

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DEL
YACIMIENTO B-1 SVS0073 DE LA FORMACIÓN MISOA EN LA
CUENCA DE MARACAIBO**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al título de Ingeniero Geólogo.
Por: T.S.U. Mary Y. Morales Medina.

Caracas, abril 2003.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DEL YACIMIENTO B-1 SVS0073 DE LA FORMACIÓN MISOA EN LA CUENCA DE MARACAIBO

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Egleé Zapata

COTUTOR ACADÉMICO: Prof. Victor Padrón

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Ricardo Carrizales

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al título de Ingeniero Geólogo
por: T.S.U. Mary Y. Morales Medina.

Caracas, abril 2003.

Morales M., Mary Y

CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DEL YACIMIENTO B-1 SVS0073 DE LA FORMACIÓN MISOA EN LA CUENCA DE MARACAIBO

**Tutor Académico: Prof. Eglee Zapata. Cotutor Académico: Prof. Victor Padrón.
Tutor Industrial: Ing. Ricardo Carrizales. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de
Ingeniería. Escuela de Geología. Año 2002, 226p**

Palabras Claves: Misoa, Yacimiento, B-1 SVS0073, Diagénesis, Facies, Ambientes.

El yacimiento está ubicado en el Campo Lama, Bloque IX, flanco este, Unidad de Explotación Lagomedio, área Lama Sur, constituido por 69 pozos, tres de ellos tienen núcleos, los cuales cortan el miembro informal B-1 de la Formación Misoa.

Este estudio se hace con la finalidad de conocer el tipo de roca y sus propiedades intrínsecas al momento de depositarse (paleoambiente) y las adquiridas luego de la depositación (por diagénesis); definir el patrón de continuidad de las arenas y la evolución vertical del ambiente.

Con las herramientas sedimentológicas: descripción macroscópica de núcleos, análisis petrográficos, respuesta de las curvas de los registros litológicos, identificación de la tendencia de las curvas isópacas de Arena Neta Total (ANT) se define el modelo depositacional.

El yacimiento está controlado, según la nomenclatura empleada por la industria, en facies sedimentarias clásticas S3, S1, S11, S2, H, L, el tamaño de grano varía de arenas gruesas a arcilla, texturalmente son rocas bien escogidas a mal escogidas y subangulares a redondeadas respectivamente, sometidas a una diagénesis temprana a intermedia, la cual no está afectada por la profundidad de soterramiento.

El ambiente en el que se han depositado estos tipos de rocas es deltaico controlado por procesos mareales donde las facies predominantes pertenecen principalmente a la parte proximal y media del delta representada por canales de marea, barras de marea e intermareales, bahía interdistributaria.

Desde el punto de vista secuencial, el yacimiento está enmarcado dentro de una secuencia de 3er orden, representado por un *Transgressive Systems Tract (TST)*, donde se presentan parcialmente dos sistemas de 4to orden, de base a tope está representado por un *TST* conformado a su vez por parasecuencias de 5to orden, este sistema se inician desde la parte superior del miembro informal B-2, y se extiende hasta el tope de la subunidad B1-4a, y un *High System Tract (HST)* que culmina en el tope del submiembro informal B-1.1.

Es importante, para definir con mayor exactitud la dirección de depositación de las arenas, hacer estudios enfocados a determinar localmente cual es la fuente de aporte de sedimentos para la acumulación de las rocas existentes en el yacimiento.

Caracas, de abril de 2003

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros de jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Geológica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la T.S.U. Mary Morales, titulado:

“Caracterización sedimentológica del yacimiento B-1 SVS0073 de la Formación Misoa en la cuenca de Maracaibo”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof.: Egleé Zapata
Tutor Académico

Ing. Ricardo Carrizales
Tutor Industrial

AGRADECIMIENTOS

A quienes con sabiduría y paciencia quisieron compartir conmigo sus conocimientos y guiaron académicamente en la realización de este proyecto: *Universidad Central de Venezuela*, representada por el personal docente y alumnado de la escuela de Geología, muy especialmente a mis tutores académicos quienes me prestaron su desinteresada colaboración para poder llevar a cabo este proyecto.

A quienes me apoyaron y dieron los recursos necesarios para continuar con mis estudios de pre-grado y elaborar mi proyecto de tesis para poder obtener el título de Ing. Geólogo: ***PDVSA Petróleo***, específicamente al personal que labora y ha laborado desde el 1998 en la Unidad de Explotación Lagomedio.

A quienes disponían además de los recursos necesarios para poder hacer la recolección, manejo y procesamiento de la data: ***Core Laboratories***, representada por el personal que labora en nucleoteca y departamento de rocas.

A quienes conocen y manejan las aplicaciones de ***Landmark*** y desde un primer momento fueron constantes en dar soporte y adiestramiento necesario para el manejo de la herramienta.

Gracias a todos Uds., y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron para poder obtener este producto final....

DEDICATORIA

A los seres más especiales en mi vida: mis padres ***FANY y ANTONIO***, les dedico el producto final de todo un sin fin de actividades y les doy gracias por enseñarme a luchar y ser perseverante ante toda situación y a mi esposo ***ALEJANDRO*** quien me ha dado todo su apoyo desde un principio para ayudarme a concluir satisfactoriamente esta etapa de mi vida...

los amo...

INDICE

INDICE	vii
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xv
LISTA DE GRÁFICOS	xvi
LISTA DE ANEXOS	xvii
CAPITULO I	18
1 INTRODUCCIÓN	18
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	19
1.3 JUSTIFICACIÓN	19
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	20
1.5 TRABAJOS PREVIOS	20
1.6 METODOLOGÍA	23
1.6.1 RECOLECCIÓN Y VALIDACIÓN DE DATA	23
1.6.2 CORRELACIÓN NÚCLEO – PERFIL	29
1.6.3 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LOS NÚCLEOS	29
1.6.4 SELECCIÓN DE MUESTRA PARA ANÁLISIS PETROGRÁFICOS	30
1.6.5 ELABORACIÓN DE SECCIONES DELGADAS	31
1.6.6 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	31
1.6.7 ELABORACIÓN DE LA HOJA SEDIMENTOLÓGICA	32
1.6.8 DEFINICIÓN DE AMBIENTE SEDIMENTARIO EN NÚCLEOS	32
1.6.9 ANÁLISIS DE FACIES	33
1.6.10 ANÁLISIS DE ELECTROFACIES	34
1.6.11 ELABORACIÓN DE MAPAS DE ARENA NETA TOTAL	38
1.6.12 ELABORACIÓN DE MAPAS DE FACIES V_s ANT	39
CAPÍTULO II	41
2 GEOLOGÍA REGIONAL	41

2.1	ESTRATIGRAFÍA REGIONAL	41
2.1.1	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS MAYORES	43
2.1.2	EOCENO	44
2.1.2.1	Eoceno Temprano	46
2.1.2.2	Eoceno Medio	47
2.1.2.3	Eoceno Tardío	53
2.1.3	PALEOAMBIENTE	54
2.1.4	PALEOGEOGRAFÍA	56
2.1.4.1	Tercera etapa (SB 49,5-39Ma)	56
2.2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	57
2.2.1	FALLAS DE OCA, EL CARIBE Y EL PILAR	62
2.2.2	LA FALLA DE BOCONÓ	62
2.2.3	LA FALLA DE SANTA MARTA-BUCARAMANGA	62
2.3	EVOLUCIÓN GEODINÁMICA DE LA CUENCA DE MARACAIBO	65
2.3.1	ESTILO EXTENSIONAL	66
2.3.2	ESTILO TRANSPRESIVO	67
2.3.2.1	Transpresión del Eoceno Tardío	67
2.3.2.2	Período de tranquilidad tectónica	68
2.3.2.3	Rejuvenecimiento transpresivo del Mioceno Medio al Plioceno	68
2.3.3	ESTILO COMPRESIONAL	69
2.4	ACUMULACIONES PETROLÍFERAS EN LA FORMACIÓN MISOA	70
2.4.1	UNIDAD INFORMAL B	71
CAPÍTULO III		73
3 GEOLOGÍA LOCAL		73
3.1	ESTRATIGRAFÍA LOCAL	73
3.2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL	78
3.2.1	AREA LAMA SUR SVS0073	78
3.2.2	AREA LAG2016	78
CAPÍTULO IV		80
4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		80

4.1	GENERALIDADES	80
4.2	DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA	83
4.3	CARACTERIZACIÓN DE LAS FACIES CLÁSTICAS	89
4.4	ASOCIACIÓN DE FACIES	96
4.4.1	ASOCIACIÓN DE PRODELTA	96
4.4.2	ASOCIACIÓN DE CANAL DISTRIBUTARIO	97
4.4.3	ASOCIACIÓN DE BARRAS DE DESEMBOCADURA	98
4.4.4	ASOCIACIÓN DE BAHÍA INTERDISTRIBUTARIA	99
4.4.5	ASOCIACIÓN DE BARRAS DE MAREA	99
4.4.6	ASOCIACIÓN DE CANAL DE MAREA	101
4.5	INTERPRETACIÓN DE ICHNOFACIES	102
4.5.1	ICNOFACIES <i>SKOLITHOS</i>	102
4.5.2	ICNOFACIES <i>CRUZIANA</i>	102
4.6	ANÁLISIS DIAGENÉTICO	103
4.6.1	COMPACTACIÓN	107
4.6.2	CEMENTACIÓN	109
4.6.3	ALTERACIÓN DE GRANOS	111
4.6.4	DISOLUCIÓN	112
4.6.5	GLAUCONITIZACIÓN	114
4.7	DEFINICIÓN DE UNIDADES SEDIMENTARIAS	117
4.7.1	UNIDADES SEDIMENTARIAS NUCLEOS DEL POZO SVS0095	117
4.7.2	UNIDADES SEDIMENTARIAS NUCLEOS DEL POZO SVS0226	124
4.7.3	UNIDADES SEDIMENTARIAS NUCLEOS DEL POZO SVS0339	134
4.8	PALEOAMBIENTES	148
4.8.1	ANÁLISIS DEL POZO SVS0095	148
4.8.1.1	Unidad Xa: Prodelta	149
4.8.1.2	Unidad XIa: Canal Distributivo	149
4.8.1.3	Unidad XIIa: Bahía Interdistributaria	149
4.8.1.4	Unidad XIIIa: Barra de desembocadura	150
4.8.2	ANÁLISIS DEL POZO SVS0226	150

4.8.2.1	Unidad Ib: Prodelta.	150
4.8.2.2	Unidad IIb: Barras de desembocadura.	151
4.8.2.3	Unidad IIIb: Canal distributivo y Barras de desembocadura	153
4.8.2.4	Unidad IVb: Bahía Interdistributaria	153
4.8.2.5	Unidad Vb: Barras de desembocadura	153
4.8.2.6	Unidad VIb: Bahía Interdistributaria	153
4.8.2.7	Unidad VIIb: Bahía Interdistributaria	154
4.8.2.8	Unidad VIIIb: Barras de desembocadura	154
4.8.2.9	Unidad IXb: Barras de desembocadura	154
4.8.3	ANÁLISIS DEL POZO SVS0339	155
4.8.3.1	Unidad Ic: Barras de Marea:	155
4.8.3.2	Unidad IIc: Canal de marea	156
4.8.3.3	Unidad IIIc: Canal de Marea	156
4.8.3.4	Unidad IVc: Barras de marea y canal de marea	156
4.8.3.5	Unidad Vc: Bahía Interdistributaria	156
4.8.3.6	Unidad VIc: Canales de Marea	157
4.8.3.7	Unidad VIIc: Canales de Marea	157
4.8.3.8	Unidad VIIIc: Barras de Marea	157
4.8.3.9	Unidad IXc: Barras de Marea	157
4.8.3.10	Unidad Xc: Prodelta	158
4.8.3.11	Unidad XIc: Barras de Marea	159
4.8.3.12	Unidad XIIc: Bahía Interdistributaria	159
4.8.3.13	AsFXIIIc: Barra de desembocadura	159
4.8.4	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN VERTICAL DEL DELTA ATRAVÉS DE LOS MAPAS DE FACIES vs ANT .	160
4.8.4.1	Subunidad B-1.5d	161
4.8.4.2	Subunidad B-1.5c	161
4.8.4.3	Subunidad B-1.5b	162
4.8.4.4	Subunidad B-1.5a	163
4.8.4.5	Subunidad B-1.4e	163

4.8.4.6	Subunidad B-1.4d	164
4.8.4.7	Subunidad B-1.4c	164
4.8.4.8	Subunidad B-1.4b	165
4.8.4.9	Subunidad B-1.4a	166
4.8.5	CORRELACIÓN DE SUBUNIDADES SEDIMENTARIA A TRAVÉS DE SECCIONES DE ELECTROFACIES	166
4.8.5.1	Sección de electrofacies 1	167
4.8.5.2	Sección de electrofacies 2	167
4.8.5.3	Sección de electrofacies 3	168
4.8.5.4	Sección de electrofacies 4	168
4.8.5.5	Sección de electrofacies 5	168
4.8.5.6	Sección de electrofacies 6	169
4.8.5.7	Sección de electrofacies 7	169
4.8.5.8	Sección de electrofacies 8	169
4.8.6	DEFINICIÓN DE MARCADORES ESTRATIGRÁFICOS	170
	CONCLUSIONES	177
	RECOMENDACIONES	179
	APÉNDICE 1	180
	PETROGRAFÍA DE ARENISCAS	180
	APÉNDICE 2	187
	GENERALIDADES DE ICHNOFACIES EN NÚCLEOS	187
	APÉNDICE 3	199
	DEFINICIÓN DE FACIES SEDIMENTARIAS EN NÚCLEOS	199
	APÉNDICE 4	201
	AMBIENTES SEDIMENTARIOS	201
	APÉNDICE 5	215
	CONCEPTOS BÁSICOS DE ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL	215
	CURRICULUM VITAE	219
	BIBLIOGRAFÍA	220

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica del área de estudio	20
Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología de trabajo	27
Figura 3: Mapa estructural al tope del yacimiento B-1 SVS0073	28
Figura 4: Correlación Núcleo-Perfil	30
Figura 5: Cabezal de la Hoja Sedimentológica	32
Figura 6: Modelo de sección estratigráfica con electrofacies	35
Figura 7: Ubicación de las líneas de secciones estratigráficas	37
Figura 8: Modelo mapa de Arena Neta Total (ANT)	39
Figura 9: Modelo mapa de Facies <i>Vs</i> ANT	40
Figura 10: Cronoestratigrafía generalizada, Eoceno en la Cuenca de Maracaibo	42
Figura 11: Elementos Estructurales en la cuenca de Maracaibo	43
Figura 12: Secuencias estratigráficas de la cuenca de Maracaibo	45
Figura 13: Límites de placa de la cuenca de Maracaibo	57
Figura 14: Mapa paleogeográfico, Paleoceno tardío-Eoceno (59-39 Ma.)	58
Figura 15: Avance de los terrenos caribeños hacia el sur	64
Figura 16: Ubicación estructural de la cuenca de Maracaibo.	67
Figura 17: Correlación de eventos tectónicos en la cuenca del Lago de Maracaibo.	70
Figura 18: Columna estratigráfica generalizada del área de estudio	74
Figura 19: Registro tipo del área de estudio	76
Figura 20: Subunidades del área de estudio definidas por <i>Weinman GeoScience</i>	77
Figura 21: Modelo estructural para cada área	79
Figura 22: Ubicación estratigráfica de los núcleos para cada uno de los pozos	81
Figura 23: Ubicación geográfica de pozos con núcleos del yacimiento B-1 del SVS0073	82
Figura 24: Descripción de facies S3	90
Figura 25: Descripción de facies S1	91
Figura 26: Descripción de facies S11	92
Figura 27: Descripción de facies S2	93

Figura 28: Descripción de facies H	94
Figura 29: Descripción de facies L	95
Figura 30: Fotografía del proceso de compactación	108
Figura 31: Fotografía del proceso de cementación	111
Figura 32: Fotografía del proceso de alteración de granos	112
Figura 33: Fotografía mostrando granos flotantes	113
Figura 34: Fotografía del proceso de disolución	113
Figura 35: Fotografía del proceso de glauconitización	114
Figura 36: Ocurrencia de evidencias e intensidad de los procesos diagenéticos en pozos SVS0226	115
Figura 37: Ocurrencia de evidencias e intensidad de los procesos diagenéticos en pozos SVS0339	116
Figura 38: Unidad sedimentaria informal IXa	119
Figura 39: Unidad sedimentaria informal Xa	120
Figura 40: Unidad sedimentaria informal XIa	121
Figura 41: Unidad sedimentaria informal XIIa	122
Figura 42: Unidad sedimentaria informal XIIIa	123
Figura 43: Unidad sedimentaria informal Ib	125
Figura 44: Unidad sedimentaria informal IIb	126
Figura 45: Unidad sedimentaria informal IIIb	127
Figura 46: Unidad sedimentaria informal IVb	128
Figura 47: Unidad sedimentaria informal Vb	129
Figura 48: Unidad sedimentaria informal VIb	130
Figura 49: Unidad sedimentaria informal VIIb	131
Figura 50: Unidad sedimentaria informal VIIIb	132
Figura 51: Unidad sedimentaria informal IXb	133
Figura 52: Unidad sedimentaria informal Ic	135
Figura 53: Unidad sedimentaria informal IIc	136
Figura 54: Unidad sedimentaria informal IIIc	137
Figura 55: Unidad sedimentaria informal IVc	138

Figura 56: Unidad sedimentaria informal Vc	139
Figura 57: Unidad sedimentaria informal VIc	140
Figura 58: Unidad sedimentaria informal VIIc	141
Figura 59: Unidad sedimentaria informal VIIIc	142
Figura 60: Unidad sedimentaria informal IXc	143
Figura 61: Unidad sedimentaria informal Xc	144
Figura 62: Unidad sedimentaria informal XIc	145
Figura 63: Unidad sedimentaria informal XIIc	146
Figura 64: Unidad sedimentaria informal XIIIc	147
Figura 65: Accesorios litológicos característicos de deltas dominados por mareas	151
Figura 66: Estratificación cruzada de ángulo bajo, indica unidireccionalidad	152
Figura 67: Estructura sedimentaria típica de deltas con dominio mareal	152
Figura 68: Estructura sedimentaria típica de prodelta en dominio mareal	154
Figura 69: Clastos de arcilla, fragmentos de conchas y niveles de óxido	155
Figura 70: Estructuras típicas de deltas de dominio mareal	157
Figura 71: Restos de conchas, característico de deltas dominado por mareas	158
Figura 72: Correlación estratigráfica, mostrando los sistemas encadenados en pozos con núcleos	173
Figura 73: Correlación estratigráfica 1 mostrando los sistemas encadenados	174
Figura 74: Correlación estratigráfica 3 con sistemas encadenados	175
Figura 75: Correlación estratigráfica 7 con sistemas encadenados	176

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Listado de Pozos	25
Tabla 2: Listado de pozos utilizados para análisis de electrofacies	35
Tabla 3: Listado de secciones estratigráficas	36
Tabla 4: Intervalos para secciones petrográficas	83
Tabla 5: Características texturales de las muestras del pozo SVS0226	84
Tabla 6: Características composicionales de las muestras del pozo SVS0226	85
Tabla 7: Características texturales de las muestras del pozo SVS0339	86
Tabla 8: Características composicionales de las muestras del pozo SVS0339	87
Tabla 9: Distribución porcentual de los constituyentes de las muestras y clasificación mineralógica.	88
Tabla 10: Evidencia y etapas diagenéticas del yacimiento	103

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribución de facies en los núcleos del pozo SVS0095	118
Gráfico 2: Distribución de facies en los núcleos del pozo SVS0226	124
Gráfico 3: Distribución de facies en los núcleos del pozo SVS0339	134

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Datos generales de los pozos por subunidad

ANEXO 2: Intervalos de profundidad de los núcleos en cada pozo

ANEXO 3: Hoja sedimentológica, pozo SVS0095

ANEXO 4: Hoja sedimentológica, pozo SVS0226

ANEXO 5: Hoja sedimentológica, pozo SVS0339

ANEXO 6: Secciones de electrofacies

ANEXO 7: Ambientes sedimentarios para cada subunidad

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar sedimentológicamente el yacimiento B-1 SVS0073, Bloque IX, de la cuenca del Lago de Maracaibo, integrando la data obtenida a partir de la descripción macroscópica de núcleos y análisis de facies a través registros, tomando como base el modelo estructural del área previamente definido.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el trabajo especial de grado, último requisito del *pensum* de Geología para optar al título de Ingeniero Geólogo.
- Definir los ambientes sedimentarios, basado en la información obtenida a partir de la descripción macroscópica de los núcleos del área correspondiente a las arenas del miembro informal B-1 de la Formación Misoa.
- Realizar análisis petrográficos de secciones finas tomadas de los núcleos con la finalidad de poder definir las características texturales y las etapas diagenéticas de las secuencias sedimentarias presentes en el yacimiento.
- Determinar patrones de continuidad e interdigitación de los cuerpos de arenisca que constituyen el yacimiento tomando en cuenta las electrofacies de cada pozo y la tendencia de las arenas que se muestran en los mapas de arena neta total (ANT).

- Elaborar mapas de ANT y electrofacies a partir de los datos petrofísicos, así como de los resultados de análisis de facies, a través de la extrapolación de la información obtenida de núcleos y registros de pozos.

1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El yacimiento B-1 SVS0073, está ubicado en el campo Lama, al sur del Bloque IX del Lago de Maracaibo, el área principal abarca 40Km² aproximadamente, en adición del área LAG2016 de 22Km². Su estructura constituye un monoclinal con buzamiento de 3° a 5° hacia el sur, situado al este de la falla Lama-Icotea

El modelo estructural para el Eoceno en el yacimiento B-1 SVS0073, está definido por un complejo sistema de bloques escalonados de rumbo noreste - suroeste y buzamiento al sur que varía entre 3 y 10 grados.

Los límites del yacimiento están dados al norte por una falla normal de dirección noroeste – sureste, el límite oeste está definido por la falla Lama-Icotea de rumbo noreste-suroeste de carácter inverso con un salto aproximado de 2500', al este por una falla normal de rumbo general norte-sur, el CAPO a 10530' constituye el límite sur del yacimiento (*Weinman GeoSciences*).

1.3 JUSTIFICACIÓN

Con la elaboración del presente estudio, se busca optimizar el proyecto de recuperación secundaria a través de la inyección de agua y control de arena, donde se indique la ubicación relativa de los pozos inyectoras de agua con respecto a los pozos productores, además de los canales preferenciales para la inyección por lente. Y así mismo disponer de una herramienta adicional para el estudio de las técnicas de control de arena que se ejecutan en la Unidad de Explotación Lagomedio.

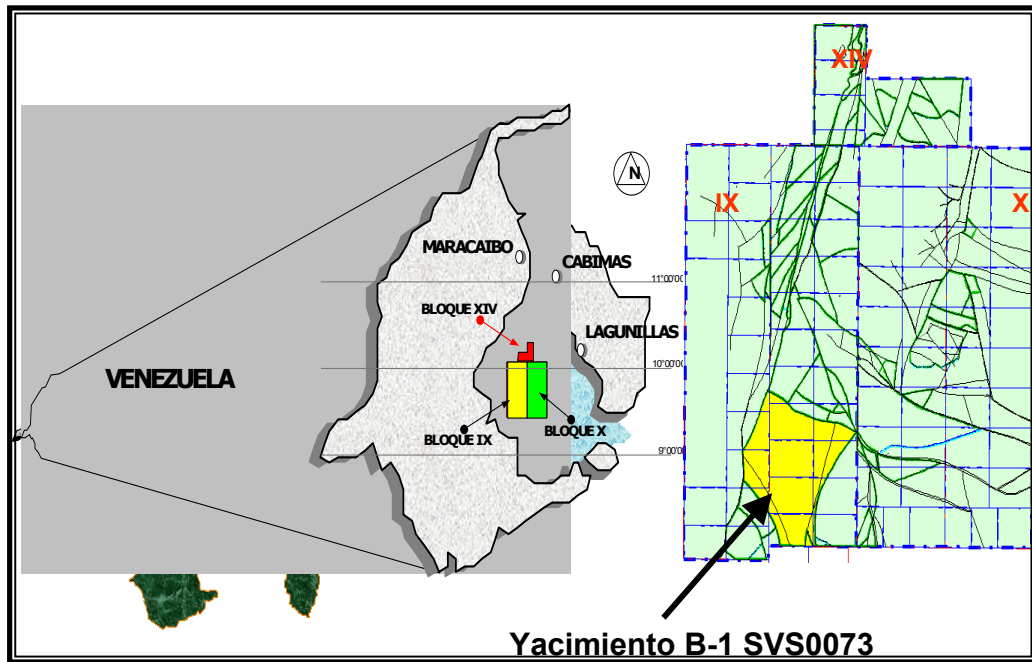


Figura 1: Ubicación geográfica del área de estudio

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Para la elaboración de este proyecto, se trabaja con la información oficial del área, donde se incluyen 69 pozos previamente analizados desde el punto de vista sedimentológico y secuencial, incluyendo 9 pozos que han sido perforados desde junio de 1998 hasta hoy día, con la finalidad de hacer una actualización del área, este proyecto se desarrolló en un período de seis (6) meses, donde se obtuvo como resultado final la interpretación ambiental en base a los análisis de los pozos con núcleos y la respuestas de los registros eléctricos (Gamma Ray) de los pozos del área.

1.5 TRABAJOS PREVIOS

THE SCOTIA GROUP AND WEINMAN GEOSCIENCE, 1998; llevó a cabo una caracterización del yacimiento de las arenas del miembro B-1 de la Formación Misoa, en las áreas del SVS-59 y SVS-73, Lago de Maracaibo, Venezuela, el cual constó de tres fases. La Fase I: relacionada a la recolección de

data, la Fase II: presenta los resultados de una evaluación detallada de la data petrofísica, geológica, geofísica y de producción de las arenas B1 y la Fase III comprendida por la simulación.

En su fase II se concluye geológicamente que el contraste entre las arenas y las arcillas en B1, particularmente en las sub-unidades B-1.4 y B-1.5 es baja, por lo que resulta difícil definir la composición de las arenas en el yacimiento.

Los topes oficiales antes de este estudio, fueron revisados por *Weinman GeoSciences* para chequear su consistencia, donde observaron que el tope de la erosión del Eoceno era consistente con respecto al área de estudio, en los cuales pocas modificaciones fueron necesarias. Sin embargo los topes de B-1.1, B-1.2, B-1.3, B-1.4, B-1.5, B-2 se ajustaron definiendo el modelo estructural actual para el área.

La geometría de los cuerpos de arena observada en los mapas isópacos de Arena Neta Total puede resaltar entre las depositaciones deltaicas o de barras. La orientación de los cuerpos de arena, el rumbo *versus* el buzamiento, puede dar evidencias de oleaje o de condiciones marinas respectivamente.

SHELL TECHNICAL SERVICES, 1988; realiza un Estudio Integrado del Yacimiento B1 del SVS0073, en el cual establece una nueva definición de la Unidad B1. Bajo esta nueva definición la Unidad B1 se compone de 4 Yacimientos: B1 del SVS0073, B1 del SVS0068, B1 del SVS0140 y B1 del SLG-0004 definidos previamente por Corpoven. En dicho estudio, se indica que arealmente el yacimiento B1 del SVS0073 está subdividido en cuatro regiones y 5 sub-unidades.

VALENTI, R. e HIDALGO, M. (1998), interpretaron en su informe, un ambiente marino somero para las unidades B-1.3 hasta B-1.5, basado en palinomorfos donde observaron un aumento de fósiles marinos desde 10082' hasta 10121' y los asociaron con una superficie máxima de inundación. Esto es consistente con la

interpretación de Cortiula (1992) de PDVSA en su identificación de la máxima superficie de inundación a 10120' en su descripción de este núcleo. Este horizonte corresponde a una lutita negra oscura. Esta es también la lutita que separa las unidades de flujo B-1.3 y B-1.4.

BOESI, T., *et al* (1992), determinaron que los núcleos del pozo SVS-226 representan el contacto discordante superior de la Formación Misoa con la arena basal de la Formación La Rosa (arena de Santa Bárbara) de edad Mioceno, suprayacente. Estos núcleos fueron utilizados para estudiar el efecto diagenético sobre las facies de arenisca de grano fino, el cual destruyó la totalidad del espacio poroso primario.

CORTIULA, B. (1992); analizó 324' de núcleo cortados en el pozo SVS0226, basado en el análisis de facies sedimentarias, identifica siete unidades sedimentarias que presentan en general buena continuidad lateral, además identifica la unidad más prospectiva dentro del intervalo analizado.

De tal estudio, se concluye, que secuencia fue depositada en un ambiente de bahía costera con depósitos arenosos de barras y con canales interdigitándose dentro de ella, la mayor parte del núcleo tiene un predominio arcilloso en la secuencia, basado en el tamaño de grano fino y los procesos de disolución/alteración el yacimiento puede clasificarse como de baja calidad.

Dado los resultados obtenidos, CORTIULA, *op.cit.*, recomienda hacer reevaluaciones petrofísicas, estudios interdisciplinarios, toma adicionales de núcleos y mejor muestreo del área.

PITTELLI, R y VELASQUEZ, M, (1988), presentan los resultados de un estudio micropaleontológico, paleoambiental y palinológico de los bloques IX y X del Lago de Maracaibo, basado en muestras de núcleo tomadas en seis (6) pozos, en

los intervalos de la arenas B y C7 de la Formación Misoa, en el mismo indican que “el intervalo de arena B1 representó un evento marino de magnitud considerable, el cual puede ser usado como medio de correlación” de edad Eoceno Medio parte terminal / Eoceno Tardío parte temprana.

De los análisis micropaleontológicos se han identificado dos asociaciones correspondientes al intervalo de interés: la Asociación 1, caracterizada por la abundante presencia de fauna de foraminíferos béticos aglutinados de paredes gruesas y finas, poco diversificada, este conjunto fósil sólo fue observado en el intervalo correspondiente a B1 de la Formación Misoa, en los núcleos del pozo SVS0095 y es característico de un paleoambiente marino, nerítico superior, aguas turbias y profundidad no mayor de 30m.

Mientras que la Asociación 4: está caracterizada por la abundante presencia de fauna diversificada, constituida por foraminíferos béticos calcáreos, foraminíferos grandes y fauna asociada, fueron muy comunes los granos de glauconita y ooides. Esto es típico de un ambiente de plataforma somera, con una profundidad de agua de 30m. Presencia de energía moderada e insignificante aporte de clásticos. Esta asociación corresponde a la sección de areniscas calcáreas que se encuentra entre 10007' a 10042'.

1.6 METODOLOGÍA (Ver Figura 2)

1.6.1 RECOLECCIÓN Y VALIDACIÓN DE DATA

Es la primera etapa en la elaboración del proyecto de tesis y consiste en ubicar los límites del área de estudio (Ver Figura 3), incluyendo los pozos existentes en el yacimiento con sus coordenadas *UTM* (Ver Tabla 1) y ubicar las referencias bibliográficas de trabajos previos realizados en el área, para así conocer como han evolucionado las interpretaciones sobre la misma, junto con los mapas base y estructurales oficiales.

Conocidos los pozos pertenecientes al yacimiento, se procede a ubicar los registros eléctricos de interés desde el punto de vista geológico como son: Gamma Ray (GR), Potencial Espontáneo (SP) y Resistividad entre otros para la validación de las curvas de los registros cargadas en la base de datos.

Se identifican los topes estructurales, tomados del estudio realizado por la compañía *Weinman Geosciences* para cada una de las sub-unidades en las que está dividido el yacimiento según el modelo oficial. Se seleccionaron los pozos con núcleos cortados en el área y que corten el intervalo del yacimiento en estudio.

POZO	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
SLG0003	209143.66	1087982.15
SLG0004	209136.80	1086924.52
SLG0006	209128.62	1085870.69
SLG0007	209629.47	1089202.02
SLG0011	209739.61	1088073.17
SLG0017	209120.90	1084814.13
SLG0027	209617.04	1088631.33
SVS0062	210358.40	1090172.15
SVS0067	214305.76	1088561.83
SVS0068	212485.91	1089631.34
SVS0069	213679.81	1086473.32
SVS0073	211559.45	1088059.25
SVS0075	211535.66	1084917.55
SVS0079	213355.64	1083856.11
SVS0083	211568.86	1089106.98
SVS0085	212476.86	1088577.30
SVS0086	213387.84	1088046.90
SVS0087	210649.22	1088590.49
SVS0088	212469.31	1087529.71
SVS0089	210641.03	1087544.02
SVS0090	214297.77	1087514.92
SVS0091	211552.75	1087012.28
SVS0093	214276.91	1084375.50
SVS0095	212176.10	1089102.02
SVS0136	210658.84	1089646.08
SVS0141	210350.15	1089124.12
SVS0145	210044.90	1088595.49
SVS0156	210036.89	1087547.13
SVS0018	211868.16	1088581.55
SVS0174	211577.85	1090162.72
SVS0175	210955.71	1089112.78
SVS0177	212445.96	1084387.53
SVS0179	213672.54	1085425.58
SVS0187	211259.94	1088586.55
SVS0188	213158.85	1088643.75
SVS0191	213981.98	1085946.40
SVS0197	213973.16	1084898.51
SVS0207	214572.83	1083843.98
SVS0210	212996.93	1085316.02
SVS0211	214581.90	1084893.18
SVS0215	213346.95	1084860.53
SVS0216	214284.01	1083352.15

POZO	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
SVS0199	214281.24	1085421.28
SVS0204	214878.16	1084366.84
SVS0206	213663.34	1084376.21
SVS0226	214873.93	1083467.13
SVS0235	209050.41	1086394.58
SVS0241	211299.46	1089746.95
SVS0245	213042.03	1087544.25
SVS0248	210549.61	1088153.46
SVS0253	209647.12	1086905.87
SVS0259	209526.44	1087370.42
SVS0260	209463.29	1086547.20
SVS0262	210608.01	1090230.53
SVS0279	209372.66	1087695.42
SVS0287	212271.90	1090077.09
SVS0291	211890.35	1089642.76
SVS0293	209865.43	1089451.68
SVS0303	213979.62	1088017.50
SVS0306	210200.41	1089391.27
SVS0310	209956.69	1086581.23
SVS0319	211025.87	1089483.26
SVS0339	211646.23	1089478.44
SVS0352	213947.48	1088778.39
SVS0357	213500.00	1089020.00
SVS0364	213850.00	1089000.00
SVS0365	213175.00	1089226.40
SVS0391	212781.12	1088049.51
SVS0403	212789.27	1089097.07
SVS0405	214127.13	1086526.80
SVS0407	211101.79	1090125.67
SVS0411	211259.44	1088516.43

Tabla 1: Listado de Pozos

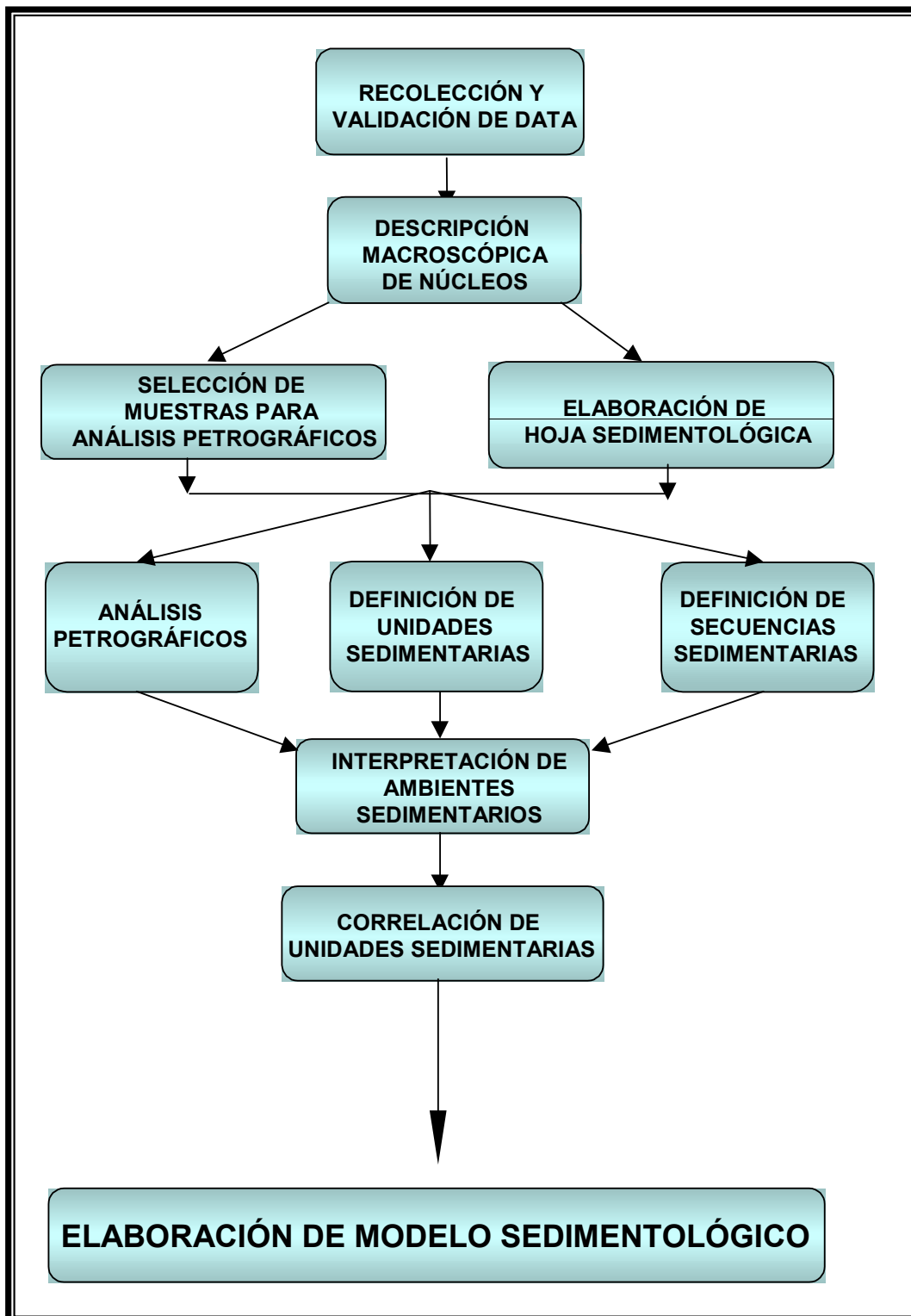


Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología de trabajo

1.6.2 CORRELACIÓN NÚCLEO – PERFIL

Se calibra el núcleo con el perfil Core Gamma, esto se logra comparando la forma del registro con la litología observada, para colocarlos en la misma profundidad y luego correlacionarlos con el registro Gamma Ray (GR) del pozo (profundidades del registro), estableciendo de esta manera las correcciones necesarias para que las respuestas de las curvas de GR en cada uno de los registros coincidan. Las calibraciones correspondientes se hacen con los registros a la misma escala, en este caso es 1: 200 (Ver Figura 4).

1.6.3 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LOS NÚCLEOS

Se define macroscópicamente los cambios sedimentarios relevantes comprendidos entre bases erosivas. Dentro de cada ciclo o secuencia individual, se identifica la distribución del tamaño de grano (granocreciente, granodecreciente y secuencias masivas), estructuras sedimentarias, contenido de fósiles e icnofósiles, impregnación de hidrocarburos y otras características que puedan ser identificadas y definidas.

Reconocimiento de cada facies sedimentaria, basándose en los parámetros físicos, químicos y asociaciones paleontológicas que la caracterizan, tomando en cuenta el color, textura, mineralogía, estructuras sedimentarias, la distribución del tamaño y escogimiento de los granos. Una vez identificadas las facies, se les asigna una codificación previamente definida por la industria con el propósito de facilitar la descripción y posterior comunicación con los otros profesionales, esta codificación está es definida en el Apéndice 3.

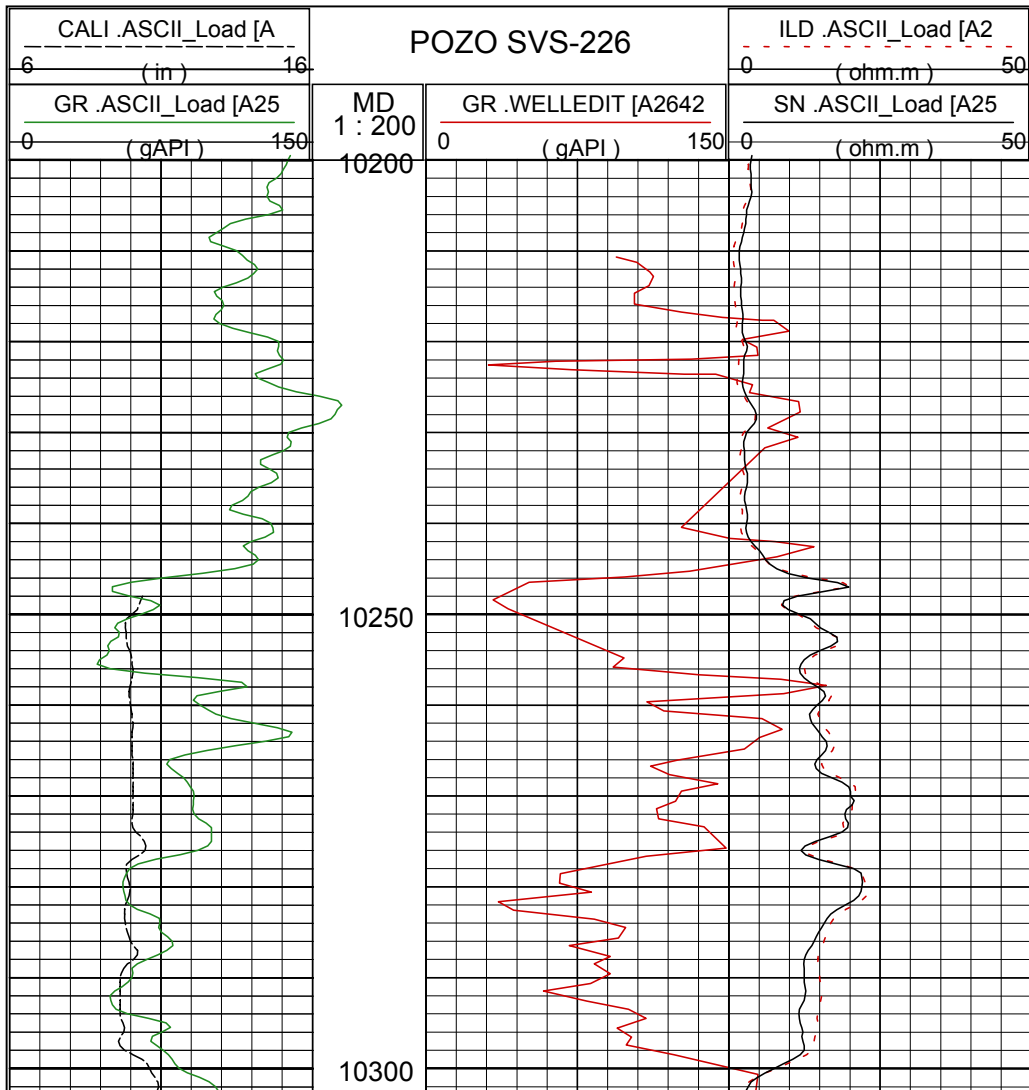


Figura 4: Correlación Núcleo-Perfil

1.6.4 SELECCIÓN DE MUESTRA PARA ANÁLISIS PETROGRÁFICOS

Las facies sedimentarias son muestreadas en función de la complejidad y grado de heterogeneidad del yacimiento, tomando en cuenta los intervalos donde se encontraba los granos tamaño arena. Otro de los criterios empleados para la selección de estas muestras, es la existencia de data dura (porosidad y permeabilidad), obtenidos de los análisis convencionales y especiales hechos a taponés, tomados al

núcleo con anterioridad, además se escogieron los intervalos más próximos al tope y base de cada una de las sub-unidades, con la finalidad de tener caracterizado los límites de las unidades.

1.6.5 ELABORACIÓN DE SECCIONES DELGADAS

Luego de seleccionados los intervalos a muestrear, en algunos casos para los núcleos del pozo SVS-339, el personal de la nucleoteca de CoreLab cortó los tapones y otros se encontraban en la Nucleoteca de La Concepción PDVSA, mientras que para el núcleo SVS0226 existían aún recortes de los tapones ya tomados ubicados físicamente en la Nucleoteca de La Concepción.

Con las muestras cortadas, el personal del laboratorio de la nucleoteca de La Concepción, elaboró 14 secciones finas para realizar los análisis petrográficos respectivos, como fueron: características texturales, composición general de la roca y evidencias diagenéticas, estos resultados, se presentan en el Capítulo IV.

1.6.6 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

La descripción petrográfica, se realizó a través del análisis de secciones delgadas, esta actividad se llevó a cabo en las instalaciones de CoreLab - Maracaibo con la utilización de un microscopio petrográfico binocular marca *OLYMPUS BH2* donde se describieron las características texturales y composicionales para luego clasificar la roca según Pettijohn, Potter y Siever 1978 en PETTIJOHN, 1976; (ver Apéndice 1 para los detalles de esta clasificación) y se toman las fotografías de las secciones finas donde se resaltan las características texturales que evidencian posteriormente la etapa diagenética a la que está siendo sometida la roca en estudio.

Basado en el análisis mineralógico, existencia o no y tipo de matriz, tipo y distribución de arcilla, porosidad, tipo de cemento, se puede definir la etapa diagenética de cada roca.

1.6.7 ELABORACIÓN DE LA HOJA SEDIMENTOLÓGICA

Posterior a la fase de descripción del núcleo, se procede a almacenarla en el software Apple Core versión 3.81, donde se elabora la columna sedimentológica, indicando las siguientes variables descritas y analizadas previamente tales como Período, Edad, Formación, Profundidad de registro y núcleo, Tamaño de grano, Bioturbación, Estructuras sedimentarias, Minerales accesorios, Icnofósiles, Fósiles, Escogimiento, Redondez, Facies (nomenclatura interna de PDVSA), Ambiente depositacional, adicional se colocan los registros de GR y Core Gamma del pozo con la finalidad de ubicar el núcleo dentro de la columna estratigráfica (Ver Figura 5).

