

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA FLUVIAL DE
SECCIONES UBICADAS ENTRE LAS POBLACIONES
TACARIGUA DE MAMPORAL Y YAGUAPA, CENTRO-ESTE
DEL ESTADO MIRANDA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Gustavo L. Valencia Fermín
Para optar al título
De Ingeniero Geólogo

Caracas, 2015

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA FLUVIAL DE SECCIONES UBICADAS ENTRE LAS POBLACIONES TACARIGUA DE MAMPORAL Y YAGUAPA, CENTRO-ESTE DEL ESTADO MIRANDA

Tutor Académico: Prof. Lenin González

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Gustavo L. Valencia Fermín
Para optar al título
De Ingeniero Geólogo

Caracas, 2015

Valencia F., Gustavo L.,

DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA FLUVIAL DE SECCIONES UBICADAS ENTRE LAS POBLACIONES TACARIGUA DE MAMPORAL Y YAGUAPA, CENTRO-ESTE DEL ESTADO MIRANDA

Tutor Académico: Prof. Lenin González. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Geología. Año, 2015. 131 p.

Palabras Claves: Miranda, Cuenca de Barlovento, Formación Aramina, Formación Caucagua, Formación Mamporal, Ambiente fluvial, Facies fluviales, Elementos de arquitectura fluvial, Fotomosaicos.

Resumen: Este estudio correspondió al levantamiento geológico de doce (12) afloramientos ubicados en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, en sus tramos Caracas-Higuerote y Caracas-Río Chico, once de estos afloramientos pertenecen a la Formación Mamporal y uno (LOC-7) a la Formación Caucagua; están ubicados a su vez dentro de la Cuenca de Barlovento, en el centro-este del estado Miranda.

A través del método de levantamiento de campo se determinaron las características litológicas y texturales de los sedimentos aflorantes, lo que permitió identificar las distintas facies fluviales de MIALL (1996) que conforman a los sedimentos y así representar a las mismas mediante fotomosaicos descriptivos de cada uno de los afloramientos, además se identificaron los elementos arquitecturales que conformaban a cada sección levantada; la información levantada permitió realizar un mapa de distribución de facies fluviales y paleo-corrientes, donde se representan las zonas dominadas por los distintos elementos arquitecturales y donde se determinó que las llanuras de inundación son los elementos dominantes en la mayor parte de la zona estudiada.

Además se hizo un estudio mineralógico y morfológico de los sedimentos a lo largo de la zona, lo que permitió establecer que la fuente de los sedimentos, son las rocas que conforman la Cordillera de la Costa.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.1.1 Objetivo General	1
1.1.2 Objetivos Específicos.....	1
1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	2
1.3 TRABAJOS PREVIOS.....	3
1.4 AGRADECIMIENTOS	6
MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 SISTEMAS FLUVIALES	7
2.1.1. Generalidades.....	7
2.1.2. Corrientes fluviales	9
2.1.3 Facies Fluviales.....	13
2.2. FACIES DE MIALL.....	13
2.2.1 Codificación de Facies de Miall.....	13
2.2.2. Superficies limitantes de Miall	16
2.2.3. Asociación de Facies.....	16
2.2.4. Elementos de arquitectura de facies fluviales	17
2.2.5 Elementos de arquitectura de llanuras aluviales	23
2.3 FOTOMOSAICOS DESCRIPTIVOS	26
METODOLOGÍA	27
2.4. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	27
2.4.1. Etapa I: Croquis y elección de las áreas a estudiar	27
2.4.2. Etapa II: Descripción detallada de los sedimentos en el afloramiento.....	27
2.4.3 Etapa III: Graficación digital	28
2.5 FACIES DE MIALL.....	28
2.5.1 Etapa I: Relacionar facies identificadas con las facies de Miall	28

2.6. CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y MORFOLÓGICA	29
2.6.1. Etapa I: Selección y toma de las muestras	29
2.6.2 Etapa II: Caracterización morfológica de los granos	29
2.6.3 Etapa III: Identificación de minerales	30
2.7. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE FACIES FLUVIALES	31
2.7.1 Etapa I: identificación de facies fluviales y elementos de arquitectura fluvial	31
2.7.2. Etapa II: Identificación de paleocorrientes	31
2.7.3. Etapa III: Cartografiar	31
2.8. FOTOMOSAICOS DESCRIPTIVOS	32
2.8.1. Etapa I: Ubicación y toma de fotografía panorámica.....	32
2.8.2. Etapa II: Medición de relaciones espaciales de los sistemas fluviales.....	32
2.8.3 Etapa III: Digitalización del Fotomosaico	32
GEOLOGÍA REGIONAL	34
3.1. GENERALIDADES	34
3.2. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.....	36
3.2.1. Asociación Metasedimentaria Caracas	37
3.2.2. Asociación Metavolcanosedimentaria de Villa de Cura	38
3.2.3. Formación Carenero.....	39
3.2.4. Formación Aramina	40
3.2.5. Formación Cumaca	41
3.2.6. Formación Caucagua.....	42
3.2.7. Formación Mamporal.....	44
3.2.8. Unidad de Aluvión	45
3.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	48
GEOLOGÍA LOCAL.....	52
4.1. ESTRATIGRAFÍA LOCAL.....	53
4.1.1. Localidad 1 (LOC-1).....	53
4.1.2. Localidad 2 (LOC-2):.....	57
4.1.3. Localidad 3 (LOC-3):.....	60
4.1.4. Localidad 4 (LOC-4):.....	63

4.1.5. Localidad 5 (LOC-5).....	65
4.1.6. Localidad 6 (LOC-6):.....	68
4.1.7. Localidad 7 (LOC-7):.....	72
4.1.8. Localidad 8 (LOC-8):.....	75
4.1.9. Localidad 9 (LOC-9):.....	77
4.1.10. Localidad 10 (LOC-10):.....	79
4.1.11. Localidad 11 (LOC-11).....	81
4.1.12. Localidad 12 (LOC-12):.....	83
4.2. MINERALOGÍA Y MORFOLOGÍA DE LOS SEDIMENTOS	86
4.2.1. Muestra 1 (LOC-1).....	86
4.2.2. Muestra 2 (LOC-2).....	87
4.2.3. Muestra 3 (LOC-6).....	87
4.2.4 Muestra 4 (LOC-7).....	88
4.2.5 Muestra 5 (LOC-9).....	88
4.2.6. Muestra 6 (LOC-11).....	89
4.2.7. Muestra 7 (LOC-12).....	89
ANÁLISIS DE RESULTADOS	90
5.1. GENERALIDADES	90
5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	90
SUMARIO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1 SUMARIO Y CONCLUSIONES	99
6.2. RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXOS	111
8.1. ANEXO 1: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE FACIES FLUVIALES.....	111
8.2. ANEXO 3: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 1 (LOC-1)	112
8.3. ANEXO 4: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 2 (LOC-2)	113
8.4. ANEXO 5: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 3 (LOC-6)	114

8.5. ANEXO 6: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 4 (LOC-7)	115
8.6. ANEXO 7: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 5 (LOC-9)	116
8.7. ANEXO 8: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 6 (LOC-11)	117
8.8. ANEXO 9: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 7 (LOC-12)	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1. Mapa de la zona en estudio. Tomado de Google Earth, febrero 2015.....	2
Fig. 2.1. Parámetros característicos de cada régimen de flujo, Tomado de (SWANSON, 1976).....	9
Fig. 2.2. Grafico resumen de las principales características de los tres tipos de corrientes. Tomado de (GALLOWAY & HOBDA, 2000), en (VELÁSQUEZ, 2010).....	13
Fig. 2.3. Ocho principales elementos arquitecturales en depósitos fluviales. Tomado de (MIALL, 1978).....	22
Fig. 2.4. Ejemplo de Fotomosaico descriptivo, usado para resaltar los sistemas fluviales presentes en el área de estudio. Tomado de (BEILINSON, 2012).....	27
Fig. 2.5. Tabla comparativa de redondez y esfericidad, POWERS (1982).....	31
Fig. 3.1. Mapa de la ubicación de la cuenca de Barlovento, Tomado de (Espínola y Ollarves ,2002).....	36
Fig. 3.2. En esta figura se muestra la variación de la definición de las formaciones presentes en la zona por diferentes autores. A la izquierda se muestran las edades propuestas por cada uno de los autores, quienes se encuentran en el margen superior de la tabla. Dentro de la tabla se observa como varían las definiciones y los contactos y nombres de las Formaciones presentes. Tomado de (Hernández & Rojas, 2002)...	46
Fig. 3.3. Tabla de correlación de la Cuenca de Barlovento propuesta por (HERNÁNDEZ & ROJAS 2002).....	47
Fig. 3.3. Mapa Neotectónico donde se encuentra enmarcada estructuralmente el área de estudio, (BELTRÁN, 1993), tomado en (HERNÁNDEZ & ROJAS, 2002).....	49

Fig. 4.1. Leyenda general de las columnas estratigráficas realizadas en este trabajo.....	52
Fig. 4.2. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 1 (LOC-1).....	54
Fig. 4.3. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 1 (LOC-1), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	55
Fig. 4.4. Estratificación cruzada observada en las arenas de la facies Sp, en la Localidad 1 (LOC-1).....	57
Fig. 4.5. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 2 (LOC-2).....	58
Fig. 4.6. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 2 (LOC-2), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	59
Fig. 4.7. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 3 (LOC-3).....	61
Fig. 4.8. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 3(LOC-3), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	62
Fig. 4.9. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 4 (LOC-4).....	63
Fig. 4.10. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 4 (LOC-4), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	64
Fig. 4.11. En esta imagen de la Localidad 4 (LOC-4) se puede observar el color oscuro de los sedimentos finos de la facies Fsm, producto de la alta presencia de materia orgánica, elemento característico de los diques (LV).....	65
Fig. 4.12. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 5 (LOC-5).....	66

Fig. 4.13. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 5 (LOC-5), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	67
Fig. 4.14. Fragmentos de bivalvos tipo navaja (Solen) presentes en la barra arenosa identificada en la localidad 5 (LOC-5).....	68
Fig. 4.15. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 6 (LOC-6).....	69
Fig. 4.16. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 6 (LOC-6), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	70
Fig.4.17. En esta imagen de la localidad 6 (LOC-6) se puede apreciar uno de los canales, de sedimentos de la facies Gmm, que se encontraron en dicho afloramiento.....	71
Fig. 4.18. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 7 (LOC-7).....	72
Fig. 4.19. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 7 (LOC-7), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	73
Fig. 4.20. Niveles de lignito presentes en el dique (LV) de la Localidad 7 (LOC-7).	74
Fig. 4.21. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 8 (LOC-8).....	75
Fig. 4.22. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 8 (LOC-8), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	76
Fig. 4.23. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 9 (LOC-9).....	77
Fig.4.24. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 9 (LOC-9), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	78

Fig. 4.25. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 10 (LOC-10).....	79
Fig. 4.26. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 10 (LOC-10), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	80
Fig. 4.27. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 11 (LOC-11).....	81
Fig. 4.28. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 11 (LOC-11), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	82
Fig. 4.29. Imagen de los sedimentos de la facies Gh, presentes en la Localidad 11(LOC-11).....	83
Fig. 4.30. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 12 (LOC-12).....	84
Fig. 4.31. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 12 (LOC-12), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.....	85
Fig. 5.1. Columna estratigráfica generalizada esquemática de la Cuenca de Barlovento, que muestra los eventos de depositación que se dieron en dicha cuenca.....	92
Fig. 5.2. Perfil geológico A-A´ (la dirección va de SO-NE) del área de estudio, que muestra la variación de los distintos cuerpos sedimentarios que conforman el relleno de la Cuenca de Barlovento.....	97
Fig. 5.3. Perfil geológico B-B´ (la dirección va de NO-SE) del área de estudio, que muestra la variación de los distintos cuerpos sedimentarios que conforman el relleno de la Cuenca de Barlovento.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Tipos de corrientes fluviales, según la intensidad de la corriente, tomado de RUST (1978).....	10
Tabla 2.2. Tipos de canales fluviales, con respecto a la composición del canal. Tomado de (GALLOWAY & HOBDAV, 1977), en (VELÁSQUEZ, 2010).....	13
Tabla 2.3. Clasificación de facies fluviales (MIALL, 1996).....	16
Tabla 2.4. Tipos de superficies limitantes de Miall. Tomado de MELCHOR <i>et. al.</i> (2006).....	17
Tabla 2.5. Elementos arquitecturales en depósitos fluviales. Tomado de (WALKER & JAMES, 1992).....	21
Tabla 2.6. Elementos arquitecturales de ambientes de llanuras aluviales. Modificado de (MIALL, 1996).....	26
Tabla 5.1. Tabla de distribución de las facies fluviales reconocidas en campo en las distintas localidades.....	95
Tabla 5.2. Tabla de distribución de elementos de arquitectura fluvial identificados en campo en las distintas localidades estudiadas.....	96

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Establecer las relaciones de acomodación a través de la arquitectura fluvial de las sucesiones del Mioceno al Pleistoceno (Formación Aramina, Formación Caucagua y Formación Mamporal) de la zona centro-este del edo. Miranda, Venezuela.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar una columna estratigráfica de cada afloramiento estudiado
- Relacionar las facies identificadas en este estudio con las facies fluviales propuestas por MIALL, (1996)
- Caracterizar mineralógica y morfológicamente los sedimentos de las litofacies siliciclásticas identificadas
- Realizar un mapa escala 1:25.000 de distribución de facies fluviales en la zona de estudio
- Elaborar fotomosaicos descriptivos de cada afloramiento

1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona del estudio se encuentra ubicada en la Cuenca de Barlovento, que a su vez se encuentra en la región nor-central de Venezuela, en la parte oriental del estado Miranda, específicamente en la autopista Gran Mariscal de Ayacucho en sus tramos Caracas-Higuerote y Caracas-Río Chico, en donde se estudiaron doce (12) afloramientos. (Ver Fig. 1.1)

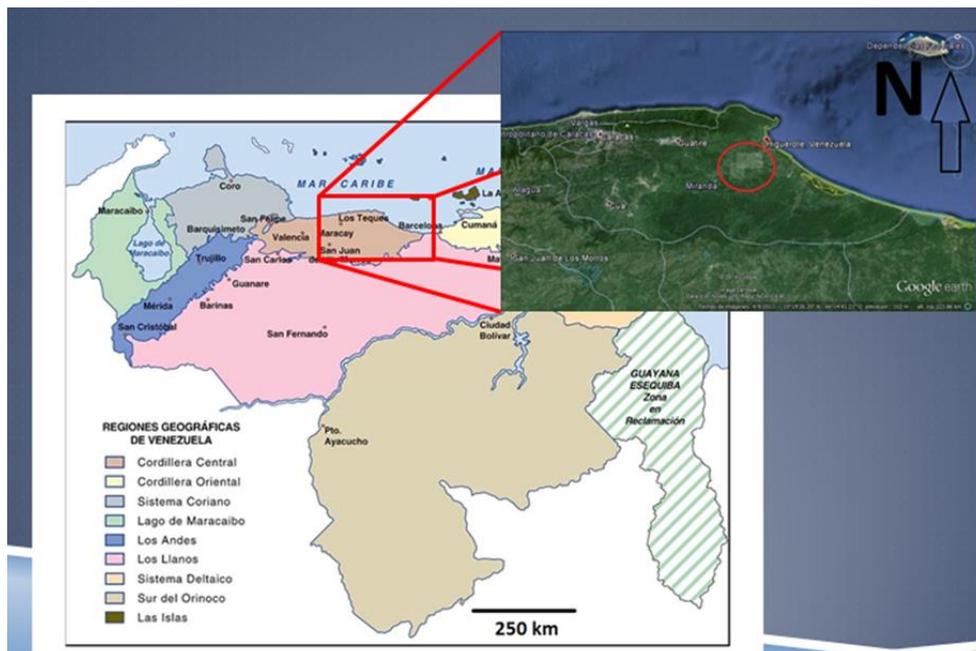


Fig. 1.1. Mapa de la zona en estudio. Tomado de Google Earth, febrero 2015.

1.3 TRABAJOS PREVIOS

- PAPANONI (1993), Caracterizó al sureste de San Pedro del Río (estado Táchira), dos afloramientos del Eoceno mediante fotomosaicos, interpretando los elementos arquitectónicos presentes en los mismos. Determinando que el ambiente de sedimentación en esa localidad, corresponde a un estuario dominado por olas, del tipo somero y lateralmente extenso; e identificando la distribución tripartita característica de ese ambiente, donde coexisten facies costeras, facies mixtas y facies fluviales.
- ESPÍNOLA & OLLARVES (2002), Estudio tectono-estratigráfico del borde septentrional de la cuenca de Barlovento, estado Miranda: Implicaciones neotectónicas.
Se realizó un estudio tectono-estratigráfico de las Formaciones Aramina (Mioceno Medio a Tardío), Caucagua (Plioceno) y Mamporal (Pleistoceno), donde se determinó la edad de las mismas y su extensión.
- HERNÁNDEZ Y ROJAS (2002), Estudio tectono-estratigráfico del margen meridional de la cuenca de Barlovento, Estado Miranda: Implicaciones neotectónicas.
Se realizó un estudio tectono-estratigráfico donde se definieron dos unidades litoestratigráficas: Formación Caucagua y Formación Mamporal, estas unidades se definieron por medio de su contenido litológico, también se logró definir sus ambientes depositacionales, canales entrelazados y abanicos aluviales respectivamente.

- OPLUSTIL *et al.* (2005), *Facies and architectural analysis of fluvial deposits of the Nýřany Member and the Týnec Formation (Westphalian D – Barruelian) in the Kladno-Rakovník and Pilsen basins.*

Caracterizo los sedimentos expuestos en dos afloramientos de gran magnitud en la Cuenca Kladno-Rakovník y Pilsen en la República Checa, mediante la identificación y asociación de las facies propuestas por MIALL (1996), además elaboró fotomosaicos descriptivos con la finalidad de describir las formas y dimensiones de los elementos de arquitectura fluvial presentes en el área de estudio.

- VELÁSQUEZ (2010), *Arquitectura de facies fluviales y análisis estadístico de una sección de la Formación Capiricual, al sur de Barcelona, estado Anzoátegui.*

Se realizó un estudio estratigráfico en una sección de la Formación Capiricual, ubicada en una zona de la autopista Barcelona-Anaco, en la cual se estableció la geometría y relación ancho-profundidad de facies fluviales en dos afloramientos (sección “N” y sección “S”), así como también patrones de facies que permitieron interpretar condiciones de sedimentación relacionando estas variables a través de procesamiento estadístico.

- BEILINSON (2012), *Evolución de la arquitectura fluvial en sucesiones del Plioceno-Pleistoceno del centro-este de Argentina (Aloformación Punta San Andrés)*

Se determinó que la Aloformación Punta San Andrés está compuesta principalmente por dos elementos de arquitectura fluvial: Canales y Llanuras

de inundación y a su vez fue depositada bajo un sistema fluvial de baja sinuosidad.

- FOIX (2013), *fluvial architecture variations linked to changes in accommodation space: Río Chico Formation (Late Paleocene), Golfo San Jorge basin, Argentina.*

Estableció la arquitectura fluvial de la Formación Río Chico en la Cuenca del golfo san Jorge, lograron identificar 12 facies, las cuales corresponden a sistema de canal, depósitos de desborde, llanura proximal, llanura distal y canales abandonados.

La arquitectura fluvial de la Formación Río Chico muestra dos tendencias principales de sedimentación vinculadas a los cambios del espacio de acomodación en la cuenca estudiada.

1.4 AGRADECIMIENTOS

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, por darme toda las enseñanzas a lo largo de mi carrera.

A la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, por haberme permitido formar parte de ella y por darme todas las herramientas para ser un profesional de la esta hermosa ciencia, la geología.

A mi familia, mis padres, mis hermanos y mis tías, por haberme apoyado en todo sentido durante estos años de lucha y crecimiento personal, que significaron mí paso por la universidad.

A mi tutor, el profesor Lenin González, por haberme dado la oportunidad de desarrollar este proyecto y por todo su apoyo y enseñanzas durante la realización del mismo.

A los profesores Rafael Falcón, David Mendi, Ander De Abrisqueta y Franco Urbani por el apoyo invaluable durante el desarrollo del proyecto.

A mis amigos Daniel Ricci y Génesis Oropeza por su apoyo invaluable durante la etapa de campo del proyecto.

A mi amiga Karen Montoya por su ayuda invaluable en la realización de los mapas de este trabajo.

A mis amigos, Jefferson, José, Ender, Vicente, Andrea, Gaby, William, Nelly, Sinahir y demás compañeros de la escuela por su amistad y por ayudarme de una u otra manera durante toda la carrera.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA

MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS FLUVIALES

2.1.1. Generalidades

Según GALLOWAY & HOBDA, (2000), los sistemas fluviales sirven principalmente para transportar y recolectar sedimentos en cuencas lacustres o marinas. Sin embargo, en algunos escenarios como planos costeros subsidentes, cuencas intermontañas, y cuencas tectónicas antepaís (*foreland*), los sistemas de depositación fluvial favorecen la acumulación subareal de sedimentos y pueden ser el mayor componente e inclusive dominante del relleno de la cuenca. De igual manera, estos autores demarcan que los sistemas de depositación fluvial son inicialmente agradacionales, siendo la agradación según SWANSON, (1976), el proceso mediante el cual se acrecienta verticalmente una o varias superficies de depositación.

De acuerdo con SWANSON, (1976), el régimen de flujo en estos sistemas está relacionado con el tamaño de grano, la carga sedimentaria, el nivel del río, el tipo de corriente, la profundidad y radio hidráulico del canal, dando lugar a diversas configuraciones del cauce (Coeficiente de Manning de aspereza de fondo). Estas relaciones pueden observarse en la figura 2.1. Por su parte, la velocidad del flujo está controlada por la fricción en la superficie de arrastre y las paredes del canal (Coeficiente de Chezy).

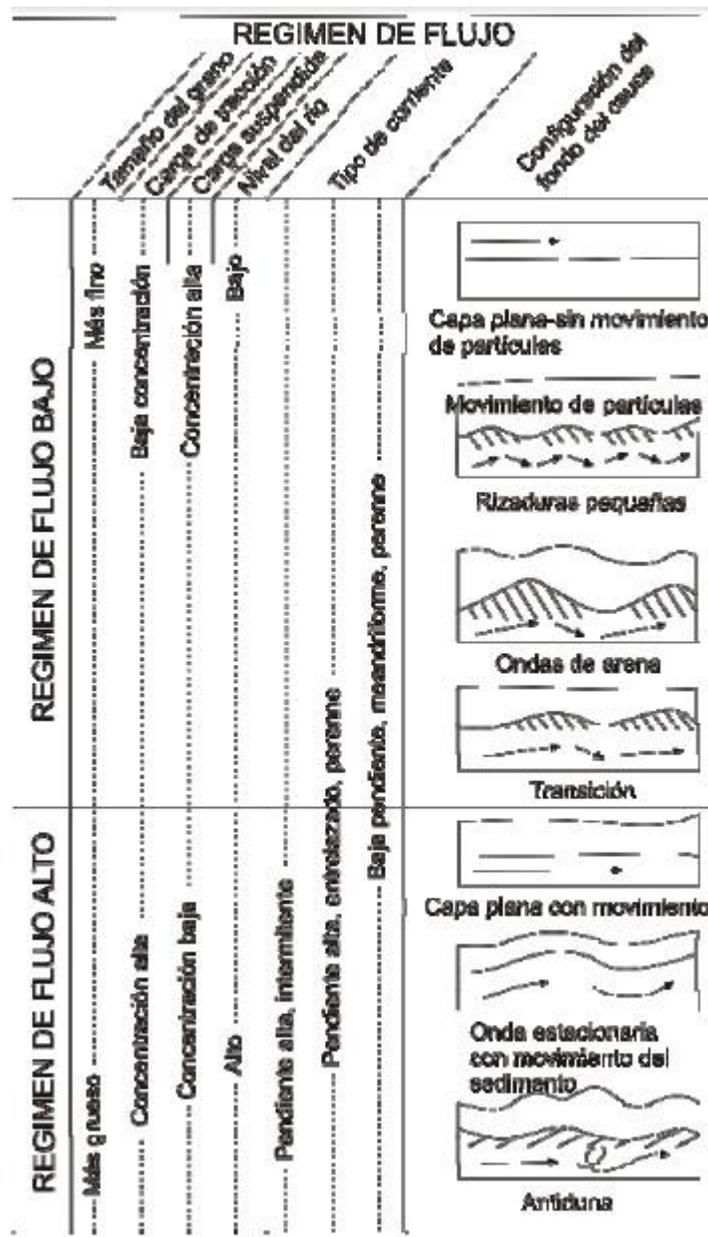


Fig. 2.1. Parámetros característicos de cada régimen de flujo, Tomado de SWANSON, (1976)

Las distribuciones de velocidades y turbulencia en el flujo de un canal, determinan los efectos de la erosión, transporte y depositación de sedimentos. En este sentido, las áreas de mayor velocidad y turbulencia donde la corriente rápida choca contra la orilla, son probablemente sitios de erosión y desviación de sedimentos; por

el contrario, las áreas de relativa baja velocidad y turbulencia, es decir, donde hay poca corriente, son probablemente áreas de estabilidad del lecho o deposición GALLOWAY & HOBDA, (2000)

2.1.2. Corrientes fluviales

Existen diversos tipos de corrientes que caracterizan el flujo en los sistemas fluviales, dichas corrientes se explican a continuación, en la Tabla 2.1, y una ilustración de las mismas puede observarse en la Figura 2.2.

Tabla 2.1. Tipos de corrientes fluviales, según la intensidad de la corriente, tomado de RUST (1978)

Intensidad de la corriente	Unicanal	Multicanal
Baja	Rectos	Entrelazados
Alta	Meándricos	Anastomosados

2.1.2.1. Corrientes rectilíneas

En segmentos rectilíneos de un canal, el curso de máxima velocidad está cerca del centro del canal, y la erosión probablemente ocurre a lo largo de ambos bancos del canal, donde la turbulencia es alta GALLOWAY & HOBDA, (2000). En los lados del canal, estos cauces rectos generalmente toman un curso sinuoso, llegando a producirse pequeñas barras de meandros SWANSON, (1976).

Los cauces rectos normalmente fluyen en valles fácilmente erosionables, y pocas veces llegan a tener más de diez veces el ancho del canal; en valles estrechos los cauces rectos pueden extenderse por varias millas. SWANSON, (1976).

2.1.2.2. Corrientes de meandros

De acuerdo con SWANSON, (1976), las corrientes que desarrollan meandros son usualmente aquellas de baja pendiente, con moderada carga de sedimentos (una mezcla de varios tamaños de grano) y con fluctuaciones moderadas en la descarga.

