

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE UN AFLORAMIENTO  
CORRESPONDIENTE A LA UNIDAD INFORMAL B-6 DE LA FORMACIÓN  
MISOA Y SU CORRELACIÓN CON EL SUBSUELO DE LA CUENCA DEL  
LAGO DE MARACAIBO (CARRETERA EL VENADO-LA RAYA, ESTADO  
ZULIA)**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de  
Venezuela para optar al Título  
de Ingeniero Geólogo.  
Por la Br. Anjos Barreto, Liliana María.

Caracas, Noviembre 2006

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE UN AFLORAMIENTO CORRESPONDIENTE A LA UNIDAD INFORMAL B-6 DE LA FORMACIÓN MISOA Y SU CORRELACIÓN SEDIMENTOLÓGICA CON EL SUBSUELO DE LA CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO (CARRETERA EL VENADO-LA RAYA, ESTADO ZULIA)**

Tutor Académico: Dra. Geólogo Olga Rey  
Tutor Industrial: Ing. Geólogo Ismael Delgado

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de  
Venezuela para optar al Título  
de Ingeniero Geólogo.  
Por la Br. Anjos Barreto, Liliana María.

Caracas, Noviembre 2006

## Dedicatoria

Dedicado a mis padres María y Ernesto,  
porque ellos me dieron la vida y  
la educación para lograrlo.

A mi hijo y a mi esposo  
que son la luz que me guía para luchar  
por un futuro mejor.  
y por estar a mi lado apoyándome,  
dándome su amistad y su amor.

A mis hermanos Ernesto y Alejandro  
por tanto cariño y apoyo en el transcurso  
de toda mi vida.

Y a todas las personas que están dispuestas  
a luchar por un país mejor lleno de igualdad  
para nuestros hijos.

**Anjos B., Liliana M.**

**CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE UN AFLORAMIENTO  
CORRESPONDIENTE A LA UNIDAD INFORMAL B-6 DE LA FORMACIÓN MISOA Y SU  
CORRELACIÓN SEDIMENTOLÓGICA CON EL SUBSUELO DE LA CUENCA DE  
MARACAIBO (CARRETERA EL VENADO-LA RAYA, ESTADO ZULIA)**

**Tutor Académico: Olga Rey. Tutor Industrial: Ismael Delgado  
Tesis. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería.  
Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Año 2006, número de páginas p.**

**Palabras Claves:** Formación Misoa, Arenas B6, Cuenca de Maracaibo, Eoceno.

## Resumen

La Formación Misoa es el yacimiento de petróleo más importante de la Cuenca de Maracaibo. Estudios realizados indican que esta unidad se sedimentó en un ambiente fluvio-deltaico donde se reconocen facies de canales distributarios, llanuras distributarias y frente deltaico.

Este proyecto se llevó a cabo con la finalidad de determinar las características sedimentológicas de las arenas B-6 de la Formación Misoa, en una sección de afloramiento ubicada en la carretera El Venado-La Raya (piedemonte trujillano) y su correlación con los datos existentes del subsuelo de la Cuenca de Maracaibo (campo Tía Juana Lago).

Del estudio de campo se identificaron 4 facies sedimentarias (S1, S2, S3 y M) en 42m de afloramiento, a las cuales se le elaboraron 3 secciones finas para su caracterización en el laboratorio, así mismo se identificaron 8 facies sedimentarias provenientes del análisis de núcleos (G1, S1, S2, S3, S1, H1, H2b, H2).

De la interpretación de facies y sus asociaciones, se corrobora un ambiente fluvio-deltaico para la unidad B-6 de la Formación Misoa, reconociéndose asociaciones típicas del plano deltaico en la región del Campo Tía Juana Lago, representadas por: a) canales distributarios (G1, S1, S2, S3), b) bahías interdistributarias (H1, H2b, H2, S1) y c) abanicos de rotura (S2 y S3), mientras que para la zona del piedemonte trujillano se reconocieron a) barras de desembocadura (S1, S2 y S3) y b) la asociación de prodelta (M).

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS .....	1
Generales .....	1
Específicos.....	1
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	2
METODOLOGÍA.....	4
Etapa Preliminar:.....	4
Etapa de Campo:.....	4
Etapa de Laboratorio: .....	5
Etapa de Oficina: .....	6
TRABAJO PREVIOS .....	7
AGRADECIMIENTOS.....	10
CAPÍTULO II .....	11
GEOLOGÍA REGIONAL .....	11
Evolución Geológica de la Cuenca de Maracaibo .....	11
Estructura y Tectónica de la Cuenca de Maracaibo.....	19
Triásico-Jurásico.....	19
Cretácico .....	19
Paleoceno-Eoceno .....	20
Mioceno-Plioceno.....	20
Estratigrafía Regional.....	21
Formación Misoa.....	21
CAPÍTULO III .....	25
GEOLOGÍA LOCAL .....	25
Generalidades .....	25
Formación Misoa en la sección El Venado-La Raya.....	25
Descripción del intervalo B-6 en el subsuelo .....	42
Generalidades .....	42
Estudio de Núcleos .....	48
Descripción de Núcleos.....	57
ASOCIACIÓN DE FACIES SEDIMENTARIAS.....	59
Generalidades .....	59
Canales Distributarios.....	60
Bahías Interdistributarias.....	62
Abanicos de Rotura .....	64
Barras de Desembocadura .....	65
Prodelta .....	67
CAPÍTULO IV .....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
Sumario y Conclusiones .....	69
Recomendaciones .....	71
BIBLIOGRAFÍA .....	72

## ANEXOS

- 1.- Columna de Campo, Formación Misoa (Arenas B-6)
- 2.- Columna del Pozo EGT- 3045
- 3.- Columna del Pozo EGT-967
- 4.- Columna del Pozo EGT- 888

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Mapa de ubicación del área de estudio modificado de <a href="http://www.mapasdevenezuela.com">www.mapasdevenezuela.com</a> .....2
<b>Figura 2.</b>	Mapa topográfico con la ubicación del afloramiento. Coordenadas UTM N 1.107.250 E-295130 de la hoja 6012-III-SE (La Esperanza), escala 1:25.000.....3
<b>Figura 3.</b>	Migración del frente de deformación del Caribe hacia el este-Suroeste en Venezuela Occidental y sedimentación epi/perisutural asociada durante Paleoceno-Eoceno. Modificado de WEC (1997) ..... 14
<b>Figura 4.</b>	Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca del Lago de Maracaibo, tomado de WEC (1997) ..... 18
<b>Figura 5.</b>	Sección O-E de la Cuenca de Maracaibo. Tomado de la WEC (1997)..... 22
<b>Figura 6.</b>	Fotografía del afloramiento de la unidad B-6 de la Formación Misoa en la carretera El Venado-La Raya. .... 26
<b>Figura 7.</b>	Facies M caracterizada por limolitas en la sección El Venado–La Raya ..... 27
<b>Figura 8.</b>	Facies S1 intervalo B-6 de la Formación Misoa en la sección El Venado–La Raya. .... 29
<b>Figura 9.</b>	Microfotografías de la facies S1 ..... 31
<b>Figura 10.</b>	Triángulo de clasificación de areniscas terrígenas para la sección S1. Modificado de Pettijohn, Potter y Siever <i>et. al.</i> , (1972)..... 32
<b>Figura 11.</b>	Facies S2 intervalo B-6 de la Formación Misoa en la sección El Venado–La Raya ..... 33
<b>Figura 12.</b>	Microfotografías de las facies S2..... 35
<b>Figura 13.</b>	Triángulo de clasificación de areniscas terrígenas para la facies S2 Modificado de Pettijohn, Potter y Siever <i>et. al.</i> , (1972)..... 36
<b>Figura 14.</b>	Facies S3 intervalo B-6 de la Formación Misoa en la sección El Venado–La Raya ..... 37
<b>Figura 15.</b>	Microfotografía de la facies S3 ..... 39
<b>Figura 16.</b>	Micropaleontología de las facies S3 ..... 40
<b>Figura 17.</b>	Triángulo de clasificación de areniscas terrígenas para la facies S3. Modificado de Pettijohn, Potter y Siever <i>et. al.</i> (1972)..... 41
<b>Figura 18.</b>	Registro eléctrico del pozo EGT-3045, en amarillo se señala el intervalo correspondiente en las arenas B-6 (escala vertical 1:200 )..... 43

<b>Figura 19.</b>	Registro eléctrico del pozo EGT-888, en amarillo se indica el intervalo de las arenas B-6 (escala vertical 1:200 ).....	45
<b>Figura 20.</b>	Registro eléctrico del pozo EGT-967 en amarillo se indica el intervalo de las arenas B-6 (escala vertical 1:200 ).....	47
<b>Figura 21.</b>	Facies G1. Detalle de núcleo pozo EGT-967, profundidad 6231' pies.....	49
<b>Figura 22.</b>	Facies S1. Detalle de núcleo pozo EGT-888, profundidad 5848' pies .....	50
<b>Figura 23.</b>	Facies S2. Detalle del núcleo EGT-3045, profundidad 5845' pies.....	51
<b>Figura 24.</b>	Facies S3. Detalle del núcleo EGT-3045, profundidad entre 6262' pies.....	52
<b>Figura 25.</b>	Facies SL. Detalle del núcleo EGT-967, profundidad 6206' pies.....	53
<b>Figura 26.</b>	Facies H1. Detalle del núcleo EGT-967, profundidad entre 6374' pies .....	54
<b>Figura 27.</b>	Facies H2. Detalle del núcleo EGT-3045, profundidad 6362' pies .....	55
<b>Figura 28.</b>	Facies H2b. Detalle del núcleo EGT-3045, profundidad 6355' pies .....	56
<b>Figura 29.</b>	Asociación de canal distributivo en el Pozo EGT-3045. ....	61
<b>Figura 30.</b>	Asociación de bahía interdistributaria Pozo EGT-3045.....	63
<b>Figura 31.</b>	Asociación de abanico de rotura entre facies de bahía interdistributaria en el Pozo EGT-967) .....	64
<b>Figura 32.</b>	Fotografías del icnofósil <i>Paleophycus</i> encontrado en el afloramiento, escala moneda de 100 Bolívares .....	66
<b>Figura 33.</b>	Asociación de barras de desembocadura y de prodelta.....	68
<b>Figura 34.</b>	Tendencia batimétrica y contenido de fósiles de los sedimentos desde plataforma hasta zona abisal, (modificado de Boersma en Fuenmayor, 1989).....	68

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

La Formación Misoa forma parte de la secuencia Eoceno de la Cuenca de Maracaibo y comprende los yacimientos de hidrocarburo de mayor prospectividad de toda el área. Regionalmente se encuentra ubicada en gran parte de la cuenca aunque su mayor desarrollo productivo se ha dado hacia lo que se conoce como el campo Costanero Bolívar. La Formación Misoa se encuentra dividida en varias unidades informales que son B5, B6, B7 y B8 por sus características estratigráficas, siendo el objetivo de este estudio la unidad B-6. En la Cuenca de Maracaibo la formación consta de más de 10.000' de depósitos sedimentados en ambientes fluvio-deltaicos, posee características petrofísicas de alta calidad lo que ha permitido su explotación a lo largo de más de 80 años.

En el trabajo que se presenta a continuación, se ha elaborado una caracterización sedimentológica de un afloramiento ubicado en la carretera “El Venado-La Raya” (estado Zulia) y de 3 núcleos correspondientes a los pozos EGT-888, EGT-3045, EGT-967 ubicados en el campo Tía Juana Lago, con el fin de actualizar la información geológica de las arenas B-6 de la Formación Misoa.

Este trabajo Especial de Grado constituye el último requerimiento para optar al título de Ingeniero Geólogo.

## **OBJETIVOS**

### **Generales**

1-. Realizar la caracterización sedimentológica y paleoambiental de las arenas B-6 de la Formación Misoa en un afloramiento de la carretera El Venado-La Raya y en el subsuelo de la Cuenca de Maracaibo.

2-. Establecer una correlación sedimentológica entre el afloramiento y el subsuelo de la unidad informal B-6 de la Formación Misoa.

### **Específicos**

1-. Realizar el levantamiento geológico del área en estudio y construcción de columnas estratigráficas.

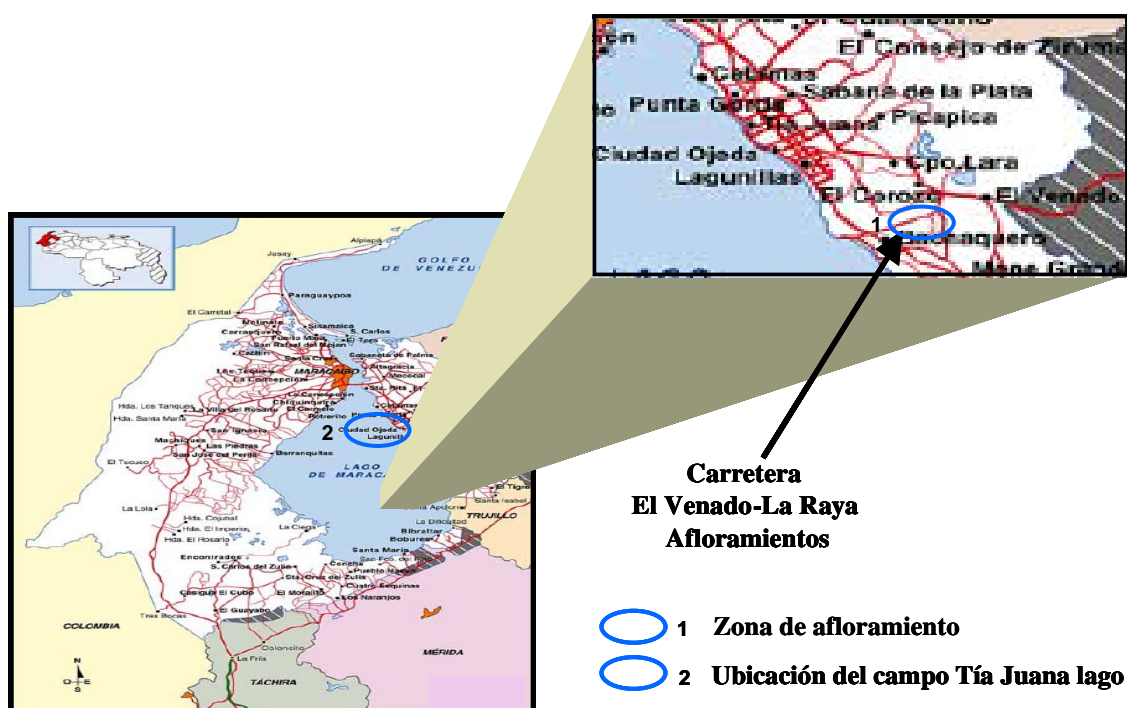
2-. Hacer el análisis petrográfico de las muestras seleccionadas, determinación de la composición mineralógica y características texturales.

3-. Establecer facies y asociaciones de facies para la unidad B-6, con base en la información del afloramiento y en el análisis petrográfico de secciones finas.

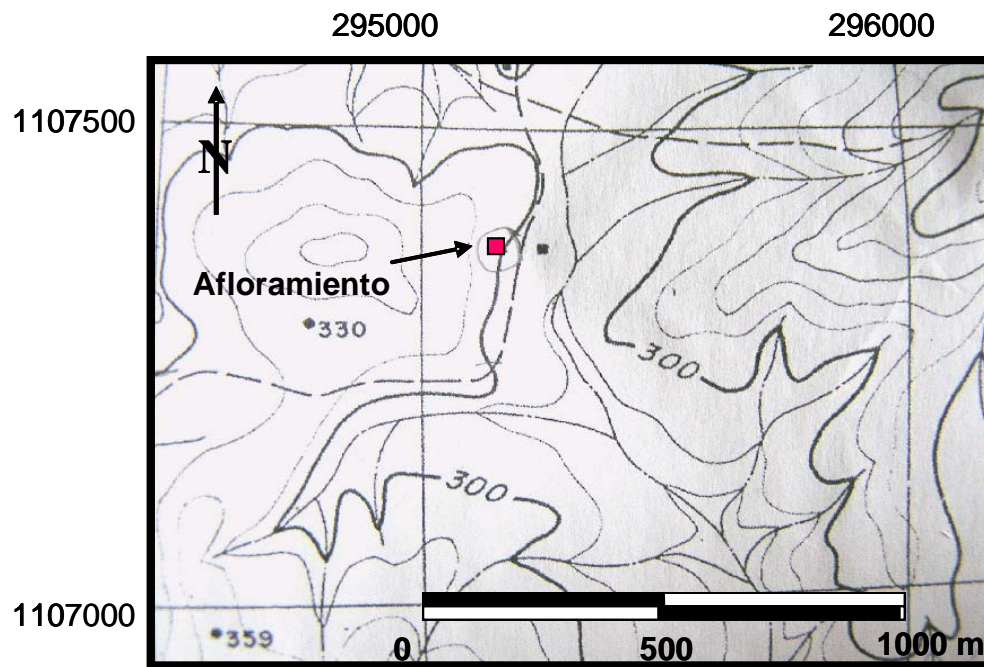
4-. Correlacionar las arenas B-6 de la Formación Misoa presentes en la carretera El Venado-La Raya, con los núcleos y registros eléctricos de los pozos EGT-3045, EGT-967 y EGT-888.

## UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra localizada en la carretera El Venado-La Raya a 9 km de la población del Venado (estado Zulia), en las coordenadas geográficas UTM N-1.107250 E-295.130 de la hoja 6012-III-SE, sector La Esperanza. En esta zona aflora una sección de la unidad informal B6 de la Formación Misoa la cual forma parte de la secuencia Eoceno de la Cuenca de Maracaibo, se ubica regionalmente al este del Lago de Maracaibo, estado Zulia (Fig. 1). La figura 2 muestra el mapa topográfico donde se ubica el afloramiento.