HOJA SEDIMENTOLÓGICA POZO SVS-339																		
PERÍODO	EDAD	FORMACIÓN	PROFUNDIDAD (PIES)	TAMAÑO DE GRANO	TAMAÑO DE GRANO	INTENSIDAD DE BIOTURBACIÓN	ESTRUCTURAS FÍSICAS	ACCESORIOS	ICNOFÓSILES	FÓSILES	MUESTRAS DE HIDROCARBURO	ESCOGIMIENTO	REDONDEZ	FRACTURAS	FACIES CLÁSTICAS	COMENTARIOS	AMBIENTE DEPOSITACIONAL	COMPLEJO DEPOSITACIONAL
				GRANULO ARENAS LIMO ARCILLA														

Figura 5: Cabezal de la Hoja Sedimentológica

1.6.8 DEFINICIÓN DE AMBIENTE SEDIMENTARIO EN NÚCLEOS

Para la definición del modelo depositacional de las secuencias observadas en los núcleos se identificaron las unidades sedimentarias en el núcleo analizando la evolución vertical de las secuencias (facies, contactos), considerando aspectos como, la asociación de icnofosiles, la distribución de los tamaños de grano (granocreciente, granodecreciente y secuencias masivas), engrosamiento y adelgazamiento de las capas comprendidas entre los contactos.

Luego de la definición de las unidades sedimentarias se procede a calibrarlas con las unidades de flujo con la finalidad de obtener la correspondencia entre ambas

unidades, con las características de cada una de las unidades sedimentarias, se procede a definir el tipo de ambiente al cual pertenecen los intervalos estudiados, a través de asociaciones de facies las cuales se definen con la siguiente nomenclatura: “AsFXIa: Prodelta”

Con la integración de todos los datos obtenidos, se define el ambiente sedimentario, cuya importancia radica en que el tipo de facies depositadas y sus asociaciones, su geometría interna y externa y su extensión, están controladas por los procesos sedimentarios que caracterizan el tipo de ambiente en que se ha depositado dicha facies.

Estos datos son posteriormente comparados con los modelos conceptuales obtenidos en ambientes recientes, lo que permite establecer las analogías y por tanto descifrar el ambiente sedimentario responsable del origen de la secuencia bajo estudio.

1.6.9 ANÁLISIS DE FACIES

Se desarrolla a partir de la calibración de las unidades sedimentarias previamente definidas con los núcleos y la respuesta de los registros litológicos tomados en el pozo: (Core Gamma, Gamma Ray), con la finalidad de poder definir las características físicas que puedan ser extrapoladas a los pozos sin núcleo, para esta extrapolación, se trabaja con 22 pozos de los 69 que constituyen el yacimiento, basado en los registros más representativos para la definición de los ambientes por subunidades, los cuales han sido previamente analizados y validados según los criterios de este nuevo estudio. (Ver Tabla 1), adicionalmente, en las áreas donde no se han perforado recientemente pozos, se trabaja con la información oficial.

1.6.10 ANÁLISIS DE ELECTROFACIES

El área está constituida por un total de 69 pozos, de los cuales 60 están analizados (ver Tabla 1, nombre de pozos sombreados en color azul) en el trabajo previo desde el punto de vista secuencial donde se definieron al detalle cada uno de los ambientes por subunidades, estas se correlacionan con los pozos nuevos perforados en el yacimiento con la finalidad de definir la continuidad de las arenas tomando como base la dirección de sedimentación para el miembro informal B-Superior.

Se hacen correlaciones estratigráficas utilizando de referencia los pozos analizados en el estudio de *Weinman GeoScience* con los pozos perforados luego de dicho estudio (ver Figura 6), los nombres de los pozos en cuestión, se indican en la Tabla 2 que se presenta en la página siguiente.

Para obtener el resultado final, se comparan en primer lugar, los registros litológicos GR y SP con cada una de las facies sedimentarias y se continúa con las unidades sedimentarias, a fin de lograr una caracterización de la respuesta del registro. Luego se hace la interpretación de la respuesta de los mismos de acuerdo a las facies presentes en el núcleo. El yacimiento está dividido en cinco subunidades de las cuales sólo se analizan B-1.4 y B-1.5, por ser las más prospectivas dentro de todo el intervalo, con esta correlación se determina la extensión areal de cada facies por subunidad.

Para hacer las correlaciones estratigráficas, se definieron las orientaciones de las mismas (ver Figura 7), tomando de referencia la dirección preferencial de sedimentación de la secuencia correspondiente al miembro informal B-1, perpendiculares a ellas y la geometría, de los cuerpos sedimentarios graficada en los mapas de electrofacies por *Weinman Geosciences*, en la Tabla 3 que se presenta a continuación, se indican las direcciones de correlación incluyendo en cada una el nombre de la sección y el nombre de los pozos que la conforman.

Tabla 3: Listado de secciones estratigráficas

Nombre de la sección	Orientación de la sección	Pozos pertenecientes a la sección
Sección Estratigráfica 1	O-E	SVS083 - SVS0095 - SVS0403 - SVS0357
Sección Estratigráfica 2	O-E	SVS0085 – SVS0188 – SVS0352
Sección Estratigráfica 3	NO-SE	SVS0187 - SVS0411 - SVS0073
Sección Estratigráfica 4	NO-SE	SVS0262 - SVS0407 - SVS0241 -SVS0339
Sección Estratigráfica 5	NO-SE	SVS0068 - SVS0357 - SVS0364
Sección Estratigráfica 6	SO-NE	SVS0085 – SVS0403 – SVS0365
Sección Estratigráfica 7	SO-NE	SVS0088 – SVS0391 – SVS0188
Sección Estratigráfica 8	SE-NO	SVS0199 – SVS0191 – SVS0405

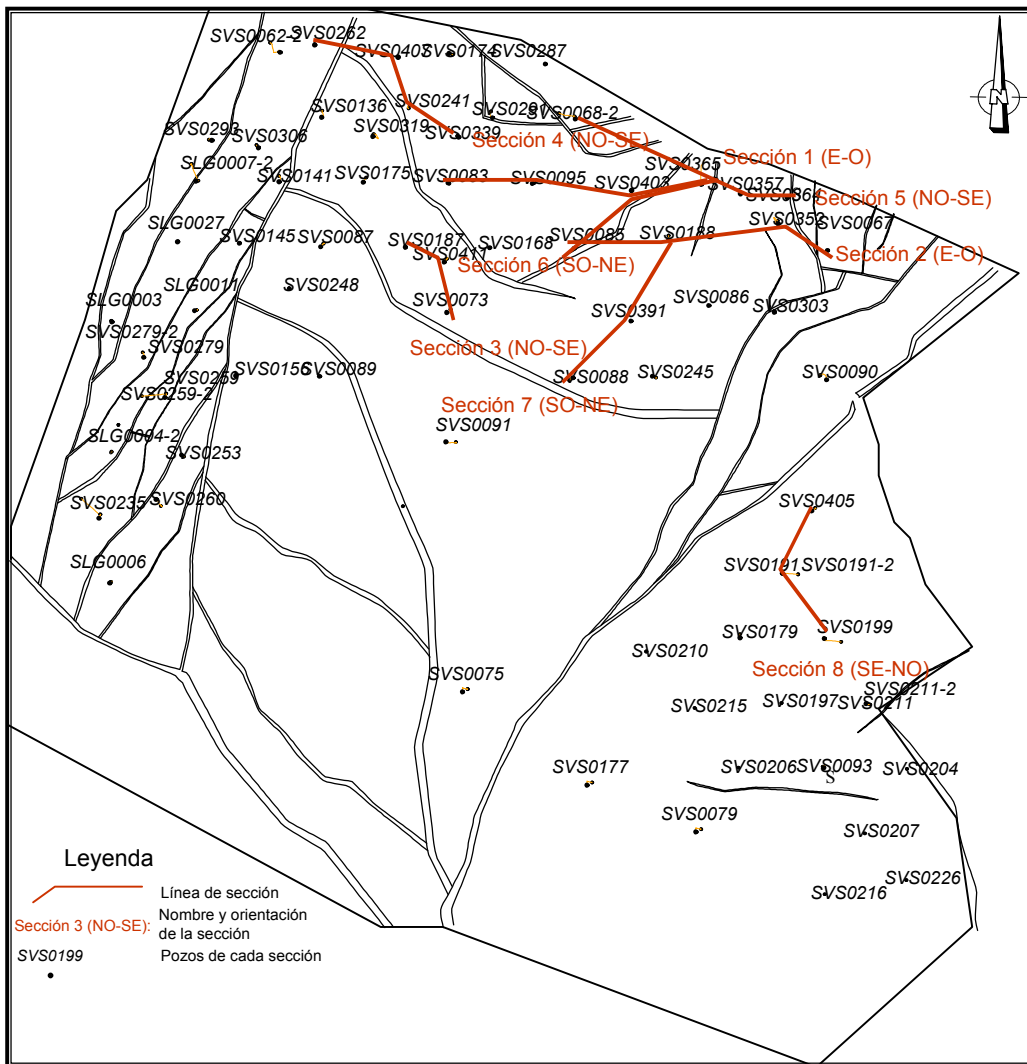


Figura 7: Ubicación de las líneas de secciones estratigráficas

1.6.11 ELABORACIÓN DE MAPAS DE ARENA NETA TOTAL

Los datos para la elaboración de estos mapas se obtienen a partir de evaluaciones petrofísicas existentes en cada uno de los pozos del área, realizada por la compañía *Weinman Geosciences*, y para los pozos perforados luego de finalizado este estudio, se hacen los cálculos de ANT para cada una de las sub-unidades, con la finalidad de actualizar la data y elaborar finalmente los mapas de ANT.

Este tipo de mapa permite predecir posibles direcciones y zonas de mayor depositación dentro de la unidad sedimentaria (ver Figura 8). Estos cálculos se hacen con la plataforma de *Landmark* a través de la aplicación *Stratwork*, haciendo las interpretaciones de *Litology* donde se obtienen los valores de ANT y los mapas se hacen bajo esta misma plataforma pero con la aplicación *Z-MAP Plus*.

En el anexo 1, se presentan los datos recolectados del estudio, relacionados con la profundidad del tope de cada una de las subunidades, espesor bruto, espesor de arena neta total (ANT) y porcentaje de ANT.

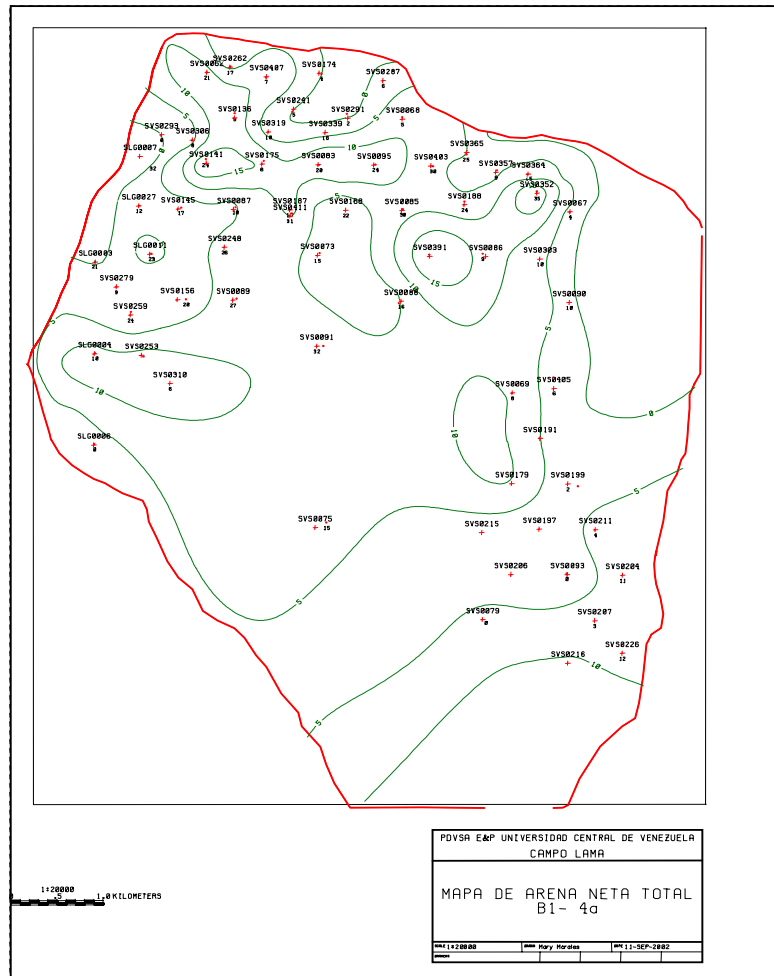


Figura 8: Modelo mapa de Arena Neta Total (ANT)

1.6.12 ELABORACIÓN DE MAPAS DE FACIES VS ANT

Para cada sub-unidad, se elaboraron mapas de facies utilizando la información de núcleos previamente calibrada con perfiles y la interpretación ambiental sedimentaria, configurando a través de ello la base para definir la geometría externa de los depósitos sedimentarios, su orientación y distribución areal (ver Figura 9).

La representación gráfica obtenida es un producto integrado de los mapas isópacos de ANT con las facies definidas, incluyendo en ellos la respuesta de los registros eléctricos GR y resistividad de cada uno de los pozos por subunidad.

Este mapa final, es elaborado bajo la plataforma de *Landmark* a través de la aplicación *Stratwork*, haciendo las interpretaciones de *MapView*.

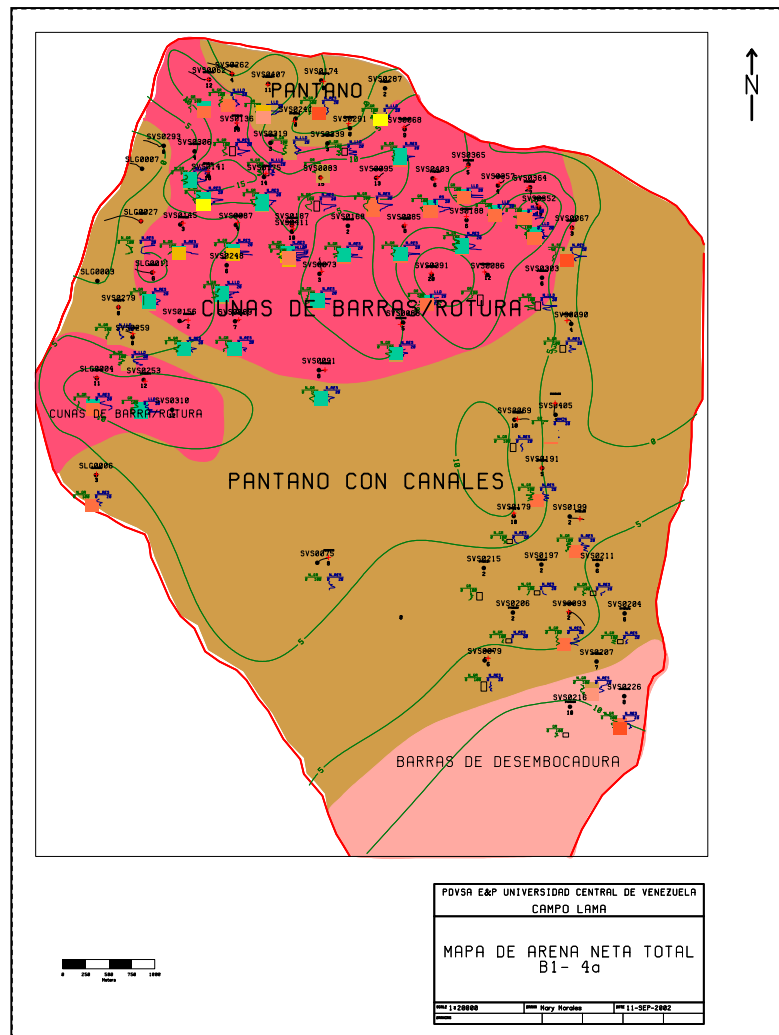


Figura 9: Modelo mapa de Facies Vs ANT

CAPÍTULO II

2 GEOLOGÍA REGIONAL

2.1 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

Según PESTMAN *et al.*, 1995, el marco estratigráfico del Eoceno de la cuenca de Maracaibo se ilustra en la Figura 10, en la zona central de la cuenca, los depósitos son de edad Eoceno Temprano– Medio, los depósitos de edad Eoceno Tardío se han identificado casi exclusivamente en las áreas marginales de la cuenca.

Estudios sísmicos condujeron a la definición de varias discordancias intra-eocenas, en la Figura 10, se indican a la derecha los principales límites de secuencia y a la izquierda una curva del nivel relativo del mar, es decir, la resultante de los cambios eustáticos del mar y de la actividad tectónica, las discordancias mostradas en esta figura son las que tienen mayor extensión, aunque no son discordancias angulares en toda la cuenca, se reconocen en gran parte de ella como límites de secuencia. También se distinguieron discordancias a nivel local.

La principal formación eocena en el Lago de Maracaibo, es la Formación Misoa, caracterizada por secuencias arenosas y lutíticas, depositadas en ambientes que varían de llanura costera a marino somera, hacia el este, la infrayacen depósitos turbidíticos de la Formación Trujillo, depositados en la antefosa creada por las napas de Lara (Ver Figura 11) y la suprayace la secuencia lutítica de la Formación Paují, la cual representa una fuerte transgresión marina.

Hacia el suroeste, es decir en la dirección de la mayor fuente de sedimentos, la Formación Misoa pasa lateralmente a la Formación Mirador (Eoceno Temprano - Medio) y Formación La Sierra (Eoceno Medio- Tardío). La Formación Mirador es arenosa y consiste de depósitos fluviales - estuarinos, mientras que la Formación La

Sierra es algo más lutítica, representando un ambiente de llanura costera/aluvial.
 (CATLIN *et al.*, en PESTMAN, P.J *et al.*, 1995)

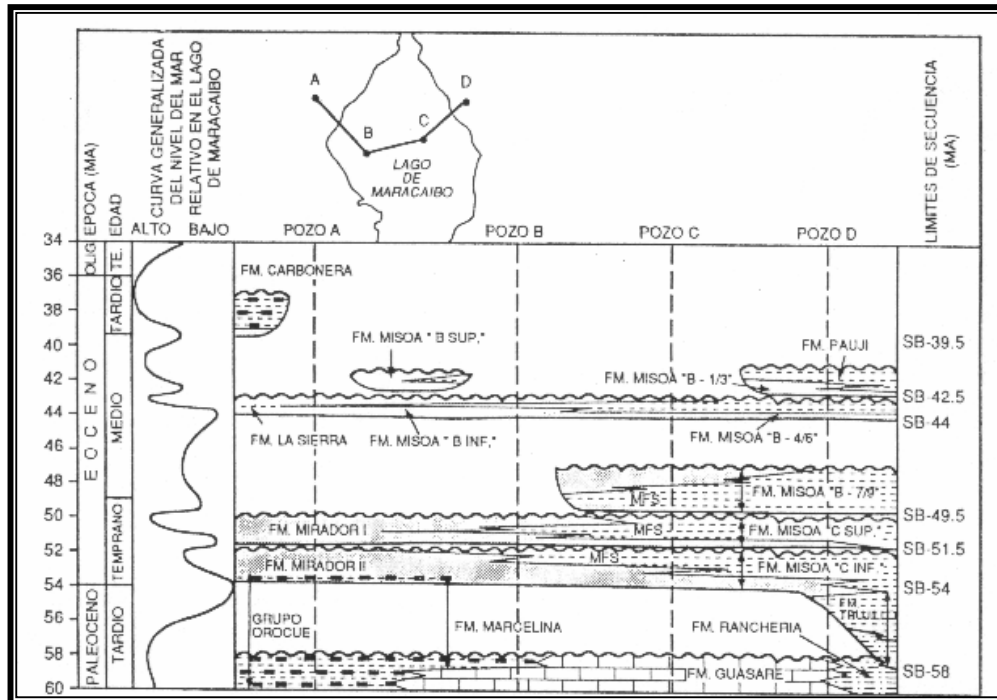


Figura 10: Cronoestratigrafía generalizada, Eoceno en la Cuenca de Maracaibo
 (Tomado de PESTMAN, P.J. *et al.*, 1995)

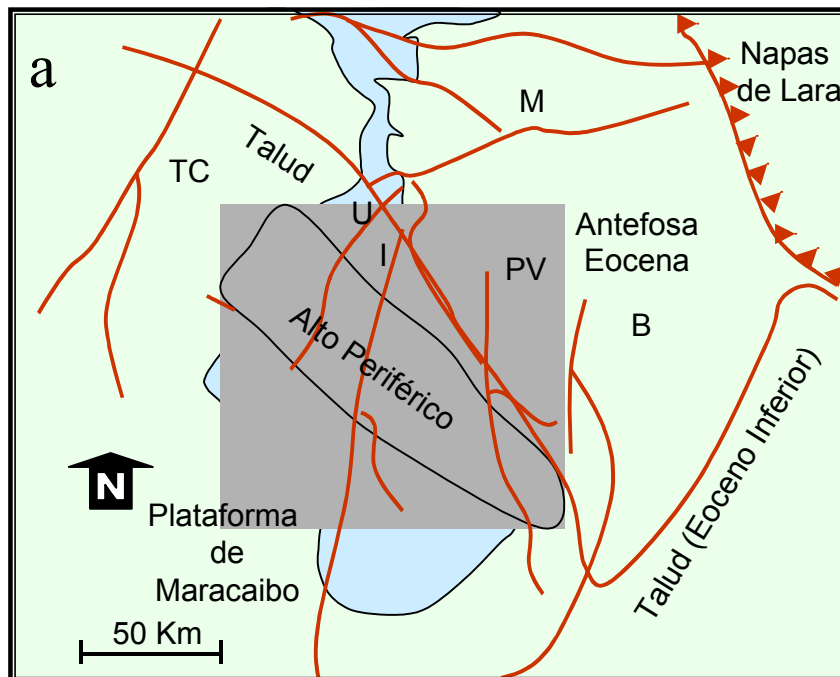


Figura 11: Elementos Estructurales en la cuenca de Maracaibo
(Modificado de PESTMAN, P.J. *et al.*, (1995))

2.1.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS MAYORES

La sucesión litoestratigráfica obtenida de los perfiles sísmicos y calibrada en pozos exploratorios comprende etapas distintas con diferentes depósitos, los cuales pueden tener o no correlación areal. En la Figura 12, se muestran estas unidades desde el Cretácico tardío hasta el Reciente, indicando específicamente los nombres formacionales de las secuencias depositadas en la cuenca.

- Un sin-rift Jurásico y post-rift Cretáceo de margen pasivo y o sucesión pre-orogénica.
- Depósitos sinflexurales del Maastrichtiense-Paleoceno de las formaciones Colón y Mito Juan, contemporáneo con los procesos de levantamiento de las montañas andinas en la Cordillera Central de Colombia.

- Una sucesión sincinemática o sinorogénica del Paleógeno al Neógeno contemporánea con las tectónicas Caribe y Andes respectivamente.

2.1.2 EOCENO

Durante el Eoceno Temprano, continúa la regresión del ciclo Terciario temprano, en el centro del lago, el contacto Paleoceno – Eoceno muestra uno de los períodos de inestabilidad característica del Terciario y se registra un período de erosión, González de Juana *et al.*, 1980; definen tres provincias sedimentarias en el Eoceno Inferior, fluvial, deltaica baja y de plataforma.

En la cuenca de Maracaibo, para el Eoceno, GHOSH *et al.*, 1995 definen seis secuencias (Ver Figura 10):

- Secuencia Eoceno Inferior - parte inferior 54Ma. – 51.5Ma., (regresión).
- Secuencia Eoceno Inferior - parte superior 51.5Ma. – 49.5Ma., (transgresión).
- Secuencia Eoceno Medio - parte inferior 49.5Ma. – 44.5Ma., (levantamiento y erosión asociado a regresión).
- Secuencia Eoceno Medio - parte media 44.5Ma. – 42.5Ma., (transcurrencia).
- Secuencia Eoceno Medio - parte superior 42.5Ma. – 39.5Ma., (transgresión).
- Secuencia Eoceno Superior 39.5Ma. – 36Ma., (regresión).

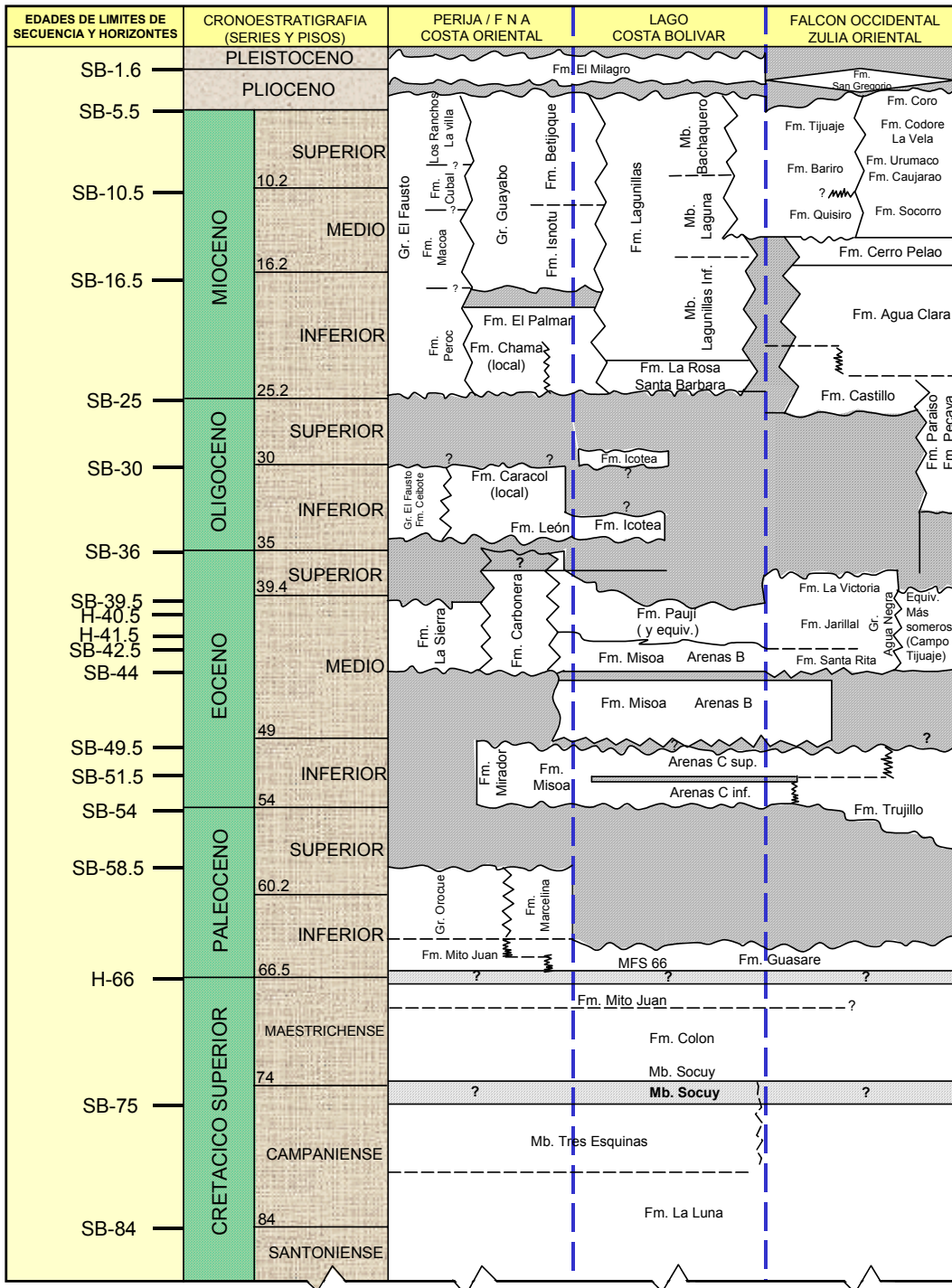


Figura 12: Secuencias estratigráficas de la cuenca de Maracaibo
(Tomado de GHOSH, *et al.*, 1995.)

2.1.2.1 Eoceno Temprano

La provincia deltaica ocupa la mayor parte de la Cuenca de Maracaibo y está representada principalmente por la Formación Misoa, la cual constituyen el intervalo más extenso y de mayor significación en esta provincia.

Van Veen, 1972; considera que las formaciones Mirador y Misoa “forman parte de un enorme complejo fluvio-deltaico, con una fuente de sedimentos al sur-suroeste”.

Durante este período de avance se reconocen algunos intervalos lutíticos marinos pocos profundos, o deltaicos marinos, que se hacen más numerosos e importantes hacia el norte y noreste, indicando mayor influencia marina en la misma dirección, otro indicador de ello es la disminución del porcentaje de arenas y del tamaño de grano en esa dirección (González de Juana *et al.*, 1980)

La sedimentación fue arenosa en proporciones variables de lutita: la Formación Mirador (fluvio-deltaico) en el suroccidente de la cuenca, la Formación Misoa (delta- llanura costera - marino somero), en la parte central y oriental y la Formación Trujillo (marino profundo: sólo hasta la parte basal del Eoceno Temprano) en la parte más oriental (GHOSH, 1997 en VILLALTA, C. 1998).

El modelo sedimentológico propuesto consiste en un gran delta afectado por avances y retrocesos recurrentes de las aguas, en ese gran delta se produjeron cambios notables en el curso de los ríos y canales distributarios, además de desplazamientos de las líneas de playa y barras litorales y en él se pudo desarrollar una unidad sedimentaria de cierta uniformidad litológica considerada en conjunto, pero de gran complejidad cuando se analiza en detalle (González de Juana *et al.*, 1980).

2.1.2.2 Eoceno Medio

Durante este período ocurrió una transgresión marina, que causó el desarrollo de un intervalo lutítico en el oriente de la cuenca (Misoa “C-2” a “B-8”), seguida por una regresión que culminó, alrededor de 44Ma., debajo de las areniscas relativamente espesas y gruesas de Misoa B-6, posteriormente ocurrió una lenta transgresión. En la parte oriental de la cuenca, los sedimentos arenosos de la Formación Misoa pasaron gradualmente a las lutitas nerítico-batiales de la Formación Paují (GHOSH, 1997 en VILLALTA, C., 1998).

En la región de la zona de bisagra, directamente sobre la Formación Misoa, se reconoce un intervalo glauconítico muy fosilífero denominado Formación Caus, infrayacente a la Formación Paují de sedimentos marinos más profundos, la Formación Caus representa el frente transgresivo del Eoceno Medio- Tardío. En algunos lugares del subsuelo del Lago de Maracaibo no se reconoce la Formación Caus y sobre la Formación Misoa el intervalo es predominantemente lutítico, con abundante microfauna indicativa de ambientes de mayor profundidad y francamente marinos de la Formación Paují, este intervalo, en la parte central del lago, fue parcialmente removido por la erosión posterior.

En la Plataforma de Barbacoas, durante el Eoceno Medio temprano, continúa la sedimentación de la Formación Valle Hondo, el intervalo deltaico de esta formación está recubierto por una arenisca fluvial que representa a la Formación Misoa, con espesores muy reducidos que hacia el norte se hacen más gruesos (SALVADOR, 1961 en González de Juana *et al.*, 1980). Al terminar la sedimentación de Misoa se registró una profundización progresiva de la plataforma, sobre la cual se sedimentaron las formaciones Caus y Paují de la transgresión del Eoceno Medio-Tardío.

Al finalizar la sedimentación del Eoceno Medio se produce en Venezuela occidental movimientos tectónicos generalizados que levantan las cordilleras de Perijá y los Andes, las zonas que anteriormente se encontraban cubiertas por mares de poca profundidad se convierten ahora en zonas positivas. El drenaje de estas zonas se ajustó a los nuevos gradientes y la erosión se intensificó sobre áreas determinadas, especialmente la zona central de la cuenca de Maracaibo, en cuyo subsuelo se desconocen sedimentos del Eoceno superior (González de Juana *et al.*, 1980).

Evidencias sedimentológicas (facies, porcentajes de areniscas), mineralógicas y otras, indican que las fuentes más importantes de sedimentos de los depósitos en la cuenca de Maracaibo, fueron la Cordillera Central de Colombia (sedimentos líticos) y el Escudo Guayanés (sedimentos cuarzosos), con otros aportes de sedimentos feldespáticos-líticos desde el Macizo de Santa Marta y sedimentos arcillosos de las Napas de Lara (GHOSH, 1997 en VILLALTA, C., 1998).

La formación representativa en la cuenca de Maracaibo en el estado Zulia, de edad Eoceno, es la Formación Misoa y está definida según varios autores de la siguiente manera:

BRONDIJK, 1967 (en VILLALTA, C. 1998), señaló que toda la secuencia contiene areniscas y lutitas de un mismo tipo básico y que por lo tanto, sólo se justifica un nombre formacional, el cual es el de Misoa.

En los campos petrolíferos del lago, la secuencia de arenas y lutitas de la unidad, ha sido subdividida en diversos esquemas informales por las empresas operadoras. El más aceptado, es el de Arenas "B" (B1 a B9) y Arenas "C" (C1 a C7), basado en los registros eléctricos de los pozos. NATERA, 1961(en VILLALTA, C. 1998), publicó la primera descripción formal de las arenas "B". Las arenas "C" fueron consideradas originalmente como equivalentes a la Formación Trujillo,

pero Brondijk (*op. cit.*) y Walton, 1967 las incluyeron definitivamente dentro de la Formación Misoa, (en VILLALTA, C., 1998).

La Unidad Informal B correspondiente al área de estudio está comprendida en los límites de secuencias SB 49,5-39 Ma. también representa en su conjunto un sistema transgresivo con dirección sur que se extiende hasta el área de Barinas, pero de edad Eoceno Medio.

Se han interpretado varias secuencias transgresoras menores dentro de la unidad B, las cuales están separadas en su extremo sur por discordancias sub-regionales que ponen en evidencia el efecto de posibles pulsos tectónicos.

Una discordancia intra-Eoceno de carácter regional (SB 49,5), la cual separa las unidades B y C, parece representar la suma de un efecto eustático importante (HAQ *et al.*, 1987 en BOESI. T. *et al.*, 1992) y un pulso tectónico (*enhanced unconformity*).

El tope de la unidad esta truncado asimétricamente por la discordancia regional Oligoceno - Mioceno (SB 30Ma.), evidenciándose la inversión progresiva de la cuenca al suroeste.

Según el Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997 (L.E.V., 1997), 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. Hacia el noreste hay más lutitas y areniscas de grano fino, mientras que hacia el sur y sureste, el porcentaje de arena aumenta al 80 y 90% de la sección, y los granos se hacen más gruesos.

Se encuentran areniscas, limolitas y lutitas intercaladas en distintas cantidades, en toda la sección y hacia el este, en la sierra, algunas capas de caliza en la parte

inferior. En el área del lago se encuentran capas delgadas de caliza, en la parte inferior (miembro C-7).

Las areniscas presentan tamaños variados de grano, pero en general, son de grano fino y gradan a limolitas y lutitas, son generalmente duras, micáceas, frecuentemente carbonáceas y generalmente bien estratificadas a macizas. Se presentan en unidades compuestas, con espesores normales de varias decenas de metros, las cuales localmente se agregan para totalizar espesores de centenares de metros, formando serranías pronunciadas.

En el subsuelo, estas mismas arenas forman yacimientos múltiples verticales, con distribución lateral de decenas de kilómetros.

Las lutitas tienen composición variable, casi siempre son micáceas, arenosas a limolíticas, con abundantes estratos delgados, estrías y películas de arena, limo y material carbonáceo (incluyendo restos de hojas), que les dan un aspecto laminado con estructura "*flaser*".

Se presentan tanto en forma de intercalaciones menores en las unidades compuestas de arenisca-limolita, como en secuencias que alcanzan varios centenares de metros de espesor, entre complejos de areniscas. Las lutitas han sido depositadas en ambientes de prodelta, de aguas someras, e interdeltaico, principalmente, y son diferenciables por las delgadas capas de lignito y por el material carbonáceo que contienen.

Las calizas son escasas y se presentan en la base de la formación, en la región suroriental y en el subsuelo del lago. BRONDIJK 1967, en L.E.V., 1997, las describe como de color gris a gris azulado, duras, con espesores de menos de un metro a varios metros, arenosas, gradando a areniscas calcáreas, generalmente son bioclásticas, con

foraminíferos grandes, algas y fragmentos de moluscos, en las antiguas referencias se denominaban “Segundo Horizonte de Orbitoideos”.

En cuanto al espesor, puede variar entre 3.500 m a 5.500 m, la unidad adelgaza hacia el oeste, donde se encuentra reducida por la erosión, al norte del lago, frente a Maracaibo, hay 3.000 m preservados, con aproximadamente 1.500 m erosionados, en el campo Urdaneta norte y en Cabimas, hay 4.600 m, en el lado oeste del lago, en los pozos UD-Sur y SOL, se encuentran 1.000 m preservados, con aproximadamente 500 m erosionados, mientras que en Bachaquero, hay 3.500 m preservados bajo la Formación Paují, hacia el alto del campo petrolífero de Ceuta, el espesor total es menor de 1.600 m y en el alto estructural de Lama-Icotea, hay un mínimo de 200 m, mientras que en los flancos aumenta hasta 3.700 m. (L.E.V.,1997)

La Formación Misoa se reconoce en el subsuelo del lago de Maracaibo y al oeste del mismo, desde el campo Mara a Alturitas, al suroeste se extiende hacia el campo de Tarra, donde se relaciona lateralmente con la Formación Mirador. En la superficie se presenta en una extensa faja, alrededor del lado este del lago, hasta el macizo de Avispa, en Mérida septentrional.

En su tope, la Formación Misoa está en contacto concordante con la Formación Paují, el contacto puede ser abrupto o transicional, hacia el este, se presenta a veces un intervalo glauconítico (Formación o Miembro Caús) en el límite formacional.

En la región tipo, la base de la Formación Misoa, en términos generales, se define como un cambio, en sentido descendente a las lutitas de la Formación Trujillo, el contacto no se ha delimitado en detalle, debido a la frecuente presencia de areniscas de gran espesor en la Formación Trujillo.

En el subsuelo del lago de Maracaibo, la unidad suprayace discordantemente a las formaciones Guasare o Marcelina, al norte del campo Urdaneta, el contacto es con la Formación Trujillo, el contacto con el Paleoceno se coloca en la primera capa de caliza o carbón, presente por debajo de la arenisca compuesta inferior extrema, de la Formación Misoa.

Las lutitas y las areniscas en general carecen de fósiles, con excepción de escasos foraminíferos de poco interés estratigráfico, de mayor significación cronológica son los macroforaminíferos de las calizas intercaladas, descritos por VAN Raadshooven, 1951 en L.E.V., 1997, en capas denominadas Calizas de San Juan y Quebrada Grande,

En relación con su extensión lateral, hay equivalencia entre la Formación Misoa y las formaciones Ranchería, Valle Hondo al sureste y Mirador al suroeste.

La Formación Misoa representa un proceso sedimentario que varía desde deltaico alto, al suroeste y sur, a deltaico bajo y marino somero al norte y noreste. Van Veen, 1972; al estudiar núcleos del centro del lago y material de los afloramientos en el área tipo, encontró tres tipos de acumulaciones de arena: 1) barras de meandro (espolones aluviales), 2) rellenos de canales de distributarios, y 3) barras de desembocadura y/o barras litorales.

Las dos primeras corresponden al ambiente sedimentario de alto delta, mientras que la tercera, estaría en el bajo delta y zona litoral adyacente. Según este autor, la Formación Misoa y su equivalente hacia el suroeste, la Formación Mirador, fueron depositadas por un enorme complejo fluvio-deltaico, por ríos provenientes del sur y suroeste (proto-Magdalena?).

Durante el proceso hubo una serie de avances y retrocesos del frente del complejo, especialmente en la parte nororiental del área de sedimentación. GHOSH *et*

al., 1989 (en L.E.V., 1997) reconocen ambientes que varían desde fluvial a deltaico y próximo costero, en las áreas de Lagunillas y Urdaneta, a nerítico interno, en la parte sur del área de Lagunillas y en la de Barúa-Motatán.

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 es la Arena B-6.

El nombre de Misoa, se ha empleado como sinónimo de la Formación Gobernador en la región de Barinas (MILLER *et al.* y ZAMBRANO, 1968 en L.E.V., 1997), lo cual parece indeseable por dos razones: la separación geográfica impide demostrar la continuidad física con la Formación Misoa tipo, y la evidencia faunal indica que estas arenas pertenecen al ciclo sedimentario Eoceno posterior al de Misoa/Paují, y se correlacionan más estrechamente con la Formación Santa Rita, de Falcón y Lara.

2.1.2.3 Eoceno Tardío

Esta secuencia, se inicia en el SB 39.5 Ma., en donde la actividad tectónica o estuvo restringida a Zulia nororiental, donde se observa una discordancia con fuerte angularidad, o fue más generalizada, pero las discordancias posteriores erosionaron todas las evidencias. Posiblemente alrededor de 36 Ma., también ocurrió cierta actividad tectónica, esta secuencia no está presente en el área llamada Alto de Catatumbo, aunque si se encuentra a su alrededor.

Esto se puede interpretar o como erosión de la secuencia debido al levantamiento del alto alrededor o como acuñamiento de la misma contra el alto (GHOSH *et al.*, 1995). Los ambientes fueron generalmente marino someros o

parállicos en las zonas marginales, tales como el flanco perijanero donde se depositó la Formación Carbonera.

La erosión post-Eocena se debe principalmente a los levantamientos andinos, los cuales comenzaron desde aproximadamente el Oligoceno Temprano. La compresión andina causó el desarrollo del depocentro Oligoceno y el engrosamiento de la secuencia de Mioceno Inferior y Medio en el área de Perijá y el suroeste de la cuenca (GHOSH *et al.*, 1995).

2.1.3 PALEOAMBIENTE

En la cuenca de Maracaibo el paleoambiente durante el Eoceno, varió desde plano aluvial al sur-suroeste a marino nerítico (hasta batial en algunas secuencias) al este-noreste, Las transiciones entre los diferentes ambientes son progresivas y gradacionales ya que en la cuenca de Maracaibo prevaleció el ambiente parállico (GHOSH, *et al.*, 1995).

El plano aluvial está caracterizado por un alto porcentaje de arena (incluso mayores a 80%), carencia de microfósiles e icnofósiles, presencia exclusiva de palinomorfos continentales, areniscas, bien desarrolladas, cambios laterales acentuados de litofacies lenticulares y una granulometría relativamente gruesa, éste pasa lateralmente hacia el este-noreste a un ambiente plano costero deltaíco, el cual es una superficie de poco relieve y en general caracterizado por sedimentos de aguas continentales con pocos niveles de agua salobre, evidenciado por la presencia de fósiles, palinomorfos. Las secuencias grano decrecientes y las granocrecientes son comunes y el porcentaje de arena en general es alto (en un rango que varia entre 50-60%).

Los sedimentos del plano costero-deltaíco, al igual que los del plano aluvial, carecen de cementos carbonáticos tempranos.

El plano costero-deltaico, pasa transicionalmente al plano costero - deltaico inferior, el cual está caracterizado por un alto porcentaje de lutita (estuario lodoso, bahía interdistributaria), arenas en secuencias granodecrecientes (canales distributarios) y granocrecientes (frente deltaico - barra desembocadura), está frecuentemente influenciado por incursiones mareales (GHOSH *et al.*, 1995). El porcentaje de arena es variable, aunque en general tiende a ser bajo (menores a 40%). Los fósiles y palinomorfos indicadores de aguas salobres son abundantes, igualmente cementos carbonáticos y cementos autigénicos de arcillas tempranas son más comunes que en ambientes fluviales y costero-deltaicos.

El ambiente marino marginal fue identificado exclusivamente en la secuencia Eoceno Medio parte superior, como una franja angosta entre el plano deltaico - costero inferior y marino nerítico.

Las secuencias de engrosamiento y afinamiento hacia el tope están caracterizadas por abundantes intercalaciones de lutita de origen mareal, las estructuras sedimentarias muestran evidencias de influencia mareal tales como “*mud-couplets*”, estratificación cruzada tipo “espina de pescado”, y conchas de fósiles en canales mareales. En este ambiente también existen fósiles alóctonos de agua dulce y salobre (GHOSH *et al.*, 1995).

El ambiente marino marginal, o en su ausencia, el ambiente plano deltaico - costero inferior pasa al ambiente marino nerítico somero en varias secuencias regionales. El porcentaje de arena total así como el espesor de arenas individuales tiende a disminuir en esta franja paleoambiental. Tanto las arenas de secuencias de afinamiento hacia arriba, como los múltiples niveles de engrosamiento hacia el tope son más comunes y caracterizan el ambiente marino nerítico somero. De igual manera, la data fósil indica claramente el aumento de paleosalinidad y paleopropundidad en este ambiente comparado con los descritos anteriormente (GHOSH *et al.*, 1995).

El ambiente batial es poco común en la secuencia eocena en la cuenca de Maracaibo (representando sólo las secuencias Eoceno Inferior, parte inferior, Eoceno Medio parte media), sustentado en base a evidencias paleontológicas.

2.1.4 PALEOGEOGRAFÍA

La evolución de los rasgos paleogeográficos que caracterizaron la sedimentación de la Formación Misoa pueden agruparse en tres etapas, en base al análisis de la información de pozos, sísmica y el marco estructural regional, estas etapas se asocian a límites de secuencias correspondientes a: (BOESI, T.*et. al.*, 1992)

- Primera etapa (SB 59 - 49,5 Ma.)
- Segunda etapa (SB 49,5 Ma.)
- Tercera etapa (SB 49,5-39 Ma.), esta última corresponde a la depositación de las arenas B, las cuales pertenecen al área de estudio

2.1.4.1 Tercera etapa (SB 49,5-39Ma)

El intervalo de estudio, corresponde a este período de tiempo, en esta definición, solo se explica esta etapa. Está restringida al Eoceno Medio, se inició con el relleno de los valles cavados como producto del ascenso relativo del nivel del mar, seguidamente, se desarrolló un sistema transgresivo de dirección suroeste. La transgresión se desarrolla sobre una superficie que tiene forma de rampa y migra suave y progresivamente paralela a la "línea de bisagra" en dirección sur-suroeste.