La velocidad de la corriente, el transporte de sedimentos y la erosión, son mayores a lo largo del “thalweg” (vaguada, línea que une las partes más profundas del canal), siendo estos factores más activos cuando el río está crecido SWANSON, (1976). Las barras de meandros, características de estos sistemas, se desarrollan al disminuir la crecida del río, en las zonas internas de los meandros. En una barra de meandros existe una reducción en el tamaño del grano desde la base al tope, así como también una disminución en la magnitud de las estructuras sedimentarias, desde estratificación cruzada en gran escala hasta pequeñas rizaduras con láminas entrecruzadas SWANSON, (1976).

La sedimentación se efectúa sobre toda la superficie de la barra y a medida que se acentúa el meandro, las arenas de barra se amplían por un proceso de acreción lateral SWANSON, (1976).

Los afluentes meándricos son la consecuencia natural de la distribución asimétrica de la velocidad y turbulencia del flujo dentro del canal. La turbulencia máxima ocurre cerca de la base del canal que está contra el banco exterior GALLOWAY & HOBDA, (2000).

2.1.2.3. Corrientes entrelazadas

Los canales entrelazados son característicos de las corrientes que tienen grandes fluctuaciones en el flujo y en la carga de sedimentos. El entrelazamiento se inicia al formarse barras sumergidas y bajar el nivel del agua después de una crecida. Tales barras desvían el agua a su alrededor y se convierten en partes estables dentro del canal. SWANSON, (1976).

En los ríos intermitentes, estas barras generalmente cambian de posición durante las crecientes al ser cortadas por nuevos canales. Especialmente en estos ríos, los complejos de corrientes aumentan por el proceso de acreción vertical, ya que después de las crecidas descargan grandes volúmenes de sedimentos y obstruyen los canales.

Al producirse una reducción gradual en la velocidad de la corriente, se inicia una gradación (grosso en la base, fino hacia el tope) de cada unidad sedimentaria, así como también una disminución en la magnitud de las estructuras sedimentarias SWANSON, (1976).

Por su parte, en los ríos perennes las barras crecen por agradación y llegan a ser semipermanentes, aunque también pueden cambiar de forma a causa de una creciente fuerte SWANSON, (1976).

2.1.2.4. Corrientes anastomosadas

Una acomodación (arreglo) generada rápidamente y manejada por una elevación del nivel base, favorecen la avulsión y el desarrollo de los estilos fluviales anastomosados TORNQVIST (1993), en MIALL (2000). En la Tabla 2.2 se sintetizan los tipos de canales fluviales, con respecto a la composición del canal.

2.1.3 Facies Fluviales

Según MIAL, (2000), el término facies es utilizado actualmente en un sentido tanto descriptivo como interpretativo. Las facies descriptivas incluyen a las litofacies y biofacies, ambos son términos usados para referirse a propiedades observables en los cuerpos de rocas sedimentarias, que pueden ser interpretados en forma de procesos depositacionales o biológicos. Una litofacies individual es una unidad de roca definida basándose en sus características litológicas distintivas, incluyendo composición, tamaño de grano, característica de la estratificación, y estructuras sedimentarias. Cada litofacies representa un evento deposicional individual. El término facies también puede ser utilizado (usualmente para asociaciones litológicas) en sentido interpretativo para grupos de rocas que se supone han sido formadas bajo condiciones similares.

Para el análisis de litofacies, el punto principal debe ser el reconocimiento de las asociaciones de propiedades que están repetidas a lo largo de la sección (o partes de la cuenca completa). Las litofacies pueden ser diferenciadas por la presencia de unidades estratificadas con una o varias estructuras sedimentarias, por un rango limitado en el tamaño de grano, por un cierto espesor en la estratificación, y quizás hasta por alguna textura o color (aunque el color puede estar dominado por los cambios diagenéticos y no debe ser utilizado como criterio principal para la definición) MIAL, (2000).

2.2. FACIES DE MIAL

2.2.1 Codificación de Facies de Mial

De acuerdo con MIAL, (2000), el objetivo de un análisis de cuenca debe ser levantar un esquema de facies, que pueda agrupar todos los tipos de rocas presentes

en el área en proyecto. Estos esquemas de facies deben ser lo más simples posibles, de otra forma, acaban con todo el propósito de llevar a cabo un análisis de facies.

Según MIALL, (2000), los códigos para litofacies consisten en dos partes, una letra mayúscula para el tamaño de grano modal (G, grava; S, arena; F, finos) y una o varias letras minúsculas escogidas como nemónicas de una textura o estructura distintiva de cada litofacies. Véase Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Clasificación de facies fluviales MIAL, (1996)

Código de facies	Facies	Estructuras sedimentarias	Interpretación
Gmm	Grava masiva, soportada por matriz	Gradación débil	Flujo plástico de detritos (alta potencia, viscosos)
Gmg	Grava soportada por matriz	Gradación normal a inversa	Flujo pseudoplástico de detritos (baja potencia, viscosos)
Gci	Grava soportada por clastos	Gradación inversa	Flujo de detritos rico en clastos (alta potencia), o flujo pseudoplástico de detritos (baja potencia)
Gcm	Grava soportada por clastos, masiva	-	Flujo pseudoplástico de detritos (acarreo inercial, flujo turbulento)
Gh	Grava soportada por clastos, pobremente estratificada	Estratificación horizontal, imbricación	Formas de fondo (barras) longitudinales, depósitos aislados, depósitos cribosos
Gt	Grava estratificada	Estratificación cruzada festoneada	Rellenos menores de canal
Gp	Grava estratificada	Estratificación cruzada planar	Barras transversales, crecimientos deltaicos a partir de antiguas barras remanentes
St	Arena, fina a muy gruesa, a veces con cantos	Estratificación cruzada festoneada, individual o agrupada	Dunas linguiformes con crestas sinuosas (3-D)
Sp	Arena, fina a muy gruesa, a veces con cantos	Estratificación cruzada planar, solitaria o agrupada	Barras linguiformes transversales (dunas 2-D)
Sr	Arena, muy fina a gruesa	Laminación cruzada de rizadura	Rizaduras (régimen de flujo bajo)
Sh	Arena, muy fina a gruesa, a veces con cantos	Laminación horizontal, alineación dividida o creciente	Flujo de lecho plano (flujo crítico)
Sl	Arena, muy fina a gruesa, a veces con cantos	Estratificación cruzada de bajo ángulo (< 15°)	Relleno de cavidades erosivas, dunas lavadas, antidunas
Ss	Arena, fina a muy gruesa, a veces con cantos	Bases erosivas someras y anchas	Relleno de cavidad erosiva
Sm	Arena, fina a gruesa	Masiva o pobremente laminada	Depósitos de sedimentos de flujos gravitacionales
Fl	Arena, limo, arcilla	Laminación fina, rizaduras muy pequeñas	Depósitos de inundación, de desbordamiento o de canal abandonado
Fsm	Limo, arcilla	Masiva	Depósitos de pantano o de canal abandonado
Fm	Arcilla, limo	Masiva, grietas de desecación	Depósito de inundación, de canal abandonado o revestidos
Fr	Arcilla, limo	Masiva, raíces, bioturbaciones	Capas con raíces, suelo incipiente
C	Carbón, lodo carbonáceo	Plantas, laminillas de arcilla	Depósitos de pantano vegetado
P	Paleosol carbonatado (calcita, siderita)	Características pedogénicas	Suelo con precipitación química

2.2.2. Superficies limitantes de Miall

Según MELCHOR *et al.*, (2006), las superficies limitantes son “discontinuidades” que correctamente jerarquizadas permiten reconstruir la dinámica depositacional. Es importante destacar que no siempre una superficie limitante representa un hiatus. En la Tabla 2.4 se muestran los tipos de superficies limitantes según Miall.

Tabla 2.4. Tipos de superficies limitantes de Miall. Tomado de MELCHOR *et al.* (2006)

Orden y tipo	Ejemplo
Superficie de 1º orden	Limitan sets de migración de ondulitas y megaóndulas
Superficie de 2º orden	Limitan cosets (ascenso de óndulas y megaóndulas)
Superficie de 3º orden	Migración aguas abajo o lateral de macroformas
Superficie de 4º orden	Límite superior de macroformas
Superficie de 5º orden	Limitan complejos de canal
Superficie de 6º orden	Limitan incisiones que forman paleovalles (indican un cambio en el perfil de equilibrio)
Superficie de 7º orden	Indican eventos alocíclicos discretos, generalmente tectónicos. También se modifica el perfil de equilibrio
Superficie de 8º orden	Discordancias regionales

2.2.3. Asociación de Facies

MIALL, (2000) expone que el término asociación de facies fue definido por POTTER (1959) como “una colección de atributos sedimentarios asociados comúnmente”, incluyendo “amplia geometría (espesor y extensión areal); continuidad y forma de las unidades litológicas; tipos de rocas, estructuras sedimentarias, y fauna (tipos y abundancia)”. Una asociación (o arreglo) de facies está, en consecuencia, basada en la observación, quizá con alguna simplificación. Un modelo de facies es un

mecanismo interpretativo que levanta un geólogo para explicar la asociación de facies observada.

Las litofacies se agrupan juntas en asociaciones, ya que así representan varios tipos de eventos depositacionales que frecuentemente ocurren juntos en el mismo ambiente de depositación. Por ejemplo, un ambiente de abanico submarino generalmente contiene subambientes de cañón, canal, dique, depósito de inundación y de talud proximal, cada uno de ellos produce una litofacies característica. Estas litofacies se apilan en unidades estratigráficas, ya que los ambientes cambian a través del tiempo, permitiendo que diferentes litofacies se acumulen a lo largo de cualquier eje vertical. La naturaleza de estos cambios ambientales es muchas veces predecible, lo que significa que la sucesión de litofacies resultante son igualmente predecibles. Por ejemplo, en el ambiente de abanico submarino, los canales pueden cambiar de posición, y los subambientes dentro de la corriente turbidítica pueden moverse (muy rápidamente) talud abajo. Los deltas y las llanuras de marea progradan hacia el mar, los canales de río y caños de marea migran, y así sucesivamente. Estos procesos pueden repetirse muchas veces. Esta es la base para el principio de sedimentación cíclica; el cual interpreta que las relaciones laterales de las facies pueden ser predichas estudiando sus sucesiones verticales. Secciones estratigráficas, como afloramientos, acantilados medibles o secciones de pozo, comprimen la mayoría de la información base necesaria. Las relaciones laterales de facies son mucho más difíciles de estudiar, ya que tienden a ser graduales y se extienden por distancias considerables MIAL, (2000).

2.2.4. Elementos de arquitectura de facies fluviales

Según WALKER & JAMES (1992), a pequeña escala, pueden ser reconocidos en depósitos aluviales, varios tipos de estratificación y macroformas. Las barras son grandes unidades deposicionales. Los canales están rellenos por una amplia variedad

de barras y macroformas. Se pueden encontrar algunos patrones comunes de geometría y composición en estos depósitos, sin importar el estilo del canal. La escala más pequeña incluye bloques individuales, o facies, del depósito. A una mayor escala, estas asociaciones de facies pueden ser agrupadas en elementos arquitecturales caracterizados por formas y geometrías internas distintivas, que representen algunos de los tipos mayores de formaciones de barra o canal dentro del sistema fluvial. En una escala aún mayor, tradicionalmente ya se han reconocido cuatro estilos de canales fluviales: meándrico, entrelazado, anastomosado y rectilíneo.

Un río consiste de varias trayectorias de canal, desde curvas a rectas, con grandes áreas expuestas de grava, arena o limo, llamadas barras. El desarrollo y distribución de estas características siguen algunos relativamente predictibles patrones, los cuales dejan su registro en los depósitos resultantes. Los canales y las barras son los elementos deposicionales básicos de un río, y pueden ser subdivididos en elementos arquitecturales. Estos elementos están representados por una asociación de facies, una geometría interna, una forma externa y, en algunos casos, un perfil vertical característico WALKER & JAMES, (1992).

MIALL (2000) indicó que la mayoría de los depósitos pueden ser subdivididos en varios tipos de cuerpos tridimensionales caracterizados por asociaciones de litofacies características, geometrías externas, y orientaciones (muchas de las cuales son macroformas). Colocándole el término de arquitectura de facies a estas unidades deposicionales, e intentando sintetizarlas y clasificarlas en el período en que estos elementos ocurren en depósitos fluviales, sugiriendo que hay como ocho elementos de arquitectura básicos en los sistemas deposicionales. Estos elementos se muestran en la Tabla 2.5, y un esquema gráfico de ellos se visualiza en la figura 2.3.

Dos procesos interpretativos intervienen simultáneamente en el análisis de afloramientos que contengan un rango de escalas de unidades deposicionales y superficies limitantes: (1) la definición de varios tipos y escalas de superficies limitantes y (2) la subdivisión de la sucesión dentro de sus elementos de asociaciones

de litofacies, con el reconocimiento y definición de macroformas y cualquier otra característica que pueda estar presente MIALL, (2000).

En general, la característica más distintiva de una macroforma es que ésta consiste de litofacies relacionadas genéticamente, con estructuras sedimentarias mostrando orientaciones similares y superficies limitantes menores e internas, que se extienden desde el tope a la base del elemento, indicando que se desarrolló por largos periodos de acreción lateral, oblicua o en profundidad. Una macroforma es comparable en altura a la profundidad del canal en la que fue formada y, en amplitud y longitud, en orden similar a la magnitud de la amplitud del canal. El reconocimiento de una macroforma puede depender, en parte, del tipo de superficie limitante que la envuelva. Sin embargo, la clasificación apropiada de una superficie limitante puede depender de la descripción de la asociación de litofacies y geometría de las capas sobre y por debajo de ésta MIALL, (2000).

Tabla 2.5. Elementos arquitecturales en depósitos fluviales. Tomado de WALKER & JAMES, (1992).

Elemento	Símbolo	Principal asociación de facies	Geometría y relaciones
Canales	CH	Cualquier combinación	Dedos, lentes o cubierta; base erosional cóncava hacia arriba; escala y forma altamente variable; comúnmente superficies erosivas internas, de 3° orden, cóncavas hacia arriba
Barras y formas de fondo gravosas	GB	Gm, Gp, Gt	Lentes, mantos; usualmente cuerpos tabulares; comúnmente interestratificadas con SB
Formas de fondo arenosas	SB	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss	Suceden lentes, cubiertas, mantos, cuña, como rellenos de canal, abanicos de rotura, barras menores
Macroformas de acreción corriente abajo	DA	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss	Lentes descansando sobre una base lisa o acanalada, con superficies erosivas internas de 3° orden, convexa hacia arriba, y superficie límite superior de 4° orden
Macroforma de acreción lateral	LA	St, Sp, Sh, Sl, Se, Ss, menos común Gm, Gt, Gp	Cuña, cubierta, lóbulo; caracterizado por superficies internas de acreción lateral de 3° orden
Flujo de detritos (flujo gravitacional de sedimentos)	SG	Gm, Gmm	Lóbulo, cubierta, típicamente interestratificado con GB
Mantos de arenas laminadas	LS	Sh, Sl; menor Sp, Sr	Cubierta, manto
Finos de depósito de inundación	OF	Fm, Fl	Mantos delgados a gruesos; comúnmente interestratificados con SB; puede rellenar canales abandonados

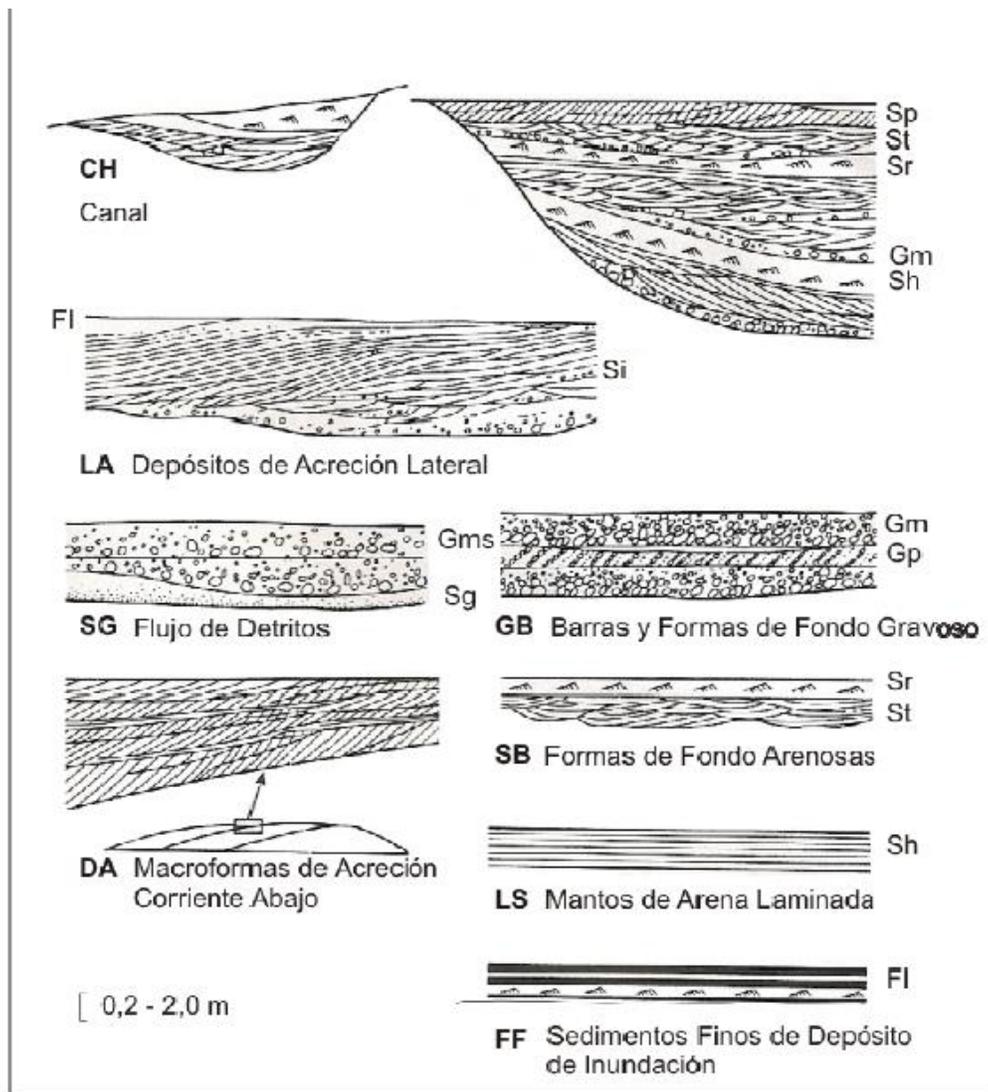


Fig. 2.3. Ocho principales elementos arquitecturales en depósitos fluviales. Tomado de MIALL, (1978)

Según MELCHOR *et al.*, (2006), los elementos arquitecturales de Miall, están definidos como:

- **Canales (CH):** el elemento CH es usado cuando el relleno del canal es simple y no puede ser partido en elementos tales como DA y LA. Generalmente (aunque no siempre) limitados por superficies de quinto orden y compuestos por una gran variedad de litofacias

- **Barras y formas de fondo gravosas (GB):** utilizada para macroformas (barras) y mesoformas (dunas) de sistemas fluviales gravosos. Predominan las litofacies Gh, Gp y Gt, formando cuerpos multihistóricos limitados verticalmente por superficies de cuarto orden y lateralmente por superficies de tercer orden.
- **Flujos de detritos (SG):** aparece como capas discretas (muy raramente amalgamadas) interestratificadas con los elementos GB y SB. Predominan las litofacies Gmm, Gmg, Gci y Gcm.
- **Formas de fondo arenosas (SB):** aunque generalmente incluidas en canales, en algunos casos pueden encontrarse en las planicies. Formadas por las litofacies Sp, St, Sh, y Sr. Se encuentran limitadas verticalmente por superficies de segundo orden.
- **Macroforma de acreción corriente abajo (DA):** representa la migración de barras en dirección paralela al flujo principal. Integrada por una gran variedad de litofacies arenosas. Limitada lateralmente por superficies de tercer orden y verticalmente por superficies de cuarto o quinto orden. En algunos casos puede mostrar intercalaciones de SB.
- **Macroforma de acreción lateral (LA):** formadas principalmente en barras en espolón. Las superficies limitantes laterales son de tercer orden (en ocasiones con participación pelítica) y las verticales de cuarto orden.
- **Mantos de arena laminada (LS):** producidas por depositación en alto régimen de flujo en canales o planicies. Integrada principalmente por las litofacies Sh y Sl. En menor medida se presentan Sp, St o Sr.

2.2.5 Elementos de arquitectura de llanuras aluviales

MIALL (1996) definió cinco (5) elementos de arquitectura de llanuras aluviales como los principales componentes de los depósitos sedimentarios de dichos ambientes:

- **Diques (LV):** Los diques consisten normalmente en unidades rítmicamente bandeadas de arena limosa de unas pocas decenas de centímetros de espesor, con abundante restos fósiles de vertebrados en algunos casos, donde cada secuencia representa un evento de inundación.
- **Canal de desbordamiento (CR):** Los canales de desbordamiento son cuerpos bandeados que consisten principalmente en areniscas de grano medio con estratificación cruzada y rizaduras (St, Sr). las unidades más gruesas son equivalentes en tamaño de grano a los depósitos de canal principal, pero en promedio son facies de grano más fino, ya que estos canales representan una “extracción” de la parte superior del flujo en el canal principal como resultado del desbordamiento del mismo.
- **Abanico de rotura (CS):** Los abanicos de rotura son depósitos tipo delta que se forman junto a los márgenes de los canales principales. De hecho, pueden ser virtualmente indistinguibles de deltas lacustres. Estos depósitos son componentes importantes del medio ambiente fluvial anastomosado, donde la formación de canales de desbordamiento se ensancha y forma un paso intermedio en el desplazamiento de los canales principales a nuevas posiciones en la llanura de inundación. Son cuerpos en forma de lente de hasta 10 km de largo y 5 km de ancho, 2.6 m de espesor. Los depósitos de abanicos de rotura suelen consistir en sedimentos finos a arenas de grano medio con

abundante estructuras sedimentarias hidrodinámicas, raíces de plantas, y bioturbación. La estratificación cruzada y rizaduras son las estructuras sedimentarias más comunes en estos depósitos

- **Llanura de inundación (FF):** Este elemento consiste en unidades laminares con extensiones de cientos de metros o incluso varios kilómetros en lateral, ubicadas en las adyacencias del canal principal. La variación vertical de la litología va a estar sujeta a muchos cambios, esto debido a que es una superficie plana y por ende es muy susceptible a cualquier cambio en el proceso depositacional, la depositación en estos ambientes puede ser continua, en el caso de sedimentos finos en suspensión en pantanos permanentes, o por eventos individuales que representan un periodo de inundación, donde se depositaran arena muy fina, limo y arcillas.
- **Canal abandonado (CH (FF)):** Estos elementos son componentes comunes en sistemas fluviales de grano fino, particularmente los sistemas anastomosados y de meandros, comúnmente estos canales se mantienen como lagos o estanques por un tiempo considerable. Litológicamente se caracterizan por tener cuerpos de arena fina separados por arcillas.

Tabla 2.6. Elementos arquitecturales de ambientes de llanuras aluviales. Modificado de
MIALL, (1996).

ELEMENTO	SIMBOLO	LITOLOGÍA	GEOMETRÍA	INTERPRETACIÓN
DIQUE	LV	FI	Acuñamiento de hasta 10 m de espesor, 3 km de ancho	desbordamientos producto de inundaciones
CANAL DE DESBORDAMIENTO	CR	St, Sr, Ss	Bandeamientos de unos pocos cientos de metros de ancho, 5 metros de profundidad, 10 km de largo	ruptura del margen del canal principal
ABANICO DE ROTURA	CS	St, Sr, FI	lentes de hasta 10 km de diametro, 2-6 m de espesor	progradacion tipo delta del canal de desbordamiento en la llanura de inundación
LLANURA DE INUNDACIÓN	FF	Fsm, FI, Fm, Fr	Laminas de algunos km de dimension lateral y decenas de m de espesor	depósitos de flujos de llanuras aluviales, pantanos
CANAL ABANDONADO	CH(FF)	Fsm, FI, Fm, Fr	Bandeamientos comparables en escala con canales activos	producto de la interrupción de la fuente de aporte

2.3 FOTOMOSAICOS DESCRIPTIVOS

Los fotomosaicos descriptivos consisten en una composición digital realizada con varias fotografías de una zona o afloramiento, que se hace con la finalidad de generar una fotografía panorámica, sin ángulos de distorsión, del área de estudio y así poder abarcar dimensiones imposibles de cubrir con una fotografía individual, además de mantener las dimensiones de cada uno de los elementos que contiene la fotografía, lo que es muy importante ya que nos permite resaltar de manera gráfica los elementos geológicos de importancia en el estudio que se esté haciendo, además que nos deja visualizar la relación en el espacio, tanto lateral como vertical, de dichos elementos.

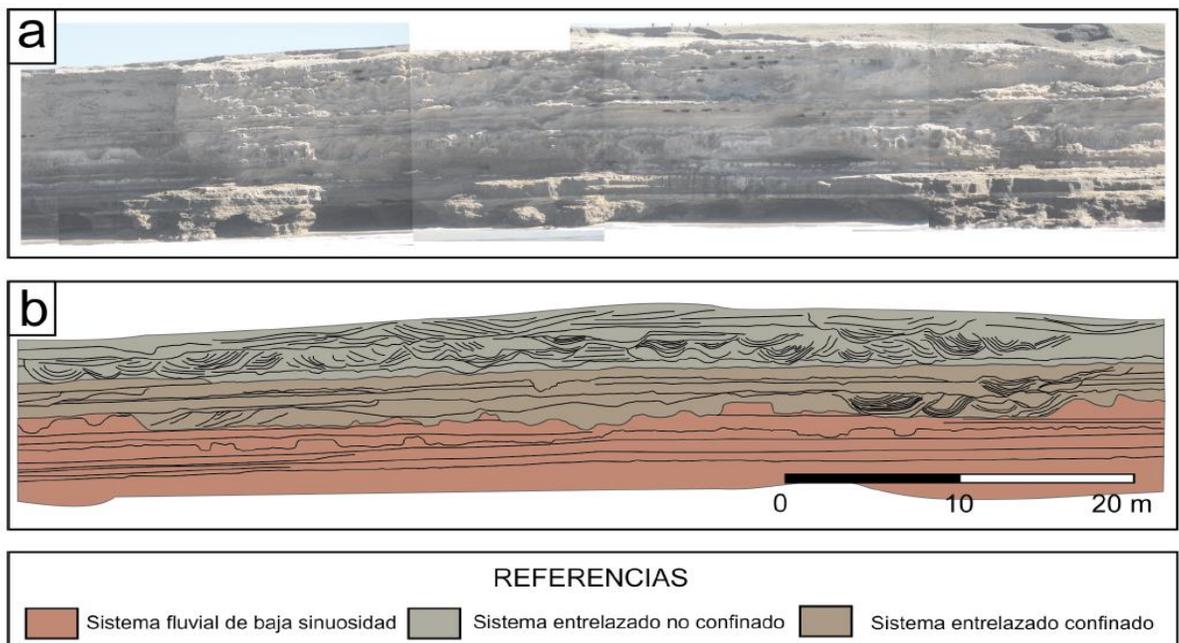


Fig. 2.4. Ejemplo de Fotomosaico descriptivo, usado para resaltar los sistemas fluviales presentes en el área de estudio. Tomado de BELINSON, (2012)

METODOLOGÍA

Para la ejecución de este trabajo se llevara a cabo una metodología que va a estar dividida según el objetivo específico que se vaya a alcanzar y de esta manera poder lograr el objetivo general propuesto de una manera satisfactoria.

