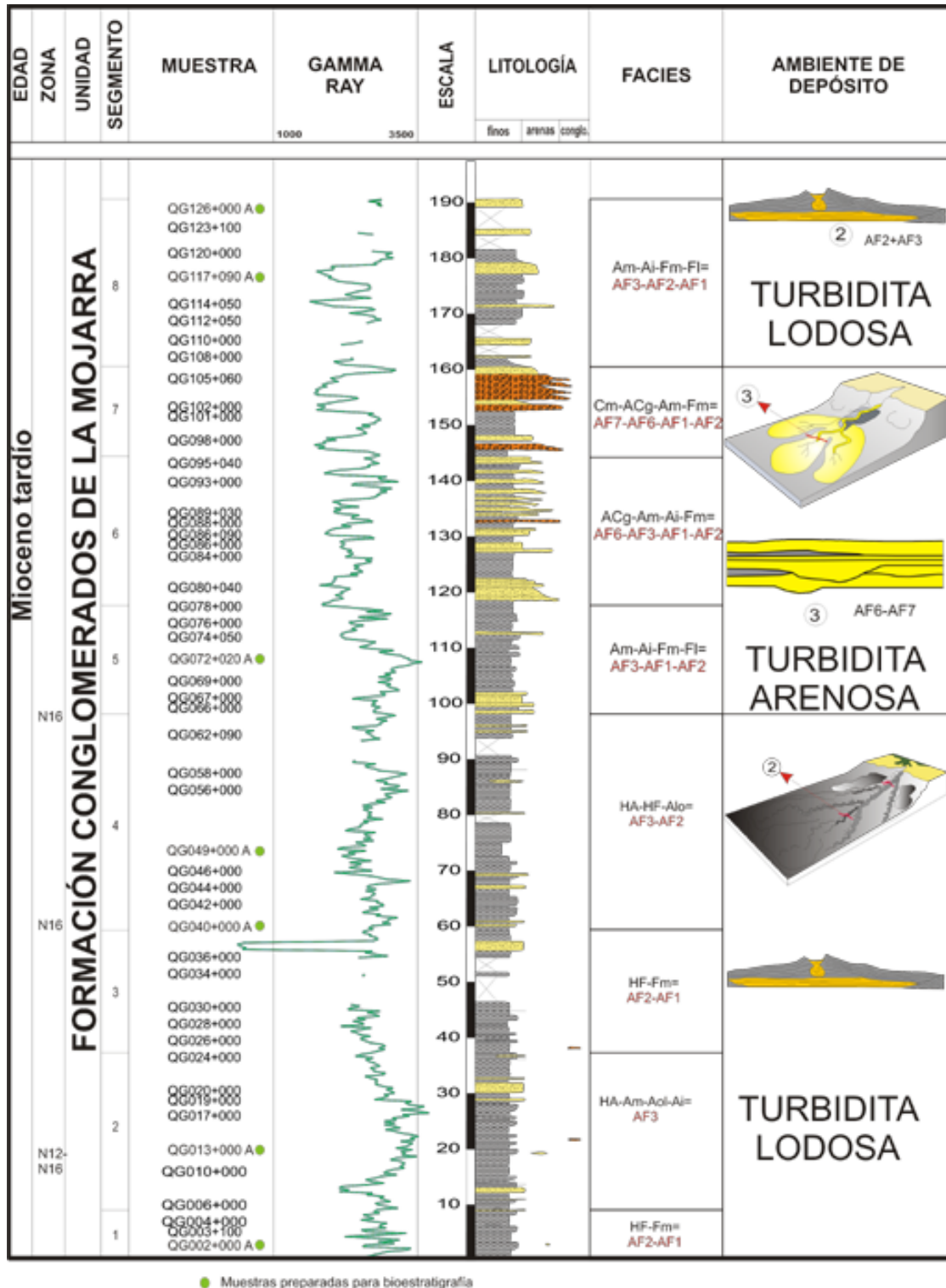


Figura 23. Sección estratigráfica de Quebrada Grande

Segmento 5: Segmento localizado entre los metros 97,5 a 117,4 con un espesor de 19,9 metros. Se observan capas con forma subangular, de una intercalación de lodolitas y limolitas silíceas algunas capas de arenitas de grano fino a medio. Con presencia de laminación plana paralela y plana no paralela continua. De color gris oscuro, la roca está fresca, con porosidad predominante buena. En las capas de limolitas y

lodolitas se encuentran restos icnofósiles en general, fósiles en general y foraminíferos. Bioturbación entre 2 y 3.

Segmento 6: Ubicado entre los metros 117,4 a 144,5 con un espesor de 27,1 metros en donde se observan capas granodecrecientes con forma tabular, de una intercalación de arenitas y lodolitas, las arenitas son granodecrecientes, a la base se observa una capa gruesa de limolita silíceas, (*Ver Fotografía 138*). Presencia capas macizas y en menor proporción lodolitas con laminación plana paralela. Las arenitas macizas varían de grano muy grueso a muy fino, color gris oscuro, la roca está fresca con buen calibrado, granos angulares a subangulares con porosidad predominante buena, la roca es inmadura. La composición corresponde principalmente a una arcosa. Bioturbación entre 1 y 3.



FOTOGRAFÍA: 138	FOTO DIGITAL: QG094+050 A	ACIMUT: 337°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 6.		

Segmento 7: Ubicado entre los metros 144,5 a 160,3 con un espesor de 15,8 metros, está parcialmente cubierto, se observan capas granodecrecientes con forma tabular, a la base de arenitas de grano muy fino a medio en la parte central lodolitas y hacia la parte superior una sucesión de conglomerados clasto y matriz soportados. Presencia capas macizas y en menor proporción lodolitas con laminación plana paralela, (*Ver Fotografía 139*). Las arenitas macizas varían de grano muy grueso a muy fino, color gris oscuro, la roca está fresca con calibrado que varía de muy pobre a moderado, granos angulares a subredondeados con porosidad predominante buena, la roca varía de inmadura a madura. La composición corresponde principalmente a una sublitoarenita. Bioturbación entre 2 y 4.



FOTOGRAFÍA: 139	FOTO DIGITAL: QG096+050 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 7.		

Segmento 8: Segmento en parte cubierto localizado entre los metros 160,3 a 190,5 con un espesor de 30,2 metros, 5 afloramientos el primero ubicado entre los metros 160,3 y 162,3 de espesor 2 metros, el segundo entre 164,3 metros y 165,5 metros con un espesor de 1,2 metros, el tercero entre 167,9 metros y 181,4 metros con un espesor de 13,5 metros, el cuarto entre 183,9 metros y 185,1 metros con un espesor de 1,2 metros y el Quinto entre 189 metros y 190,5 metros con un espesor de 1,5 metros. Se observan capas gruesas a delgadas con forma subtabular, de una sucesión de lodolitas y limolitas y algunas capas de arenitas de grano grueso a muy fino. Con presencia de laminación plana paralela y plana no paralela continua. De color gris oscuro ocasionalmente gris claro, la roca está fresca, con buen calibrado, granos angulares a subangulares, con porosidad predominante buena, la roca varía de inmadura a submadura. La composición corresponde principalmente con arcosas. En las capas de limolitas y lodolitas se encuentran restos icnofósiles en general, fósiles en general y foraminíferos. Bioturbación entre 1 y 3.

Análisis Bioestratigráfico

Se procesaron y analizaron 8 muestras de la Sección Quebrada Grande que mostraron una cronoestratigrafía correspondiente al **Mioceno tardío** donde las muestras QG-126 y QG-117+090 fueron estériles (ver análisis detallados más adelante). Las muestras QG-072+020, QG-049, QG-040, QG-024 y QG-013, presentaron la ocurrencia característica de *Globorotalia acostaensis*, *Gr. menardii* y *Gna. woodi* que identifican al **Mioceno tardío, Zona planctónica N.16**. La muestra QG-02, únicamente presentó la ocurrencia de espículas de equínidos que indican un ambiente intermareal de plataforma.

Ambiente de Depósito

La sección estratigráfica de la Quebrada Grande, representa la acumulación sobre un fondo marino en la parte del talud superior, de acuerdo a tres evidencias: las asociaciones de foraminíferos presentes en las rocas sedimentarias de grano fino, los icnofósiles identificados tales como *condrites*, los cuales fueron reconocidos en las muestras de mano recolectadas, estructuras sedimentarias típicas de turbiditas, p.e. estructuras en llama, sucesiones sedimentarias granodecrecientes tipo Bouma, también vistas en muestras de mano.

Las asociaciones de facies encontradas en la sección Quebrada Grande evidencian que la acumulación de sedimentos se realizó en una turbidita principalmente lodosa con influencia de una turbidita arenosa. La asociación facial más común en la sección Quebrada Grande es la AF2, caracterizada por turbiditas estratificadas delgadas y la cual hace parte del grueso del abanico (Ver Corte a, b y c de la Figura 19). La asociación facial AF1 representa depósitos hemipelágicos y de abanicos turbidíticos más distales. La asociación de facies AF3, representa rellenos de canales de gran extensión lateral, transportados por flujos densos, menguantes en el tiempo. Se encuentran ambientes de canales de abanico medio los cuales forman canales amalgamados de una turbidita arenosa (Ver Figura 22).

Columna estratigráfica de Malambo (Ver Figura 24).

Descripción

Segmento 1: Ubicado entre los metros 0 a 33 con un espesor de 33 metros, segmento principalmente cubierto con dos afloramientos, el primero ubicado entre los metros 0 y 12,3 de espesor 12,3 metros y el otro ubicado entre los metros 15,3 y 19,1 de espesor de 3,8 metros. Se observa principalmente capas muy gruesas con forma tabular de arcillolitas y limolitas con presencia de laminación plana paralela continua (**facies Fl**) ocasionalmente no paralela ondulosa continua y macizas (**facies Fm**), y en menor proporción una arenisca fina maciza (**facies Am**), el segmento presenta un color uniforme gris claro, (Ver Fotografía 140). La composición corresponde a una sublitoarenita. En algunas capas de limolitas se encuentran restos de fósiles en general. Bioturbación predominante de 3 y en menor proporción de 2.



FOTOGRAFÍA: 140	FOTO DIGITAL: QG017+000 A	ACIMUT: 330°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 1.		

Segmento 2: Ubicado entre los metros 33 a 63 con un espesor de 30 metros en donde se observan capas granodecrecientes muy gruesas a media con forma tabular, de una arenita que varía de leve a conglomerática hasta arenita de grano medio regularmente estratificada, con presencia de laminación plana paralela y capas macizas y en menor proporción lodolitas con laminación plana paralela, (Ver Fotografía 141). Las arenitas macizas varían de grano muy grueso a medio, color gris claro, la roca está fresca, con calibrado pobre hacia la base de los estratos donde predomina la arenisca conglomerática y variando a bueno según disminuye el tamaño de grano a medio, así mismo los granos varían de angular a subredondeados en los estratos según cambian de arenisca conglomerática a la base de estos y arenisca de grano medio, con porosidad predominante buena con variaciones a muy buena, la roca varía de inmadura a madura. La composición corresponde principalmente a litoarenita y en menor grado sublitoarenita. En los límites de las capas de areniscas y lodolitas se encuentran restos de icnofósiles y fósiles en general, y algunos foraminíferos. Bioturbación predominante entre 1 y 2.