La fuente de sedimentos se localiza durante casi todo el periodo al sur y sureste en el Escudo de Guayana, de donde los sedimentos se distribuyen en forma radial. Al final de esta tercera etapa, se pone en evidencia una posible fuente de sedimentos al oeste (ROJAS y JOURDAN 1985 en BOESI, *et al.*, 1990), el depocentro para esta etapa se encontraba hacia el noreste del Lago de Maracaibo (ver Figura 14).

El nivel máximo de la transgresión, al final del Eoceno Medio, alcanzó hasta el área del estado Barinas con sedimentos de ambientes de plano deltaíco alto. En el área del Lago de Maracaibo, la sedimentación se inició con ambientes de plano deltaíco alto hasta culminar con ambientes marino someros. La unidad informal B o las secuencias sísmicas B-6/9 y B-1/5 fueron depositadas durante esta etapa.

2.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

Según ROURE, F. *et al.*, 1996, la cuenca de Maracaibo constituye un dominio intracratónico poligonal relativamente estable, totalmente limitado por bordes de placas activas y abruptas, ubicado al noroeste de Venezuela. (ver Figura 13) Dada su particular topografía, está cuenca ha entrampado la mayoría de los sedimentos de la erosión progresiva de los cinturones orogénicos del Caribe de edad Paleógeno y de los Andes de edad Neógeno hacia el norte y este respectivamente, así como la Sierra de Perijá del Paleógeno al Neógeno en el oeste.

La cuenca de Maracaibo se ubica en un área, donde se registran las interacciones de las placas entre el cratón suramericano y la litósfera oceánica adyacente de las placas Caribe y Pacífico.

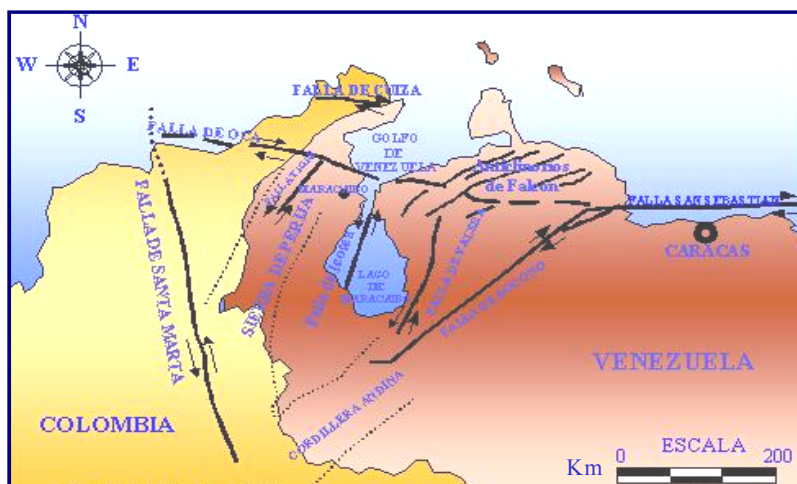
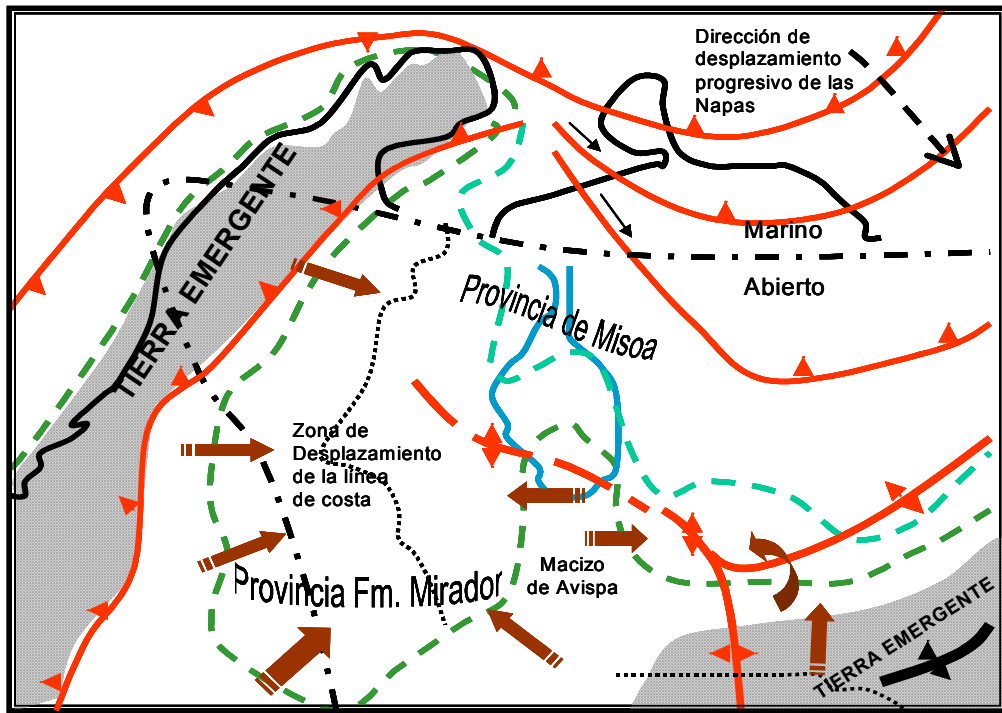


Figura 13: Límites de placa de la cuenca de Maracaibo
(Tomado de archivo digital interno de PDVSA2002)

Según BOESI, T., *et al* (1992), la Formación Misoa se extiende en una área que informalmente se llamó Plataforma de Maracaibo, al oeste, norte y noreste del Lago de Maracaibo, las complejidades estructurales dificultan las correlaciones estratigráficas, no solo de la Formación Misoa, sino en toda la secuencia post-eocena.



LEYENDA

- Borde Nacional
- ~ Límite de costa actual
- - - Límite de reconstrucción
- ↗ Fallas
- ↔ Pandeo periférico Cretácico tardío-Paleoceno
- ↔ Pandeo periférico Eoceno
- - - Línea de costa máxima extensión
- - - Línea de costa mínima extensión
- ➔ Dirección principal de transporte de sedimentos
- ➔ Dirección secundaria de transporte de sedimentos

Figura 14: Mapa paleogeográfico, Paleoceno tardío-Eoceno (59-39 Ma.)

Modificado de BOESI, *et. al.*, 1992.

Dichas complejidades estructurales, propias de márgenes continentales activos, involucran a los movimientos tectónicos como responsables de una gran parte del proceso sedimentario de la Formación Misoa. Debido a esta situación, la Plataforma de Maracaibo tiene que ser considerada dentro del marco paleotectónico regional del área del Caribe (STEPHAN 1977, PINDELL 1985 y AUDEMARD 1991 en LUGO y MANN, 1992), para poder obtener una mejor visión de la interacción entre la tectónica y la sedimentación.

Dentro de este contexto regional, durante el Paleógeno, destacan dos eventos importantes: la convergencia oblicua, desde el oeste hacia el este, de la placa Pacífica contra la placa Suramericana (subducción tipo B al oeste y tipo A al este) y el emplazamiento de la placa del Caribe desde el noroeste hacia el sureste, sobre la placa Suramericana (subducción tipo A) (PINDELL 1985, PINDELL Y BARRETT 1990 y AUDEMARD 1991 en LUGO y MANN, 1992).

El primero de estos eventos, es responsable del origen y subsecuente evolución de la antefosa ("*foredeep*") terciaria venezolana (AUDEMARD 1991), la zona de subducción tipo A, desarrollada en el flanco este de la Cordillera Oriental de Colombia, da origen a un cinturón de corrimiento y plegamiento, que en su avance hacia el este forma la Sierra de Perijá. Este cinturón de corrimiento y plegamiento controla la distribución de las secuencias sedimentarias en la mayor parte de la porción noroccidental de la placa suramericana.

Durante este primer evento, la Plataforma de Maracaibo esta ubicada dentro de la antefosa, en el conjunto del antepaís creado por el cinturón de corrimiento y plegamiento.

El segundo evento, es la formación de otro cinturón de corrimiento y plegamiento en la parte norte de la porción noroccidental de la placa suramericana, durante tiempos del Paleoceno Tardío - Eoceno. El avance de este cinturón desde el noroeste hacia el sureste, desarrolla una serie de napas (STEPHAN, 1977), que por la

enorme carga de sedimentos ocasionan la flexión de la litósfera al norte y noreste de la Plataforma de Maracaibo. Las napas se ubican hoy al este del Lago de Maracaibo y se distinguen en la superficie de los estados de Falcón, Lara y Portuguesa.

La interacción de este segundo evento con la antefosa terciaria Venezolana del primer evento, resulta en el desarrollo de una extensa penillanura asimétrica que abarcaba gran parte de la porción noroccidental de Venezuela (VAN VEEN, 1972; González de Juana *et al.*, 1980; BOT y PERDOMO, 1986; PINDELL, 1985 y AUDEMARD, 1991 en BOESI, T. *et. al.*, 1992).

La asimetría se asocia con una zona muy amplia de topografía ligeramente más positiva que las áreas vecinas y con dirección noroeste, que se extendía desde Barinas, pasando por el sur del Lago de Maracaibo hasta la Sierra de Perijá. La parte sureste de esta topografía positiva se denomina Macizo de Avispa y la parte noroeste se conoce como Alto de El Palmar (VAN VEEN, 1972 y GONZÁLEZ DE JUANA *et. al.*, 1980 en BOESI, T. *et. al.*, 1992).

Como producto de la flexión de la litósfera, al norte de la Plataforma de Maracaibo, se desarrolla una "línea de bisagra" con orientación noroeste, la cual migra progresivamente hacia el sur-suroeste a consecuencia del avance de las napas hacia el sureste, donde culmina con una orientación nor-noroeste, la migración de esta "línea de bisagra" acentúa la asimetría de la penillanura antes descrita.

La Plataforma de Maracaibo se ubica dentro de la antefosa creada por el cinturón de corrimiento y plegamiento asociado al desarrollo y desplazamiento progresivo de las napas generadas durante el segundo evento arriba descrito (Ver Figura 14).

El largo intervalo de tiempo en el cual se desarrollan estos dos eventos tectónicos y su extensa evolución paleogeográfica, explica las dificultades que se

encuentran al establecer la dirección de transporte de los sedimentos de la Formación Misoa.

Según PESTMAN *et. al.*, 1995, durante el Jurásico, se desarrolló el sin-rift, proceso asociado a la apertura del oeste del mar de Tetis, con un espesor de capas rojas continentales que se depositaron en los *grabens rift* (Ej. Formación La Quinta).

Para el Cretácico, se registró la subsidencia termal post-rift al mismo tiempo que la subducción circun-Pacífico estuvo fuertemente activa a lo largo del margen oeste de Colombia, haciendo del área de Maracaibo una cuenca *backarc* con respecto al margen activo del Pacífico.

Para el Maastrichtiense–Paleoceno, ocurrió una colisión arco-continente en Colombia, evidenciándose en el levantamiento de la Cordillera Central de Colombia. Los registros de estos primeros eventos colisionales son aún vistos en la Sierra de Perijá y en la cobertura de la cuenca *foreland* la cual se desarrolló hacia el este, siendo progresivamente rellenos por lutitas y clásticos de las formaciones Colon y Mito Juan.

Mientras que para la época del Paleoceno – Eoceno, la obducción de la ofiolita Tetiana y la subsecuente acresión de las pesadas napas paleo-oceánicas de la litósfera *foreland* suramericana, inducen el desarrollo de una cuenca flexural en la parte noreste de la cuenca de Maracaibo, especialmente en el área este de Zulia frente al alóctono Caribe.

Y desde el Neógeno, el escape progresivo hacia el este de la placa del Caribe, que forma un fragmento de la litósfera del Pacífico, ha resultado en el desarrollo de un margen transformante en el límite de las placas del Caribe - Sur América. Sin embargo, la mayoría de los eventos post-triásicos están aún bien preservados en los principales registros sedimentarios.

La configuración presente de la cuenca de Maracaibo está totalmente asociada a la reorganización intraplaca del Neógeno en el cratón de Sur América con la transferencia de masas Pacífico - Atlántico.

Numerosas fallas de desplazamiento a lo largo del rumbo se desarrollaron progresivamente en el área y están aún activas hoy día, resultando en un acoplamiento total de la microplaca Maracaibo con respecto a las más largas placas litosféricas Sur América, Caribe y Pacífico (VASQUEZ and DICKEY, 1972; FERNÁNDEZ and PÉREZ, 1974; KAFKA and WEINER, 1981; LAUBSCHER, 1987; BOSCH and RODRÍGUEZ, 1992; AUDEMARD, 1994; MALAVE and SUAREZ, 1995 en ROURE, F. *et al.*, 1996), entre estas fallas, las más importantes son:

2.2.1 FALLAS DE OCA, EL CARIBE Y EL PILAR

Estas fallas tienen una orientación este - oeste, el desplazamiento puede ser normal o lateral derecho y contribuye aún parcialmente al acoplamiento tectónico de los terrenos alóctonos del Caribe para el margen norte del cratón suramericano y su escape progresivo hacia el océano Atlántico (AUDEMARD, 1994; PASSALACQUA *et al.*, 1995, en ROURE, F. *et al.*, 1996).

2.2.2 LA FALLA DE BOCONÓ

Se ubica en los Andes de Mérida, es una característica falla dextral, la cual se acomoda por “*strain partitioning*”, con convergencia oblicua de la relativa microplaca de Maracaibo a la estable Sur América (SCHUBERT, 1981; COLETA *et al.*, 1997, en ROURE, F. *et al.*, 1996).

2.2.3 LA FALLA DE SANTA MARTA-BUCARAMANGA

Sistema de fallas con orientación nor-noroeste, asociado a las fallas de Perijá y El Tigre de orientación noreste, también cuentan para un “*strain partitioning*”,

específicamente en los Andes de Bucaramanga y la Sierra de Perijá, a lo largo del límite oeste de la microplaca Maracaibo con el bloque Santa Marta y otros terrenos de arcos colombianos (MILLER, 1962; CAMPBELL, 1968; POLSO and HENAO, 1968; KELLOGG, 1984; MEIER *et al.*, 1987 en ROURE, F. *et al.*, 1996)

Según LUGO & MANN, 1992, estudios anteriores señalan la cuenca de Maracaibo como del tipo pasivo durante el Cretácico hasta el Eoceno Medio, la principal fuente de sedimentos se asignó al escudo Pre-Cámbrico de Guayana situado al sureste de la Cuenca de Maracaibo.

Previo al emplazamiento de la cuenca *foreland*, la Cuenca de Maracaibo se caracterizó por depósitos de plataforma carbonática en régimen transgresivo construida sobre un marco metamórfico estable de edad Paleozoico superior conocido como el Arco de Mérida. Desde el Paleoceno al Eoceno Medio, el noreste de Venezuela se vio afectado por el choque de terrenos caribeños orientados este - oeste y viajando al sur - sureste (ver Figura 15).

Debido a la paleo-configuración geográfica, la primera zona de choque se efectuó en el noroeste del lago en tiempo Paleoceno, permitiendo formar zonas positivas expuestas a la erosión que aportaron los primeros sedimentos en el área de estudio. A medida que los terrenos caribeños se desplazan al sur, la zona de colisión migra al este - sureste.

El Arco de Mérida, orientado al noroeste, actúa como contrafuerte tectónico que impide el avance de la napa hacia el sur, forzándolos a crear rampas laterales y adquirir la orientación noroeste-sureste (ver Figura 15). De esta misma manera, el depocentro se desplaza desde el noreste hasta 250 Km al este-sureste del lago.

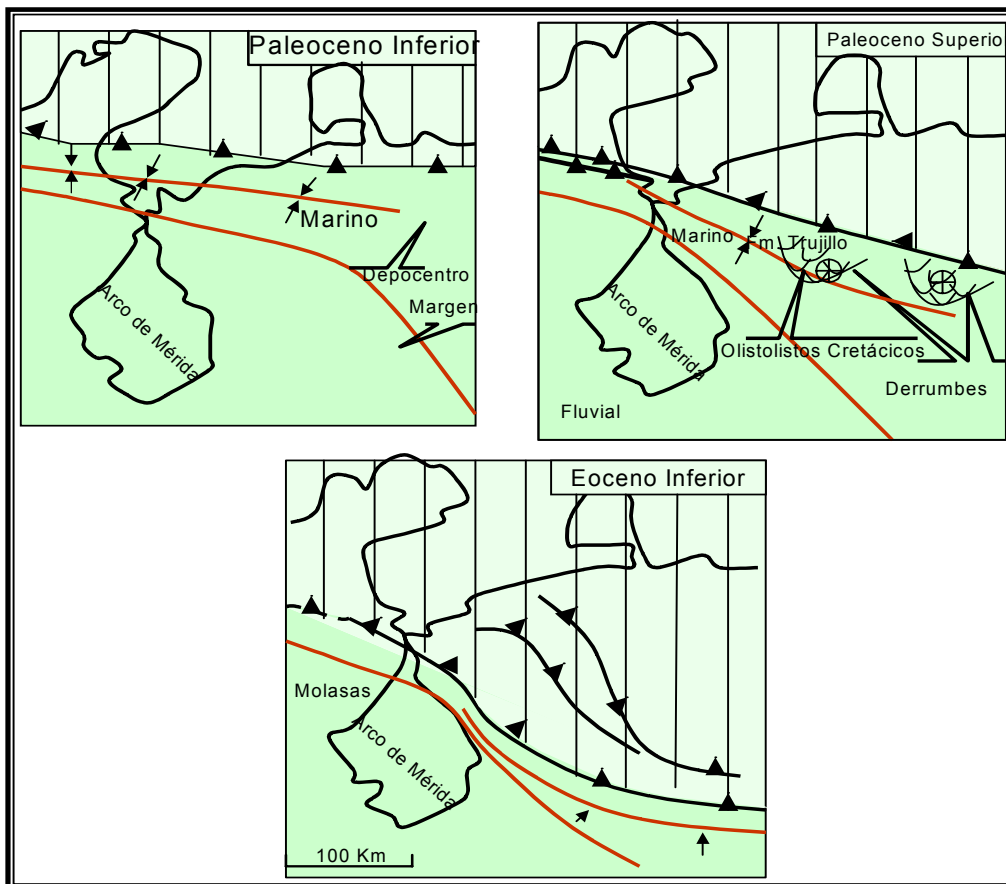


Figura 15: Avance de los terrenos caribeños hacia el sur
 Modificado de LUGO & MANN, 1992.

El desarrollo de una cuenca *foreland* consta de dos etapas: la primera tipo *flysh* o turbidítica y la segunda es la etapa molásica.

- Etapa turbidítica o *flysh*:

En esta etapa se depositaron los sedimentos turbidíticos de la Formación Trujillo al este - noreste de la cuenca (Ver Figura 15), la cual está aproximadamente constituida por 1800 m de espesor según GONZÁLEZ DE JUANA, PICARD e ITURRALDE, 1980 en LUGO & MANN, 1992 en los cuales se encuentran incluidos olistostromos y olistolitos de edad Cretácico y Paleoceno.

- Etapa de molasa deltaica de la Formación Misoa:

En este período se depositaron siete unidades cronoestratigráficas de edad Eoceno Temprano a Medio, seis son principalmente deltaicas y la última es marina. Las seis primeras progradaron en el lago hacia el sur - suroeste y están limitadas por discordancias de poca extensión. Los límites erosivos entre cada una de ellas están asociados a intermitencia en los eventos de corrimientos.

En general, la cuenca de Maracaibo durante el Paleoceno al Eoceno Medio observó inicialmente una etapa de cuenca turbidítica que gradaba verticalmente a depósitos más someros (LUGO & MANN, 1992).

Según ARMINIO, J.F. *et. al.*, (1997), los procesos de extensión y transtensión, entre el Eoceno Temprano y el Eoceno Medio y la inversión tectónica entre el Eoceno Tardío y el Plioceno, son evidentes en mapas regionales basados en sísmica tridimensional, los cuales confirman el modelo polifásico propuesto recientemente por diversos autores, y en donde la extensión terciaria juega un papel fundamental en la constitución de los sistemas petrolíferos de la cuenca.

A través de análisis sísmicos se pueden definir varias subcuencas parcialmente invertidas de edad eocena tales como las subcuencas de Lamar, Tomoporo y Motatán, en las mismas se han encontrado varios tipos de trampas: estructurales, estratigráficas y combinadas.

2.3 EVOLUCIÓN GEODINÁMICA DE LA CUENCA DE MARACAIBO

Según LUGO, 1992; la historia tectónica de la Cuenca de Maracaibo, documenta dos sistemas de fallas principales alineados en la dirección nor-noreste - sur-suroeste: Icotea y Pueblo Viejo, (Ver Figura 16), Estas fallas son sistemas mayores que han sido reactivados e invertidos durante los diferentes regímenes

tectónicos que afectaron la cuenca y su relleno sedimentario, son elementos estructurales que no mueren sino que por el contrario acomodan la orientación del desplazamiento de los bloques adyacentes acorde con los sistemas de esfuerzos que se estén imponiendo a través del tiempo.

La actividad tectónica puede ser dividida en cuatro estilos estructurales a lo largo de estas fallas reinantes durante la depositación de las secuencias estratigráficas, los mismos se describen a continuación (LUGO, 1992) (ver Figura 17)

2.3.1 ESTILO EXTENSIONAL

El estilo estructural en la cuenca de Maracaibo, se estableció en tiempos pre-Cretácicos, contemporáneamente con la formación de *grabens* y *semi-grabens* de dirección nor-noreste, los cuales fueron rellenos con sedimentos continentales de las formaciones La Quinta (Jurásico) y Río Negro (Cretácico Inferior), ubicándose la mayor actividad tectónica a lo largo de las fallas Icotea y Pueblo Viejo, con bloques deprimidos al oeste y este respectivamente.

Originalmente este estilo estructural se pudo haber iniciado cuando al formarse el Arco de Mérida en el Paleozoico Superior, tiempo en el cual estas fallas en conjunto con las fallas de Valera, Carache y Tigre (Figura 16) actuaron como límite entre bloques tectónicos.

El comienzo de este estilo extensional data desde la apertura continental que separó la placa norteamericana de la suramericana en el Jurásico, durante la formación de este rift se consolidó el paleo-margen suramericano, que posteriormente subsidiría termalmente y reactivaría progresivamente las fallas nor - noreste y sur - suroeste.

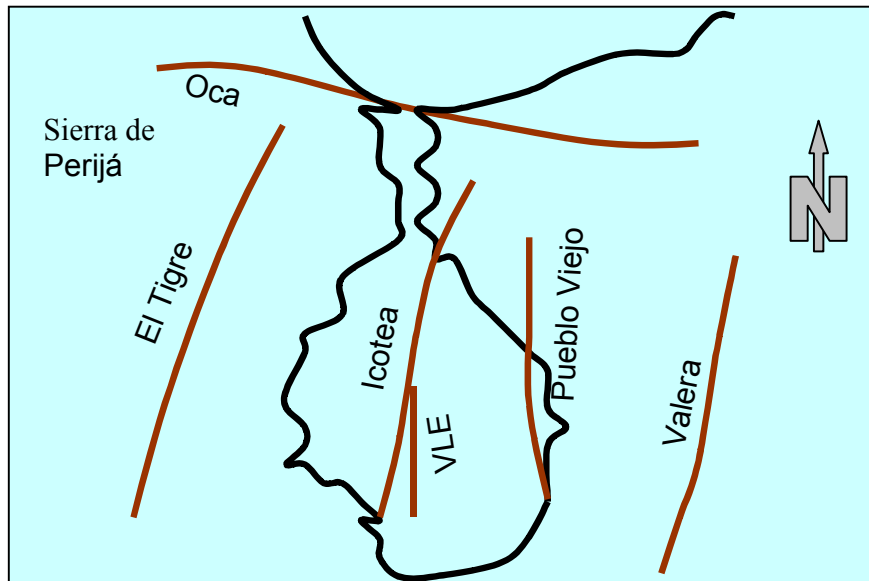


Figura 16: Ubicación estructural de la cuenca de Maracaibo.
Modificado de LUGO, J (1992)

2.3.2 ESTILO TRANSPRESIVO

El régimen transpresivo de la Cuenca de Maracaibo puede ser dividido en tres períodos:

2.3.2.1 Transpresión del Eoceno Tardío

Este período está caracterizado por la delineación de los principales estilos estructurales: a) fallamiento conjunto en dirección nor-noreste, mostrando estructuras positivas en flor a lo largo de las Fallas Lama-Icotea, VLE-400 y Pueblo Viejo, b) fallamiento normal *en echelon* alineados al noroeste (ver Figura 16).

La sección típica de la falla de Lama-Icotea es una estructura en flor positiva, es decir, una estructura antiformal bordeada por fallas que ascienden divergentemente a niveles superiores y con desplazamientos verticales inversos. La mayoría de estas estructuras están truncadas debajo de la discordancia mayor del Eoceno - Mioceno, restringiendo la actividad tectónica como pre-discordancia.

La depresión estructural entre las fallas de lama-Icotea y VLE-400 se asemeja a un *pull apart* que se formó en un dobléz a la derecha del sistema de fallas Lama-Icotea / VLE-400, con forma romboidal y cuya orientación confirma el carácter sinistral de la falla Lama-Icotea.

La falla Lama-Icotea presenta un desplazamiento vertical en tijera, la parte norte presenta el bloque deprimido al oeste mientras que la parte sur lo hace al este, con una sección intermedia de desplazamiento vertical prácticamente nulo.

La Falla de Pueblo Viejo, presenta básicamente desplazamiento normal durante este período. Sin embargo dada su orientación subparalela con la falla Lama-Icotea, es factible indicar que esta falla haya acomodado algo de movimiento horizontal, pero la evidencia ha sido removida por deformaciones posteriores.

2.3.2.2 Período de tranquilidad tectónica

La cuenca de Maracaibo estuvo sujeta a un régimen erosivo desde el Eoceno Tardío hasta el Mioceno Temprano, durante el cual las estructuras transpresivas fueron truncadas. Esto se basa en que las estructuras en *echelon* pasan la discordancia y además la deformación debajo de la discordancia en la zona de la Falla de Lama-Icotea es de mayor magnitud que la post-discordancia.

2.3.2.3 Rejuvenecimiento transpresivo del Mioceno Medio al Plioceno

Luego del período de tranquilidad tectónica, la cuenca estuvo sujeta a la reactivación del sistema transpresivo, pero a diferencia del primero, este lapso de tiempo se caracterizó por una componente compresiva mayor. En el sur, solo la discordancia y una delgada sección por encima de ésta, está afectada pero más al norte, progresivamente se van incorporando en la deformación las unidades suprayacentes del Mioceno.

En este lapso de tiempo, algunas fallas activas en episodios anteriores, tal como la Falla de Urdaneta y algunas fallas en *echelon* son reactivadas e invertidas como pequeños corrimientos de vergencia al oeste noroeste.

En este tiempo, la mayor evidencia de transpresión se reconoce a lo largo de la Falla de Pueblo Viejo, donde estructuras en flor del Mioceno Medio a Plioceno son reconocidas.

2.3.3 ESTILO COMPRESIONAL

El último evento tectónico que afectó el comportamiento de las fallas de Lama-Icotea y Pueblo Viejo se asigna a la compresión este - oeste del Plio-Pleistoceno, este evento se asocia a los últimos pulsos del levantamiento a lo largo de la Sierra de Perijá y Andes de Mérida y en la cuenca de Maracaibo se expresa por corrimientos cortos divergentes alineados norte-sur. Durante este régimen se reactiva compresionalmente la Falla de lama-Icotea en su extremo norte.

Las fallas de Lama-Icotea y Pueblo Viejo son elementos estructurales mayores e importantes en la estructuración de la cuenca de Maracaibo, por tanto son sistemas susceptibles a la reactivación durante los diferentes períodos tectónicos que afectaron la región.

Según PESTMAN *et al.*, (1995), los depósitos eocenos, especialmente los del centro del lago, muestran una gran cantidad de fallas lístricas con actividad episódica, sinsedimentaria, éstas se atribuyen a la extensión experimentada por la flexura del área, la cual causó fallas normales en los estratos más rígidos, tales como el Cretácico y el basamento pre-Cretácico, y fallas lístricas en los estratos no consolidados, es decir los eocenos. Cabe destacar que muchas fallas en los estratos cretácicos son de edad pre-Eocena, en la Figura 17, se presenta la correlación de todos los eventos tectónicos ocurridos en la cuenca desde el Cretácico.

CRONOESTRATIGRAFÍA EDAD (Ma)		EVENTOS TECTÓNICOS REGIONALES	NOROESTE LAGO	SUROESTE LAGO	CENTRO LAGO/CEUTA	ZULIA ORIENTAL
PLIO- PLEISTOCENO		ANDES IV - V		TARRA ROSARIO		
MIOCENO	SUPERIOR					
	MEDIO		FALLAS DE MARA, LA PAZ, URDANETA	FALLAS DE URDANETA ICOTEA	FALLAS DE ICOTEA PUEBLO VIEJO	BEGOTE BURRO NEGRO ICOTEA (ANTEFOSA)
	INFERIOR		ACTIVIDAD TECTÓNICA MÍNIMA			
OLIGOCENO	SUPERIOR					
	INFERIOR					
EOCENO	SUPERIOR			FALLAS ICOTEA URDANETA	FALLAS ICOTEA, PUEBLO VIEJO, CEUTA	
	MEDIO		FALLAS MARA, LA PAZ, UDTA			
	INFERIOR		NAPAS Y FLEXIÓN			ALTO DE MÉRIDA
PALEOCENO	SUPERIOR					ANTEFOSA
	INFERIOR					
CRETÁCICO	SUPERIOR					
	INFERIOR			MARGEN PASIVO	MARGEN PASIVO	MARGEN PASIVO

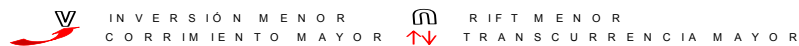


Figura 17: Correlación de eventos tectónicos en la cuenca del Lago de Maracaibo.
Modificado de GHOSH *et al.*, 1995.

2.4 ACUMULACIONES PETROLÍFERAS EN LA FORMACIÓN MISOA

El origen de las acumulaciones de hidrocarburos en la Formación Misoa siempre ha despertado el interés de los geólogos, sin embargo, las experiencias y los

conocimientos recaudados hasta el presente han tenido una escasa divulgación. (BOESI, *et al.*, 1992)

A continuación, se presentan algunos modelos hipotéticos que describen los rasgos generales de los mecanismos de migración/ entrapamiento y del patrón de las acumulaciones de hidrocarburos dentro de las unidades informales C y B, de la Formación Misoa (BOESI, 1978 en VILLALTA, 1999).

El concepto general se basa en que la totalidad del petróleo acumulado en las areniscas del Eoceno se generó y migró desde las calizas y margas ricas en materia orgánica del Cretácico tardío (González de Juana 1980).

2.4.1 UNIDAD INFORMAL B

La migración y entrapamiento de los crudos dentro de la unidad informal B, esta directamente asociada al basculamiento de la cuenca del Lago de Maracaibo hacia el suroeste durante el Oligoceno-Mioceno.

Por consiguiente, en una enorme área hacia la parte sur del Lago de Maracaibo las rocas madre del Cretácico Superior, alcanzaron el nivel de maduración por la rápida subsidencia, permitiendo así la migración de los crudos hacia la unidad informal B en las áreas de contactos directos tanto por erosión como por fallamiento.

La presencia de depósitos de relleno de valles cavados de dirección noreste, permiten una migración rápida y de larga distancia, hacia las paleoestructuras (fallas sinsedimentarias de edad Eoceno Medio) existentes en el norte-noreste.

A medida que la cuenca continúa su proceso de basculamiento, el desplazamiento del punto de rebote desvanece los cierres reduciendo la capacidad de entrapamiento de las paleoestructuras, de esta manera, se continúa la migración del

crudo hacia el norte y noreste mediante el continuo vaciado y relleno de estas paleoestructuras.

En general, las acumulaciones dentro de la unidad informal B están controladas por fallas normales sinsedimentarias reactivadas de dirección noroeste - sureste. Por otro lado, en el extremo noreste de la cuenca, se considera que la reducción de las características de yacimiento de las areniscas, contribuye igualmente al entrapamiento.

Aun cuando las fallas han sido caminos principales de migración y/o entrapamiento, las acumulaciones de las unidades informales B y C deben considerarse en forma independiente.

CAPÍTULO III

3 GEOLOGÍA LOCAL

3.1 ESTRATIGRAFÍA LOCAL

La columna estratigráfica generalizada del área de estudio abarca el periodo comprendido entre Cretácico - Mioceno, esta constituida de tope a base, por la sección post-Eocena representada por las formaciones: El Milagro y Onia de edad Pleistoceno-Plioceno de ambiente fluvio deltaico y lacustrino, continua con las formaciones La Puerta y Lagunillas de edad Mioceno representada por depósitos continentales y marinos, la secuencia miocena culmina con la Formación La Rosa caracterizada por sedimentos de origen marino.

Infrayacente y discordante se encuentran los sedimentos de edad Eoceno de la Formación Paují o de la Formación Misoa, las cuales se encuentran en el área, parcial o completamente erosionadas (Fm. Paují). En algunas áreas del yacimiento, la Formación Misoa, está preservada totalmente, mientras que en otras donde la erosión post-Eocena fue más intensa, la misma aparece parcialmente erosionada encontrándose, en algunas áreas, sólo las sub-unidades basales B-1.4 y B-1.5, las cuales suprayacen en forma concordante a las arenas B-2 de la Formación. Misoa (ver Figura 18).

Dentro del área de estudio, de sur a norte y desde la parte central hacia el sureste, el Eoceno ha sido progresivamente erosionado resultando en una Formación Misoa preservada y la Formación Paují que está parcialmente presente en el sur.

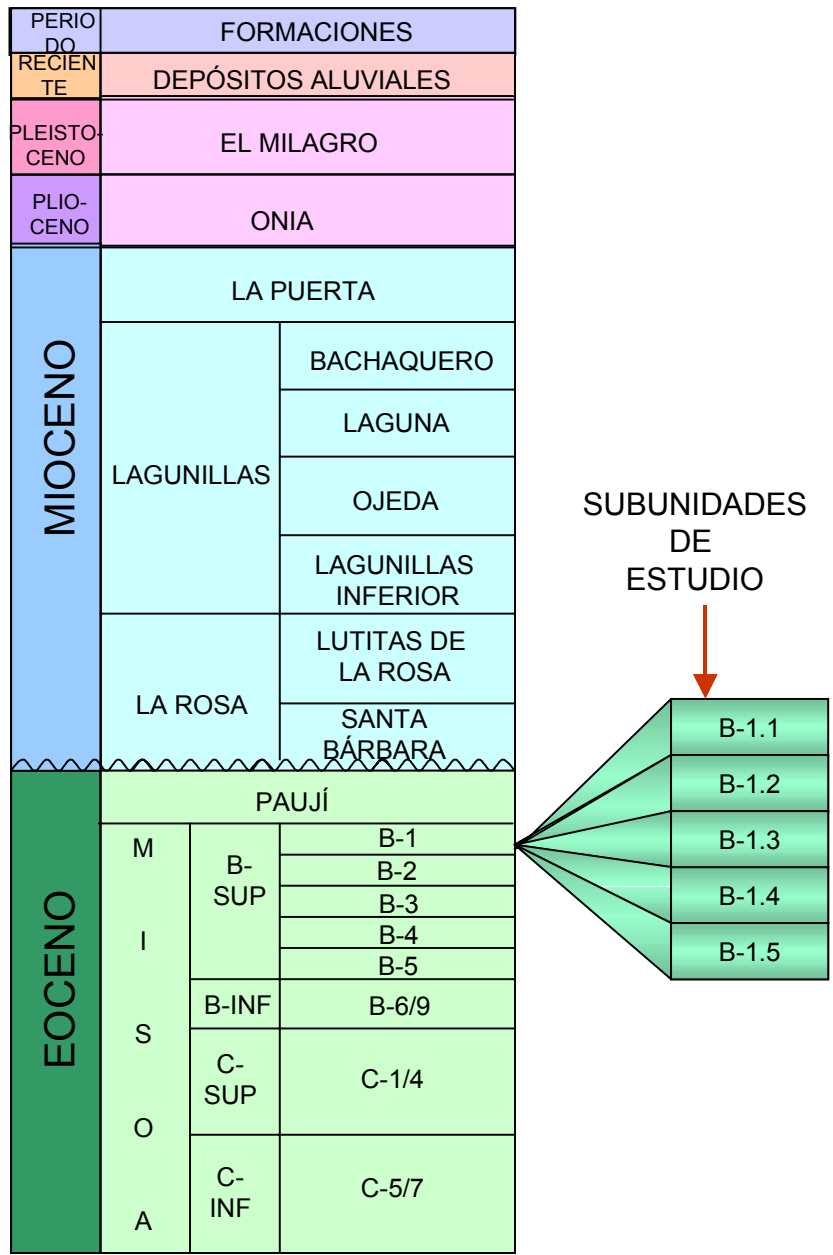


Figura 18: Columna estratigráfica generalizada del área de estudio

La Formación Misoa está dividida en dos miembros informales B y C, cada uno de ellos representa un megaciclo de depositación. La sección inferior del miembro informal C es arenosa, el miembro informal B de la Formación Misoa está

subdividido en las unidades B1-B6/9, dentro de esta subdivisión el B6/9 (o secuencia B inferior) representa la parte basal arenosa del miembro informal B.

La correlación hecha por *Weinman GeoSciences*, comenzó en el centro del área donde la sección más completa se encontró en el pozo SVS0073 (ver Figura 19) el cual fue tomado como registro tipo y a partir del cual se revisaron los topes oficiales para chequear su consistencia, pudiéndose definir y correlacionar veintiuna unidades en toda el área de estudio y se definen de la siguiente forma: (ver Figura 20)



De estas unidades, sólo se analizan nueve, correspondientes a las sub-unidades B1-4 y B1-5, cuyo espesor varía entre 0'–89' 5'', y están separadas por lutitas las cuales actúan como sello.

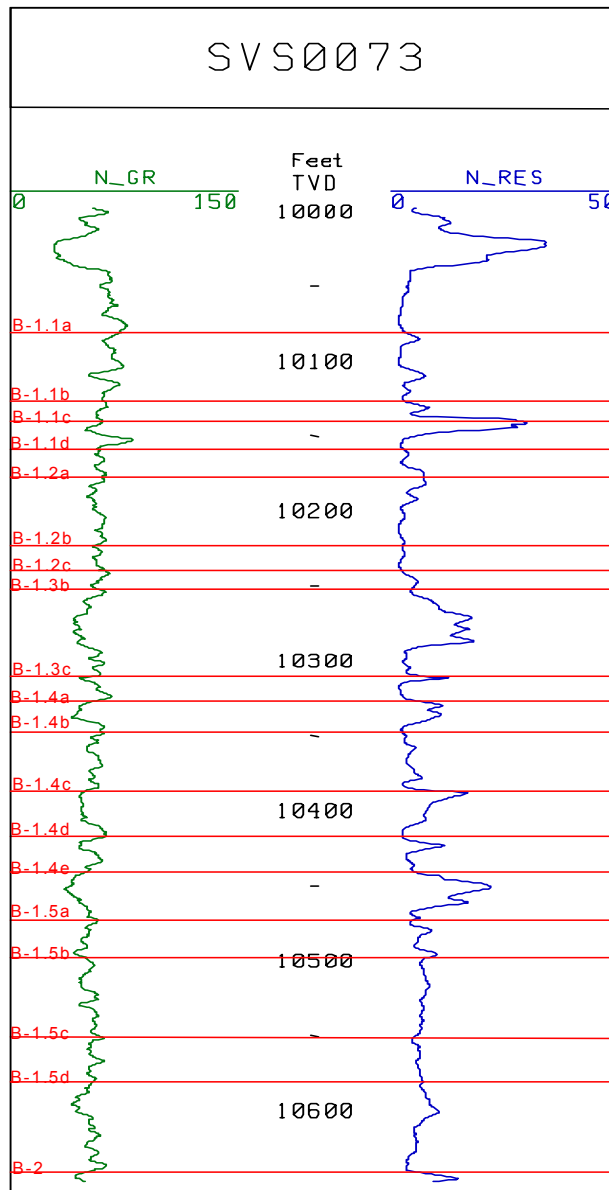


Figura 19: Registro tipo del área de estudio

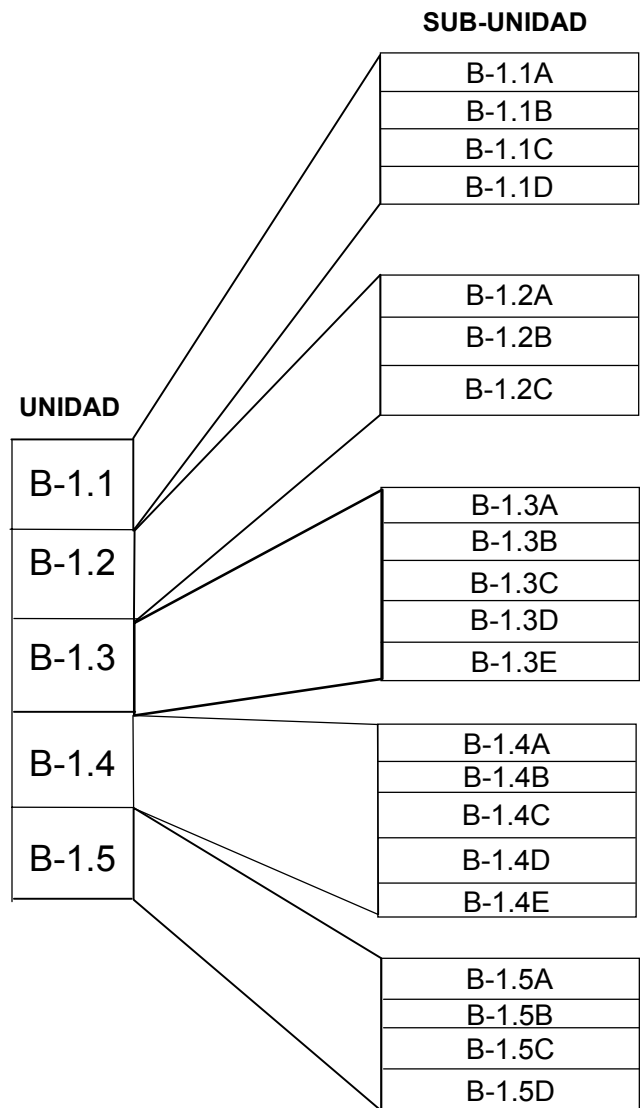


Figura 20: Subunidades del área de estudio definidas por *Weinman GeoScience*

3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

El modelo estructural utilizado en este estudio, es el oficial definido por *Weinman GeoSciences*. A partir de esta interpretación, el área queda constituida por dos regiones denominadas: Área Lama SVS0073 y Área Lama LAG2016, las cuales están diferenciadas, según sus características estructurales, en cada área. A continuación se presenta el modelo adoptado para cada una de ellas (Figura 21):

3.2.1 AREA LAMA SUR SVS0073

El área Lama Sur, yacimiento B-1 SVS0073 es un complejo anticlinal sinclinal fallado, limitado en tres lados por fallas, la falla de Lama-Icotea limitante del lado oeste del reservorio fue reinterpretada como una compleja serie de fallas inversas de ángulo alto en lugar de un solo plano de falla.

Un sistema secundario de fallas normales e inversas está asociado con la falla Lama-Icotea, siendo un ejemplo de fallamiento extensional secundario la falla SVS-67, la cual es una falla normal de dirección noroeste y un buzamiento hacia el suroeste de 40 a 45 grados con un salto máximo de 2000 pies, esta falla bisecta los campos Lama y Lama Sur y actúa como una barrera de flujo entre los yacimientos Santa Bárbara y B-1.

Pequeñas fallas antitéticas a la SVS-67 definen los bloques fallados donde también sido erosionadas los submiembros de B-1.1, B-1.2 y B-1.3, estos bloques se han comportado desde el Eoceno y hasta hoy día como altos estructurales.

3.2.2 AREA LAG2016

Este estudio, a partir de la interpretación sísmica, mostró que la falla limitante al este de Lama Sur (VLE-400) tiene varias bifurcaciones al sur de la falla SVS-67. El yacimiento B-1, en esta área, ha perdido su cierre y la sección esta erosionada, las

trampas potenciales son por el buzamiento y acuñamiento. Buzamiento arriba del pozo SVS-204, desde las arenas B-1.3 hasta B-1.5 están presentes. Buzamiento arriba del pozo SVS-191, sólo B-1.4 y B-1.5 están presentes.