2.4. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

2.4.1. Etapa I: Croquis y elección de las áreas a estudiar

Para llevar a cabo esta etapa se procede en primer lugar a realizar un croquis del afloramiento, con la finalidad de resaltar los elementos más importantes que lo constituyan y de esta manera poder visualizar de manera más clara las áreas a estudiar detalladamente; una vez realizado el croquis, sobre él se demarcan las áreas a estudiar, utilizando como fundamento abarcar todas las rocas o sedimentos que afloren a lo largo y ancho del afloramiento.

2.4.2. Etapa II: Descripción detallada de los sedimentos en el afloramiento

En esta etapa se describen varios aspectos de los sedimentos, en primer lugar se identifica el tamaño de grano, mediante el tacto y las características visibles de los granos, a simple vista o con el uso de una lupa, con aumentos de 10x y 20x; posteriormente se describen los colores de los sedimentos, el color fresco y el color meteorizado, luego se identifican los principales componentes minerales del sedimento, una vez realizado esto se prosigue con la identificación y descripción de

restos fósiles presentes en el sedimento, posteriormente se identifican las estructuras sedimentarias presentes en el afloramiento, en caso de que las haya.

2.4.3 Etapa III: Graficación digital

Mediante el uso del dibujador digital CorelDRAW X7 se realizó la graficación de las columnas estratigráficas correspondientes a cada uno de los afloramientos estudiados, en dichas columnas se representaran los espesores reales a escala de las secuencias sedimentarias, la morfología esquematizada de los elementos de arquitectura fluvial y la descripción litológica de los sedimentos que componen la secuencia estratigráfica aflorante.

2.5 FACIES DE MIALL

2.5.1 Etapa I: Relacionar facies identificadas con las facies de Miall

Una vez descritas en las columnas estratigráficas las litofacies presentes en los afloramientos, se relacionará cada una de estas con las facies fluviales propuestas por MIALL, (1996), ver tabla 2.3, donde se le asignará, la facies fluvial que reúna las mismas características, tanto litológicas como de estructuras sedimentarias, a cada litofacie identificada y representada en las columnas estratigráficas, y de esta manera englobar la descripción de todos los cuerpos bajo una misma perspectiva, lo que ayudara de manera importante a la identificación de elementos de arquitectura fluvial en etapas posteriores del trabajo.

2.6. CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y MORFOLÓGICA

2.6.1. Etapa I: Selección y toma de las muestras

El criterio utilizado para la selección de las muestras, se basó en algunos aspectos fundamentales, en primer lugar está el estudio morfológico de los granos y lo que esto implica, es decir, se van a caracterizar los granos según su redondez y esfericidad, por lo que es conveniente seleccionar muestras con tamaños de grano arena o mayor, ya que estos granos son los que arrojan mayor información en cuanto a este aspecto; por otro lado está la poca consolidación que muestran los sedimentos presentes en toda la zona, lo que impide realizarle secciones finas a los mismos para ser estudiados con el microscopio petrográfico, es por ello que se decide estudiar su mineralogía mediante el uso de una lupa, marca Zeiss, modelo Stemi SV 6.

Las muestras se tomaron a lo largo de toda la zona, y cada una representa una facies fluvial distinta; al ser sedimentos sueltos, se tomaron manualmente entre 300 g y 500 g de muestra de cada facies, los cuales fueron depositados en bolsas plásticas herméticas para su posterior traslado al laboratorio.

2.6.2 Etapa II: Caracterización morfológica de los granos

Para llevar a cabo esta etapa se toma una pequeña cantidad de cada una de las muestras y se colocan en platinas individuales, una vez realizado esto se estudia una a una con la lupa Stemi SV 6 siguiendo el siguiente procedimiento:

- Se seleccionan aleatoriamente 30 granos de cada muestra

- Se compara cada uno de estos granos con la tabla comparativa de redondez y esfericidad de POWERS, (1982), ver figura 2.5

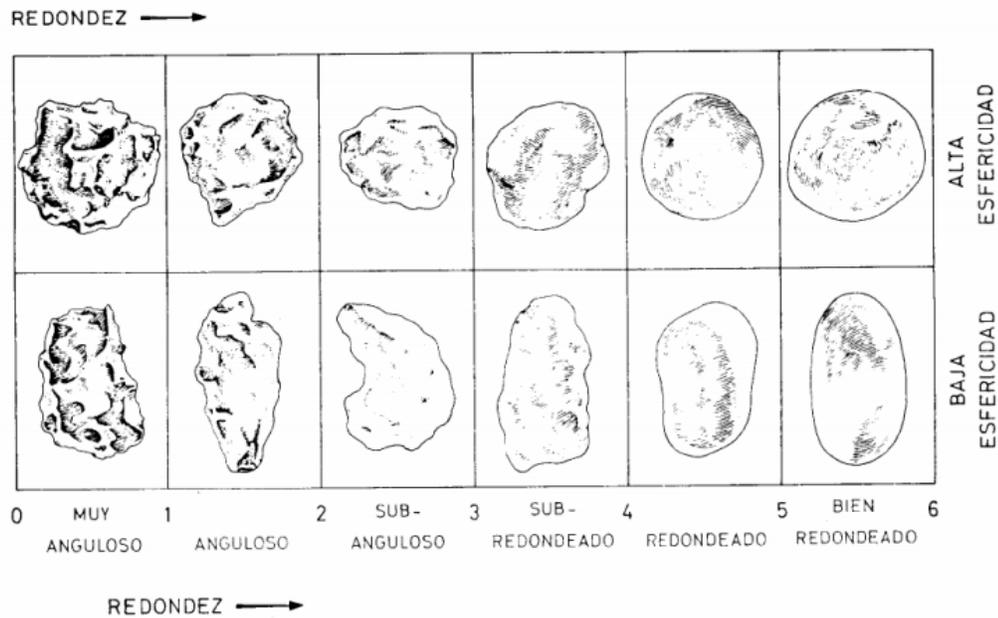


Fig. 2.5. Tabla comparativa de redondez y esfericidad, POWERS (1982)

2.6.3 Etapa III: Identificación de minerales

El objetivo de esta etapa consiste en identificar los minerales que componen cada una de las muestras y determinar la cantidad porcentual en la que se encuentran; Esto se lograra mediante la identificación visual de las propiedades físicas distintivas principales de cada mineral, como lo son el hábito, clivaje y color; vale destacar que se usara la lupa como el instrumento que nos permita observar dichas características, debido al pequeño tamaño de los granos.

2.7. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE FACIES FLUVIALES

2.7.1 Etapa I: identificación de facies fluviales y elementos de arquitectura fluvial

Esta etapa está implícita en uno de los objetivos anteriores (ver pág. 28 y 29), por lo tanto la metodología para realizarla es la misma.

2.7.2. Etapa II: Identificación de paleocorrientes

En esta etapa se identificaron en los afloramientos las diferentes arquitecturas fluviales que nos indican paleocorrientes (canales) y a estas se les midió el rumbo geográfico de la dirección de la corriente con la brújula. Posteriormente se hizo un diagrama de rosas con todas las mediciones realizadas.

2.7.3. Etapa III: Cartografiar

Una vez definidas las facies sedimentarias y los elementos de arquitectura fluvial que estas conforman en cada afloramiento, se realiza una estimación visual mediante los fotomosaicos descriptivos, del porcentaje que ocupa cada elemento de arquitectura fluvial en cada afloramiento, y de esta manera se genera un gráfico de “torta” mediante el programa Excel, una vez obtenidos los gráficos, dicha información, nos permite conocer cuáles son los elementos y facies dominante en cada zona estudiada y así generar el mapa de distribución de facies y elementos

arquitecturales, donde se podrá observar las zonas dominadas por cada elemento arquitectural, una vez realizado esto, se procederá a digitalizar dicha información en un mapa escala 1:25000 por medio del programa ArcGIS, siguiendo la metodología propuesta en el “Manual de Edición ESRI” (2012).

2.8. FOTOMOSAICOS DESCRIPTIVOS

2.8.1. Etapa I: Ubicación y toma de fotografía panorámica

Para llevar a cabo esta etapa se procederá en principio a obtener la ubicación espacial exacta del afloramiento con el uso de un GPS, el cual proporciona las coordenadas exactas de longitud y latitud del lugar, posteriormente se lleva a cabo la toma de la fotografía Panorámica del afloramiento con el uso de una cámara digital con una resolución mayor a 10 megapíxeles.

2.8.2. Etapa II: Medición de relaciones espaciales de los sistemas fluviales

Esta etapa se realiza con el uso de una cinta métrica convencional, la cual permitió medir la longitud del ancho y la profundidad de los sistemas fluviales (Canales) que se identificaron en cada afloramiento.

2.8.3 Etapa III: Digitalización del Fotomosaico

En esta etapa se va a recopilar toda la información tomada en campo y se introducirá de manera esquemática sobre la fotografía panorámica mediante el dibujador digital CorelDRAW X7.

CAPÍTULO III

GEOLOGÍA REGIONAL

3.1. GENERALIDADES

La cuenca de Barlovento, ubicada en la zona norcentral de Venezuela, en el estado Miranda. Está constituida por depósitos aluviales (Reciente) y rocas sedimentarias (poco consolidadas y consolidadas) pertenecientes a los periodos Terciario – Cuaternario, que corresponden a las formaciones Mamporal, Caucagua, Aramina, Cumaca y Carenero. Estas a su vez, son suprayacente a cuerpos rocosos ígneo – metamórfico – sedimentario que datan del Cretácico – Jurásico, los cuales fueron definidos como: Asociación Metasedimentaria Caracas, URBANI, (2000), Asociación Meta-volcano-sedimentaria de Villa de Cura, URBANI, (2000) y Formación Guárico (Miembro Río Aragua), CAMPOS *et al.*, (1980).

Sievers y Karsten fueron los primeros naturalistas que a fines del siglo XIX, reconocieron a la Cuenca de Barlovento, como cuenca sedimentaria URBANI, (1977).

ANDREWS (1930) y KEHRER (1930) presentan mapas geológicos detallados de la cuenca de Barlovento.

MOORE (1931) presenta una secuencia estratigráfica de la cuenca con rocas del Mioceno, Plioceno, Cuaternario y aluviones recientes, todas ellas separadas por discordancias.

WOLCOTT (1940, 1945) produce dos informes detallados sobre las rocas sedimentarias de la cuenca.

SCHWARK *et al.* (1951) presentan un mapa de la parte oriental de la cuenca, haciendo hincapié en diversos aspectos de la geología costera.

PONTE (1952) presenta un mapa geológico simplificado del norte de la cuenca.

PATRICK (1958) produce un mapa e informe detallado sobre la cuenca, trabajo realizado para la Creole Petroleum Co.

FEO-CODECIDO (1962) fue el primero en extender las formaciones del Grupo Caracas hasta el área de Cabo Codera, basándose en la descripción original de DENGÓ (1951).

SEIDERS (1965) reconoce tres secuencias estratigráficas dentro de las rocas metamórficas que cubren la zona.

BERMÚDEZ (1966) realiza un estudio paleontológico detallado de la Cuenca Baja del río Tuy, y considera las variaciones ecológicas en las formaciones La Cumaca, Aramina y Carenero.

MENÉNDEZ (1966) reconoce cuatro fajas tectónicas en la parte central de las montañas occidentales del Caribe en Venezuela.

URBANI (1969) describe la mineralogía de varias muestras de mármoles de la parte central de la Cordillera de la Costa, incluyendo aquellos del área de Birongo.

ASUAJE (1972) describe en el área de Guatire-Cabo Codera rocas pertenecientes al Grupo Caracas.

FURRER & URBANI (1973) analizan muestras fosilíferas de cuevas ubicadas en las formaciones Las Mercedes y Guárico.

TARACHE (1975) menciona la secuencia sedimentaria del área de Carenero.

GARCÍA (1977), RAMOS (1977) y SPENA (1977) completan la delimitación del contacto discordante entre las rocas sedimentarias y las metasedimentarias.

DÍAZ (1982) realiza un estudio estratigráfico detallado de las unidades terciarias.

URBANI (2000) revisa las unidades ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa.



Fig. 3.1. Mapa de la ubicación de la cuenca de Barlovento, Tomado de Espínola y Ollarves (2002).

3.2. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

A continuación se describen las unidades litodémicas y litoestratigráficas de edad Jurásico – Cretácico, sobre las cuales descansan las unidades pertenecientes a los periodos Terciario – Cuaternario.

3.2.1. Asociación Metasedimentaria Caracas

- **Descripción litológica:** La litología característica de esta asociación metasedimentaria, está constituida por: esquisto y/o (filita) cuarzo - muscovítico - feldespático \pm clorítico, metaarenisca y metaconglomerado, ambas cuarzo - feldespático – micáceo, y mármol; correspondiente al Esquisto de Las Brisas. Esquisto cuarzo – calcáreo – muscovítico – grafitoso de color gris oscuro y mármol grafitoso; perteneciente al Esquisto de Las Mercedes, que es casi igual para el Esquisto de Chuspita con la diferencia de que hay mayor abundancia de metareniscas. URBANI, (2000).
- **Extensión geográfica:** La asociación aflora típicamente en la región de Caracas - Los Teques y sus alrededores, y se ha cartografiado como una franja casi continua en sentido este - oeste que se extiende desde el estado Yaracuy, hasta la zona de Barlovento en el estado Miranda. Sus unidades constituyen una franja predominante de La Cordillera de La Costa. URBANI, (2000).
- **Contactos:** Los contactos entre las rocas de esta asociación con la asociación metamórfica Ávila hacia el norte son tectónicos URBANI y OSTOS, (1989), en URBANI, (2000), y con las rocas de la faja Caucagua - El Tinaco al sur igualmente son tectónicos BECK (1986), en URBANI, (2000). Los contactos entre los esquistos de Las Brisas y Las Mercedes son tectónicos URBANI *et al.* (1989), en URBANI (2000), mientras que entre los Esquistos Las Mercedes y Chuspita parece ser concordante y transicional SEIDERS (1965), en URBANI, (2000).
- **Edad:** Jurásico – Cretácico. URBANI (2000).

3.2.2. Asociación Metavolcanosedimentaria de Villa de Cura

- **Descripción litológica:** La asociación está constituida por rocas metavolcánicas y metasedimentarias, las cuales se han dividido en cinco formaciones, que son: El Chino, El Caño, El Carmen, Santa Isabel y Las Hermanas. El Caño consiste en metatobas afaníticas finamente laminadas, con cantidades menores de metalavas basálticas y andesíticas. La Formación El Chino contiene metatobas estratificadas de grano fino, con cantidades menores de metabasalto, metaftanita, filita grafitosa, esquistos cuarzo - albítico y granofel cuarzo - albítico. La Formación El Carmen presenta una serie de metalavas basálticas con fenocristales de augita, intercalados con metatoba, granofel, metaftanitas y filitas grafitosas. La Formación Santa Isabel consiste en granofel cuarzo - feldespático - epidótico con intercalaciones de esquistos clorítico y metalavas piroxénica y metaftanitas. La Formación Las Hermanas consiste de metatoba, metalava y aglomerados volcánicos. El metamorfismo varía de sur a norte como sigue en las siguientes zonas NAVARRO (1983), en URBANI (2000): prehnita - pumpellita, barroisita - zoisita/clinozoisita - albita, glaucofano - hornblenda barroisítica, epidota (zoisita/clinozoisita) - glaucofano, lawsonita - glaucofano, lawsonita - albita, pumpellita - actinilota y prehnita - pumpellita.
- **Extensión geográfica:** En el mapa geológico de BELLIZZIA *et al.* (1976), en URBANI, (2000) la asociación se extiende por más de 250 km de longitud con un ancho medio de unos 25 km, abarcando los estados Cojedes, Guárico, Carabobo, Aragua y Miranda.

- **Contactos:** Los contactos de la asociación con las unidades adyacentes son tectónicos, interpretados por lo general como fallas de corrimiento. Los contactos entre las unidades El Chino, El Caño, El Carmen y Santa Isabel son concordantes, mientras que el contacto entre el Granofel de Santa Isabel y las Metavolcánicas de Las Hermanas ha sido interpretado como tectónico. NAVARRO (1983) y OSTOS (1990), en URBANI (2000).
- **Edad:** Mesozoico sin diferenciar. URBANI (2000).

A continuación se describen las formaciones sedimentarias que constituyen el relleno de la Cuenca de Barlovento:

3.2.3. Formación Carenero

- **Descripción litológica:** Lutita calcárea suave, compacta y maciza, de color gris claro, que meteoriza en tonos castaños. BERMÚDEZ (1966)
- **Extensión geográfica:** Hasta el presente sólo se reconoce en la localidad tipo, que se ubica en Carenero, estado Miranda. BERMÚDEZ (1966).
- **Espesor:** Unos 15 metros expuestos, aunque se presume mayor. BERMÚDEZ (1966).
- **Contactos:** No observados; se presume su discordancia sobre las metamórficas de la Cordillera de la Costa y su posición estratigráfica infrayacente a la Formación Aramina. BERMÚDEZ (1966).

- **Fósiles:** *Globorotaria menardii*, BOLLI & BERMÚDEZ (1965) y *Globorotaria acostaensis*, BERMÚDEZ (1966).
- **Edad:** Mioceno Superior.
- **Correlación:** BERMÚDEZ (1966), correlaciona la unidad con parte de las "Capas de La Tejita" en Margarita y con parte del Miembro Cerro Verde de la Formación Cubagua; provisionalmente postula su equivalencia también con las Capas de La Sabana en el Distrito Federal, a su vez posibles correlativas de la Formación La Pailas, Grupo Cabo Blanco.

3.2.4. Formación Aramina

- **Descripción litológica:** DUSENBURY (1956), reportó conglomerados basales con fragmentos angulares de esquistos, capas de calizas impuras, seguidos de lutitas arcillosas de color gris verdoso, arcillas, y areniscas, con escasas calizas limosas intercaladas en la parte inferior.
- **Espesor:** Máximo de 1656 m, en la quebrada Aramina. DUSENBURY (1956)
- **Extensión geográfica:** Cuenca inferior del río Tuy, Miranda oriental. DUSENBURY (1956)
- **Contactos:** La unidad es discordante sobre rocas metamórficas, y posiblemente descansa sobre la Formación Carenero. Sin embargo, BERMÚDEZ (1966), reporta que un contacto superior con la Formación Mamporal. Al sur de la cuenca, se ha señalado como discordante sobre rocas del Cretácico, Eoceno e ígneas básicas.

- **Fósiles:** DUSENBURY (1956) mencionó los moluscos *Anadara (Larkinia) waringi*, *Chione cancellata*, *Turritella abrupta*, *T. gatunensis*, *T. mimetes* y *Oliva cylindrica*. (BERMÚDEZ, 1966) mencionó siete especies de foraminíferos de aguas someras reconocidas cerca de Los Fernández.
- **Edad:** MENCHER *et al.* (1951) establece el Mioceno temprano; BUCHER (1952), DUSENBURY (1956) y YOUNG *et al.* (1956), el Mioceno medio. BERMÚDEZ (1966) la consideró Mioceno tardío por su contenido de ostrácodos.
- **Correlación:** La unidad se considera como equivalente lateral, de facies marina poco profunda, de la Formación Cumaca, presente también en la cuenca del bajo Tuy. BERMÚDEZ (1966) sugirió otras correlaciones.

3.2.5. Formación Cumaca

- **Descripción litológica:** Lutitas grises verdosas, achocolatadas y negras, y arcillas lutíticas con un porcentaje relativamente pequeño de areniscas. WOLCOTT (1940, 1945) describe la formación como constituida predominantemente de lutitas y arcillas lutíticas, con un porcentaje relativamente pequeño de areniscas. Las lutitas y arcillas lutíticas se encuentran generalmente bien estratificadas, con color gris verdoso, marrón achocolatado o negras. Las areniscas se encuentran estratificadas de color gris verdoso con cemento calcáreo y generalmente de grano fino. También aparecen capas ocasionales de conglomerados finos, arcillitas y calizas duras.
- **Espesor:** Máximo de 100 metros. BUCHER (1952).

- **Extensión geográfica:** La unidad se restringe al extremo oeste de la ensenada inferior del Tuy, Miranda oriental.
- **Contactos:** Inferior, discordante sobre rocas metamórficas; según DUSENBURY (1956), el contacto superior es discordante debajo de la "Formación Guatire".
- **Fósiles:** DUSENBURY (1956) menciona gasterópodos y pelecípodos de aguas dulces. BERMÚDEZ (1966) reporta ostrácodos relativamente del género *Limnocythere*, dientes y escamas de peces, y *oogonios de Chara* (alga calcárea).
- **Edad:** DUSENBURY (1956) estableció que la unidad pertenece al Mioceno medio, y BERMÚDEZ (1966) al Mioceno superior.
- **Correlación:** La unidad se considera como equivalente lateral, de facies marinas de aguas abiertas (300 m de profundidad) de la Formación Aramina.

3.2.6. Formación Caucagua

- **Descripción litológica:** PATRICK Y URBANI (inéditos en GONZÁLEZ DE JUANA *et al*), describieron a la Formación Caucagua, como sigue: lutitas de color marrón amarillento, gris a rojo, pobremente estratificadas en capa delgadas a masivas, limosas a arenáceas, con guijarros de cuarzo y fragmentos de rocas metamórficas, y algunas capas ligeramente carbonáceas; areniscas rojo oscuro a marrón, marrón amarillento a marrón oscuro, en capas delgada a masivas,

irregulares, friables a ligeramente endurecidas, arcillosa a conglomeráticas, a veces carbonáceas; y conglomerado rojo oscuro a marrón amarillento, con estratificación delgada a masiva lenticular, friable a levemente endurecida, con cantos de cuarzo y rocas metamórficas, en una matriz arcillosa; gradan frecuentemente a arenas.

- **Espesor:** SEIDERS reportó un espesor de 700 m, sin observar el contacto superior.
- **Extensión geográfica:** Aflora en los valles del bajo Tuy, entre Araguaita y Curiepe, en el flanco sur de la Cordillera de la Costa.
- **Contactos:** La Formación Caucagua suprayace discordantemente a la Formación Aramina (Mio-Plioceno), e infrayace con discordancia a la Formación Mamporal (Pleistoceno?) GONZÁLEZ DE JUANA (*et al.*, op. cit.) pero localmente, al oeste de la cuenca, la Formación Caucagua es discordante sobre rocas metamórficas.
- **Fósiles:** se reportan microfósiles no diagnósticos. WOLCOTT (inédito en GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*)
- **Edad:** Por su posición estratigráfica, se considera que la edad de la Formación Caucagua, es Plioceno-Pleistoceno. L.E.E.V. (1999)
- **Correlación:** La Formación Caucagua ha sido correlacionada con la Formación Guatire (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1970).

3.2.7. Formación Mamporal

- **Descripción litológica:** Esta formación se caracteriza por presentar lentes de arcillas, areniscas y conglomerados ligeramente consolidados y pobremente estratificados. Los colores típicos de la formación son rojizo, amarillo y gris; las arcillas generalmente son moteadas y los sedimentos clásticos gruesos son ferruginosos. Las arcillas son finamente arenosas; las areniscas son de granos angulares y subangulares de tamaño variable, cementados con arcilla; los conglomerados contienen una mezcla heterogénea de fragmentos subangulares a subredondeados, del tamaño de guijas y peñas, de rocas ígneas y metamórficas, areniscas cuarzosas y ocasionalmente calizas, en una matriz arcillo-arenosa.
- **Espesor:** PATRICK, estima un espesor de unos 120 m, aun cuando no ha sido posible medir una sección completa debido a la discontinuidad de los afloramientos.
- **Extensión geográfica:** La Formación Mamporal se extiende por los valles del Bajo Tuy, estado Miranda. L.E.E.V. (1999)
- **Contactos:** BERMÚDEZ (1966) suprayace discordantemente sobre la Formación Aramina en la cuenca del bajo Tuy. Sin embargo GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), consideran que la unidad suprayace discordantemente a la Formación Caucagua, observándose el contacto entre las dos formaciones en la carretera Caracas-Higuerote, a unos 5 km al oeste de Tacarigua de Mamporal, así como en diversos sitios a lo largo de la carretera Higuerote-Curiepe.

- **Fósiles:** no se reportan.
- **Edad:** Se establece que la Formación Mamporal pertenece al Pleistoceno medio, tomando como referencia a la Formación Caucagua.
- **Correlación:** PATRICK (1958) estima que la Formación Mamporal es correlativa con la Formación Coche de Venezuela oriental.

3.2.8. Unidad de Aluvión

- **Litología:** Está caracterizada por presentar, arcillas, con intercalaciones de grava y arenas no consolidadas.
- **Extensión geográfica:** Cubre la zona oriental de la Cuenca del Bajo Tuy, ya que es el área de menor cota de toda la cuenca; así como en los bordes de los ríos que drenan la región en la parte occidental. ALVARADO *et al.* (1982)
- **Contactos:** se encuentra principalmente suprayacente en discordancia con las formaciones Mamporal y Caucagua.
- **Edad:** pertenece al Reciente.

Periodo	Época		WOLCOTT (1940)	SEIDERS (1956)	PATRICK (1958)	BERMÚDEZ (1966)	URBANI (1977)	DIAZ (1982)	MÉNDEZ (1997)
Cuaternario	Holoceno								
	Pleistoceno	Tardío							
		Medio	Fm. Mesa	Fm. Mamporal?	Fm. Mamporal	Fm. Mamporal	Capas de Caucagua	Fm. Mamporal	Fm. Mamporal
	Temprano					Fm. Caucagua	Fm. Mamporal	Fm. Caucagua	
Neógeno	Plioceno	Tardío	Fm. Guatire	Capas de Caucagua	Fm. Guatire				
		Temprano							
	Mioceno	Tardío		Fm. Cumaca		Fm. Aramina	Miembro Carenero	Fm. Aramina	
		Medio			Fm. Aramina	Fm. Carenero			
	Temprano	Fm. Aramina							
Paleógeno	Oligoceno	Tardío	Fm. Cumaca						
		Temprano							

Fig. 3.2. En esta figura se muestra la variación de la definición de las formaciones presentes en la zona por diferentes autores. A la izquierda se muestran las edades propuestas por cada uno de los autores, quienes se encuentran en el margen superior de la tabla. Dentro de la tabla se observa como varían las definiciones y los contactos y nombres de las Formaciones presentes. Tomado de Hernández & Rojas (2002).