**Figura 1.** Mapa de ubicación del área de estudio modificado de [www.mapasdevenezuela.com](http://www.mapasdevenezuela.com)



**Figura 2.** Mapa topográfico con la ubicación del afloramiento. Coordenadas UTM N 1.107.250 E-295130 de la hoja 6012-III-SE (La Esperanza), escala 1:25.000

## **METODOLOGÍA**

Para efectuar la caracterización sedimentológica de las arenas B-6 de la Formación Misoa, se cumplieron las siguientes actividades a lo largo de cuatro etapas que a continuación se describen:

### **Etapas Preliminar:**

En la etapa preliminar, se recopiló información de los estudios previos referentes a la Cuenca de Maracaibo y documentos existentes de la zona de trabajo, así como también la búsqueda del mapa topográfico correspondiente a la zona de estudio

### **Etapas de Campo:**

En esta etapa se realizó el reconocimiento del área de estudio, para la ubicación y descripción general de la sección estratigráfica en la carretera El Venado-La Raya de la Formación Misoa.

Se efectuó el levantamiento geológico detallado y muestreo en una sección aflorante de la unidad B6, objeto de este estudio.

### **Etapa de Laboratorio:**

En esta etapa se realizó el análisis petrográfico a las muestras recolectadas en afloramiento, así como también se estudiaron los registros eléctricos y núcleos de 3 pozos ubicados en el campo Tía Juana Lago, con el fin de caracterizar sedimentológicamente el intervalo B-6, para luego definir las principales facies y sus asociaciones.

1-. Se realizó el análisis petrográfico convencional (secciones finas) a tres muestras recolectadas a nivel de afloramiento. Este estudio contempló el reconocimiento de los diferentes componentes y su contenido, porcentaje, tipo de porosidad y evidencias diagenéticas. Las muestras fueron clasificadas composicionalmente de acuerdo con el esquema de Pettijohn, *et. al.*, (1972)

2-. Se realizó el estudio y descripción de registros eléctricos de los pozos (EGT-3045, EGT-888 y EGT- 967).

3-.Descripción de los núcleos pertenecientes a los pozos (EGT-3045, EGT-888 y EGT- 967) de la zona de estudio. Se analizaron un total de 668' pies de espesor. El estudio contempla descripción litológica, estructuras sedimentarias, presencia de fósiles y análisis de facies sedimentarias.

4-.Se realizó un estudio micropaleontológico de los foraminíferos, basado en la observación de las asociaciones fósiles con un lupa binocular de luz reflejada (modelo LEICA MZ8). Para tal fin se utilizaron referencias taxonómicas presentadas en publicaciones tales como: Bolli y Saunders (1985), Kennett y Srinivasan (1983), Fuenmayor (1989), Bermúdez (1949).

La interpretación y análisis paleoambiental se realizó en base a modelos de referencia estándar en micropaleontología de Boersma (1974); Ingie (1980) y Murray (1991).

**Etapa de Oficina:**

A partir de los resultados obtenidos en la etapa de campo y laboratorio, se realizó la interpretación paleoambiental de las arenas B-6 y se estableció la correlación de las arenas B-6 entre la sección aflorante en superficie y la sesión de subsuelo presente en el campo de Tía Juana Lago.

Elaboración de las columnas del área de estudio e interpretación geológica de los intervalos estudiados.

Elaboración del informe final del Trabajo Especial de Grado.

## TRABAJOS PREVIOS

La Costa Oriental del Lago de Maracaibo, también llamada “Costa Bolívar”, ha sido estudiada desde mediados del siglo pasado. Muchos autores han publicado trabajos con carácter regional de la Formación Misoa.

HABICTH (1958), pionero en la historia de exploración de Zulia Oriental, trabajó para Shell de Venezuela a mediados de siglo XX y publicó el primer tratado geológico de la Costa Bolívar, haciendo énfasis en correlaciones estructurales sobre el Alto de Pueblo Viejo; realizó un estudio sedimentológico en las zonas periféricas a los campos, estudiando afloramientos y revisando aspectos mineralógicos; definió, junto con BAGGELAR (1944) la estratigrafía del área definiendo las formaciones Pueblo Viejo y Zamuro, dentro del Eoceno Medio. Dividieron la Formación Paují en tres niveles: superior, medio e inferior, basado en correlaciones de foraminíferos. También definieron la Provincia de las Facies de Mene Grande, en base a una asociación de minerales pesados. Participó en el estudio local de todos los pozos exploratorios, durante la campaña de los años 40 y 50, publicando numerosas notas técnicas de los mismos.

GONZALEZ DE JUANA *et. al.* (1980) describieron la Formación Misoa e identificaron los ambientes de sedimentación dentro de un complejo fluvio deltaico donde se reconocen llanuras de mareas, llanuras deltaicas, canales distributarios y espolones aluviales.

VAN VEEN (1971) describe tres tipos de areniscas: 1) areniscas de espolón aluvial, caracterizadas por tener un contacto inferior de naturaleza erosional bien definido; 2) areniscas de canal distributivo, caracterizadas por una alternancia rápida de capas con

estratificación cruzada; 3) areniscas de barreras litorales, identificables por un contacto basal gradacional.

LUGO y MANN (1995) en su trabajo de evolución tectónica de la Cuenca de Maracaibo para el intervalo Jurasico-Eoceno, proponen una interpretación contrastante a trabajos anteriores, mencionan que la mayor parte de la sección deltaica Paleoceno-Eoceno fue derivada de la erosión de los altos emergentes ubicados al nordeste de lo que hoy en día es el área del Lago de Maracaibo y depositadas en una cuenca foreland asimétrica formada por el sobrecojamiento hacia el sur y Sureste de la Placa del Caribe, todo ello dentro del margen pasivo suramericano; la Formación Misoa se deposita en el Eoceno Medio en un inmenso sistema fluvio deltaico, su mayor depocentro ocurre en una faja elongada a lo largo del límite nordeste del Lago de Maracaibo. En la parte norte-Noroeste la Formación Misoa descansa sobre los depósitos de la Formación Trujillo y es sub-yacente a la Formación Paují. Hacia el oeste del lago, la Formación Misoa suprayace a las rocas carbonáticas de la Formación Guasare, finalmente al este, la Formación Misoa es subyacente a la Formación la Rosa de edad Mioceno. Estos autores soportan su interpretación con mapas isópacos representativos del Cenozoico Temprano, evidencias de subsidencia observadas en pozos del área e información de dirección de paleocorrientes tomadas de estudios geológicos.

CARDOZO (1996) estudió la proveniencia de las arenas de la Formación Misoa en varios campos dentro de la Costa Oriental del Lago, describiendo a su vez características diagenéticas.

FLORES *et. al.* (1996) estudio características petrográficas y diagenéticas en la parte inferior de la Formación Misoa, dentro del campo Bachaquero, costafuera, encontrando que el principal efecto controlador de la calidad de reservorio es el

sobrecrecimiento de cuarzo en continuidad óptica y la compactación mecánica. El primer efecto reduce la porosidad un 23% y el segundo aproximadamente 15%.

ROMERO (1996) determinaron la procedencia de las rocas de la Formación Misoa en el campo Bachaquero Tierra y áreas circunvecinas. Basándose en diagramas ternarios de procedencia, minerales pesados y tipos de fragmentos líticos identificados a partir de análisis modales y estadísticos, determinaron que la procedencia de las rocas clásticas de la Formación Misoa está ampliamente relacionada con los cambios tectónicos que generaron la cuenca durante el Eoceno.

PÉREZ *et. al.* (1998) describieron con calidad de reservorio una sección perteneciente a la parte superior de la Formación Misoa, al sur del Campo Bachaquero Tierra, encontrando que las porosidades de la roca oscilan entre 4% y 8%. También mencionan que el principal efecto reductor de la misma es el sobrecrecimiento del cuarzo y la precipitación de la caolinita. En el mismo trabajo estiman, por debajo de los 10.000', porosidades cercanas a 0%.

SANCHEZ (1999) realizó la interpretación estructural y estratigráfica del área 2 bloque VII Sur, Campo Ceuta, Lago de Maracaibo.

ROJAS (2002) determinó los factores diagenéticos que controlan la distribución actual de la porosidad en el miembro informal B-6-X de la Formación Misoa en el área de Cabimas-Punta Benítez.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Ilustre Universidad Central de Venezuela por haberme brindado la oportunidad de formarme como profesional y ser humano.

A la Escuela de Geología, Minas y Geofísica por darme las herramientas necesarias y desarrollarme como un ser pensante, para desempeñarme como un profesional dentro de las ciencias geológicas.

A mi tutora, la profesora Olga Rey por su ayuda, constancia, paciencia y dedicación en todo el transcurso de la elaboración de mi Trabajo Especial de Grado.

A el Ingeniero Geólogo Ismael Delgado por asesorarme en la elaboración de mi trabajo especial de grado.

A mi esposo el Ingeniero Geólogo Erick Calderón por haberme ayudado y apoyado en todo la elaboración de mi trabajo, tanto académicamente como moralmente. Sin su ayuda no lo hubiera podido lograr.

A mi amiga la Ingeniero Geólogo Alicia Pérez, por la ayuda prestada en el estudio de micropaleontología en las limolitas del afloramiento y estar conmigo en el transcurso de mi carrera estudiantil junto con mi amiga Yarima Parra.

A la nucleoteca de PDVSA la Concepción, Edo. Zulia, por permitirme el acceso a los núcleos y elaborarme las secciones finas.

Al Ingeniero Geólogo Enrique Puche por proponerme la idea del tema de mi Trabajo Especial de Grado.

A los compañeros y profesores que me acompañaron en el transcurso de mi vida estudiantil.

Al postgrado de derecho por abrirme sus puertas y permitirme trabajar como pasante y aprender a desenvolverme dentro del mundo laboral, en especial a Yaneth Arias y Betty Tineo.

## **CAPÍTULO II**

### **GEOLOGÍA REGIONAL**

#### **EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE LA CUENCA DE MARACAIBO**

La Cuenca de Maracaibo está ubicada al noroeste de Venezuela, está limitada al sureste por el piedemonte Andino, al noreste por la zona occidental de la Sierra de Trujillo y al noroeste por la Sierra de Perijá, posee una extensión de aproximada de 50.000 km<sup>2</sup>, con una cobertura sedimentaria de 10 km de espesor, la cual está compuesta por rocas que van desde el Cretácico hasta el reciente y descansa sobre un basamento metasedimentario (GONZÁLEZ DE JUANA *et. al.*, 1980)

De acuerdo con PARNAUD *et. al.* (1995), la evolución geológica del occidente de Venezuela está compuesta por 6 supersecuencias limitadas por discordancias, ellas evidencian la dinámica evolución de las cuencas en el Mesozoico-Cenozoico los cuales se describen a continuación:

La supersecuencia A fue depositada durante un episodio de apertura de corteza del Jurásico. En Venezuela, la ruptura o "rifting" de la Pangea produjo varios eventos tectónicos importantes que posteriormente influyeron en la evolución de las cuencas sedimentarias. En el occidente de Venezuela, la apertura del Proto-Caribe indujo el desarrollo de valles de extensión o grábenes (Andes, Perijá y el Lago de Maracaibo). Todos estos "grábenes" fueron rellenados en el Jurásico por sedimentos volcánicos de diversa índole, calizas de invasiones marinas y sedimentos continentales tipo capas rojas evidenciadas en la Formación La Quinta (YORIS *et. al.*, 1996).

El comienzo de la sedimentación en la Cuenca del Lago de Maracaibo se caracteriza por una transgresión marina de considerable extensión territorial (GONZÁLEZ DE JUANA *et. al.*, 1980).

El basamento de la Cuenca de Maracaibo está representado por rocas de edad Paleozoico, principalmente constituido por dos unidades: a) rocas metasedimentarias de edad Paleozoico conformadas por la asociación Mucuchachí y la Formación Sabaneta las cuales se encuentran a lo largo del Arco de Mérida y b) por los clásticos rojos de la Formación La Quinta que se encuentra rellenando el sistema de "grábenes" jurásicos los cuales poseen una orientación N-NE (LUGO 1991)

La supersecuencia B (Cretácico), corresponde al margen pasivo subsiguiente, fue controlada en su inicio por el sistema de fallas de los "grábenes" jurásicos, como se puede evidenciar en los clásticos arenosos de la Formación Río Negro, a continuación la subsidencia se estabiliza y el Grupo Cogollo se deposita en un extenso mar epicontinental transgresivo (YORIS *et. al.*, 1996)

El Grupo Cogollo está compuesto según GONZÁLEZ DE JUANA *et. al.*, op. cit.), por calizas bioclásticas de la Formación Apón, calizas bioclásticas glauconíticas de la Formación Lisure y calizas arenosas de la Formación Maraca.

Durante el Cenomaniense-Santoniense se depositó la máxima cobertura marina formándose los ambientes euxínicos pertenecientes a la Formación La Luna y los ambientes oxigenados de la Formación Capacho.

GALLANGO *et. al.* (1984 en LUGO 1991) mencionan que la Formación La Luna está conformada, por calizas pelágicas negras, carbonáceas a bituminosas, lutitas negras con concreciones de caliza y una asociación faunal rica en amonites y foraminíferos.

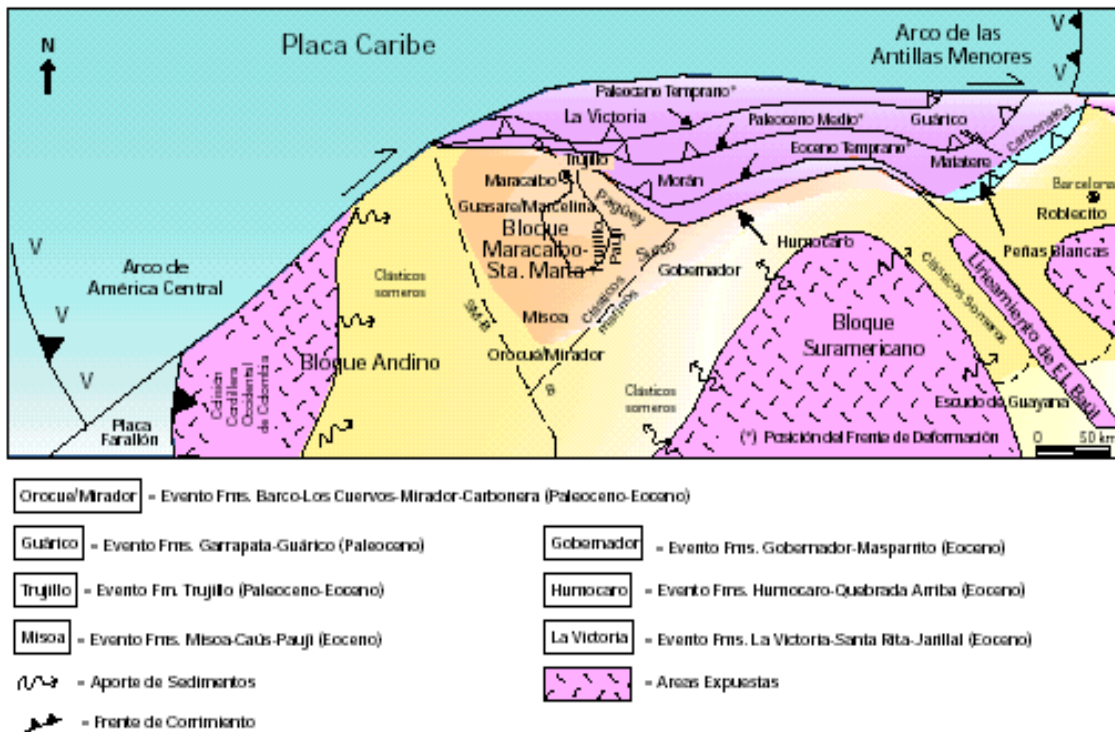
Su espesor promedio varía de 100 a 120 m y debido a la amplia distribución de su materia orgánica es una de las rocas generadoras más importantes del mundo.

Después de alcanzar la máxima transgresión característica de la Formación La Luna, comienza un ciclo regresivo el cual conserva el ambiente marino y está evidenciado por las capas glauconíticas y fosfáticas del Miembro Tres Esquinas de la Formación La Luna, luego se depositaron las lutitas de la Formación Colón la cual cambia transicionalmente a la Formación Mito Juan.

Por último en el Cretácico se depositó la Formación Mito Juan de edad Maastrichtiense, ésta se caracteriza por arcillas grises, gris verdosas y negras, localmente arenosas, en las cuales el contenido de limo y arena aumenta en sentido ascendente, representa una unidad regresiva respecto a los ambientes más profundos de la roca madre (L.E.V, 2000).

La supersecuencia C marca la transición a un régimen compresivo en el Cretácico Tardío y Paleoceno Temprano. La compresión es el resultado de la colisión y obducción del arco volcánico pacífico al oeste con la placa Suramericana (PARNAUD *et. al.*, 1995).

La Cuenca de Maracaibo sufrió finalmente el efecto de la colisión entre la Placa de Nazca y el occidente colombiano, existen evidencias de que la sedimentación de las formaciones Guasare y Marcelina, estuvieron controladas por los frentes de deformación de la citada colisión (Figura 3), generándose sucesivos depocentros de edades cada vez más jóvenes hacia el este de lo que hoy en día es la Sierra de Perijá (YORIS *et. al.*, 1996).



**Figura 3.** Migración del frente de deformación del Caribe hacia el este-Suroeste en Venezuela Occidental y sedimentación epi/perisutural asociada durante Paleoceno-Eoceno. Modificado de WEC (1997)

La Formación Guasare está representada por depósitos de calizas intercaladas con areniscas y lutitas localmente glauconíticas o carbonáticas, en contacto concordante y transicional sobre la Formación Mito Juan (L.E.V, 2000).