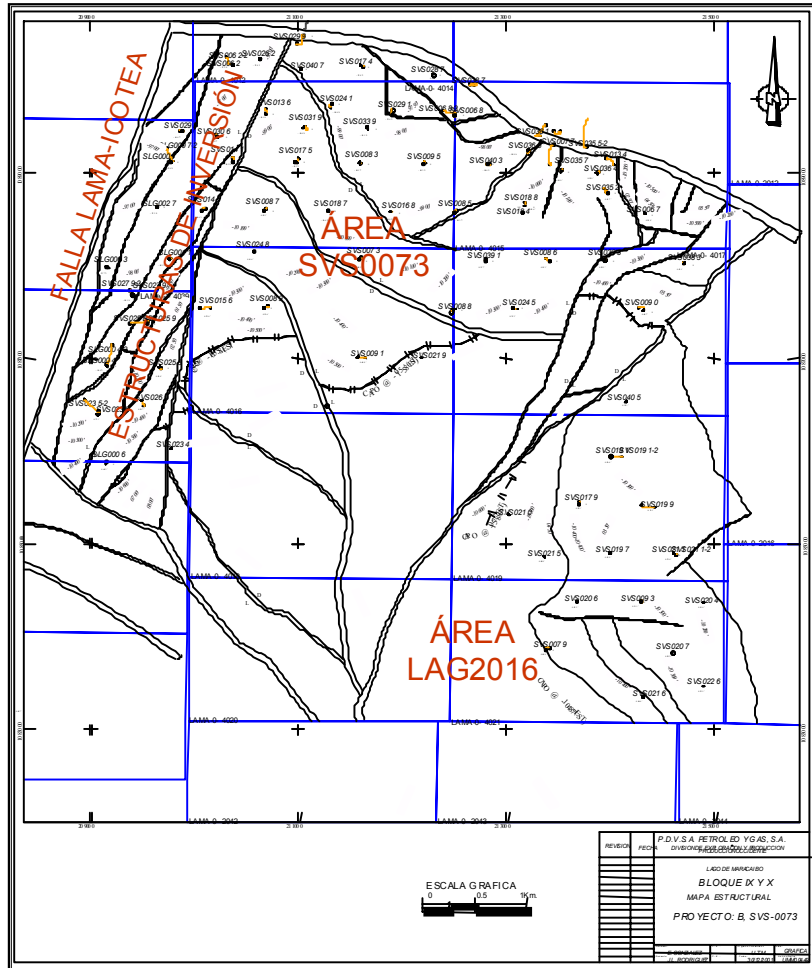


Figura 21: Modelo estructural para cada área

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 GENERALIDADES

Dentro del total de los pozos del área, existen tres pozos con núcleos que han cortado parcialmente la secuencia correspondiente al miembro informal B-1, estos son: SVS0095, SVS0226 y SVS00339, su posición estratigráfica, se puede apreciar en la Figura 22 , indicándose para cada uno de ellos el intervalo cortado y perteneciente al yacimiento de estudio. Su ubicación dentro del área, se puede observar en la Figura 23.

La descripción macroscópica de los núcleos consistió en el reconocimiento de facies sedimentarias presentes (ver Apéndice 3), la naturaleza de los contactos entre ellas y el establecimiento de secuencias sedimentarias, para definir las unidades sedimentarias informales.

La definición de las secuencias se hace de base a tope y sus límites están establecidos por secuencias lutíticas mayores, estas unidades se agrupan y permiten definir parasecuencias que pueden corresponder con cada subunidad presente en la unidad informal B-1.

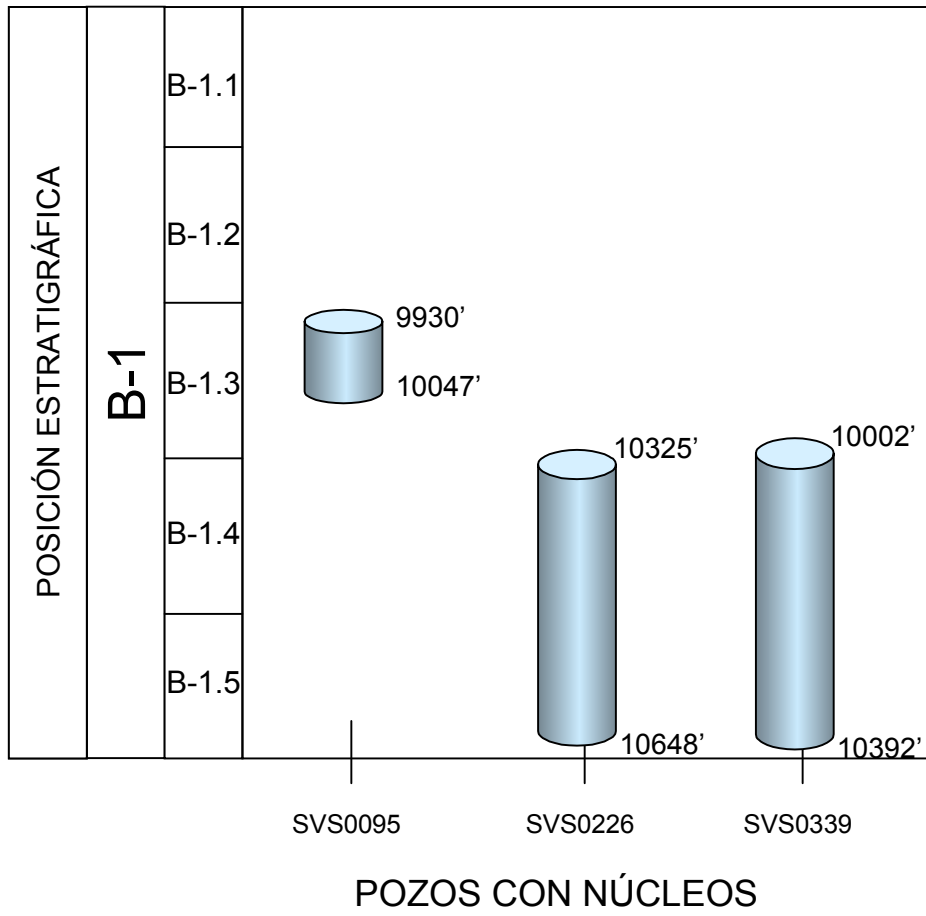


Figura 22: Ubicación estratigráfica de los núcleos para cada uno de los pozos

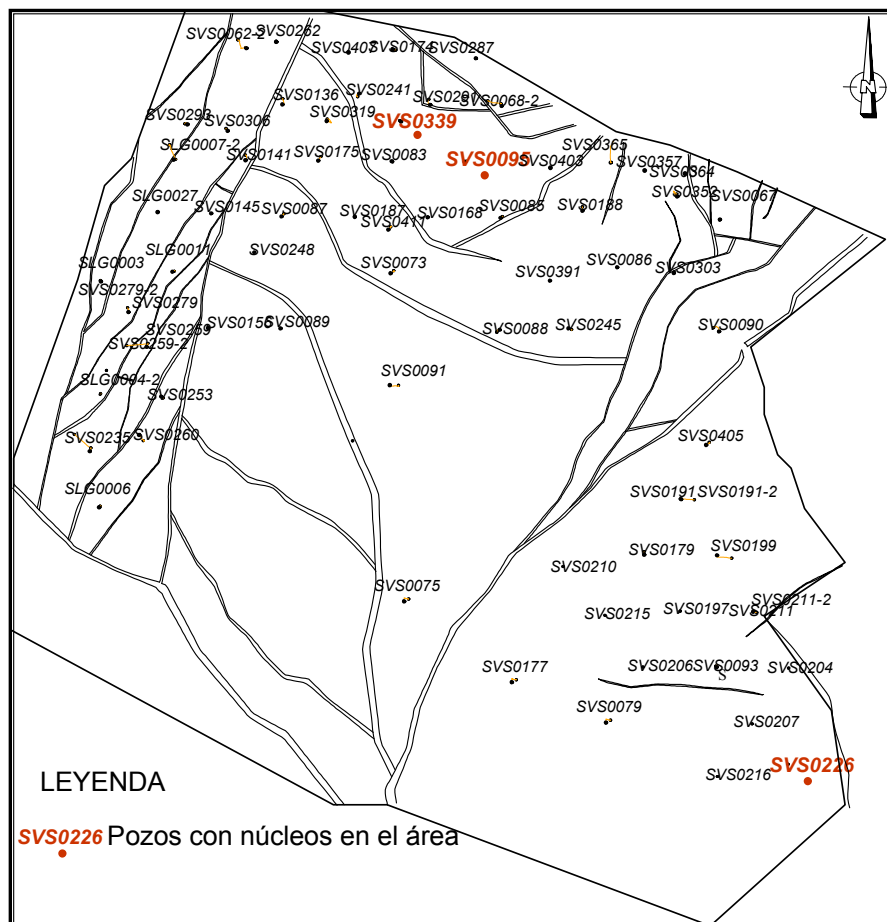


Figura 23: Ubicación geográfica de pozos con núcleos del yacimiento B-1 del SVS0073

La nomenclatura de facies empleada en este trabajo fue definida originalmente por RODRIGUEZ, 1968 (en AZPIRITXAGA *et al.*, 1992, ver Apéndice 2), a partir de los análisis de litología, estructuras sedimentarias, icnofósiles presentes en los núcleos de los pozos analizados SVS0095, SVS0226 y SVS0339, se pudo definir la existencia de seis (6) tipos de facies sedimentarias conocidas como S3, S1, S11, S2, H, L.

Para la caracterización de las facies observadas en el yacimiento, se hace la integración de las propiedades físicas descritas en los núcleos de cada pozo como son: tamaño de grano, textura, estructuras sedimentarias orgánicas e inorgánicas y las propiedades petrográficas obtenidas de las secciones finas analizadas.

Esta información obtenida a partir de los pozos con núcleos, se integrará posteriormente con los datos de estratigrafía secuencial aportados por el estudio realizado por la compañía *Weinman GeoSciences*, a partir de los cuales se podrá elaborar finalmente los mapas de electrofacies teniendo presente cada una de las asociaciones de facies y las subunidades estratigráficas definidas en el estudio mencionado.

4.2 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Sólo a los núcleos de los pozos SVS0226 y SVS0339, se les seleccionaron una serie de muestras para hacerles análisis petrográficos, estos intervalos están indicados en la Tabla 4, con la finalidad de conocer sus características microscópicas como tamaño de grano, textura, composición general y evidencias diagenéticas para posteriormente identificar el tipo de roca, tomando en cuenta la clasificación de PETTIJOHN, POTTER & SIEVER, 1973 *op cit* y MOUNT, 1984.

Tabla 4: Intervalos para secciones petrográficas

POZO SVS0339	POZO SVS0226
PROFUNDIDAD (PIES)	PROFUNDIDAD (PIES)
10004	10326'
10014'	10363'
10111'	10386'
10134'	10438
10164'	10463'
10207'	10517'
10251'	10545'

En las tablas 6, 7 8 y 9, se presentan los resultados obtenidos de los análisis petrográficos, desde el punto de vista textural y composicional, los valores de los porcentajes de grano, fragmentos de roca y feldespatos, clasificadas según PETTIJOHN, POTTER & SIEVER, 1973 *op cit*.

Tabla 5: Características texturales de las muestras del pozo SVS0226

POZO SVS0226									
PROFUNDIDAD		10326'	10363'	10386'	10438'	10463'	10517'	10545'	
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES									
TAMAÑO DE GRANO (mm)	TAMAÑO MÍNIMO	0.05	0.04	0.04	0.134	0.04	0.05	0.1	
	TAMAÑO PREDOMINANTE	0.11	0.129	0.469	0.268	0.2	0.3	0.12	
	TAMAÑO MÁXIMO	0.44	0.22	0.6	0.402	0.6	0.44	0.4	
ESCOGIMIENTO	MUY BIEN ESCOGIDO								
	BIEN ESCOGIDO				X		X		
	MODERADAMENTE ESCOGIDO	X	X			X		X	
	MAL ESCOGIDO	X							
	MUY MAL ESCOGIDO	X		X					
REDONDEZ	ANGULAR	X	X	X		X	X	X	
	SUB ANGULAR	X	X	X	X	X	X	X	
	SUB REDONDEADO	X	X		X				
	REDONDEADO								
	BIEN REDONDEADO								
CONTACTOS (%)	GRANO - MATRIZ		80	47	15		50	70	
	GRANO - CEMENTO								
	GRANO - GRANO	PUNTUAL	15	30	30	30	25	15	50
		RECTO	5	20	50	50	25	10	50
		CONCAVO - CONVEXO		3	5	20		5	
SUTURADO			TZ						

Tabla 6: Características composicionales de las muestras del pozo SVS0226

POZO SVS0226									
PROFUNDIDAD		10326'	10363'	10386'	10438'	10463'	10517'	10545'	
COMPOSICIÓN									
GRANOS (%)	CUARZO	Igneo	60	57	60	52	74	70	62
		Metamórfico	2	2	2	2	1	2	1
	FELDESPATO	Plagioclasa	2	2	2	3	1	3	2
		Microclino	1			1		1	1
	FRAGMENTO DE ROCA	Chert	3	3	1	6	1		
		Sedimentarios							
		Otros tipos	4		1				
	MINERALES ACCESORIOS	Biotita			1	5			TZ
		Muscovita		1		1	1	1	2
		Circón							
		Apatito	TZ				TZ		
		Turmalina							
		Otros	Hematita	Hematita		Hematita			Hematita
MATRIZ	Min. de arcilla		10	10	10	5	20	5	5
	Micrita								
	Limonita								
	Caolinita								
CEMENTO	Cuarzo			5	3	2	1	2	2
	Limonita								
	Minerales de arcilla		5						
POROSIDAD	Primaria	Interpartícula	8	2	2	23	10	10	
		Intrapartícula	2						
	Secundaria	Disolución	5	18	18		10		
		Fractura							
		Móldica							

Tabla 7: Características texturales de las muestras del pozo SVS0339

POZO SVS-339									
N° DE MUESTRA		10004'	10014'	10111'	10134'	10164'	10207	10251'	
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES									
TAMAÑO DE GRANO (mm)	TAMAÑO MÍNIMO	0.1	0.1	0.01	0.0067	0.1	0.03	0.03	
	TAMAÑO PREDOMINANTE	0.3	0.201	0.03	0.04	0.2	0.2	0.128	
	TAMAÑO MÁXIMO	0.5	0.35	0.25	2.01	0.5	0.3	0.22	
ESCOGIMIENTO	MUY BIEN ESCOGIDO								
	BIEN ESCOGIDO		X						
	MODERADAMENTE ESCOGIDO	X			X	X	X	X	
	MAL ESCOGIDO			X	X				
	MUY MAL ESCOGIDO								
REDONDEZ	ANGULAR	X		X	X				
	SUB ANGULAR	X	X	X	X	X	X	X	
	SUB REDONDEADO	X	X	X	X	X			
	REDONDEADO		X						
	BIEN REDONDEADO								
CONTACTOS (%)	GRANO- MATRIZ	40	20	40	60	20	40	40	
	GRANO -CEMENTO	15	20	15		20			
	GRANO – GRANO	PUNTUAL	20	20	15	30	25	30	20
		RECTO	5	30	30	10	25	30	30
		CONCAVO - CONVEXO	5	5					
	SUTURADO		5			10		10	

Tabla 8: Características composicionales de las muestras del pozo SVS0339

POZO SVS-339									
N° DE MUESTRA		10004'	10014'	10111'	10134'	10164'	10207	10251'	
COMPOSICIÓN									
	CUARZO	Igneo	59	53	35	50	57	75	70
		Metamórfico	1	3			2		4
	FELDESPATO	Plagioc.	3	1	2			TZ	3
		Ortosa	5		2				
		Microclino	2	1			1		1
	FRAGMENTO DE ROCA	Chert	3	3	1				2
		Sedimen.		2					
		Otros tipos	2		20	10			
	MINERALES ACCESORIOS	Biotita		1				TZ	TZ
		Muscovita	TZ	1	TZ				
		Circón							
		Apatito					TZ		TZ
		Turmalina							
		Otros		GLAUCONITA				Goetita	Goetita
	MATRIZ	Mín. De arcilla			10		5		15
Micrita		5		25	30	10		10	
Limonita									
Caolinita									
CEMENTO	Cuarzo		5	2					
	Calcita				5		10		10
	Mín. De arcilla		5	3					
POROSIDAD	Primaria	Interpartícula	5				10		
		Intrapartícula							
	Secundaria	Disolución	5	20	5	3	10	10	5
		Fractura							
		Móldica			5	2			

Los porcentajes de los constituyentes de las rocas como son grano, matriz, cemento y porosidad, son presentados en la Tabla 9, donde se indica además el nombre del pozo, profundidad, el tipo de roca y a la facies a la cual pertenece cada una de las muestras analizadas.

Tabla 9: Distribución porcentual de los constituyentes de las muestras y clasificación mineralógica.

POZO	PROFUNDIDAD DE MUESTRA	COMPOSICIÓN GENERAL (%)				TIPO DE ROCA	FACIES CLÁSTICAS
		GRANOS	MATRIZ	CEMENTO	POROSIDAD		
SVS0226	10326'	65	10	5	15	Arenisca Cuarzosa	S2
	10363'	65	10	5	20	Arenisca Cuarzosa	S2
	10386'	65	10		25	Sublitarenita Feldespática	S1
	10438'	70	5	2	23	Sublitarenita	S1
	10463'	78	2	1	19	Sublitarenita Feldespática	S2
	10517'	83	5	2	10	Sublitarenita Feldespática	S11
	10545'	68	5	2	25	Sublitarenita Feldespática	S2
SVS0339	10004'	75	5	10	10	Sublitarenita Feldespática	S1
	10014'	65	10	5	20	Sublitarenita	S2
	10111'	70	20	5	5	Arenisca Micrítica	S1
	10134'	60	35		5	Arenisca Micrítica	S2
	10164'	60	10	10	20	Arenisca Cuarzosa	S2
	10207'	75	15		10	Arenisca Cuarzosa	S2
	10251'	80	10	5	5	Arenisca Cuarzosa	S2

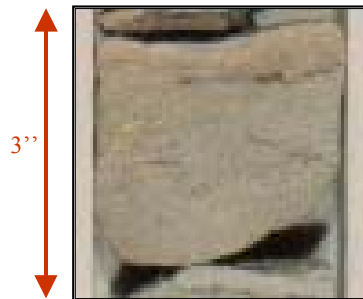
4.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS FACIES CLÁSTICAS

Las principales características macroscópicas y petrográficas de las facies se generalizan para el yacimiento y se describen a continuación, donde se integra la información obtenida en cada uno de los pozos con núcleo, se indican los espesores mínimo, máximo, total y porcentaje total, para cada uno de los pozos con núcleos, se presentan fotografías de las facies vistas en núcleos y de las secciones finas donde se hayan analizado.

La descripción de estas características se presentan en las figuras 24, 25, 26, 27, 28 y 29, correspondientes a las facies S3, S1, S11, S2, H y L respectivamente.

FACIES S3

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS



Fotografía de la facies pozo
Pozo SVS0226. Prof.: 10456'6"

DESCRIPCIÓN

Arenisca de tamaño de grano medio, subangular a subredondeado, moderadamente escogida a veces con clastos arcillosos, se presenta masiva, tiene estratificación cruzada y bandeamientos oxidados, puede ser calcárea.

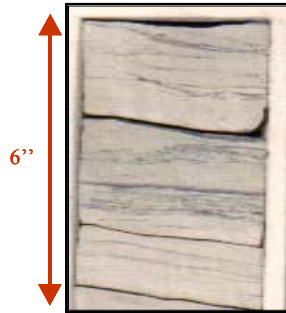
Nº de pozo	Espesor Mínimo (PIES)	Espesor Máximo (PIES)	Espesor Total (PIES)	Porcentaje de Espesor total (%)
SVS0095	0,45	0,84	1,57	1,29
SVS0226	0,10	0,90	7,60	2,11
SVS0339	0,14	10,24	28,19	6,83

DISTRIBUCIÓN DE ESPESORES DE LA FACIES POR POZOS

Figura 24: Descripción de facies S3

FACIES S1

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS



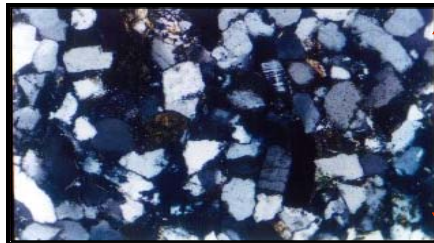
Fotografía de la facies
Pozo SVS0226. Prof.: 10513'9"

DESCRIPCIÓN

Arenisca de grano fino, subangular a subredondeado, escogimiento moderado a bueno, presenta clastos alargados, intercalaciones de láminas de lutita niveles de oxidación, laminación cruzada y paralela abundantes restos de materia orgánica, en algunos casos es calcárea. Icnogéneros: *Rhizocorallium* isp., *Ophiomorpha* isp., *Arenicolites* isp., *Teichichnus* isp., *Chondrites* isp., *Asterosoma* isp., *Planolite* isp., *Skolithos* isp., *Helmintopsis* isp.

Nº de pozo	Espesor Mínimo (Pies)	Espesor Máximo (Pies)	Espesor total	Porcentaje de Espesor total (%)
SVS0095	0,29	27,30	43,54	2,85
SVS0226	0,08	5,14	56,53	15,67
SVS0339	0,10	4,94	97,81	23,69

DISTRIBUCIÓN DE ESPESORES DE LA FACIES POR POZOS



Lupa 10x, Nícoles: cruzados, Prof.: 10004'
Núcleo: SVS0339

DESCRIPCIÓN

Constituida por cuarzo, fragmentos de roca y feldespatos. Trazas de filosilicatos y circones. Transformación de las arcillas del tipo esmectita-illita. Materia orgánica amorfa. Matriz es escasa (minerales de arcilla). Menos de 5% de cementación (sobrecrecimiento de cuarzo y óxidos de hierro). Porosidad entre 10-25%, (interpartícula y disolución). Moderadas a bien escogidos. Subangulares a subredondeados. Tipos de rocas: Sublitarenita, Sublitarenita feldespática y Areniscas micríticas.

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS

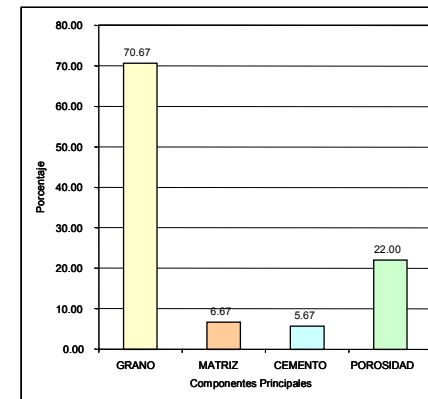
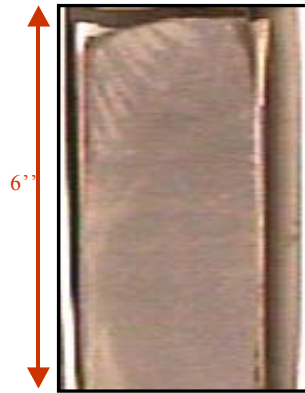


Figura 25: Descripción de facies S1

FACIES S11

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS



Fotografía de la facies
Prof.:10004' Pozo: SVS0339

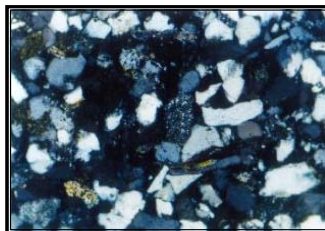
DESCRIPCIÓN

Arenisca de grano fino, subangular a subredondeado, escogimiento moderado a bueno, en algunos casos presenta clastos, escasas intercalaciones de lutita abundantes niveles de oxidación, laminación paralela, estratificación cruzada restos de materia orgánica, bioturbación escasa. Icnofacies: *Thalassinoides* isp., *Ophiomorpha* isp.

Nº de pozo	Espesor Mínimo (Pies)	Espesor Máximo (Pies)	Espesor Total (Pies)	Porcentaje de Espesor total (%)
SVS0095	0,52	1,34	3,25	2,85
SVS0226	0,13	4,67	22,64	6,28
SVS0339	0,32	2,08	4,94	1,20

DISTRIBUCIÓN DE ESPESORES DE LA FACIES POR POZOS

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS



Lupa: 10x, Nícoles cruzados,
Prof.: 10517' Pozo SVS0226

DESCRIPCIÓN

Constituida por cuarzo, fragmentos de roca y feldspatos.
Trazas de filosilicatos (muscovita)
Menos de 7,5% de matriz (minerales de arcilla)
Menos de 3,5% de cemento (sobrecrecimiento de cuarzo)
Porosidad \cong 10%, es primaria.
Bien escogida
Bordes angulosos a subangulosos
Tipo de roca: Sublitarénita

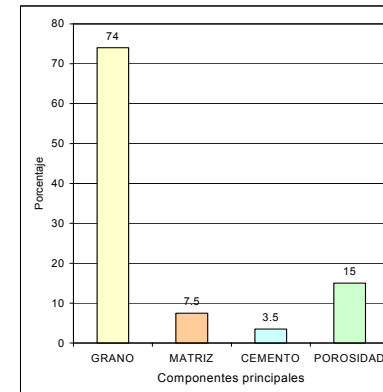


Figura 26: Descripción de facies S11

FACIES S2

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS



DESCRIPCIÓN

Areniscas tamaño de grano fino a limolítico, los granos son subangulares escogimiento moderado a malo, intercalaciones arcillosas discontinuas estratificación "flaser", "hummocky" y ondulada, generalmente muy bioturbada. Icnogéneros: *Thalassinoides* isp., *Teichichnus* isp., *Diplocraterium* isp., *Planolites* isp., *Rhizocorallium* isp., *Arenicolites* isp., *Skolithos* isp., *Bergaueria* isp., *Asterosoma* isp.

Nº de pozo	Espesor Mínimo (Pies)	Espesor Máximo (Pies)	Espesor Total (Pies)	Porcentaje de Espesor total (%)
SVS0095	0,26	7,30	19,02	16,69
SVS0226	0,11	5,95	98,61	27,34
SVS0339	0,21	11,02	173,9	42,13

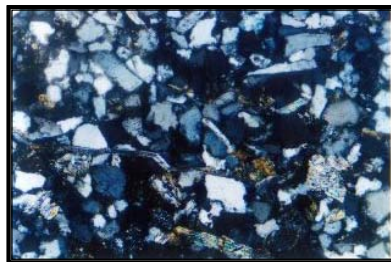
DISTRIBUCIÓN DE ESPESORES DE LA FACIES POR POZOS

Fotografía de la facies SVS0339. Prof.: 10157"

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS

DESCRIPCIÓN

Constituida por cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca. Trazas de muscovita, hematita, glauconita, apatito y gohetita. Arcillas transformadas. Restos de materia orgánica, Matriz entre 1 y 15% (minerales de arcilla). Cemento de 1 a 10%, (sobrecrecimientos de cuarzo y calcita oxidada). Porosidad primaria 10-25%, (interpartícula) y secundaria por disolución y fracturas. Tipos de rocas: Sublitaranita, sublitaranita feldespática, Arenisca cuarzosa y Arenisca micrítica.



Lupa: 10x, Nícoles cruzados, Prof.:10251' Pozo SVS0339

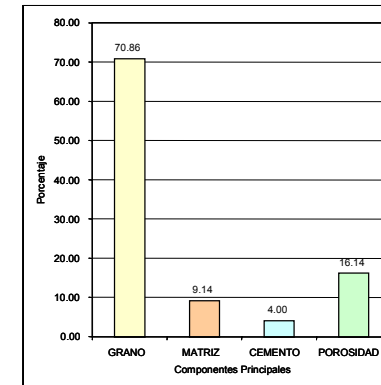


Figura 27: Descripción de facies S2

FACIES H

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS



Fotografía facies H
Pozo SVS0339.Prof: 10350'

DESCRIPCIÓN

Esta facies está constituida por lutitas con pequeños lentes arenosos, muestra un alto grado de bioturbación y huellas de carga, estratificación convoluta algunos intercalaciones son calcáreas. *Thalasinoides* isp., *Chondrites* isp, *Asterosoma* isp., *Conichnus* isp., *Helmintopsis* isp.

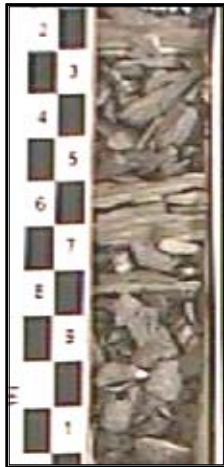
Nº de pozo	Espesor Mínimo (Pies)	Espesor Máximo (Pies)	Espesor Total (Pies)	Porcentaje de Espesor total (%)
SVS0095	0,38	2,50	5,92	5,20
SVS0226	0,11	8,42	91,45	25,35
SVS0339	0,13	9,08	38,88	9,42

DISTRIBUCIÓN DE ESPESORES DE LA FACIES POR POZOS

Figura 28: Descripción de facies H

FACIES L

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS



Fotografía facies L
 Pozo SVS0339.Prof: 10299'

DESCRIPCIÓN

Es una lutita de color gris oscuro a negro con abundantes restos carbonosos de plantas, con algunos nódulos de siderita, bioturbación escasa, mala recuperación.

Ingenéros *Thalassinoides* isp., *Teichichmus* isp., *Skolithos* isp., *Arenicolites*, isp *Chondrites*, isp *Planolites* isp., *Rhizocorallium* isp., *Helminthis* isp

Nº de pozo	Espesor Mínimo (Pies)	Espesor Máximo (Pies)	Espesor Total (Pies)	Porcentaje de Espesor total (%)
SVS0095	0,21	25,62	40,74	35,76
SVS0226	0,10	11,61	80,70	22,37
SVS0339	0,11	10,23	69,08	16,73

DISTRIBUCIÓN DE ESPESORES DE LA FACIES POR POZOS

Figura 29: Descripción de facies L

4.4 ASOCIACIÓN DE FACIES

La interpretación de las facies consiste en el análisis de las evidencias macroscópicas y microscópicas, observadas en los núcleos y en las secciones finas respectivamente, las cuales permiten definir los procesos físicos, químicos y biológicos responsables de la sedimentación de cada facies. La asociación de estos procesos es una herramienta adicional para la interpretación del ambiente sedimentario en el cual se han depositado cada una de las rocas que constituyen el yacimiento.

4.4.1 ASOCIACIÓN DE PRODELTA

Litológicamente está representado por sedimentos lutíticos (facies L) con intercalaciones heterolíticas (H) y algunos intervalos arenosos de la facies S2, la tendencia de la asociación es constante, localmente se presenta una acumulación siguiendo el patrón L-H-S2.

Son secuencias depositadas en aguas tranquilas, las estructuras sedimentarias predominantes son laminaciones paralelas y cruzadas, huellas de carga y estratificación lenticular, los accesorios litológicos que se encuentran son restos de materia orgánica, clastos de lutita y niveles de oxidación, los ichnogéneros presentes corresponden a las ichnofacies *Skolithos* y *Cruziana*, los cuales indican niveles de energía que varían de bajo a moderado.

En algunos casos el contenido de materia orgánica es mayor al igual que la presencia de icnofósiles, lo cual indican una proximidad a la fuente sedimentaria continental, los contactos internos entre cada una de las facies que pertenecen a esta asociación son transicionales, se encuentra en contacto superior con canales distributarios y barras de desembocadura, el contacto inferior es con barras de marea.

Entre los tipos de rocas que se presentan en este tipo de asociación, en los intervalos arenáceos son Areniscas micríticas, según MOUNT (1984), este tipo de roca puede haberse formado por la mezcla de diferentes tipos de facies a lo largo de la cuenca entre las facies contrastantes, el ambiente en el que pudieron haberse formado, es una mezcla que se produce a lo largo de la interface entre la planicie de la zona mareal de los siliciclastos próximos a la costa y los carbonatos costafuera. Carbonatos derivados de arrecifes o bancos de arenas sumergidos y carbonatos de planicie mareal mezclados con siliciclastos submareales, de lomos de arrecifes, de frentes de arrecifes y de canales de marea, además de arenas eólicas mezcladas con carbonatos cercanos a la costa y de planicie mareal.

4.4.2 ASOCIACIÓN DE CANAL DISTRIBUTARIO

Esta asociación de facies está dominada por areniscas (S2) en contacto con facies heterolíticas y de tamaño de grano fino, acumuladas de la siguiente manera S2-H-L, S1-S2, cuya asociación indica una tendencia granodecreciente.

Los contactos entre cada una de las facies que forman este tipo de asociación son transicionales, la secuencia en vertical presenta en la parte superior bahías interdistributarias y en la inferior prodelta.

En este tipo de asociación las estructuras sedimentarias encontradas son laminación paralela y ondulada y estratificación cruzada, en la base de los canales se presentan clastos de lutita, los ichnogéneros formados en estos tipos de asociaciones pertenecen a la ichnofaices *Cruziana* indicando niveles de energía moderados, es característica de sustratos mareales, pobremente escogidos e inconsolidados, asociada a los depósitos de grano fino.

4.4.3 ASOCIACIÓN DE BARRAS DE DESEMBOCADURA

El tipo de facies predominante es arenosa y heterolítica, las mismas se asocian dando una tendencia granocreciente cuyo patrón de apilamiento es el siguiente: L-H-S2-S1-S3, dada su heterogeneidad en la presencia de tamaños de grano, muy fino a limolítico, se asocia a condiciones de baja energía, se pueden acumular como rellenos de bahía.

Los tipos de estructuras sedimentarias predominantes son laminaciones paralelas y onduladas, estratificación cruzada y lenticular, además se pueden encontrar restos de materia orgánica, niveles de arcilla y clastos de lutita, los ichnogéneros presentes corresponden a la ichnofacies *Cruziana* indicativa de niveles de energía bajo a moderado.

En este tipo de asociación se pudieron formar diferentes tipos de rocas tales como: Sublitarenita, las cuales se caracterizan por presentar laminación y estratificación cruzadas, son inmaduras, pueden ser originarias de terrenos sedimentarios; producto de sedimentación parálita que se han acumulado en deltas de llanuras costeras o en ambientes marinos; presentar gradación en su tamaño de grano e interestratificadas con lutitas (PETTIJOHN, 1976).

las Sublitarenitas feldespáticas, donde la presencia de feldespato se debe a los retardos de los procesos de meteorización de la roca fuente, estas rocas pueden ser el producto de fluidos que representan arenas relativamente limpias (PETTIJOHN, 1976).

Otro tipo de roca observada en esta asociación son Arenisca cuarzosa, presentan un alto grado de madurez textural, para que estas rocas se puedan acumular, es necesario un escenario tectónico estable o que la arena haya pasado por varios ciclos de sedimentación, donde el feldespato existente desaparece y se

favorece el redondeo de los granos de cuarzo (PETTIJOHN, 1976) este es el tipo de roca predominante específicamente en la facies S2.

4.4.4 ASOCIACIÓN DE BAHÍA INTERDISTRIBUTARIA

Esta asociación de facies se caracteriza por presentar abundantes intercalaciones de sedimentos de grano fino a limolítico, se formada por pequeñas asociaciones de facies de poco espesor, superpuestas y con tendencia general granocreciente (L-H-S2-S11), se presentan abundantes estructuras sedimentarias representadas por laminaciones paralelas y onduladas, estratificación lenticular, “*flaser*” y cruzada.

Adicionalmente se presentan superficies de reactivación, intercalaciones calcáreas y clastos de arcilla, aquí los icnogéneros presentes corresponden a la ichnofacies *Cruzina* y *Skolithos* indicativa de niveles de energía moderados.

Los contactos internos entre cada una de estas facies es transicional, entre cada una de las asociaciones es abrupto, se presenta en contacto superior e inferior con barras de desembocadura.

Los tipos de rocas presentes en los intervalos arenáceos son Sublitarenita Feldespática, el medio en que se han formado, está definido en la sección de barras de desembocadura.

4.4.5 ASOCIACIÓN DE BARRAS DE MAREA

Está caracterizada por la presencia de facies arenosas del tipo S2 y S3 con abundantes intercalaciones heterolíticas (H), la tendencia de esta asociación es granocreciente y esta representada de base a tope por las facies: H-S2-S1-S3. Las principales estructuras sedimentarias observadas son laminaciones paralelas, huellas

de carga, estratificación “*flaser*”, aquí se pueden presentar clastos de lutita oxidados, fragmentos de conchas, intercalaciones calcáreas y niveles de óxido.

La presencia de arenisca de grano fino a muy fin, con abundante estratificación “*flaser*”, rizaduras unidireccionales y bidireccionales. Estas estructuras sugieren procesos de baja energía con influencia de aguas dulces y saladas, con estas características, se puede decir que estas facies se presentan en diversos tipos de depósitos como pueden ser frente deltaico.

Los ichnogéneros presentes corresponden a la ichnofacies *Skolithos* indicativa de niveles de energía moderados.

La presencia de facies S3 indican la influencia de corrientes unidireccionales indicativas de condiciones de energía media a alta que originan la migración de dunas, proceso este responsable de la estratificación cruzada característica de esta facies, los clastos de arcilla se presentan en la base de los canales, el tipo de grano allí presente es grueso esta facies se puede acumular en el tope de las barras del frente deltaico. Esta facies, se acumula en secuencias de poco espesor indicando que el proceso es de media a alta energía, fue corto en el tiempo, no permitiendo la acumulación de grandes espesores.

En ésta asociación de facies se por presentar abundantes laminaciones paralelas de lutita producto de los fuertes cambios de energía, durante los niveles de energía bajos, se favorece la depositación de las partículas más finas, mientras que en los niveles de energía medio se depositan los tamaños de grano más gruesos.

Los contactos internos entre cada una de estas facies son transicionales, tanto en la parte superior como inferior, se presenta en contacto con las asociaciones de facies de canal de marea y barra de marea.

El tipo de roca aquí presente es Sublitarenita feldespática, cuyo origen está explicado la sección de barra de desembocadura.

4.4.6 ASOCIACIÓN DE CANAL DE MAREA

Está representado principalmente por facies arenosas (S2 y S1) con intercalaciones heterolíticas (H), este tipo de facies presenta una tendencia granodecreciente y se agrupan de la siguiente forma: S1-S2-H, en una misma unidad, se pueden presentar varias acumulaciones de esta misma forma.

Entre las estructuras sedimentarias presentes se tiene laminación paralela y estratificación “*flaser*” y cruzada indicativa de la influencia mareal, entre los accesorios litológicos se tienen restos de materia orgánica, clastos de lutita calcárea, niveles de oxidación, intercalaciones calcáreas, restos de conchas y superficies de reactivación.

El nivel de energía es moderado, representado por el los ichnogéneros de la ichnofacies *Cruziana*.

Esta facies está asociada a la disminución de energía, es decir, la energía del medio es moderada, donde no se forman grandes estructuras sedimentarias, a excepción de algunas laminaciones paralelas las cuales pueden ser atribuidas localmente a los cambios energéticos del medio, en varios niveles de la columna, esta facies se presenta en contacto con facies S3 en el tope y S1 en la base.

4.5 INTERPRETACIÓN DE ICHNOFACIES

PEMBERTON *et al.*, 1992 (en AROSTEGUI *et al.*, 1999) refieren que los ambientes transicionales, de aguas salobres (ambientes marino – marginales, incluyendo las zonas intermareales y ambientes deltaicos), se caracterizan por significativas fluctuaciones en las condiciones ambientales, lo que resulta en condiciones desfavorables para numerosos organismos. La bioturbación para este tipo de ambientes está caracterizada por: (1) poca diversidad, (2) bioturbación típicamente encontrada en ambientes transicionales y marinos, (3) Icnofósiles verticales y horizontales comunes tanto en la icnofacies *Skolithos* como *Cruziana* (ver apéndice 3), (4) un régimen de energía medio a alto, (5) una tasa de aporte de sedimentos mediana.

4.5.1 ICNOFACIES *SKOLITHOS*

Es indicativa de niveles relativamente altos de energía y típicamente se desarrolla en sustratos ligeramente lodosos a limpios, bien escogidos y no consolidados, el incremento de energía aumenta el retrabajo físico, por lo que se oscurecen las estructuras biogénicas y las estructuras sedimentarias físicas preservadas. Tales condiciones ocurren en los deltas de marea, este tipo de icnofacies se asocia principalmente a los depósitos de grano más grueso de los canales de marea.

4.5.2 ICNOFACIES *CRUZIANA*

Es más característica de sustratos mareales, pobremente escogidos e inconsolidados, las condiciones varían típicamente de niveles de energía moderados en aguas someras ligeramente por debajo del nivel base de las olas pero por encima del nivel base de las olas a niveles de energía es bajo en aguas tranquilas y más profundas, la tasa de depositación varía de escasa a moderada, pero normalmente no son rápidas.

4.6 ANÁLISIS DIAGENÉTICO

El estudio diagenético de las propiedades de las rocas, se hace a partir de las evidencias diagenéticas obtenidas de los análisis petrográficos hechos a las secciones finas en los intervalos antes mencionados (ver Tabla 10), en tales casos las profundidades mayores corresponden a las muestras tomadas en los núcleos del pozo SVS0226 (10326’-10545’), mientras que las más someras se presentan en las secciones finas hechas a los núcleos del pozo SVS0339 (10004’-10251’).

De acuerdo a las bases teóricas y aunado a las evidencias observadas luego de los análisis petrográficos, se puede definir la secuencia paragenética para cada una de los sectores con núcleos analizados (parte norte y sureste del área), en la siguiente tabla, se presentan los resultados obtenidos por muestra a profundidades de núcleo, indicando la etapa diagenética a la cual pertenecen cada una de ellas.

En la literatura, existen varios tipos de clasificaciones de diagénesis, en esta investigación, se trabaja según LOUCKS, K.G. *et al.*, 1984; quien define tres tipos de diagénesis, denominadas Somera, Intermedia, Profunda, las mismas se caracterizan por presentar una serie de procesos asociados dependiendo de la profundidad de soterramiento de las rocas (ver apéndice 1).

Tabla 10: Evidencia y etapas diagenéticas del yacimiento

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	EVIDENCIA DIAGENÉTICA		ETAPA DIAGENÉTICA
Profundidad: 10004’ SVS0339 Unidad Informal B1 Facies S1	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Grano: rectos y puntuales. GP: Bajo GC: Media	DIAGÉNESIS TEMPRANA
	CEMENTACIÓN	CeP: Hematita, Limonita Oce: Rellenando poro, sobrecrec. de grano. GCe: Baja	
	DISOLUCIÓN	CD: cemento. Granos flotantes. GD: Bajo	

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	EVIDENCIA DIAGENÉTICA		ETAPA DIAGENÉTICA
Profundidad: 10014' SVS0339 Unidad Informal B1 Facies S2	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Matriz GP: Alto Deformac. grano dúctil Fractura granos dúctiles GC: Media	DIAGÉNESIS TEMPRANA
	CEMENTACIÓN	CeP: Arcilla, Cuarzo Oce: Sobrecrec. grano y envoltorio de grano GCe: Baja	
	DISOLUCIÓN	CD: Matriz Granos flotantes	
	ALTERACIÓN (TRANSFORMACIÓN)	Caolinita- Muscovita GA: Baja	
Profundidad: 10111' SVS0339 Unidad Informal B1 Facies S1	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Matriz GP: Alto Deformación grano dúctil Fractura granos dúctiles GC: Media	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	DISOLUCIÓN	CD: Micrita Granos flotantes	
Profundidad: 10134' SVS0339 Unidad Informal B1 Facies S2	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Matriz GP: Alto Deformación grano dúctil Fractura granos dúctiles GC: Media	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	DISOLUCIÓN	CD: Micrita Granos flotantes	
Profundidad: 10164' SVS0339 Unidad Informal B1 Facies S2	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Grano: rectos y puntuales GP: Media GC: Media	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	CEMENTACIÓN	CeP: Calcita Oce: Sobrecrec. grano y envoltorio de grano GCe: Baja	
	DISOLUCIÓN	CD: Micrita Residuos de CD Granos flotantes GD: Media	
Profundidad: 10207' SVS0339 Unidad Informal B1 Facies S2	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Grano: rectos y puntuales GP: Baja GC: Baja	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	DISOLUCIÓN	CD: Micrita GD: Baja	
	ALTERACIÓN (TRANSFORMACIÓN)	Caolinita- Muscovita GA: Baja	

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	EVIDENCIA DIAGENÉTICA		ETAPA DIAGENÉTICA
Profundidad: 10251' SVS0339 Unidad Informal B1 Facies S2	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Grano: rectos y puntuales GP: Baja Deformación grano dúctil GC: Media	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	CEMENTACIÓN	CeP: Cuarzo Oce: Sobrecrec grano y envoltorio de grano GCe: Baja	
	DISOLUCIÓN	CD: Micrita GD: Baja	
	ALTERACIÓN	Caolinita- Muscovita GA: Baja	
Profundidad: 10326' SVS0226 Unidad Informal B1 Facies S2	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Grano, puntuales Grano-matriz GP: media a baja GC: media a alta	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	CEMENTACIÓN	CeP: Calcita Oce: rellenando poros Gce: bajo	
	DISOLUCIÓN	CD: Cemento Granos Flotantes GD: media	
Profundidad: 10343' SVS0226 Unidad Informal B1 Facies S2	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Grano y Grano-Matriz GP: Alta Deformación grano dúctil GC: Baja	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	CEMENTACIÓN	CeP: Cuarzo Oce: Sobrecrec grano GCe: Baja	
	DISOLUCIÓN	CD: Micrita Residuo de CD Granos flotantes GD: Baja	
	ALTERACIÓN	Feldespatos GA: Baja	
Profundidad: 10363' SVS0226 Unidad Informal B1 Facies S2	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Grano: puntuales y rectos GP: Media Deformación grano dúctil GC: Baja	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	CEMENTACIÓN	CeP: Cuarzo lixiviado Oce: Sobrecrec. grano GCe: Baja	
	DISOLUCIÓN	CD: Micrita Granos flotantes GD: Baja	
	ALTERACIÓN	Feldespatos GA: Baja	

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	EVIDENCIA DIAGENÉTICA		ETAPA DIAGENÉTICA
Profundidad: 10386' SVS226 Unidad Informal B1 Facies S1	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Grano: rectos y puntuales. GP: Media GC: Media a Alta	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	DISOLUCIÓN	CD: Micrita y Arcilla Residuo de CD Granos flotantes GD: Media	
	TRANSFORMACIÓN	Arcilla GT: Baja	
Profundidad: 10438' SVS0226 Unidad Informal B1 Facies S1	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Grano: rectos y puntuales. Deformación grano dúctil Fractura de grano dúctil GP: Media GC: Media a Alta	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	CEMENTACIÓN	CeP: Cuarzo Oce: Sobrecrec grano GCe: Baja	
	DISOLUCIÓN	CD: Cemento Residuo de CD Granos flotantes GD: Media a Alta	
	ALTERACIÓN	Feldespatos y micas GA: Baja	
Profundidad: 10517' SVS0226 Unidad Informal B1 Facies S11	TRANSFORMACIÓN	Arcillas (Esmectita-Illita) GT: Baja	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Grano: rectos y puntuales. Deformación grano dúctil GP: Media GC: Baja a Media	
	CEMENTACIÓN	CeP: Cuarzo Oce: Sobrecrec grano GCe: Baja	
	DISOLUCIÓN	CD: Matriz Granos flotantes GD: Media a Alta	
	ALTERACIÓN	Filosilicatos y Feldespatos. GA: Baja	
Profundidad:10545' SVS0226 Unidad Informal B1 Facies S2	TRANSFORMACIÓN	Arcillas (esmetita illita) GT: Bajo	DIAGÉNESIS INTERMEDIA
	COMPACTACIÓN	CP: Grano-Grano: rectos, puntuales y saturados. Deformación grano dúctil GP: Alta GC: Baja a Media	
	CEMENTACIÓN	CeP: Cuarzo Oce: Sobrecrec grano GCe: Baja	

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	EVIDENCIA DIAGENÉTICA		ETAPA DIAGENÉTICA
	DISOLUCIÓN	CD: Arcilla Granos flotantes GD: Alta	
	ALTERACIÓN	Feldspatos. GA: Bajo	

LEYENDA: CP. Contacto Predominante, GP. Grado de Porosidad, GC. Grado de compactación, CeP. Cemento predominante, Oce. Ocurrencia de cemento. Sobrecrec. Sobrecrecimiento, Gce. Grado de cementación, GD. Grado de disolución. GA. Grado de alteración, CD. Componente Disuelto.