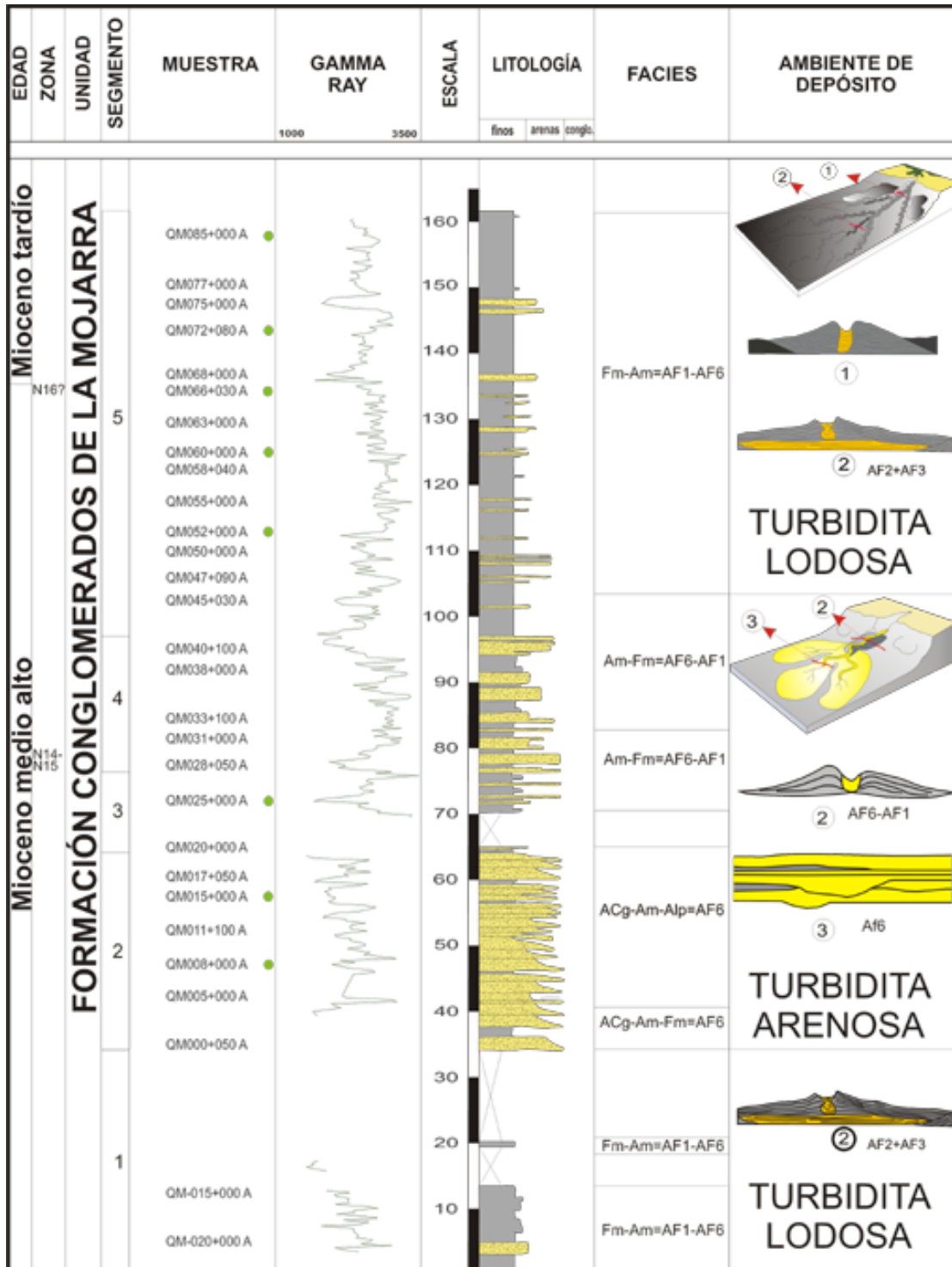
FOTOGRAFÍA: 141	FOTO DIGITAL: QM019+000 A	ACIMUT: 284°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 2.		

Segmento 3: Ubicado entre los metros 63 a 75,1 con un espesor de 12,2 metros. Segmento en parte cubierto con dos afloramientos, el primero ubicado entre los metros 63 a 63,9 de espesor 0,9 metros y el segundo ubicado entre los metros 69,1 a 75,1 de espesor 6 metros. Se observan capas medias con forma tabular, principalmente de lodolitas y limolitas regularmente estratificada, con presencia de laminación plana paralela y algunas capas con laminación planar cruzada acuñaada y en menor proporción areniscas macizas, (Ver Fotografía 142). Las arenitas macizas varían de grano muy grueso a muy fino, el segmento varía de color gris claro a gris oscuro la roca está fresca, las areniscas presentan un calibre pobre, granos subredondeados con porosidad buena, las areniscas son inmaduras. La composición corresponde a una litoarenita feldespática. Algunas lodolitas se encuentran restos de foraminíferos y fósiles en general. Bioturbación predominante 3 y en menor proporción 4.



FOTOGRAFÍA: 142	FOTO DIGITAL: QM025+000 A	ACIMUT: Detalle
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 3.		

Segmento 4: Ubicado entre los metros 75,1 a 95,9 con un espesor de 20,8 metros, en donde se observan capas muy gruesas a medias con forma tabular, de una arenisca regularmente estratificada, con presencia de laminación plana paralela y algunas capas macizas y lodolitas y limolitas con laminación plana paralela y en algunos casos plana no paralela discontinua, (Ver Fotografía 143). Las arenitas macizas varían de grano muy grueso a muy fino, el segmento presenta un color que varía de gris claro a gris oscuro, la roca está fresca, las areniscas presentan un calibre principalmente pobre y en menor proporción moderado y bueno, granos subangulares principalmente, con porosidad predominante muy buena con variaciones a regular y buena, la roca es principalmente madura hacia el tope es submadura. La composición corresponde principalmente a sublitoarenita y en menor grado litoarenita feldespática. En las capas de areniscas se encuentran restos *condrites* y *pellets*. La bioturbación predominante 1 y 2 y en menor proporción 3.



● Muestras preparadas para bioestratigrafía

Figura 24. Sección estratigráfica Malambo.



FOTOGRAFÍA: 143	FOTO DIGITAL: QM034+000 A	ACIMUT: 170°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 4.		

Segmento 5: Ubicado entre los metros 95,9 a 160,5 con un espesor de 64,6 metros en donde se observan capas gruesas y en menor proporción de espesor medio con forma tabular y esporádicamente lenticulares (hacia el tope), de una lodolita regularmente estratificada, con presencia de laminación plana paralela y algunas capas planar cruzada tabular y en menor proporción areniscas con laminación plana paralela, (Ver Fotografía 144). Las arenitas macizas varían de grano grueso a muy fino, el segmento en general presenta un color gris oscuro, la roca está fresca, las areniscas presentan un buen calibre con granos subangulares principalmente con variaciones a angulares y porosidad predominante regular con variaciones a buena, las areniscas son principalmente submaduras con variaciones a inmaduras. La composición corresponde a una litoarenita feldespática. En las capas de lodolitas y limolitas se encuentran restos de icnofósiles y fósiles en general, foraminíferos, *arenicolites*, icnofósiles horizontales e icnofósiles verticales. Bioturbación predominante de 4 y en menor proporción de 2.



FOTOGRAFÍA: 144	FOTO DIGITAL: QM067+000 A	ACIMUT: 220°
DESCRIPCIÓN: Afloramiento del segmento 5.		

Análisis Bioestratigráfico

Se procesaron y analizaron 9 muestras de la Quebrada Malambo que mostraron una cronoestratigrafía comprendida entre el Mioceno tardío y más joven, y el Mioceno medio alto, zonas planctónicas N.16 a N.

14 respectivamente (ver análisis detallados más adelante). El **Mioceno tardío y más joven** está representado por las muestras QM-085, QM-072+080 y QM-066 y el **Mioceno medio alto** por las muestras QM-060, QM-052, QM-025, QM-015 ld, QM-015 li y QM-008. El ambiente indicado por estas muestras es de talud superior. La estratigrafía correspondiente es correlacionable con la porción inferior de la Formación Sierra (Duque-Caro, 1990).

Ambiente de Depósito

La sección estratigráfica de la quebrada Malambo representa la acumulación sobre un fondo marino en la parte del talud superior, de acuerdo a tres evidencias: las asociaciones de foraminíferos presentes en las rocas sedimentarias de grano fino, la asociación de icnofósiles identificados tales como *condrites* y *zoophycus*, los cuales fueron reconocidos en las muestras de mano recolectadas, sucesiones sedimentarias granodecrecientes tipo Bouma, vistas en afloramiento y muestras de mano.

Las asociaciones de facies encontradas en la Sección de la Quebrada Malambo evidencian que la acumulación de sedimentos se realizó en una turbidita principalmente lodosa con influencia de una turbidita arenosa. La asociación facial más común en la sección quebrada grande es la AF2, caracterizada por turbiditas estratificadas delgadas y la cual hace parte del grueso del abanico (*Ver Corte a, b y c de Figura 19*). La asociación facial AF1 representa depósitos hemipelágicos y de abanicos turbidíticos más distales. La asociación de facies AF3, representa rellenos de canales de gran extensión lateral, transportados por flujos densos, menguantes en el tiempo (*Ver Corte b y c de Figura 19*). Se encuentran ambientes de canales de abanico medio los cuales forman canales amalgamados de una turbidita arenosa (*Ver Figura 22*).

5.4 INTERPRETACIÓN DE LOS REGISTROS DE RAYOS GAMMA

Se realiza una descripción general y relación entre los valores obtenidos de radiación gamma total, radiación espectral y el tipo de litología encontrada en cada sección, (Ver Anexo 11A).

De acuerdo a los valores obtenidos de los rayos gamma, las gráficas se escalaron de la siguiente manera: para el Torio (Th) de 0 a 14 ppm, 0 a 3 ppm para Potasio (K) y de 0 a 6 ppm para el Uranio (U), el conteo total de Gamma Ray se escala de 1000 a 3500 cpm, relación de curvas Th/K de 0 a 10, Th/U de 0 a 20 y K/U de 0 a 10.

5.4.1 Columna Malambo

Rango 1: Ubicado entre 0 a 33 con un espesor de 33 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 1, muestra una curva irregular aserrada sin una tendencia clara. Las curvas de relaciones K/U y Th/U presentan unos picos de valores altos al tope de la primera capa de limolita presente en este intervalo hacia el metro 5,3. (Ver Figura 25).

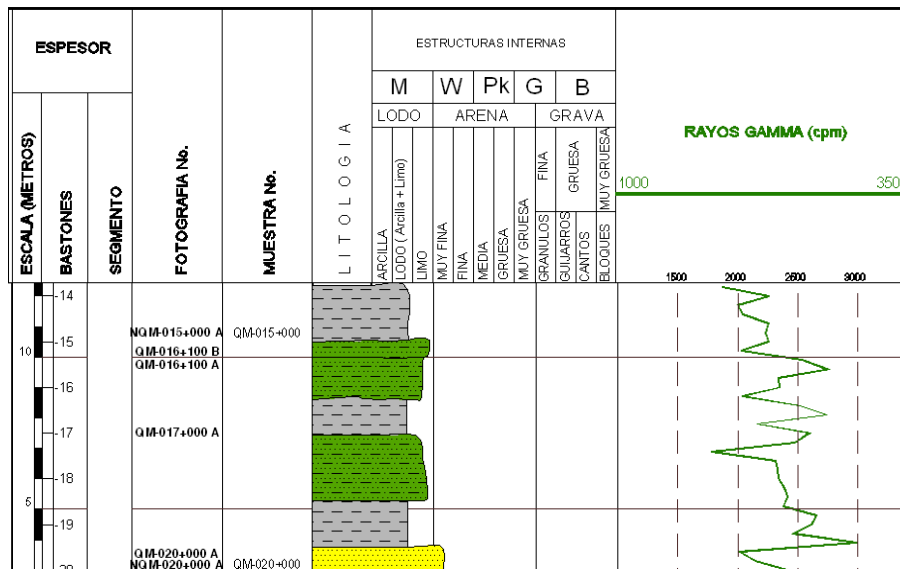


Figura 25. Parte del Rango de descripción de Gamma Ray 1, Columna Malambo.