El emplazamiento de las napas de Lara comienza al norte de la Cuenca de Maracaibo a finales del Paleoceno. Estas napas gradualmente se solaparon hacia el este formando una nueva cuenca “foreland”, la cual se pone de manifiesto en la supersecuencia D (PARNAUD *et. al.*, 1995).

La supersecuencia D pone de manifiesto el desarrollo de la cuenca antepaís del Paleoceno Tardío-Eoceno Medio, al frente del arco volcánico pacífico y el emplazamiento de las napas de Lara.

El periodo Paleoceno-Eoceno Temprano es regresivo y las facies marinas migran hacia el N-NE, hacia donde avanzan las facies deltaicas.

La mayor parte de la sección deltaica Paleoceno - Eoceno fue derivada de la erosión de altos emergentes ubicados al noreste de lo que hoy en día es el área del Lago de Maracaibo y depositadas en una cuenca “foreland” asimétrica formada por el sobrecoarimiento hacia el sur y sureste de la Placa del Caribe dentro del margen pasivo suramericano (LUGO y MANN 1995).

Durante el Eoceno Temprano continúa la regresión del ciclo Terciario inferior y la Cuenca de Maracaibo queda distribuida en tres provincias: una provincia fluvial conformada por los sedimentos de la Formación Mirador, otra provincia fluvio-deltaica compuesta por la Formación Misoa en el Lago de Maracaibo y una provincia de surco en donde se sedimentó la Formación Trujillo en su parte inferior. Los depósitos del Eoceno Medio están representados por el sistema fluvio-deltaico de la Formación Misoa, en el sector oriental de la cuenca (estado. Trujillo), (AUDERMARD, 1991)

La Formación Mirador está representada por areniscas de colores claros, limpias y macizas, de edad Eoceno Temprano. No se conocen fósiles marinos sólo carbones, restos de plantas y escaso polen. Se considera el equivalente lateral de la Formación Misoa hacia el área de Perijá (L.E.V, 2000).

Las supersecuencias E y F se atribuyen a las modificaciones de la cuenca de antepaís debidas a la colisión Eoceno Tardío-Pleistoceno del arco de Panamá. El levantamiento

de la Serranía de Perijá, del Macizo de Santander y de los Andes de Mérida dividieron la cuenca antepaís generando así las actuales cuencas de Maracaibo y Barinas-Apure (PARNAUD *et. al.*, 1995)

En el Oligoceno se deposita la Formación Icotea en las depresiones de la discordancia del Eoceno, sus espesores son sumamente variables a través de la Cuenca de Maracaibo. La formación consiste en limolitas y arcilitas duras, macizas blancas a gris claro, ocasionalmente carbonáceas y moteadas de verde claro, amarillo y marrón rojizo (L.E.V, 2000).

La sedimentación del Mioceno en la Cuenca del Lago de Maracaibo se caracteriza por una transgresión marina de considerable extensión territorial, pero de poca duración la cual ocasionó la depositación de la Formación La Rosa formada esencialmente por lutitas verdosas, fosilíferas, intercaladas con areniscas (GONZÁLEZ DE JUANA *et. al.*, 1980).

Posteriormente ocurre el levantamiento de los Andes que genera la sedimentación de importantes espesores de molasas como lo es la Formación La Puerta. Hacia el centro y oeste del Lago de Maracaibo, unidades como las formaciones La Rosa y Lagunillas anteceden a los ambientes dístales de las molasas andina y perijanera.

La Formación Lagunillas de edad Mioceno Medio, se compone de una intercalación de lutitas, arcillitas, arenas, areniscas mal consolidadas y algunos lignitos. SUTTON (1946) considera que la formación es resultado de una sedimentación en ambientes con cambios rápidos de aguas dulces a marinas y de nuevo a aguas dulces, tiene un espesor aproximado de 100 a 150 m.

La Formación Isnotú consiste en capas de lutitas con intercalaciones de areniscas y capas subordinadas de arcillita laminar, carbón y conglomerado. GONZÁLEZ DE

JUANA *et. al.*, (1980), creen que esta formación es el resultado de la sedimentación de abanicos aluviales y ríos entrelazados durante el Mioceno Tardío.

En el Plioceno se depositó la Formación La Puerta constituida básicamente en arcilitas, limolitas y areniscas macizas (SUTTON, 1946). La unidad contiene intercalaciones marinas de menor espesor y no contiene lignitos. YOUNG (1960) la subdividió en tres miembros que denominó Poro, Playa y Timoteo, en secuencia ascendente.

Por último representando las unidades estratigráficas en el subsuelo del Lago de Maracaibo se tiene la Formación Onia de edad Mioceno- Pleistoceno, la cual está compuesta por areniscas, arcilitas y limolitas (GONZÁLEZ DE JUANA *et. al.*, op. cit.), que descansa discordantemente sobre la Formación La Puerta; en cuanto al ambiente de depositación sólo se conoce que es de origen marino, representando los sedimentos marinos más jóvenes en la Cuenca de Maracaibo (L.E.V, 2000).

En la figura 4 se presenta a continuación la columna estratigráfica del Lago de Maracaibo.



## **ESTRUCTURA Y TECTÓNICA DE LA CUENCA DE MARACAIBO**

### **Triásico-Jurásico**

Se produce la rotura de la Pangea, en Venezuela se evidencia como un “rift” con centro noroeste en la Cuenca de Maracaibo y se manifiesta como "horsts", grábenes y semigrábenes de orientación NE.

OSTOS (1990) plantea que los depósitos de la Formación La Quinta están constituidos por cláston gruesos continentales, limolitas y arcilitas de color rojo, como consecuencia de la separación entre la placa de Suramérica y los bloques de Chortis, Oaxaca y Yucatán.

### **Cretácico**

LUGO (1991) plantea que la Cuenca de Maracaibo evidencia una subsidencia termal desde el Jurásico hasta el Aptiense cuando culmina la sedimentación de la Formación Río Negro.

Posiblemente la Formación Río Negro fue afectada por fallamiento normal, como resultado de la compactación diferencial de los horizontes jurásicos (ROURE *et. al.*, 1997).

OSTOS (1990) menciona que durante el Santoniense-Campaniense el arco de islas del Caribe colisionó contra el bloque de Sebastopol afectando a la esquina Noroeste de Suramérica provocando así el comienzo del periodo regresivo en la Cuenca de Maracaibo.

A finales del Cretácico ocurre una orogénesis que se manifiesta con poca intensidad en la Cuenca de Maracaibo, donde no se conocen efectos termales. Parte de las regiones de los Andes y Perijá se convirtieron en áreas positivas (L.E.V, 2000).

### **Paleoceno-Eoceno**

OSTOS (1990) menciona que la colisión del arco de las Bahamas produjo el desplazamiento de la placa del Caribe hacia el este, lo que causó una rotación en sentido horario del terreno transpresional al norte de Venezuela.

Durante el Eoceno Temprano y Medio ocurre un ligero levantamiento epirogénico y un probable crecimiento de las fallas de finales del Cretácico, luego en el Eoceno Tardío se producen pulsamientos orogénicos generalizados en la Cuenca de Maracaibo; período de fallamiento importante, particularmente en los alineamientos longitudinales del lago.

### **Mioceno-Plioceno**

LUGO (1991) menciona que en el Mioceno Medio, después de un período de quietud, la transpresión se incrementa hacia el norte, a lo largo de la Falla de Icotea y Pueblo Viejo.

A finales del Mioceno se produjo el levantamiento definitivo de la Cordillera de los Andes como consecuencia de la subducción Caribe-Nazca. No hay indicios de compresión en el centro-norte de la cuenca por efecto de este levantamiento.

## **ESTRATIGRAFÍA REGIONAL**

A continuación se resaltan los aspectos más importantes de la unidad litoestratigráfica, correspondiente a la zona de estudio del trabajo especial de grado, presente en el área del Lago de Maracaibo, tomadas del GONZÁLEZ DE JUANA *et. al.* (1980), Léxico Estratigráfico de Venezuela (2000) y LUGO (1991):

### **Formación Misoa**

Fue descrita originalmente por GARNER (1926 en L.E.V, 2000), ya que las areniscas de esta formación constituyen los yacimientos de petróleo más importantes de la Cuenca de Maracaibo.

La Formación Misoa está caracterizada como una sección de areniscas de grano fino a conglomerático de color gris claro con intercalaciones de lutitas laminadas micáceas y carbonáceas. En la región descrita por BRONDIJK (1967), se mencionó un espesor compuesto de 5.000 m y sugirió una probable variación de 3.500 a 5.500 m.

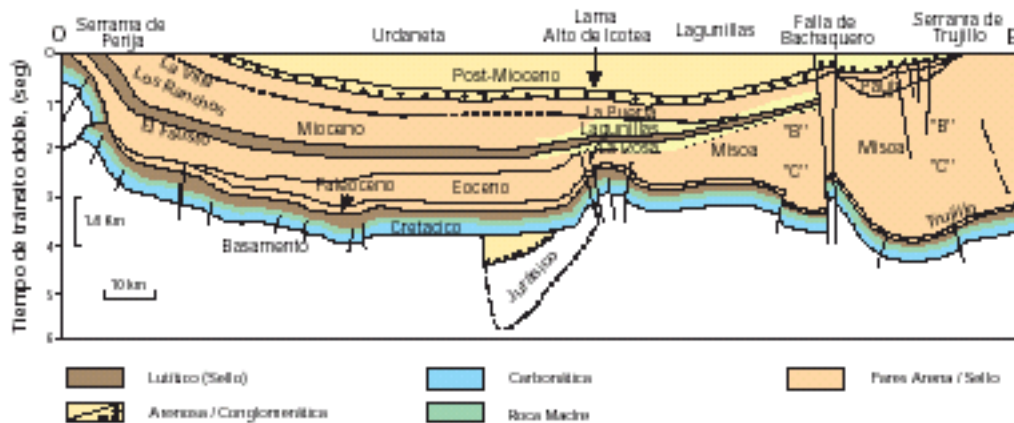
VAN VEEN (1971, en GONZÁLEZ DE JUANA *et. al.*, op. cit.) describe tres tipos de areniscas en secciones de la Formación Misoa en el subsuelo del Lago de Maracaibo:

1-. Areniscas de Espolón aluvial caracterizadas por tener un contacto erosional definido, por la presencia de fragmentos redondeados o irregulares de lutita en la base de las areniscas.

2-. Areniscas de canal distributivo caracterizadas por una alternancia rápida de capas con estratificación cruzada, con intercalaciones de lutitas que frecuentemente presentan bioturbaciones.

3-. Areniscas de barreras litorales identificadas por un contacto basal gradacional.

Las características de los sedimentos de la Formación Misoa, dependen de su posición en la cuenca, del ambiente de sedimentación, de la distancia entre ellos y de la fuente de los mismos (Fig 5). Hacia el Noreste hay más lutitas y areniscas de grano fino, mientras que hacia el sur y Sureste, el porcentaje de arena aumenta de 80 a 90% (L.E.V. 2000)



**Figura 5.** Sección O-E de la Cuenca de Maracaibo. Tomado de la WEC (1997)

VAN VEEN (1972 en LUGO 1991) menciona la presencia de una variedad de facies características de un complejo deltaico, incluyendo de base a tope, cuerpos de arenisca de canales distributarios dentro de una llanura deltaica; areniscas de grano fino granocreciente hacia el tope, que probablemente representan las capas arenosas de un margen deltaico, depositadas en la bahía interdistributaria durante un episodio de caída del nivel del mar, y una repetición cíclica de lutitas marinas (facies de prodelta) que gradan hacia el tope abruptamente dentro de las facies arenosas del frente deltaico.

En el subsuelo del Lago de Maracaibo muchos autores han dividido a la Formación Misoa. El esquema más aceptado es el de arenas "B" (B1 a B9) y arenas "C" (C1 a C7), basado en las características de los registros eléctricos de los pozos. NATERA (1961) publicó la primera descripción formal de las arenas "B". Las arenas "C" fueron consideradas originalmente como equivalentes a la Formación Trujillo, pero BRONDIJK (1967) las incluyeron definitivamente dentro de la Formación Misoa.

En general, las lutitas y las areniscas carecen de fósiles, con excepción de escasos foraminíferos de poco interés estratigráfico.

SUTTON (1946) mencionó los moluscos *Architectónica sullana*, *Cardium* cf. *restinensis*, *Ectinochilus gaudchaudi alauda*. MILLER y COLLINSON (1951 en L.E.V), describieron *Hercoglossa maracaibensis* n. sp. en afloramientos de la Formación Misoa (Las Flores) cerca de Maracaibo, y mencionaron una fauna asociada de abundantes moluscos, equinoideos, crustáceos, decápodos, etc. De mayor significado cronológico son los macroforaminíferos de las calizas intercaladas, descritos por VAN RAADSHOOVEN (1951 en L.E.V).

VAN RAADSHOOVEN (1951 en L.E.V) determinó la edad de la formación como Eoceno Medio. KUYL *et. al.*, (1956 en L.E.V) señalaron una edad Eoceno Temprano para la Formación Misoa. VAN VEEN (1972 en L.E.V) basado en evidencias paleontológicas y palinológicas, determinó una edad Eoceno Temprano a Medio.

Las areniscas de la Formación Misoa constituyen los yacimientos más importantes de petróleo en la Cuenca de Maracaibo, conteniendo el 70% de las reservas, de las cuales buena parte están entrampadas contra la discordancia post Eoceno. La unidad más petrolífera de la formación es la Arena B-6 (L.E.V, 2000).

### **CAPÍTULO III**

## **GEOLOGÍA LOCAL**

#### **Generalidades**

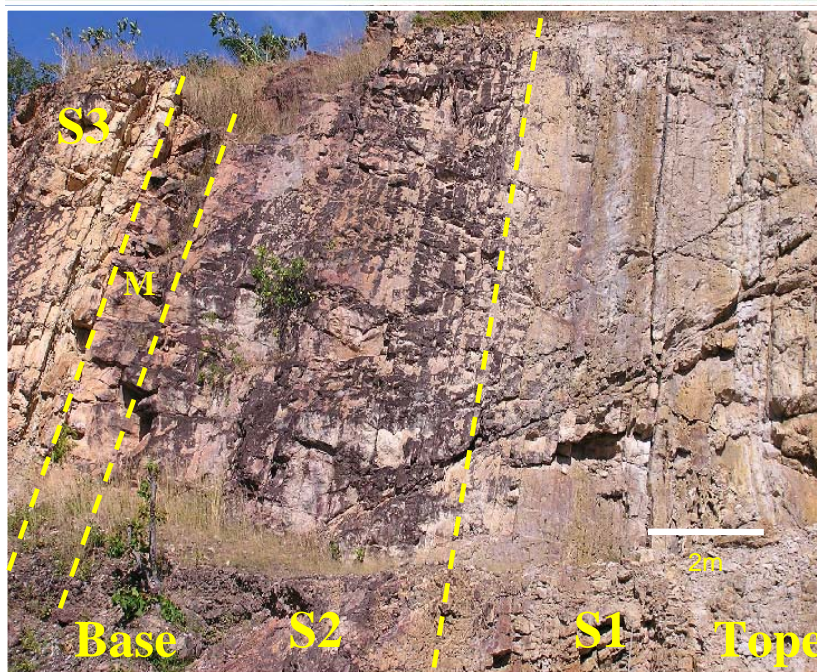
La geología local del área de estudio fue revisada en detalle, siguiendo diferentes métodos de investigación e interpretación basados en estudios de campo, secciones finas; análisis y estudio de núcleos correspondientes a 3 pozos del campo Tía Juana Lago, cuyos intervalos extraídos, pertenecen a la secuencia de la arena B-6 de la Formación Misoa. Finalmente, se hizo la descripción de registros eléctricos del subsuelo pertenecientes a los mismos pozos en donde se estudiaron los núcleos.

#### **FORMACIÓN MISOA EN LA SECCIÓN EL VENADO-LA RAYA**

A lo largo de la carretera El Venado-La Raya, afloran varios intervalos de la secuencia Eoceno y Mioceno, de acuerdo a estudios previos afloran las arenas B y C de la Formación Misoa (Sociedad Venezolana de geológico 2005) y en esta sección ha sido descrita como una secuencia caracterizada por lutitas marinas grises hacia la base y potentes paquetes de areniscas de colores claros hacia el tope.

La sección estudiada correspondientes al intervalo B-6 presenta un espesor de 42 m, litológicamente está caracterizada por la presencia de arenas estratificadas de grano fino a grueso, los espesores individuales varían entre 5 y 19. En la sección media se observa un intervalo de limolitas de 6,5 m de espesor (Fig. 6).

Se reconocieron 4 facies identificadas con las siglas M, S3, S2 y S1 en donde “M” y “S” provienen de los términos inglés "mudstone" y "sandstone" respectivamente, los números 1, 2 y 3 corresponden al tamaño de grano donde 1 es más grueso que 2 y 3 respectivamente.



**Figura 6.** Fotografía del afloramiento de la unidad B-6 de la Formación Misoa en la carretera El Venado- La Raya.

Utilizando el análisis petrográfico convencional, se estudiaron un total de 3 muestras recolectadas en campo, obteniéndose de esta forma, datos cualitativos y cuantitativos de la granulometría, mineralogía y otros aspectos petrográficos que ayudaron a caracterizar la secuencia. Para la clasificación de las areniscas, se empleó el esquema de Pettijhon, Potter y Siever (1972).

A continuación se describen cada una de las facies identificadas

Facies M:

Esta facies es caracterizada a nivel de muestra de mano por limolitas micáceas de colores frescos que varían de gris oscuro a pardo y meteorizan a ocre, se observan abundantes láminas de arena lo que les da una apariencia laminada distintiva. Presentan concreciones de arcilla y ferrolita arcillosa con dimensiones de 10\*8\*4 cm. Esta facies se observa principalmente en el intervalo medio de la secuencia presentando un espesor de 6,5 m (Fig.7).