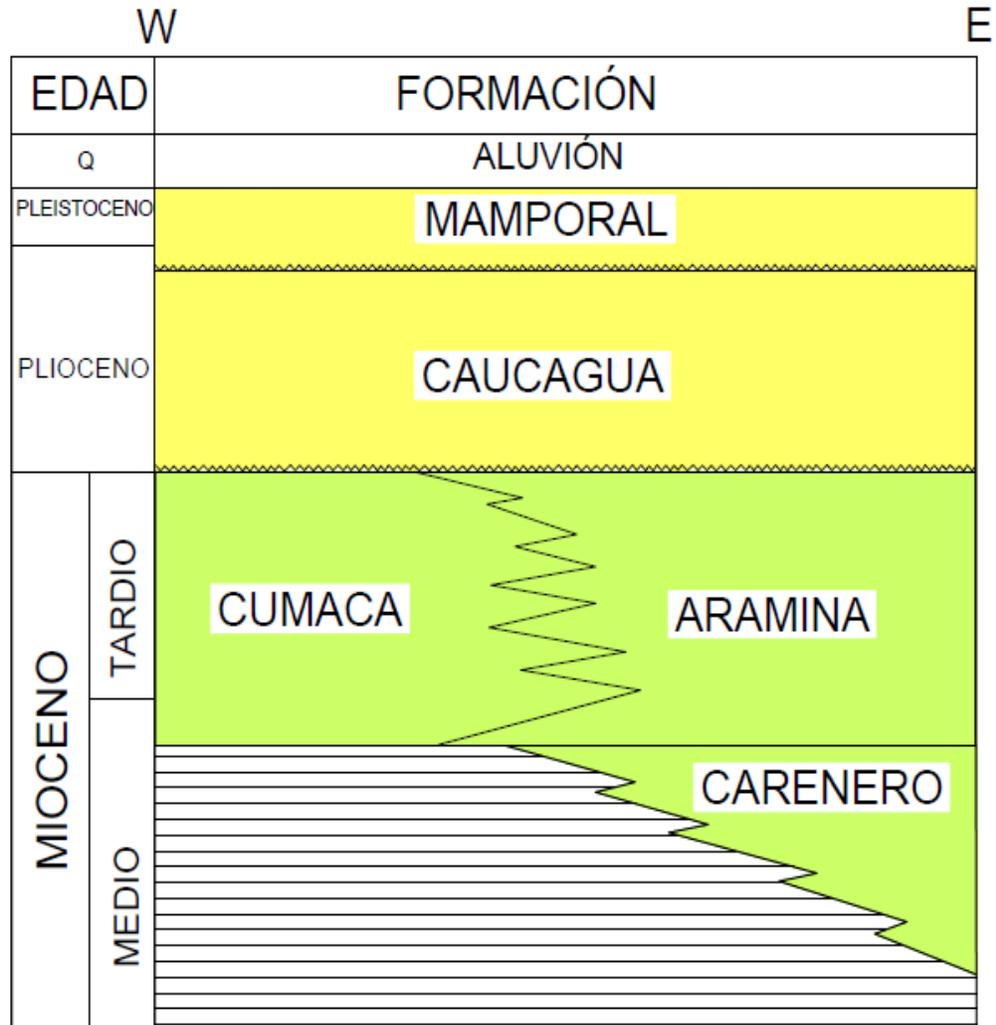


Fig. 3.3. Tabla de correlación de la Cuenca de Barlovento propuesta por HERNÁNDEZ & ROJAS (2002)

Como se puede observar en la Fig. 3.2, ha habido distintas propuestas en cuanto a la concepción estratigráfica de la Cuenca de Barlovento, sin embargo HERNÁNDEZ & ROJAS (2002), proponen un modelo más actualizado y el más aceptado hasta ahora (ver Fig. 3.3).

3.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

A continuación se citaran algunas teorías propuestas por distintos autores, que describen el marco estructural regional:

FEO-CODECIDO (1962), establece que la cuenca continúa por debajo del Mar Caribe, en sentido noreste, hasta la Isla de Margarita y Coche, mientras que SEIDERS (1965), menciona que la ensenada mayor del río Tuy, presenta buzamientos suaves que van de horizontales a un máximo de 35° , y una estructura similar a la cuenca de Santa Lucía, donde las rocas presentan forma de sinclinal asimétrico con rumbo $N65^\circ E$ y fallamiento a lo largo del borde norte del flanco norte, y poco control estructural al sur. Por otra parte, menciona que las cuencas sedimentarias dentro de la Cordillera, en el Terciario Superior, son el resultado de un evento estructural, el cual afectó a la región de Miranda Central, generando grandes levantamientos de alto buzamiento en las rocas terciarias.

DÍAZ (1982), estableció a la cuenca de Barlovento, como una cuenca graben que limita al norte con una falla, con rumbo $N50^\circ E$, que tal vez forma parte del sistema de fallas de La Victoria – Pichao, y al sur limitada por una falla post- Paleoceno, SEIDERS (1965), cubierta por sedimentos del Cuaternario; así como también los sistemas de falla de Santa Rosa y parte de la falla de Onoto.

Sobre la base de sus investigaciones, propone que el graben se desarrolló en el Mioceno – Plioceno y que se generaron dos eventos tectónicos: uno distensivo en la época antes mencionada y caracterizado por fallas normales de orientación $N80^\circ E$; y el segundo compresivo, durante el Plioceno tardío (?) – Pleistoceno y posiblemente hasta el Holoceno, con fallas conjugadas transcurrentes con rumbo NO- SE.

BELTRÁN & GIRALDO (1989), a diferencia de los anteriores obtuvieron un campo de esfuerzo durante el Cuaternario para la región nor - oriental de Venezuela, obteniendo

como resultado una dirección de esfuerzo principal promedio NNO-SSE, el cual corresponde a una fase compresiva. Además, definieron dos fases tectónicas que han actuado durante el Neógeno: La primera corresponde a una fase distensiva, caracterizada por fallamiento normal y en ocasiones sin sedimentaria. La segunda, corresponde a una fase compresiva la cual se iniciaría en el límite Pleistoceno y se mantiene constante hasta nuestros días.

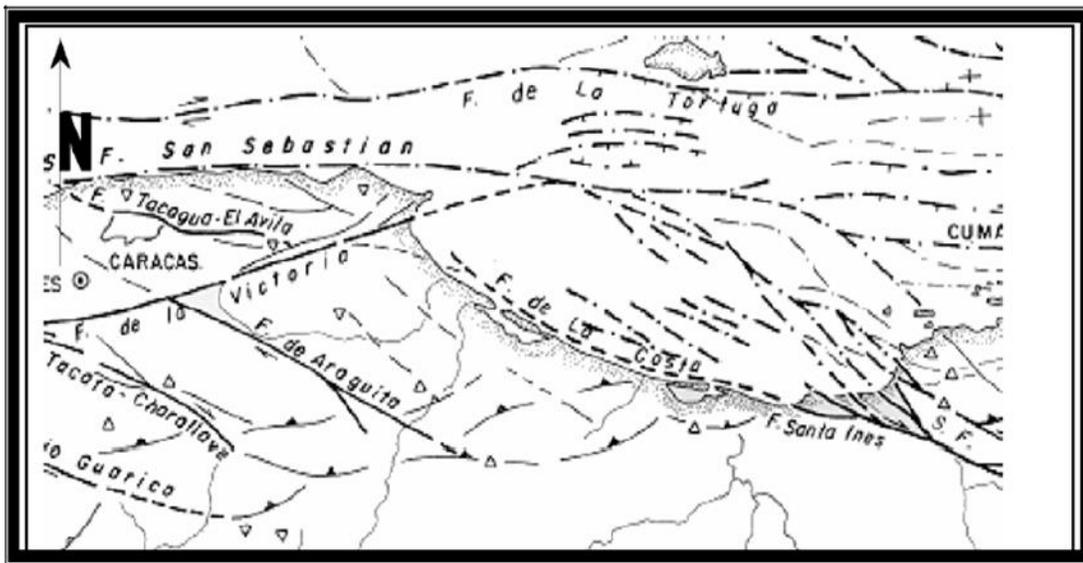


Fig. 3.3. Mapa Neotectónico donde se encuentra enmarcada estructuralmente el área de estudio, (BELTRÁN, 1993), tomado en (HERNÁNDEZ & ROJAS, 2002).

Para la cuenca baja del río Tuy, se generó un modelo estructural, denominado Riedel, sobre la base de un régimen transcurrente, que está caracterizado por fallas principales con orientación E – O y fallas secundarias sintéticas y antitéticas con rumbo NO–SE y NE–SO, respectivamente. GIUNTA *et al.* (1990). Por otra parte, URBANI (1991), menciona la presencia de fallas normales E – O, que ejercen un control estructural en la vertiente sur de la cuenca barloventeña (frente de montaña). Basado en información geológica, OSTOS (1990), propone un modelo tectónico para explicar la evolución del norte de Sudamérica, el cual se basa en la deformación de

cinturones tectónicos este – oeste, alóctonos, del norte de Suramérica, producto de una colisión de un microcontinente y un arco de isla contra el oeste–noroeste de Sudamérica durante el Neocomaniense. Los cinturones fueron inicialmente sobrecorridos en el margen oeste – noroeste de la placa Suramericana, pero debido al ángulo alto de oblicuidad en el borde de placas, estos fueron transportados transpresionalmente hacia el noroeste (Santoniense – Campaniense). El transporte de estos cinturones tectónicos y de la placa Caribe de rumbo hacia el Eoceno tardío, como consecuencia de la colisión de la placa Caribe con la plataforma de las Bahamas. Este cambio es evidenciado por una compresión noroeste – sureste y por el desarrollo de cuencas sedimentarias Oligocenas pull – apart de rumbo este – oeste, en el norte de Suramérica.

AUDEMARD & GIRALDO (1997), señalan que el mecanismo de subducción y colisión oblicua reinante durante el Terciario y previo al Mioceno medio en el margen meridional caribeño, responsables de acomodar tanto el acortamiento norte – sur generado por la convergencia de las dos Américas como el desplazamiento relativo hacia el este de la placa Caribe, se hace insostenible por los niveles de colisión alcanzados entre ambas placas, dándose inicio (17 – 15 ma) a una repartición de las deformaciones (“partitioning”): fallas transcurrentes dextrales de orientación este – oeste y estructuras de acortamiento con vergencia SSE preponderante. Aún hoy en día, este mecanismo de repartición de deformaciones es activo a lo largo de la frontera meridional caribe.

Posteriormente, AUDEMARD *et al.* (2000), establecen que la deformación a lo largo de la costa sur del Caribe, se confirma a través de la compilación de tensores de esfuerzos determinados a partir de indicadores cinemáticos en los planos de falla (microtectónica), y además por las soluciones de mecanismos focales, resultantes de un régimen transcurrente compresivo (transpresional -sensoato) caracterizado por un esfuerzo máximo horizontal NNO – SSE (σ_1) y/o un mínimo ENE – OSO (σ_3 o σ_2), responsable de la actual actividad y cinemática de un conjunto de seis

rasgos frágiles, como son: fallas laterales - dextrales E-W; fallas laterales – dextrales NO-SE (Riedel Sintético); fallas dextrales ENE-OSO a E-O (Cizalla P); fallas normales NNO-SSE; fallas laterales- sinestrales, tendiendo a N-S (Riedel Antitético) y fallas inversas ENE-OSO. Sin embargo acotan que no toda la deformación en la región obedece al modelo de cizalla simple, sino que también actúa la “partitioning”.

Por último, AUDEMARD *et al.*(2000), en su mapa y base de datos de fallas cuaternarias, indican que la falla de La Victoria tiene un rumbo promedio con un desplazamiento dextral y una tasa de movimiento de 0,55 mm/a, reportan que la falla se extiende desde Las Tejerías hasta Cabo Codera.

CAPÍTULO IV

GEOLOGÍA LOCAL

En este capítulo se describen de manera detallada cada uno de las doce (12) localidades (afloramientos) estudiadas, mediante la columna estratigráfica y el fotomosaico descriptivo de cada uno de ellos, dichas herramientas permitirán una descripción estructurada de características tales como: litología, espesores de las sedimentos aflorantes, fósiles, dimensiones de los canales, estructuras sedimentarias, facies según Miall y elementos de arquitectura fluvial; también es importante destacar que la construcción de los fotomosaicos permitirán observar de manera directa las relaciones laterales y verticales de los elementos de arquitectura fluvial y sus facies constituyentes.



Fig. 4.1. Leyenda general de las columnas estratigráficas realizadas en este trabajo.

4.1. ESTRATIGRAFÍA LOCAL

4.1.1. Localidad 1 (LOC-1)

- **Ubicación:** Este afloramiento se encuentra ubicado en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, aproximadamente a 3 km antes del distribuidor Las Lapas, sentido Caracas-Higuerote; geológicamente hablando, este afloramiento está ubicado específicamente en la Formación Aramina, según el mapa geológico de la zona realizado en este trabajo (Anexo 1), modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).

• **Columna estratigráfica:**

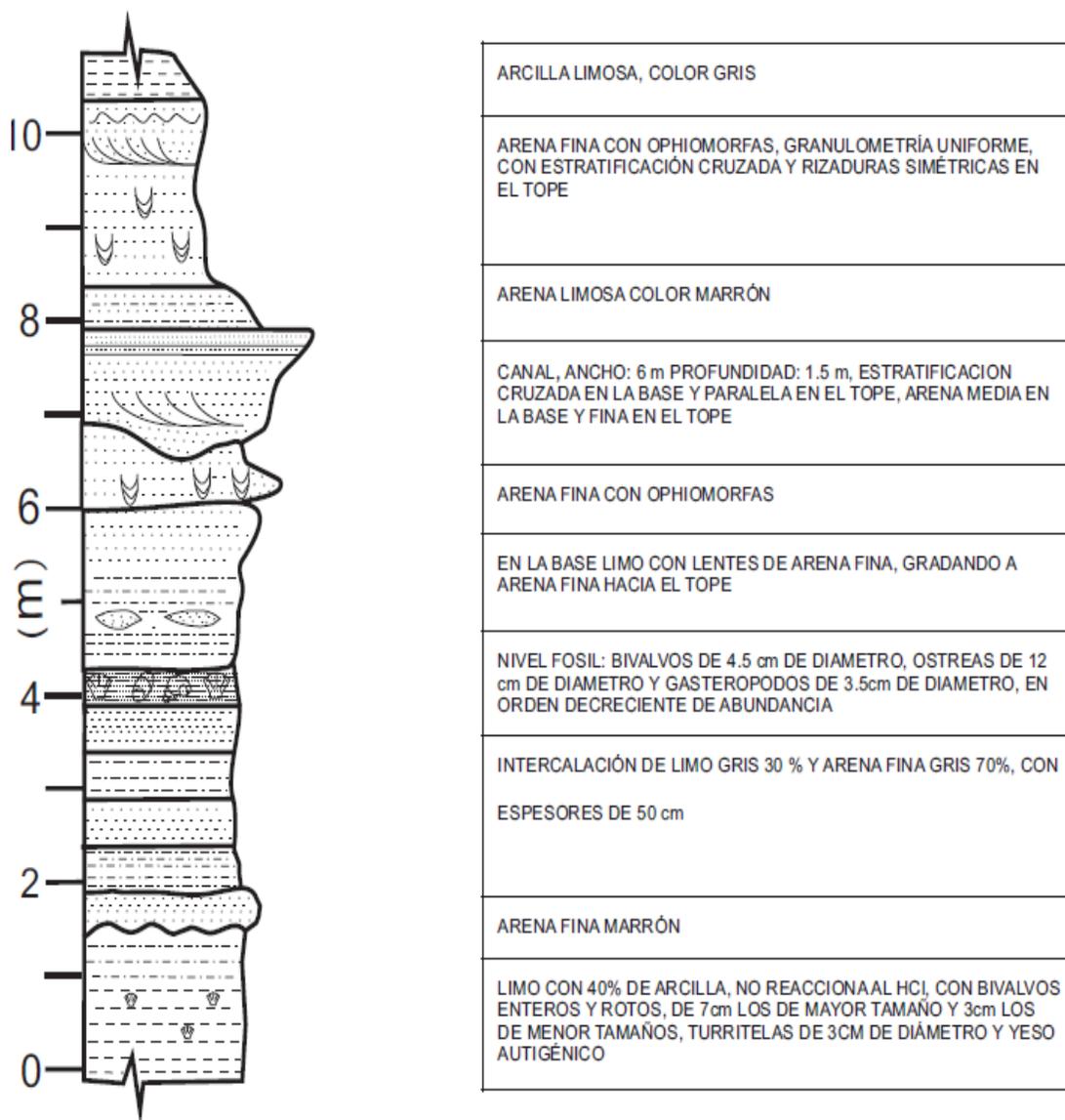


Fig. 4.2. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 1 (LOC-1)

- **Fotomosaico descriptivo:**

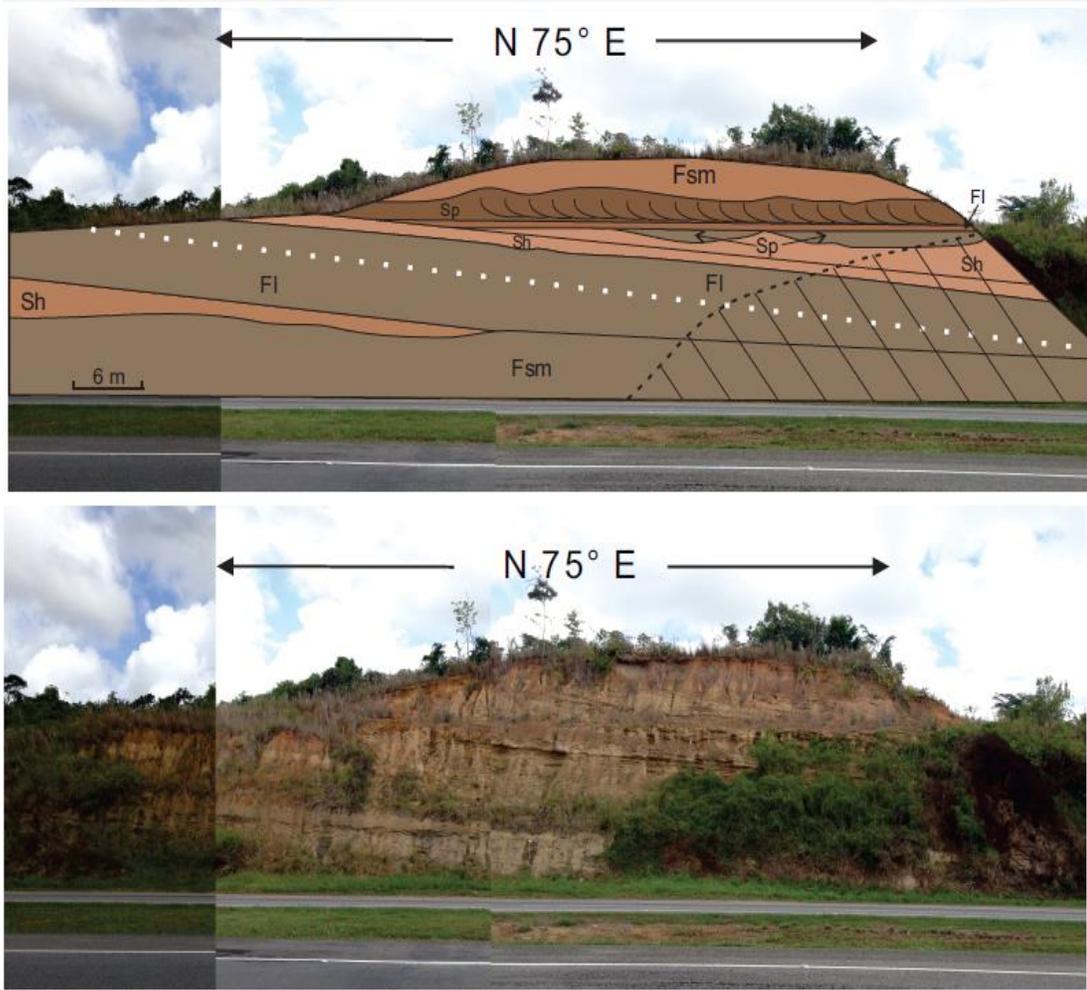


Fig. 4.3. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 1 (LOC-1), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** En esta secuencia se reconocen los siguientes elementos: ocupando toda la parte inferior se observa la presencia de una llanura de inundación (FF), constituida por las facies Fsm y Fl; acunándose dentro de la llanura de inundación, en la parte inferior izquierda, se reconoce un cuerpo de arena, constituido por la facies Sh, el cual fue interpretado como una forma de fondo arenosa (SB); suprayacente a la llanura de inundación se reconoce otra forma de fondo arenosa, constituida también por la facies Sh; erosionando la parte superior del cuerpo arenoso antes descrito, se encuentran dos (2) canales (CH) , constituidos por la facies Sp; sobre estos canales se deposita un manto de sedimentos finos, de la facies Fl, que es interpretado como una llanura de inundación (FF) de poca magnitud; encima de la misma se reconoce un cuerpo de arena de la facies Sp, mostrando una estratificación cruzada planar en toda su extensión, que es interpretado como una forma de fondo arenosa (SB), por último en la parte superior del afloramiento se reconoce otra llanura de inundación (FF), compuesta por la facies Fsm.



Fig. 4.4. Estratificación cruzada observada en las arenas de la facies Sp, en la Localidad 1 (LOC-1)

4.1.2. Localidad 2 (LOC-2):

- **Ubicación:** Este afloramiento se encuentra ubicado en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, aproximadamente a 400 m del distribuidor Las Lapas, sentido Caracas-Higuerote; Geológicamente hablando, este afloramiento está ubicado específicamente en la Formación Mamporal, según el mapa geológico de la zona realizado en este trabajo (Anexo 1), modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).

• **Columna estratigráfica:**

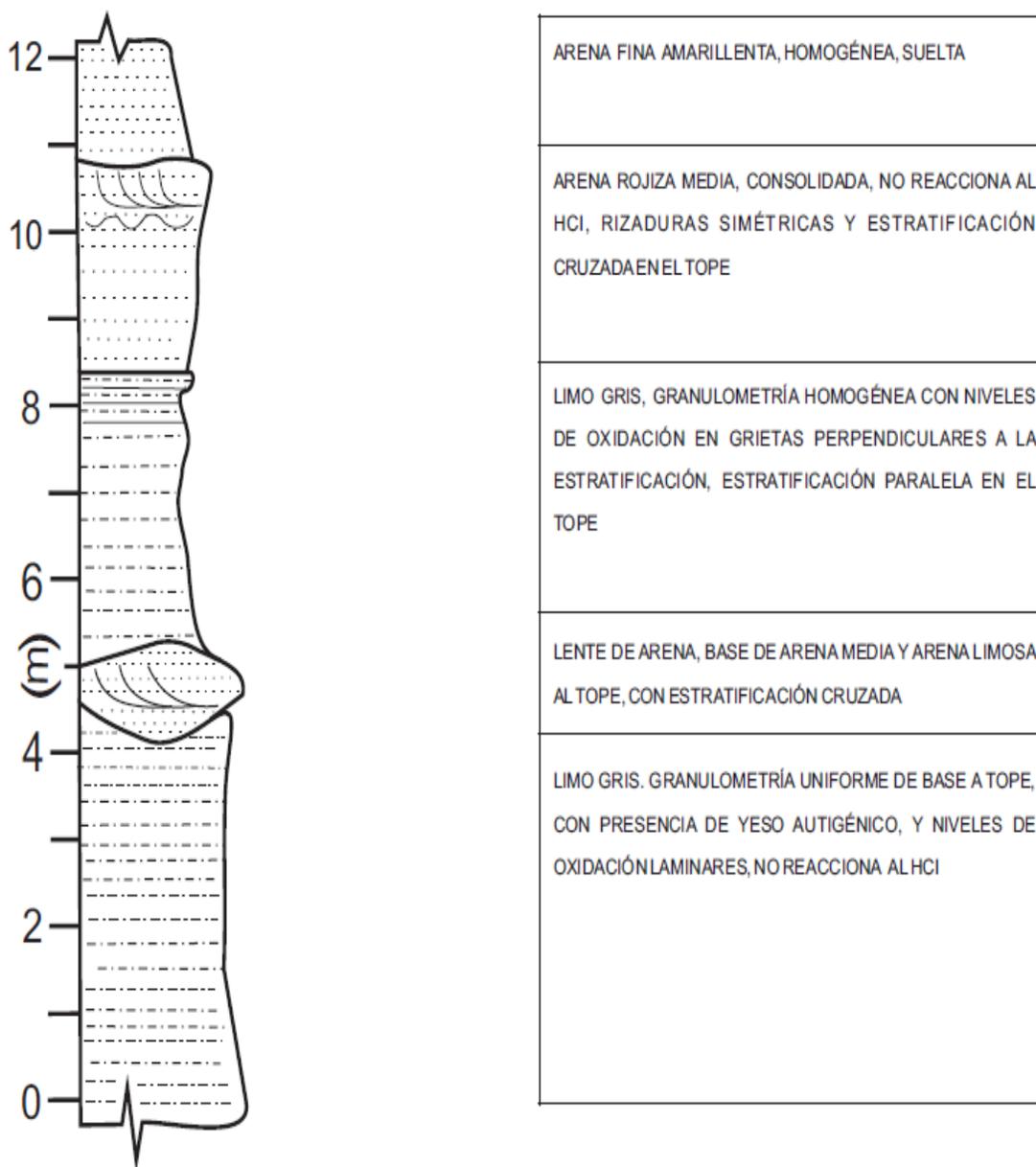


Fig. 4.5. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 2 (LOC-2).

- **Fotomosaico descriptivo:**



Fig. 4.6. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 2 (LOC-2), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** en este afloramiento se pudieron identificar dos (2) tipos de elementos de arquitectura fluvial; el de mayor magnitud es un abanico de rotura (CS) que abarca aproximadamente el 70% del afloramiento, está constituido por dos cuerpos tabulares de sedimentos finos de la facies Fsm, que están separados por un cuerpo de arena de la facies Sp; suprayacente al abanico de rotura, se deposita un cuerpo de arena tabular de la facies Sh, que fue interpretado como una forma de fondo arenosa (SB); los cuerpos descritos anteriormente están afectados por una falla, la cual los pone en contacto lateral con otro cuerpo de arena, el cual está formado por dos estratos de arena, los cuales contienen sedimentos de las facies Sh y Sp, y que fueron interpretados como una forma de fondo arenosa (SB).

4.1.3. Localidad 3 (LOC-3):

- **Ubicación:** este afloramiento está ubicado a solo 20 m hacia el este de la Localidad 2 (LOC-2); está ubicado dentro de la Formación Mamporal, según el mapa geológico de la zona realizado en este trabajo (Anexo 1), modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).