Rango 2: Ubicado entre 33 a 63 con un espesor de 30 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 2, muestra una curva en forma de campana, las curvas de cada uno de los elementos (Th, K, U) no presentan anomalías y las curvas de relación K/U, Th/U reflejan picos de valores altos hacia el metro 58.5 que coincide con una capa de lodolita.

Rango 3: Ubicado entre 63 a 75,1 con un espesor de 12,1 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 3, muestra una curva irregular. Las curvas de los elementos y de las relaciones no presentan anomalías.

Rango 4: Ubicado entre 75,1 a 95,9 con un espesor de 20,8 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 4, muestra una curva irregular aserrada, las curvas de los elementos (Th, K, U) no presentan anomalías y las curvas de relación Th/U presenta algunos picos de valores altos; en las curvas K/U y Th/K no se observan anomalías. (Ver Figura 26).

Rango 5: Ubicado entre 95,9 a 160,5 con un espesor de 64,6 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 5, muestra una curva irregular. Las curvas de los elementos Th, K, U y de las relaciones K/U, Th/K, Th/U no presentan anomalías.

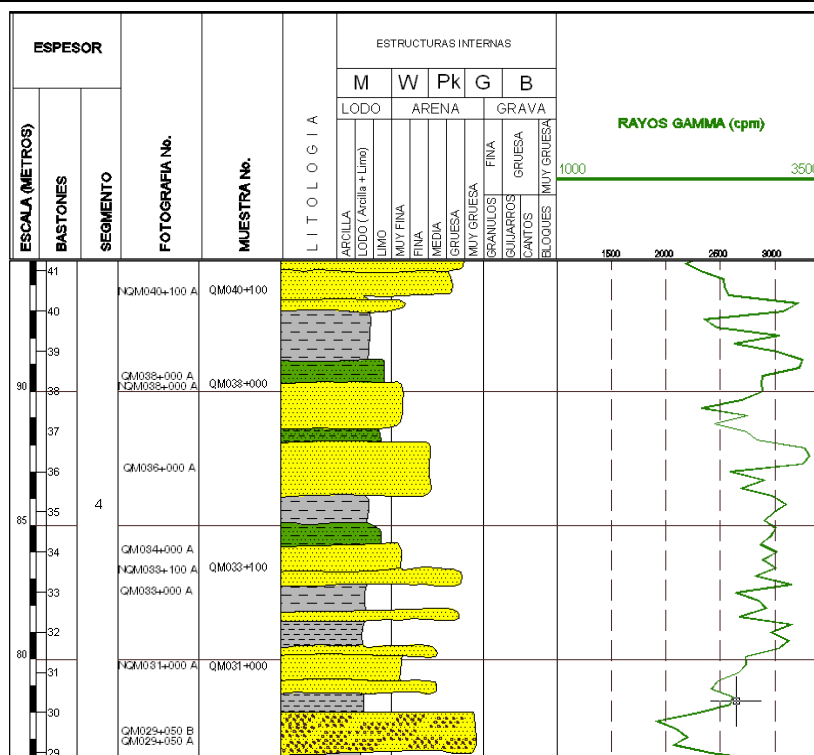


Figura 26. Rango 4 de descripción de Gamma Ray, Columna Malambo.

5.4.2 Columna Quebrada Grande.

Rango 1: Ubicado entre los metros 0 a 12,5 con un espesor de 12,5 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos 1 y el inicio del 2, muestra una curva en forma aserrada, encontrándose los picos mayores en las capas de limolita. En las curvas de relación K/U, Th/K y Th/U se observa que los picos correspondientes a valores altos de la relación Th/U concuerdan con los picos de valores bajos en la curva de Uranio y a la vez correspondiente a una capa de limolita en el metro 2,8, mientras que la curva de K/U se presenta homogénea y de valores muy bajos. (Ver Figura 27).

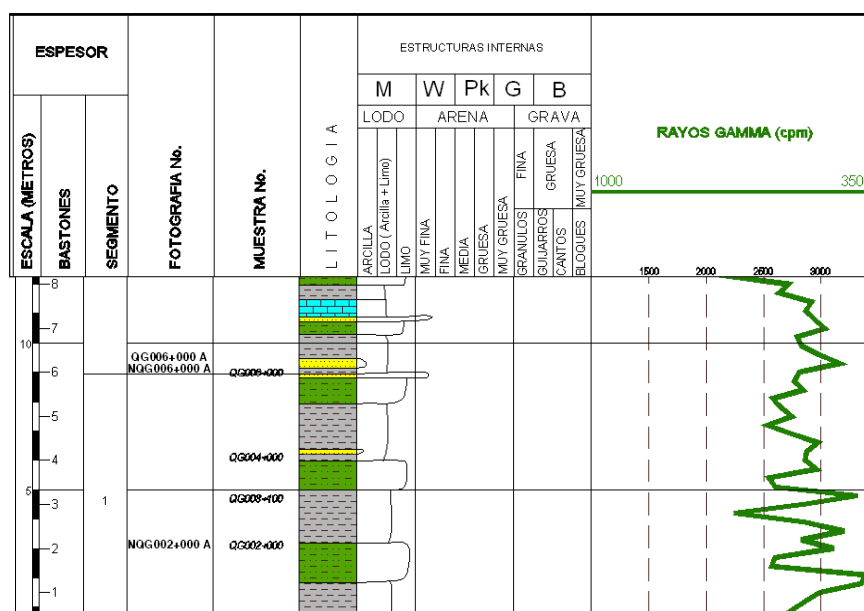


Figura 27. Parte del Rango 1 de descripción de Gamma Ray, Columna Quebrada Grande.

Rango 2: Ubicado entre los metros 12,5 a 23,5 con un espesor de 11 metros, comprende gran parte del segmento litoestratigráfico 2, muestra una curva en forma de embudo, encontrándose capas de limolita en la base de este segmento y haciéndose más lodosa hacia el tope del mismo. La curva de dispersión de los elementos Th, K y U, presentan un incremento en sus valores, las curvas de relación no muestran ninguna anomalía; son curvas correspondientes a los valores observados de cada uno de los elementos.

Rango 3: Ubicado entre los metros 23,5 a 46,3 con un espesor de 22,8 metros, comprende parte final del segmento litoestratigráfico 2 y parte del segmento 3, muestra una curva en forma de campana aserrada que se relacionaría con una disminución en el contenido de minerales arcillosos, las curvas de los elementos siguen la tendencia del segmento anterior manteniendo el incremento en los valores, al igual que las curvas de relación no muestran ninguna anomalía.

Rango 4: Ubicado entre los metros 46,3 a 59,4 con un espesor de 13,1 metros, comprende gran parte del segmento litoestratigráfico 3, muestra un pico correspondiente al valor mas bajo el cual coincide con una capa de arenita hacia el metro 55,8, hacia el tope de este intervalo los valores empiezan a aumentar, esta misma anomalía se presenta en las curvas de los elementos Th, K, U; Mientras que las curvas de relación K/U, Th/K y Th/U nos indican un aumento en sus valores.

Rango 5: Ubicado entre los metros 59,4 a 69,5 con un espesor de 10,1 metros, comprende parte del segmento litoestratigráfico 4, muestra una curva en forma irregular y hacia el tope de este segmento se observa el cambio cuando se pasa de una arena a lodo y vuelve a arena. Las curvas de los elementos no cambia siguen mostrando la misma tendencia de los segmentos anteriores; las curvas de relaciones siguen indicando los valores mas altos en la relación Th/U y los valores mas bajos para K/U.

Rango 6: Ubicado entre 69,5 a 84,5 con un espesor de 15 metros, comprende parte del segmento litoestratigráfico 4, muestra una curva en forma de campana, esta sucesión probablemente nos indica un aumento en el contenido de minerales arcillosos, mientras que las curvas de los elementos Th, K, U y las de relaciones K/U, Th/K y Th/U, no presentan anomalías o cambios en sus tendencias.

Rango 7: Ubicado entre 84,5 a 90 con un espesor de 5,5 metros, comprende el final del segmento litoestratigráfico 4 y parte del 5, muestra una curva en forma irregular sin tendencia clara y las curvas de los elementos y relaciones siguen igual que los segmentos anteriores. (Ver Figura 28)

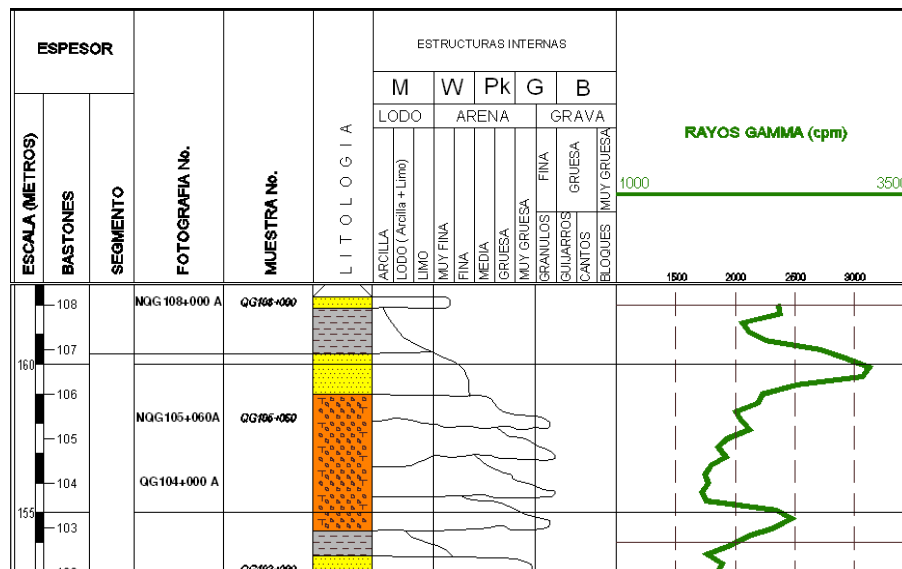


Figura 28. Rango 7 de descripción de Gamma Ray, Columna Quebrada Grande.

Rango 8: Ubicado entre 90 a 107,5 con un espesor de 17,5 metros, comprende la parte final del segmento litoestratigráfico 4 y gran parte del 5, muestra una curva en forma de campana, mientras que las curvas de

los elementos y de relaciones sigue siendo igual; solo que a la altura del metro 105,8 un pico que indica un valor bajo de U se ve reflejado en un pico de valores altos en las curvas de K/U y Th/U.

Rango 9: Ubicado entre 107,5 a 117,4 con un espesor de 9,9 metros, comprende gran parte del segmento litoestratigráfico 5, muestra una curva en forma de embudo, las curvas de los elementos y de relaciones siguen igual.

Rango 10: Ubicado entre 117,4 a 154 con un espesor de 36,6 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 6 y el inicio del 7, muestra una curva en forma irregular, donde la capa de arena presente casi al tope del segmento refleja valores bajos de gamma y también de cada uno de los elementos Th, K, U. Las curvas de relaciones por el contrario muestran picos de valores altos justo en la base de las capas de arena, se presentan algunas campanas y embudos que no están completamente formados y que reflejan cambios fuertes de arena - lodo.

Rango 11: Ubicado entre 154 a 162 con un espesor de 8 metros, comprende el final del segmento litoestratigráfico 7 y el inicio del 8, muestra una curva en forma de campana, y las curvas de los elementos y de relaciones no presentan ninguna anomalía.

Rango 12: Ubicado entre 162 a 190,5 con un espesor de 28,5 metros, comprende gran parte del segmento litoestratigráfico 8, muestra una curva en forma de campanas y embudos asimétricos e irregulares en donde las capas de arena nos indican valores bajos de gamma y las curvas de los elementos y de relaciones no presentan anomalías.