**Figura 7.** Facies M caracterizada por limolitas en la sección El Venado–La Raya.

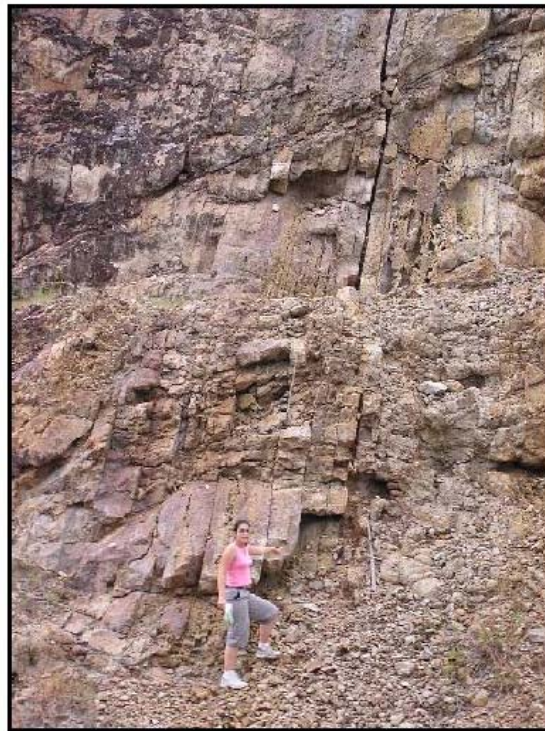
A nivel del residuo lavado se observaron trazas de carbón.

La microfauna observada en la facies M esta representada por un escaso número de especies de foraminíferos aglutinados tales como: *Ammobaculites* sp., *Textularia* cf. *renzi*, *Trochammina* sp. No se observaron foraminíferos planctónicos, por lo que no se puede definir edad por esta disciplina para el intervalo en estudio.

Con base en la distribución paleobatimétrica de las especies reconocidas, así como la abundancia de ejemplares del género *Ammobaculites* en la asociación fósil, se puede interpretar un paleoambiente de sedimentación transicional (0-15 m de profundidad), no más profundo que nerítico interno, para la sección estudiada.

### Facies S1

Esta facies está caracterizada a nivel de muestra de mano por areniscas de grano grueso estratificada en la que se aprecian pequeñas manchas de oxidación y clastos de arcilla (Fig. 8). El color fresco es gris oscuro y meteoriza a ocre. De forma esporádica se observa restos de materia orgánica (carbón) y presencia de trazas de hidrocarburo. Se encontraron huellas de *Planophycus* de las icnofacies *Skolithos*. Esta facies se observa hacia el tope de la secuencia y presentan espesores individuales que varían entre 0.6 y 4,3 m de un total de 12 m.



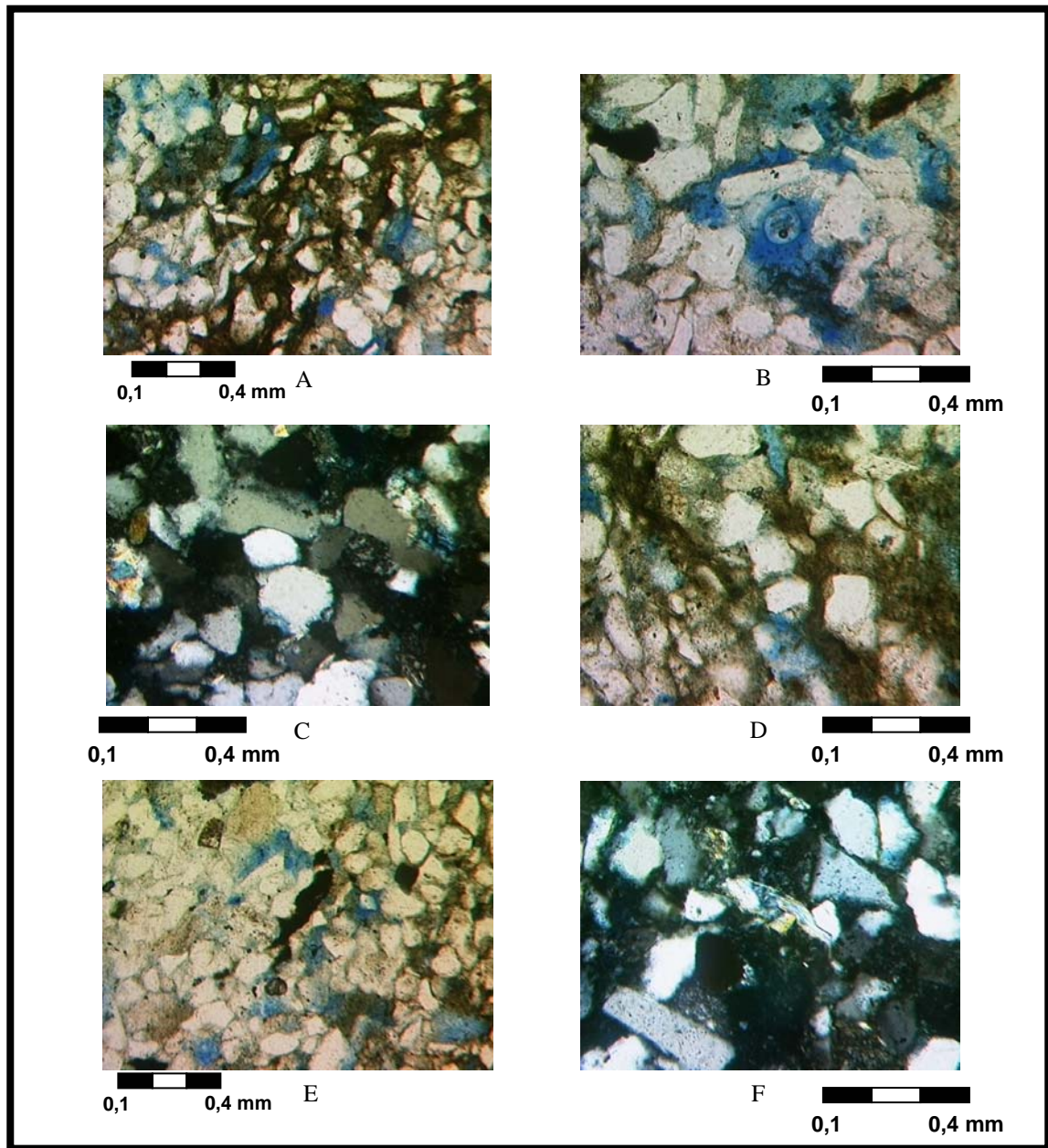
**Figura 8.** Facies S1 intervalo B-6 de la Formación Misoa en la sección El Venado–La Raya.

A nivel petrográfico se analizó una muestra perteneciente a la facies S1, se observa un escogimiento moderado a bueno, con granos subredondeados a subangulares, el tamaño de grano varía entre 0,16 mm y 0,26 mm, con un tamaño promedio de 0,2 mm. La muestra presenta compactación media y deformación de granos dúctiles (moscovita) ver figura 9B.

Composicionalmente está representada principalmente por clastos de cuarzo (60%) del tipo monocristalino ígneo (30%), monocristalino metamórfico (25%) y policristalino ígneo (5%), feldespato (ortosa) (2%), fragmento de roca (chert) (15%) y minerales accesorios (1%).

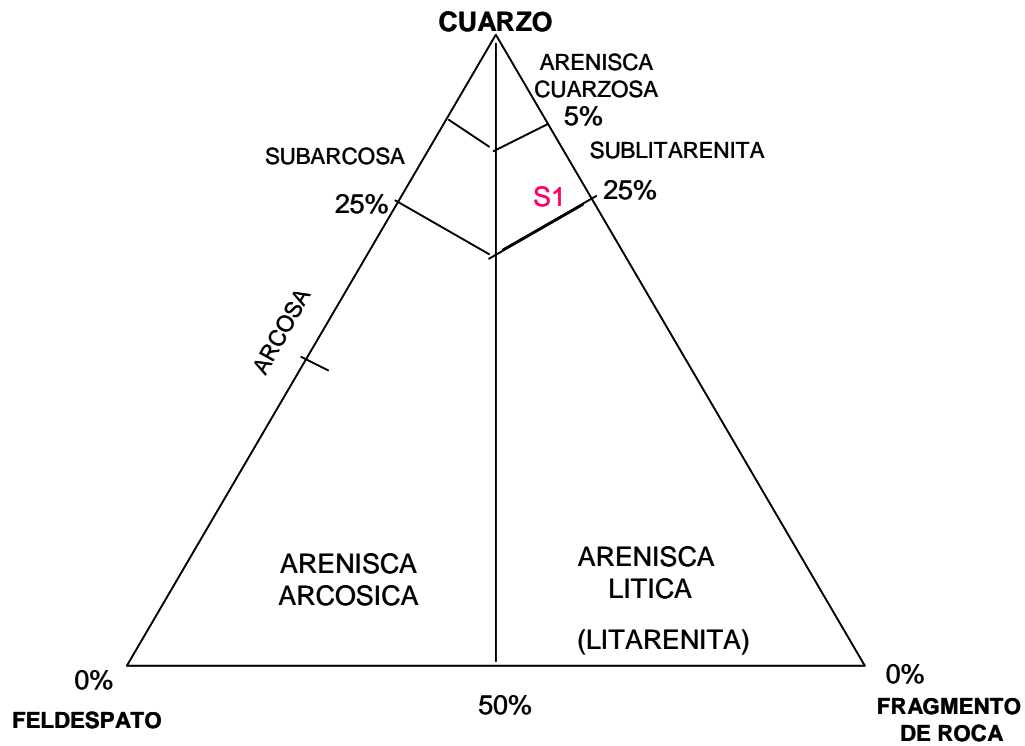
El material cementante es principalmente cuarzo (8%), se observa relleno de poros y por sobrecrecimiento de granos pre-existentes, también se aprecia óxidos de hierro como cemento (1%) (Fig. 9F). Se observa una porosidad total del 9% clasificada de la siguiente manera: interpartícula (7%) (Fig. 9A) e intrapartícula 2%. La matriz está conformada por minerales de arcilla y se aprecia en un 8% (Fig. 9C).

Los contactos entre los granos son principalmente de tipo longitudinal (50%) en su mayoría, en menor proporción se observan cóncavo-convexo (22%), grano-cemento (15%) y grano-matriz (2%) (Fig. 9 D y E).



**Figura 9.** Microfotografías de la facies S1  
A: Porosidad Interpartícula (nícoles paralelos, 10X)  
B: Deformación dúctil de moscovita (nícoles cruzados, 10X)  
C: Matriz conformada por minerales de arcilla (nícoles cruzados ,5X)  
D: Tipos de contactos longitudinal, cóncavo-convexo (nícoles cruzados ,10X)  
E: Tipos de contacto grano - matriz (nícoles paralelos , 10X)  
F: Cemento de óxido de hierro (nícoles paralelos , 5X)

De acuerdo con Pettijohn, Potter y Siever, (1971) se clasifica como sublitarenita (Fig. 10).



**Figura 10.** Triángulo de clasificación de areniscas terrígenas para la sección S1. Modificado de Pettijohn, Potter y Siever *et. al.*, (1972)

Facies S2:

Esta facies está caracterizada a nivel de muestra de mano por la presencia de areniscas estratificadas de grano medio (Fig. 11), son comunes los nódulos de óxido de hierro con dimensiones de 10\*8\*6 cm. El color fresco de la roca es gris claro y meteoriza de colores rosados a marrón. Las capas individuales tienen un aspecto masivo y presentan espesores individuales que van de 2 a 5 metros, el espesor total del intervalo es de 10 m. La facies S2 se observo en la sección media de la secuencia.

0,1      0,4 mm



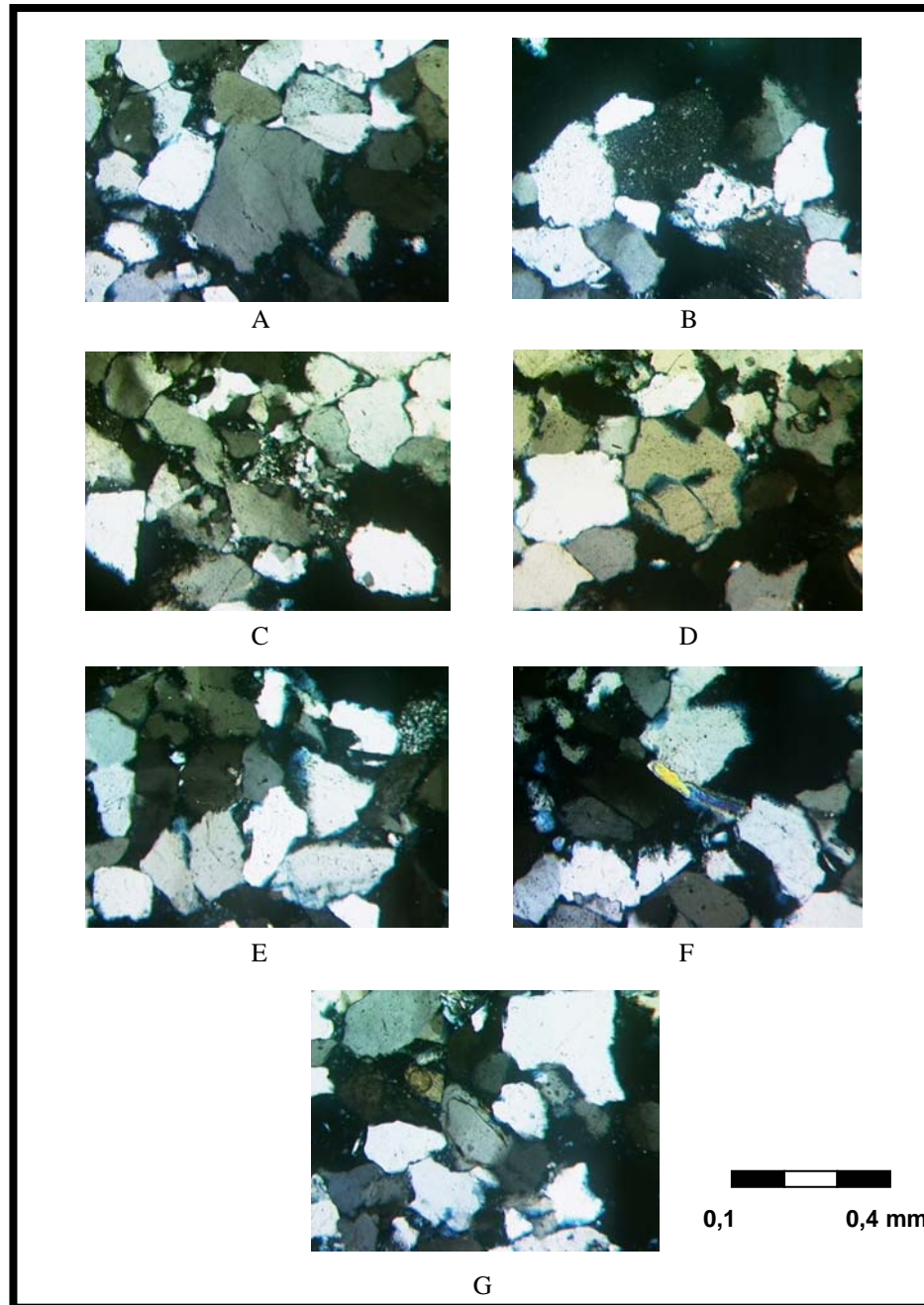
**Figura 11.** Facies S2 intervalo B-6 de la Formación Misoa en la sección El Venado–La Raya

Petrográficamente, la facies S2, presenta granos subangulares moderadamente escogidos. El tamaño varía de 0,1 a 0,2 mm y el promedio es de 0,15 mm. En la muestra se aprecia una deformación de granos dúctiles (moscovita) y una compactación media a alta.

Composicionalmente está representada principalmente de cuarzo (60%) del tipo monocristalino metamórfico (35%) (Fig. 12), monocristalino ígneo (25%), policristalino metamórfico (10%) y policristalino ígneo (5%), feldespatos (ortosa) (1%), fragmentos de roca (chert) (3%) (Fig. 12B) y muscovita como mineral accesorio (1%) (Fig. 12E).

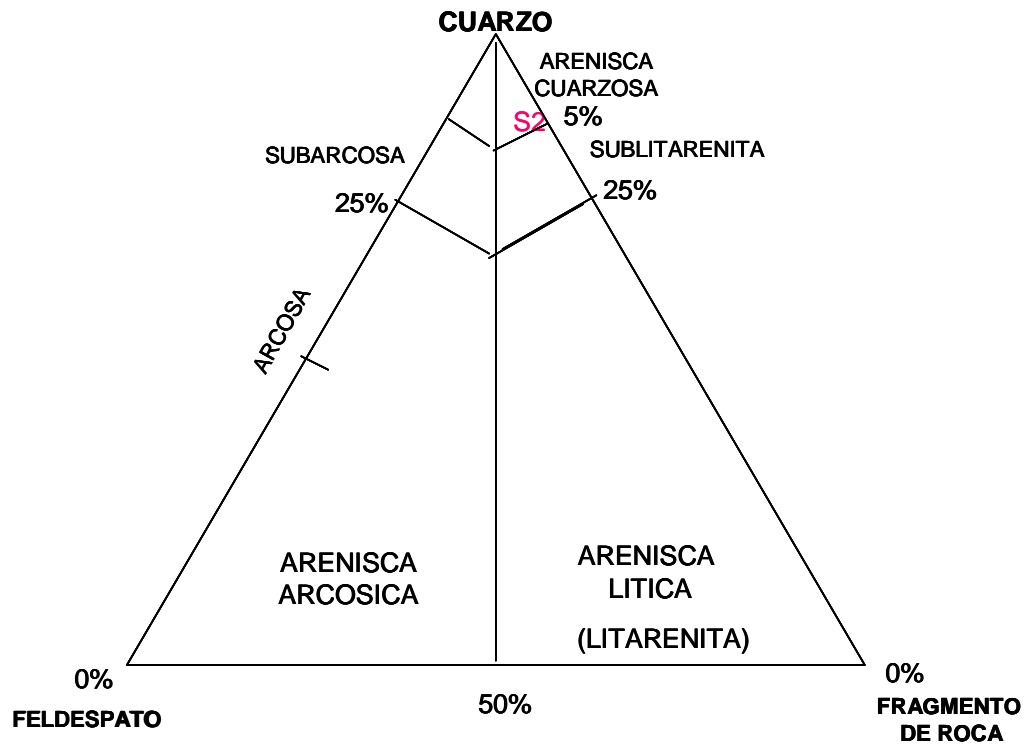
El material cementante es principalmente cuarzo (7%) rellenando poros y por sobrecrecimiento en continuidad óptica (Fig. 12A) y en menor cantidad de óxidos de hierro (1%). Se observa porosidad tipo interpartícula (7%), intrapartícula (2%) y móldica (1%) (Fig. 12F). La matriz es de mineral de arcilla y se aprecia en un 8%.