• **Columna estratigráfica:**

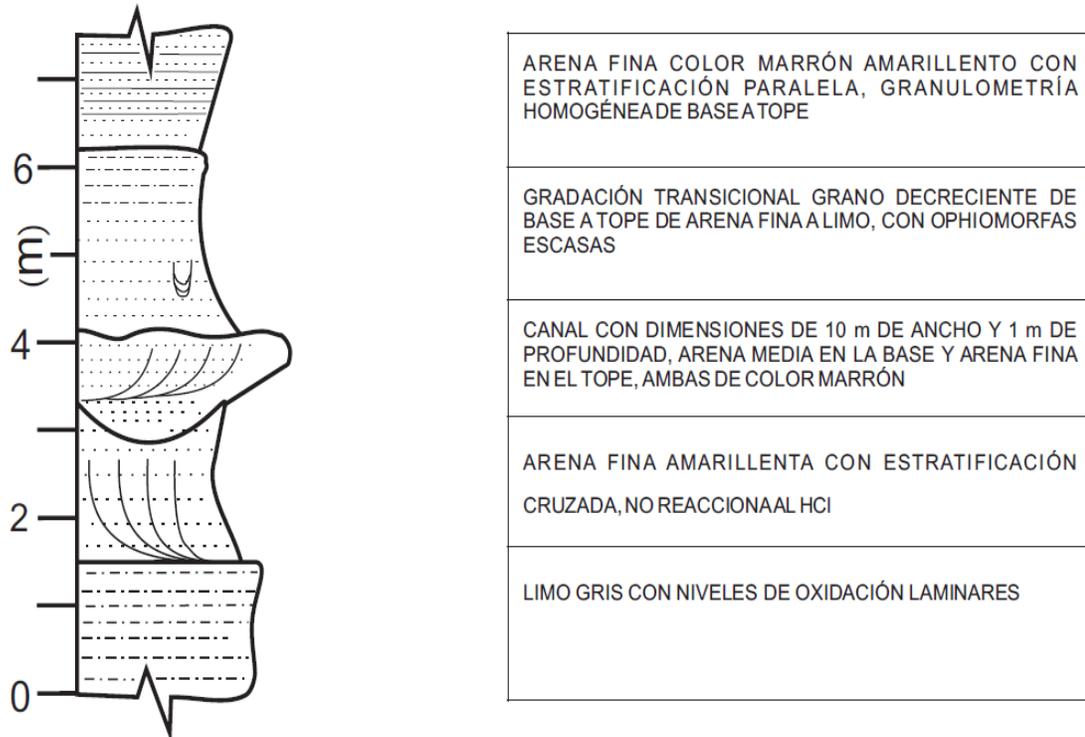


Fig. 4.7. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 3 (LOC-3).

- **Fotomosaico descriptivo:**

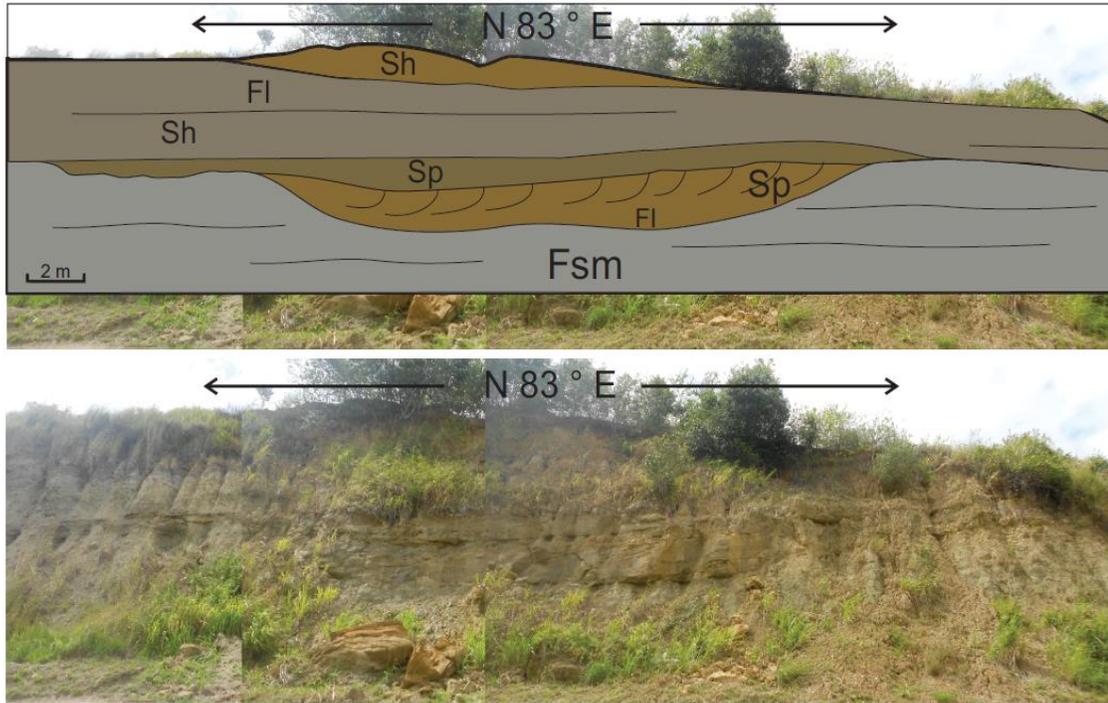


Fig. 4.8. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 3 (LOC-3), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** en este afloramiento se identificaron varios elementos arquitecturales; en la parte inferior de la secuencia se identificó una llanura de inundación (FF), la cual está formada por un estrato de sedimentos finos pertenecientes a la facies Fsm, suprayacente y erosionando a este elemento se encuentra un canal (CH), dicho canal está conformado por una secuencia transicional grano decreciente de base a tope, compuesta por sedimentos de la facies FI en la base y arenas de la facies Sp en el tope; suprayacente a lo antes descrito, se encuentra una secuencia grano decreciente, que va de arenas de la facies Sh en la base, a sedimentos finos de

la facies Fl en el tope y sobre dicha secuencia un estrato de arena de la facies Sh, conformando de esta manera una forma de fondo arenosa (SB).

4.1.4. Localidad 4 (LOC-4):

- **Ubicación:** este afloramiento se encuentra ubicado en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, en su tramo hacia Higuerote, aproximadamente unos 400 m después del distribuidor Las Lapas, en sentido Caracas-Higuerote. Está ubicado dentro de la Formación Mamporal, según el mapa geológico de la zona realizado en este trabajo, modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).
- **Columna estratigráfica:**

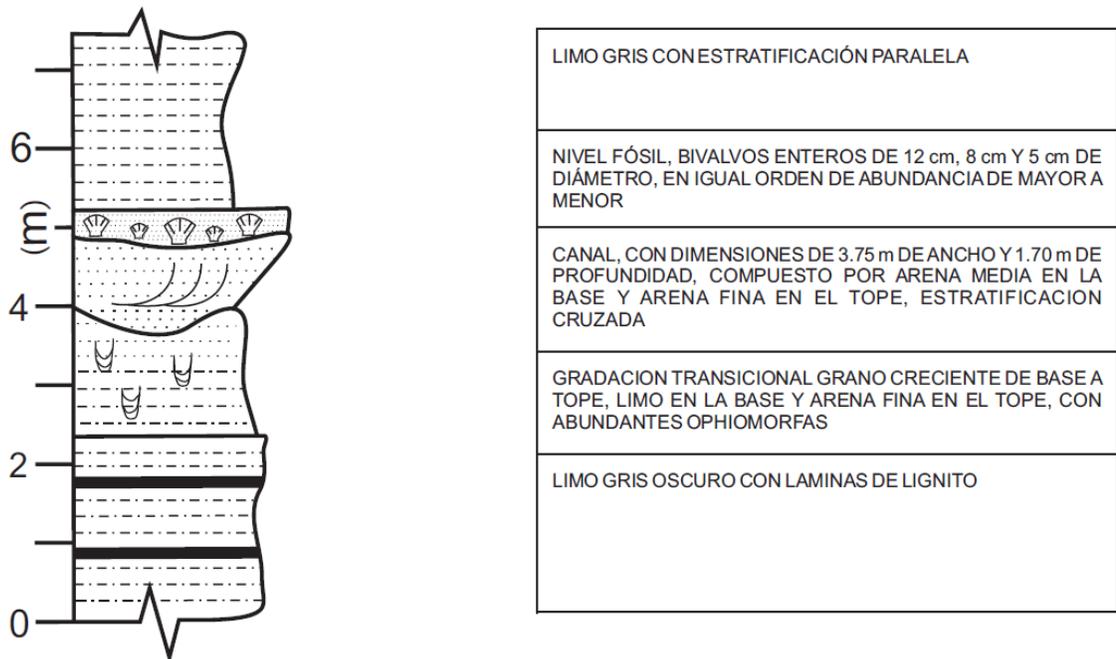


Fig. 4.9. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 4 (LOC-4)

- **Fotomosaico descriptivo:**

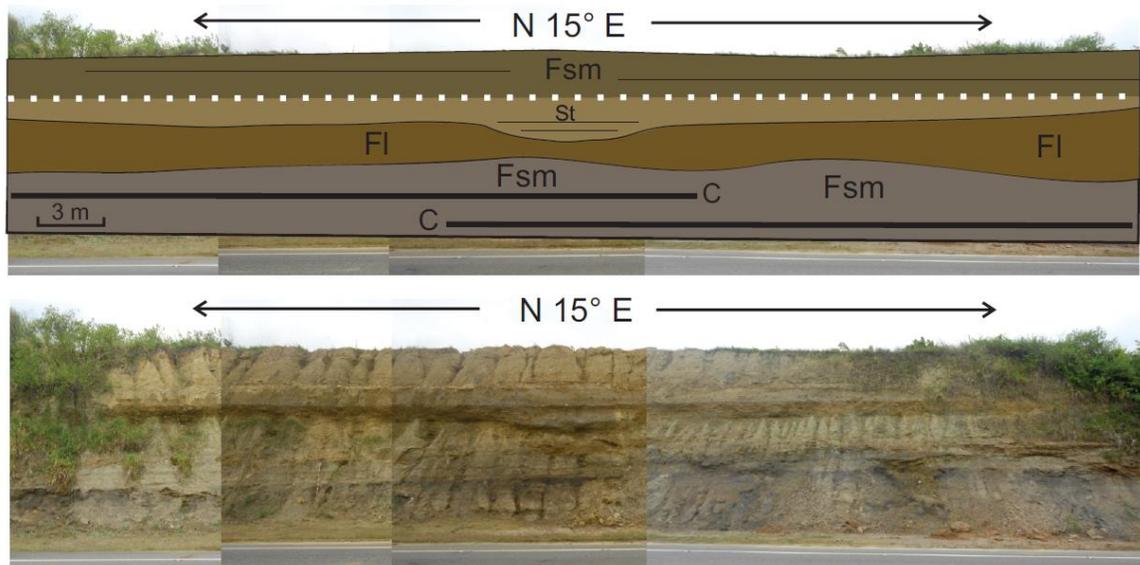


Fig. 4.10. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 4 (LOC-4), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** en este afloramiento se identificó en la parte inferior una secuencia de sedimentos finos de la facies Fsm, con la presencia de láminas de lignito de la facies C, dicha secuencia fue interpretada como un dique (LV); sobre los sedimentos antes descritos, está un estrato de sedimentos finos de la facies FI, que representa un abanico de rotura (CS) y suprayacente a este, se encuentra un cuerpo de arena de la facies St, que representa por sus características geométricas y litológicas un canal de rotura (CR); al tope del afloramiento se encuentra un estrato de sedimentos finos de la facies Fsm, el cual fue interpretado como una llanura de inundación (FF).



Fig. 4.11. En esta imagen de la Localidad 4 (LOC-4) se puede observar el color oscuro de los sedimentos finos de la facies Fsm, producto de la alta presencia de materia orgánica, elemento característico de los diques (LV).

4.1.5. Localidad 5 (LOC-5)

- **Ubicación:** este afloramiento se encuentra ubicado en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, en su tramo hacia Higuero, aproximadamente unos 200 m de la Localidad 4 (LOC-4) y a unos 600 m después del distribuidor Las Lapas, en sentido Caracas-Higuero. Está ubicado dentro de la Formación Mamporal, según el mapa de la zona realizado en este trabajo, modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).

• **Columna estratigráfica:**

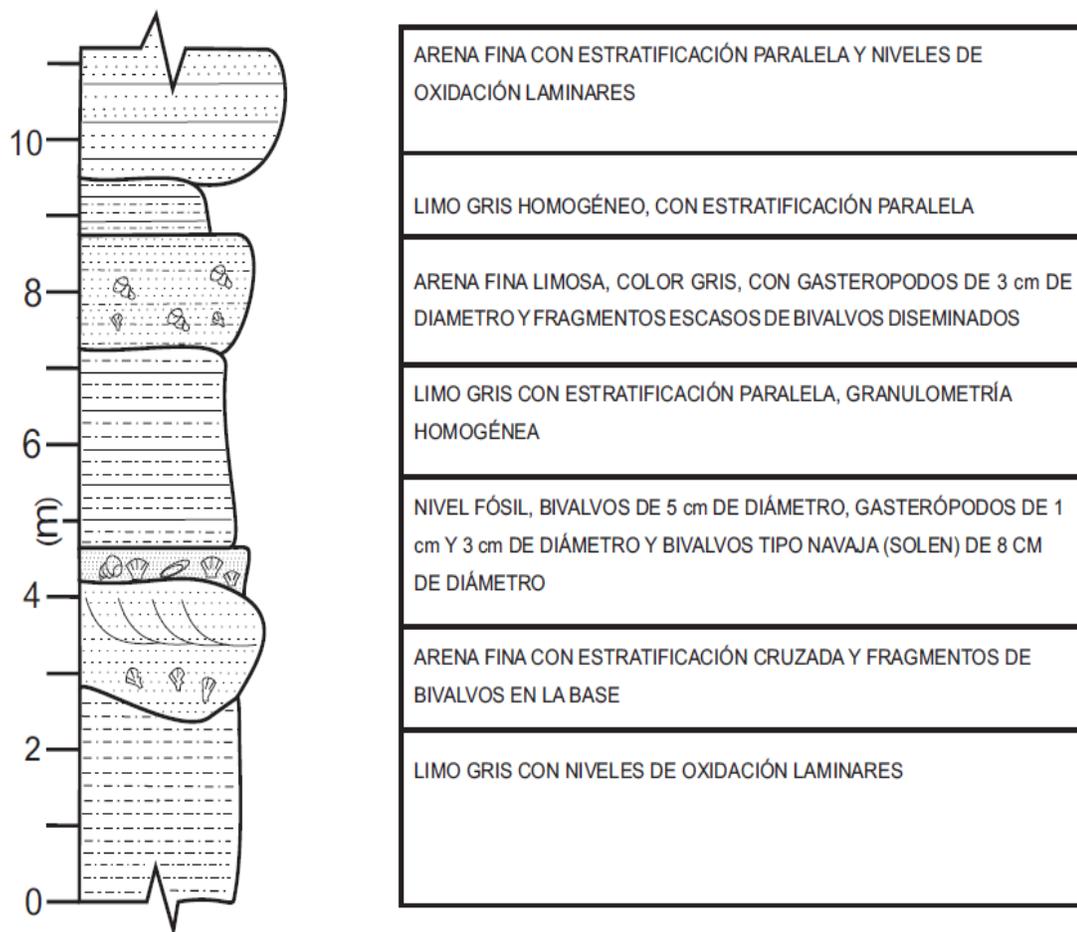


Fig. 4.12. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 5 (LOC-5).

- **Fotomosaico descriptivo:**

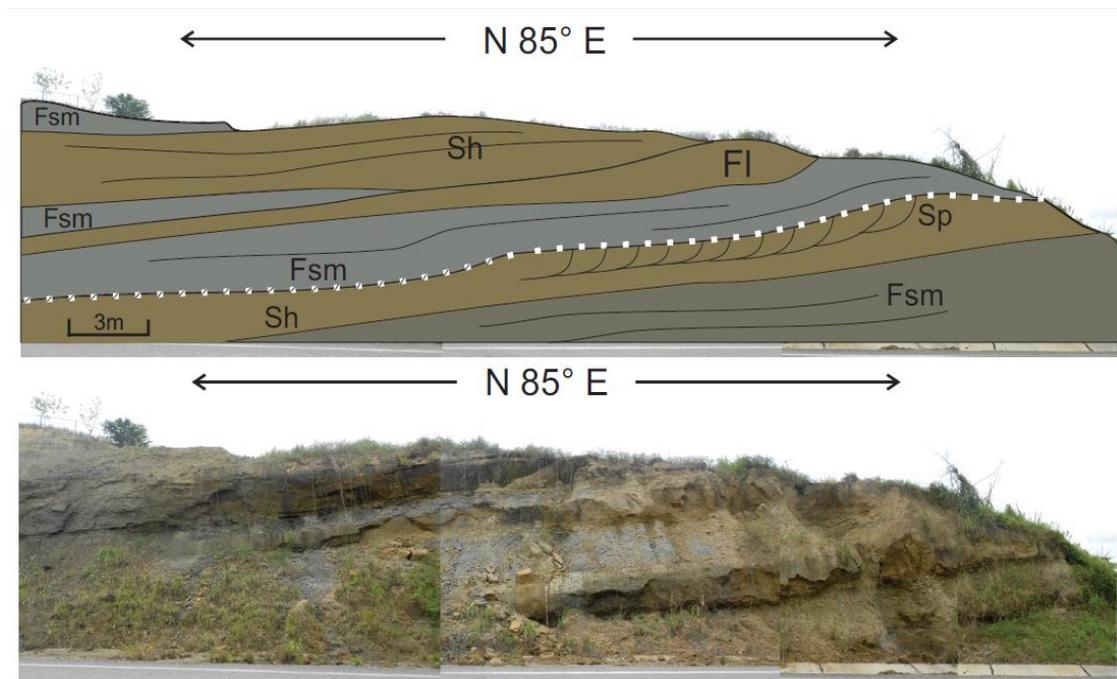


Fig. 4.13. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 5 (LOC-5), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** en esta secuencia se identificaron dos tipos de elementos arquitecturales; los sedimentos finos de las facies Fsm y FI suprayacentes al nivel fósil (línea punteada blanca, en el fotomosaico), fueron interpretados como llanuras de inundación (FF), mientras que los estratos arenosos de las facies Sh y Sp que se intercalan con los antes descritos, fueron interpretados como formas de fondo arenosas (SB). Los sedimentos infrayacentes al nivel fósil fueron interpretados como parte de una barra marina, por tanto no representan ningún elemento de arquitectura fluvial.



Fig. 4.14. Fragmentos de bivalvos tipo navaja (Solen) presentes en la barra arenosa identificada en la Localidad 5 (LOC-5).

4.1.6. Localidad 6 (LOC-6):

- **Ubicación:** Este afloramiento se ubica 1 km después de la Localidad 5 (LOC-5) y a 1,6 km del distribuidor Las Lapas en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, en sentido Caracas-Higuerote; se encuentra desde el punto de vista geológico, en la Formación Mamporal, según el mapa de la zona realizado en este trabajo, modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).

• **Columna estratigráfica:**

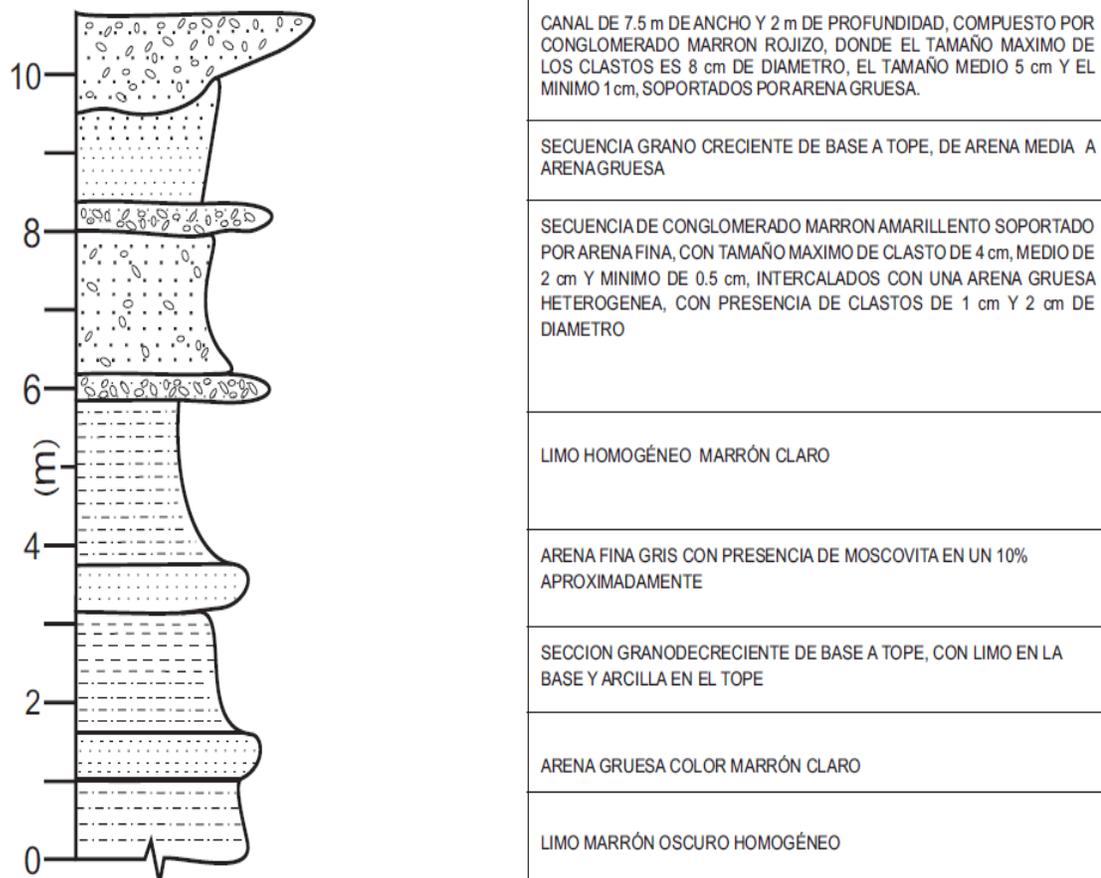


Fig. 4.15. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 6 (LOC-6).

- **Fotomosaico descriptivo:**

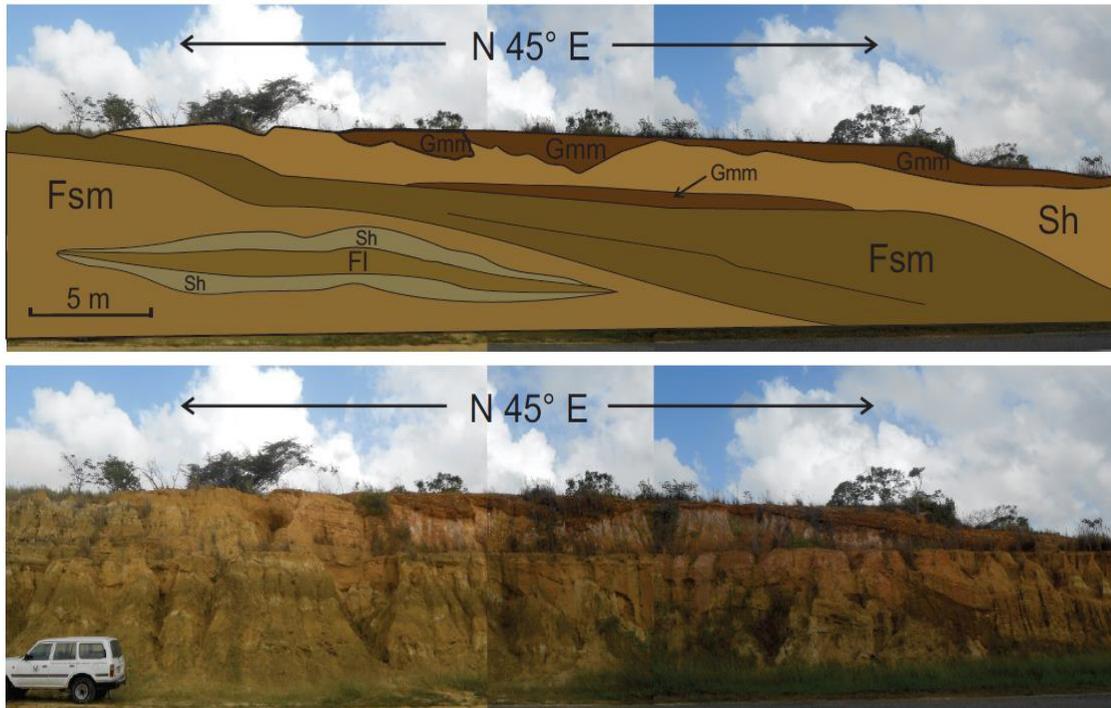


Fig. 4.16. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 6 (LOC-6), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** Se identificó un abanico de rotura (CS), conformado por un cuerpo de geometría lenticular, compuesto por dos (2) capas de arena, de la facie Sh, separadas por una capa de sedimentos finos de la facies Fl; el elemento arquitectural antes descrito, se encuentra “embebido” dentro de un estrato de sedimentos finos de la facie Fsm, que junto al estrato que lo suprayace, conformado también por sedimentos de la facie Fsm, forman lo que se interpretó como una llanura de inundación (FF); sobre la

llanura de inundación, en la parte central del afloramiento, se identificó un estrato, acuñado en ambas terminaciones laterales, conformado por sedimentos de la facies Gmm y que fue interpretado como una forma de fondo gravosa (GB), encima de este elemento, se encuentra un estrato de arena de la facies Sh, el cual conforma una forma de fondo arenosa (SB), que a su vez es erosionado en su parte superior por tres (3) canales (CH) compuestos de sedimentos de la facies Gmm.



Fig.4.17. En esta imagen de la Localidad 6 (LOC-6) se puede apreciar uno de los canales, de sedimentos de la facies Gmm, que se encontraron en dicho afloramiento.