A partir de los datos presentados en la tabla anterior, se puede decir, que los procesos diagenéticos presentes en la columna estratigráfica analizada correspondientes al miembro informal B-1 de la Formación Misoa, se mantienen constantes en la zona sur, dando como resultados una etapa Diagenética Intermedia, representada en contactos rectos y puntuales que alcanzan a ser suturados, sólo eventuales alteraciones de feldespato y fragmentos de roca a arcillas caolinita, presencia de montmorillonita como producto de la alteración de materiales volcánicos (ígneo) preexistentes, mientras que hacia el norte, se caracteriza por una diagénesis Temprana a Intermedia, evidenciada en la relación de flotabilidad de granos y glauconitización entre otros.

Las secuencia paragenética, obtenida para las dos áreas pertenecientes al yacimiento B-1 SVS0073 (ver figuras 34 y 35), indican que hacia la parte sureste donde se ubica el pozo SVS0226, los procesos diagenéticos que han afectado las rocas son compactación cementación, disolución, alteración, presencia de granos flotantes, mientras que hacia el norte, donde se ubica el pozo SVS0339, el otro proceso adicional que influye en la diagénesis es la glauconitización, estos procesos se caracterizan por:

4.6.1 COMPACTACIÓN

Es el primer proceso físico que afecta al sedimento desde que llega a la cuenca, como producto del aumento de la carga sedimentaria, afectando directamente la disminución de la porosidad; a medida que aumenta el grado de compactación los

granos presentan un mayor empaquetamiento y en algunos casos puede llegar a deformar y fracturar a los granos, la compactación es un proceso que se presenta en todas las etapas diagenéticas (ver Figura 30).

El factor principal que influye en el grado de compactación de las rocas analizadas, son las características texturales de las partículas constituyentes, donde los sedimentos más gruesos son más difíciles de compactar que los finos, se trata de rocas moderadamente escogidas, donde los granos de menor tamaño tienden a compactarse, por otro lado, por tratarse de granos subangulares a subredondeados, los bordes de los granos de mayor tamaño tienden a fracturarse como producto de la compactación efectuada en los granos adyacentes (SANDOVAL, M., 2000).

Este proceso se ve impedido en la parte superior de la columna sedimentaria correspondiente al pozo SVS0226 por la ausencia de matriz en las areniscas, es sólo hacia la base donde se presentan intercalaciones de arena mal escogidas, con un contenido de matriz mayor y aumento de la presencia de granos en contactos longitudinales, los cuales favorecen que este proceso se intensifique



Lupa 4x, Nícoles : cruzados Prof.:10386'
Núcleo: SVS-226

Figura 30: Fotografía del proceso de compactación

4.6.2 CEMENTACIÓN

La cementación se ha definido como la formación de una serie de minerales autigénicos por precipitación directa de las soluciones contenidas en los poros (SANDOVAL, M., 2000).

Este proceso se intensifica en las areniscas cuando se encuentran en etapas de soterramiento intermedio a profundo. Según ALMONT *et al.*, 1976 (en SANDOVAL, 2000), quienes estudiaron areniscas volcanoclásticas en secuencias deltaicas cerca de zonas marinas, encontraron esmectita restringida a los subambientes de bahía y ambientes submareales, sin embargo BLATT *et al.*, 1980 (en SANDOVAL, M., 2000) dicen que arenas cratónicas las cuales no contienen fragmentos de rocas dúctiles ni materiales arcillosos, suelen presentar como cementos típicos la calcita, el cuarzo y la hematita.

El principal tipo de cemento observado en las muestras analizadas es como sobrecrecimiento en continuidad óptica, (ver Figura 31) éste puede proceder de la alteración de silicatos, feldespatos y fragmentos de rocas sobre todos los de origen ígneo (SANDOVAL, M., 2000). BOLLES y FRANKS, 1979 (en SANDOVAL, M., 2000) proponen como fuente para dicha cementación no sólo de la sílice sino además del calcio, hierro y magnesio, la transformación de los minerales del grupo esmectita a illita.

Según PITTMAN, 1979a (en SANDOVAL, M., 2000), para las areniscas asociadas a cuencas cratónicas, son de mayor importancia la alteración de feldespatos y los procesos de alteración de minerales de arcilla.

Otro tipo de cemento también observado en las muestras estudiadas, es el carbonático y en algunos casos se presenta oxidado, este tipo de cemento es más

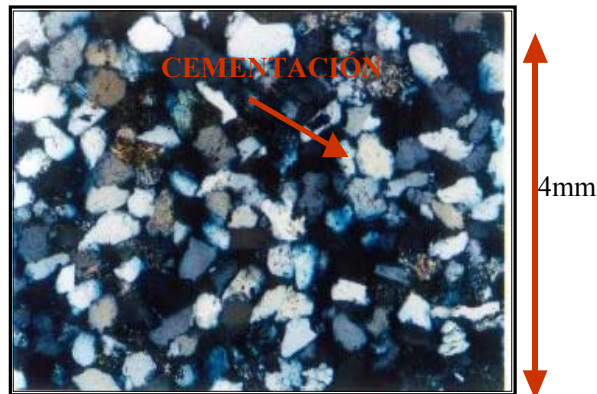
soluble que el silicio, por lo que puede ser removido con mayor facilidad como resultado del proceso de disolución (SANDOVAL, 2000).

La calcita como cemento puede ser rica en Mg, baja en Mg, ferromagnesiana, o una mezcla de ambas también puede ser siderítico y se puede formar cerca de la superficie y en el subsuelo, la calcita es de todos los cementos carbonáticos, la más común en las areniscas depositadas en todos los ambientes tectónicos, ambientes depositacionales y de diferentes tipos de composición.

Como resultado de la precipitación temprana de calcita, hay a veces un desplazamiento de los granos por lo que parece que estos estuvieran flotando en el cemento. Según BLATT *et al.*, 1980 (en SANDOVAL, 2000) con el aumento de la profundidad ocurre una transición entre la calcita baja en magnesio hacia la calcita ferromagnesiana.

En cuanto al cemento de siderita, (FeCO_3), para su formación necesita condiciones reductoras por lo que es raro encontrarla en sedimentos con aguas de poros de ambientes marinos debido a la abundancia de sulfato disuelto en dichas aguas, La siderita se forma en ambientes no marinos donde hay suficiente iones de hierro con respecto a la calcita. TUCKER, 1981 (en SANDOVAL, 2000)

En las columnas sedimentarias analizadas, este proceso es de baja intensidad, y se mantiene constante en la zona sureste, mientras que al norte, en el pozo SVS0339, este proceso es variable, el cual disminuye de intensidad en la parte intermedia de la columna.



Lupa 10x. Nícoles cruzados. Prof. 10545'
Pozo: SVS-226

Figura 31: Fotografía del proceso de cementación

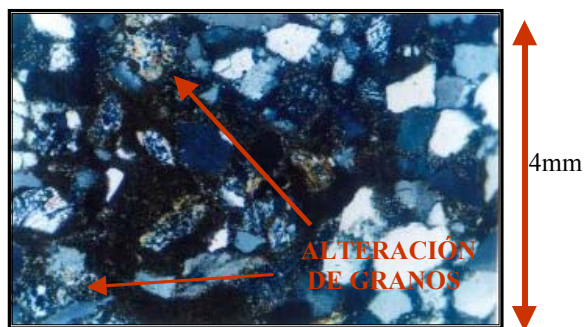
4.6.3 ALTERACIÓN DE GRANOS

Este proceso consiste en la formación de una nueva especie mineralógica, juega un papel importante en la modificación de la composición original de los sedimentos, una de las alteraciones más comunes son las que ocurre con los minerales de arcilla, feldespatos, micas y fragmentos de roca (ver Figura 32).

Según KISCH, 1983 (en SANDOVAL, M, 2000) las alteraciones más importante son: (a) Transformación o alteración de los minerales de arcilla, en este estudio, se trata del grupo de la esmectita a illita, (b) alteración de los feldespatos a minerales de arcilla, (c) alteración de micas y fragmentos de roca a minerales de arcilla.

Los minerales del grupo de esmectita pueden originarse según DUNOYER DE SEGONZAC, 1970 (en SANDOVAL, M., 2000) a lo largo del ciclo geológico sedimentario bajo las siguientes condiciones (a) en perfiles de suelos por degradación de los silicatos, (b) durante las primeras etapas de depositación y soterramiento somero: por presipitación química en ambientes marinos a lacustrinos.

Según KISCH, 1983 (en SANDOVAL, M., 2000), durante la diagénesis temprana la biotita puede alterarse a esmectita, glauconita, caolinita, mientras que los minerales de muscovita pueden alterarse durante la diagénesis intermedia a tardía a illita a través de arcillas tipo illita-esmectita.



Lupa 10x. Nícoles cruzados. Prof. 10164'
Pozo: SVS-339

Figura 32: Fotografía del proceso de alteración de granos

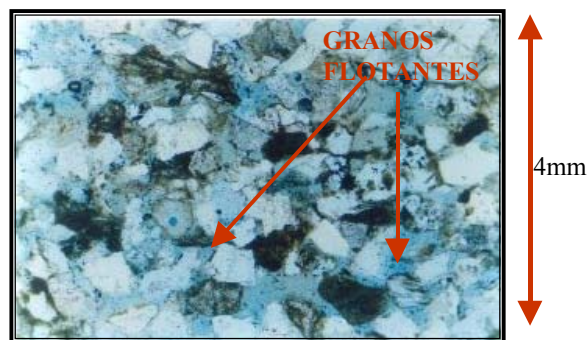
4.6.4 DISOLUCIÓN

Es el principal proceso de generación de porosidad secundaria (ver Figura 34), puede generarse por compactación, disolución selectiva de materiales solubles o inestables que pueden ser granos, matriz y cemento, según HAYES 1979 (en SANDOVAL, M., 2000), la disolución se genera en la etapa diagenética intermedia, a medida que la profundidad, temperatura y velocidad de generación de hidrocarburos se incrementan, soluciones acuosas químicamente activas (cargadas con ácidos orgánicos y CO₂) migran de las lutitas adyacentes hacia las areniscas, originando la disolución de compuestos inestables.

Durante la diagénesis temprana, puede haber disolución debido al flujo de aguas meteóricas subsaturadas en una o más fases mineralógicas a través de los sedimentos, los componentes principalmente disueltos son granos y/o cementos carbonáticos y feldspatos, esto ocurre principalmente en las areniscas de origen fluvial y deltaico.

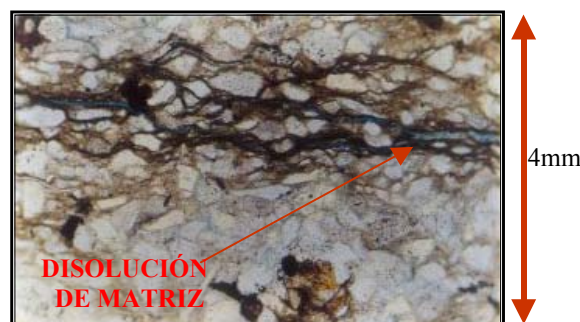
Según SIEBERT *et al.*, 1984 (en SANDOVAL, M., 2000) la disolución de los feldespatos se base en que la maduración de materia orgánica previa a la generación de petróleo y la alteración de minerales de arcilla en las lutitas (rocas fuente) producen el solvente necesario para disolver granos de arena y para transportar mucho de este material disuelto fuera de las areniscas.

En las columnas sedimentarias analizadas, el proceso de disolución se intensifica hacia la base, donde la etapa diagenética interpretada para cada una de ellas es intermedia, mientras que hacia el tope, este proceso es de menor grado, además se puede ver que a medida que aumenta el grado de disolución, también aumenta la presencia de granos flotantes (ver Figura 33).



Lupa 10x, Nícoles paralelos. Prof. 10164'
Pozo SVS0339

Figura 33: Fotografía mostrando granos flotantes

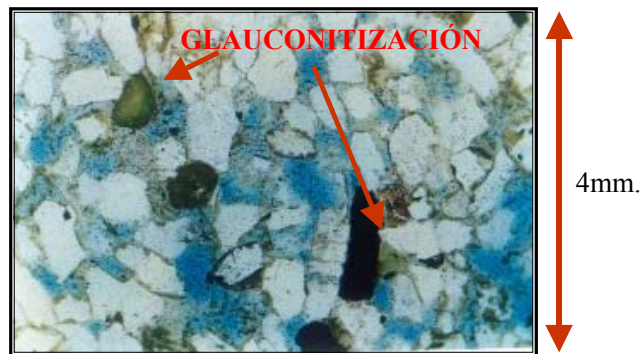


Lupa 10x. Nícoles paralelos. Prof. 10326'
Pozo: SVS-226

Figura 34: Fotografía del proceso de disolución

4.6.5 GLAUCONITIZACIÓN

Según ZAPATA, E., 1983, la presencia de glauconita, es un índice de condiciones reductoras del medio diagenético en ambiente marino, la misma precipitará por reducción de la materia orgánica en una etapa diagenética temprana, la formación de glauconita ocurre en los primeros centímetros por debajo de la entrecara de depositación, en la figura se muestran granos de glauconita observados en el pozo SVS0339



Lupa 10x, Nícoles: paralelos Prof.:10111'
Núcleo: SVS-339

Figura 35: Fotografía del proceso de glauconitización

En las figuras 36 y 37, que se presentan a continuación, se indica la ocurrencia de las evidencias diagenéticas y la intensidad de estos procesos para cada uno de los pozos a los cuales se les tomaron secciones finas.

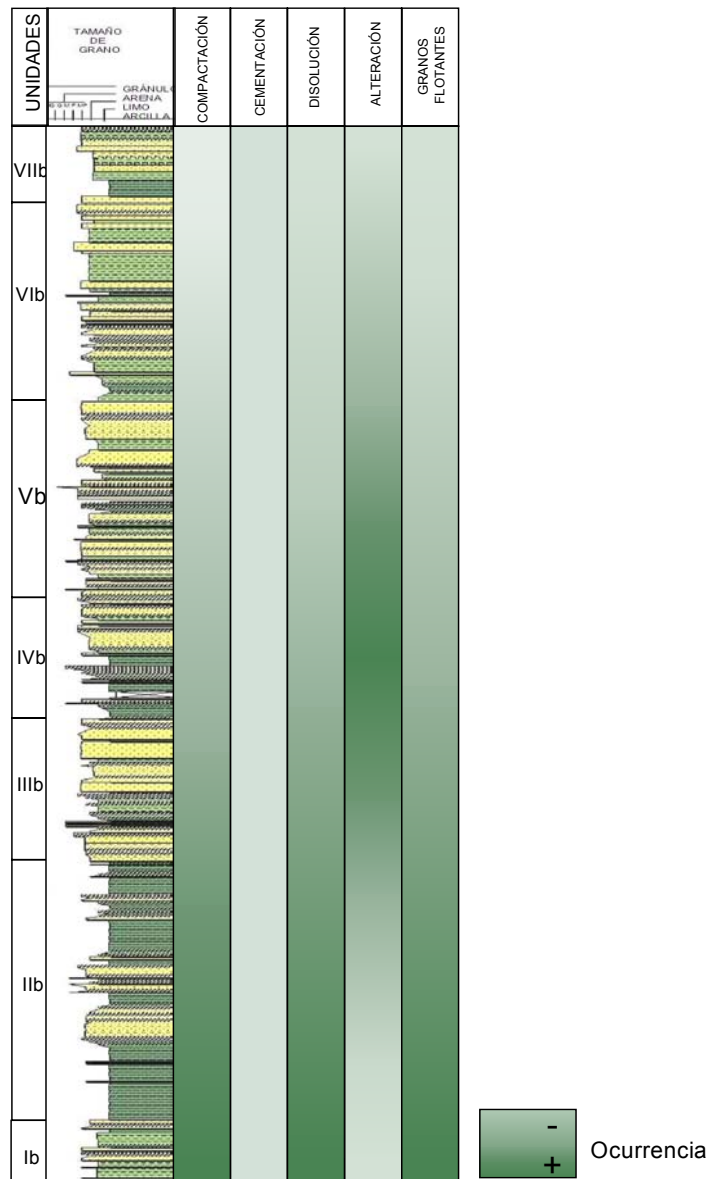


Figura 36: Ocurrencia de evidencias e intensidad de los procesos diagenéticos en pozos SVS0226

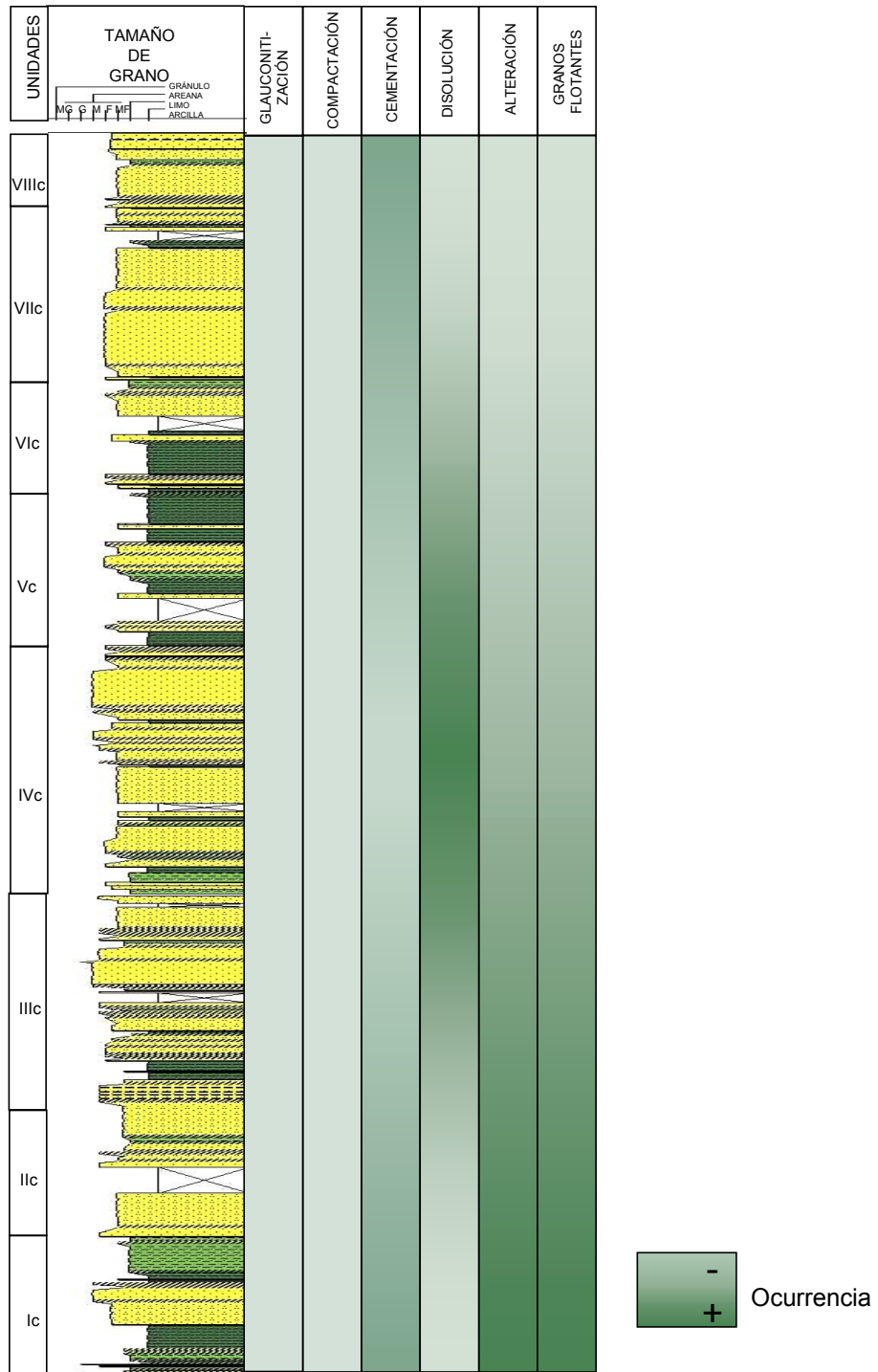


Figura 37: Ocurrencia de evidencias e intensidad de los procesos diagenéticos en pozos SVS0339

4.7 DEFINICIÓN DE UNIDADES SEDIMENTARIAS

Esta definición se hace a partir de la asociación de facies sedimentarias que coexisten en equilibrio, están genéticamente relacionadas y que tienen algún significado en común, se diferencian una de otra por los cambios bruscos en cuanto a litología se refiere, pueden ser reconocidas y correlacionadas arealmente, permitiendo establecer la extensión distribución y geometría externa de las unidades de flujo.

El análisis macroscópico de los pozos con núcleos, permitió definir 13 unidades sedimentarias principales y correlacionables, constituidas por parasecuencias “*coarsening up*” y “*finning up*”, las cuales pueden presentarse alternadas o continuas.

En cada uno de los pozos, la nomenclatura empleada, está referida en números romanos para el nombre de la unidad, acompañada de las letras minúsculas a, b y c, las cuales representan a los pozos SVS0095, SVS0226 y SVS00339 respectivamente. Los intervalos de profundidad que poseen núcleos para cada uno de los pozos, se muestran en el anexo 2.

4.7.1 UNIDADES SEDIMENTARIAS NUCLEOS DEL POZO SVS0095

Este núcleo se ubica en la parte norcentral del área de estudio, al sureste del pozo SVS0339 (ver Figura 23), tiene un total de 117 pies cortados correspondientes al intervalo 9930’-10047’, de los cuales se recuperaron 91’11’’ equivalente al 79%, del intervalo cortado. En el Gráfico 1 se presenta la distribución porcentual de cada una de las facies presentes en todo el pozo. Con la asociación de facies, se definieron cuatro unidades sedimentarias. Tanto en la base como en el tope, se presentan intervalos de 6 pies y 4 pies respectivamente, de asociaciones de facies a las cuales se les denomina Unidades Ia y VIa y no se les puede definir el espesor total de la unidad por la falta de información en cuanto a distribución vertical de facies se refiere, estos intervalos corresponden a las profundidades 9930’-9936’ y 10043’-10047’ (ver

anexo 3). A continuación se describen las unidades sedimentarias definidas para este pozo.

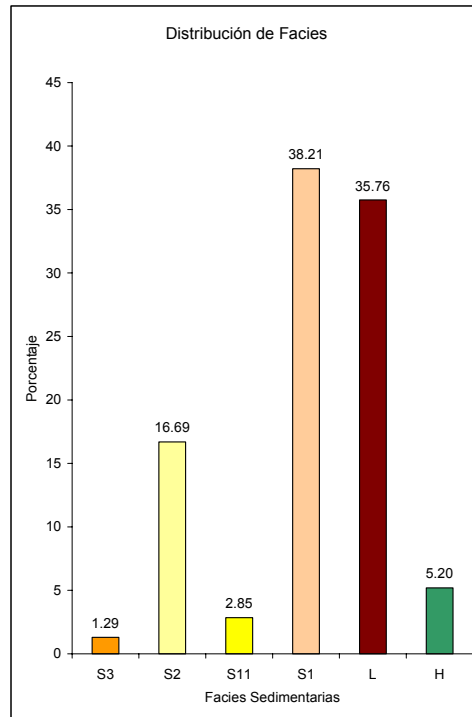


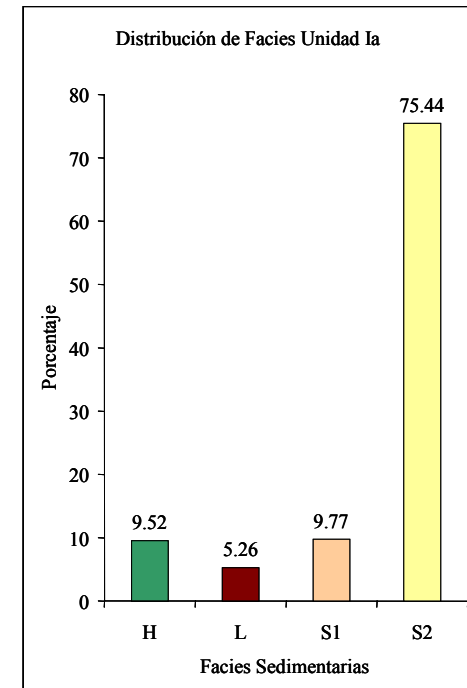
Gráfico 1: Distribución de facies en los núcleos del pozo SVS0095

En las figuras 38, 39, 40, 41 y 42, se presentan las características físicas que diferencian cada una de las unidades sedimentarias informales definidas en el pozo SVS0095.

Unidad IXa

DESCRIPCIÓN
Intervalo (10043'-10047')

Con un espesor de 4', está representado por una secuencia granocreciente de facies H-S2-S1, la facies dominante es S2, presenta laminación paralela y lenticular e intercalaciones de lutita, niveles de oxidación, clastos de arcilla calcáreos y restos de conchas; es la unidad más inferior, los contactos entre las facies existentes son transicionales, mientras que con la unidad suprayacente es abrupto.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA



Figura 38: Unidad sedimentaria informal IXa

Unidad Xa

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10002'-10042')

Corresponde a una secuencia de 40 pies espesor, presenta localmente tendencias granocreciente, constiuida principalmente por la asociación de facies L, S2; L, H, S2, L, S3, la facies predominante es L, se caracteriza por laminaciones paralelas y onduladas muestra clastos de arcilla y laminaciones de óxido, el contacto con la unidad superior es abrupto. Ichnofósiles: *Planolites* isp., *Skolithos* isp., *Arenicolites* isp., *Thalassinoides* isp., *Chondrites* isp. y *Teichichnus* isp., el nivel de bioturbación varía de escaso a moderado.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

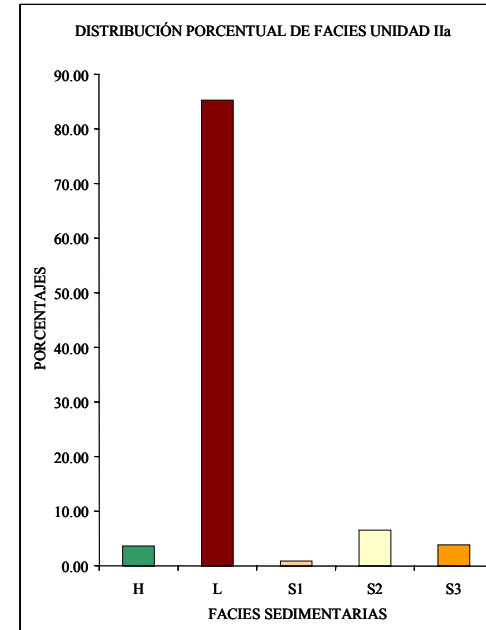
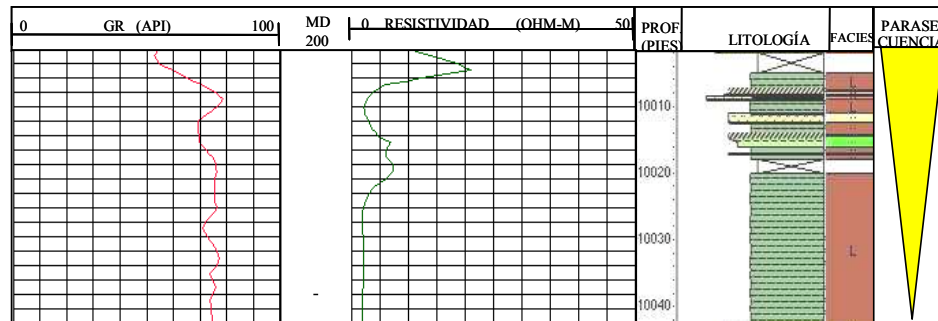


Figura 39: Unidad sedimentaria informal Xa

Unidad XIa

DESCRIPCIÓN

Intervalo (9960'-10002')

Caracterizada por una secuencia granodecreciente definida por la asociación de facies granodecreciente S1, S2, H, hacia la base, hacia el tope, está constituida por asociaciones de faices granodecrecientes del tipo S11, H y S2, L, el tipo de facies predominante es S1, tiene un espesor de 42 pies, se caracteriza por presentar laminación paralela y ondulada, estratificación cruzada delgados niveles de óxidos, intercalaciones de lutita en las arenas y clastos de arcilla, el único tipo de icnofósil presente es *Planolites isp.* (icnofacies *Skolithos*). Los contactos entre las facies varían de transicionales a abruptos, y el contacto con la unidad suprayacente se asume transicional, debido a la ausencia de núcleo en el intervalo suprayacente

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

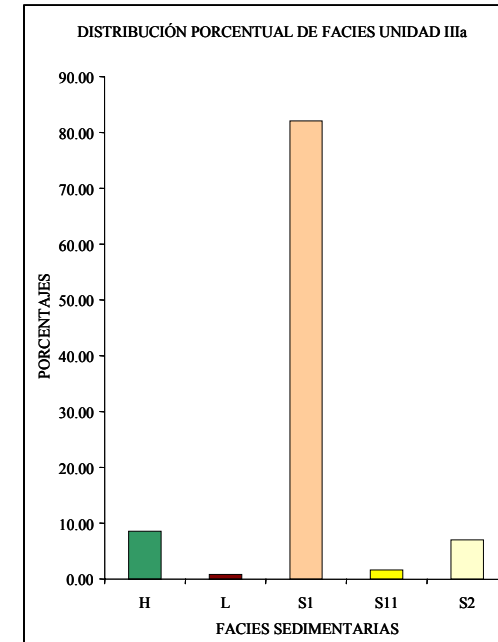
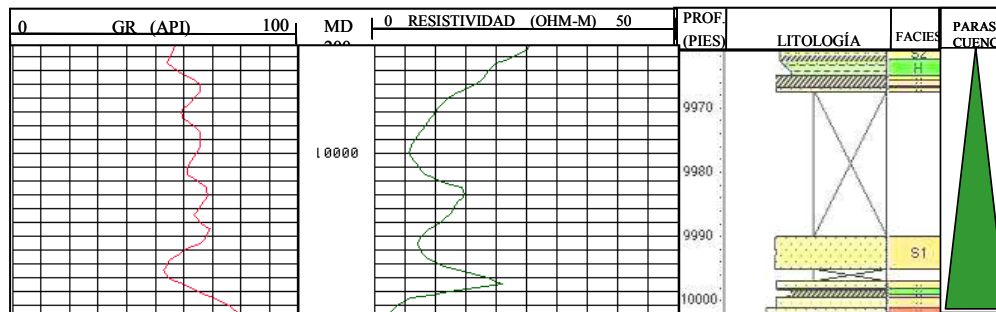


Figura 40: Unidad sedimentaria informal XIa

Unidad XIIIa

DESCRIPCIÓN

Intervalo (9940'-9965')

La unidad tiene un espesor total de 25 pies. Está representado por asociaciones de facies granocreciente tipo H, S2, S11, S2, S1, S11 (en la base), con laminaciones paralelas y onduladas, estratificación cruzada y lenticular, intercalaciones de lutita en las arenas, niveles de oxidación y hacia el tope se presenta un pequeño intervalo tipo S1, H; S1, S2, con iguales estructuras. La unidad en total, está dominada por facies arenosa tipo S2 y S1.

A 9950', hay una grieta rellena de material calcáreo. Entre los icnofósiles se pueden mencionar *Thalassinoides* isp., *Chondrites* isp., *Planolites* isp., *Ophiomorpha* isp., *Teichichnus* isp., *Diplocraterium* isp. y *Asterosoma* isp. El nivel de bioturbación es moderado, y se hace más evidente en las arenas. Los contactos entre facies son abruptos, mientras que con la unidad superior es abrupto.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

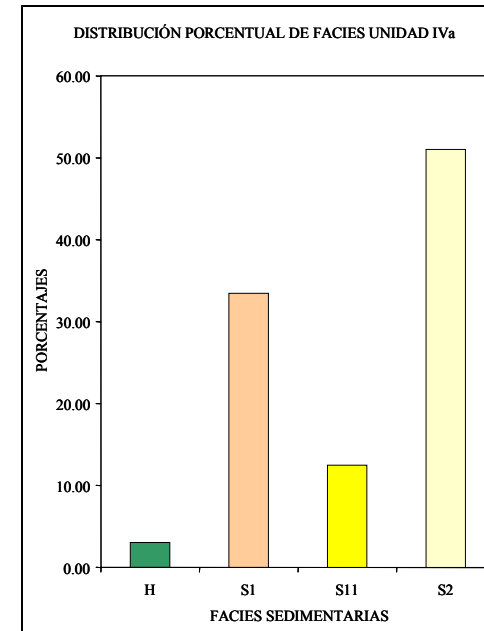
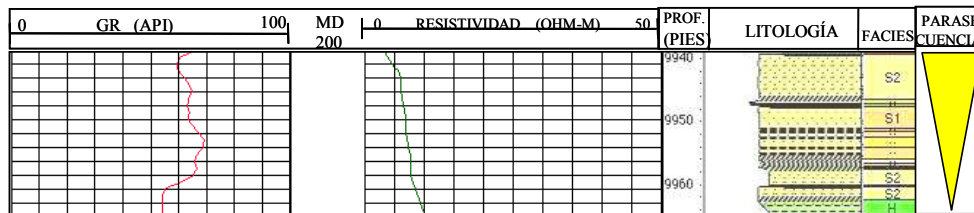


Figura 41: Unidad sedimentaria informal XIIIa

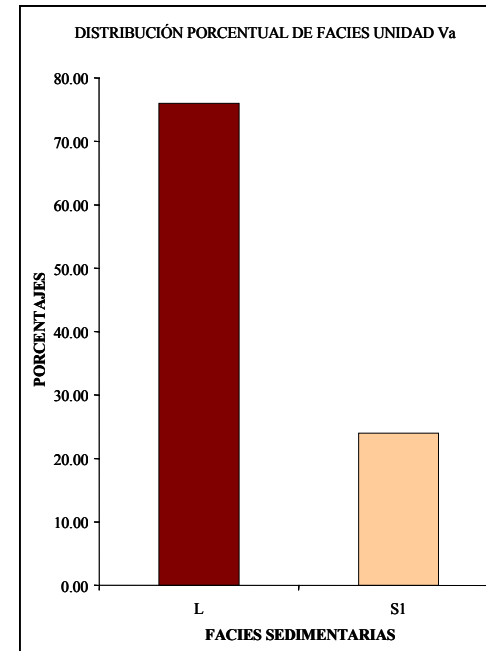
Unidad XIIIa

DESCRIPCIÓN

Intervalo (9930'-9940')

Tiene 10 pies de espesor, la asociación de facies granodecreciente siguiendo el patrón:

S1, L, la unidad está dominada por facies L. Entre las estructuras sedimentarias, se presentan laminaciones paralelas, estratificación lenticular, muestra clastos de arcilla y un pequeño nivel de oxidación, el ichnofósiles presentes es: *Planolites isp.*, El nivel de bioturbación es escaso. Los contactos tanto internos de la unidad como límites entre las unidades superiores e inferiores son abruptos son transicionales.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA



Figura 42: Unidad sedimentaria informal XIIIa

4.7.2 UNIDADES SEDIMENTARIAS NUCLEOS DEL POZO SVS0226

Este pozo está ubicado en la zona sureste del área (ver Figura 23), tiene un total de 398 pies cortados, para los objetivos del presente estudio, sólo se analiza el intervalo correspondiente a 10325' - 10648' equivalente a 323 pies con un porcentaje de recuperación de 81,2%. Se definieron nueve (9) unidades sedimentarias, (ver Anexo 4).

En el Gráfico 2, se puede apreciar la distribución porcentual de facies correspondientes a los 323 pies analizados del total cortado lo largo de toda la secuencia estratigráfica.

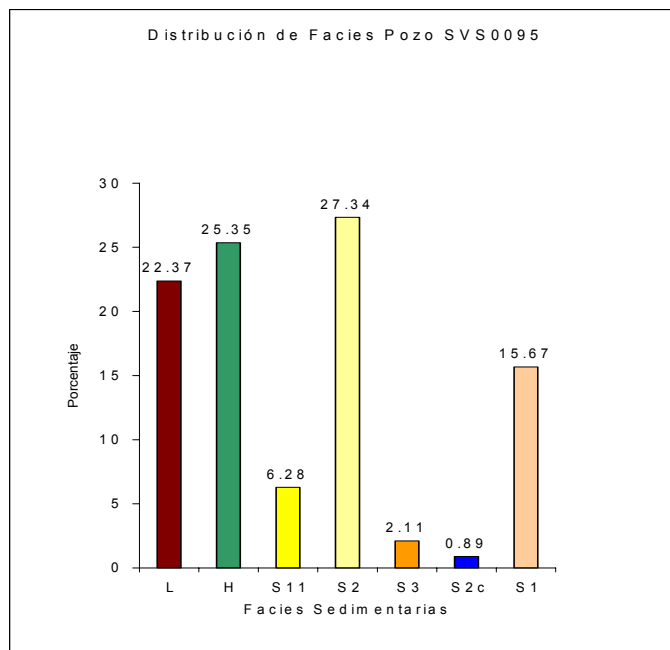


Gráfico 2: Distribución de facies en los núcleos del pozo SVS0226

En las figuras 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50 y 51, se presentan las características de las unidades sedimentarias informales definidas para el pozo SVS0226.

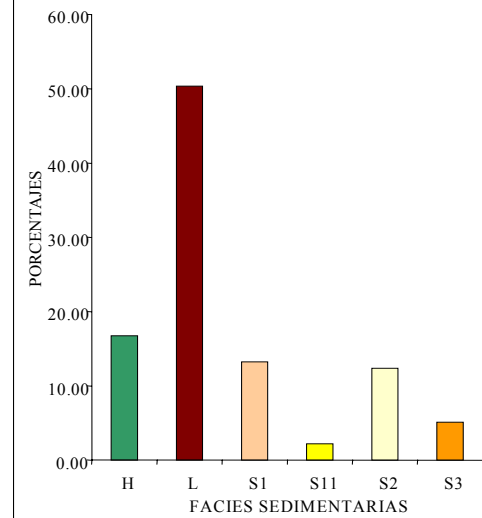
Unidad Ib

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10560'-10594')

Espesor total de 34', esta unidad está representada por una secuencia con intercalaciones granocreciente del tipo L, H, S3; S2, S1, S3; L, S2; L, H, S11, S1, la facies dominante es L. Dentro de las estructuras sedimentarias se presentan laminación paralela y ondulada, estratificación cruzada y huellas de carga, muestra clastos de arcilla y restos de materia orgánica. Entre los icnofósiles presentes se encuentran, *Arenicolites* isp., *Planolites* isp. y *Thalassinoides* isp., *Chondrites* isp., *Asterosoma* isp., *Ophiomorpha* isp., el nivel de bioturbación es escaso. El contacto con la unidad suprayacente e internamente es abrupto.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FACIES UNIDAD Ib



REPRESENTACIÓN GRÁFICA

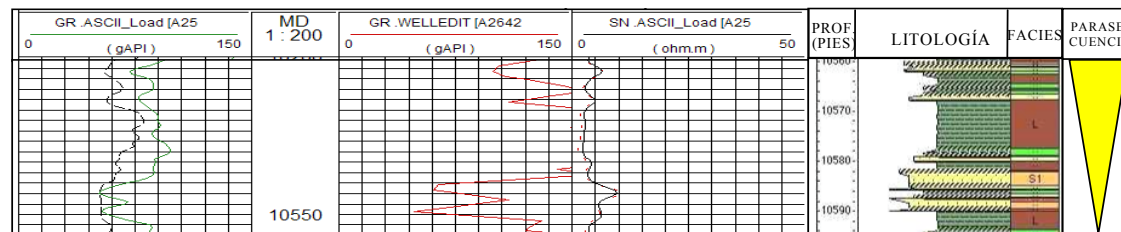


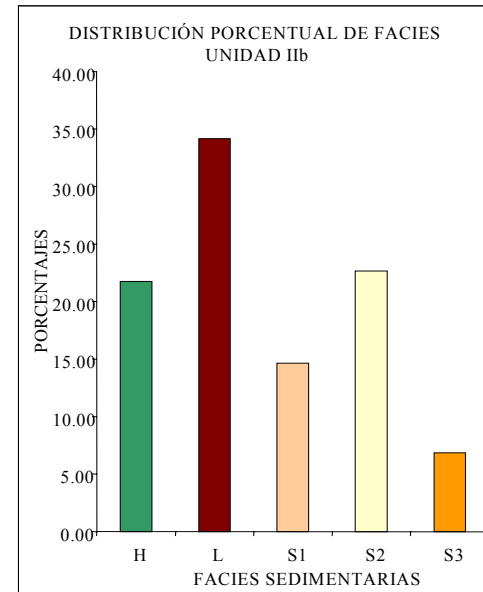
Figura 43: Unidad sedimentaria informal Ib

Unidad Ib

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10528'-10560')

Se caracteriza por dos secuencias granocreciente separadas una de la otra por un intervalo lutítico, los espesores de las secuencias disminuyen hacia el tope, facies predominante es L, con intercalaciones arenosas de arena de tamaño de grano fino, clastos de arcilla y lentes de arenisca. Las facies se asocian de la siguiente forma y alternancia: L,S2,S1,S3; H-S3;L-S3; L,H,S1. Espesor total de 32', los contactos entre estas facies son transicionales a abruptos y con la unidad suprayacente e infrayacente es abrupto. Tiene estratificación cruzada, laminación paralela y ondulada y huellas de carga, los ichnofósiles presentes son *Thalassinoides* isp., *Asterosoma* isp., *Arenicolites* isp., *Planolites* isp., *Rhizocorallium* isp., *Ophiomorpha* isp. y *Chondrite* isp. El grado de bioturbación, es moderado.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA

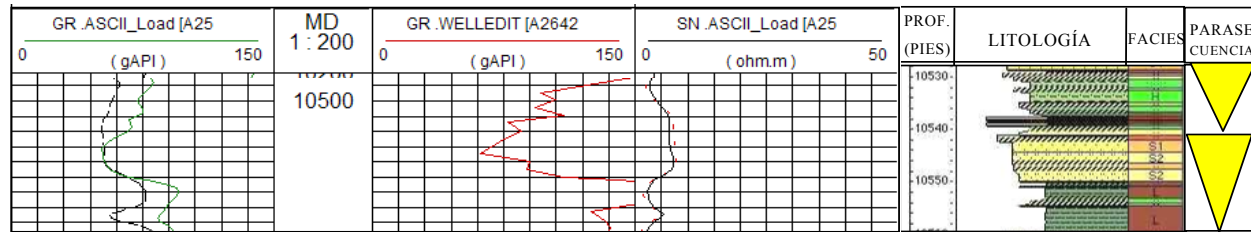


Figura 44: Unidad sedimentaria informal Ib

Unidad IIIb

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10478'-10528')

Tiene un espesor de 50', representada por dos secuencias: granodecreciente y granocreciente, las facies predominantes son S1 y L, está caracterizada por laminación paralela, ondulada y lenticular, presenta clastos y laminaciones de arcillas con intercalaciones de limos y arenas de grano fino. Las secuencias están representadas en la base por una asociación de facies tipo S1,L; S1,H los contactos entre ellas son transicionales. Hacia el tope L, H, S1, S3; L,S2, H,S2,S1; los contactos son abruptos, la facies predominante es S1 internamente. El grado de bioturbación varía de escaso a moderado. Los icnofósiles presentes son: *Thalassinoides* isp., *Chondrites* isp., *Ophiomorpha* isp., *Asterosoma* isp., *Skolithos* isp., *Teichichnus* isp. y *Arenicolites* isp.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

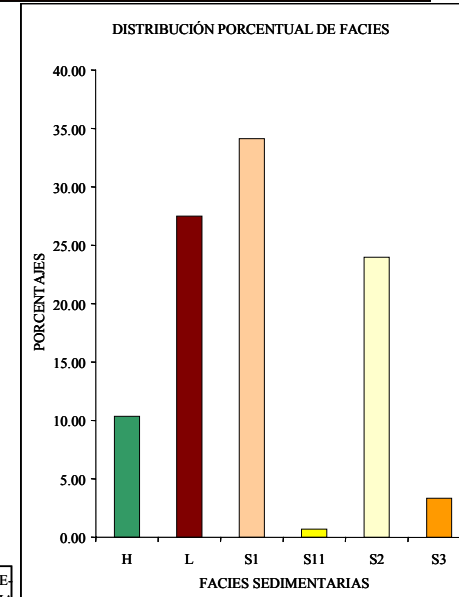
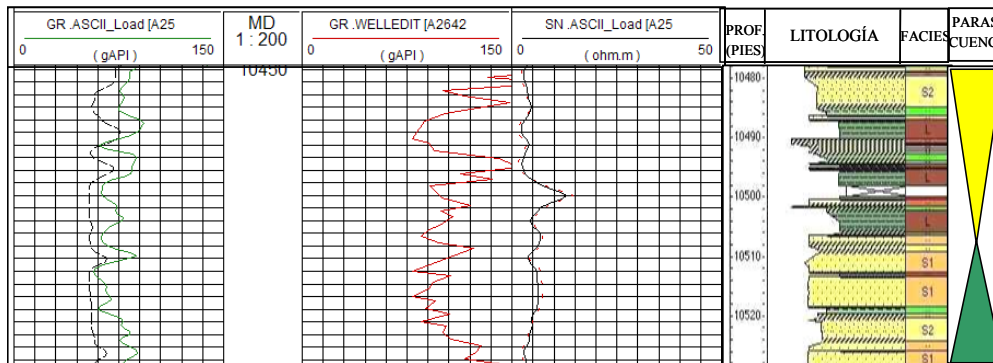


Figura 45: Unidad sedimentaria informal IIIb

Unidad IVb

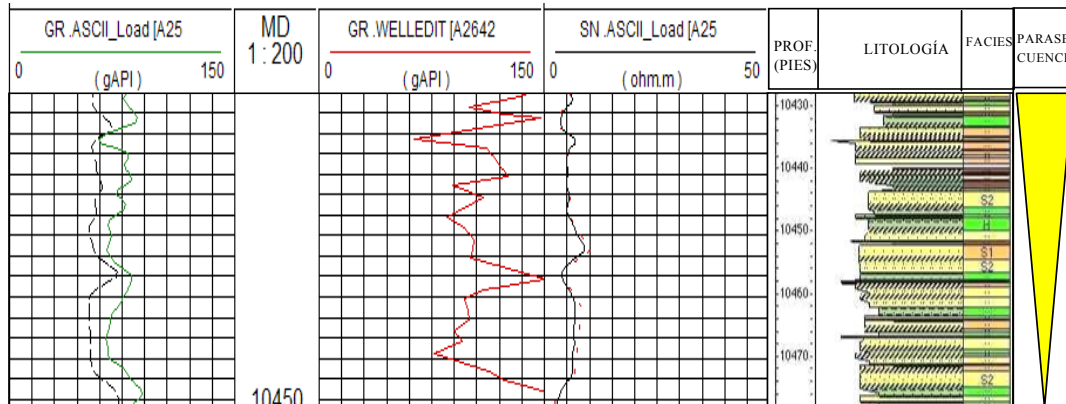
DESCRIPCIÓN

Intervalo (10440'-10478')

Espesor de 38' está representado por una secuencia granocreciente, asociado de la siguiente forma: H,S2,S1; H,S2,S3; L,S2; S2,S1,S3; L,S3; la facies predominantes es S2.