Los contactos entre los granos son principalmente de tipo longitudinal (60%) en su mayoría, en menor proporción se observan cóncavo-convexo (22%), grano-cemento (10%), suturado (6%) y grano-matriz (2%)(Fig. 12 C y D).



**Figura 12.** Microfotografías de las facies S2  
A: Cemento de cuarzo en continuidad óptica (nícoles cruzados ,20X)  
B: Fragmento de roca de chert ( nícoles cruzados ,20X)  
C: Contacto cóncavo convexo ( nícoles cruzados ,20X)  
D: Contacto longitudinal ( nícoles cruzados, 20X)  
E: Muscovita ( nícoles cruzados, 20X)  
F: Porosidad Intrapartícula (nícoles cruzado , 20X)  
G: cuarzo policristalino metamórfico ( nícoles cruzados, 20X)

De acuerdo con Pettijohn, Potter y Siever, (1971) se clasifica como una arenisca cuarzosa (Fig. 13).



**Figura 13.** Triángulo de clasificación de areniscas terrígenas para la facies S2 Modificado de Pettijohn, Potter y Siever *et. al.*, (1972)

Facies S3:

Esta facies se caracteriza a nivel de muestra de mano por la presencia de areniscas de grano fino (Fig. 14), el color fresco es gris claro y meteorizan a ocre. Es común observar nódulos elípticos de óxido de hierro con dimensiones de 15\*13\*7 cm. Se observan cláustos de arcilla de 2 a 4mm y rastros de hidrocarburo. La secuencia presenta estratificación paralela, caracterizada por paquetes con espesores individuales que van de 15cm, 30cm hasta 3m. Esta facies se reconoce en la base de la secuencia y presenta un espesor total de 15 m.



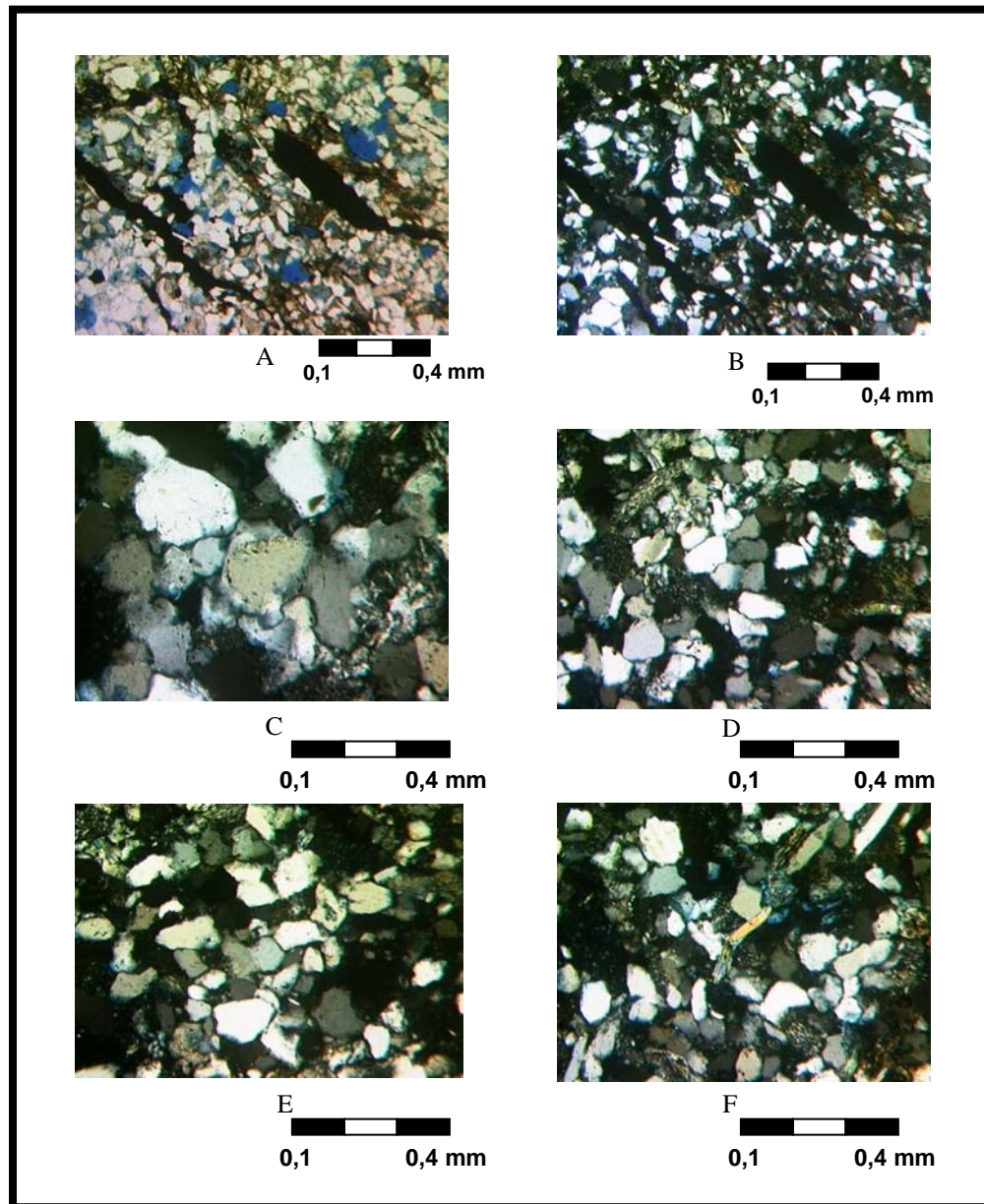
**Figura 14.** Facies S3 intervalo B-6 de la Formación Misoa en la sección El Venado–La Raya

A nivel petrográfico se analizó una muestra correspondiente a la facies S3. Presenta un escogimiento moderado a bueno, el tamaño de grano varía entre 0,06mm y 0,16mm, con un tamaño promedio de 0,11mm. Se aprecia deformación de granos dúctiles (moscovita) (Fig. 15F) y la compactación de la muestra es media.

Composicionalmente está caracterizada por la presencia de cuarzo subredondeados (82%) en su mayoría del tipo monocristalino ígneo (40%), monocristalino metamórfico (25%) y policristalino ígneo (10%), feldespato (ortosa) (2%), fragmento de roca (chert) (4%) y moscovita como mineral accesorio (1%) (Fig. 16 A, E).

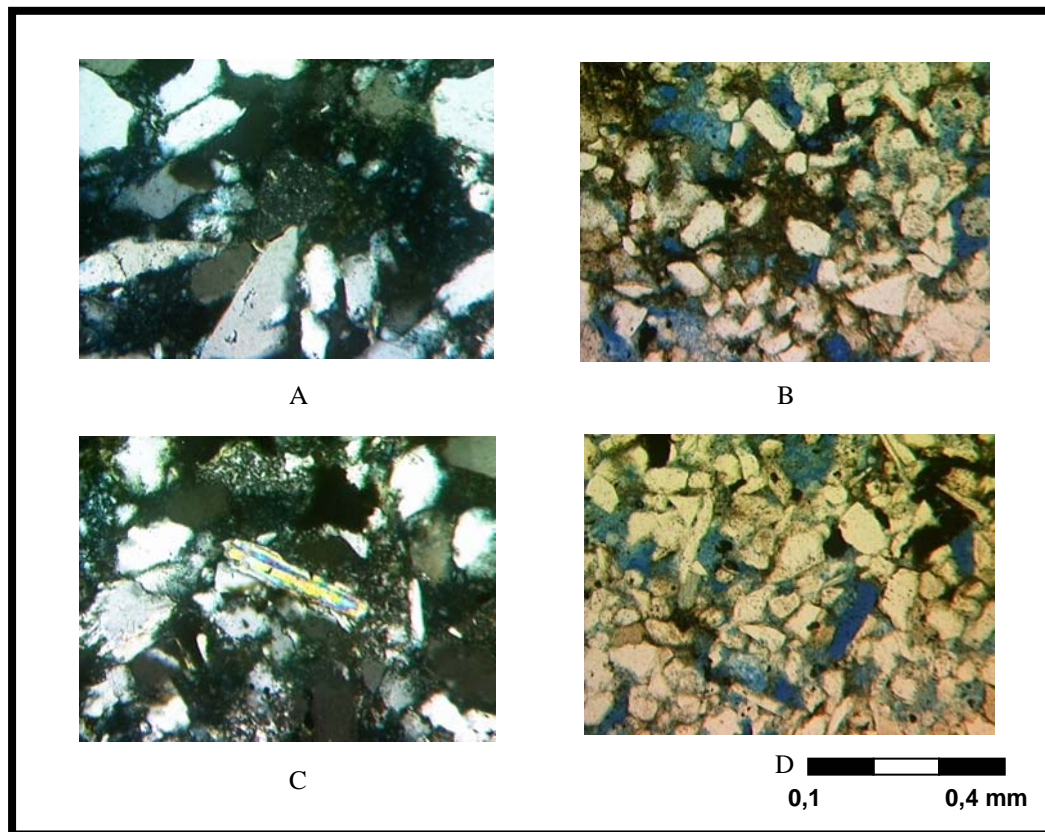
El material cementante es principalmente cuarzo (5%), rellenando poros y por sobrecrecimiento en continuidad óptica (Fig. 15C) y en menor cantidad el óxidos de hierro (1%) (Fig. 15 A, B). Se observa porosidad interpartícula (6%) y móldica (2%) (fig 16 F). La matriz esta representada por mineral de arcilla y se aprecia al 4% (Fig. 16 B,C y D).

Los contactos entre los granos son principalmente de tipo longitudinal (50%) en su mayoría, en menor proporción se observan cóncavo-convexo (22%), grano-cemento (15%) y suturado (5%) (Fig. 15 D y E).



**Figura 15.** Microfotografía de la facies S3

- A: Cemento de oxido de hierro (nícoles paralelos, 10X)
- B: Cemento de oxido de hierro (nícoles paralelos, 5x)
- C: Cemento de cuarzo en continuidad óptica (nícoles cruzados , 20X)
- D: Contacto cóncavo convexo (nícoles cruzados 10X)
- E: Contacto longitudinal (nícoles cruzados 10x)
- F: Deformación grano dúctil en muscovita (nícoles cruzados (10x)



**Figura 16.** Micropaleontología de las facies S3  
A: Fragmento de roca de tipo chert (nícoles cruzados, 20x)  
B: Matriz conformada por minerales de arcilla (nícoles paralelos, 10x)  
C: Muscovita (nícoles cruzados, 20x)  
D: Porosidad móldica (der) y por disolución (izq) (nícoles paralelos, 10x)



## **DESCRIPCIÓN DEL INTERVALO B-6 EN EL SUBSUELO**

### **Generalidades**

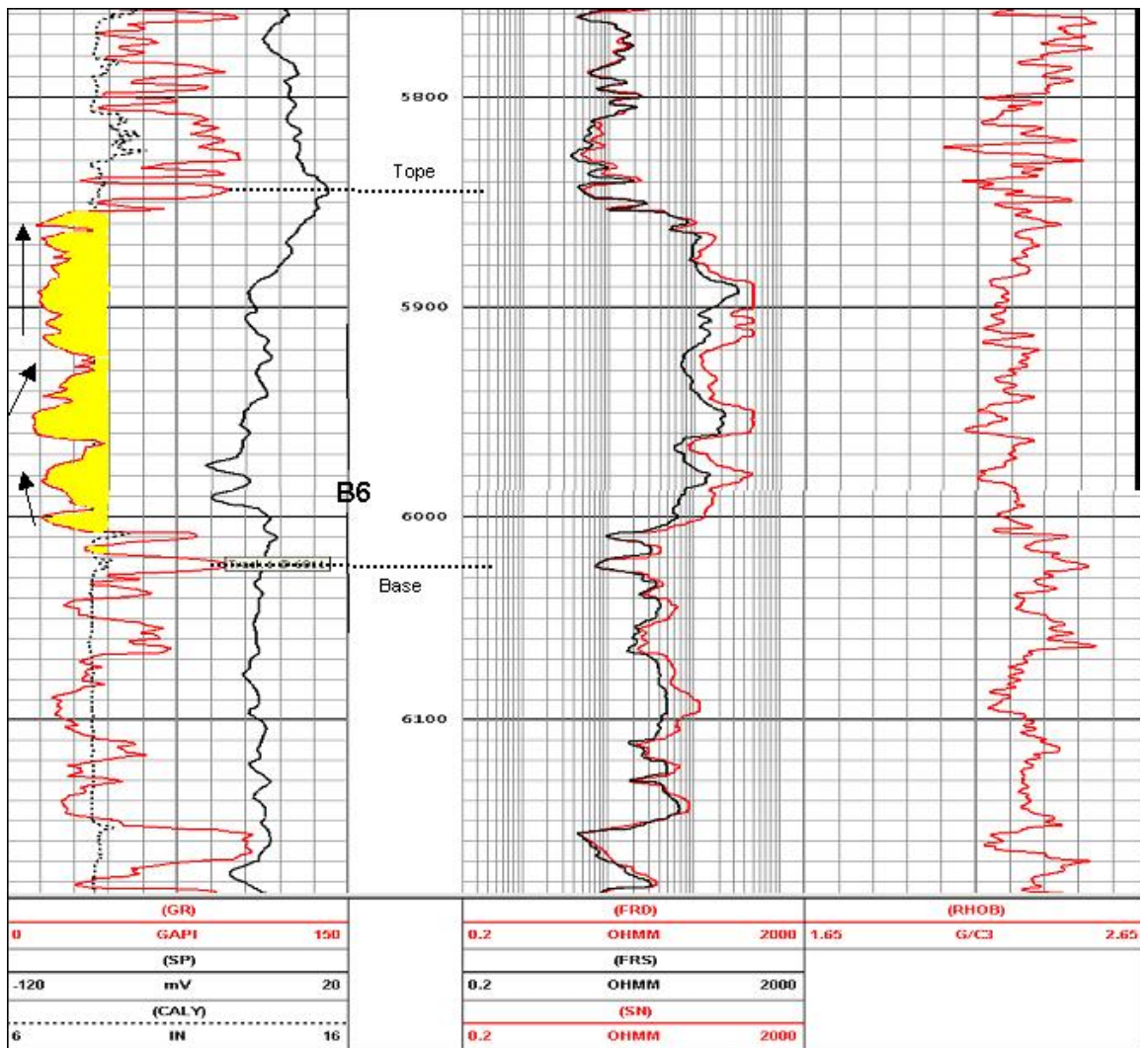
Se estudiaron tres pozos con registros eléctricos del campo Tía Juana Lago, ellos contienen secciones pertenecientes al Yacimiento B6-X. Las curvas presentes corresponden a Rayos Gamma "GR", Potencial Espontáneo "SP", resistividades y cáliper, tal como sigue a continuación:

- Pozo EGT-3045: GR, SP, Cáliper, Resistividad
- Pozo EGT-888: SP, Resistividad
- Pozo EGT-967: SP, Resistividad

### **Pozo EGT-3045**

En este pozo las arenas B-6 se encuentran entre 6028' (base) y 5850' (tope) (Fig. 18). En conjunto la unidad forma una secuencia agradante principalmente arenosa. Las capas de arenisca presentan espesores que van de 10' a 70' y representa un 75% del intervalo, intercaladas con delgadas capas lutita que van de 8' a 2' de espesor, que representa un 25% de la secuencia. Hacia la base se aprecia un cuerpo arenoso con forma de campana invertida mientras que la capa superior intermedia presenta forma de campana, hacia el tope se encuentra la capa de arenisca de mayor espesor (65') con una geometría agradante. La resistividad máxima de la unidad en este pozo es de 550 ohm/m, considerablemente mayor al resto de las arenas encontradas en el pozo, las altas resistividades presentes en este intervalo indican buenas saturaciones de hidrocarburo en los cuerpos de arenisca.