4.1.7. Localidad 7 (LOC-7):

- Ubicación:** Este afloramiento se encuentra ubicado en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, a 7 km de la Localidad 6 (LOC-6), y a 7,6 km del distribuidor Las Lapas, en sentido Caracas-Higuerote; se encuentra desde el punto de vista geológico, en la Formación Aramina, según el mapa geológico de la zona realizado en este trabajo, modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).
- Columna estratigráfica:**

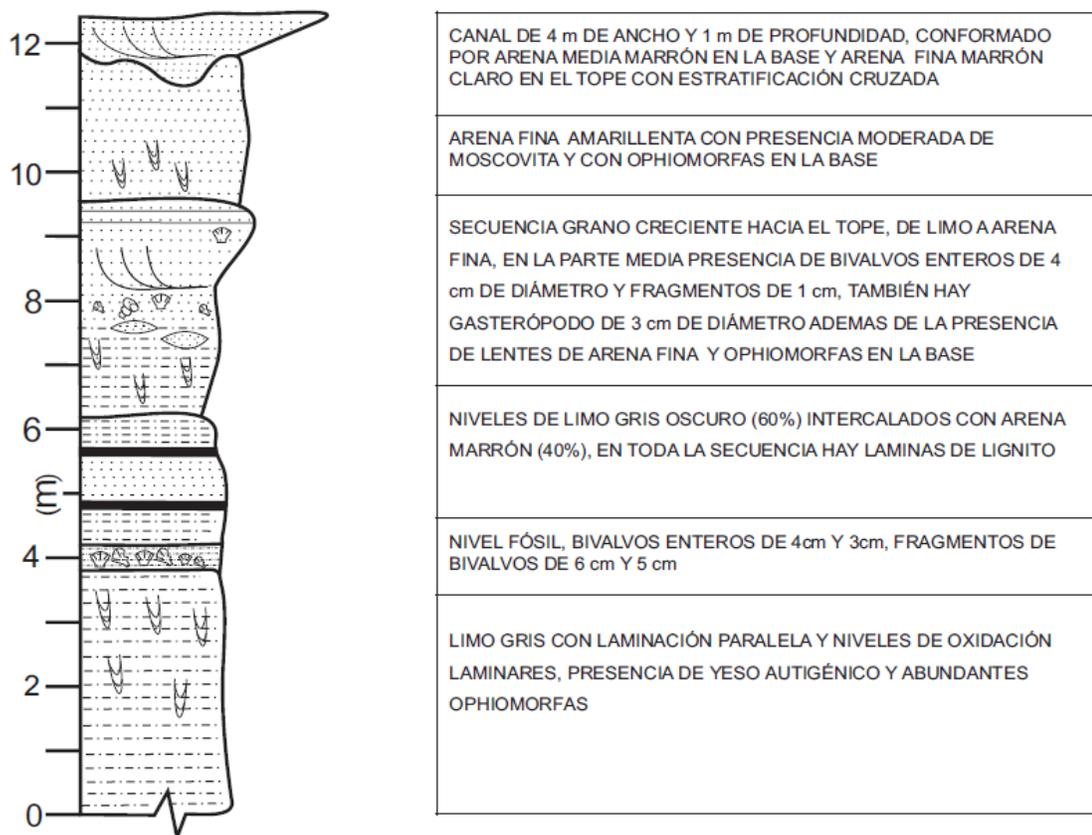


Fig. 4.18. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 7 (LOC-7).

- **Fotomosaico descriptivo:**

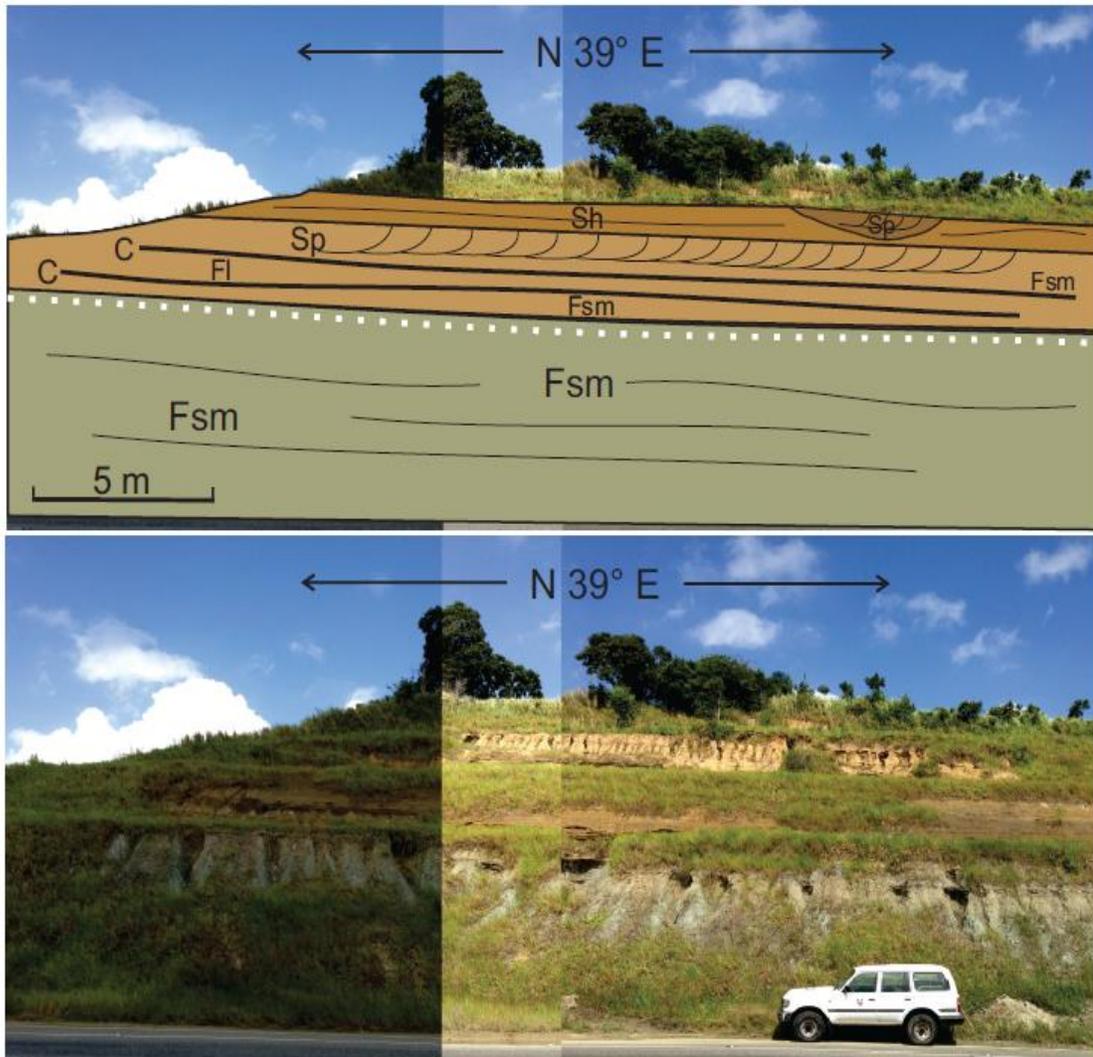


Fig. 4.19. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 7 (LOC-7), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** La parte inferior de este afloramiento, está conformada por sedimentos de la facies Fsm color grisáceo, con un nivel fósil en el tope, el cual fue interpretado como una barra marina, por tanto no es parte de ningún elemento de arquitectura fluvial; sobre lo antes descrito se encuentra una secuencia grano creciente hacia el tope, que va de sedimentos de la facies Fsm y Fl en la base a sedimentos de la facies Sh en el tope, con la presencia de láminas de lignito en la parte inferior, esta secuencia se interpretó como un elemento de arquitectura fluvial de tipo dique (LV); sobre la secuencia antes descrita se encuentran unos sedimentos de la facies Sh, que fueron interpretados como un manto de arena laminada (LS), y sobre este elemento se identificó un canal (CH) compuesto por sedimentos de la facies Sp.



Fig. 4.20. Niveles de lignito presentes en el dique (LV) de la Localidad 7 (LOC-7)

4.1.8. Localidad 8 (LOC-8):

- Ubicación:** Este afloramiento se encuentra ubicado en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, a aproximadamente 2 km del distribuidor Las Lapas, en sentido Caracas-Río Chico; se encuentra desde el punto de vista geológico, en la Formación Mamporal, según el mapa geológico de la zona realizado en este trabajo, modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).
- Columna estratigráfica:**

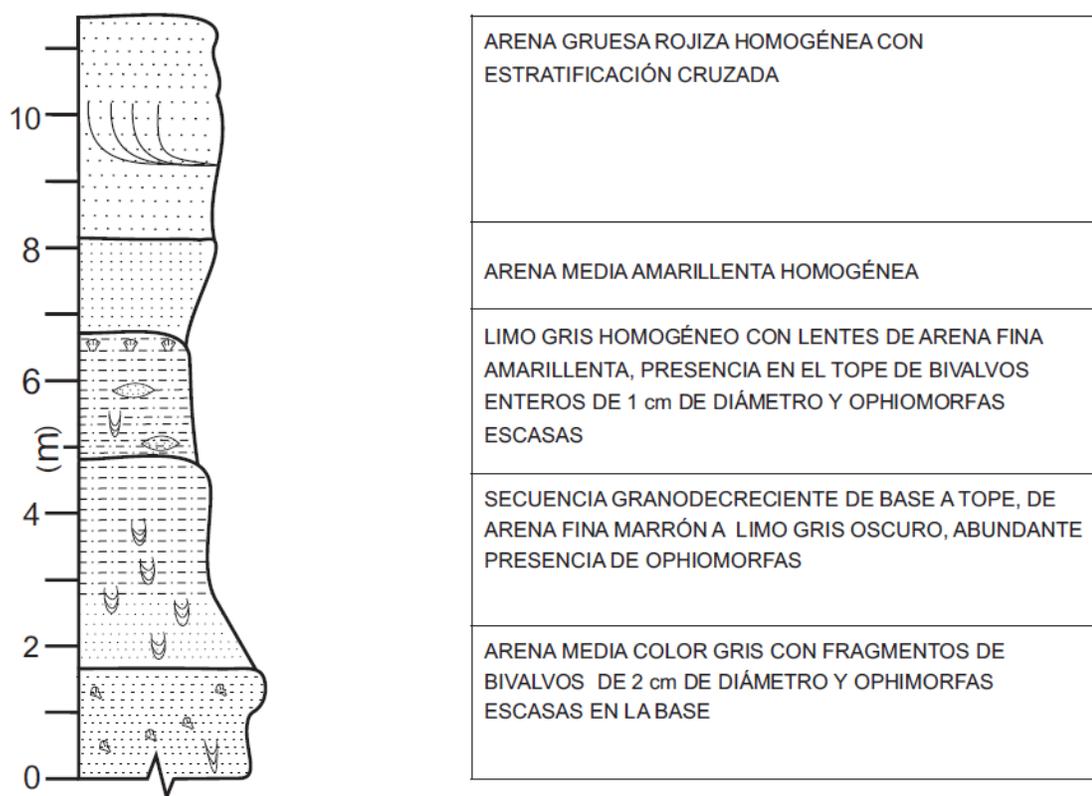


Fig. 4.21. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 8 (LOC-8).

- **Fotomosaico descriptivo:**

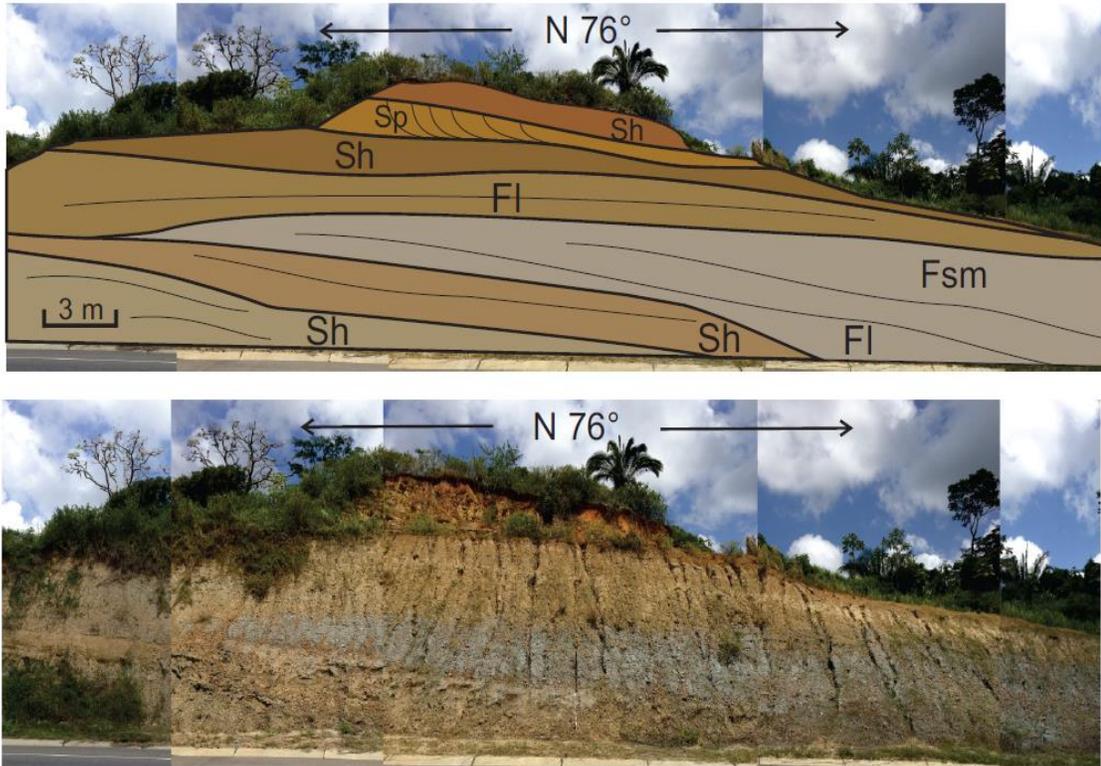


Fig. 4.22. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 8 (LOC-8), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** este afloramiento está constituido por dos (2) elementos arquitecturales. Ocupando aproximadamente el 80% del afloramiento, se identificó una macroforma de acreción lateral (LA), la cual está compuesta por una serie de estratos consecutivos y acuñados, de las facies Sh, Fl y Fsm, en ese orden de base a tope; suprayacente a este elemento, se encuentran tres (3) estratos de arena, de las facies Sh y Sp, que fueron interpretados como unas formas de fondo arenosas (SB).

4.1.9. Localidad 9 (LOC-9):

- **Ubicación:** Este afloramiento esta aproximadamente a 750 m de la Localidad 8 (LOC-8) y a 2,7 km del distribuidor Las Lapas, en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, en sentido Caracas-Río Chico; se encuentra desde el punto de vista geológico, en la Formación Mamporal, según el mapa geológico de la zona realizado en este trabajo, modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).

- **Columna estratigráfica:**



Fig. 4.23. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 9 (LOC-9).

- **Fotomosaico descriptivo:**

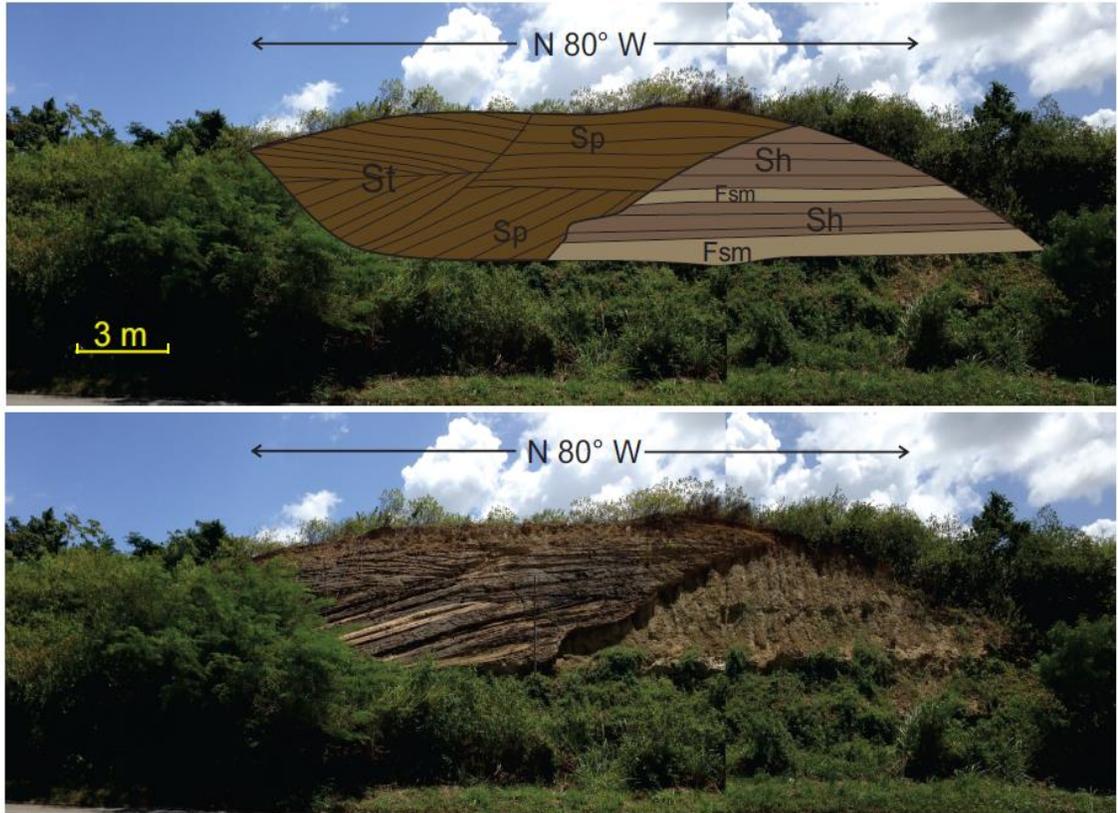


Fig.4.24. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 9 (LOC-9), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** en esta localidad se identificaron dos (2) elementos arquitecturales; en la parte izquierda del afloramiento se identificó un mega canal (CH), conformado a su vez por una acreción lateral (LA) de tres (3) canales (CH) más pequeños, los cuales están compuestos por sedimentos de las facies Sp y St; el otro elemento identificado, es una llanura de inundación (FF) la cual está compuesta por sedimentos de las facies Sh y Fsm y que ha sido erosionada en parte importante por el mega canal (CH) antes descrito.

4.1.10. Localidad 10 (LOC-10):

- **Ubicación:** este afloramiento se encuentra a 495 m aproximadamente de la Localidad 9 (LOC-9) y a 3,2 km del distribuidor Las Lapas, en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, en sentido Caracas-Río Chico. Está ubicado en la Formación Mamporal, según el mapa geológico de la zona realizado en este trabajo, modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).
- **Columna estratigráfica:**

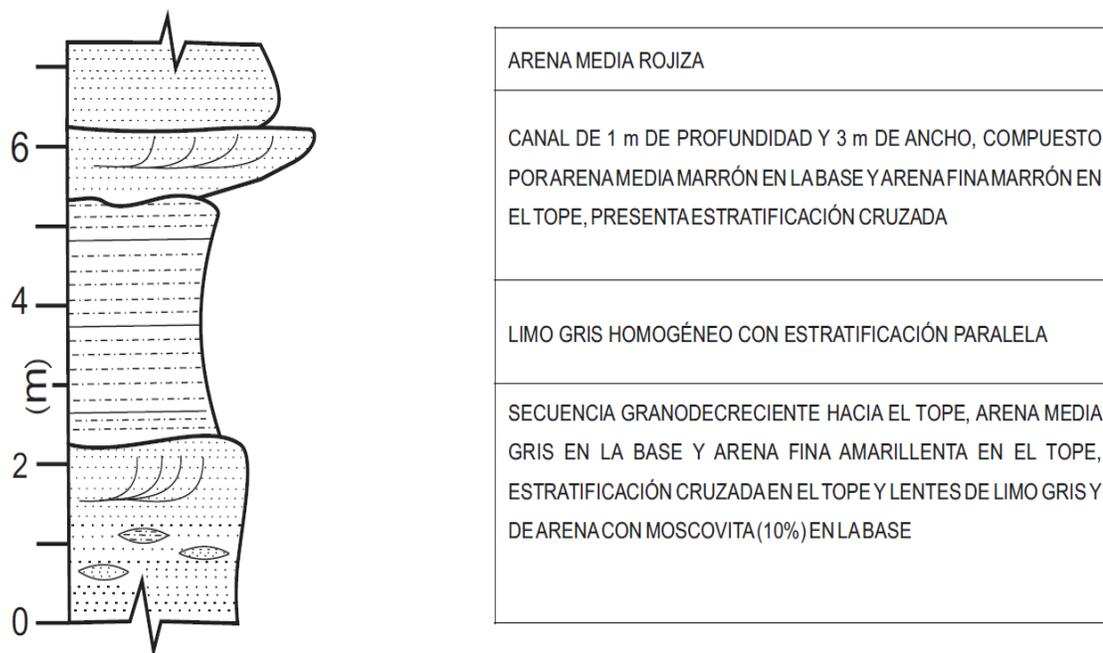


Fig. 4.25. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 10 (LOC-10).

- **Fotomosaico descriptivo:**

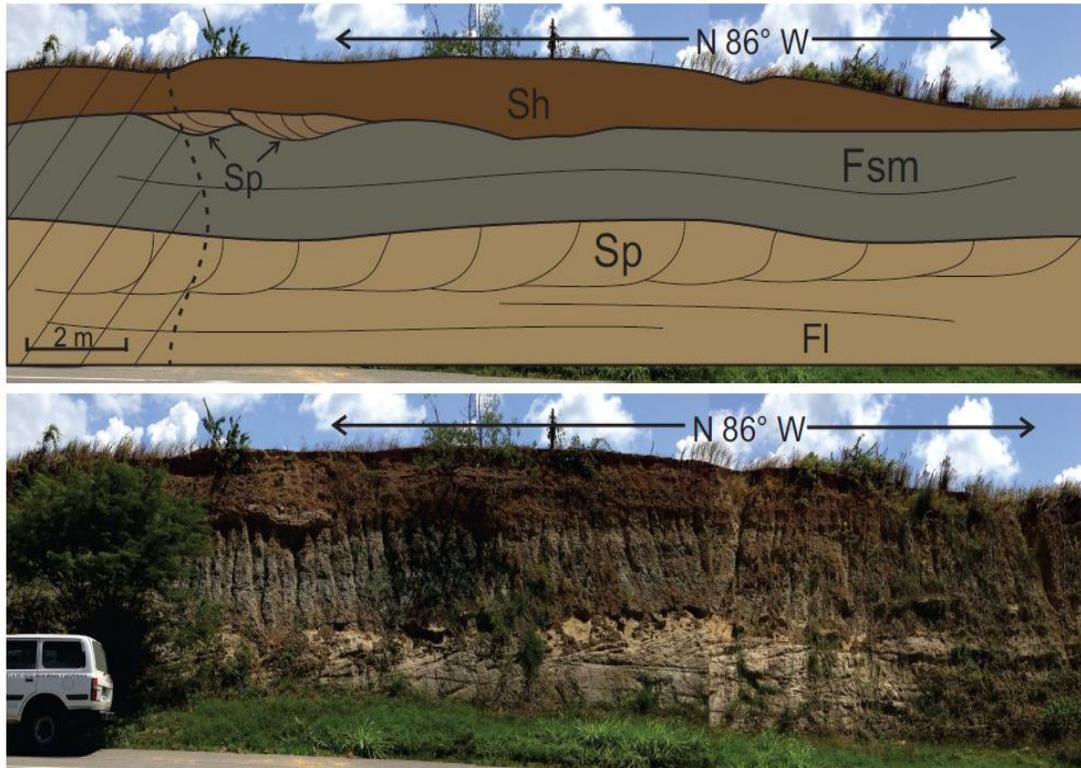


Fig. 4.26. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 10 (LOC-10), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** la parte inferior de este afloramiento está conformada por una secuencia grano creciente de base a tope, de sedimentos de las facies Fl y Sp, la es interpretada como una forma de fondo arenosa (SB); suprayacente a la secuencia antes descrita, se encuentra un estrato de sedimentos finos de la facies Fsm, que representa una llanura de inundación (FF), dicha llanura es erosionada en su parte superior izquierda (ver Fig. 4.25.) por dos canales (CH), los cuales están compuestos por arenas de la

facies Sp; encima de la secuencia anterior se encuentran unas arenas de la facies Sh, las cuales fueron interpretadas como un manto de arena laminada (LS).

4.1.11. Localidad 11 (LOC-11)

- **Ubicación:** esta localidad está ubicada a 2,9 km aproximadamente de la Localidad 10 (LOC-10) y a 6,1 km del distribuidor Las Lapas, en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, en sentido Caracas-Río Chico; Está ubicado en la Formación Mamporal, según el mapa geológico de la zona realizado en este trabajo, modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).

- **Columna estratigráfica:**

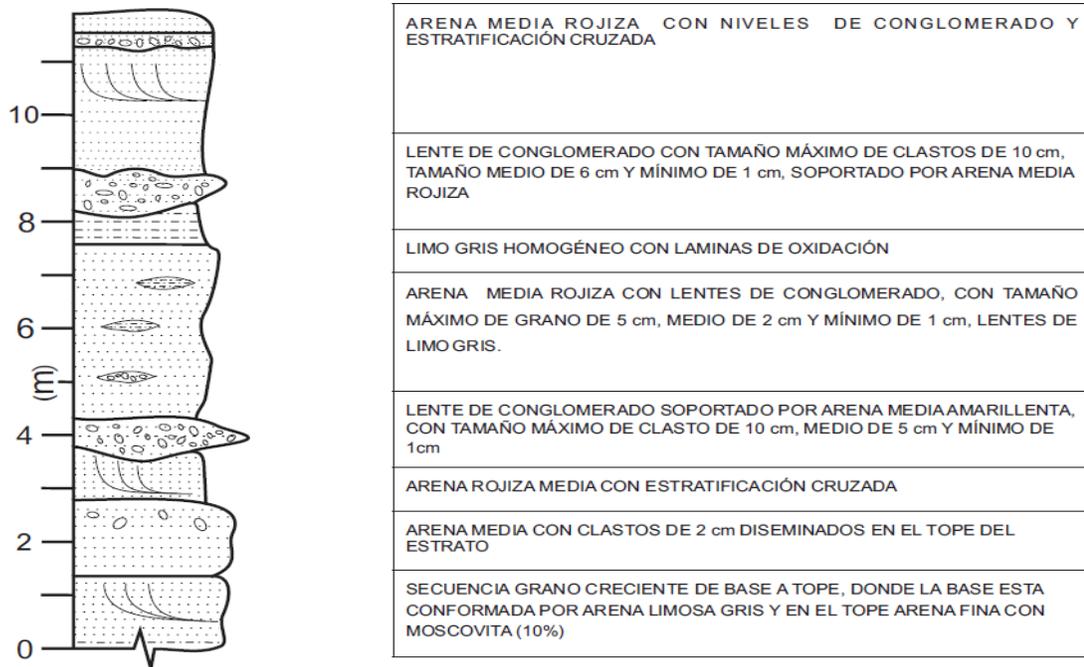


Fig. 4.27. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 11 (LOC-11).