Muestra estratificación cruzada y *flaser*, laminación paralela y ondulada y huellas de carga, presenta intercalaciones de lentes y clastos de arcilla, niveles de óxido, el contacto con la unidad suprayacente es abrupto e internamente son transicionales. Los ichnofósiles están caracterizados por *Planolites isp.*, *Thalassinoides isp.*, *Chondrites isp.*, *Asterosoma isp.*, *Skolitos isp.* y *Ophiomorpha isp.*, *Roselia isp.*, el nivel de bioturbación moderado

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FACIES UNIDAD IVb

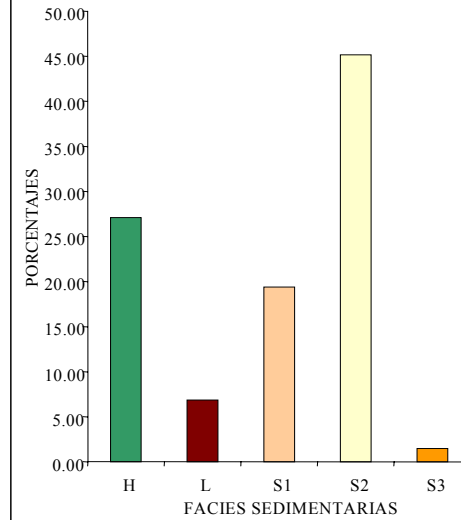


Figura 46: Unidad sedimentaria informal IVb

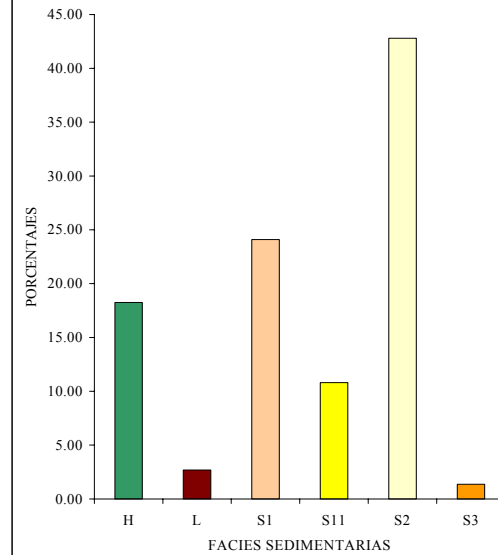
Unidad Vb

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10408'-10440')

Espesor de 32', está representada por una secuencia granocreciente, litológicamente se distingue por la presencia de facies S2. Para esta unidad, la asociación de facies la representan las secuencias S2-S1-S3; H,S2,S1,S11, el contacto con la unidad suprayacente es abrupto, mientras que los contactos entre las asociaciones de facies son transicionales. Las estructuras sedimentarias son laminación paralela y ondulada, estratificación cruzada, huellas de carga, se observan niveles de oxidación, clastos de arcilla y restos de materia orgánica. El nivel de bioturbación oscila entre moderado y abundante. Presenta una asociación de icnofósiles representada por *Planolites* isp., *Thalassinoides* isp., *Chondrites* isp., *Teichichnus* isp., *Ophiomorpha* isp.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FACIES UNIDAD Vb



REPRESENTACIÓN GRÁFICA

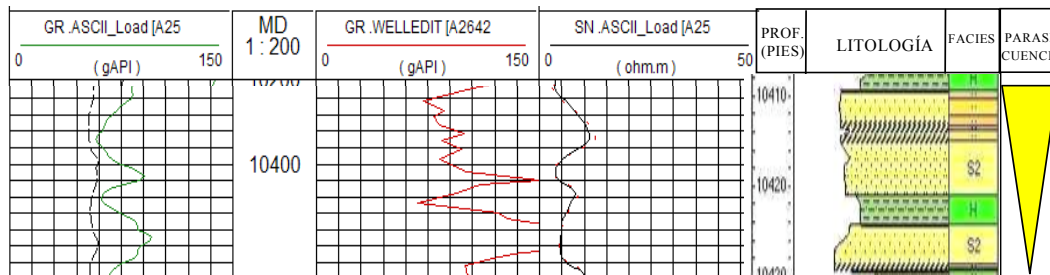


Figura 47: Unidad sedimentaria informal Vb

Unidad VIIIb

DESCRIPCIÓN
Intervalo (10352'-10372')

Con 20' de espesor, representa una secuencia granocreciente donde las facies se asocian de la siguiente manera: H,S2,S1; H,S1, en algunos casos se aprecian restos de materia orgánica y clastos de arcilla. Muestra laminaciones paralelas y onduladas, estratificación cruzada y flaser, huellas de carga, además se observan restos de materia orgánica; los ichnofósiles reconocidos son *Planolites* isp., *Chondrites* isp., *Thalassinoides* isp. y *Ophiomorpha* isp. Se observa moderada bioturbación, el contacto entre las es transicional y con las unidades superior e inferior es abupto.

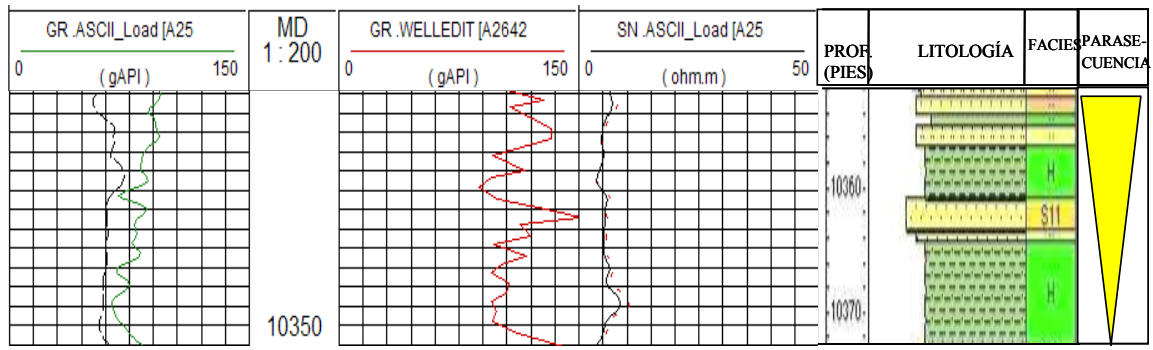
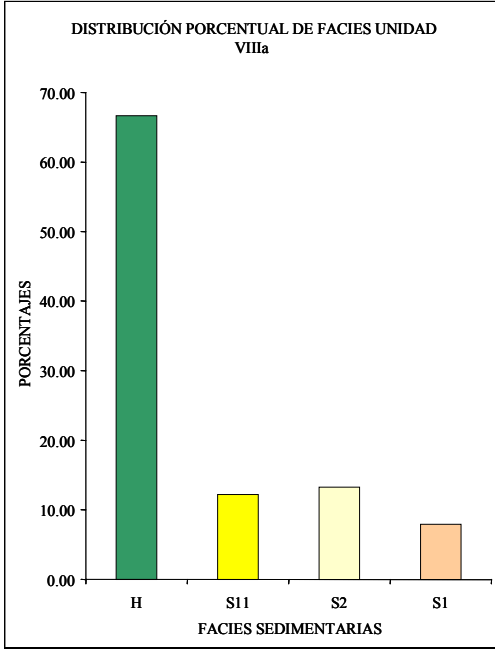


Figura 50: Unidad sedimentaria informal VIIIb

Unidad IXb

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10318'-10352')

Con 34' de espesor, representa una secuencia granocreciente donde las facies se asocian de la siguiente manera: S2,S11,S1; L,H,S; L,S2,S11; H,S2, en algunos casos se aprecian restos de materia orgánica y abundantes granos oxidados. Muestra laminaciones paralelas, huellas de carga y estratificación lenticular, además se observan restos de materia orgánica; los ichnofósiles reconocidos son *Planolites isp.*, *Chondrites isp.*, *Thalassinoides isp.* y *Teichichnus isp.* Se observa moderada bioturbación, el contacto entre las facies es transicional y con las unidades superior e inferior es abupto.

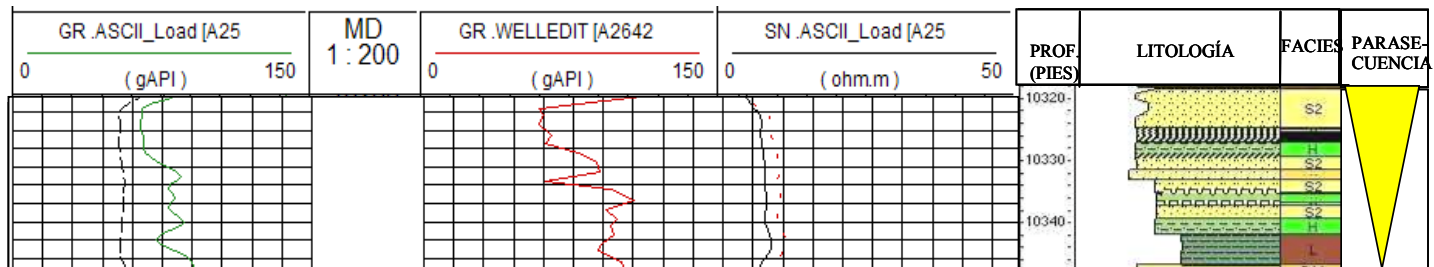
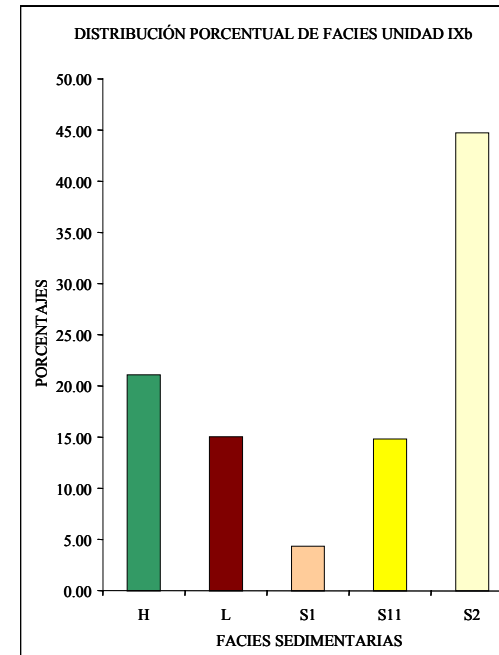


Figura 51: Unidad sedimentaria informal IXb

4.7.3 UNIDADES SEDIMENTARIAS NUCLEOS DEL POZO SVS0339

Este pozo se ubica en la parte norte del yacimiento (ver Figura 23), el núcleo tiene una longitud aproximada de 498 pies, de los cuales se recuperaron 412,8', correspondientes al intervalo 10002' – 10392' (83%) (ver Gráfico 3), correspondiente a 13 unidades sedimentarias, el mismo está dominado por facies arenosas del tipo S11 y S1 tal como lo muestra el Gráfico 3, seguido de lutitas y en menor proporción las facies arenosas de tamaños de grano grueso (ver anexo 5).

La descripción de las unidades definidas en este núcleo, se presenta a continuación, indicando al igual que en los pozos anteriores, las características observadas en la descripción macroscópica, su representación gráfica y la distribución porcentual de las facies.

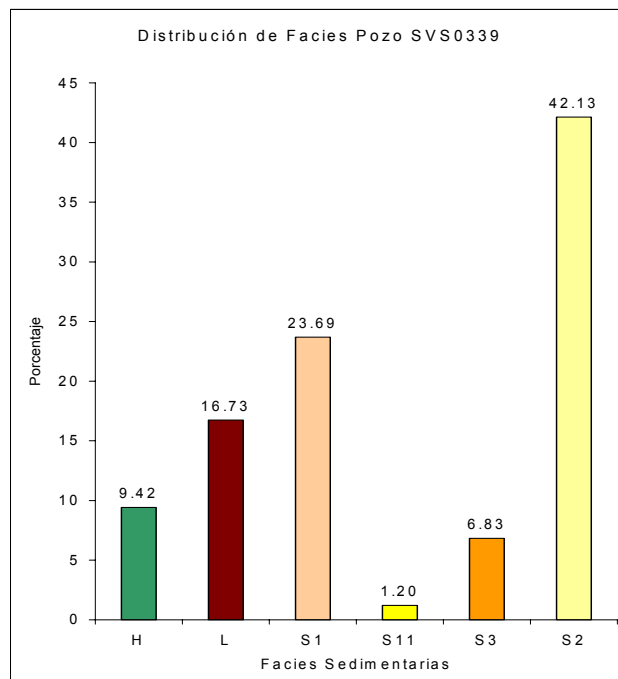


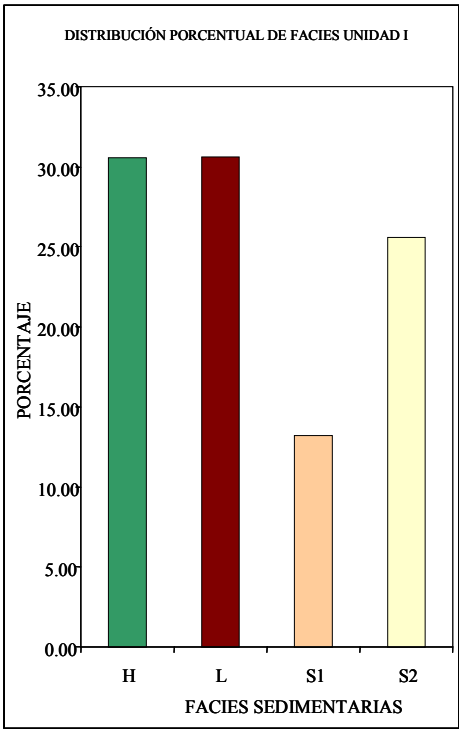
Gráfico 3: Distribución de facies en los núcleos del pozo SVS0339

En las figuras 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 y 64 se presentan las características de las unidades sedimentarias informales del pozo SVS0339.

Unidad Ic

DESCRIPCIÓN
Intervalo (10350'-10387')

Tiene 37' de espesor, está representada por dos secuencias superpuestas: granocreciente, definidas por la asociación de facies alternantes H, S2; S2, S1. La última secuencia está representada por intercalaciones de las facies L, H y S2. La facies predominantes son H y L. Presenta laminación paralela y ondulada, huellas de carga, estratificación *flaser*, niveles de óxidos, clastos de arcilla, restos de materia orgánica, restos de conchas e intercalaciones calcáreas. Los icnofósiles presentes están representados por *Rhizocorallium* isp., *Asterosoma* isp., *Chondrites* isp., *Planolites* isp., *Helmintopsis* isp. y *Thalassinoides* isp., la unidad en general está moderadamente bioturbada.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA

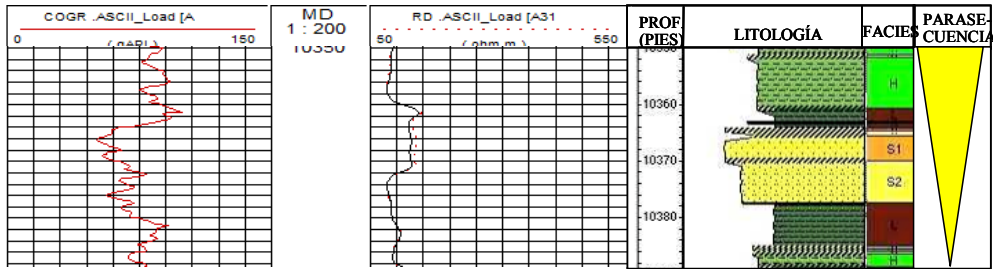


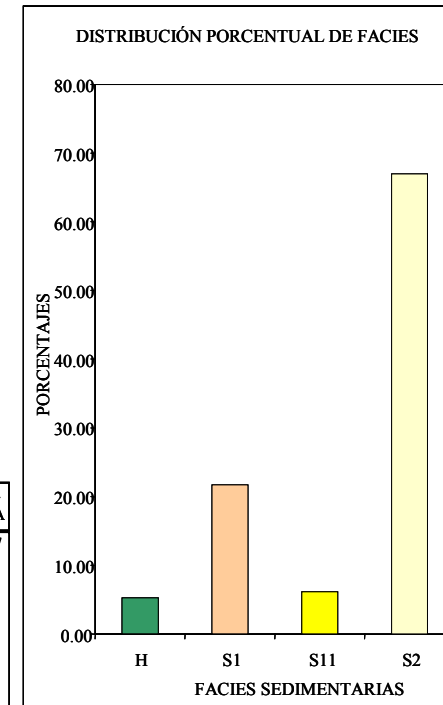
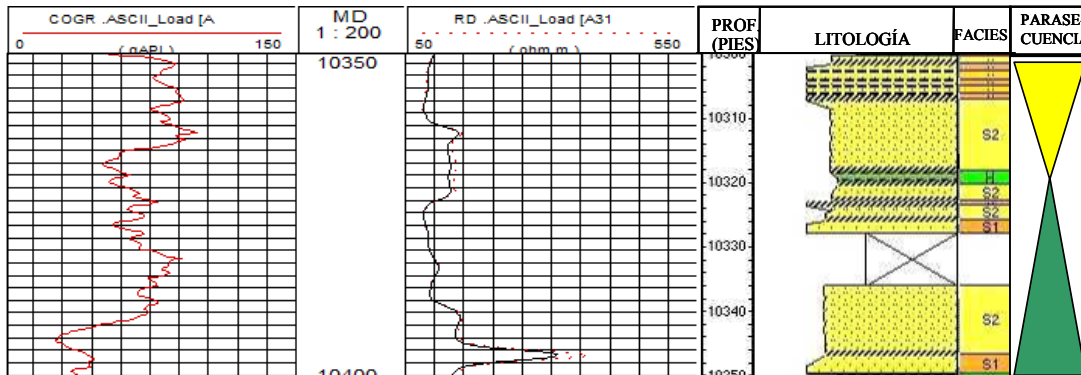
Figura 52: Unidad sedimentaria informal Ic

Unidad IIC

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10300'-10350')

Tiene un espesor de 50', está dividida en dos secuencias (granodecreciente, granocreciente), la primera está compuesta por facies alternantes del tipo S1 y S2. La segunda secuencia ubicada hacia el tope es del tipo granocreciente, representada por intercalaciones de S2, S1 y S11. La facies principal es S2. Los contactos entre cada una de las facies son transicionales mientras que con la unidad superior es abrupto. Entre las estructuras sedimentarias se presentan laminaciones paralelas, huellas de carga, estratificación *flaser* y lenticular, con niveles de oxidación, clastos de arcilla, restos de materia orgánica, intercalaciones calcáreas y restos de conchas. Muestra abundante bioturbación, entre los icnogéneros se presentan: *Arenicolites* isp., *Planolites* isp., *Paleophycus* isp., *Thalassinoides* isp., *Skolithos* isp., *Rhizocorallium* isp., *Diplocraterium* isp., *Asterosoma* isp., *Helminthis* isp., *Chondrites* isp. y *Bergaueria* isp..



REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Figura 53: Unidad sedimentaria informal IIC

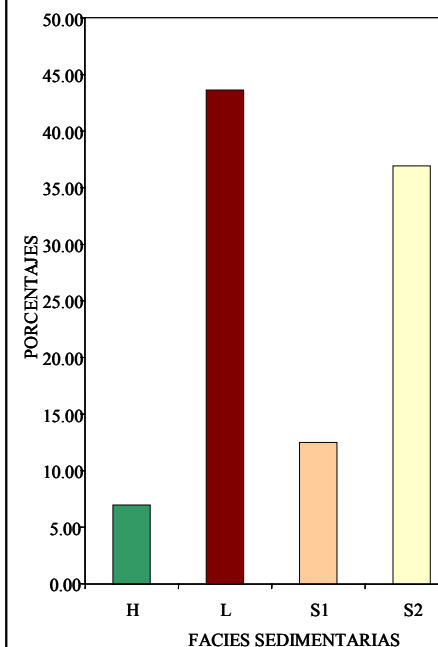
Unidad IIIc

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10285'-10300')

Presenta dos parasecuencias (granocreciente y granodecreciente), espesor de 15 pies, la primera se caracteriza por varias asociaciones de facies L, S2; la segunda secuencia, tiene intercalaciones de facies que gradan de S1 a L. La facies predominante es L y S2. Internamente los contactos son abruptos al igual que con la unidad IVc. Las estructuras presentes son laminaciones paralelas y onduladas, huellas de carga, estratificación cruzada, *flaser* y lenticular, muestra abundantes niveles de oxidación, restos de materia orgánica, clastos de arcilla, intercalaciones y acumulaciones de restos de conchas. Los icnofósiles observados en esta unidad son *Arenicolites* isp., *Planolites* isp., *Paleophycus* isp., *Thalassinoides* isp., *Skolithos* isp., *Rhizocorallium* isp., *Diplocraterium* isp., *Asterosoma* isp., *Helminopsis* isp., *Ophiomorpha* isp., *Chondrites* isp. y *Conichnus* isp. El nivel de bioturbación varía de moderada a abundante.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FACIES UNIDAD III



REPRESENTACIÓN GRÁFICA

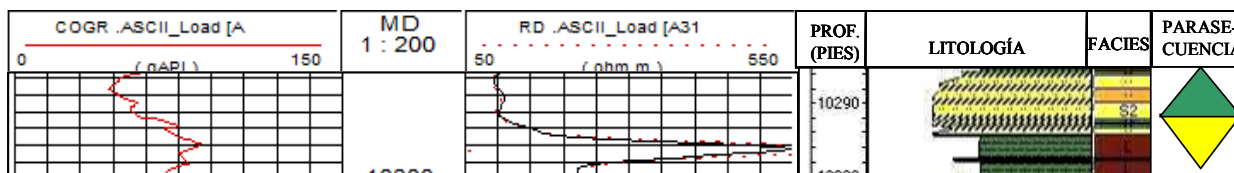


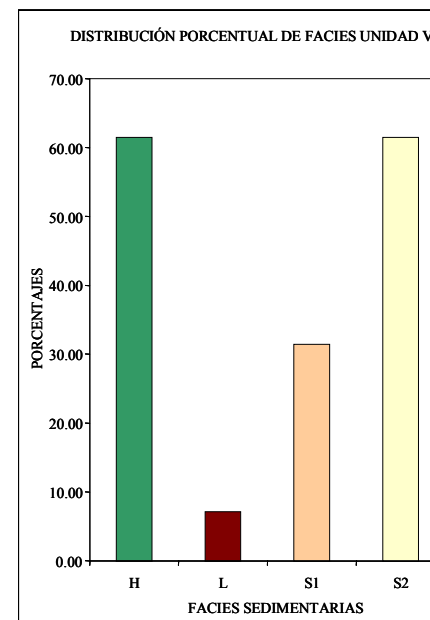
Figura 54: Unidad sedimentaria informal IIIc

Unidad Vc

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10233'-10258')

Tiene un espesor de 35 pies, constituido por dos secuencias, en la base la primera es granocreciente, las facies se asocian de la siguiente forma: S2-S1, L-S2-S1, L-H-S2-S1. Finalmente, hacia el tope se presenta una segunda secuencia granodecreciente representada por la asociación de facies alternantes H-L. Las facies predominante son L y S2. Las facies predominantes son H y S2. Los contactos entre cada una de las facies son transicionales, entre las secuencias abruptos y con la unidad suprayacente, el contacto es abrupto. Las estructuras presentes, están representadas por laminaciones paralelas y onduladas, huellas de carga, estratificación lenticular y cruzada, niveles de oxido y clastos de arcilla e intercalaciones calcáreas con acumulaciones de restos de conchas, los icnofósiles presentes son: *Thalassinoides* isp., *Planolites* isp., *Asterosoma* isp., *Arenicolite* isp., *Skolithos* isp., *Ophiomorpha* isp., *Teichichmus* isp. y *Chondrites* isp., el nivel de bioturbación varía de moderado a escaso.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA

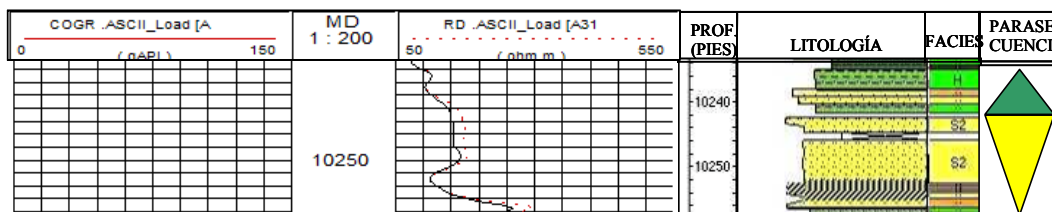


Figura 56: Unidad sedimentaria informal Vc

Unidad VIc

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10188'-10233')

Espesor de 45 pies, está representado por una sola secuencia granodecreciente y constituido por asociaciones de facies alternantes del tipo S2,H,L; S1,S2; el tipo de facies predominante en la unidad es S2, internamente estas facies están en contacto transicional y las secuencias en contacto abrupto. Se presentan laminaciones paralelas y onduladas, estratificación lenticular y cruzada, niveles de arcilla y de oxidación, intercalaciones calcáreas y restos de conchas. Los icnofósiles presentes son *Teichichnus* isp., *Ophiomorpha* isp., *Chondrites* isp., *Thalassinoides* isp., *Helminopsis* isp., *Paleophycus* isp., y *Arenicolite* isp., se presenta moderada a comunmente bioturbada.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

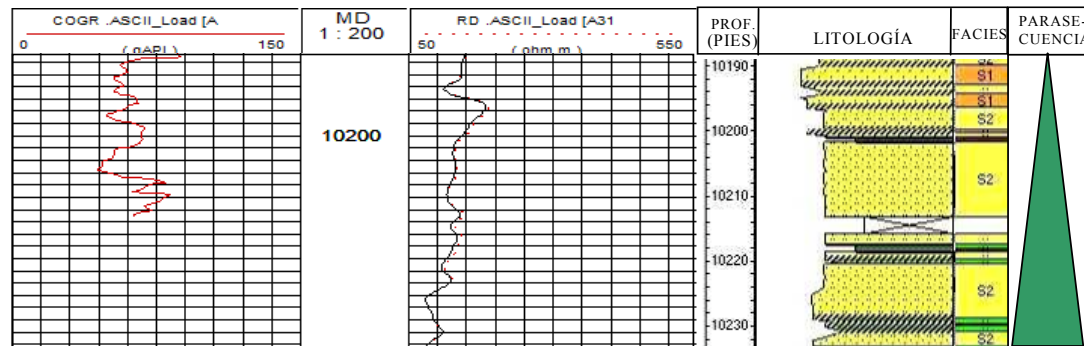
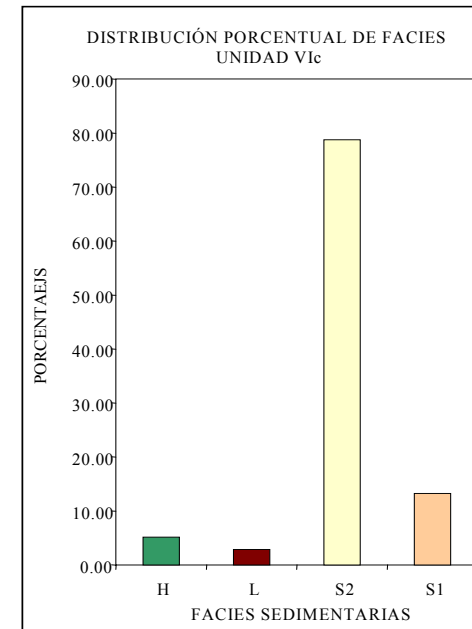


Figura 57: Unidad sedimentaria informal VIc

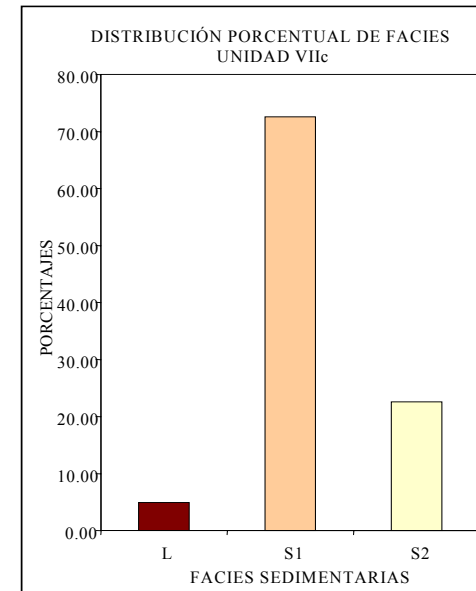


Unidad VIIc

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10170'-10188')

Con espesor de 18 pies, se caracteriza por una secuencia granocreciente, en esta se muestran asociaciones de facies del tipo L-S2-S1, S2-S1, la facies predominante en esta unidad es S1. Las estructuras sedimentarias son laminaciones paralelas y onduladas, estratificación cruzada y lenticular; intercalaciones de lutita y arena tanto en las facies arenosas como lutíticas respectivamente. Los icnofósiles más representativos son *Rhizocoralium* isp., *Ophiomorpha* isp., *Conichnus* isp., *Planolites* isp., *Chondrites* isp. y *Thalassinoides* isp., el nivel de bioturbación varía de común a abundante.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA

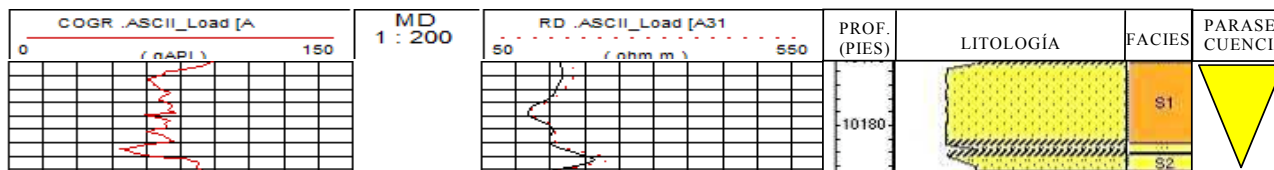


Figura 58: Unidad sedimentaria informal VIIc

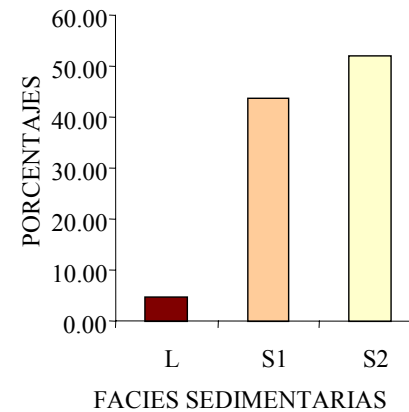
Unidad VIIIc

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10163'-10170')

Tiene espesor de 7 pies, la conforman una secuencia granocrecientes intercalada con una secuencia de grano fino, la asociación de estas facies es S2, S1, L, la facie predominante dentro de la unidad es S11. Los contactos entre estas facies son transicionales. Las estructuras físicas más características son laminaciones paralela y estratificaciones cruzada, clastos de arcilla de color negro y bordes oxidados, restos de materia orgánica y de fósiles. Se presenta moderada a comunmente bioturbada, con ichnofósiles del tipo *Thalassinoides* isp., *Arenicolites* isp., *Asterosoma* isp., *Terebellina* isp., *Ophiomopha* isp y *Planolites* isp.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FACIES UNIDAD VIIIc



REPRESENTACIÓN GRÁFICA

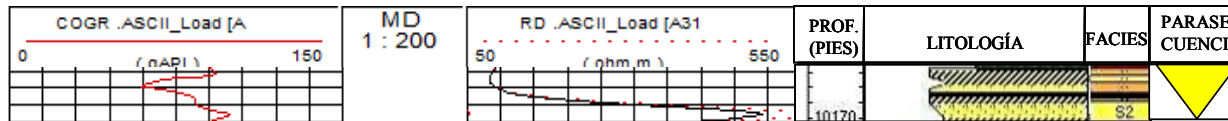


Figura 59: Unidad sedimentaria informal VIIIc

Unidad IXc

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10131'-10163')

Tiene espesor de 32 pies, está representada por una asociación de facies granocreciente, la asociación de estas facies es L, S2, S1; L, H, S2, S1, la facie predominante es S2. Los contactos entre estas facies son transicionales. Las estructuras físicas más características son laminaciones paralela, huellas de carga y estratificaciones cruzada, clastos de arcilla, restos de fósiles. Se presenta moderada a comunmente bioturbada, con ichnofósiles del tipo *Thalassinoides* isp., *Arenicolites* isp., *Asterosoma* isp., *Terebellina* isp., *Ophiomorpha* isp y *Planolites* isp.

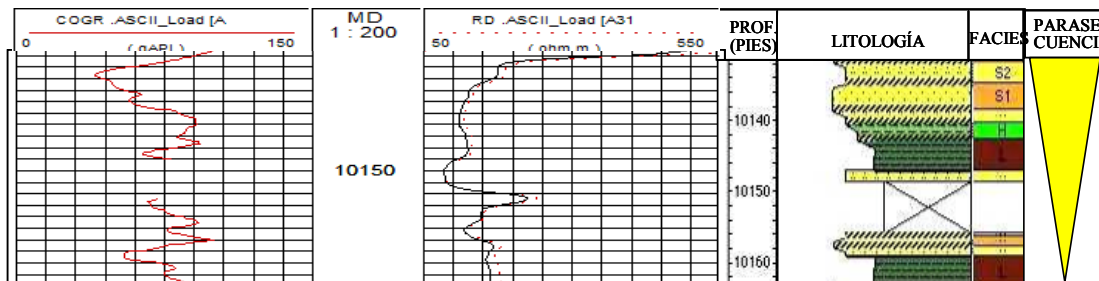
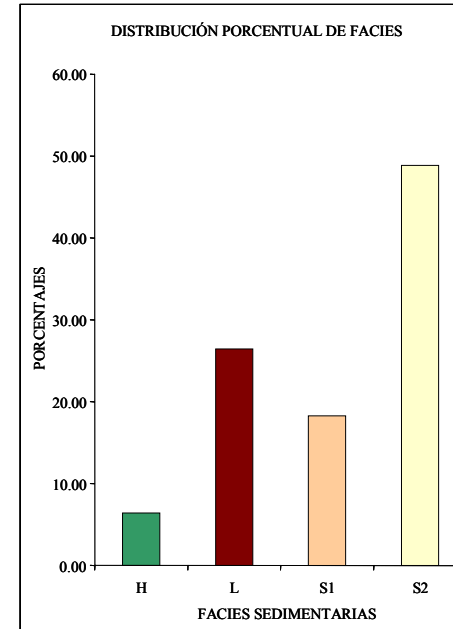


Figura 60: Unidad sedimentaria informal IXc

Unidad Xc

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10090'-10131')

Tiene espesor de 41 pies, está representada por una asociación de facies granocreciente, la del tipo L, S2; L, H; S2, S1, la facie predominante es L. Los contactos entre estas facies son abruptos Las estructuras físicas más características son laminaciones paralela y ondulada y estratificación lenticular, restos de fósiles.

Se presenta moderada a comunmente bioturbada, con ichnofósiles del tipo *Thalassinoides* isp., *Arenicolites* isp., *Asterosoma* isp., *Terebellina* isp., *Ophiomorpha* isp y *Planolites* isp.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FACIES

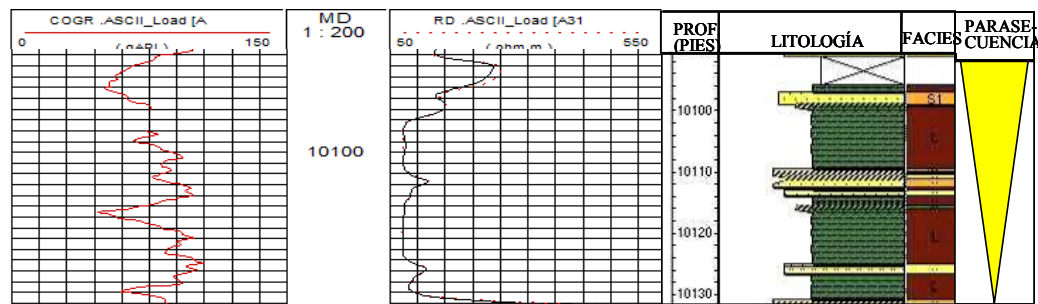
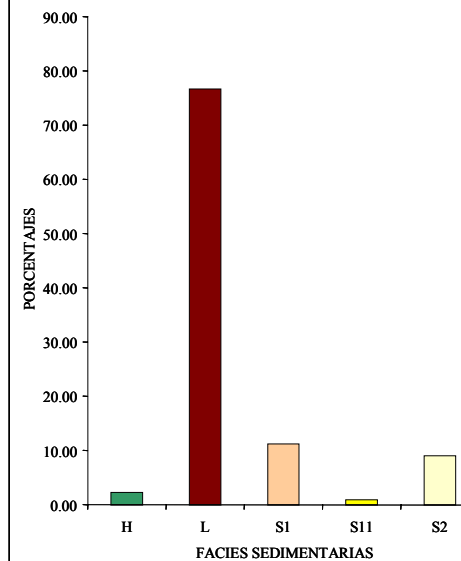


figura 61: Unidad sedimentaria informal Xc

Unidad XIc

DESCRIPCIÓN

Intervalo (10039'-10090')

Tiene espesor de 51 pies, está representada por dos asociaciones de facies: granocreciente del tipo S2, S1; H, S1, y otra granodecreciente, del tipo S1, S2; las facies predominante son S1 y S2. Los contactos entre estas facies son transicionales.

Las estructuras físicas más características son laminaciones paralela y ondulada y estratificación cruzada y lenticular, restos de fósiles hacia la base. Se presenta moderada a comunmente bioturbada, con icnofósiles del tipo *Thalassinoides* isp., *Arenicolites* isp., *Asterosoma* isp., *Terebellina* isp., *Ophiomorpha* isp y *Planolites* isp.

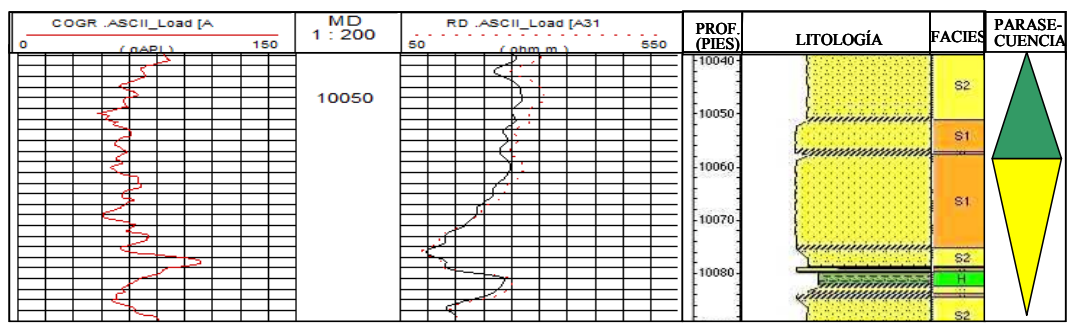
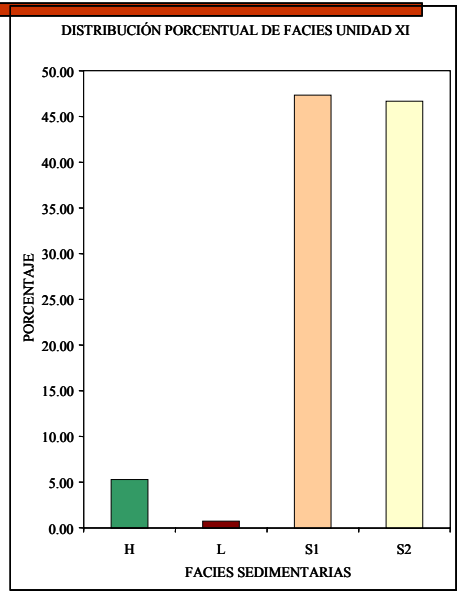


Figura 62: Unidad sedimentaria informal XIc

Unidad XIIIc

DESCRIPCIÓN
Intervalo (10002'-10013')

Tiene espesor de 11 pies, está representada por una asociación de facies granocreciente del tipo H, S2, S1, S11. La facies predominantes son S2, S1 y S11. Los contactos entre estas facies son transicionales. Las estructuras físicas más características son laminaciones paralela, clastos de arcilla, restos de materia orgánica. Se presenta moderada a comunmente bioturbada, con ichnofósiles del tipo *Thalassinoides* isp., *Arenicolites* isp., *Asterosoma* isp., *Terebellina* isp., *Ophiomorpha* isp y *Planolites* isp.

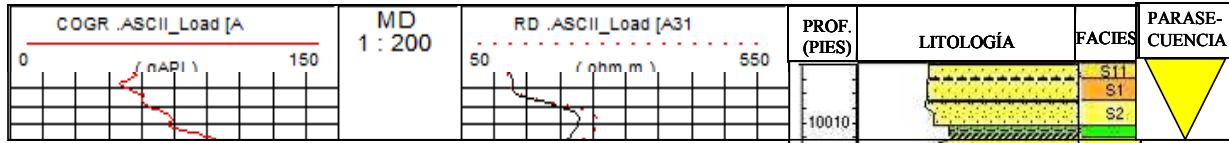
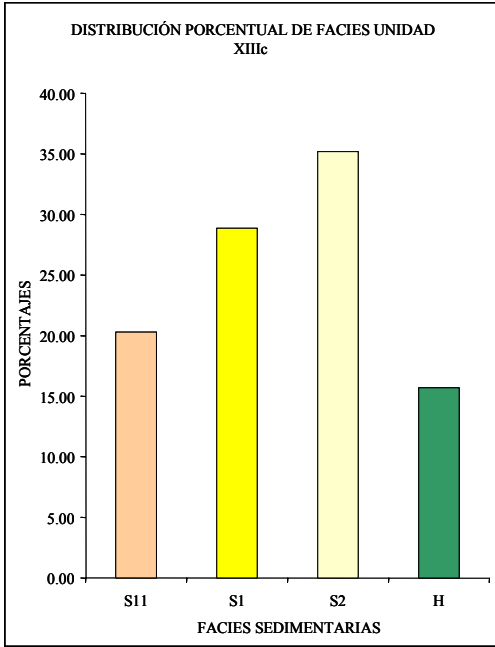


Figura 64: Unidad sedimentaria informal XIIIc

4.8 PALEOAMBIENTES

Con la información obtenida de los núcleos analizados pertenecientes al yacimiento B-1 SVS0073 de la Formación Misoa y estudiadas todas las características sedimentarias como son: asociación de facies, icnofósiles y análisis petrográficos, se puede definir un ambiente depositacional deltaico con influencia de marea, caracterizado por ambientes de prodelta, frente deltaico, bahía interdistributaria y canales y barras de marea. (ver definiciones y características de los ambientes en el Apéndice 4).

La definición de los diferentes tipos de delta, depende de la relación e intensidad de los procesos marinos *versus* los procesos fluviales. En los casos donde los procesos marinos, en forma de marea dominan sobre la influencia de los procesos fluviales, la tendencia es construir deltas que depositen cuerpos de arena paralelos a la dirección de las corrientes mareales, la desembocadura de los ríos tiende a ampliarse dentro de una ensenada con forma de trompeta donde las arenas fluviales y las gravas se acumulan en numerosas barras de mareas elongadas o lobulares (ALLEN, 1992), en ocasiones casi perpendiculares a la línea de costa, paralelos a los bancos de los estuarios y a las grandes bahías en la línea de costa (BHATTACHARYA & WALKER, 1992 en CAMACHO, C. *et al.*, 1999).