Pozo EGT-3045



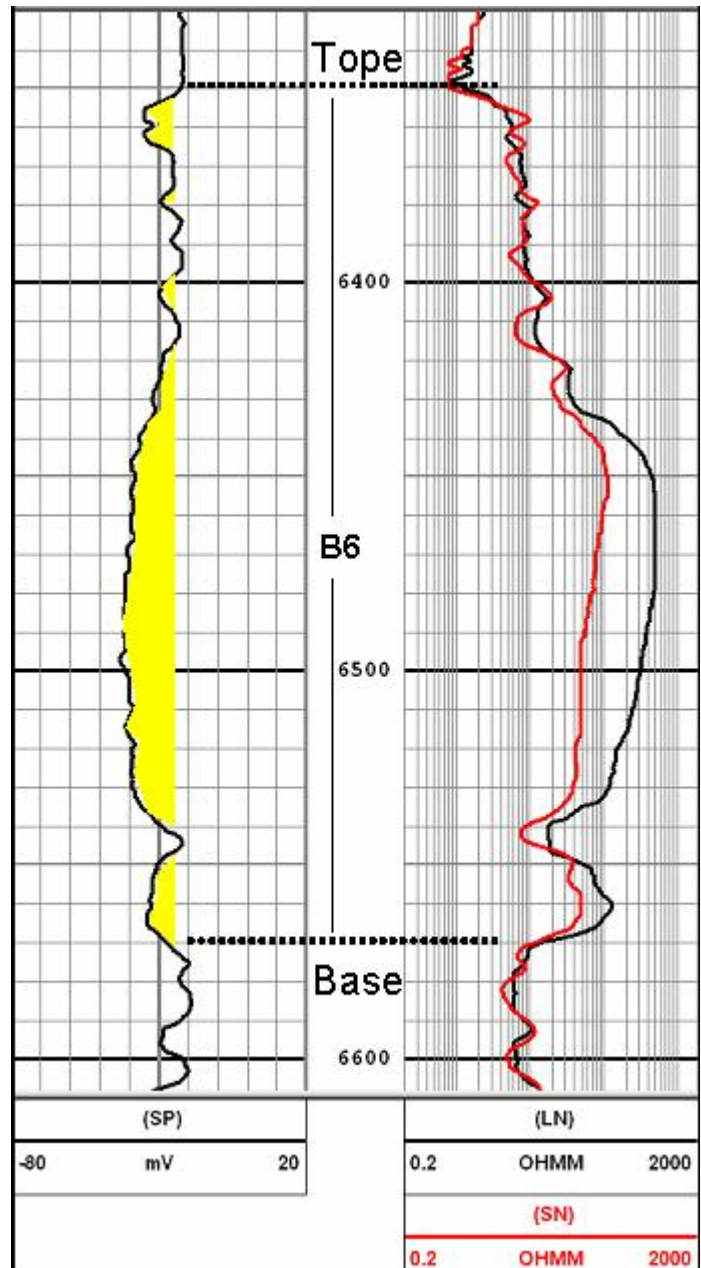
**Figura 18.** Registro eléctrico del pozo EGT-3045, en amarillo se señala el intervalo correspondiente en las arenas B-6 (escala vertical 1:200 )

### **Pozo EGT-888**

El pozo EGT-888 sólo presenta curvas de "SP" y "Resistividad" por lo que su interpretación se basa en ellas. La sección de la unidad B-6 se encuentra entre 6350' (tope) y 6570' (base) (Fig. 19), la geometría y espesores de los cuerpos sedimentarios no están muy bien definidos debido a la ausencia de la curva "GR". Según la curva de "SP" y con la ayuda de la curva de resistividad, se puede inferir que la secuencia al igual que el pozo anterior está constituida por la intercalación de paquetes de arenisca y delgadas capas de lutitas, con espesores que van desde 20' hasta 120' en las areniscas y de 8' a 10' en las lutitas. El contenido de areniscas es del 81% y el de lutitas de 19%, valor estimado con un "cutoff" de Vsh (contenido de arcillas) de 35 mV.

La resistividad aumenta progresivamente y en el intervalo desde 6420' hasta 6540' se llega al punto máximo con unos 500 ohm/m, lo que puede indicar la presencia de hidrocarburo, luego la resistividad disminuye a 8 ohm/m y seguidamente aumenta a 100 ohm/m, estas caídas de resistividad se deben a la presencia de capas de lutita intercaladas con los cuerpos arenosos.

Pozo EGT-888



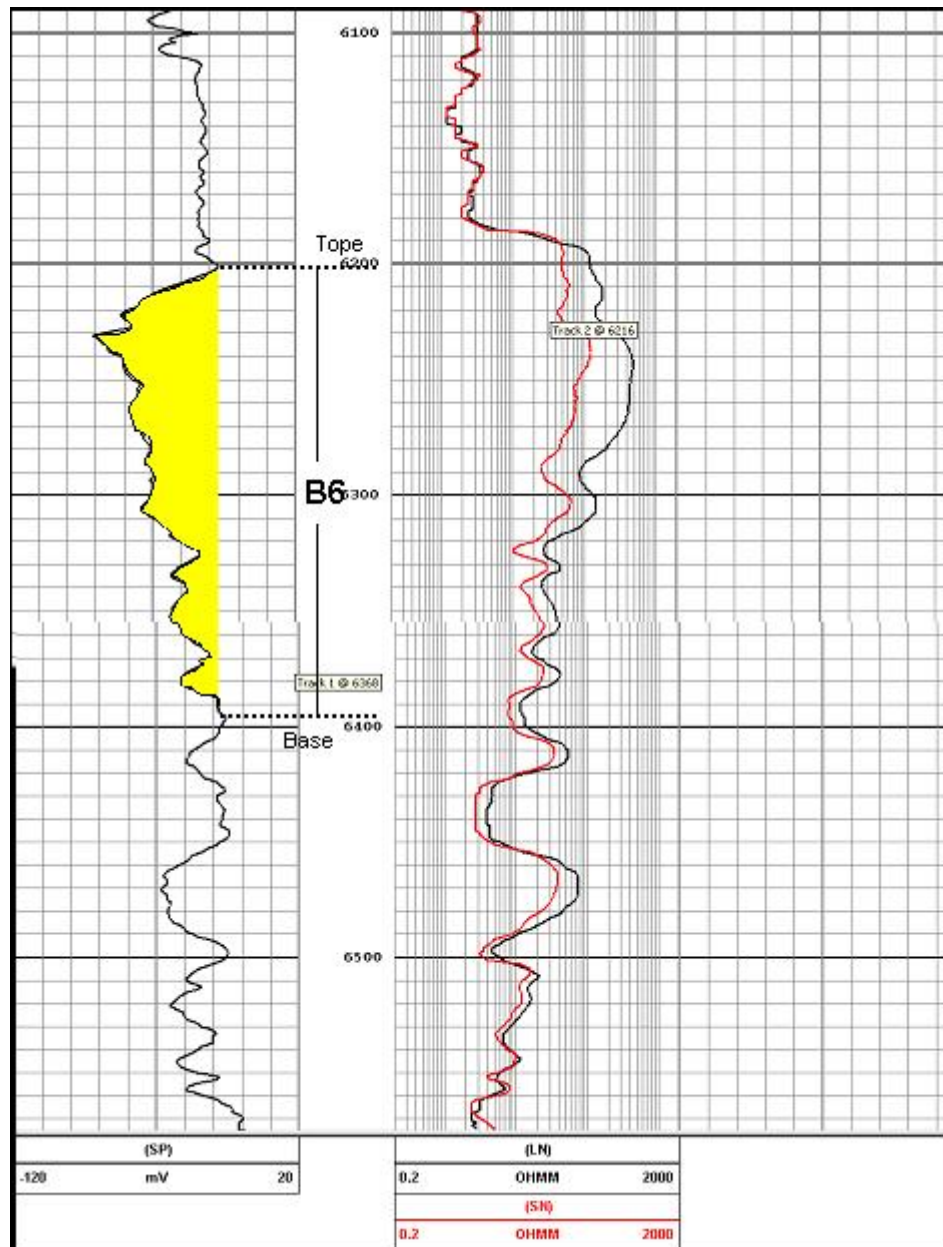
**Figura 19.** Registro eléctrico del pozo EGT-888, en amarillo se indica el intervalo de las arenas B-6 (escala vertical 1:200)

### **Pozo EGT-967**

Al igual que el pozo anterior, el pozo EGT-967 sólo presenta curvas de "SP" y "Resistividad" por lo que su interpretación se basa en ellas. La sección de la unidad B-6 se encuentra entre 6200' (tope) y 6395' (base), (Fig. 20). La secuencia está constituida por un gran paquete de areniscas de 135' de espesor, este paquete posee resistividades promedio de 450 ohm/m, se aprecian dos intercalaciones de lutitas que van de 10' a 30' de espesor. El contenido de areniscas es de 88% y el de lutitas de 12%, valor estimado con un "cutoff" de Vsh (contenido de arcillas) de 20mV.

La resistividad aumenta de 1 a 400 ohm/m en el intervalo de 6190' a 6320', lo que indica la presencia de hidrocarburo en estas arenas.

Pozo EGT-967



**Figura 20.** Registro eléctrico del pozo EGT-967 en amarillo se indica el intervalo de las arenas B-6 (escala vertical 1:200 )

## **ESTUDIO DE NÚCLEOS**

Como resultado del análisis de núcleos, se identificaron un total de 8 litofacies discriminadas así: 1 de conglomerado, 3 de areniscas, 1 limolita y 3 heterolíticas. A continuación se describen las facies observadas de los núcleos analizados de las arenas B6 de la Formación Misoa.

Para la clasificación de las litofacies presentes en los núcleos se utilizó la nomenclatura utilizada por PDVSA, dentro de la antigua. filial Maraven S.A.

Facies G1:

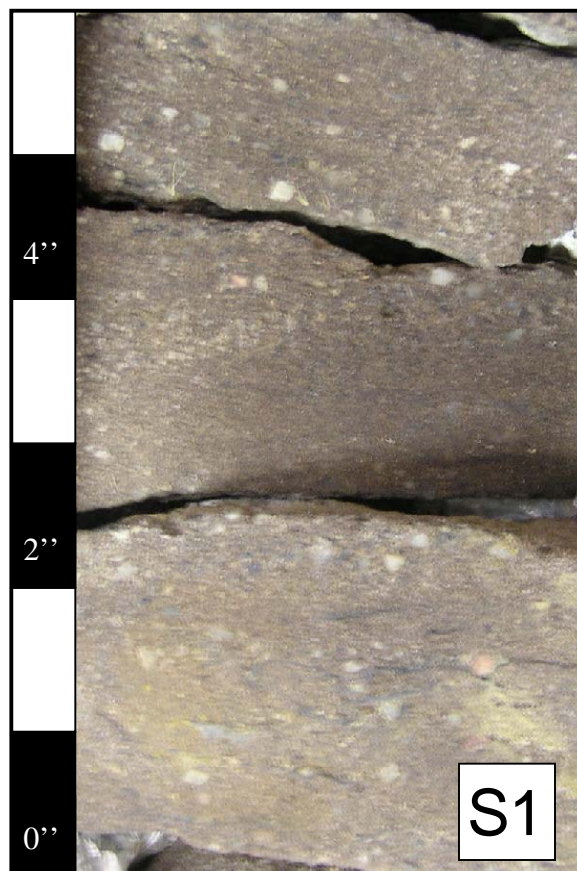
Conglomerado de grano grueso color gris claro, parcialmente impregnado de hidrocarburo (Fig. 21). Los clastos son de cuarzo, presentan un diámetro entre 0,1 hasta 0,5 cm, sub-angulares soportados por una matriz arenosa. Esta facies es frecuente en el pozo EGT-967 a la profundidad de 6231'.



**Figura 21.** Facies G1. Detalle de núcleo pozo EGT-967, profundidad 6231' pies

Facies S1:

Arenisca de grano grueso de color gris claro, mal escogida y de granos sub-redondeados de cuarzo, impregnada de hidrocarburo, no se distinguen estructuras sedimentarias (Fig. 22). Esta facies es apreciable hacia el tope de B6 en el pozo EGT-888, a una profundidad de 5848'.



**Figura 22.** Facies S1. Detalle de núcleo pozo EGT-888, profundidad 5848' pies

Facies S2:

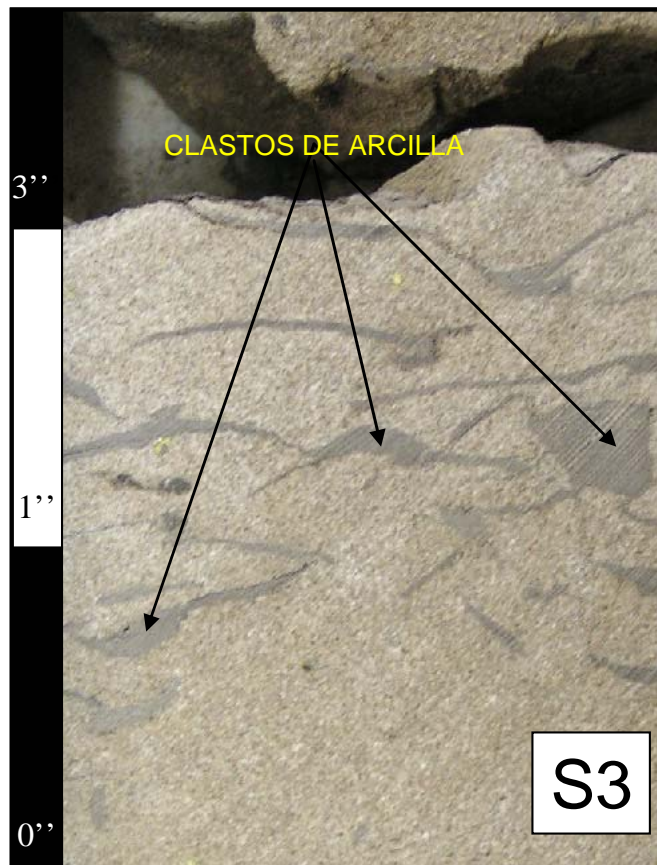
Arenisca de grano medio y escogimiento moderado, presenta clastos de cuarzo sub-redondeados (Fig. 23). La roca se encuentra parcialmente impregnada de hidrocarburo. Esporádicamente se aprecian nódulos color rojizo con dimensiones de 3,5cm (diámetro mayor) y 0,25cm (diámetro menor) y clastos de arcilla color gris claro. Esta facies es frecuente en las arenas superiores del pozo EGT-3045 a una profundidad de 5875'.



**Figura 23.** Facies S2. Detalle del núcleo EGT-3045, profundidad 5845' pies

Facies S3:

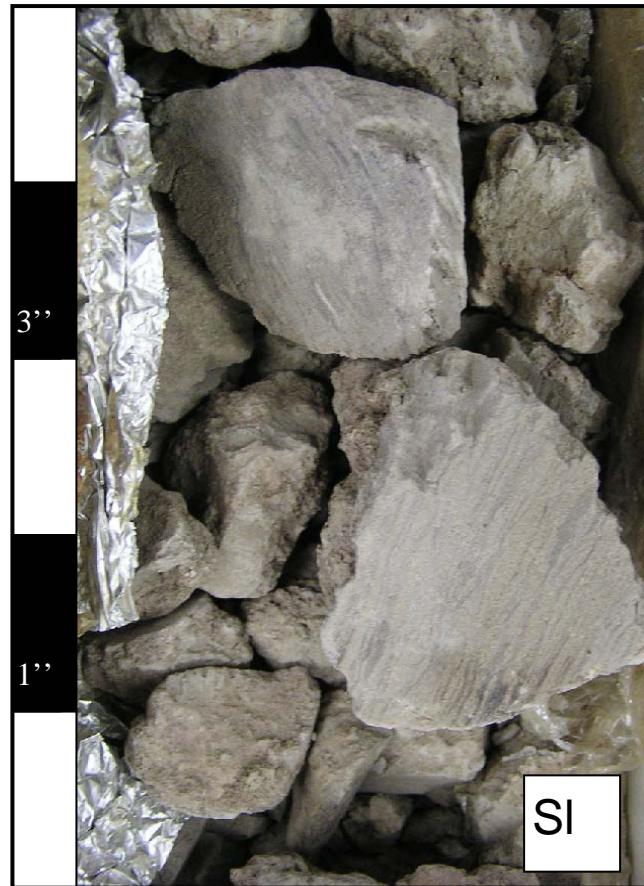
Arenisca de grano fino, bien escogida y de grano sub-redondeados color gris claro con lentes de lutita. Esporádicamente se observan clastos de arcilla de color gris claro, con dimensiones de 2,5cm (diámetro mayor) y 0,25cm (diámetro menor) (Fig. 24). Esta facies es frecuente en el pozo EGT-3045 a una profundidad de 6262'.



**Figura 24.** Facies S3. Detalle del núcleo EGT-3045, profundidad entre 6262' pies

Facies SI:

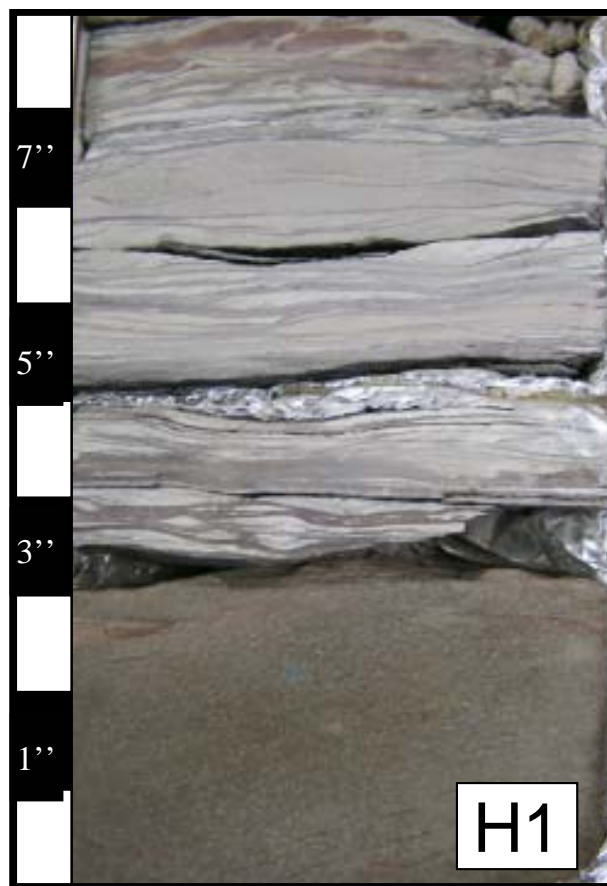
Limolita de color gris claro. Localmente se aprecian láminas delgadas de arcillitas (fig 25). Esta facies es frecuente en el pozo EGT-967 a una profundidad de 6206'.