5.4.3 Columna Siguirisua

Rango 1: Ubicado entre 0 a 16,8 con un espesor de 16,8 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 1, muestra una curva aserrada sin una clara tendencia, la curva de Th y K nos muestra una tendencia a disminuir al tope del intervalo, mientras que e U no refleja ninguna anomalía. Las curvas de relación indican que para K/U los valores son muy bajos mientras que para Th/K y Th/U los valores son altos hacia la base y decrecen hacia el tope de este intervalo, las cuales indican aumento en el contenido de U.

Rango 2: Ubicado entre 16,8 a 128,5 con un espesor de 111,5 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 2 hasta el 5, muestra una curva irregular sin una tendencia clara, hacia el tope en el metro 121 hasta 125 presenta forma de embudo seguido de una forma de campana, las curvas de los elementos Th, K, no presentan anomalías, mientras que el U fluctúa entre valores bajos y altos viéndose reflejado en los picos de valores altos en la curva de relación Th/U, la curva K/U presenta valores bajos.

Rango 3: Ubicado entre 128,5 a 176 con un espesor de 47,7 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 6 hasta el inicio del 8, muestra una curva en forma moderadamente irregular, la curva de elementos nos indica que el Th a incrementado y los valores de K y U se han mantenido. Las curvas de relación no presentan anomalías.

Rango 4: Ubicado entre 176 a 219,9 con un espesor de 44,8 metros, comprende gran parte del segmento litoestratigráfico 8 hasta el 9, muestra una curva irregular con un pico de máximo valor para este segmento hacia el tope lo cual se asocia a una capa muy delgada de arenita; las curvas de Th y K decrecen hacia el tope mientras que la curva de U no presenta anomalía. La curva de relación K/U nos indica valores bajos, la relación Th/K decrece hacia el tope del intervalo y la curva de Th/U muestra unos picos de valores altos que se pueden asociar a unas capas muy delgadas de arenita presente en este segmento.

Rango 5: Ubicado entre 219,9 a 266,1 con un espesor de 46,1 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos 10 y 11, muestra una curva aserrada irregular sin tendencia clara, las curvas de los elementos Th, K, U y las de relaciones K/U, Th/K y Th/U no presentan anomalías.

Rango 6: Ubicado entre 266,1 a 326,5 con un espesor de 60,3 metros, comprende los segmentos 12 y 13, muestra una curva irregular, donde el pico de valor mas bajo coincide con una capa de lodolita que al igual presenta los valores mas bajos en las curvas de Th, K, U y de relación K/U, Th/K y Th/U.

Rango 7: Ubicado entre 326,5 a 359,5 con un espesor de 33,2 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos 14 y 15, muestra una curva irregular incrementándose los valores hacia el tope, la curva de Th se presenta igual con incremento de valores hacia el tope, la curva de K no muestra ninguna anomalía y la curva de U refleja valores bajos. Las curvas de relación reflejan para K/U valores bajos, para Th/K ninguna anomalía y Th/U algunos picos de valores altos para capas de limolita. (Ver Figura 29).

Rango 8: Ubicado entre 359,5 a 376,2 con un espesor de 15,8 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 16 y el inicio del 17, muestra una curva aserrada, las curvas de Th, K, U y las de relaciones K/U, Th/K, Th/U no presentan anomalías.

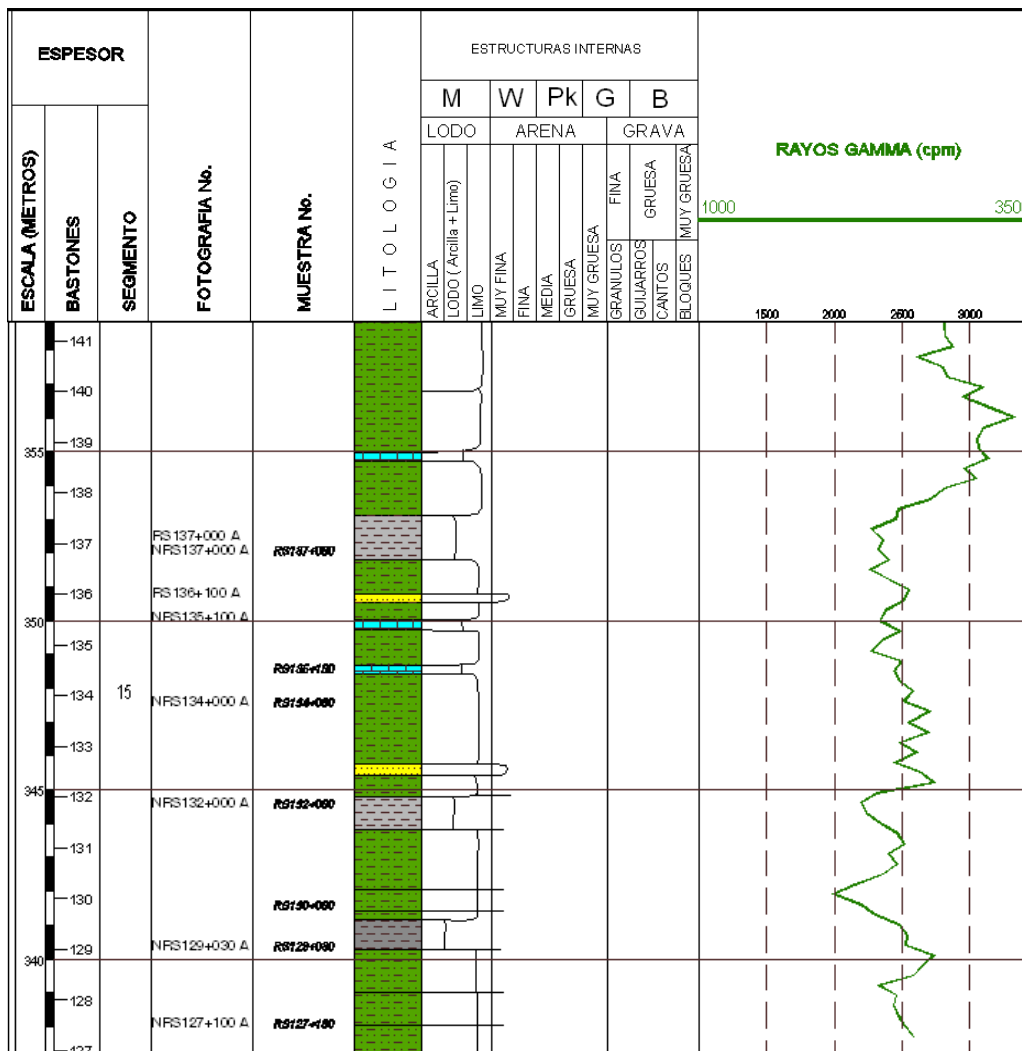


Figura 29. Rango 7 de descripción de Gamma Ray, Columna Siguirisua.

Rango 9: Ubicado entre 376,2 a 441,2 con un espesor de 65,8 metros, comprende gran parte del segmento litoestratigráfico 17 y el segmento 18, muestra una curva aserrada irregular, las curvas de Th, K y U hacia la base presentan un pico de valor menor en una capa de lodolita. Las curvas de relación K/U, Th/K, Th/U igual hacia la base presenta valores bajos y para las curvas K/U y Th/U reflejan un pico de valor alto hacia el metro 420.5 en una capa de limolita. (Ver Figura 30).

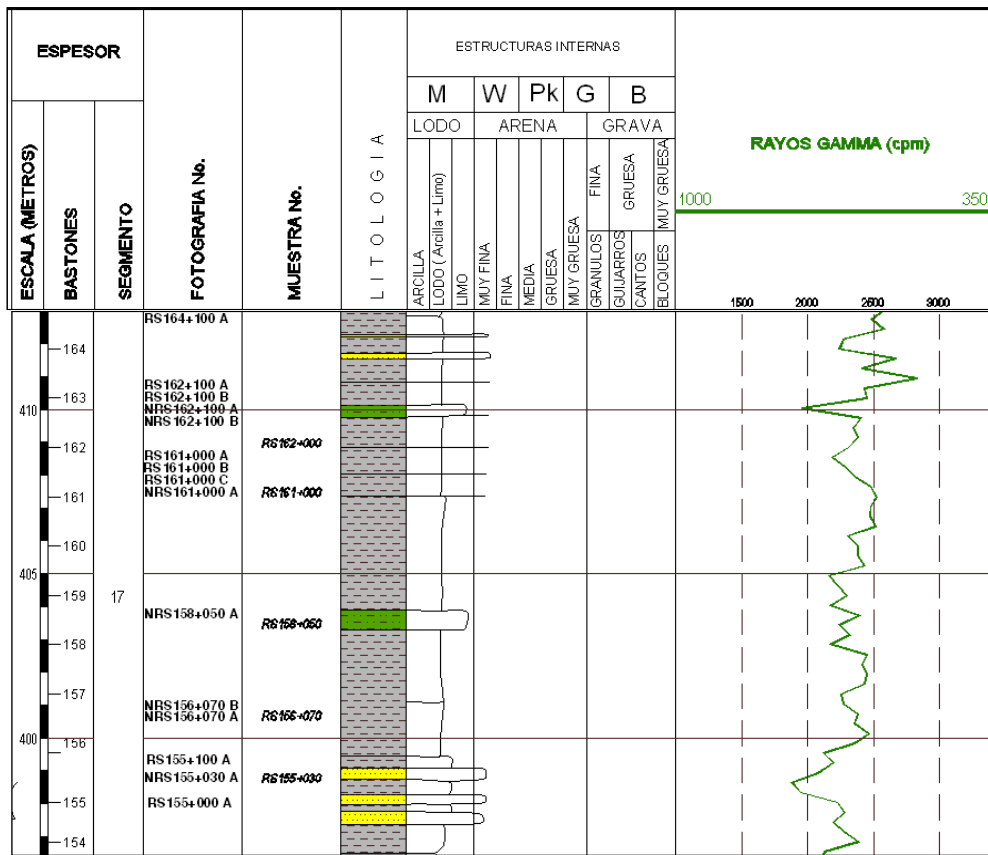


Figura 30. Parte del Rango 9 de descripción de Gamma Ray, Columna Siguirisua.

Rango 10: Ubicado entre 441,2 a 573,1 con un espesor de 132 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos 19, 20 y 21, muestra una curva aserrada irregular, donde la curva de U presenta picos bajos reflejados en la curva de relación Th/U, que coinciden con capas de lodolita.

Rango 11: Ubicado entre 573,1 a 652,4 con un espesor de 78,4 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 22 y el inicio del 23, muestra una curva irregular sin una tendencia clara, las curvas de los elementos Th y U muestran picos de valores altos, las curvas de relaciones no presentan anomalías.

Rango 12: Ubicado entre 652,4 a 706,5 con un espesor de 54,1 metros, comprende parte del segmento litoestratigráfico 23, muestra una curva en forma de campana aserrada, la curve de Th presenta valores altos, mientras que la curva de U refleja valores bajos. Las curvas de relaciones siguen indicando valores bajos para K/U y valores altos para Th/K y Th/U.

Rango 13: Ubicado entre 706,5 a 732,3 con un espesor de 25,8 metros, comprende parte del segmento litoestratigráfico 23, muestra una curva aserrada sin forma definida. Las curvas no presentan anomalías.

Rango 14: Ubicado entre 732,3 a 745,9 con un espesor de 13,6 metros, comprende parte del segmento litoestratigráfico 23, muestra una curva aserrada irregular, las curvas de los elementos no muestran anomalías. En las curvas de relación K/U y Th/U se refleja un pico de valor alto perteneciente a una capa de lodolita.

Rango 15: Ubicado entre 745,9 a 782,8 con un espesor de 13,4 metros, comprende parte del segmento litoestratigráfico 23, muestra una curva aserrada irregular sin tendencia clara, la curva de U presenta un pico de menor valor, mientras que las curvas de Th y K no muestran anomalías. Las curvas de relaciones no reflejan anomalías.