- **Fotomosaico descriptivo:**

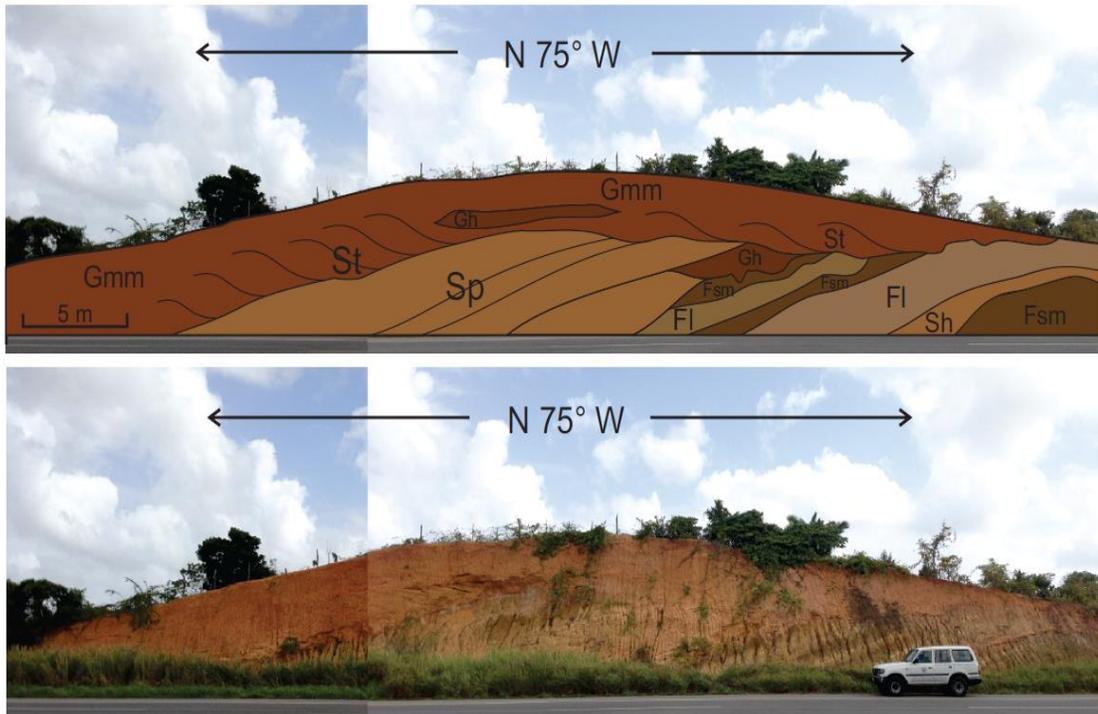


Fig. 4.28. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 11 (LOC-11), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** ocupando el 50% aproximadamente del afloramiento, se identificó una macroforma de acreción lateral (LA), la cual está compuesta por diversos estratos, de las facies Sp, Fl, Fsm, Sh y Gh; suprayacente al elemento anterior se encuentra una barra gravosa (GB), compuesta por sedimentos de las facies Gmm y Gh.



Fig. 4.29. Imagen de los sedimentos de la facies Gh, presentes en la Localidad 11(LOC-11).

4.1.12. Localidad 12 (LOC-12):

- **Ubicación:** este afloramiento está ubicado en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, en sentido Caracas-Río Chico, específicamente a 4,9 km de la Localidad 11 (LOC-11) y a 11 km del distribuidor Las Lapas. Se encuentra en la Formación Mamporal, según el mapa geológico de la zona realizado en este trabajo, modificado de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002).

• **Columna estratigráfica:**



Fig. 4.30. Columna estratigráfica y descripción litológica de la sección aflorante en la Localidad 12 (LOC-12).

- **Fotomosaico descriptivo:**

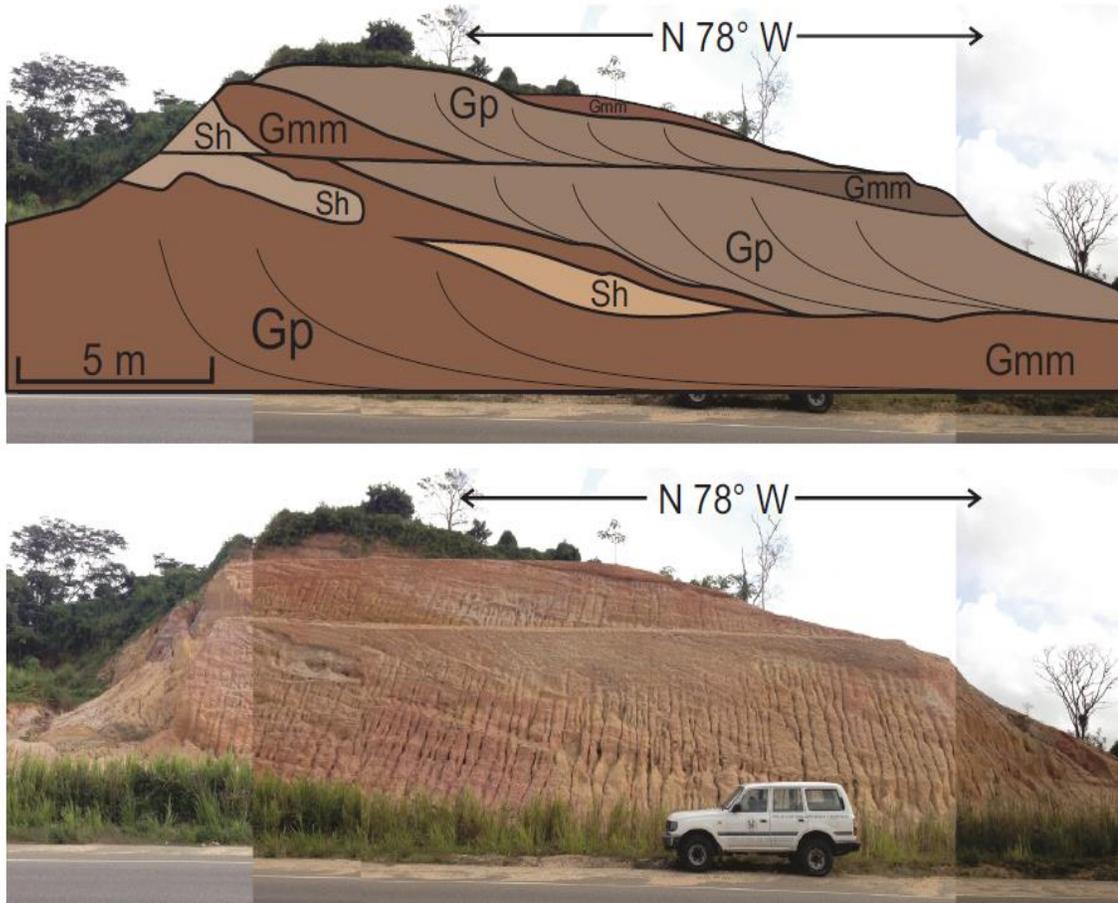


Fig. 4.31. Fotomosaico descriptivo de la Localidad 12 (LOC-12), donde están representadas las facies fluviales reconocidas en la secuencia sedimentaria.

- **Elementos de arquitectura fluvial:** este afloramiento está constituido en su totalidad por una interestratificación de barras y formas gravosas (GB), conformadas por sedimentos de las facies Gp y Gmm, y formas de fondo arenosas (SB), conformadas por sedimentos de la facies Sh, que se presentan en forma de lentes.

4.2. MINERALOGÍA Y MORFOLOGÍA DE LOS SEDIMENTOS

La caracterización mineralógica y morfológica de los sedimentos de una cuenca sedimentaria, es fundamental a la hora de determinar la proveniencia de dichos sedimentos, es por ello que dichos datos permiten determinar de manera acertada las posibles rocas fuentes de los sedimentos que rellenan la cuenca; es por esto que en este trabajo se realizó la toma de muestras a lo largo de todo el área en estudio, y de las cuales fueron seleccionadas siete (7) muestras, las cuales presentaron características visuales distintivas del resto y los resultados arrojados fueron los siguientes:

4.2.1. Muestra 1 (LOC-1)

- Arena fina color gris
- Mineralogía: 75% cuarzo, 15% moscovita, 10% chert
- Morfología de los granos: 40% sub-angulares con alta esfericidad, 23% sub-redondeados con alta esfericidad, 10% sub-redondeados con baja esfericidad, 6,6% angulares con alta esfericidad, 6,6% angulares con baja esfericidad, 6,6% redondeados con alta esfericidad y 6,6% sub-angular con baja esfericidad.

4.2.2. Muestra 2 (LOC-2)

- Arena muy fina amarillenta
- Mineralogía: 70% cuarzo, 25% moscovita, 5% chert
- Morfología de los granos: 27 % angulares con baja esfericidad, 23,3% sub-angulares con baja esfericidad, 20% angulares con alta esfericidad, 16,7% muy angulares con alta esfericidad, 6,6% sub-redondeados con alta esfericidad, 3,3% sub-angulares con alta esfericidad y 3,3% sub-redondeados con baja esfericidad.

4.2.3. Muestra 3 (LOC-6)

- Arena media amarillenta
- Mineralogía: 90% cuarzo, 5% chert, 5% feldespatos
- Morfología de los granos: 23,3% angulares con baja esfericidad, 20% sub-redondeados con alta esfericidad, 13,4% sub-angulares con alta esfericidad, 10% redondeados con alta esfericidad, 10% sub-redondeados con baja esfericidad, 6,6% sub-angulares con baja esfericidad, 6,6% angulares con alta esfericidad, 6,6% angulares con baja esfericidad, 3,3% redondeado con baja esfericidad.

4.2.4 Muestra 4 (LOC-7)

- Arena media marrón
- Mineralogía: 85% cuarzo, 10% feldespato, 5% moscovita
- Morfología de los granos: 26,6% sub-redondeados con alta esfericidad, 16,7% sub-angulares con alta esfericidad, 13,3% sub-angulares de baja esfericidad, 13,3% angulares de alta esfericidad, 10% angulares de baja esfericidad, 10% sub-redondeados de baja esfericidad, 3,3% muy angulares de baja esfericidad.

4.2.5 Muestra 5 (LOC-9)

- Arena fina marrón
- Mineralogía: 75% cuarzo, 20% moscovita, 5% chert
- Morfología de los granos: 23,3% sub-angulares con alta esfericidad, 16,7% angulares con alta esfericidad, 16,7% sub-angulares de baja esfericidad, 13,3% sub-redondeados de alta esfericidad, 10% muy angulares de baja esfericidad, 6,6% sub-redondeado de baja esfericidad, 6,6% angulares de baja esfericidad, 3,3% muy angulares de alta esfericidad, 3,3% redondeados de alta esfericidad.

4.2.6. Muestra 6 (LOC-11)

- Arena media rojiza
- Mineralogía: 90% cuarzo, 5% moscovita, 5% chert
- Morfología de los granos: 30% sub-angulares con alta esfericidad, 26,6% sub-redondeados con alta esfericidad, 10% angulares con baja esfericidad, 10% sub-angulares con baja esfericidad, 10% angulares con alta esfericidad, 6,6% sub-redondeados con baja esfericidad y 6,6% redondeados con alta esfericidad.

4.2.7. Muestra 7 (LOC-12)

- Conglomerado soportado por arena media rojiza
- Mineralogía: 70% cuarzo, 15% chert, 10% feldespatos, 5% moscovita
- Morfología de los granos: 26,7% sub-redondeados con alta esfericidad, 20% sub-angulares con alta esfericidad, 20% sub-angulares con baja esfericidad, 16,7% angulares con alta esfericidad, 13,3% angulares con baja esfericidad, 3,3% sub-redondeados con baja esfericidad.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. GENERALIDADES

Este estudio geológico, como ya se ha mencionado, correspondió al levantamiento geológico de doce (12) afloramientos ubicados en la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, en sus tramos Caracas-Higuerote y Caracas-Río Chico, once de estos afloramientos pertenecen a la Formación Mamporal y uno (LOC-7) a la Formación Cauagua; están ubicados a su vez dentro de la Cuenca de Barlovento, en el centro-este del estado Miranda.

En cuanto a las características litológicas de los afloramientos, destaca la presencia de arenas y limos en la mayoría de estos y en menor grado la de conglomerados; las características texturales de estos litotipos permitieron identificar las distintas facies fluviales de MIALL (1996) y representar a las mismas mediante fotomosaicos descriptivos de cada uno de los afloramientos, además se identificó los elementos arquitecturales que conformaban a cada sección levantada.

5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para lograr una visión general de los resultados y poder generar un análisis completo de la zona estudiada, se realizó una columna estratigráfica generalizada

esquemática de la zona (Fig. 5.1), además de una tabla de distribución de facies (Tabla 5.1), una tabla de distribución de elementos de arquitectura fluvial (Tabla 5.2) y dos perfiles geológicos de la zona (Fig. 5.2 y Fig. 5.3), basados en la información generada por las columnas estratigráficas, las cuales se muestran a continuación:

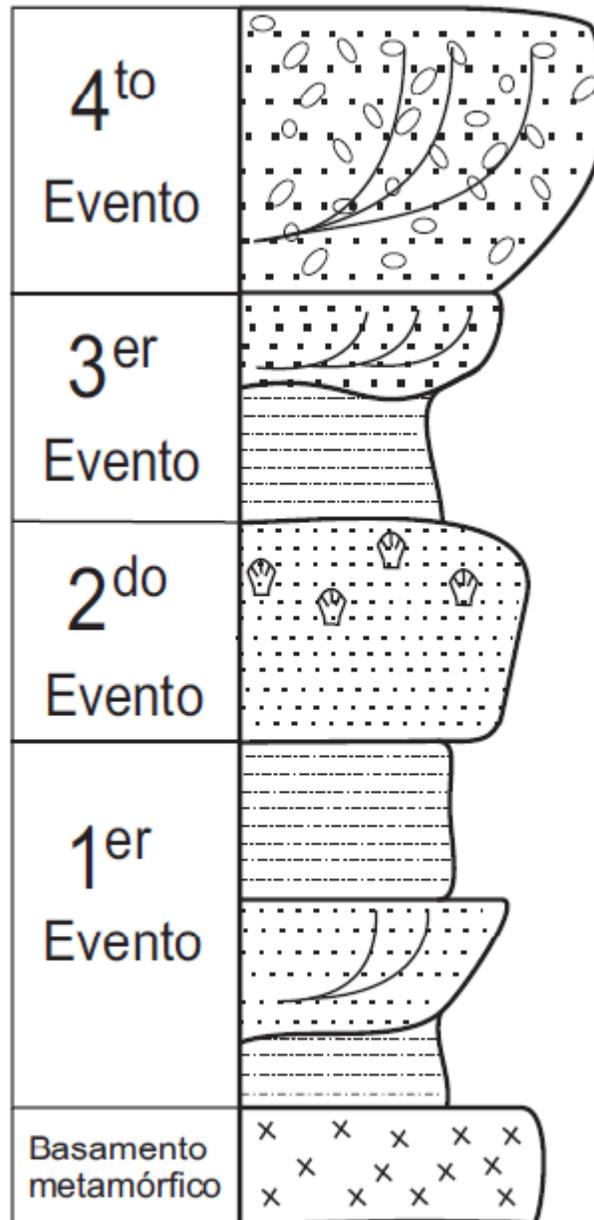


Fig. 5.1. Columna estratigráfica generalizada esquemática de la Cuenca de Barlovento, que muestra los eventos de deposición que se dieron en dicha cuenca.

La historia geológica de la Cuenca de Barlovento se basa en cuatro (4) episodios depositacionales, generados por el dinamismo tectónico de la zona, controlada esencialmente por choque de la Placa Sudamericana y la Placa del Caribe; según ESPÍNOLA & OLLARVES (2002) la historia de la cuenca empieza en el Mioceno Medio con la depositación de las facies dulces y salobres de la Formación Aramina sobre las rocas metamórficas de edad pre-Oligoceno, en el extremo occidental de la actual cuenca. Esta sedimentación consistió en conglomerados basales, lutitas grises intercaladas con areniscas estratificadas; esto se corrobora en la Localidad 1 (LOC-1), donde afloran una serie de sedimentos, compuestos principalmente por intercalaciones de arenas, limo y arcillas, donde los sedimentos tamaño arena fueron depositados en canales (CH) y formas de fondo arenosas (SB), mientras que los finos conforman llanuras de inundación (FF) lo que indica que el primer evento depositacional de la cuenca donde se depositó la Formación Aramina estaba controlado por un régimen fluvial; según ESPÍNOLA & OLLARVES (2002) en el Mioceno Tardío se generó la primera fase de deformación frágil, en la que la región nor-central de Venezuela, sufrió una tectónica distensiva, generando la apertura y subsidencia de la Cuenca de Barlovento, provocando el avance progresivo de la línea de costa sobre la plataforma de Barlovento, siendo los ambientes de depositación para ésta marino somera. La evidencia de este evento, está representada en la Localidad 7 (LOC-7), donde se identificó una gran barra marina en la parte inferior del afloramiento, lo que no coincide con la información del mapa de ESPÍNOLA & OLLARVES (2002), donde le asignan a esta zona la Formación Caucagua.

Según ESPÍNOLA & OLLARVES (2002) para el Plioceno Tardío, ocurrió un cambio en el régimen tectónico, lo que produjo el levantamiento progresivo de la Cuenca de Barlovento de oeste a este, con lo que la línea de costa retrocedió progresivamente. Junto con la retirada del mar, la cuenca fue basculada hacia el sur nuevamente, producto del continuo levantamiento de la Cordillera de la Costa. En

consecuencia, la cuenca quedó expuesta a procesos erosivos, y los ambientes continentales dominaron la región de Barlovento para el Pleistoceno Temprano.

En esta época geológica, se depositaron los conglomerados y areniscas de la Formación Caucagua, los cuales, al igual que las unidades inferiores, fueron basculados hacia el sur, dichos sedimentos están representados en el afloramiento de la Localidad 6 (LOC-6), donde se encuentran conglomerados depositados en canales (CH) y barras de grava (GB), y las arenas en una forma de fondo arenosa (SB).

Para el Pleistoceno medio, se genera el último evento depositacional y la colmatación de la cuenca, donde se depositaron los limos grises, las arenas poco consolidadas y mal estratificada y los conglomerados rojizos de la Formación Mamporal, los cuales son de ambiente continental fluvial y están representados en los sedimentos que afloran en las Localidades 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11 y 12 (LOC-2, LOC-3, LOC-4, LOC-5, LOC-8, LOC-9, LOC-11, LOC-12).

Tabla 5.1. Tabla de distribución de las facies fluviales reconocidas en campo en las distintas localidades

FACIES	LOCALIDADES											
	LOC-1	LOC-2	LOC-3	LOC-4	LOC-5	LOC-6	LOC-7	LOC-8	LOC-9	LOC-10	LOC-11	LOC-12
C	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—	—
Fsm	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	+	+	⊕	+	—
Fl	+	—	+	+	+	+	+	+	—	+	+	—
Sh	+	+	+	—	+	+	+	⊕	+	+	+	+
Sp	+	+	+	+	+	—	+	+	⊕	+	+	—
St	+	+	+	—	—	—	—	—	+	—	+	—
Gp	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	⊕
Gh	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
Gmm	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	⊕	+

LEYENDA	
—	Ausente
+	Presente
⊕	Presente y mas abundante

En la tabla 5.1 se puede observar que la facies más abundante en la zona estudiada es la facies Fsm, una facies caracterizada por una mezcla de sedimentos tipo limo y arcilla, característicos de ambientes pantano y canales abandonados, esto coincide con la alta presencia de distintos elementos de arquitectura de llanuras aluviales, tales como llanuras de inundación, diques, abanicos de rotura y canales de rotura (ver tabla 5.2), lo que indica que el ambiente predominante durante la depositación de las

secciones estudiadas, fue el ambiente de llanura aluvial, lo que coincide con la historia de la cuenca, donde tres (3) de sus eventos depositacionales a nivel macro sucedieron bajo un régimen de deposición fluvial.

También es importante destacar que los elementos arquitecturales que están presentes en más Localidades son los canales (CH) y las formas de fondo y barras de arena (SB), aunque esto no quiere decir que estos elementos dominen la cuenca, ya que su magnitud es inferior a las llanuras de inundación (FF), las cuales si dominan la mayor parte de la zona, como se puede ver en el mapa de distribución de facies realizado en este trabajo (Anexo 2), lo que es lógico, ya que este elementos suelen abarcar grandes dimensiones.

Tabla 5.2. Tabla de distribución de elementos de arquitectura fluvial identificados en campo en las distintas localidades estudiadas.

E.A.F	LOCALIDADES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CH	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-
GB	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+
SB	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+
LA	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-
LS	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
FF	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-
LV	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
CR	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
CS	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-

LEYENDA	
E.A.F	Elemento de arquitectura fluvial
+	Presente
-	Ausente

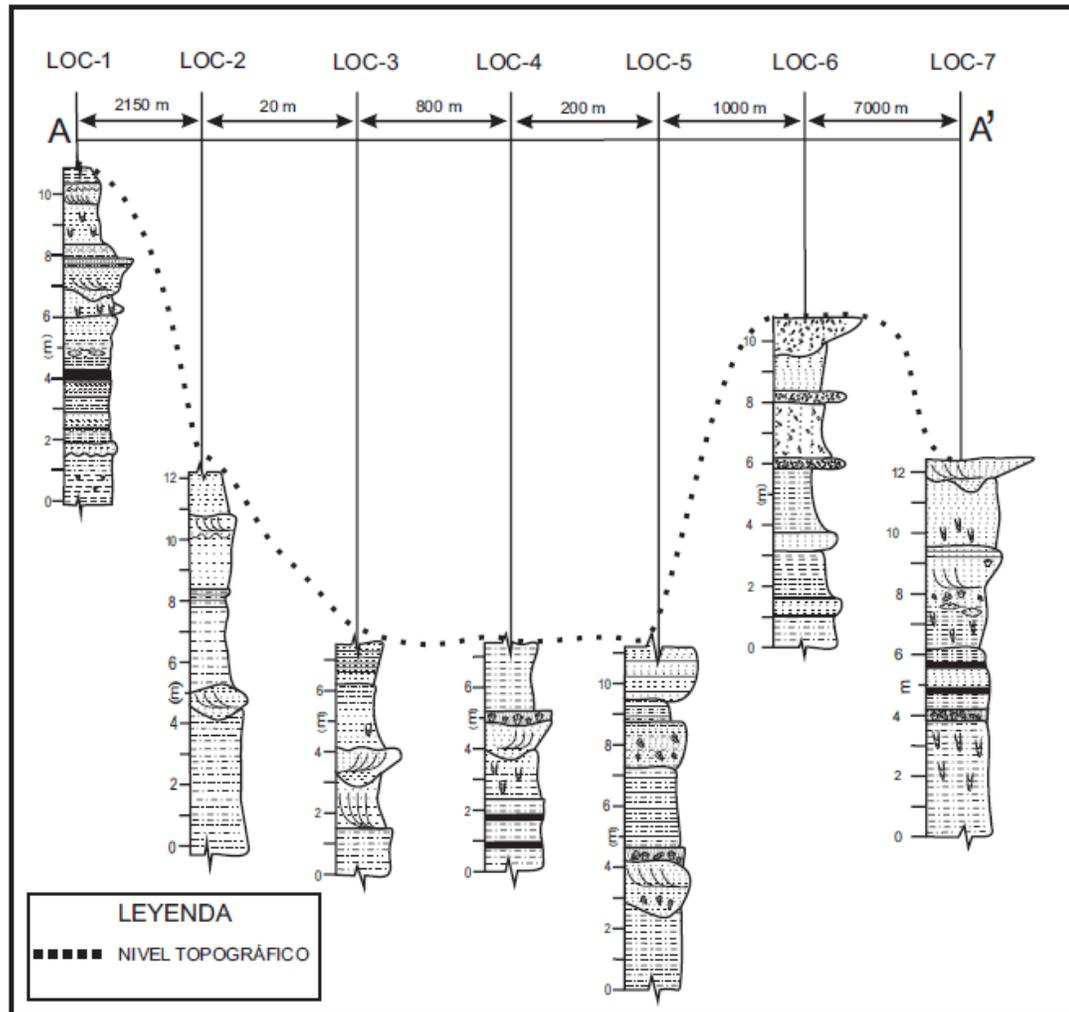


Fig. 5.2. Perfil geológico A-A' (la dirección va de SO-NE) del área de estudio, que muestra la variación de los distintos cuerpos sedimentarios que conforman el relleno de la Cuenca de Barlovento.

El perfil geológico A-A' realizado en la zona que abarca el tramo de la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho en su tramo Caracas-Higuerote (ver Anexo 1) muestra el engrosamiento de los cuerpos de sedimentos finos hacia el nor-este de la cuenca, específicamente hasta la Localidad 5 (LOC-5), lo que coincide justamente con el hundimiento de la topografía, esto producto de la poca competitividad de dichos sedimentos ante la meteorización y erosión; a partir de la Localidad 5 se comienza a

observar la elevación de la topografía, lo que coincide con la presencia de cuerpos conglomeráticos en la cuenca y representados por los conglomerados de la Localidad 6 (LOC-6), posterior a esto comienza a descender la cota topográfica nuevamente, producto de la presencia de sedimentos tipo arena en la Localidad 7 (LOC-7). También es importante destacar la presencia de canales (CH) a lo largo de todo el perfil.

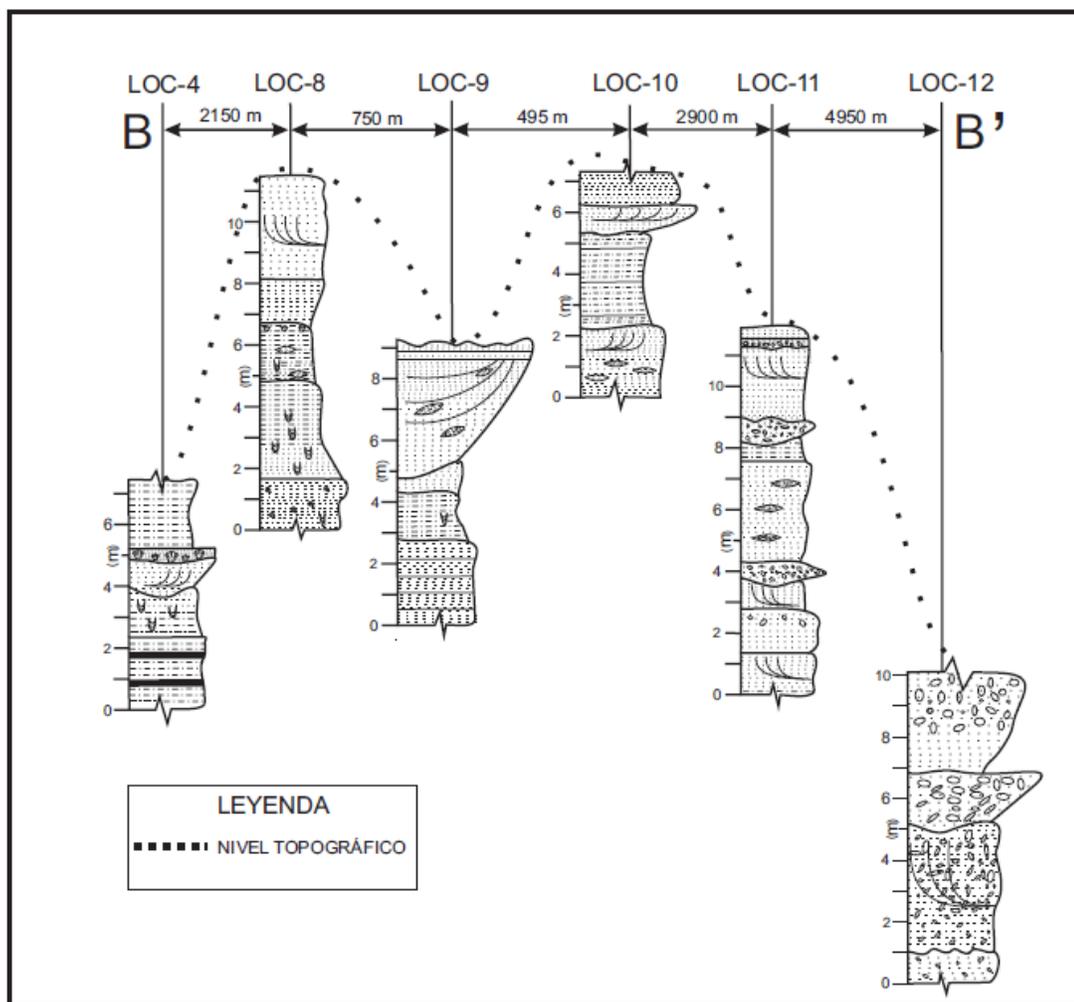


Fig. 5.3. Perfil geológico B-B' (la dirección va de NO-SE) del área de estudio, que muestra la variación de los distintos cuerpos sedimentarios que conforman el relleno de la Cuenca de Barlovento.