**Figura 25.** Facies SL. Detalle del núcleo EGT-967, profundidad 6206' pies

Facies H1:

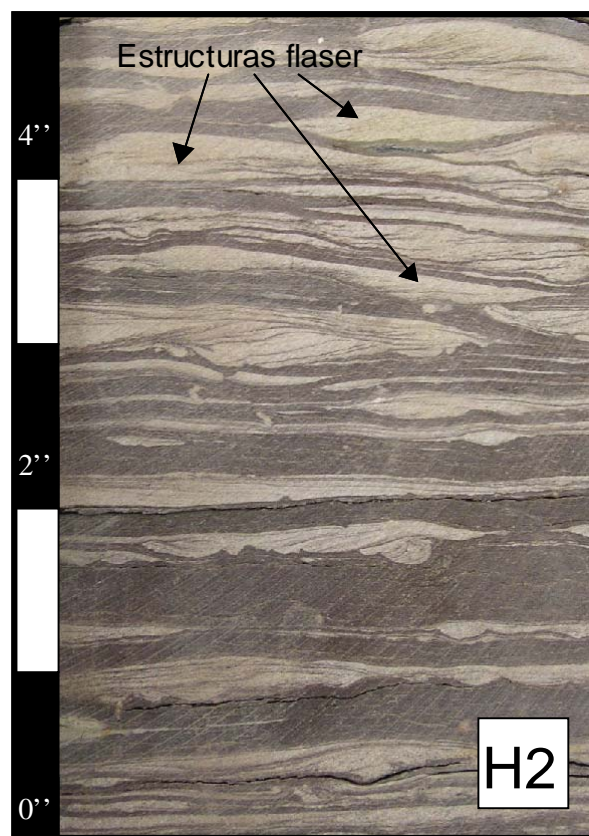
Facies heterolítica 80% arenosa (Fig. 26). Las areniscas son de grano fino a muy fino, las lutitas son de color rojizo debido a la oxidación. Se observan estructuras flaser, rizaduras y nódulos con tamaño de 3,25cm (diámetro mayor) y 0,5cm (diámetro menor). Esta facies es frecuente en el pozo EGT-967 a una profundidad de 6374'.



**Figura 26.** Facies H1. Detalle del núcleo EGT-967, profundidad entre 6374' pies

Facies H2:

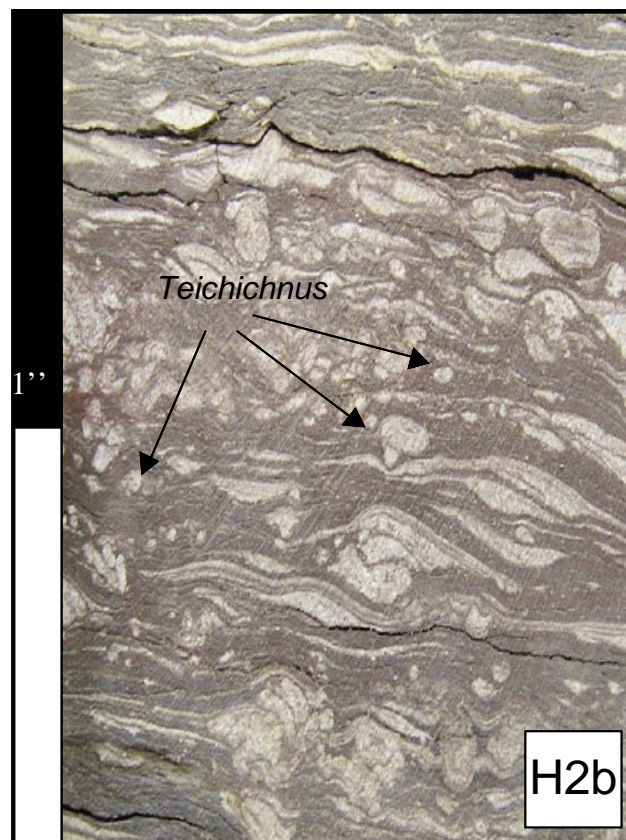
Facies heterolítica con 80% de lutitas. Las lutitas son de color gris oscuro, y están impregnadas de hidrocarburo, las areniscas son de grano fino. El intervalo se caracteriza por la presencia de estructuras flaser (Fig. 27). Esta facies es frecuente en el pozo EGT-967 a una profundidad entre 6362'.



**Figura 27.** Facies H2. Detalle del núcleo EGT-3045, profundidad 6362' pies

## Facies H2b:

Facies heterolítica 85% lutítica bioturbada. Las lutitas son de color marrón oscuro, las areniscas son de grano fino a muy fino. Están presentes estructuras flaser. Localmente se aprecian bioturbaciones tubulares con diámetros que oscilan entre 0.1 y 0.6 cm, sin orientación preferencial (Fig 28). Las bioturbaciones corresponden a icnofósiles del género *Teichichnus*, perteneciente a la icnofacies *Cruziana*. Esporádicamente se aprecia más oxidada la lutita. Esta facies es frecuente en el pozo EGT-967 a una profundidad de 6355'.



**Figura 28.** Facies H2b. Detalle del núcleo EGT-3045, profundidad 6355' pies

## DESCRIPCIÓN DE NÚCLEOS

Se describieron las arenas B6 de la Formación Misoa en los núcleos de los pozos EGT-967, EGT-888 y EGT-3045 del campo Tía Juana Lago, distrito Tía Juana PDVSA. Los núcleos observados muestran facies de distintas granulometrías que van desde muy finas (limolitas) a gruesas (conglomerados de gránulos), incluyendo intervalos heterolíticos caracterizados por la presencia de capas intercaladas de arenisca y lutita. En las facies de granulometría más fina son comunes restos de materia orgánica, nódulos oxidados y esporádicas bioturbaciones, mientras que las facies heterolíticas predominan las estructuras de flujo como rizaduras y otras discontinuidades granulométricas como láminas de lutita y estructuras flaser.

A continuación se describen brevemente cada una de las secciones estudiadas.

### **POZO EGT-3045**

El núcleo del pozo EGT-3045 contiene la unidad B6 de la Formación Misoa en su totalidad de tope a base (198'). En su mayoría la unidad es arenosa con granulometría media a gruesa en la base (S1, S2) y de fina a media en el tope (S3) toda la secuencia se encuentra parcialmente impregnada de hidrocarburo. Los intervalos de arenisca (S1, S2 y S3) varían mucho de espesor desde 2' hasta 25' y las facies heterolíticas (H1 y H2) se encuentran hacia la base y el tope de la secuencia. En las facies heterolíticas se observan rizaduras y lentes de arenisca de escala milimétrica, además de bioturbaciones de icnofósiles *Teichichnus* de la icnofacies *Cruziana* y se encuentran solo en la base y el tope de la secuencia. No se repite ningún patrón de depositación.

En el anexo 2 se presenta la columna de los núcleos del pozo EGT-3045

### **POZO EGT-967**

El núcleo del pozo EGT-967 contiene la unidad B6 de la Formación Misoa en su totalidad (200') de tope a base. En la base predominan las areniscas cuarzosas (S2 y S3), masivas de grano medio a grueso intercaladas con intervalos heterolíticos (H2b y H2) de 6' a 23' de espesor, en estas lutita se aprecian bioturbaciones del icnofósil *Teichichnus* y rizaduras. La parte media de la sección se caracteriza por la presencia de intervalos heterolíticos H1 y por una capa de conglomerados G1 de grano medio a grueso, sub-angulares a sub-redondeados. Hacia el tope predominan las areniscas cuarzosas de grano medio a fino (S2, S3) con esporádicas intercalaciones de delgadas capas arcillosas. Toda la sección se encuentra parcialmente impregnada de hidrocarburo.

En el anexo 3 se presenta la columna de los núcleos del pozo EGT-967

### **POZO EGT-888**

El núcleo del pozo EGT-888 contiene un 36% de la sección de la unidad B6 de la Formación Misoa, sólo fueron recuperados 80' de sección de un total de 222' de tope a base, está compuesto principalmente de areniscas de grano medio a grueso (S1 y S2), parcialmente impregnadas de hidrocarburo y con espesores de 18' hasta 87'. Hacia el tope de la unidad se aprecia una capa heterolíticas delgada (facies H1) oxidada de 35' de espesor con restos de materia orgánica.

En el anexo 4 se presenta la columna de los núcleos del pozo EGT-888

## **ASOCIACIÓN DE FACIES SEDIMENTARIAS**

### **Generalidades**

Las sucesiones estratigráficas están compuestas por la intercalación de diferentes capas de rocas, las cuales representan por sí solas, las diferentes características granulométricas, mineralógicas y de estructuras sedimentarias que definen una facies. Una secuencia de facies distintas, relacionadas de manera directa con un mismo ambiente depositacional, es lo que se conoce con el nombre de asociación de facies (CALDERÓN, 2002).

Las estructuras sedimentarias junto a las características petrográficas de cada facies ayudan a conocer los mecanismos de sedimentación y la evolución de los cuerpos litológicos que interpretados junto a los datos paleontológicos, permitirán proponer un ambiente sedimentario para la secuencia estudiada.

Las asociaciones de las facies identificadas tanto en la superficie como en el subsuelo, permitieron identificar un ambiente sedimentario deltaico para la unidad B-6 de la Formación Misoa.

Localmente un ambiente deltaico puede ser subdividido en sub-ambientes o zonas de acuerdo a las características depositacionales de sus componentes sedimentarios, así un delta se compone de una llanura deltaica superior donde la mayor influencia depositacional viene dada por la actividad fluvial, una llanura deltaica inferior en donde el componente fluvial es de menor incidencia y el marino comienza a tomar fuerza, en lo que se conoce como zona de transición; el frente deltaico caracterizado por la acumulación de sedimentos arenosos sobre la plataforma continental y finalmente el prodelta, donde los sedimentos más finos son depositados más allá del

punto de quiebre de la plataforma, en las zonas profundas del lecho marino (CALDERÓN, 2002).

En este trabajo, se establecieron asociaciones de facies correspondientes a canales distributarios, bahías interdistributarias y abanicos de rotura en los núcleos, mientras que en el afloramiento se pudo identificar barras de desembocadura y prodelta.

### **Canales Distributarios**

Los canales distributarios son corrientes unidireccionales, a veces fluctuantes, que aunque se encuentren en las llanuras deltaicas, poseen las mismas características que sus equivalentes de ambientes estrictamente fluviales (CALDERÓN, 2002).

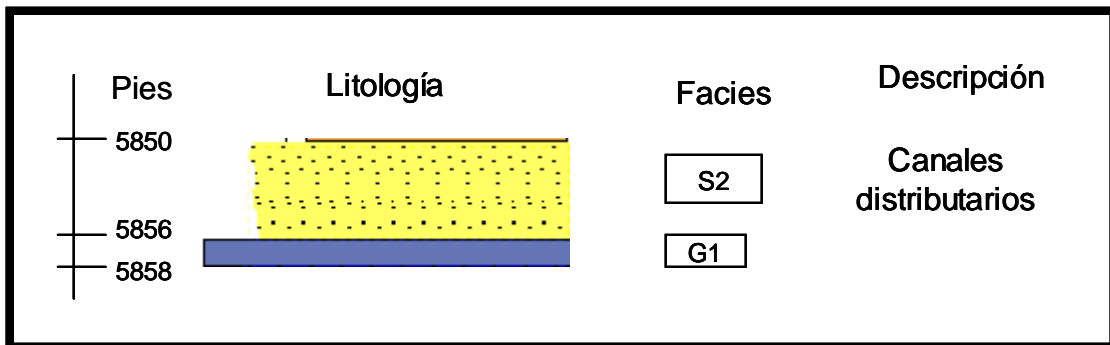
Los canales distributarios transportan el agua y los sedimentos fluviales hacia la desembocadura del delta y se caracterizan, generalmente, por estar formados por depósitos arenosos, donde el espesor de un canal puede alcanzar desde algunos metros hasta una veintena de metros. Ellos van cortando y progradando sobre otras facies de bahías distributarias (ALLEN, 1997).

COLEMAN y PRIOR (1980 en SCHOLLE y SPEARING, 1981) mencionan que los cuerpos arenosos de los canales distributarios, poseen bases erosivas y a menudo se pueden apreciar en ellos clastos de arcilla y restos de materia orgánica.

La asociación de canales distributarios sólo se observó en las secciones estudiadas en el subsuelo. En los núcleos estudiados, los canales distributarios están representados por secuencias granodecrecientes conformadas por las litofacies: G1, S1, S2, S3.

Forman depósitos de 8' a 40' de espesor y en todos los pozos éstos poseen una base erosiva, el contacto superior es abrupto sobre las bahías interdistributarias.

En el pozo EGT-3045, el intervalo comprendido entre 5858' a 5850', representa una sucesión granodecreciente de base a tope, típica de un canal distributivo (Fig. 29). Comenzando con la facies conglomerática G1 en la base, seguida hacia el tope por la arena S2. Localmente estas sucesiones presentan clastos de arcilla hacia la base, restos de materia orgánica y se encuentran parcialmente impregnadas de hidrocarburo.



**Figura 29.** Asociación de canal distributivo en el Pozo EGT-3045.

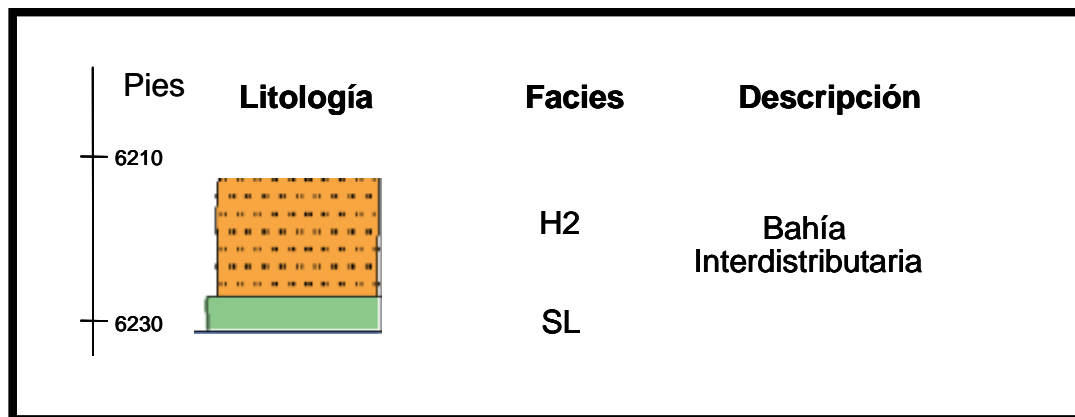
### **Bahías Interdistributarias**

Las bahías interdistributarias son cuerpos abiertos de agua que se presentan hacia los márgenes de la llanura deltaica. Limitados generalmente por canales distributarios, en ellas, los abanicos de rotura progradan, depositando grandes cantidades de sedimentos que consisten esencialmente en la alternancia de areniscas, lutitas limosas y arcillitas que ha menudo muestran horadaciones rellenas de arena (COLEMAN y PRIOR en SCHOLLE y SPEARING, 1981) Los espesores de estas secuencias varían entre 4 y 8 m.

En este trabajo las facies de bahías interdistributarias sólo pudieron reconocerse en los núcleos, estos depósitos presentan en secuencias principalmente conformadas por las facies heterolíticas y limolíticas H1, H2b, H2 y S1. Localmente se aprecian estructuras flaser y lenticulares con algunas deformaciones producto del reacomodo de los sedimentos finos, saturados de agua al recibir la sobrecarga de las capas suprayacentes.

Según WEIMER *et. al.* ( en SCHOLLE y SPEARING, op. cit) las estructuras flaser y lenticular son comunes de ambientes costeros con influencia mareal y se forman como resultado de las fluctuaciones de la energía en el aporte sedimentario. Estas mismas fluctuaciones dan lugar a la acumulación de facies heterolíticas intercaladas con sedimentos de grano fino tal como se observa en la secuencia de los núcleos estudiados. Como se aprecia en la Fig (30), la acumulación de dos de las cuatro facies mencionadas anteriormente, son suficientes para definir arealmente una zona de bahía interdistributaria.

El intervalo comprendido entre 6032' y 6012' del pozo EGT-967, presenta una secuencia de facies heterolíticas (H2) y limolitas S1.



**Figura 30.** Asociación de bahía interdistributaria Pozo EGT-3045.

En ocasiones las facies heterolíticas están bioturbadas (H2b) identificadas como icnofósiles *Teichichnus*. DELGADO *et. al* (1997) definen al icnofósil *Teichichnus*, como estructuras tabulares verticales construidas por una serie de láminas apiladas cóncavas hacia arriba o cóncavas hacia abajo, comúnmente asociadas con la icnofacies *Cruziana*, el *Teichichnus* está presente en lagunas y bahías de aguas salobres, bahías distributarias y otros sub-ambientes, relacionadas con llanuras costeras.