Rango 16: Ubicado entre 782,8 a 796,4 con un espesor de 2,4 metros, comprende parte del segmento litoestratigráfico 23, muestra una curva aserrada. Las curvas de los elementos Th, K, U y las curvas de relaciones K/U, Th/K, Th/U no presentan anomalías.

Rango 17: Ubicado entre 796,4 a 818,4 con un espesor de 6,3 metros, comprende el final del segmento litoestratigráfico 23, muestra una curva aserrada irregular, las curvas de los elementos Th, K, U no presentan anomalías; la curva de relación Th/U muestra un pico de valor alto que corresponde con una capa de lodolita.

Rango 18: Ubicado entre 818,4 a 892,3 con un espesor de 12,5 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 24 y parte del 25, muestra una curva aserrada irregular que a partir del metro 884.2 incrementa los valores. Las curvas de los elementos (Th, K, U) y las de relaciones (K/U, Th/K, Th/U) no muestran anomalías.

Rango 19: Ubicado entre 892,3 a 969,3 con un espesor de 63,2 metros, comprende gran parte del segmento litoestratigráfico 25 y los segmentos 26 y 27, muestra una curva aserrada irregular donde hacia los metros 935 y 946 incrementa su valor. Las curvas de los elementos Th, K, U siguen un patrón estable; en el metro 935 las curvas de Th y K reflejan un pico de valores altos, mientras que la curva de U refleja un pico de valor bajo. Las curvas de relaciones de K/U, Th/K, Th/U presentan picos de valores altos igual en el metro 935 que corresponde a una capa de lodolita.

5.4.4 Columna Agua Clara.

Rango 1: Ubicado entre 0 a 30,2 con un espesor de 30,2 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos 1 y 2, muestra una curva irregular que refleja valores intermedios a bajos. Las curvas de los elementos Th, K, U no presentan anomalías. Las curvas de relaciones K/U, Th/K y Th/U, presentan un pico de valor alto hacia el metro 27,4 justo cuando en la litología se pasa de una capa de lodolita a la primera capa de grava presente en este intervalo.

Rango 2: Ubicado entre 30,2 a 120 con un espesor de 89,8 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos 3, 4, 5 y parte final del segmento 6, muestra una curva en forma de campana en donde pasamos de base a techo de una litología arenosa a lodosa. Las curvas de los elementos Th, K, U siguen el mismo patrón y no se presentan anomalías. Las curvas de relaciones indican los valores bajos para la curva K/U y valores altos para la relación Th/U.

Rango 3: Ubicado entre 120 a 124 con un espesor de 4 metros, comprende la parte final del segmento litoestratigráfico 6 y el inicio del 7, muestra una curva en forma de campana con cambio brusco a la base, gradación normal. Las curvas de los elementos de Th y K reflejan el cambio brusco hacia la base con disminución en los valores, los valores de la curva de U son bajos. Las curvas de relación K/U, Th/K y Th/U presentan un pico de valor alto hacia el metro 129,8. la relación Th/U indica un aumento en el electo Th con respecto a U reflejando acumulación de minerales pesados posiblemente en un paleocanal.

Rango 4: Ubicado entre 124 a 157 con un espesor de 33 metros, comprende parte del segmento litoestratigráfico 7, muestra una curva irregular sin tendencia clara. Las curvas de los elementos Th, K, U no presentan anomalías. Las curvas de relaciones K/U, Th/K y Th/U siguen con el mismo patrón de los segmentos anteriores.

Rango 5: Ubicado entre 157 a 199,5 con un espesor de 42,5 metros, comprende la parte final del segmento litoestratigráfico 7, muestra una curva en forma de campana presentando valores altos hacia la base de este intervalo; las curvas de los elementos Th, K, U y las de relaciones K/U, Th/K, Th/U siguen el patrón de los segmentos anteriores; presentándose picos de valores altos en la curva de relación Th/U. (Ver Figura 31).

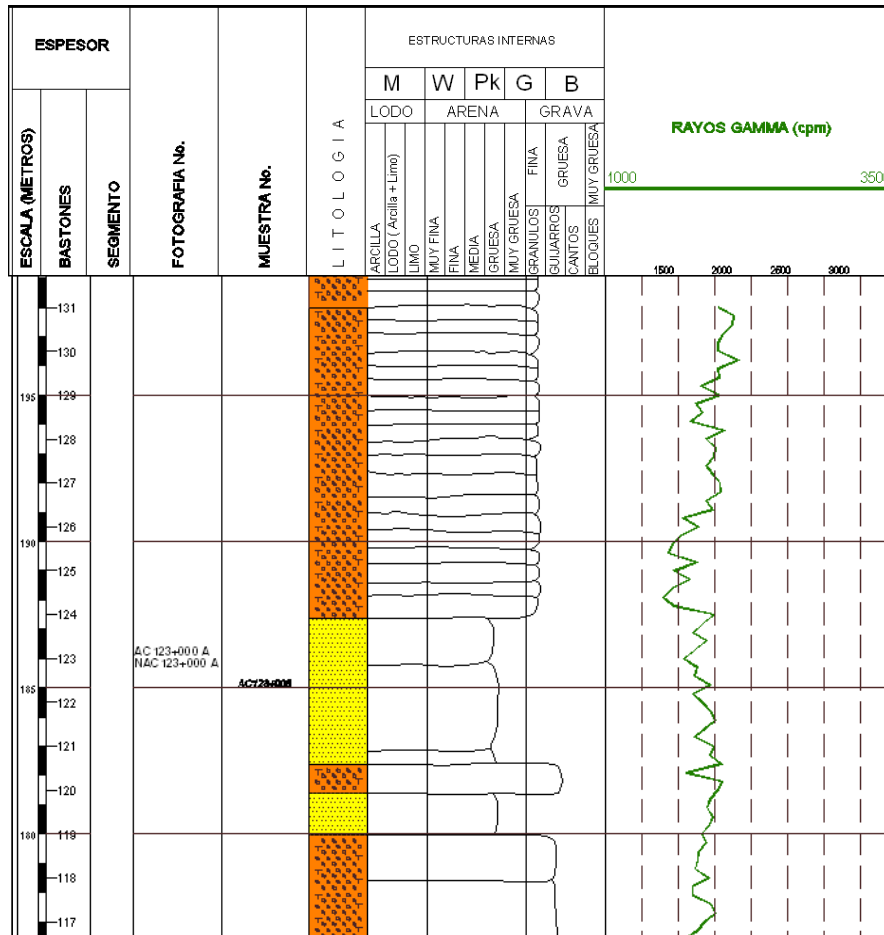


Figura 31. Parte del Rango 5 de descripción de Gamma Ray, Column Agua Clara.

Rango 6: Ubicado entre 199,5 a 247,5 con un espesor de 48 metros, comprende gran parte del segmento litoestratigráfico 8, muestra una curva en general irregular aserrada pero con tramos donde se presenta una tendencia a embudo con irregularidades. Las curvas de los elementos Th, K, U continua con el patrón de los segmentos anteriores. Las curvas de las relaciones K/U, Th/K y Th/U presentan picos de valores altos en la capa de lodolita presente hacia el metro 242,8.

Rango 7: Ubicado entre 247,5 a 309,2 con un espesor de 61,7 metros, comprende el final del segmento litoestratigráfico 8 y el inicio del segmento 9, muestra una curva en forma de pequeño embudo y con el mismo patrón para las curvas de elementos (Th, K, U) y las de relaciones (K/U, Th/K, Th/U).

Rango 8: Ubicado entre 309,2 a 336 con un espesor de 26,8 metros, comprende gran parte del segmento litoestratigráfico 9 y el inicio del 10, muestra una curva que forma dos campanas. Las curvas de los elementos (Th, K, U) continúan con el mismo patrón al igual que las curvas de relaciones (K/U, Th/K, Th/U).

Rango 9: Ubicado entre 336 a 371,8 con un espesor de 35,8 metros, comprende gran parte del segmento litoestratigráfico 10 y el segmento 11, muestra una curva irregular. Las curvas de Th, K, U y de las relaciones K/U, Th/K siguen con el mismo patrón de los segmentos anteriores, mientras que la curva Th/U incrementa los picos de valores altos.

Rango 10: Ubicado entre 371,8 a 533,2 con un espesor de 161,4 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos 12, 13, 14 y parte del final del segmento 15, muestra una curva irregular. Las curvas de Th, K, U y de relaciones K/U, Th/K, Th/U siguen las tendencias de los segmentos anteriores.

Rango 11: Ubicado entre 533,2 a 581,3 con un espesor de 48,1 metros, comprende el final del segmento litoestratigráfico 15 y el segmento 16, muestra una curva irregular disminuyendo sus valores hacia el tope del intervalo reflejando formas de campana y embudo, lo que indica disminución de minerales arcillosos. En este segmento la curva de U baja sus valores lo que se ve reflejado en la curva de relación Th/U que presenta picos de valores altos. Las curvas Th, K, K/U, Th/K continúan igual que los segmentos anteriores. (Ver Figura 32).

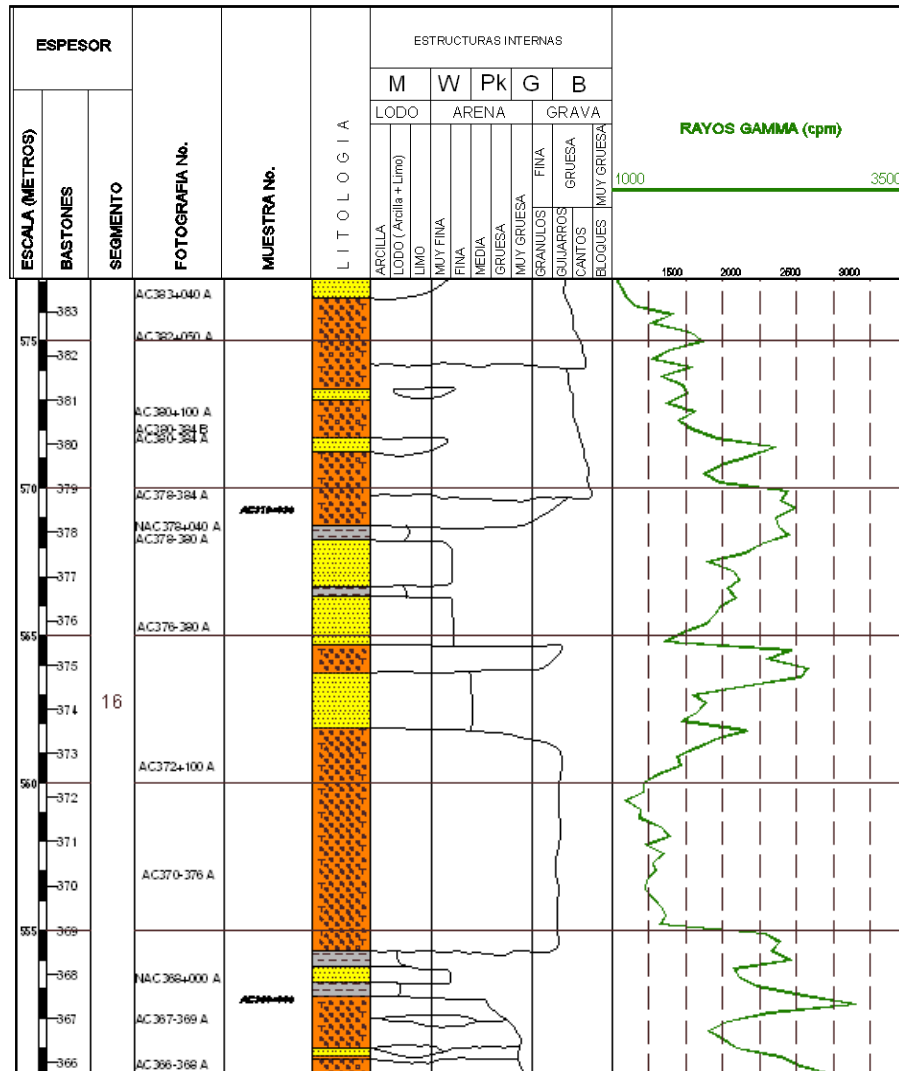


Figura 32. Parte del Rango 11 de descripción de Gamma Ray, Columna Agua Clara.