En los deltas de dominio mareal, algunos indicadores se pueden encontrar en las arenas de frente deltaico, las cuales se caracterizan por poseer estructuras sedimentarias tales como estratificación cruzada y superficies de reactivación. (BHATTACHARYA & WALKER, 1992 en CAMACHO, C. *et al.*, 1999).

4.8.1 ANÁLISIS DEL POZO SVS0095

El intervalo del núcleo cortado correspondiente a las profundidades 9930'-10047', se encuentra enmarcado dentro de las subunidades de flujo B-1.3b, B-1.3c,

B-1.3d, B-1.4a, equivalentes respectivamente a las unidades sedimentarias informales XIIa, XIa, Xa, IXa, definidas en la sección 4.7.1.

4.8.1.1 Unidad Xa: Prodelta

Está constituida litológicamente por lutitas, correspondientes a la facie L, con algunas intercalaciones locales de arenas de las facies S2 y S3 y limos. Los intervalos arenosos presentan clastos de lutita calcárea, niveles de oxidación y las estructuras sedimentarias, presentes hacia la base de la secuencia lutítica, son: laminación paralela y ondulada y estratificación lenticular.

La secuencia está escasamente bioturbada, en los sedimentos arcillosos, mientras que en los arenosos es más abundante. La bioturbación está representada por las icnofacies *Skolitos* y *Cruziana*, indicativa de niveles de energía moderados.

4.8.1.2 Unidad XIa: Canal Distributivo

Presenta espesos cuerpos de arena con laminación paralela y ondulada y estratificación cruzada, los icnofósiles pertenecen a la icnofacies *Cruziana*, indicativa de niveles de energía moderados.

4.8.1.3 Unidad XIIa: Bahía Interdistributaria

Presenta estratificación lenticular, laminación paralela y ondulada y estratificación cruzada, las icnoespecies identificadas corresponden a la icnofacies *Cruziana* e indica niveles de energía moderada. Las areniscas son calcáreas (PITELLI y VELÁSQUEZ, 1988), ricas en fauna, con abundantes granos de glauconita y ooides, el aporte fluvial es variado, haciéndose casi nulo hacia la base.

4.8.1.4 Unidad XIIIa: Barra de desembocadura

Está constituida principalmente por intercalaciones de arena de grano fino correspondientes a las facies S2 y localmente S1, con sedimentos más finos de las facies L y heterolíticas.

Las estructuras sedimentarias predominantes son laminación paralela y ondulada, estratificación cruzada y lenticular, hacia el tope de la secuencia se presentan clastos de arcilla. El nivel de bioturbación varía de raro en las areniscas, a escaso en las lutitas y está representado por las icnofacies *Skolitos* y *Cruziana*, indicativas de niveles de energía moderados.

4.8.2 ANÁLISIS DEL POZO SVS0226

El intervalo de núcleo cortado correspondiente al miembro informal B-1 de la Formación Misoa, corresponde a las profundidades 10318'-10594', se encuentra enmarcado de base a tope dentro de las subunidades de B-1.5d, B-1.5c, B-1.5b, B-1.5a, B-1.4e, B-1.4d, B-1.4c, B-1.4b, B-1.4a, equivalentes respectivamente a las unidades sedimentarias informales Ib, IIb, IIIb, IVb, Vb, VIb, VIIb, VIIIb y IXb, definidas en la sección 4.7.2.

4.8.2.1 Unidad Ib: Prodelta.

La base del núcleo correspondiente a la unidad sedimentaria informal Ib, está representada principalmente por lutitas y en segundo lugar por sedimentos heterolíticos de grano fino, con intercalaciones arenosas, la litología está asociada a las facies L, H y S2, dentro de las estructuras sedimentarias se presenta estratificación y laminación paralela, huellas de carga y laminación cruzada de ángulo bajo, indicativa de unidireccionalidad de corriente (ALLEN, 1997), restos de materia orgánica, niveles y clastos de arcilla, este tipo de estructura se forma por la acumulación de sedimentos de grano fino que se encuentran en suspensión (ver Figura 65).

Las facies aquí presentes indican un medio de baja energía con influencia de aguas dulces y saladas, el principal litotipo definido es la lutita y los sedimentos heterolíticos.



Figura 65: Accesorios litológicos característicos de deltas dominados por mareas

La bioturbación es escasa y del tipo nerítico a marino normal, representada por la icnofacies *Cruziana*, por la presencia de los icnogéneros *Thalassinoides* isp., *Rhizocorallium* isp., *Diplocraterion* isp., estos icnogéneros son indicativos de niveles de energía bajos y están asociados a depósitos de grano fino. (ver Apéndice 2 donde se definen las características de los icnofósiles).

4.8.2.2 Unidad IIb: Barras de desembocadura.

Esta unidad tiene intercalaciones de tendencias granocrecientes y granodecrecientes, característica de estos ambientes, entre las estructuras sedimentarias presentes se tiene: laminaciones paralelas y onduladas y estratificación cruzada (ver Figura 66) y lenticular (ver Figura 67) en las facies S2, específicamente en el tope de las barras, donde se encuentran los sedimentos de mayor tamaño de grano, este tipo de estructura evidencia un solo tipo de dirección de paleocorriente.



Figura 66: Estratificación cruzada de ángulo bajo, indica unidireccionalidad

En esta unidad sedimentaria, las areniscas corresponden a Sublitarrenita feldespática, la cual se acumula en deltas de llanura costera, específicamente en frentes deltaicos, donde la facies predominante son las barras.

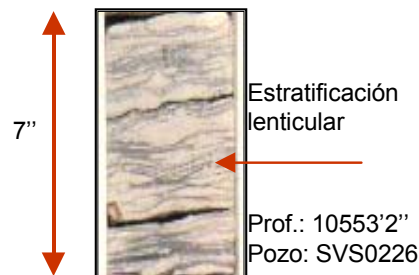


Figura 67: Estructura sedimentaria típica de deltas con dominio mareal

Entre los accesorios litológicos, se presentan niveles y clastos de arcilla, está moderada a abundantemente bioturbada, perteneciente a la ichnofacies *Cruziana* donde se preservan los icnogéneros *Chondrites* isp. y *Thalassinoides* isp., estos icnogéneros indican variaciones en las condiciones de energía específicamente de moderado a bajo.

4.8.2.3 Unidad IIIb: Canal distributivo y Barras de desembocadura

La unidad sedimentaria informal IIIb, está representada en la base por una secuencia granodecreciente indicativa de canales de marea, en este intervalo, el tipo de roca presente es Sublitarenita feldespática, la cual se pudo depositar como producto de sedimentación próxima a la ribera (PETIIIJOHN, 1980) y hacia el tope, la asociación de facies indica secuencias granocrecientes características de depósitos de barras, donde se presentan estratificaciones cruzadas unidireccionales, laminaciones paralelas, el contacto inferior es gradacional evidenciándose el paso de sedimentos de frente deltaico y hacia el tope es gradacional a secuencias de bahías

4.8.2.4 Unidad IVb: Bahía Interdistributaria

Esta representada por las abundantes intercalaciones de sedimentos heterolíticos, donde se presentan superficies de reactivación y estratificación *flaser*, el nivel de bioturbación es moderado y destruye las estructuras sedimentarias primarias, los icnogéneros presentes corresponden a las icnofacies *Skolithos* y *Cruziana*, en esta unidad se deposita Sublitarenita feldespática.

4.8.2.5 Unidad Vb: Barras de desembocadura

Representada por secuencias granocrecientes con clastos de arcillas, niveles de óxido y restos de materia orgánica, en esta unidad el tipo de roca es Sublitarenita, los icnogéneros presentes pertenecen a la icnofacies *Cruziana*.

4.8.2.6 Unidad VIb: Bahía Interdistributaria

La representa el tipo de facies heterolítica con laminaciones paralelas y huellas de carga, los icnogéneros observados en este intervalo pertenecen a las icnofacies *Skolithos* y *Cruziana*.

4.8.2.7 Unidad VIIb: Bahía Interdistributaria

Está representada por secuencias heterolíticas con restos de materia orgánica y abundante laminación paralela. En esta unidad el tipo de litológico mas abundante es Sublitenita feldespática, los icnofósiles identificados corresponden a la icnofacies *Cruziana*.

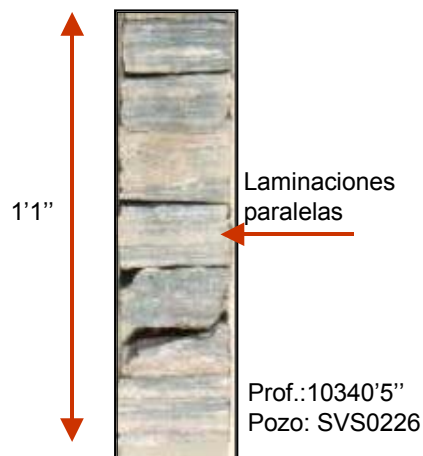


Figura 68: Estructura sedimentaria típica de prodelta en dominio mareal

4.8.2.8 Unidad VIIIb: Barras de desembocadura

En el tope de las barras se presenta estratificación cruzada, en esta unidad el tipo litológico característico son las areniscas cuarzosas, las cuales se pudieron haber formado como producto del retabajo, los icnofósiles presentes pertenecen a la icnofacies *Skolithos*.

4.8.2.9 Unidad IXb: Barras de desembocadura

Presenta superficies de reactivación, en el intervalo se tienen Areniscas cuarzosas, los icnogéneros presentes corresponden a la icnofacies *Cruziana*.

4.8.3 ANÁLISIS DEL POZO SVS0339

El intervalo de núcleo cortado correspondiente a las profundidades 10002'-10387' se encuentra enmarcado dentro de las subunidades de flujo B-1.3a, B-1.3b, B-1.3c, B-1.3d, B-1.4a, B-1.4b, B-1.4c, B-1.4d, B-1.5a, B-1.5b, B-1.5c, B-1.5d, equivalentes respectivamente a las unidades sedimentarias informales XIIIc, XIIc, XIc, Xc, IXc, VIIIc, VIIc, VIc, Vc, IVc, IIIc, IIc, Ic definidas en la sección 4.7.3.

4.8.3.1 Unidad Ic: Barras de Marea:

Presenta una sucesión de facies con tendencia granocreciente, donde se presentan huellas de carga, laminaciones paralelas y estratificación *flaser*, adicionalmente se presentan clastos de arcilla, niveles de óxido e intercalaciones calcáreas.

Una de las evidencias de que estos depósitos se acumularon bajo la influencia de las mareas son los clastos de arcilla oxidados y la abundancia de fragmentos de conchas, donde los sedimentos han sido retrabajados, la presencia de estratificaciones “*flaser*” y lenticular (ALLEN, 1997) y la de huellas de carga formadas por la acción de las corrientes mareales tal y como se pueden apreciar en la Figura 69, los cuales le dan un carácter calcáreo a la unidad sedimentaria.



Figura 69: Clastos de arcilla, fragmentos de conchas y niveles de óxido

4.8.3.2 Unidad IIc: Canal de marea

Definido a partir de la unidad sedimentaria informal IIc, la asociación de facies representa una secuencia granodecreciente, donde hay abundantes restos de materia orgánica, niveles de óxido, intervalos calcáreos y clastos de arcilla y restos de conchas hacia el tope de la secuencia.

4.8.3.3 Unidad IIIc: Canal de Marea

Separada de la unidad inferior por un intervalo lutítico de aproximadamente 8 pies de espesor, representa depósitos de canal de marea donde hay laminaciones paralelas y estratificación *flaser*, hacia el tope se presentan restos de conchas.

4.8.3.4 Unidad IVc: Barras de marea y canal de marea

Está representada por dos secuencias, hacia la base granocreciente indicativa de barras y hacia el tope granodecreciente la cual representa depósitos de canales de marea, en el tope se presentan restos de conchas, según RULL, V. & HIDALGO, M., 1998, a esta profundidad, los resultados de los análisis palinológicos hechos a las muestras tomadas directamente en los núcleos, indican la presencia de organismos desarrollados en aguas salobres.

4.8.3.5 Unidad Vc: Bahía Interdistributaria

Representada por estratificación lenticular y cruzada de ángulo bajo con abundantes intercalaciones calcáreas, niveles de óxido y restos de materia orgánica, los tipos de roca presentes en este medio depositacional, se caracterizan por Areniscas cuarzosas donde las mareas han permitido la acumulación de secuencias arenosas limpias

4.8.3.6 Unidad VIc: Canales de Marea

Presentan intercalaciones de secuencias granodecrecientes, caracterizada por laminaciones paralelas y estratificación cruzada, en el tope de los canales se acumulan restos de conchas, se presentan algunos clastos de arcilla e intercalaciones calcáreas. Se caracterizan por Areniscas Cuarzosas donde las mareas han permitido la acumulación de secuencias arenosas limpias.

4.8.3.7 Unidad VIIc: Canales de Marea

Presenta una secuencia granodecrecientes con laminación paralela y estratificación cruzada, se presenta superficie de reactivación.

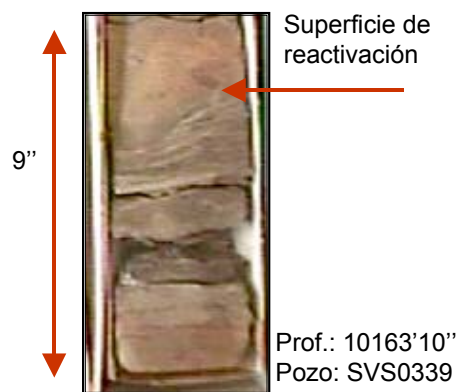


Figura 70: Estructuras típicas de deltas de dominio mareal

4.8.3.8 Unidad VIIIc: Barras de Marea

Intervalo representado por secuencias granocrecientes con laminación paralela y estratificación cruzada, calcárea, con clastos de arcilla y restos de conchas.

4.8.3.9 Unidad IXc: Barras de Marea

Representada por secuencias granocrecientes con laminaciones paralelas y huellas de carga, hacia el tope de cada una de las barras se acumulan restos de conchas e intercalaciones calcáreas. En esta secuencia hay Areniscas micríticas

formada por la mezcla de facies siliciclásticas y carbonática producto de los organismos existentes

4.8.3.10 Unidad Xc: Prodelta

En la unidad se acumula una espesa secuencia de lutitas con pequeñas intercalaciones de niveles arenosos calcáreos con restos de conchas específicamente en los intervalos arenosos y el relleno de los icnofósiles presentes, es en la mayoría de los casos del mismo material de la matriz (arenoso) y en otros calcáreo (ver Figura 71)

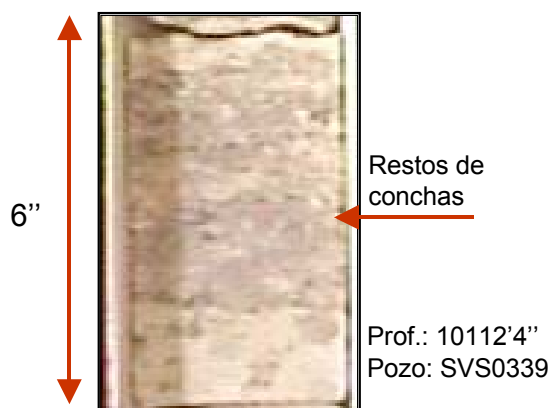


Figura 71: Restos de conchas, característico de deltas dominado por mareas

Las estructuras sedimentarias predominantes en este tipo de ambiente, son las laminaciones paralelas y en algunos casos onduladas, localmente se desarrolla estratificación lenticular. El grado de bioturbación varía de común a raro y lo definen la presencia de los icnofósiles *Arenicolites* isp., *Paleophycus* isp., *Ophiomorpha* isp. y *Thalassinoides* isp. y *Chondrites* isp. y *Teichichnus* isp. de las icnofacies *Skolithos* y *Cruziana* respectivamente.

En estas secuencias se presentan litotipos de mezcla: Areniscas micríticas.

4.8.3.11 Unidad XIc: Barras de Marea

La unidad sedimentaria está representada por la acumulación de espesas secuencias granocreciente, las cuales muestran clastos de lutita sideritizados, en ocasiones con fragmentos de conchas indicando retrabajo de los sedimentos por flujo y reflujos mareales, estructuras de carga formadas por la acción de las corrientes mareales (WALKER & JAMES, 1992 en CAMACHO *et al.*, 1999). Se presenta fuertemente bioturbada caracterizada por la icnofacies *Skolito* principalmente, indicando un régimen de alta energía donde predominan las corrientes de mareas y en menor proporción la icnofacies *Cruziana* indicativa de sustratos submareales pobremente escogidos e inconsolidados (PEMBERTON, 1992 en CAMACHO *et al.*, 1999).

4.8.3.12 Unidad XIIc: Bahía Interdistributaria

Esta asociación de facies presenta abundantes intercalaciones heterolíticas con niveles arenáceos correspondientes a las facies L, H y S1, con laminación paralela y ondulada y estratificación lenticular (ver Figura 68). La secuencia muestra un solo nivel de bioturbación moderado, se pueden distinguir algunos *Planolites* isp. y *Thalassinoides* isp. Entre los tipos de roca presentes se tienen Sublitenita producto de la sedimentación parálisis.

4.8.3.13 AsFXIIIc: Barra de desembocadura

En esta unidad sedimentaria, se desarrollan depósitos de barra de desembocadura con una variación de facies desde H, S2, S1, S11, con estratificación *flaser* intercalada de manera rítmica con laminación lenticular (ALLE, 1997) y convoluta formada por la acción de las corrientes mareales (WALKER & JAMES, 1992 en CAMACHO *et al.*, 1999), presenta restos de materia orgánica. El nivel de bioturbación es moderado y en general corresponde a las icnofacies *Skolithos* y *Cruziana*, indicativas de sustratos submareales y ligeramente lodosos a limpios.

En este tipo de asociación, se depositan Sublitarenita feldespática como producto de fluidos que representan arenas relativamente limpias.

En las secuencias de grano fino, el tipo de facies característico es L y H, donde sólo se desarrollan huellas de carga y laminación paralela, muestra poca influencia calcárea específicamente en la facies H, en estas secuencias, existe poca bioturbación y el tipo de icnofacies predominante es *Cruziana*, representada por *Thalassinoides* isp. y *Chondrites* isp. en forma escasa, característico de niveles de energía bajos, asociado a depósitos de grano fino.

En este tipo de ambiente de depositación los icnogéneros correspondientes a la icnofacies *Skolithos*, se presentan en forma abundante tanto en los sedimentos de grano muy fino como en los de grano más grueso y estos icnofósiles son: *Arenicolites* isp., *Skolithos* isp., *Conichnus* isp., *Diplocraterion* isp., *Ophiomorpha* isp. y *Paleophycus* isp., siendo la icnofacies predominante en la secuencia, indicando un régimen energético alto. La presencia de icnofacies *Cruziana*, es indicativo también de sustratos submareales, pobremente escogidos e inconsolidados (PEMBERTON, 1992 en AXPIRITZAGA *et al.*, 1992).

4.8.4 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN VERTICAL DEL DELTA ATRAVÉS DE LOS MAPAS DE FACIES vs ANT .

Con la integración de los datos obtenidos de la descripción macroscópica de los pozos con núcleos y los mapas de Facies vs ANT, se define como ha evolucionado verticalmente el delta, específicamente en las unidades sedimentarias mayores B-1.4 y B-1.5, las cuales han sido mapeadas por su interés económico, a continuación se presentan la descripción de base a tope, de los mapas paleoambientales, indicando en cada mapa la relación de espesor de arena neta total (ANT) vs el tipo de facies existente, en el anexo 6, se muestra la tabla con el tipo de ambiente correspondiente para cada pozo por subunidad.

4.8.4.1 Subunidad B-1.5d

Está representada en un 75% por secuencias granocreciente tipo barras correspondiente al frente deltaico con interdigitaciones de bahía interdistributaria pertenecientes a la llanura de inundación, hacia el noroeste se preservan intervalos granodecrecientes representados por depósitos de canal los cuales abarcan aproximadamente 15% del área, hacia la parte sureste se presenta un 10% del área total correspondiente a una secuencia de prodelta (ver anexo 6, mapa de la subunidad B-1.5d).

Los valores de ANT, varía en toda el área entre 0' y 42', en la facies de barras se presenta todo el rango de ANT, la zona de canal está entre 5' y 15', mientras que en la bahía interdistributaria el rango de ANT oscila entre 0' y 10' y en la secuencia de prodelta, los espesores varían entre 5' y 10'.

Es la subunidad más inferior del yacimiento, donde se puede apreciar las tres partes principales del delta como son: prodelta, frente deltaico y llanura de inundación, el mismo tiene una dirección de aporte de sedimentos noroeste-sureste, presentándose en la parte más distal la secuencia correspondiente al prodelta y el mas proximal está representado por una pequeña secuencia de la llanura de inundación (bahía interdistributaria)

4.8.4.2 Subunidad B-1.5c

Esta dominada en un 70% por secuencia de canal de marea con 15% de barras embebidas en los mismos, representado por intercalaciones laterales de secuencias granocreciente y granodecreciente, en el sureste hay aproximadamente 15% del área representado por secuencias heterolíticas de depósitos de bahía interdistributaria con una barra, estas barras depósitos en esta subunidad presentan una orientación NO-SE (ver anexo 6, mapa de la subunidad B-1-5c).

Los espesores de arena neta total (ANT) en este intervalo varían entre 0' y 49', presentándose mayor variación hacia la zona norte donde están los mayores valores de ANT, estos corresponden con las secuencias tipo barras y canales; mientras que los de menor valor, pertenecen a las facies de bahía interdistributaria con tipo de grano predominante fino sin un buen desarrollo de arenas, evidenciado por los espesores de ANT entre 5' y 15'.

Para esta subunidad, se tiene las facies correspondientes al frente deltaico (barras y canales de marea) y llanura de inundación (bahía interdistributaria) cuyo contacto se presenta lateralmente conservando la dirección de aporte de sedimentos predefinida noroeste-sureste, dentro de la bahía se preservó una pequeña secuencia de barra intermareal.

4.8.4.3 Subunidad B-1.5b

Esta subunidad representada aproximadamente en un 60% por secuencias granocreciente correspondiente a barras con una dirección ONO-ESE, limitadas al norte por pequeños canales los cuales cubren un área de 20% y el resto está representada por una bahía interdistributaria ubicada en la parte ESE (ver anexo 6, mapa B-1.5b).

Los valores de ANT están en un rango que varía entre 0' a 25'; los cuales corresponden a los canales y barras, mientras que en las regiones de bahía interdistributaria por tratarse de secuencias de grano fino, estos valores son menores de 10'.

La facies predominantes en esta unidad corresponden al frente deltaico definido por la principal pareja deltaica formada por canales y barras de marea con dirección preferencial de aporte de sedimentos noroeste-sureste, en la parte sureste

del yacimiento, se preserva una pequeña secuencia correspondiente a la llanura de inundación, depositada dentro del principal complejo deltaico.

4.8.4.4 Subunidad B-1.5a

Aquí se muestran en un 85% secuencias granodecrecientes representadas por canales, los cuales muestran en forma aislada depósitos de barras embebidos en los canales (10% del área) y 5% de facies de bahía interdistributaria, orientadas de ONO a ESE (ver anexo 6, mapa B-1.5a).

Los valores de ANT oscilan entre 0' y 30', los cuales corresponden a depósitos de canal y barras de marea, mientras que en las zonas de bahía interdistributaria estos valores varían entre 0' y 15'.

Al igual que la subunidad infrayacente, la asociación de facies presentes en este yacimiento corresponden al frente deltaico específicamente canales con pequeñas barras aisladas dentro de los mismos y siguiendo la dirección principal de aporte de sedimentos noroeste-sureste, en forma aislada se acumularon pequeñas áreas de llanura de inundación, esta característica de predominio de canales permite establecer el límite entre la unidad B-1.5 infrayacente y B-1.4 suprayacente.

4.8.4.5 Subunidad B-1.4e

Esta unidad es la más inferior dentro de la unidad B-1.4, aproximadamente el 75% del área corresponde a la facies de barra de desembocadura ubicada en la parte central y sureste del área, con el desarrollo canales de marea (15% del área) en forma longitudinal en la parte nor-central, hacia el este se preserva una pequeña zona de bahía interdistributaria correspondiente al 10% (ver anexo 6, mapa B-1.4e).

Los valores de ANT son menores de 25' y se presentan principalmente en la zona de barras de desembocadura, los espesores de arena en los canales son menores a 20' y en las bahías interdistributarias es menor de 5'.

Se presentan las partes del delta correspondientes al frente deltaico representado principalmente por barras de desembocadura y por la desembocadura de los canales de marea allí presentes provenientes del noroeste, además muestra la parte proximal del delta, representada en este caso por la bahía interdistributaria.

4.8.4.6 Subunidad B-1.4d

La geometría de las facies mapeadas en esta subunidad, representa un 80% del área a canales de marea, seguido de 15% de la depositación de barras intermareales entre los canales en dirección NO-SE y en los bordes noroeste y sureste hay acumulación de facies de bahía interdistributaria correspondiente a 5% (ver anexo 6, mapa subunidad B-1.4d).

Para esta subunidad, los valores de ANT varían entre 0' y 45', para las zonas de canales oscilan entre 0' y 30', mientras que en los canales varían entre 5' y 45' y en la bahía interdistributaria es menor de 10'.

Continúa el dominio del delta de marea representado por la parte intermedia, donde la facies principal corresponde a canales con barras longitudinales alineadas en dirección noroeste sureste, los extremos noroeste y sureste presentan pequeñas facies de bahías interdistributarias.

4.8.4.7 Subunidad B-1.4c

En esta subunidad, la facies predominante es bahía interdistributaria correspondiente a 70% del total del área, bordeada por barras de intermareales (10% del área), abanicos de rotura (10% del área), este subambiente se define a partir de la

información suministrada del estudio de *WEINMAN GEOSCIENCE*, basado en la respuesta de las curvas de *gamma ray*, es decir, este tipo de ambiente es definido por electrofacies. Y canal de marea (10% del área), arealmente estas facies muestran una tendencia paralela a la dirección de progradación este-oeste (ver anexo 6, mapa subunidad B-1.4c).

Los espesores de ANT, varían entre 0' y 30', los mayores valores se presentan en los canales de marea y las barras de marea, en la bahía interdistributaria, el espesor es menor de 15', mientras que en el abanico de rotura es menor de 10'.

El dominio principal en este yacimiento lo presentan la llanura de inundación representado por bahía interdistributaria y abanico de rotura, hacia la parte norcentral y surcentral está constituida por canales de marea en dirección noroeste-sureste asociada a la dirección de sedimentación, este tipo de dominio, evidencia como el delta ha ido progradando hacia el noroeste.

4.8.4.8 Subunidad B-1.4b

Es una de las subunidades más superficiales, donde de igual forma, la geometría de los cuerpos de arena, muestran una progradación en dirección a las arenas infrayacentes pertenecientes a la subunidad B-1.4c, de oeste a este las facies varían de bahía interdistributaria correspondiente al 20% del área, limitadas por canales de marea (10% del total del área) a barras de marea en un 70% (ver anexo 6, mapa de subunidad B-1.4b).

Los espesores de ANT son menores a 26' y están asociados a las facies de barras de marea, en la bahía interdistributaria estos valores son menores de 10', mientras que en los canales de marea muestra valores menores a 15'.

Las facies aquí presentes muestran sedimentos acumulados en la llanura de inundación (bahía interdistributaria) y en el frente deltaico (canales y barras),

mostrando la progradación del delta en la misma dirección que la unidad infrayacente, es decir, la línea de costa estaba migrando hacia el noroeste.

4.8.4.9 Subunidad B-1.4a

Es la subunidad más somera de la secuencia analizada y se asocia en la base de la Superficie de Máxima Inundación (*MFS*), el área en general corresponde a un 80% representado por acumulaciones de sedimentos característicos de bahía interdistributaria donde hay gran aporte de granos medio a finos, hacia la parte norcentral el 15% está representado por facies de barras de marea y hacia el ESE se muestra una zona de canales de marea correspondiente al 5% del área del yacimiento(ver anexo 6).

Los espesores de ANT, son menores de 20', distribuidos en las zonas de bahía interdistributaria y barras, mientras que los canales sólo alcanzan espesores de 8'.

Esta última unidad, representada principalmente por la llanura de inundación (bahía interdistributaria) y en menor proporción facies de frente deltaico, son las claves para definir el cierre de este ciclo depositacional representado por un evento transgresivo donde la asociación de faices en vertical van disminuyendo el tamaño de grano, dando paso al nuevo ciclo de depositación correspondiente a una regresión, el tope de esta subunidad, es considerada la base de la superficie de máxima inundación la cual es el límite entre estos dos ciclos depositacionales.

4.8.5 CORRELACIÓN DE SUBUNIDADES SEDIMENTARIA A TRAVÉS DE SECCIONES DE ELECTROFACIES

La interpretación de las facies sedimentarias a través de registros eléctricos, se hace correlacionando los pozos del yacimiento, como se indicó en el Capítulo I (Metodología), las secciones estratigráficas realizadas están constituidas por los

pozos nuevos perforados en el área correlacionados con los pozos vecinos que han sido analizados previamente por *Weinman GeoScience*.

4.8.5.1 Sección de electrofacies 1

Con dirección oeste-este, está conformada por los pozos SVS0083 - SVS0095- SVS0403 - SVS0357, de acuerdo a la correlación, en esta zona las facies en vertical de la subunidad B-1.5, están representadas principalmente intercalaciones de depósitos de bahía interdistributaria, canal de marea y barras de marea, la unidad B-1.5a, presenta una variación de facies laterales de canales hacia el oeste a barra en el este esta asociación de facies representa el frente deltaico, mientras que la unidad suprayacente B-1.4 es más heterolítica y migra lateralmente de canales a barras y de barras a canales en contacto con bahías interdistributarias, esta asociación nos indica la proximidad hacia la parte proximal del delta correspondiente a la llanura de inundación.

4.8.5.2 Sección de electrofacies 2

La dirección de correlación es oeste-este, está conformada por los pozos SVS0085 – SVS0188 – SVS0352, en esta región los depósitos de la unidad B-1.5 muestran variaciones laterales de bahía y canales a barras en la base y hacia el tope se mantienen las facies de barras y canales, esta asociación de facies corresponde a la parte media del delta (frente deltaico), la unidad suprayacente B1.4, es menos continua lateralmente, donde las facies varían de barras a canales y bahía interdistributaria, en la parte más superior, se presentan en contacto facies de la llanura de inundación con el frente deltaico, esta distribución también se da en vertical, representada por intercalaciones de facies pertenecientes a ambos tipos ambientes deltaicos.

4.8.5.3 Sección de electrofacies 3

Los pozos SVS0187 – SVS0411 – SVS0073, ubicados en dirección noroeste-sureste, muestran en su unidad informal B-1.5 continuidad lateral representada por subunidades con facies de canales y barras, características del frente deltaicos, con respecto la unidad suprayacente B-1.4, la misma presenta continuidad lateral definiendo facies de canales, barras y bahía interdistributaria, en vertical presenta intercalaciones entre facies del frente deltaico y la llanura de inundación.

4.8.5.4 Sección de electrofacies 4

Tiene una orientación noroeste-sureste y está conformada por los pozos SVS0262 – SVS0407 – SVS0241 – SVS0339, las facies predominante en la unidad B-1.5 son barras y canales las cuales muestran continuidad lateral, siendo también la facies predominante en vertical los canales de marea, las barras se presentan en menor proporción, los espesores individuales de cada una de las facies son variables. Para la unidad B-1.4, la base está representada por la llanura de inundación (bahía interdistributaria), seguido de intercalaciones de facies del frente deltaico representado principalmente por barras.

4.8.5.5 Sección de electrofacies 5

Esta sección tiene dirección noroeste-sureste y esta conformada por los pozos SVS0068 – SVS0357 – SVS0364, las subunidades correspondientes a la unidd B-1.5, presentan variaciones laterales de barras a canales y de canales a barras de acuerdo a la dirección de correlación, estas facies están enmarcadas dentro del frente deltaico, al igual que para la unidad B-1.4, las facies presentan el mismo patrón de migración lateral y en vertical las secuencias se presentan en forma alternada, representada sólo por facies del frente deltaico, es decir, hacia esta área (noreste del yacimiento) esta unidad corresponde al frente deltaico.

4.8.5.6 Sección de electrofacies 6

Tiene orientación suroeste-noreste, la constituyen los pozos SVS0085, SVS0403 y SVS0365, muestra en la unidad B-1.5 variaciones laterales e intercalaciones en vertical entre canales y barras pertenecientes al frente deltaico, mientras que la unidad B-1.4 presenta lateralmente y hacia el tope variaciones en la dirección de correlación de facies pertenecientes a la llanura de inundación (bahía interdistributaria) a frente deltaico (barras y canales).

4.8.5.7 Sección de electrofacies 7

Está en dirección suroeste-noreste y conformada por los pozos SVS0088 – SVS0391 – SVS0188, las facies principales para la unidad B-1.5 son barras y canales las cuales migran lateral y verticalmente, se acumulan en forma intercalada, definiendo ambiente del frente deltaico, la unidad B-1.4 presenta continuidad lateral de las facies en la base, en la parte intermedia se muestra un intervalo de la llanura de inundación representado por un abanico de rotura, mientras que hacia tope y en la dirección de la correlación hay una variación lateral de la llanura de inundación a frente deltaico.

4.8.5.8 Sección de electrofacies 8

Está constituida por los pozos SVS0199, SVS0191 y SVS0405, los cuales están orientados en dirección sureste-noroeste, los tipos de facies predominantes en la unidad B-1.5 son bahía interdistributaria, canales y barras, los cuales se presentan lateralmente en contacto, hacia el sur las facies predominantes son de la llanura de inundación mientras que hacia el norte son del frente deltaico, en la unidad B-1.5 las facies muestran continuidad lateral entre los pozos y verticalmente presenta intercalaciones entre la bahía interdistributaria y las barras.

4.8.6 DEFINICIÓN DE MARCADORES ESTRATIGRÁFICOS

Partiendo del estudio previo realizado en el área por la compañía *Weinman GeoScience*, la secuencia estratigráfica correspondiente al intervalo de estudio, miembro informal B-1, está enmarcado dentro de una secuencia de tercer orden del tipo *Transgressive Systems Tract* (TST), dentro de este sistema encadenado mayor, se presentan parcialmente tres sistemas de cuarto orden representados de base a tope por “*TST*” y *High System Tract* (HST) y “*TST*”, este sistema transgresivo menor, se encuentra representado por una serie de parasecuencias, las cuales abarcan desde la parte superior del miembro informal B-2, iniciando con la parasecuencia 1 correspondiente a este sistema de 4to orden y se extiende hasta el tope de la sub-unidad B1-4a, con la parasecuencia 10a, estas parasecuencias son de quinto orden.

El “*HST*” de 4to orden ubicado hacia el tope, se caracteriza por presentar tres parasecuencia de 5to orden (desde la 10 hasta la 12), y hacia el tope, se presenta otro intervalo transgresivo (“*TST*”), el cual no fue estudiado al detalle.

Según RULL e HIDALGO, 1998; la mayor abundancia de algas marinas en el núcleo del pozo SVS0339, se observó en el intervalo 10082’ – 10121’, por lo que es probable que allí se encuentre una superficie de máxima inundación (MFS), esto se correlaciona con la interpretación de PDVSA (en *Weinman GeoSciences*).

Esta información es extrapolada a los nuevos pozos perforados en el área y se puede correlacionar identificando la superficie de máxima inundación (*MFS*) que divide el *TST* del *HST* de 4to orden en el tope de las sub-unidad B1-4a. La identificación de estos sistemas encadenados se realizó en base a la respuesta de los registros eléctricos unido con la información obtenida de los núcleos de los pozos, donde se pueden observar estos cambios litológicos y la presencia de ciertas estructuras litológicas y sedimentarias que permiten definir estos patrones estratigráficos.

Estudios palinológicos realizados a los núcleos de los pozos SVS0095 SVS0339, indican que las zona palinológica pertenecientes al intervalo de estudio, son O, enmarcada dentro de los límites de secuencia H=41.5Ma y SB39.5Ma (GHOSH, 1995).

A continuación se presenta una correlación entre los pozos con núcleos, identificándose en cada uno de los pozos, los sistemas encadenados previamente descritos y el ambiente sedimentario a partir de los núcleos (ver Figura 72), además de tres secciones estratigráficas donde se correlaciona la superficie de máxima inundación la cual separa los dos principales sistemas encadenados de 4to nivel estudiados en este proyecto (ver figuras 68, 69, 70).

En el Apéndice 5, se definen los conceptos teóricos generales empleados para los estudios de estratigrafía secuencial.

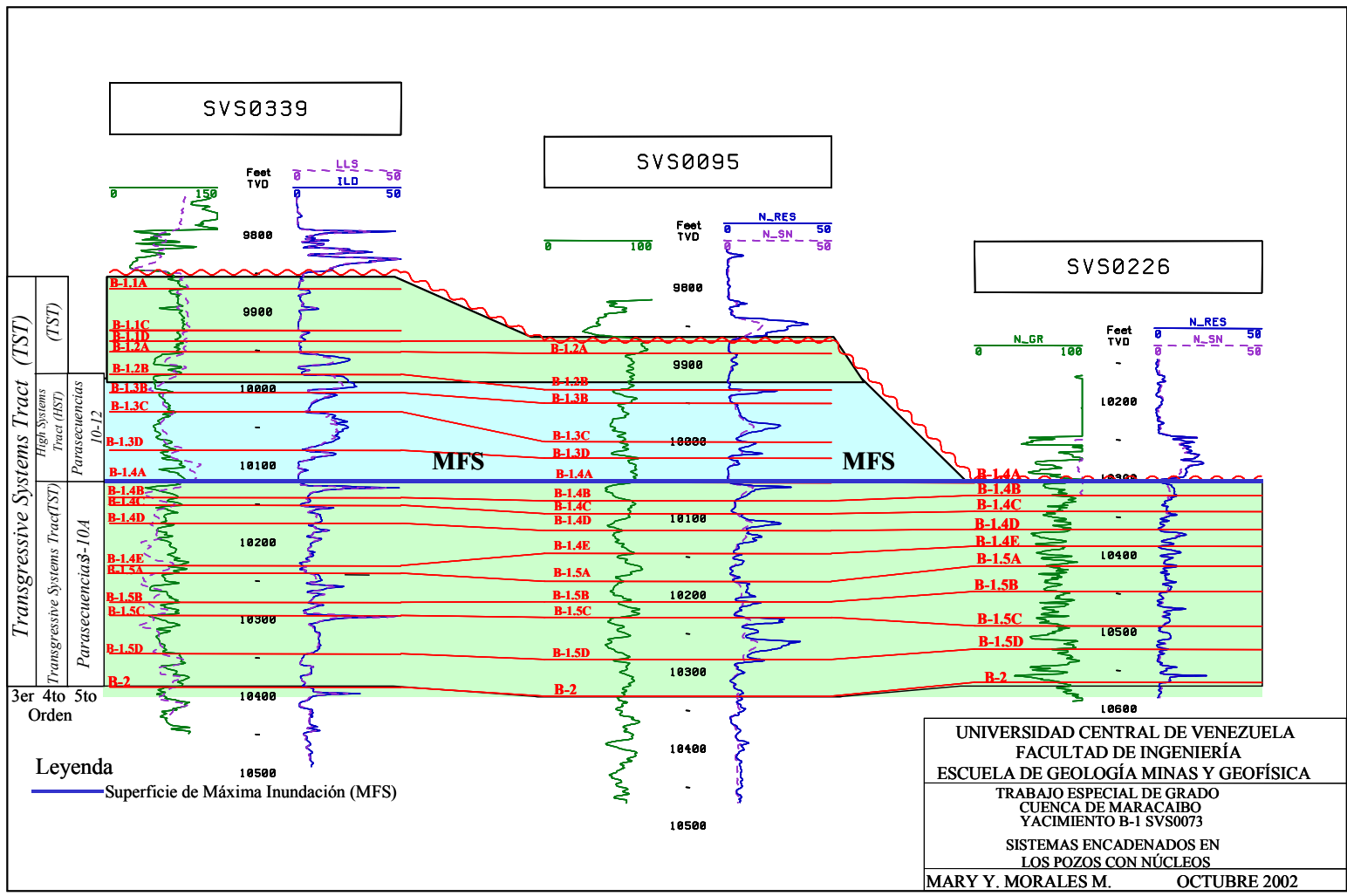


Figura 72: Correlación estratigráfica, mostrando los sistemas encadenados en pozos con núcleos

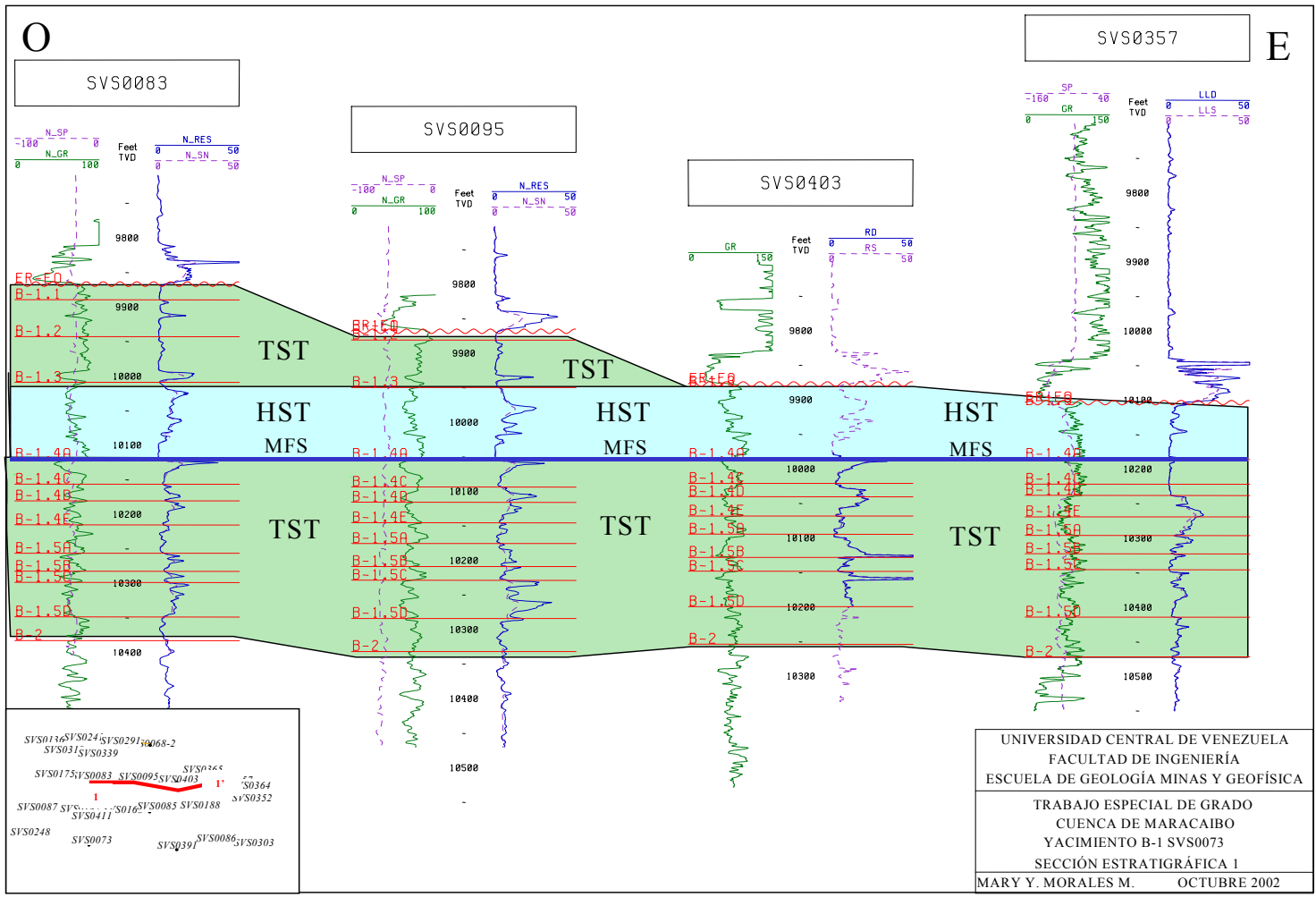


Figura 73: Correlación estratigráfica 1 mostrando los sistemas encadenados

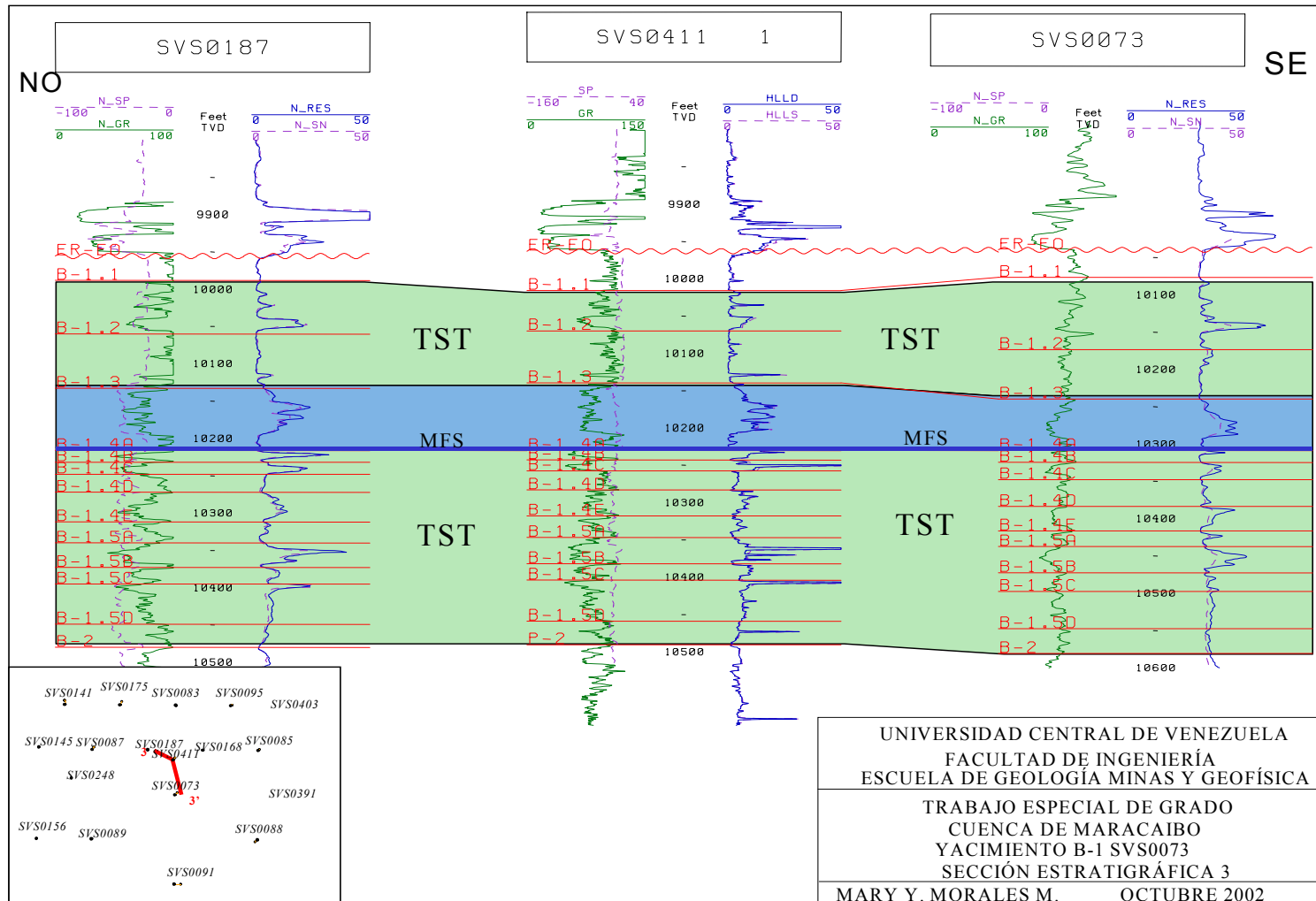


Figura 74: Correlación estratigráfica 3 con sistemas encadenados

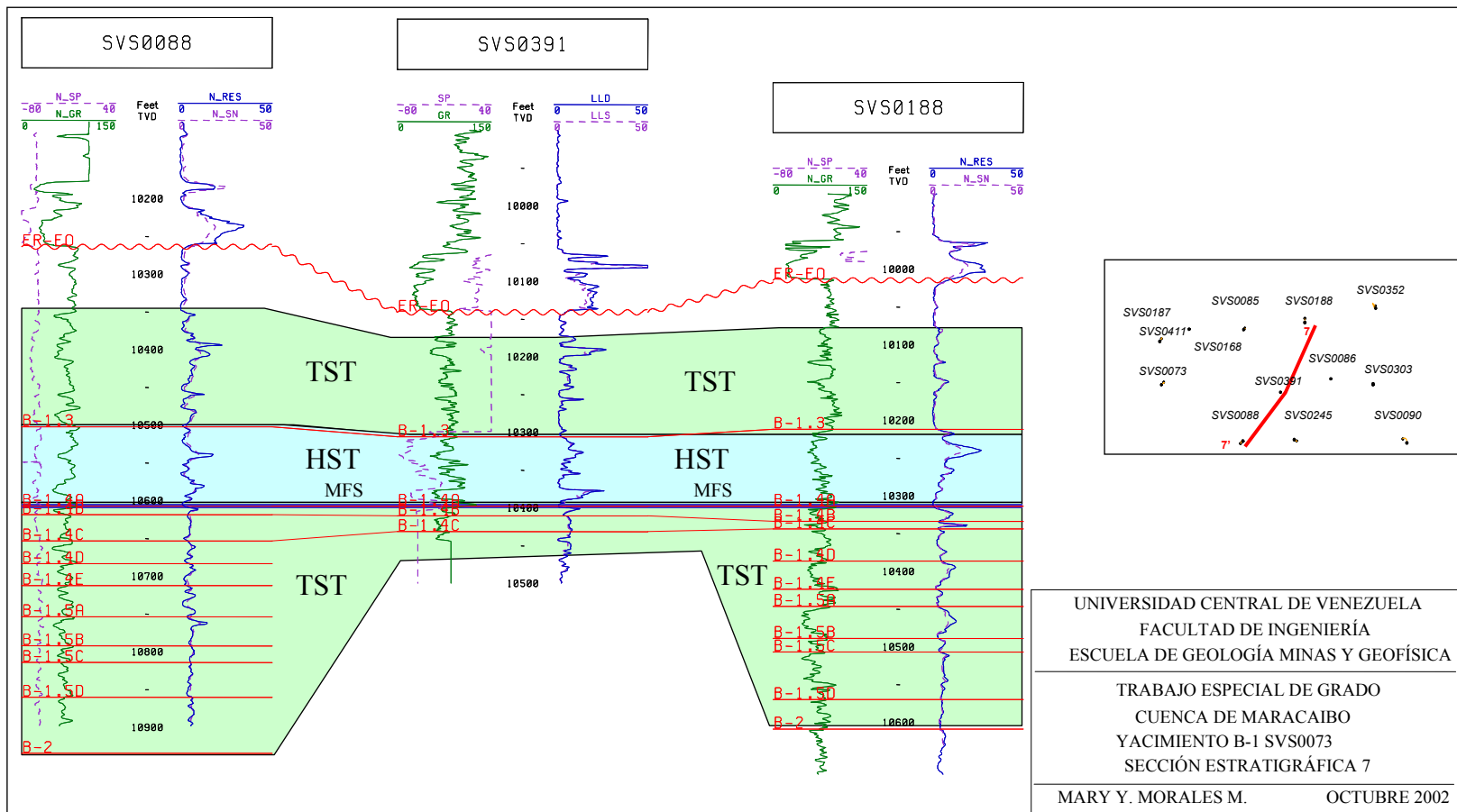


Figura 75: Correlación estratigráfica 7 con sistemas encadenados

CONCLUSIONES

La distribución areal de los pozos con núcleos del área y la información obtenida del análisis macroscópico, permitió caracterizar la distribución vertical de las facies del miembro informal B-1.