El perfil geológico B-B' fue realizado en la dirección de la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, en su tramo Caracas-Río Chico, por tanto tiene una dirección que va del nor-oeste al sur-este, en el perfil se puede observar como la presencia de conglomerados se va haciendo más importante hacia el sur, además de una notoria disminución de la cota, esto producto del basculamiento hacia al sur que sufrió la cuenca en el Pleistoceno Temprano según ESPÍNOLA & OLLARVES (2002), también se observa la presencia de canales (CH) en las distintas localidades, confirmando de esta manera los distintos eventos fluviales que rellenaron a la Cuenca de Barlovento.

En cuanto al análisis de las muestras de arenas recolectadas a lo largo de la zona de estudio, se determinó que el cuarzo, la moscovita, el feldespatos y el chert, son los minerales principales que componen a los sedimentos de la cuenca; en cuanto a las características morfológicas de los granos, se pudo observar una variedad importante de las mismas, esto pudiera deberse a la diversa naturaleza de los distintos eventos depositacionales generados en la cuenca, generados por el dinámico marco tectónico en donde se encuentra la misma, pero que claramente tiene como fuente los dos grandes cuerpos rocosos que rodean a la misma, como lo son la Cordillera de la Costa y la Serranía del Interior Oriental, destacando que la zona estudiada en este trabajo, tiene mayor cercanía a la primera de estas cadenas montañosas, por tanto se deduce que es la fuente principal de dichos sedimentos.

CAPÍTULO VI

SUMARIO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 SUMARIO Y CONCLUSIONES

- La clasificación de facies de MIALL (1996), utilizada en este trabajo para codificar las facies fluviales, fue una herramienta indispensable, la cual definió de forma eficiente las características (litológicas, composicionales, texturales, y de estructuras sedimentarias) reportadas en los depósitos de la zona de estudio; no necesitándose una nueva codificación o ajuste de las mismas.
- A largo de la zona de estudio, se pudieron identificar nueve (9) distintas facies fluviales de la clasificación de MIALL (1996); la facies son las siguientes: C, Fsm, Fl, Sh, Sp, St, Gp, Gh y Gmm; siendo la facies Fsm (limos y arcillas masivos) la más abundante de en la zona, estando presente en once (11) de los doce (12) afloramientos estudiados y siendo además la más abundante en ocho (8) de los mismos.
- La realización de fotomosaicos descriptivos mediante la metodología utilizada en este trabajo, es una herramienta indispensable, además de útil y practica a la hora identificar elementos de arquitectura fluvial en los afloramientos estudiados

- En los doce (12) afloramientos estudiados se pudo confirmar la presencia de distintos elementos de arquitectura fluvial, lo que evidencia la naturaleza fluvial de la mayoría de los eventos depositacionales que rellenaron la Cuenca de Barlovento.
- Del total de elementos arquitecturales identificados a lo largo de la zona estudiada, se pudieron distinguir nueve (9) clases de los mismos: Canales (CH), llanuras de inundación (FF), formas de fondo y barras de arena (SB), formas de fondo y barras de grava (GB), diques (LV), abanicos de rotura (CS), canales de desbordamiento (CR), mantos de arena laminada (LS) y macroformas de acreción lateral (LA).
- El elemento arquitectural más abundante en la zona estudiada fueron las llanuras de inundación (FF), lo que coincide con la alta presencia de la facies Fsm en la zona, ya que esta facies es el principal componente de este elemento arquitectural.
- Mediante la realización de los perfiles geológicos, se pudo observar la distribución de los canales a lo largo de la cuenca, tanto lateral como verticalmente, además también se pudo observar la relación de los sedimentos con la topografía actual de la zona.

6.2. RECOMENDACIONES

- Aplicar esta metodología a otras formaciones con sistemas fluviales; con ello se puede tener información concreta de estos sistemas en Venezuela.
- Aprovechar los nuevos afloramientos generados por la construcción de la Autopista Gran Mariscal de Ayacucho, para nuevos estudios en la zona y así poder generar un mapa geológico de la zona más actualizado y con mayor información.
- Aprovechar los fotomosaicos descriptivos como material didáctico en cátedras tales como sedimentología y estratigrafía.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, J. *et al.* (1982). Diagnostico hidrogeológico de la región de Barlovento. MARNR, Dirección de Hidrogeología. Caracas. Informe técnico DGSIIA / IT / 116. 93p.

ANDREWS, P. (1930). *A geological reconnaissance of eastern Miranda, Venezuela, S.A.* Informe inédito, Richmont Petroleum Co., Archivos LAGOVEN. Informe 2100.11-1.

ASUAJE, L. (1972). Geología de la región de Guatire-Cabo Codera. *Mem. IV Congr. Geol. Venezolano, Bol. Geol., Publ Esp.* V, 3:1289-1290.

AUDEMARD, F. & C, GIRALDO. (1997). Desplazamientos dextrales a lo largo de la frontera meridional de la placa Caribe, Venezuela Septentrional. VIII Cong. Geol. Venezolano, Porlamar, 1:101-108.

AUDEMARD, F. *et al.* (2000). *Map and database of quaternary faults in Venezuela and its offshore regions.* USGS. Reporte 00-018. 82 p.

BECK, C. (1986). *Geologie de la chaine Caraïbe su meridien de Caracas (Venezuela)*. Soc. Geol. de Nord, Villeneuve s'Ascq, Francia, Public. No. 14, 462 p.

BELINSON, E. (2012). "Evolución de la arquitectura fluvial en sucesiones del Plioceno-Pleistoceno del centro-este de Argentina" (Aloformación Punta San Andrés). Buenos Aires, Argentina.

BELLIZZIA, A. & D, RODRÍGUEZ. 1976. Geología del estado Miranda. *Bol. Geol.*, Caracas, Public. esp. 5, 6: 3317-3417.

BELTRAN, C. & GIRALDO, C. 1989. Aspectos neotectónicos de la región nororiental de Venezuela.. *Mem. VII Congr Geol Venezolano*, Barquisimeto, 3:1000- 1021.

BERMÚDEZ, P. 1966. Consideraciones sobre los sedimentos del mioceno medio al reciente de las costas central y oriental de Venezuela. *Bol. Geol.*, Caracas, 7 (14): 333-441.

BOLLI, H. M. & P. J. BERMÚDEZ, (1965). *Zonation based on planitonic foraminifera of Middle Miocene to Pliocene warm-water sediments*. *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról.*, Bol. Inform., 8(5): 121-149.

BUCHER, W. (1952). Geologic structure and orogenic history of Venezuela, *Geol. oc. Am.*, Mem. 49, 113 p.

CONDE, R. & L, SCHMIDT. (2006). “Estudio y caracterización de los acuíferos recientes; ubicados al norte de El Guapo, entre los ríos Tuy y Guapo, Municipio Brión y Páez del Estado Miranda”. Trabajo Especial de Grado, Departamento de Geología, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, UCV. Inédito.

DENGO, G. (1951). Geología de la región de Caracas. *Bol. Geol.*, Caracas, 1 (1): 39-115.

DIAZ, I. (1982). Geología del mioceno-plioceno en el flanco sur de la Cordillera de la Costa, entre Mesa de Urape (SW) y Cabo Codera (NE), NE del Estado Miranda. UCV. Depto. de Geología, Trabajo Especial de Grado. Inédito. 392 p.

DUSENBURY, A. (1956). Aramina, Formación. Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1ra. Ed., *Bol. Geol.*, Publ, Esp. I:78-79.

ESPÍNOLA, E. & OLLARVES, R. (2002) Estudio Tectono-Estratigráfico del Margen Meridional de la Cuenca de Barlovento, Estado Miranda: Implicaciones Neotectónicas. U.C.V. Departamento de Geología. Trabajo especial de Grado. 240 p.

FEO-CODECIDO, G. (1962). “*Contribution to the geology of north-central Venezuela*”. *Asoc. Venez. Geol. Min. Petrol.*, Bol. Inf. 5(5): 119-142.

FOIX, N. (2013). *Fluvial architecture variations linked to changes in accommodation space: Río Chico Formation (Late Paleocene), Golfo San Jorge basin, Argentina*.

FURRER, M. & URBANI, F. (1973). Nuevas localidades fosilíferas en las formaciones Las Mercedes y Guárico, Estado Miranda. *Bol. Soc. Ven. Espel.*, 4 (2): 135- 139.

GALLOWAY, W.E. & D. HODBAY, (2000). “*Terrigenous Clastic Depositional Systems. Applications to Petroleum, Coal, and Uranium Exploration*”. Springer-erlag. 423p.

GARCIA, G. (1977). Geología del área de Cabo Codera, Estado Miranda. UCV. Depto. de Geología. Trabajo Especial de Grado. Inédito. 172 p.

GIUNTA, G., S. CARNEMOLLA, R. CUSIMANO & R. DI NATALE.(1990). La Cuenca hidrográfica del río Tuy. Norte de Venezuela. Instituto Italo-Latino Americano. Serie 2.

GONZÁLEZ DE JUANA, C., A. ITURRALDE & X. PICARD. (1980). Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. Caracas, Ed. Foninves, 2 tomos, 1021 p.

HERNÁNDEZ, J. & E. ROJAS. (2002). Estudio tectono-estratigráfico del borde meridional de la Cuenca de Barlovento, Estado Miranda: Implicaciones neotectónicas. UCV. Depto. de Geología. Trabajo Especial de Grado. Inédito. 200 p.

KEHRER, L. (1930) Report covering the geological exploration of the Tuy area and adjacent regions, State of Miranda, Venezuela, S.A. The Carribean Petroleum Co., La Rosa. *Archivos LAGOVEN*. Informe 2100.11-0.

MENCHER, E., E. FICHTER, H. RENZ, E. WALLIS, O. RENZ, J. PATTERSON & R. ROBIE. (1951). Texto de las monografías presentadas en la Convención Nacional del Petróleo. Ofic. *Técnicas de Hidrocarburos*. Min Minas e Hidrocarburos. p 1- 80.

MIALL, A.D., (1996). “*The Geology of Fluvial Deposits*”. Springer, 2 edition, 582 p.

MIALL, A.D., (2000). “*Principles of Sedimentary Basin Analysis*”. Springer, 3 edition, 616 p.

MOORE, G. (1931). *Geology and oil possibilities of the Río Tuy and Cupira Basins, Districts of Acevedo, Paez and Brion. State of Miranda, Venezuela. Archivos LAGOVEN*, Informe 2100.109-2.

OPLUSTIL *et al.* (2005). “*Facies and architectural analysis of fluvial deposits of the Nýřany Member and the Týnec Formation (Westphalian D – Barruelian) in the Kladno-Rakovník and Pilsen basins*”. Charles University Prague, Institute of Geology and Paleontology, Czech Republic.

OSTOS, M. (1990). Evolución tectónica del margen sur-central del Caribe basado en datos geoquímicos. *Geos*, Caracas, 30: 1-294.

PAPARONI P., Guido (1993). “Análisis y caracterización de litofacies pertenecientes a parasecuencias de edad Eoceno (ambientes de transición). Formación Mirador de Venezuela Occidental”. Informe inédito. Universidad Central de Venezuela. 301 p.

PATRICK, H. (1958). *Geology of the Cariaco Basin*. Archivos LAGOVEN, informe 2000.11-2.

PONTE, G. (1952). Estudio de ocho muestras de arcilla, tomadas de la Quebrada Yaguapa. *Min de Minas e Hidrocarb*. Informe Inédito.

POWERS, M. C. (1982). “Comparison charts for estimating roundness and sphericity”. AGI Data Sheets, American Geological Institute, Alexandria, Va, USA.

RUST, B. (1978). “*Depositional models for braided alluvium*” in A.D Miall. (ed.) *Fluvial sedimentology, Memoir Canadian Society for Petroleum Geology*, 605-628 p.

RAMOS, C. (1977) *Geología de la región de Curiepe-Birongo. Estado Miranda*. UCV. Depto. de Geología. Trabajo Especial de Grado Inédito.

SCHWARCK, A., L. PONTE, C. PONTE, EVANOFF, G. RIVERO, A. BALDA & R. PÉREZ. (1951). Mapa geológico generalizado de la zona costanera de Barlovento, Estado Miranda. Para fines especiales. *Min de Energía y Minas*. Mapa 00189.

SEIDERS, V. 1965. Geología de Miranda Central. *Bol. Geol.*, Caracas, 6(12): 289-416.

SPENA, F. 1977. *Geología de la zona Birongo-Capaya, Estado Miranda*. UCV. Depto. de Geología. Trabajo Especial de Grado. Inédito. 299 p.

SWANSON, D.C. (1976). “Manual de Facies Clásticas”. Creole Petroleum Corporation y Exxon Production Research Company, EPRco. USA.

TARACHE, C. (1975). “Secuencia sedimentaria Terciaria del área de La Sabana (Franja costanera norcentral de Venezuela)”. UCV. Depto. de Geología. Trabajo Especial de Grado. Inédito. 213 p.

URBANI, F. (1969). Mineralogía de algunas calizas en la parte central de la Cordillera de la Costa. Bol. Inf. Asoc. Ven. Geol. Min. y Petrol. 12 (11): 417-423.

URBANI, F. (1977). Geología del área de Oritapo-Cabo Codera- Capaya, D.F. y Estado Miranda. UCV. Depto. de Geología. Trabajo Especial de Grado. Informe 77-1, Caracas, 191 p.

URBANI, F. (2000). Revisión de las unidades de rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela. *GEOS*, Caracas, 33: 1-170.

VELÁSQUEZ, M. (2010). Arquitectura de facies fluviales y análisis estadístico de una sección de la Formación Capiricual, al sur de Barcelona, Estado Anzoátegui. . U.C.V. Departamento de Geología. Trabajo Especial de Grado. 174 p.

WALKER, R. & N.P. JAMES, (1992). “Facies models. Response to sea level change”. Geological Association of Canada. 406 p.

WOLCOTT, P. (1940). Report on the geology of the Tuy Valley Miranda. *Archivos LAGOVEN*, Informe 2100.11-2. 15 p.

YOUNG, G. A., BELLIZIA, A., RENZ, H., JOHNSON, F., ROBIE, R. Y MASVALL, J., (1956). Geología de las cuencas sedimentarias de Venezuela y de sus campos petrolíferos. Bol. Geol., Caracas, Publ. Esp. N° 2, 140 p.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS:

- Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela (1997):

www.pdvsa.com/lexico, (2015, Marzo 25).

- MELCHOR, R.N. (2006): Curso de ambientes sedimentarios: Arquitectura fluvial:

<http://www.exactas.unlpam.edu.ar/noticias/curso%20ambientes%20sedimentarios/arquitectura%20fluvial.PDF>, (2015, Julio 10).

CAPITULO VIII

ANEXOS

8.1. ANEXO 1: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE FACIES FLUVIALES

8.2. ANEXO 3: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 1 (LOC-1)

MUESTRA 1 (LOC-1)								
Grano	Esfericidad		Redondez					
	alta	baja	muy angular	angular	sub-angular	sub-redondeado	redondeado	bien redondeado
1	x	-	-	x	-	-	-	-
2	x	-	-	-	x	-	-	-
3	x	-	-	-	x	-	-	-
4	x	-	-	x	-	-	-	-
5	-	x	-	x	-	-	-	-
6	x	-	-	-	x	-	-	-
7	-	x	-	x	-	-	-	-
8	-	x	-	-	-	x	-	-
9	x	-	-	-	x	-	-	-
10	x	-	-	-	x	-	-	-
11	-	x	-	-	-	x	-	-
12	x	-	-	-	-	-	x	-
13	x	-	-	-	-	x	-	-
14	x	-	-	-	-	x	-	-
15	x	-	-	-	x	-	-	-
16	x	-	-	-	x	-	-	-
17	x	-	-	-	x	-	-	-
18	x	-	-	-	-	x	-	-
19	x	-	-	-	x	-	-	-
20	-	x	-	-	-	x	-	-
21	x	-	-	-	-	-	x	-
22	x	-	-	-	-	x	-	-
23	-	x	-	-	x	-	-	-
24	x	-	-	-	-	x	-	-
25	-	x	-	-	x	-	-	-
26	x	-	-	-	x	-	-	-
27	x	-	-	-	x	-	-	-
28	x	-	-	-	-	x	-	-
29	x	-	-	-	x	-	-	-
30	x	-	-	-	x	-	-	-

8.3. ANEXO 4: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 2 (LOC-2)

MUESTRA 2 (LOC-2)								
Grano	Esfericidad		Redondez					
	alta	baja	muy angular	angular	sub-angular	sub-redondeado	redondeado	bien redondeado
1	x		-	x	-	-	-	-
2	-	x	x	-	-	-	-	-
3	-	x	x	-	-	-	-	-
4	x	-	-	x	-	-	-	-
5	x	-	-	x	-	-	-	-
6	-	x	-	x	-	-	-	-
7	-	x	x	-	-	-	-	-
8	-	x	-	x	-	-	-	-
9	-	x	x	-	-	-	-	-
10	-	x	-	x	-	-	-	-
11	-	x	-	x	-	-	-	-
12	-	x	-	x	-	-	-	-
13	-	x	x	-	-	-	-	-
14	-	x	-	-	x	-	-	-
15	x	-	-	-	-	x	-	-
16	-	x	-	-	x	-	-	-
17	-	x	-	-	x	-	-	-
18	-	x	-	-	x	-	-	-
19	x	-	-	-	-	x	-	-
20	-	x	-	x	-	-	-	-
21	x	-	-	-	x	-	-	-
22	-	x	-	-	-	x	-	-
23	x	-	-	x	-	-	-	-
24	-	x	-	-	x	-	-	-
25	-	x	-	x	-	-	-	-
26	x	-	-	x	-	-	-	-
27	-	x	-	-	x	-	-	-
28	x	-	-	x	-	-	-	-
29	-	x	-	-	x	-	-	-
30	-	x	-	x	-	-	-	-

**8.4. ANEXO 5: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 3
(LOC-6)**

MUESTRA 3 (LOC-6)								
Grano	Esfericidad		Redondez					
	alta	baja	muy angular	angular	sub-angular	sub-redondeado	redondeado	bien redondeado
1	-	x	-	x	-	-	-	-
2	x	-	-	-	-	-	x	-
3	-	x	-	-	x	-	-	-
4	x	-	-	-	-	x	-	-
5	x	-	-	-	-	x	-	-
6	x	-	-	-	x	-	-	-
7	-	x	-	x	-	-	-	-
8	x	-	-	x	-	-	-	-
9	-	x	-	x	-	-	-	-
10	-	x	-	-	-	-	x	-
11	x	-	-	-	x	-	-	-
12	x	-	-	-	x	-	-	-
13	-	x	-	-	-	x	-	-
14	-	x	-	x	-	-	-	-
15	x	-	-	-	-	x	-	-
16	-	x	-	-	-	x	-	-
17	x	-	-	x	-	-	-	-
18	-	x	-	-	x	-	-	-
19	-	x	-	x	-	-	-	-
20	x	-	-	-	-	x	-	-
21	-	x	-	-	-	x	-	-
22	x	-	-	-	-	-	x	-
23	x	-	-	-	x	-	-	-
24	-	x	-	x	-	-	-	-
25	x	-	-	-	-	x	-	-
26	x	-	-	-	x	-	-	-
27	x	-	-	x	-	-	-	-
28	x	-	-	-	-	x	-	-
29	-	x	-	x	-	-	-	-
30	x	-	-	-	-	-	x	-

**8.5. ANEXO 6: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 4
(LOC-7)**

MUESTRA 4 (LOC-7)								
Grano	Esfericidad		Redondez					
	alta	baja	muy angular	angular	sub-angular	sub-redondeado	redondeado	bien redondeado
1	-	X	-	X	-	-	-	-
2	X	-	-	-	X	-	-	-
3	-	X	-	-	X	-	-	-
4	X	-	-	-	-	X	-	-
5	X	-	-	-	-	X	-	-
6	X	-	-	-	-	X	-	-
7	X	-	-	-	-	X	-	-
8	X	-	-	-	-	-	X	-
9	-	X	-	-	-	X	-	-
10	X	-	-	-	-	X	-	-
11	-	X	-	X	-	-	-	-
12	X	-	-	-	X	-	-	-
13	-	X	-	-	-	X	-	-
14	-	X	-	-	X	-	-	-
15	X	-	-	X	-	-	-	-
16	-	X	-	-	X	-	-	-
17	-	X	X	-	-	-	-	-
18	-	X	-	X	-	-	-	-
19	X	-	-	-	-	X	-	-
20	X	-	-	-	-	X	-	-
21	-	X	-	-	-	X	-	-
22	X	-	-	-	-	-	X	-
23	X	-	-	-	-	X	-	-
24	X	-	-	-	X	-	-	-
25	-	X	-	-	X	-	-	-
26	X	-	-	X	-	-	-	-
27	X	-	-	-	X	-	-	-
28	X	-	-	X	-	-	-	-
29	X	-	-	-	X	-	-	-
30	X	-	-	X	-	-	-	-

8.6. ANEXO 7: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 5 (LOC-9)

MUESTRA 5 (LOC-9)								
Grano	Esfericidad		Redondez					
	alta	baja	muy angular	angular	sub-angular	sub-redondeado	redondeado	bien redondeado
1	x	-	-	-	x	-	-	-
2	-	x	-	x	-	-	-	-
3	x	-	-	x	-	-	-	-
4	x	-	-	-	x	-	-	-
5	x	-	-	x	-	-	-	-
6	x	-	-	x	-	-	-	-
7	x	-	x	-	-	-	-	-
8	-	x	-	-	x	-	-	-
9	-	x	x	-	-	-	-	-
10	x	-	-	-	x	-	-	-
11	x	-	-	-	x	-	-	-
12	-	x	-	-	x	-	-	-
13	x	-	-	-	-	x	-	-
14	x	-	-	-	-	-	x	-
15	-	x	-	x	-	-	-	-
16	x	-	-	-	x	-	-	-
17	x	-	-	x	-	-	-	-
18	-	x	-	-	-	x	-	-
19	-	x	-	-	-	x	-	-
20	x	-	-	-	x	-	-	-
21	-	x	-	-	x	-	-	-
22	x	-	-	-	-	x	-	-
23	-	x	x	-	-	-	-	-
24	x	-	-	x	-	x	-	-
25	x	-	-	-	x	-	-	-
26	-	x	x	-	-	-	-	-
27	x	-	-	-	-	x	-	-
28	x	-	-	-	-	x	-	-
29	-	x	-	-	x	-	-	-
30	-	x	-	-	x	-	-	-

8.7. ANEXO 8: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 6 (LOC-11)

MUESTRA 6 (LOC-11)								
Grano	Esfericidad		Redondez					
	alta	baja	muy angular	angular	sub-angular	sub-redondeado	redondeado	bien redondeado
1	x	-	-	-	x	-	-	-
2	x	-	-	-	x	-	-	-
3	-	x	-	x	-	-	-	-
4	x	-	-	x	-	-	-	-
5	-	x	-	x	-	-	-	-
6	-	x	-	-	x	-	-	-
7	x	-	-	-	-	x	-	-
8	x	-	-	-	x	-	-	-
9	-	x	-	-	x	-	-	-
10	x	-	-	-	-	x	-	-
11	x	-	-	-	-	x	-	-
12	-	x	-	x	-	-	-	-
13	x	-	-	-	-	x	-	-
14	x	-	-	-	-	x	-	-
15	x	-	-	-	x	-	-	-
16	x	-	-	-	x	-	-	-
17	x	-	-	x	-	-	-	-
18	-	x	-	-	-	x	-	-
19	x	-	-	-	-	x	-	-
20	x	-	-	-	-	-	x	-
21	x	-	-	-	-	-	x	-
22	x	-	-	-	x	-	-	-
23	-	x	-	-	x	-	-	-
24	-	x	-	-	-	x	-	-
25	x	-	-	-	-	x	-	-
26	x	-	-	-	x	-	-	-
27	x	-	-	-	x	-	-	-
28	x	-	-	-	x	-	-	-
29	x	-	-	-	-	x	-	-
30	x	-	-	x	-	-	-	-

8.8. ANEXO 9: TABLA DE DATOS MORFOLÓGICOS DE LA MUESTRA 7 (LOC-12)

MUESTRA 7 (LOC-12)								
Grano	Esfericidad		Redondez					
	alta	baja	muy angular	angular	sub-angular	sub-redondeado	redondeado	bien redondeado
1	x	-	-	-	x	-	-	-
2	-	x	-	x	-	-	-	-
3	x	-	-	-	-	x	-	-
4	-	x	-	x	-	-	-	-
5	-	x	-	-	x	-	-	-
6	x	-	-	x	-	-	-	-
7	x	-	-	-	x	-	-	-
8	x	-	-	-	x	-	-	-
9	x	-	-	-	-	x	-	-
10	-	x	-	-	x	-	-	-
11	-	x	-	-	x	-	-	-
12	-	x	-	x	-	-	-	-
13	x	-	-	-	-	x	-	-
14	x	-	-	-	-	x	-	-
15	x	-	-	-	-	x	-	-
16	x	-	-	-	-	x	-	-
17	-	x	-	-	x	-	-	-
18	x	-	-	-	-	x	-	-
19	x	-	-	-	x	-	-	-
20	-	x	-	x	-	-	-	-
21	x	-	-	x	-	-	-	-
22	-	x	-	-	x	-	-	-
23	-	x	-	x	-	-	-	-
24	x	-	-	x	-	-	-	-
25	-	x	-	-	-	x	-	-
26	x	-	-	-	x	-	-	-
27	-	x	-	-	x	-	-	-
28	x	-	-	-	-	x	-	-
29	x	-	-	x	-	-	-	-
30	x	-	-	-	x	-	-	-