Rango 12: Ubicado entre 581,3 a 703,2 con un espesor de 121,9 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos 17, 18 y parte del final del segmento 19, muestra una curva irregular aserrada que incrementa su valor en el metro 673,5 y deja ver algunos embudos y campanas. Las curvas de los elementos (Th, K, U) y de las relaciones (K/U, Th/K, Th/U) continúan igual que en el segmento anterior.

Rango 13: Ubicado entre 703,2 a 769.9 con un espesor 66,7 metros, comprende el final del segmento litoestratigráfico 19 y los segmentos 20, 21 y 22, muestra una curva irregular aserrada. Las curvas de los elementos (Th, K, U) y de las relaciones (K/U, Th/K, Th/U) continúan igual.

5.4.5 Columna Ladrilleros

Rango 1: Ubicado entre 0 a 36 con un espesor de 36 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos 1, 2, 3, 4, 5 y el inicio del 6, muestra una curva aserrada irregular con aumento de los valores de Gamma Ray. Las curvas de los elementos Th, K, U y las curvas de relaciones K/U, Th/K no muestran anomalías, mientras que la curva Th/U presenta algunos picos que reflejan valores altos de la relación.

Rango 2: Ubicado entre 36 a 46,8 con un espesor de 10,8 metros, comprende parte del segmento litoestratigráfico y el segmento 7, muestra una curva en forma de campana aserrada que posiblemente nos indican un aumento en la cantidad de minerales arcillosos. Las curvas de los elementos Th, K, U y las de relaciones K/U, Th/K y Th/U no presenta anomalías. (Ver Figura 33).

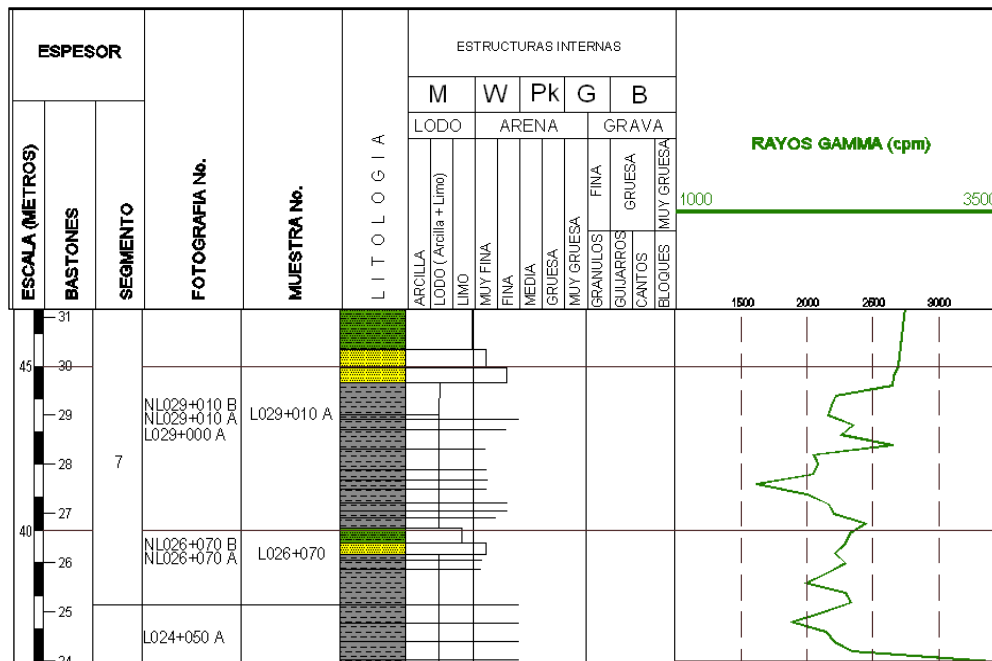


Figura 33. Rango 2 de descripción de Gamma Ray, Columna Ladrilleros.

Rango 3: Ubicado entre 46,8 a 62 con un espesor de 15,2 metros, comprende el segmento litoestratigráfico 8, 9, 10, 11 y parte del inicio del 12, muestra una curva irregular sin tendencia clara en donde se presentan valores altos hacia la base de este intervalo. Las curvas de los elementos no reflejan anomalías; en las curvas de relaciones se presentan anomalías de valor bajo en la curva Th/K y de valores altos en Th/U.

Rango 4: Ubicado entre 62 a 78,3 con un espesor de 16,3 metros, comprende gran parte del segmento 12, y los segmentos 13 y 14, muestra una curva en forma de campana, y las curvas de los elementos y de relaciones se comparten de igual manera que en el segmento anterior.

Rango 4: Ubicado entre 62 a 78,3 con un espesor de 16,3 metros, comprende gran parte del segmento 12, y los segmentos 13 y 14, muestra una curva en forma de campana, y las curvas de los elementos y de relaciones se comparten de igual manera que en el segmento anterior.

Rango 5: Ubicado entre 78,3 a 118,2 con un espesor de 39,9 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos 15, 16, 17, 18, 19 y 20, muestra una curva aserrada irregular donde los valores de Gamma Ray incrementa hacia el tope de este intervalo y reflejando algunas campanas. Las curvas de los elementos de K y U presentan una disminución en sus valores en un intervalo que va desde el metro 83.2 a 85.5, las curvas de Th y de relaciones K/U, Th/K, Th/U no presenta anomalías.

Rango 6: Ubicado entre 118,2 a 405 con un espesor de 286,8 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos del 21 al 39, muestra una curva irregular en donde no se observan cambios bruscos solo

leves aumentos y una disminuciones. Las curvas de los elementos Th, K se presentan sin anomalía hasta el metro 328,5 donde los valores disminuyen presentando un cambio brusco en la curva, esto mismo sucede hacia el metro 384,3; la curva de U no refleja anomalía. Las curvas de relaciones K/U, Th/K no presentan anomalías, mientras que la curva Th/U presenta picos de valores altos lo cual nos indica disminución en los valores de U. (Ver Figura 34).

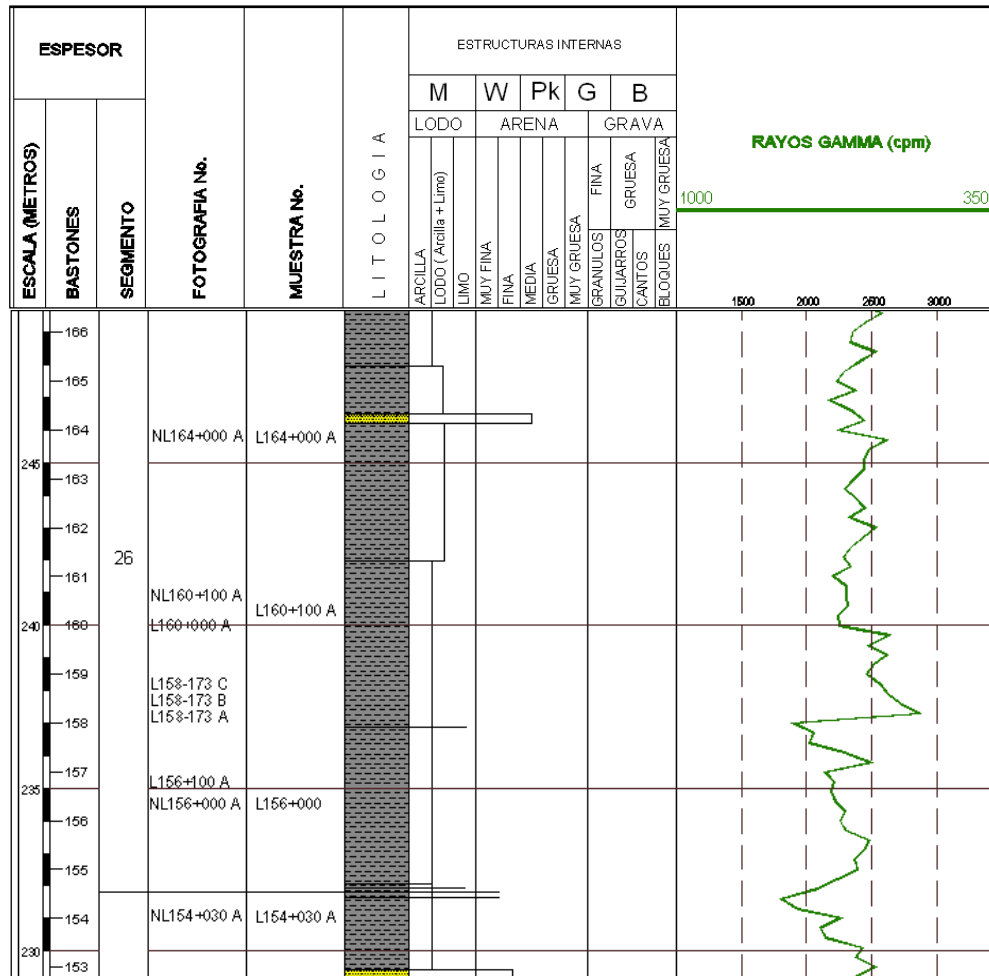


Figura 34. Parte del Rango 6 de descripción de Gamma Ray, Columna Ladrillos.

Rango 7: Ubicado entre 405 a 442 con un espesor de 37 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos 40, 41, 42, muestra una curva levemente aserrada que nos indica el aumento y la disminución de minerales arcillosos y en ocasionalmente campanas y embudos, la curva de U inicia con valores altos y hacia el tope del intervalo disminuye sus valores. Las curvas de Th, K, K/U, Th/K, Th/U no presentan anomalías.

Rango 8: Ubicado entre 442 a 645 con un espesor de 203 metros, comprende los segmentos litoestratigráficos del 43 al 52, muestra una curva aserrada irregular que coincide con la litología presente en este intervalo. La curva de K incrementa sus valores a partir del metro 517,2; las curvas de Th y U continúan con la tendencia de los segmentos anteriores. Las relaciones K/U, Th/K y Th/U reflejan valores bajos y sin anomalías.

6 GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

Aspectos de los principales parámetros en la prospección del Petróleo como roca fuente, reservorio y trampas (*Ver Figura 11*), observados directamente en el campo serán analizados brevemente, aclarando que son apreciaciones visuales que necesitan comprobación por métodos más precisos (Geoquímica, Petrofísica, Petrografía, etc.). En la zona estudiada el basamento económico está representado por el Grupo Dagua que comprende las Formaciones Cisneros y Espinal y el Grupo Diabásico; estos grupos representan el Cretácico de la zona (Repsol, 1996). Al norte de la zona de estudio, el basamento económico está representado por rocas volcánicas básicas, incluyendo basaltos y lavas del Cretácico y del Paleógeno con intercalaciones de sedimentitas: lavas intermedias a básicas, arenitas turbidíticas, shales, chert y calizas que conforman la Serranía del Baudó.

La secuencia que infrayace las unidades aflorantes en el presente estudio, puede contener rocas potencialmente almacenadoras o generadoras. Debajo de los extensos cuaternarios encontrados en los levantamientos estratigráficos, también se pueden presentar secuencias arenosas y lodosas, que eventualmente podrían servir de reservorios o roca fuente.