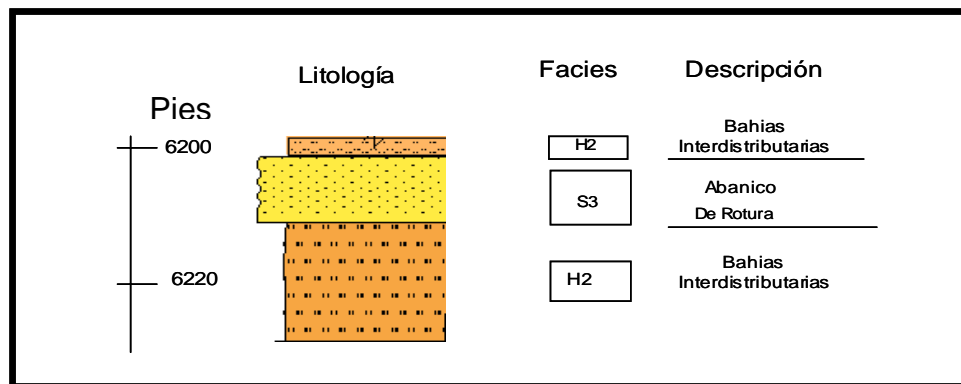
La posible influencia de las mareas en las facies heterolíticas (H1, H2b, H2) asociadas a depósitos de bahías interdistributarias, dio como resultado la formación de estructuras flaser. REINECK y SING (1980) mencionan que los ambientes de preferencia donde se forman las estructuras flaser, son áreas donde existen cambios en la energía de aporte, entre períodos de calma y turbulencia y donde existan los sedimentos necesarios para su formación.

### Abanicos de Rotura

Son grandes estructuras que se originan cuando los diques naturales ceden y permiten que el agua cargada de sedimentos fluya, hacia la zona de aguas quietas de una bahía interdistributaria, alcanzando espesores entre 3 y 15 metros. El material arenoso correspondiente al abanico de rotura está depositado entre acumulaciones de sedimentos finos de llanura deltaica. La granulometría de los depósitos de abanico de rotura, varía de acuerdo a la distancia existente entre el eje de rotura y el lugar de sedimentación (ALLEN, 1997)

Esta asociación sólo fue identificada a nivel del subsuelo. En los núcleos la asociación de abanicos de rotura está representada de base a tope por las facies S2 y S3 asociadas a depósitos de bahía interdistributaria y tienen espesores entre 2' y 10' Fig (31).

En el pozo EGT-967 el intervalo comprendido entre 5875' y 6008', presenta arenas de grano fino pertenecientes a la facies S3, asociadas a depósitos de bahías interdistributarias que han sido interpretadas como facies distales de un abanico de rotura.



**Figura 31.** Asociación de abanico de rotura entre facies de bahía interdistributaria en el Pozo EGT-967)

## **Barras de Desembocadura**

El frente del delta es una franja submarina estrecha y poco profunda con pendiente suave hacia el mar, que bordea la llanura deltaica, donde se acumula una buena parte de los aportes sedimentarios, concretamente en la desembocadura de los canales distributarios. En las zonas de desembocadura los sedimentos son generalmente arenosos y forman barras de desembocadura que progradan por encima de las arcillas más externas del prodelta. Las facies y la geometría de estas barras varían con el tipo y la intensidad de los mecanismos sedimentarios dominantes: caudal fluvial, oleaje o mareas (ALLEN, 1997).

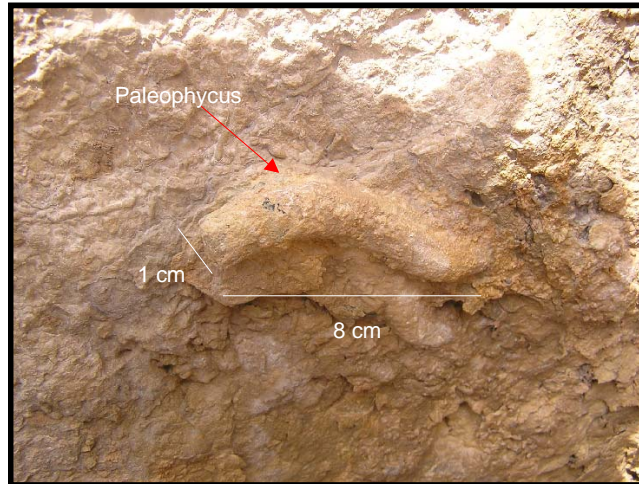
Las facies características de barras de desembocadura se aprecian sólo en el afloramiento y están representadas por dos secuencias de areniscas estratificadas (fig 32). El contacto inferior es transicional con las lutitas marinas del prodelta y el superior de la secuencia fue erosionado.

En la facies S1 se encontraron huellas de *Planophycus* de las icnofacies Skolithos (Fig. 32).

La icnofacies *Skolithos* se da en sustratos arenosos y/o fangosos en ambientes marinos poco profundos, bastante inestables y de energía alta, con erosión y depositación brusca, es decir ambientes de plataforma o zona submareal poco profunda. Aparecen como huellas o cavidades verticales o en U.

En particular el icnofósil *Paleophycus* es una estructura en forma de madriguera cilíndrica, que pueden ser horizontales o inclinadas, en las cuales el relleno es de la misma litología y textura que el estrato huésped. Las madrigueras son de vivienda, los originadores son los poliquetos depredadores. Está asociada con la icnofacies

*Skolithos*, tanto en ambientes de anteplaya de baja energía, como en los de anteplaya de alta energía. (ROJAS, 2002).



→ Paleophycus

**Figura 32.** Fotografías del icnofósil *Paleophycus* encontrado en el afloramiento, escala moneda de 100 Bolívars

## Prodelta

El prodelta representa la parte más distal de un delta, donde se deposita la carga fluvial compuesta por limo y arcilla, Los depósitos del prodelta se encuentran generalmente sobre la plataforma continental, sin embargo, cuando la energía del aporte sedimentario es alta, los sedimentos alcanzan la zona del talud continental y se desplazan hacia las profundidades formando abanicos submarinos (ALLEN, 1997)

En este trabajo, la facies característica del prodelta se aprecia sólo en el afloramiento y está representada por las limolitas M. El contacto inferior y el superior son transicionales con las barras de desembocadura (Fig.33).

La microfauna observada en la facies M, está representada por varias especies de foraminíferos aglutinados tales como: *Ammobaculites* sp., *Textularia* cf. *renzi*, *Trochammina* sp (Fig.34).

Con base en la distribución paleobatimétrica de las especies reconocidas, así como la abundancia de ejemplares del género *Ammobaculites* en la asociación fósil, se puede interpretar un paleoambiente de sedimentación transicional (0-15 m de profundidad), no más profundo que nerítico interno, para la sección estudiada (Fig. 34). La presencia de carbón en la muestra M, puede indicar también, condiciones de baja energía, observados comúnmente en ambientes cercanos a la línea de costa.



## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **SUMARIO Y CONCLUSIONES**

1-. Del análisis realizado en los núcleos y afloramiento, se pudo ubicar a la unidad B6 de la Formación Misoa dentro de un contexto de ambiente transicional fluvio-deltaico, específicamente en la llanura deltaica inferior y frente deltaico respectivamente.

2- En este trabajo se corrobora la existencia de una relación ambiental entre los sedimentos del subsuelo y los del afloramiento. En el estudio de núcleos y de registros del subsuelo del lago, se observó la presencia de canales distributarios y bahías interdistributarias, mientras que en el área correspondiente a lo que hoy en día se conoce como el pie de monte trujillano, se depositaron las barras de desembocadura y el prodelta. De lo mencionado anteriormente, se interpreta que existe una estrecha relación entre las rocas encontradas en el subsuelo y las del afloramiento ya que fueron depositadas bajo el mismo contexto sedimentario dentro de un ambiente deltaico.

3-. Basado en el estudio de campo se logró identificar 4 facies sedimentarias como sigue a continuación: 1 facies de limolitas micáceas (M), 1 de arenisca de grano fino (S3), 1 de arenisca de grano medio (S2) y 1 de arenisca de grano grueso (S1).

4-. Del análisis en los núcleos de los pozos EGT-3045, EGT-888 y EGT-945 se definieron 8 facies, clasificadas de la siguiente manera: 1 facies conglomerática (G1), 3 facies arenosas(S1, S2 y S3), 1 facies limolítica (S1) y 3 facies heterolíticas (H1, H2 y H2b).

5-. Se efectuó el análisis petrográfico a tres secciones finas de las areniscas tomadas del afloramiento, la clasificación según Pettijohn, Potter y Siever (1972) arrojó como resultado S1: sublitarenita, S2: arenisca cuarzosa y S3: sublitarenita.

7-. Basado del estudio de afloramiento y núcleos de los pozos EGT-3045, EGT-888 y EGT-945, correspondiente a la sección B-6 de la Formación Misoa, se definieron los siguientes subambientes:

Canales distributarios: en el pozo EGT-3045, se observa una sucesión granodecreciente de base a tope, típica de un canal distributivo. Comenzando en la base con la facies conglomeráticas G1, seguida hacia el tope por la arena S2.

Abanicos de rotura: en el pozo EGT-967, presenta arenas de grano fino pertenecientes a la facies S3, asociadas a depósitos de bahías interdistributarias que han sido interpretadas como facies distales de un abanico de rotura.

Bahía interdistributaria: en el pozo EGT-967, presenta una secuencia de facies heterolíticas (H2) y limolitas S1, son comunes las estructuras flaser y lenticulares con algunas deformaciones producto del reacondo de los sedimentos finos saturados en agua al recibir la sobrecarga de los sedimentos suprayacentes.

Barras de desembocadura: se aprecian sólo en el afloramiento y están representadas por dos secuencias de areniscas granocrecientes (S1, S2 y S3).

Prodelta: La facies característica del prodelta se aprecia sólo en el afloramiento y están representada por las limolitas M, en la cual se interpretó un paleoambiente de sedimentación transicional (0-15 m de profundidad), no más profundo que nerítico interno, basado en la abundancia de foraminíferos de las especies *Ammobaculites* sp., *Textularia* cf. *renzi*, *Trochammina* sp.

8-. Las bioturbaciones corresponden a icnofósiles del género *Teichichnus*, perteneciente a la icnofacies *Cruziana* observados en la sección inferior/superior de los núcleos, están indican que la sedimentación de las arenas B6 se llevó a cabo en un marco de ambientes costeros de zonas litorales a sublitorales de baja a alta energía, posiblemente en subambientes de bahías interdistributarias.

### **RECOMENDACIONES**

1-. Continuar con el estudio de las secuencias aflorantes de la cuenca para identificar de manera precisa, las unidades de la Formación Misoa, con ello será posible definir claramente algunas características sedimentarias y estratigráficas que pueden ser de utilidad en la caracterización de los yacimientos.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Allen, G. P. (1997) Sedimentología y estratigrafía de los yacimientos aluviales y deltaicos. Queensland University of Tecnology, Brisbane, Australia, (previamente con Total Centre Cientifique et Technique), 98 p.
- Audemard, F (1991) Tectonic of western Venezuela. Ph.D. thesis, Rice University, Houston. 245 p.
- Baggelar, J. (1944) Foraminifera interpretation of Zulia oriental. Reporte Interno de Shell. Sin Número
- Bermúdez, P. (1949) Tertiary smaller foraminifera of the Dominican republic. Sharon, Massachusetta, U.S.A. 322 p.
- Boersma, A, y Haq, B. (1974) Introduction to Marine Micropaleontology, Elsevier, New York, 750 p.
- Bolli, H y Saunder, J (1985) Oligoceno to Holoceno low latitude plancktic foraminifera. En Bolli. H, Saunders J y Perch- Nilsen, (edit) planckton stratigraphy, Cambrige University Press London, 152 – 262 p.
- Brondjik, J.F (1967) Contribution of the AVGMP Maracaibo Basin Eocene Nomenclatura comité. II: the Misoa and Trujillo Formations. Asoc. Venez. Geol. Min y Pet. Bol. Inform., 10(1): 3-19.
- Buatois, L y Mangano (2000) Aplicaciones de la icnología en prospección e hidrocarburos y caracterización de reservorios. Boletín de informaciones petroleras. INSUGEO, San Miguel de Tucumán. Argentina, 64 – 75 p.

- Calderón, E (2002) Construcción de modelos geoestadísticos a escala centimétrica de facies heterolíticas, en las secciones informales C1 y C2 de la Formación Oficina, campo San Diego Zuata (Estado Anzoátegui) Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 141 p.
- Cardozo, L (1996) Procedencia de las rocas clásticas de la Formación Misoa en la Costa Oriental del Lago de Maracaibo y su relación con la tectónica, Estado Zulia. Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 266 p.
- Coleman J.M and Prior D.B en Scholle P. D. Spearing (eds) Sandstone deposition environments (1981) Deltaic Environments. AAPG Memoir 31, Tulsa Oklahoma. USA, p. 138-178.
- Corrales, I., Rosell, J., Sánchez, L.M., Vera, J. A. Y Vilas, L. (1977) Estratigrafía. Editorial Rueda, Madrid, 718p.
- Delgado, M. Kabbabe, E. Sampson. y F. Chacartegui (1997) Los icnofósiles como una herramienta para la interpretación ambiental y su control sobre la calidad de las rocas yacimiento en las formaciones Paují y Misoa, Campo Barúa y Motatán, estados Zulia y Trujillo, Venezuela. I Congreso Latinoamericano de Sedimentología. 142 p.
- Flores, G. Quintero, M. Gonzalez, C. Chalettier, J. Dunn,t. (1996) Efectos mineralógicos en la calidad de la roca en el Eoceno profundo de la Costa oriental. Informe técnico de INTEVEP. 96 p.
- Fuenmayor, A. (1989) Manual de foraminíferos de la Cuenca de Maracaibo. Editorial S.R.L. Maracaibo, 280 p.

- Garner, A.H (1926) Suggested nomenclature and correlation of geological formations in Venezuela. Amer. Inst. Min. Metall. Eng. Trans. 677-664.
- González De Juana, C., J. M. Iturralde y X. Picard. (1980) Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. Ediciones Foninvez. Tomo I y II, 1021 p.
- Habicht, K. (1958) C sands Lake Maracaibo—A regional study of Eocene sand development. Informe interno Shell de Venezuela. 245 p.
- Inglis, J.C. (1980) Cenozoic paleobathymetry and depositional history of selected sequences within the southern California continental borderland Cushman found foram res, spec. publ 19, p 163-195.
- Kennet, M.S. (1983) Neogene Planktonic Foraminifera. University of Rhode Island. New York, 245 p.
- Laporte, L. (1977) Ancient Environments. Prentice Hall. Inc, Englewood Cliffs, New York, 163 p.
- Lugo, J (1991) Tectonics and stratigraphic history of the Maracaibo basin. Austin University, Texas, phd thesis. Inedita. 142 p.
- Lugo, J. Mann P. (1995) Jurassic-Eocene Tectonic Evolution of Maracaibo Basin Petroleum Basins of South America, AAPG Mem. 62. 699-725.
- Morales, (2003) Caracterización sedimentológica del Yacimiento B-1 de la Formación Misoa en la Cuenca de Maracaibo. Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 223 p.

- Murray, J.W. (1991) Ecology and paleocology of benthic foraminifera, Lagan Scientific a technical, Avon, 397p.
- Ostos, M (1990) Evolución tectónica del margen sur-centro del Caribe, basado en geoquímica, Geos (U.C.V) 294 p.
- Parnaud, F.; Y. Gou; J.C. Pascual; I. Truskowski; O. Gallango y H. Passalacqua. (1995). Petroleum geology of the central part of the Eastern Venezuelan Basin. Petroleum Basins of South America. AAPG Memoir 62, p 741-756.
- Pérez, (1998) Calidad como reservorio de la Formación Misoa, Eoceno Medio Superior, Campo Bachaquero, Costa Bolívar, Estado. Zulia. Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 99 p.
- Pettijohn, J.; Potter y R. Siever (1972) Sand and Sandstone. Springer-Verlag, New York, 618p.
- Reading, H (1986) Sedimentary Environment and Facies. Blackwell Scientific Publications Osney Mead, Oxford, UK, 615 p.
- Reineck, H. E. y I. B Sing (1980) Depositional sedimentary environments. Germany, 551 p.
- Rojas, M A. (2002) Evaluación diagenética del miembro informal B-6-X de la Estado Formación Misoa en el área de Cabimas–Punta Benítez, Cuenca de Maracaibo, Zulia. Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 180 p.
- Romero y López(1996) Significado tectónico y procedencia de las rocas clásticas de la Formación Misoa en el sector norte de la Cuenca del Lago de Maracaibo estudio Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 129 p.

- Roure, F, Colleta, B, B. De Toni, B; Loureiro, D. Passalacqua, H; Gou, Y; (1997). Within plate deformations in the Maracaibo and east Zulia Basin, western Venezuela. *Marina and Petroleum Geology*, v 14, n 2 139–163 p.
- Sánchez, (1999) Estratigrafía secuencial de las arenas C de la Formación Misoa Bloque VII del Lago de Maracaibo. Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 120p.
- Sandoval, M. A. (2000) Diagénesis de areniscas. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. 414p.
- Schlumberger (1997). Evaluación de Pozos. Schlumberger. Venezuela. Vers. Digital (C.D).
- Sociedad Venezolana de Geólogos (2005) Taller geológico de campo Formación Misoa (carretera el Venado-Agua viva-Carora, Maracaibo).
- Sutton, F.A (1946) Geology of Maracaibo Basin. Venezuela, Amer. Assoc.Petrol. Geol., Bull 30(10), p 1621-1741.
- Yoris, F (1997) Estudio de secuencias clásticas por métodos petrográficos y estadísticos. Trabajo de ascenso. Universidad Central de Venezuela.
- Young, G. A. (1960) Stratigraphy of the Mioceno la Puerta Formation in the Ceuta Area, Lake of Maracaibo. Asociación Venezolana de Geología, Minas y Petróleo, 126p.
- Van Veen, F.R. (1971) The Oca Fault of northern South America. University of Tulsa. Master tesis, 234 p.

**REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (INTERNET)**

Comité Interfilial de Estratigrafía y Nomenclaturas (2000) Léxico Estratigráfico de Venezuela. PDVSA-Intevep, <http://www.pdv.com/lexico>.

Mapas de Venezuela (1999) <http://www.avenezuela.com/mapas/map/html/cuencaspetrolifer.html>.