6.1 ROCA GENERADORA

En el campo, solo fueron observadas rocas de edad Mioceno a más jóvenes. De estas unidades, la Formación Condoto, es la posible mejor unidad generadora a encontrada en el presente estudio. Las rocas sedimentarias de esta unidad pueden contener materia orgánica derivada de organismos marinos, lo cual definiría el posible tipo de kerógeno que se produciría (tipo II - III).

La mayoría de las lodolitas de la Formación Condoto presentan colores claros, lo que supone bajo contenido de materia orgánica, sin embargo evidencias de eventos anóxicos, o por lo menos disóxicos durante la sedimentación se establecen al observar de manera recurrente al icnofósil condrites. Por otro lado altas tasas de sedimentación son sugeridas por el espaciamiento de los ramales del icnofósil *zoophycus*, lo cual no es favorable para la preservación de la materia orgánica, ya que esta tiende a diluirse ante las altas tasas de sedimentación.

Eventualmente, según el nivel de madurez alcanzado (tiempo - temperatura), podrían considerarse con capacidad para generar gas. Sin embargo, es posible debido al modelo sedimentario turbidítico definido, que existan delgados niveles con alta concentración de materia orgánica asociados a secciones condensadas?, picos altos de gamma ray obtenidos en campo, pueden sugerir niveles de mayor concentración de la materia orgánica (*Ver Capítulo 5.4*).

La Formación Istmina, presenta sedimentos marinos, los cuales contienen materia orgánica que definen Kerógenos tipo III, pero en general los sedimentos son más limosos respecto a la Formación Condoto.

Dentro de las unidades que no fueron observadas en campo se debe referenciar a la Formación Iró del Paleoceno - Eoceno constituida por chert, arcillolitas silíceas, arcillolitas negras, arenitas y calizas con un espesor estimado de 2.500 metros, la cual es considerada, como la roca generadora de la región (Repsol, 1996). Datos de contenido de materia orgánica (TOC), en esta unidad han sido considerados regulares a buenos ANH (2007); el tope de la Formación Iró debería encontrarse entre 1.300 metros de profundidad en el área del Anticlinal de Capirito (*Ver Corte A - A', Anexo 9*).

6.2 RESERVORIO

En general las rocas aflorantes potencialmente reservorio en el área, corresponden a la Formación Conglomerados de la Mojarra, cuya porosidad estimada visualmente es regular a pobre, la cual presenta abundantes capas de arenas con espesores variables con baja extensión lateral. No obstante, actualmente dichos tipos de depósitos (turbidíticos) son reportados como productores en otras áreas (p.e. Golfo de México y Nigeria, Badalini et al 2000).

Sin embargo no se deben descartar además algunos niveles arenosos de la Formación Istmina, los cuales presentan espesores de hasta 60 cm, que se observaron principalmente en afloramientos aislados tanto del Río Docampadó como del Río Bicordó; Cossio (2003) reporta espesores de areniscas de hasta 5 m en esta unidad. Adicionalmente en unidades que no afloran en el área como las Formaciones Iró y Sierra se han considerado como rocas potencialmente productoras (Repsol, 1996; Texas, 1989; Suárez, 1990).

6.3 SELLO Y TRAMPAS

Secciones de rocas pelíticas dentro de la secuencia terciaria (Formaciones Istmina, Condoto, Conglomerados de la Mojarra), actúan como los sellos más importantes en esta área.

Como trampas estructurales podemos visualizar, el bloque yacente entre las fallas de Bicordó y Agua Clara; estructuras como el Anticlinal de Siguirisua y el Anticlinal de Docordó.

Los escasos datos de superficie en la zona oriental del área no permiten precisar la geometría de estructuras favorables en el subsuelo, la presencia de capas inclinadas de la Formación Condoto indica sin embargo, la presencia de pliegues abiertos en la cercanía de la falla de Docampadó, los cuales deberían evaluarse por medio de la información sísmica.

Es de gran importancia las trampas de tipo estratigráfico evidenciadas en los cambios laterales de facies de las Formaciones Reservorio.

6.4 REZUMADEROS

Ninguna manifestación de hidrocarburos fue observada. En estudios anteriores se tienen dos reportes (Tomados del EPIS, BP Exploration), a los cuales no fue posible acceder, manifestaciones posiblemente asociadas principalmente al cabalgamiento producido por la Falla de San Juan. En la zona del Río Docampadó, se tuvo un reporte de nativos de la región, el cual resulto negativo luego de la visita de los geólogos.

6.5 OTRAS MANIFESTACIONES

Muestras de gas y petróleo en pozo fueron encontrados en el Pozo Buchado-1, Chagui-1 y Majagua-1 ANH (2007).

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La interpretación fotogeológica del Río San Juan se realizó utilizando copias heliográficas de imágenes de radar INTERA (mosaicos) a escala 1: 50.000, ya que fue el material disponible, sobre el área de trabajo. Se utilizaron igualmente 44 fotografías aéreas, con resolución y contraste pobres, pero aceptables, a escala promedio 1:45.000 repartidas en cinco vuelos, las cuales no presentan ningún tipo de recubrimiento lateral y longitudinal. Como referencia se utilizaron fotomapas a escala 1:50.000, obtenidos de la ampliación de los mapas geológicos publicados por INGEOMINAS (2002), adicionalmente papel acetato y marcadores a color, para presentar el resultado de la interpretación fotogeológica.

La expresión morfoestructural del relieve varía mucho en el área desde el norte hacia el sur y por tal razón la interpretación se dificulta progresivamente a medida que éste presenta menos contraste y el relieve se torna más plano: por consiguiente la confiabilidad de la interpretación disminuye a medida que nos desplazamos hacia el sur. Las estructuras sinclinales amplias, interpretados a partir de las fotografías aéreas estudiadas con 8 aumentos se logró mediante el análisis de la red de drenaje dibujada en detalle. Por lo tanto se anota que la combinación de los dos productos, muestra sobre el acetato final un cambio en el estilo estructural, al comparar el sector norte con el sur.

El trabajo de campo, modifica los mapas previamente elaborados por Ingeominas, respecto de las unidades estratigráficas, las cuales de acuerdo con la zonación bioestratigráfica obtenida en este trabajo, se pudieron definir y correlacionar. De manera general, el nuevo mapa mejora el conocimiento sobre: contactos, datos de campo (muchos de los cuales son reevaluados), delimitación de estructuras y edades de las rocas, lo cual permite disminuir considerablemente el riesgo exploratorio en la búsqueda de cualquier recurso no renovable.

Los sectores sin control de campo, se reevaluaron, reinterpretando los sensores remotos apoyados en la experiencia de campo, de los geólogos que trabajaron en el campo.

Según el análisis de las columnas, los resultados bioestratigráficos y la cartografía realizada en el sector norte de la zona se interpreta una secuencia con predominancia de lodos denominada Condoto y otra secuencia con predominancia de limos que según los análisis bioestratigráficos es la Formación mas antigua que aflora en el área, denominada Istmina. De acuerdo con esto se interpreta la presencia de la Formación Istmina en el sector comprendido entre la Falla de Docampadó y la Falla de Agua Clara pero se deja claro la posibilidad de ser un cambio facial de la Formación Condoto presente en la zona.

El carácter rectilíneo de los trazos de las fallas en superficie sugiere que se trata en su mayoría de fallas de alto ángulo y sólo los trazos curvilíneos de fallas como la de Docampadó sugieren ángulos de inclinación inferiores. Simetrías y asimetrías de pliegues no son compatibles con un sistema de fallas inversas de bajo ángulo y la geometría de los pliegues y los valores importantes de acortamientos asociados a fallas con componentes de rumbo en un régimen transpresivo descartan una tectónica extensiva y por ende la interpretación de grandes fallas normales. Los valores de desplazamiento de estas fallas son desconocidos.

En términos generales los resultados de este trabajo modifican algunos aspectos de los mapas previamente elaborados, en cuanto al trazo de estructuras, la terminación de pliegues y sus cierres y la presencia o ausencia de algunas estructuras. El salto estratigráfico generado por las fallas del área es difícil de definir debido a la falta de niveles guía que tengan continuidad a lo largo del área. Por lo tanto el salto estratigráfico observado en los cortes es interpretativo y pretende mostrar compatibilidad con el desplazamiento relativo de las fallas. No se obtuvo información que permita interpretar la inversión de flancos de pliegues.

Solo una sísmica adecuada o levantamientos geofísicos (gravimetría y magnetometría) podrían arrojar información que permita establecer la presencia de una barrera de acreción, con mayor certeza.

La sección estratigráfica de Ladrilleros representa la acumulación sobre un fondo marino en la parte del talud superior, de acuerdo a tres evidencias encontradas: las asociaciones de foraminíferos, la asociación de

icnofósiles identificados tales como *condrites* y *zoophycus* y las estructuras sedimentarias típicas de turbiditas, p.e. slumps, estructuras en llama, sucesiones sedimentarias granodecrecientes tipo Bouma.

La sección estratigráfica del Río Siguirisua representa la acumulación sobre un fondo marino en la parte del talud superior, de acuerdo evidencias similares a la sección de Ladrilleros, pero menos espectaculares debido a la menor calidad de los afloramientos, reconocidas en parte, en las muestras de superficie tomadas con taladro. Las asociaciones de facies encontradas en esta sección, evidencian que la acumulación de sedimentos se realizó especialmente mediante turbiditas lodosas.

La sección estratigráfica de Agua Clara, representa la acumulación sobre un fondo marino en la parte del talud superior, de acuerdo a las evidencias encontradas: las asociaciones de foraminíferos y los icnofósiles identificados tales como *condrites*. Las asociaciones de facies encontradas en esta sección, evidencian que la acumulación de sedimentos se realizó especialmente mediante turbiditas arenosas.

La sección estratigráfica de la Quebrada Grande, representa la acumulación sobre un fondo marino en la parte del talud superior, con evidencias similares a las de la sección de Agua Clara. Las asociaciones de facies encontradas en la sección Quebrada Grande evidencian que la acumulación de sedimentos se realizó en una turbidita principalmente lodosa con influencia de una turbidita arenosa.

La sección estratigráfica de la Quebrada Malambo representa la acumulación sobre un fondo marino en la parte del talud superior, las asociaciones de foraminíferos, la asociación de icnofósiles identificados tales como *condrites* y *zoophycus* y las sucesiones sedimentarias granodecrecientes tipo Bouma, vistas en afloramiento y muestras de mano. Las asociaciones de facies encontradas en la Sección de la Quebrada Malambo evidencian que la acumulación de sedimentos se realizó en una turbidita principalmente lodosa con influencia de una turbidita arenosa.

En general se podría decir que la totalidad de las curvas de Gamma Ray de las diferentes Columnas levantadas e interpretadas son de forma aserrada e irregular ya que se encuentra constante la alternancia de lodos y arenas, siendo en este caso las columnas de Siguirisua y Ladrilleros las secuencias mas lodosas que representan un ambiente de Turbidita Lodosa, a diferencia de las columnas de Malambo, Agua Clara y Quebrada Grande donde se presenta secuencias mas arenosas pero que de igual forma reflejan una ambiente Turbidítico Arenoso.

Los valores de Th son los mas altos en todas las secuencias pero con correspondencia litológica diferente, para las columnas de Malambo, Quebrada Grande y Agua Clara estos valores se asocian a capas y/o sucesiones de arena con abundancia de minerales pesados con contenido de Th (Monazita y Allanita?) y para Siguirisua y Ladrilleros capas y/o sucesiones de lodo. Ya que el Th es frecuente en capas de ceniza y la relación Th/U puede ayudar a detectar dichas capas, los picos de valores altos en esta relación se pueden asociar a la presencia de capas de ceniza. Cuando los valores de Uranio son altos podría encontrarse minerales pesados ricos en U como Xenotima y Circón.

La columna de Ladrilleros a diferencia del resto de columnas presenta valores bajos para la relación Th/U y se incrementa un poco los valores de la relación Th/K.

Evidencias de eventos anóxicos, o por lo menos disóxicos durante la sedimentación se establecen al observar de manera recurrente al icnofósil *condrites*. Por otro lado altas tasas de sedimentación son sugeridas por el espaciamiento de los ramales del icnofósil *zoophycus*, lo cual no es favorable para la preservación de la materia orgánica, ya que esta tiende a diluirse ante las altas tasas de sedimentación.

La zonación bioestratigráfica, permitió diferenciar las diferentes unidades cartografiadas y reconfirmar los rápidos cambios faciales que ocurren especialmente entre las Formaciones Conglomerados de la Mojarra y Condoto. El carácter estéril de las Formaciones Mayorquin y Raposo, ayudo para su diferenciación en zonas de escasos afloramientos.

Se recomienda realizar análisis petrofísicos y petrográficos y de Afta, a algunas de las muestras colectadas durante la etapa de campo.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), 2007. Colombia Oil & Gas, Folleto Chocó Basin.
- Berggren W. A., Kent D., V. Swisher; I. I. I., CC and Aubry, M.-P., 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, v. 54, p. 129-212.
- Blow W. H., 1969. Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *In P.*
- Bolli H. M.; Beckmann J. P. and Saunders J. B., 1994. Benthic foraminiferal Biostratigraphy of the south Caribbean region: Cambridge, Cambridge University Press, 408 p.
- Bronnimann and H.H. Renz (Editors), 1967. Proc. First Inter. Conf. Planktonic Microfossils, Geneva, 1, pp. 199-421.
- Bruhn C. & Walker R., 1997. Internal architecture and sedimentary evolution of coarse-grained, turbidite channel-levee complexes, Early Eocene Regencia Canyon, Santo Basin, Brazil. *Sedimentology* 44: 17-46.
- Bueno S Rafael; Govea R Carlos, 1979. Potential for Exploration and Development of Hydrocarbons in the Atrato Valley and the Pacific Coastal and Shelf Basins of Colombia. PDF.
- Cossio, 2003. Geología de las planchas 201, 202, 221, 222. PDF.
- Cross T. and Homewood P., 1997. Amanz Gressly's role in founding modern stratigraphy. *Geological Society of American Bulletin*; v. 109; No. 12; p. 1617-1630.
- DUNIA consultores, 2006. Cartografía Geológica de la Subcuenca Atrato-San Juan, Departamento del Chocó.
- Duque-Caro H., 1990a. Neogene stratigraphy, paleoceanography and paleobiogeography in northwest South America and the evolution of the Panama seaway: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 77, p. 203-234.
- Duque-Caro H., 1990b. The Chocó block in the northwestern corner of South America: structural, tectonostratigraphic and paleogeographic implications: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 3, p. 71-84.
- Duque-Caro H., 1975. Los foraminíferos planctónicos y el terciario de Colombia: *Revista Española de Micropaleontología*, v. 7, p. 403-427.
- Duque-Caro H., 1971. A reply to: On planktonic foraminiferal zonation in the Tertiary of Colombia. *Micropaleontology*, vol. 17, pp. 365-368.
- ECOPETROL, 1985. Estratigrafía Registro Eléctrico Buchado-1. PDF.
- ECOPETROL, 1988. The Biostratigraphy, Palaeoenvironments and Petroleum Geochemistry of the Buchado-1, Tambora-1 and Sandi-1 Wells, Pacific Coastal Region of Colombia, Submitted by Ecopetrol, and Compared with the Previously Studied Remolino Grande-1 and Majagua-1 Wells-. PDF.
- Escobar J. H., 2002. Sequence Stratigraphy Depositional Model Iro Formation San Juan Basin with Base at the Seismic Line (SJ-81-1200). PDF.
- Escobar J.H., 2001. Lower Iro Formation Stratigraphic Section Quebrada El Padre - Santa Rita Section. PDF.
- Etayo F., et al., 1980. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia. Ingeominas, publicación especial 14, 1-235.
- Exploration & Production Information Services – ANH – Colombia. Pagina web www.epis.com.co/.
- Gressly A., 1838. Observations geologiques sur le Jura Soleorois. *Neue Denkschr allg schweiz, Ges ges Naturaw.*, 2, p.1-112.

Haughton P., Davis C., & McCaffrey W., 2006. "Facies Prediction in Turbidite Fan Systems – Nature and Significance of 'Linked Debrites' in Sand-Rich Versus Mixed Sand-Mud Systems" Recent Advances in Siliciclastic Facies Models: Implications for Reservoir Characterization II (SEPM), AAPG Annual Convention, April 9-12, 2006 Technical Program.

Heslop A., 1974. Gamma-ray log response of shaly sandstones. Transaction of SPWLA, McAllen, Texas.

Hurst A., 1990. Natural Gamma-ray spectrometry in hydrocarbon-bearing sandstone from the Norwegian continental shelf. In Hurst, A., Lovel, M.A. and Morton, A. C. (eds), Geological application of wireline logs. Geological Society of London Special Publication No 48, 211-222.

Hurst A., 1990. Natural gamma-ray spectrometry in hydrocarbon-bearing sandstone from the Norwegian continental shelf. In Hurst, A., Lovel, M.A. and Morton, A. C. (eds), Geological application of wireline logs. Geological Society of London Special Publication No 48, 211-222.

IGAC-INGEOMINAS, 2005. Investigación Integral del Andén Pacífico-Geología. PDF.

Johnson S.; Flint S.; Hinds D. & Wickens H., 2001. Anatomy, geometry and sequence stratigraphy of basin floor to slope turbidite systems, Tankua Karoo, South Africa. *Sedimentology* 48: 987-1023.

Kneller B. & Branney M., 1995. Sustained high-density turbidity currents and the deposition of thick massive sands. *Sedimentology* 42: 607-616.

Lawrence A. & Talling P., 2006. Anatomy of turbidites and linked debrites based on long distance. *Sedimentology*. Vol 53, pp. 161–212.

Lowe D., 1982. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Jour. Sed. Petrol.* 52: 279-297.

Mera & Piragua. Correlación estratigráfica de las rocas del Paleoceno-Oligoceno en la Subcuenca de San Juan, Chocó. PDF.

Middleton G. V., 1973. Johannes Walther's Law of the Correlation of Facies: *Geological Society of America Bulletin*, v. 84, p. 979–988.

Montoya, 2003. Geología de las planchas 240, 241, 259 y 260. PDF.

Mulder T. & Alexander J., 2001. "The physical character of subaqueous sedimentary density flows and their deposits"; *Sedimentology*: vol. 48, pp. 269-299.

Muñoz Fernando y Cogollo Magda Lucía, 2000. Potencial Generador del Pacífico Colombiano - Cuenca San Juan Biocronología y Paleoaambientes. PDF.

Mutti E. & Ricci Lucci F., 1972. Turbidites of the Northern Appenines: introduction to facies analysis [English translation by T. H. Nilsen (1978)]. *Int. Geol. Rev.*, 20, 125±166.

Myers K. J. and Bristow C. S., 1989. Detailed sedimentology and gamma-ray log characteristics of Namurian deltaic succession II; Gamma-ray logging, in Whately, M. And Pickering K., eds., *Deltas; Sites and traps for fossil fuels*: Geological Society of London Special Publication 41, p. 81-88.

Myers K. J., 1987. Onshore outcrop gamma-ray spectrometry as a tools in sedimentological studies. Unpublicized Ph.D thesis, University of London.

Nelson C. H.; Maldonado A.; Barber J. H. Jr. and Alonso B., 1991. Modern sand-rich and mud-rich siliciclastic aprons, alternative base-of-slope turbidite systems to submarine fans. In Weimer, P., and Link, M. (Eds.), *Seismic facies and sedimentary processes of modern and ancient submarine fans*: New York (Springer-Verlag), 171–190.

Petters V. and Sarmiento R., 1956. Oligocene and lower Miocene biostratigraphy of the Carmen Zambrano areas, Colombia. *Micropaleontology*, v.2, pp. 7-35. New York.

Pickering K.; Stow D.; Watson M. & Hiscott R. 1986. Deep-water facies, processes and models: a review and classification scheme for modern and ancient sediments. *Earth Sci. Reviews* 23: 75-174.

Pickering K.T., Hiscott R. N. and Hein F. J., 1989. Deep Marine Environments: Clastic Sedimentation and Tectonics. Unwin Hyman, London, 416 pp.

Pirson Sylvain J., 1977. Geologic Well Log Analysis.

Raiswell R., 1971. The growth of Cambrian and Liassic concretions. *Sedimentology*, vol.17, pp.141-171.

Reading H., 1986. Facies. En Reading (ed), *Sedimentary Environments and Facies*, second edition, p.4-19. Blackwell Science.

REPSOL, 1996. Informe Final Geología y Geofísica Contrato de Asociación Chocó Central. PDF.

Restrepo J. & Toussaint J., 1988. Terranes and Continental Accretion in the Colombian Andes. *Episodes*, Vol. 11, N. 3. pp 189-193. PDF.

Rider M., 1990. Gamma ray log shape used as a facies indicator: critical analysis of an oversimplified method. In Hurst, A., Lovel, M.A. and Morton, A. C. (eds), *Geological application of wireline logs*. Geological Society of London Special Publication No 48, 27-37.

Ruffell A. And Worden R., 2003. Paleoclimate analysis using spectral gamma-ray data from the Aptian (Cretaceous) of southern England and southern France. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleocology*, Vol. 155, 265-283.

Salazar Gabriel, 1997. Geología de la Plancha 221 Pizarro, Chocó.

Schlumberger Ltd., 1972. Fundamentos de la Interpretación de perfiles.

Selley R. C., 1982. *An Introduction to Sedimentology*. Second Edition.

Serra O., 1985. Análisis de Ambientes Sedimentarios mediante perfiles de pozo. Traducido al español por A. N. Rossetti. Schlumberger Ltda. 272p.

Slatt R. M.; Jordan D. W.; D'Agostino A. and Guillespie R. H., 1992. Outcrop gamma-ray logging to improve understanding of subsurface well log. Correlations. In Griffinths, C. M., and Worthington, P. F. (Eds), *Geological Applications of wireline Logs II*. Geological society. Special Publication No 65, p.3-19.

Stow D. A. V. & Piper D. J. W., 1984. Deep-water fine-grained sediments: facies models Stow and Piper Geological Society, London, Special Publications.1984; 15: 611-646

Suárez Rodríguez M., 2007. Geological framework of the Pacific Coast sedimentary Basins, Western Colombia. *Geología Colombiana*, 32, pp. 47-62.

Suárez Rodríguez M., 1990. Columna Estratigráfica Generalizada de la Cuenca del Atrato 1990. PDF.

Suárez Rodríguez M., 1990. Cuenca del Atrato Sección Estratigráfica Regional. PDF.

Suárez Rodríguez M., 1990. Estudio Geológico Regional e Interpretación Sísmica Estratigráfica en la Provincia Sedimentaria de la Costa Pacífica. PDF.

Teichert C., 1958. Concepts of facies: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 42, p. 2718-2744.

Ten Veen J. H. and Postman G., 1996. Astronomical forced variations in gamma-ray intensity: Late Miocene hemipelagic successions in the eastern Mediterranean basin as a test case. *Geology* Vol. 24 (1), p. 15-18.

TEXAS PETROLEUM COMPANY, 1989. Informe Geológico. Área de Asociación Istmina. PDF.

Vargas J. (Compañía Petrolera Latina INC), 1988. Geologic Section Atrato Sub Basin and San Juan - Tumaco Sub Basin. PDF.

Walker R.G., 1985. Mudstones and thin-bedded turbidites associated with the Upper Cretaceous Wheeler Gorge conglomerates, California: a possible channel-levee complex. 1. *Sedimentary Petrology*, vol. 55, pp.279- 290.