El yacimiento B-1 SVS0073, está dividido en dos áreas desde el punto de vista estructural y estratigráfico, los núcleos del pozo SVS0226 ubicado en el área LAG2016, se caracterizan por la presencia de facies cuyo tamaño de grano varía de fino a arcilloso, mientras que para el área norte SVS0073, en los pozos con núcleos SVS0339 y SVS0095, el tamaño de granos varía de arena fina a media respectivamente.

En las subunidades definidas oficialmente y que están presentes en cada uno de los pozos con núcleos, se correlacionan con los pozos vecinos, identificándose entre ellos cambios laterales de facies .

La etapa diagenética que domina las rocas pertenecientes a la parte norte miembro informal B-1 del yacimiento SVS0073 es principalmente temprana, mientras que hacia el sur la diagénesis alcanza la etapa intermedia.

El tipo de roca predominante existente en el yacimiento B-1 SVS0073 de la formación Misoa en la cuenca del Maracaibo, es la Arenisca cuarzosa, seguido de Sublitarenita feldespática y Sublitarenita y en las áreas donde el aporte de siliciclásticos y componentes carbonáticos es proporcional, se caracteriza por la presencia de Areniscas micríticas.

Con los datos obtenidos de la descripción macroscópica de los pozos con núcleos, se define que el yacimiento está depositado en un ambiente deltaico, con

influencia mareal, identificándose las facies correspondientes a la llanura de inundación y frente deltaico.

La tendencia de las curvas de los mapas isópacos ANT, junto con la respuesta de los registros eléctricos “*Gamma Ray*” y Resistividad, permitieron definir la tendencia y extensión areal de las facies sedimentarias analizadas a partir de los registros eléctricos litológicos (GR) y resistivos.

Continuando con la interpretación estratigráfica hecha por *Weinman GeoScience*, en los pozos perforados recientemente, se puede correlacionar la superficie de máxima inundación (*MFS*), la cual se ubica estratigráficamente en el tope del submiembro informal B-1.4a, evidenciada por las características litológicas definidas en el intervalo lutítico ubicado en la profundidad de 10080’-10121’ del pozo SVS0339, y en base a la respuesta de los registros eléctricos.

RECOMENDACIONES

Hacer un estudio detallado donde se pueda definir con mayor exactitud, la fuente de sedimentos para las rocas depositadas en el yacimiento de estudio, tomando como base los estudios realizados regionalmente en la cuenca de Maracaibo.

Realizar análisis especiales para determinar las características intrínsecas de las arcillas que constituyen el yacimiento, con la finalidad de desarrollar un mejor programa de recuperación en donde se minimice la producción de finos o en su defecto se le apliquen las técnicas más adecuadas dependiendo del tipo de arcilla presente.

Desarrollar un proyecto en el que se correlacionen las litofacies obtenidas de la descripción macroscópica de núcleos en este estudio con petrofacies para determinar así la calidad de roca del yacimiento.

Ubicar físicamente los núcleos del área, dentro de las instalaciones de la industria, (nucleoteca de La Concepción) con la finalidad de tener un mejor acceso a ellos y disponer de la asesoría del personal especializado de la industria en descripción de núcleos.

Elaborar los análisis de electrofacies para las unidades superiores correspondientes a los miembros informales B-1.3, B-1.2, B-1.1, para hacer los mapas de facies y caracterizar la unidad en su totalidad.

APÉNDICE 1

PETROGRAFÍA DE ARENISCAS

Diagénesis (SANDOVAL, 2002) es el conjunto de cambios, modificaciones y transformaciones post-depositacionales que ocurren en las partículas desde el mismo instante en que son sedimentadas y cambian sus condiciones originales de depositación, durante este período actúan una serie de procesos y reacciones.

Estos procesos que actúan en la diagénesis no operan de un modo uniforme y regular, sin embargo, aunque pueden ser muchas las formas en que muchos procesos diagenéticos afectan la composición y textura de los sedimentos, los cambios se generan de forma continua y a medida que las condiciones de presión (P), temperatura (T), potencial del ion hidrógeno (pH), potencial de óxido-reducción (Eh), la composición de fluido de poro varía.

El estudio de los procesos diagenéticos y los cambios que tienen lugar en los sedimentos y en el caso particular las arenas, es de gran importancia para la reconstrucción de la procedencia y ambiente de depositación de dichas partículas, todo esto asociado a una investigación de la estratigrafía y carácter estructural de la cuenca sedimentaria en donde fueron depositadas.

Este estudio e interpretación de la “historia diagenética” de una arenisca, es de utilidad para la exploración no sólo de hidrocarburos, sino también de otros yacimientos minerales cuya acumulación y/u origen, pueden estar asociado a los procesos diagenéticos.

Desde el punto de vista de Geología del Petróleo, cada rasgo diagenético producido durante el soterramiento y levantamiento de una arenisca originalmente porosa y permeable, afecta su calidad como reservorio. La posibilidad que tendrá una arena para almacenar hidrocarburos estará infinitamente ligada a su historia

diagenética, ya que la destrucción, formación, naturaleza y distribución de las porosidades y permeabilidades, que en gran parte gobiernan la acumulación, extracción y recuperación de dichos hidrocarburos, están controlados por la actuación de los procesos diagenéticos en el subsuelo.

Incluso, para mejorar los agentes de recuperación de dichos crudos bien sea de carácter físico (inyección de agua o vapor) o químicos (uso de surfactantes, ácidos, polímeros, agentes estabilizadores cáusticos y arcillosos, etc.), es importante conocer las condiciones diagenéticas de la roca y como pueden dichas condiciones verse afectadas por los diferentes agentes a ser usados para la estimulación en la recuperación de los hidrocarburos.

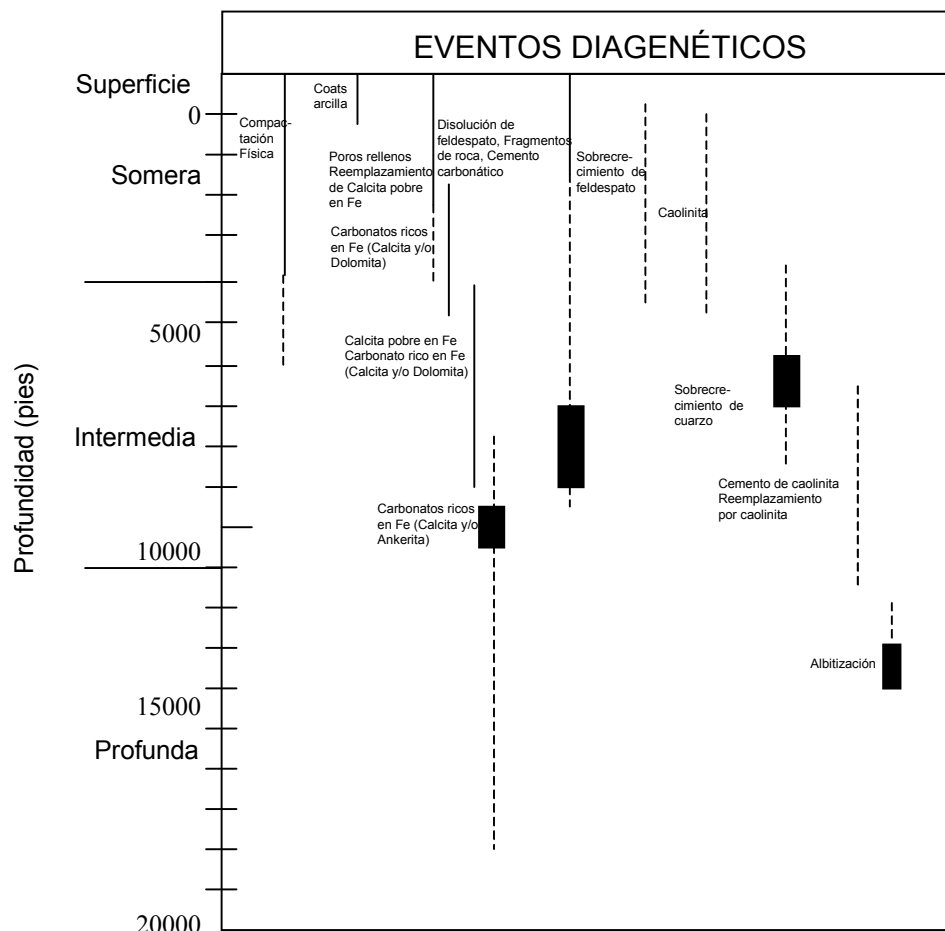
La diagénesis comienza inmediatamente después de la depositación de los sedimentos y continúa durante el soterramiento hasta alcanzar el grado más bajo del metamorfismo, sin embargo puede verse interrumpida por orogénesis, con el consecuente levantamiento y exposición de las rocas a un nuevo ciclo geológico sedimentario.

La sucesión de cambios en las condiciones físicas y químicas experimentadas por los sedimentos durante el soterramiento, da lugar a la formación de un producto final, el cual dependerá fuertemente de una serie de factores y parámetros independientes que puede agruparse como:

- Características intrínsecas del material o sedimento.
- Características del fluido del poro.
- Condiciones físicas y químicas del ambiente o medio diagenético, y
- El tiempo geológico.

Debido a que estos factores pueden ser extremadamente variables en las areniscas, las características del producto final, también serán muy distintas. Sumado

a esto, los procesos diagenéticos no operan de un modo uniforme y regular, sin embargo, aunque puedan ser muchas las formas en que dichos procesos afecten las características originales de una arenisca, estos cambios ocurren de manera continua. Alguno de estas variables o factores son interdependientes entre sí, mientras que otras no (ejemplo el gradiente de T y la profundidad de soterramiento cambian con el tiempo), de aquí que la interpretación de los cambios diagenéticos sea compleja.



Eventos diagenéticos vs Profundidad

CARACTERÍSTICAS TEXTURALS Y DE COMPOSICIÓN MINERALÓGICA *Vs* AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN

Las variaciones existentes en el tamaño de las partículas clásticas, su grado de clasificación y/o escogimiento, sus características morfológicas y su fábrica son una función principal de los procesos hidrodinámicos imperantes en el ambiente de depositación (velocidad y constancia del agente de transporte, grado de turbulencia, variación de los niveles de energía, aporte de material sedimentario, etc.). relaciones similares existen entre el ambiente de depositación y la sedimentación no clástica, sólo que en ésta, el control de mayor influencia es a través de los procesos químicos más que de los físicos. Estas características texturales originales.

El ambiente de depositación también tiene influencia sobre la composición de la mineralogía detrítica, la cual no sólo está controlada por su procedencia (roca fuente) y ambiente tectónico pre-depositacional, sino también por la selección que los agentes de transporte (dependiendo de su nivel de energía y características dinámicas), ejercen dentro del ambiente sedimentario. Estos agentes de transporte al acarrear las partículas y depositarlas las separa o clasifica sobre la base de su tamaño, morfología y densidad, por lo que ciertos minerales tienden a ser concentrados en determinadas fracciones de tamaños, pudiéndose acumular arenas u otros sedimentos de diferente composición, simultáneamente, dentro de distintas partes de la misma cuenca.

Las variaciones en las condiciones físicas y químicas del ambiente diagenético, representa un papel importante en los cambios que tendrán lugar en los sedimentos durante el soterramiento.

PROCESOS DIAGENÉTICOS

(Según KRUMBEIM, 1942; SUIJKOWSKI, 1958; TUCKLER, 1981; PETTIJOHN *et al.*, 1973; BLATT *et al.*, 1980 en SANDOVAL, 2000)

Como resultado de la gran cantidad de factores (tanto intrínsecos del material como del ambiente diagenético), que influyen en la diagénesis puede ocurrir una gran variedad de cambios diagenéticos. Si se considera en forma general las posibles modificaciones que pudieran ocurrirle a una partícula recién depositada, se mencionarían las siguientes:

- Cambio en su espaciamiento original, a uno más cerrado con respecto a las otras partículas; flexionarse o doblarse plásticamente; fracturarse o hasta triturarse pudiendo fluir en estado sólido. Todo esto por aumento de la presión de soterramiento.
- Estar rodeada por un materia precipitado.
- Cambiar de tamaño, de morfología y estructura cristalina por recristalización, sin que cambie su composición.
- Puede cambiar su composición manteniendo su morfología por reemplazo.
- Ser disuelta parcial o totalmente.
- Cambiar su tamaño, morfología y composición por alteración

Todas estas posibilidades de transformación en las partículas, son producto de la actuación de una serie de procesos tanto de carácter físico, químico y físico-químico. Uno de los primeros procesos en actuar es la compactación y resulta esencialmente por el incremento de la profundidad de soterramiento debido al aumento de la presión o carga sedimentaria.

Los procesos diagenéticos químicos, son de carácter más relevante cuando se ha alcanzado cierta profundidad de soterramiento e incluye la cementación o

precipitación, donde se forman una serie de minerales autigénicos por precipitación directa de las soluciones intersticiales, esto es debido a una sobresaturación de fluido de poro en ciertas sustancias, puede ocurrir inmediatamente o un tiempo después de la depositación.

La disolución, es un proceso químico común y de gran importancia por la creación de porosidades secundarias, puede ser parcial o total, mientras que el reemplazo llamado también disolución congruente son reacciones en las cuales un cristal crece a expensas de y en lugar de otro, ocurriendo así la disolución total de la fase sólida.

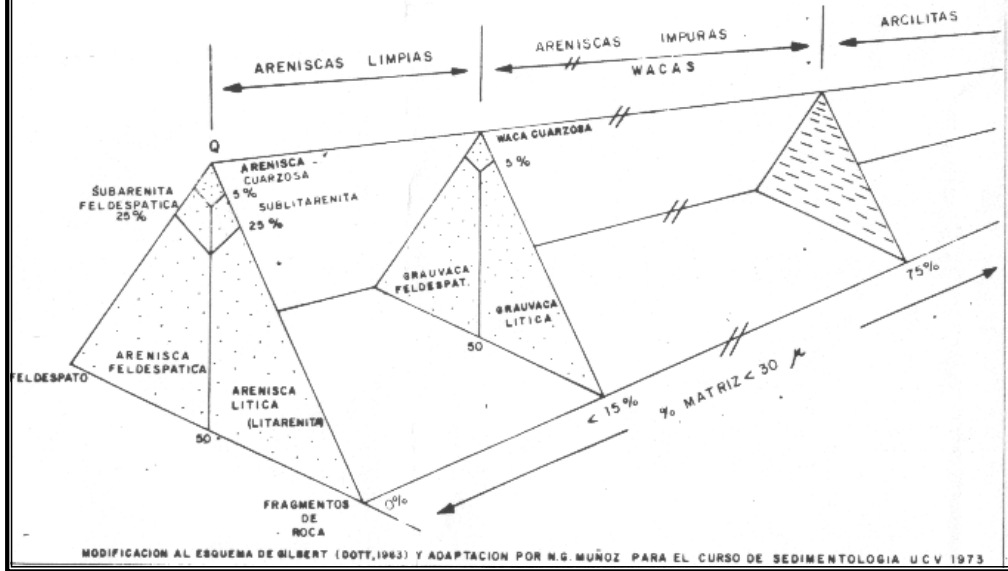
La alteración, llamada también disolución incongruente son reacciones en las que ocurre una disolución selectiva del material o fase sólida, mediante la cual el sólido o mineral no disuelto cambia su composición bien sea porque sólo se ha disuelto parte de sus componentes o porque la relación de sus componentes en la fracción del sólido original varío.

Recristalización, es un proceso mediante el cual ocurre un cambio en la estructura cristalina de un mineral a otra mucho más estable a las nuevas condiciones de P,T sin que ocurra cambio en su composición, por lo que a esta transformación se le denomina polimorfismo, durante este proceso las partículas tienden a aumentar el tamaño.

El proceso físico-químico, se denomina presión-solución y consiste en la disolución de los minerales por efecto del aumento de la presión litostática. En este proceso los minerales son disueltos en los puntos de concentración entre los granos, debido a un aumento en el grado de solubilidad de ellos en dichos puntos, causado por el aumento de la carga sedimentaria.

ARENISCAS TERRIGENAS

CLASIFICACION DE PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER (1972)



APÉNDICE 2

GENERALIDADES DE ICHNOFACIES EN NÚCLEOS

SAMPSON, E., Y DELGADO, M., en 1995, definen la *Ichнологía* como una rama de la geología que estudia e interpreta las huellas fósiles –denominada *Ichnofósiles*- creada por la actividad biológica de los organismos.

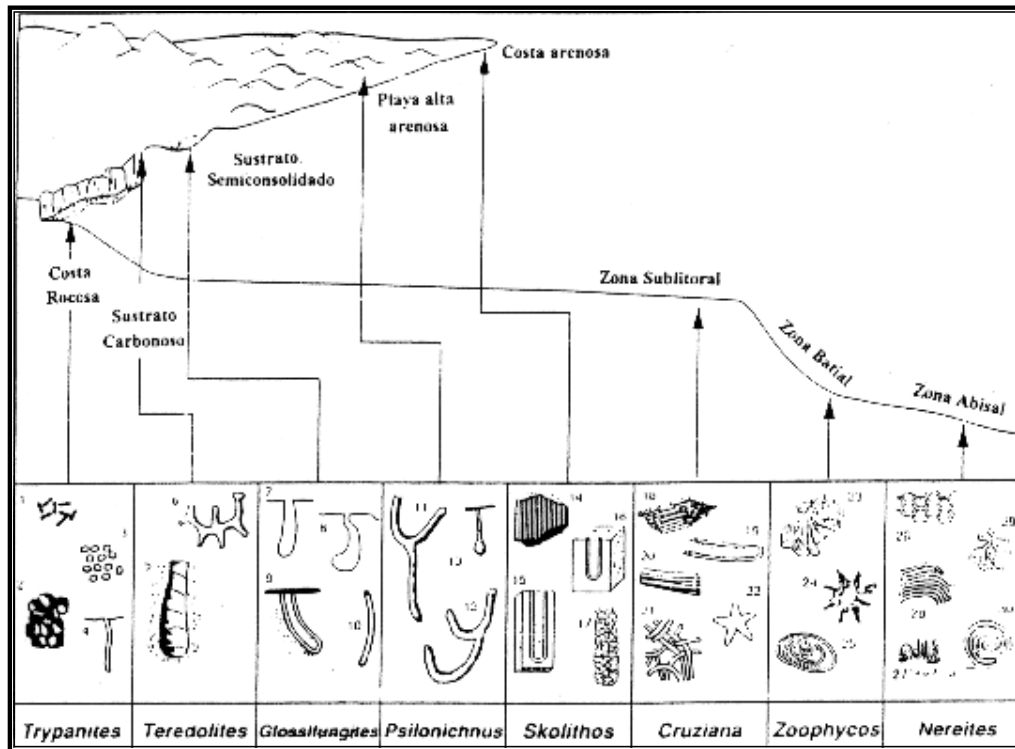
En los campos de la sedimentología, paleontología y estratigrafía, la icnología es una herramienta que ayuda en la interpretación de ambientes sedimentarios, su evolución y la paleoecología de los mismos.

Las agrupaciones de icnofósiles considerando variedad, abundancia y asociación de los mismos se denomina *Ichnofacies*. Las ichnofacies reflejan las variaciones en la biota causadas por cambios en los factores ambientales tales como: profundidad del agua, consistencia del sustrato, aporte de alimentos, energía hidrodinámica, salinidad del agua, turbidez del agua, tasa de sedimentación, temperatura y nivel de oxígeno entre otros.

Se han reconocido nueve ichnofacies, cada una de ellas denominada por un icnogénero representativo: *Scoyenia* (única ichnofacies no-marina), *Tricypnites*, *Teredolites*, *Glossifungites*, *Psylonichnus*, *Skolithos*, *Cruziana*, *Zoophycos* y *Nereites*. Cada una de las ichnofacies mencionadas, están relacionadas a un sustrato específico, tal como se muestra en la siguiente figura.

Diversos estudios indican que las asociaciones de icnofósiles encontradas en los núcleos analizados pertenecientes a las arenas basales de la Formación Paují y parte superior del miembro B-0 de la Formación Misoa, ambas de edad Eoceno, pueden interpretarse como correspondientes a las ichnofacies *Skolithos* y *Cruziana*. La primera de ella está caracterizada por los siguientes icnogéneros: *Arenicolites*,

Skolithos, *Conichnus*, *Diplocraterion*, *Ophiomorpha* y *Palaeophycus*, mientras que en la segunda son característicos los ichnogéneros: *Thalassinoides*, *Aterosoma*, *Teichichnus*, *Rhizocorallium*, *Terebellina*, *Chondrites* y *Roselia*.



Las ichnofacies *Skolithos* y *Cruziana* han sido interpretadas como característica de los depósitos de plano costero a costafuera (zona nerítica), correspondiendo la ichnofacies *Skolithos* a los subambientes sedimentarios más proximales (playa baja, anteplaya superior y media y parte superior de la anteplaya inferior), mientras que la ichnofacies *Cruziana* corresponde a los subambientes sedimentarios más distales (parte inferior de la anteplaya inferior y costafuera propiamente dicho).

PEMBERTON, G., 1995 (en SAMPSON, E., Y DELGADO, M., 1995) describe cada una de estas icnofacies de la siguiente manera:

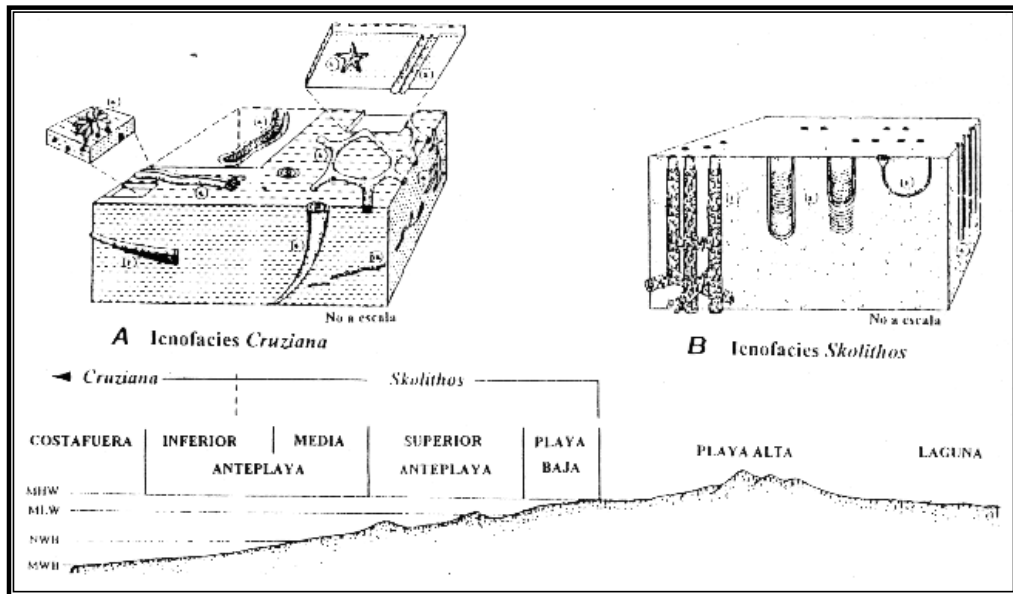
ICHNOFACIES *SKOLITHOS*

Es indicativa de niveles relativamente altos de energía de corrientes o de olas y típicamente se desarrolla en sustratos ligeramente lodosos a limpios, bien escogidos y no consolidados. Tales condiciones ocurren comúnmente en la playa baja y la anteplaya de las playas, barras y espolones, pero condiciones similares algunas veces ocurren en deltas de marea y abanicos submarina, los icnofósiles pertenecientes a esta icnofacies se indican en la figura a continuación.

ICHNOFACIES *CRUZIANA*

Es más característica de sustratos submareales pobremente escogidos e inconsolidado. Las condiciones varían típicamente de niveles de energía moderados en aguas someras ligeramente por debajo del nivel base de las olas de tormentas, a niveles de energía bajo en aguas tranquilas y más profundas. Las tasas de depositación de sedimento varían de poco apreciable a apreciable, pero normalmente no son rápidas.

A continuación describen de manera general los diferentes icnogéneros presentes en los núcleos estudiados, tomando como base los estudios de PEMBERTON S.G. *et al* , 1995 realizados en el Cretácico del occidente de E.U.A.



ARENICOLITES (Ar)

Tubo vertical simple en forma de U, sin espritas (“*Spreite*”) entre los limbos. Generalmente, las paredes exteriores son suaves y sin ornamentación. En núcleos se reconocen basándose en rasgos que sugieren la forma de U, de J o la parte basal de la U invertida. En planta se representa como aberturas en pareja que pueden ser idénticas o una ser mucho más grande que la otra.

Se cree que es la horadación de domicilio de un anélidos o del poliqueto Arenícola. También se ha postulado como origen para esta estructura la alimentación por suspensión o la alimentación de depósitos de superficie. Está generalmente asociado con sustratos arenosos en anteplaya de baja energía o ambientes de llanura de marea. Es un elemento común de las icnofacies *Skolithos*.

ASTEROSOMA (Ast.)

Sistema de horadaciones en forma de estrella que consiste en brazos radiales bulbosos (15-50) que se reúnen hacia un centro elevado. Los brazos tienden a ser en

sección transversal circulares a irregulares y consisten de láminas concéntricas muy delgadas de limo y arcilla empacadas alrededor de un núcleo central arenoso. La parte externa es generalmente suave, pero puede mostrar estrías longitudinales o pliegues.

Ha sido interpretada como la horadación por alimentación de un organismo tipo gusano. Está generalmente asociada con condiciones totalmente marinas. Es un elemento común en las ichnofacies *Cruziana* y puede encontrarse junto con *Rosselia* en el tope de la anteplaya inferior.

BERGAUERIA (Berg.)

Es una horadación tubular simple, cilíndrica a hemisférica, con base redondeada, orientada verticalmente, sin estructura interna, de paredes suaves y con ancho aproximadamente igual al largo. El sedimento de relleno es igual al sedimento que lo rodea.

Se cree que este icnofósil representa la horadación de domicilio de un organismo carnívoro (posiblemente una anémona) que se alimenta de material en suspensión. Es una horadación típica de planos de marea bajo, deltas de marea, depósitos de agua salobre y en general de aguas poco profundas donde el sustrato es arenoso.

CHONDRITESS (Chond)

Es un sistema de horadaciones complejo que consiste de una ramificación regular de túneles de diámetro uniforme. Los túneles jamás se cruzan entre sí. Típicamente las ramificaciones son en forma de ramas laterales en ángulo de 30-40 grados con el túnel principal, más que en forma de Y. Los *Chondritess* se presentan generalmente como un arreglo de pequeños puntos elípticos donde el corte del núcleo

trunca las numerosas ramificaciones. En algunos casos, las secciones longitudinales a través de túneles individuales pueden mostrar las ramificaciones.

Se sugiere que este icnofósil representa túneles producidos por alimentación de depósitos de sipincúlidos. No obstante, algunas formase de *Chondritess* penetran tan profundamente en el sustrato, que sólo podría haber sido hechos por un animal vermiforme, como algunos poliquetos del reciente. Los *Chondritess* son un elemento común de las ichnofacies *Cruziana* y *Zoophycos*, típico de depósitos de costafuera y se considera que el organismo está bien adaptado a condiciones de baja oxigenación.

CONICHNUS (Con)

Estructuras subcilíndricas cónicas orientadas perpendicularmente a la estratificación; la base puede ser redondeada o mostrar una protuberancia distintiva. Los rellenos pueden mostrar una estructura interna tipo campa o tipo lámina “chevrón”, pero no muestra simetría radial, el forro, cuando está presente, es muy delgado y constituye una discontinuidad entre el relleno y la roca matriz adyacente. Pueden ser muy grandes, hasta 29cm. de diámetro.

Ha sido interpretado como la estructura de domicilio de un anémona u organismo similar. Está comúnmente asociada a sustratos arenosos de alta energía y en un perfil típico de playa –costafuera se encuentra en la parte superior de la anteplaya inferior a la anteplaya media.

DIPLOCRATERION (Dipc)

Horadación vertical en forma de U con espritas (“*Spreite*”), que pueden ser retrusivas, protrusivas o combinación de ambas. La abertura de los tubos pueden ser paralelos o divergentes. En secciones longitudinales, pareciera estar verticalmente apilado. Puede aparecer en núcleos como una perforación en forma de campana en el

tope de las capas; las parejas de abertura están unidas por una banda horizontal de sedimento retrabajado, correspondiendo la misma a las espritas.

Basándose en un análisis de aspectos morfológicos, se interpreta esta estructura como la horadación de un organismo que se alimenta del lodo en suspensión; probablemente originada por poliquetos, algún organismo tipo gusano o un crustáceo anfípodo. Es un elemento común en la porción distal de la icnofacies *Skolithos*, en la anteplaya media, así como en depósitos estuarinos de canal y depósitos arenosos de llanura de marea.

HELMINTHOPSIS (Helm)

Horadaciones de paredes suaves, irregularmente meandriformes; las mismas nunca se ramifican, interpenetran o cortan unas a otras. En sección transversal, las horadaciones son elípticas o subcirculares y generalmente horizontales. Por lo general, el relleno de la horadación es diferente al de la roca matriz circundante; las horadaciones individuales son muy pequeñas (1-3mm). En núcleo, comúnmente aparecen como delgados puntos negros (sección transversal) o como líneas oscuras (sección longitudinal).

Se ha interpretado como una estructura producida por el pastoreo sistemático de un poliqueto (u otro organismo tipo gusano). Es un elemento común en la icnofacies *Cruziana* distal e icnofacies *Zoophycos* proximal en una plataforma marina somera normal.

OPHIOMORPHA (Oph)

Es un sistema de horadaciones simple a complejo típicamente recubierto con sedimentos peletoidal aglutinado. El recubrimiento de la horadación es bastante suave sobre el interior y densa a fuertemente nodosos en el exterior del recubrimiento. Las características del relleno pueden variar, pero en algunos casos puede ser rellenada

activamente con láminas en menisco o con depósito de fondo bien desarrollados. La ramificación es irregular y donde está presente es en forma de Y o T.

Ha sido interpretada como la horadación de domicilio de un crustáceo decápodo. Está comúnmente asociada a la ichnofacies *Skolithos* y se encuentra en abundancia en ambientes de anteplaya desde el Jurásico al Holoceno; también está asociado con depósitos de aguas salobres incluyendo estuarios y charcas de marea.

PALAEOPHYCUS (Palaeop)

Horadaciones horizontales a inclinadas, cilíndricas, típicamente recubiertas y rara vez ramificadas, en las cuales el sedimento de relleno tiene la misma litología y textura que la roca circundante. La cubierta de las paredes varía de muy delgadas a relativamente gruesas y son suaves, estriadas longitudinalmente o con anillos transversales. El diámetro es variable, pero comúnmente varía de 3 a 8mm.

Se distingue del *Plantillas*, icnogénero morfológicamente similar. Principalmente por la presencia de recubierta en las paredes y el carácter de relleno de la horadación. El relleno del *Palaeophycus* representa un relleno pasivo, sedimentación introducida por gravedad dentro de horadaciones recubiertas abiertas; en consecuencia el relleno es igual en composición a la roca circundante, este icnofósil ha sido encontrado en una amplia variedad de ambientes marinos a salobres.

PLANOLITES (Plan)

Horadaciones de paredes suaves a irregulares, recta o tortuosa, sin recubierta, rara vez ramificada en las cuales el relleno es diferente a la roca circundante. Es de forma circular a elíptica en sección transversal y sus dimensiones son muy variables (3-8mm de diámetro). Se distingue del *Paleophycus* principalmente por tener paredes no recubiertas y el relleno de las horadaciones difiere de la roca circundante. El

relleno del *Plantillas* representa sedimento procesado por el organismo (poliquetos móviles) en actividades de alimentación de depósito. Debido a su morfología simple, este se ha encontrado en casi todos los ambientes, desde marino profundo hasta diques fluviales.

RHIZOCORALLIUM (Ruiz)

Horadaciones en forma de U, rectas a sinuosas y con espritas (“*Spreite*”). Los tubos son más o menos paralelos; la relación de diámetro del tubo : diámetro de la esprita es 1:5. Las espritas son típicamente protrusivas. El relleno de la horadación es comúnmente idéntico a la roca circundante, pero en algunos casos es de grano más fino. En núcleo, se identifica por dos horadaciones circulares unidas por una banda horizontal (esprita). Las paredes de los tubos son comúnmente ornamentadas con marcas tipo estrías.

Ha sido interpretada como la estructura de alimentación producida por un alimentador de depósito. La presencia de las estrías característica sobre las paredes del tubo indica que son originados por un crustáceo. Está generalmente asociada con la icnofacie *Cruziana* distal que caracteriza los ambientes marinos costafuera. También es un elemento común de la icnofacies *Glusifungites*, que caracteriza a los sustratos endurecidos.

ROSSELIA (Ros.)

Entrada cilíndrica simple, vertical o inclinada, recta a suavemente curva, con una abertura bulbosa. El bulbo está relleno de sedimentos más finos que la roca matriz, con un arreglo en capas concéntricas pobremente desarrolladas. En sección transversal, los bulbos son circulares a subcirculares.

Se interpreta como la horadación por alimentación de anélidos (u otros *Phyla* semejantes a los gusanos) que filtra lodo de una columna de agua y lo empaca dentro

de una bola. Está generalmente asociada a la icnofacies *Cruziana* proximal, en ambientes totalmente marinos.

SKOLITHOS (Skol)

Horadación recta a curvada, vertical a inclinada y simple, que nunca se ramifica o se cruza. En sección transversal son cilíndricos a subcilíndricos y son recubiertos o no. Los recubrimientos, cuando están presentes, rara vez exceden 1mm y consiste de lodo orgánico oscuro o arena limpia aglutinada. Las paredes son generalmente suaves, pero pueden no ser notorias y el relleno es típicamente masivo.

Representa la horadación de domicilio de un carnívoro pasivo o de alimento en suspensión. Puede ser originado por una gran variedad de organismos, desde poliquetos, forónidos o larvas de insectos. Como puede ser construida por una gran variedad de organismos, se encuentran virtualmente en todos los ambientes.

TEICHICHNUS (Teich)

Estructuras tubulares verticales construidas como una serie de láminas apiladas cóncavas hacia arriba o cóncavas hacia abajo (rara vez) fuertemente empaçadas. Las secciones longitudinales muestran láminas onduladas alargadas que usualmente se abren hacia los extremos. Una horadación horizontal circular a subcircular está siempre presente en el extremo inferior o superior de las láminas.

Generalmente se interpreta como la horadación de domicilio o alimentación de un organismo que se alimenta del depósito. Los posibles originadores incluyen anélidos u otra *phyla* semejante a gusano. El animal originador parece migrar hacia arriba o hacia abajo en su horadación. La esprita probablemente representa una respuesta del intento del organismo en mantener el fondo de la horadación a una profundidad óptima de la interfase agua-sedimento. Aunque comúnmente está

asociada con la icnofacie *Cruziana*, el *Teichichnus* también prevalece en lagunas y bahías de aguas salobres.

TEREBELLINA (Ter)

Horadaciones fuertes a suavemente curvadas subcilíndricas y verticales, con una sección transversal circular a elíptica. El diámetro de la horadación es muy variable y los tubos se separan gradualmente. El recubrimiento es muy característico y varía en espesor de 1-5mm y está compuesto de granos de limo o de carbonato de calcio, y es más resistente a la meteorización que la roca circundante o el relleno. En núcleos, los especímenes generalmente aparecen horizontales debido a la curvatura del tubo.

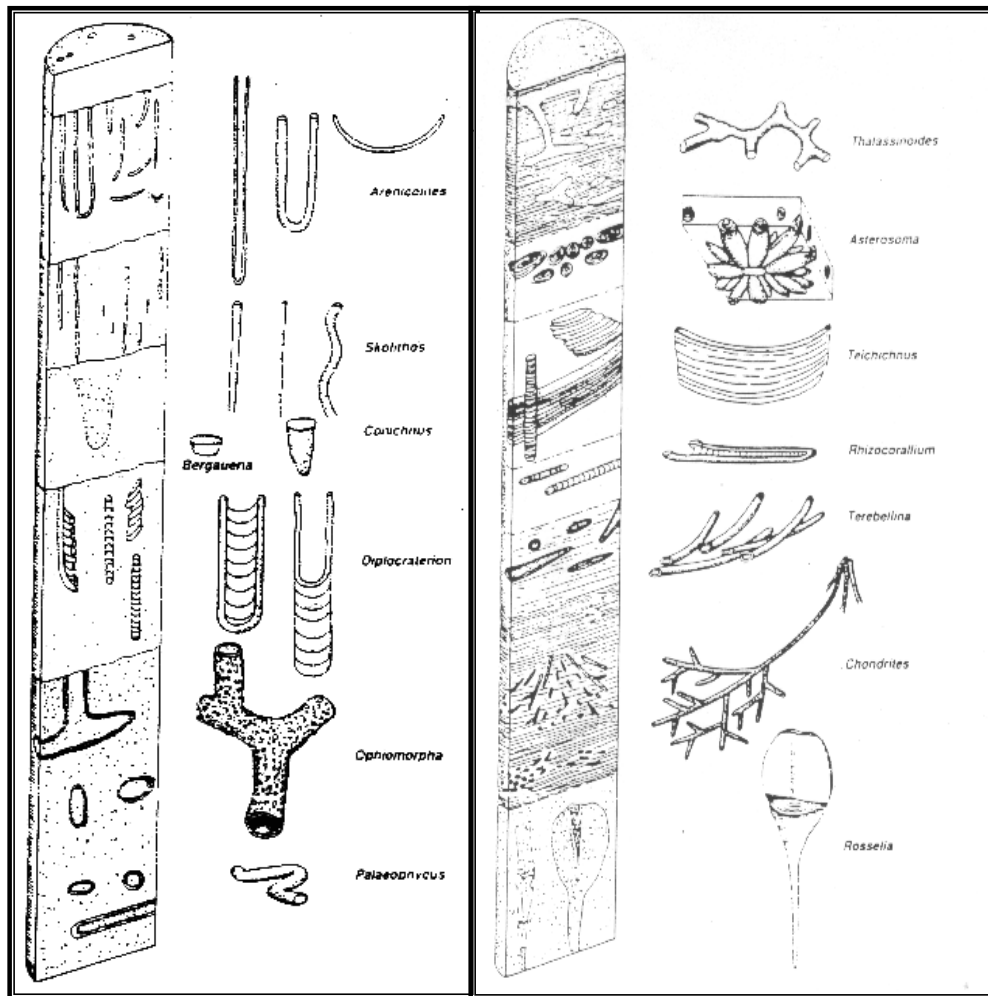
Fue interpretado como una horadación de domicilio de un organismo que se alimenta de sedimento en suspensión, se encuentra comúnmente en las icnofacies *Cruziana* distal que caracteriza ambientes marinos costafuera y representa una adaptación especial para construir un tubo abierto en un sustrato argiláceo.

THALASSINOIDES (Thalas)

Sistema de horadaciones relativamente grande que consiste de componentes esencialmente cilíndricos de paredes suaves. Las ramificaciones son en forma de Y o T y son más grandes en los puntos de bifurcación. Las secciones transversales son en forma de media luna a elíptica. Aunque la mayoría de los sistemas son esencialmente horizontales, otros están irregularmente inclinados.

Son sistemas de horadaciones con paredes muy finas o sin paredes, son característicos de sustratos coherentes de grano fino que no requieren reforzamiento de las paredes. Se considera como una horadación de domicilio y/o alimentación de un crustáceo decápodo. Está asociado a la icnofacie *Cruziana* en ambientes de

anteplaya inferior a costafuera y con una baja diversidad en asociaciones de aguas salobres.



APÉNDICE 3

DEFINICIÓN DE FACIES SEDIMENTARIAS EN NÚCLEOS

Facies: es un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que caracterizan una roca y la diferencian de otra. El término Facies Sedimentarias se refiere a la sumatoria de todas las características primarias asociadas a una roca, depositada en un ambiente sedimentario bajo un proceso específico.

Análisis de facies: es la descripción y clasificación de cualquier cuerpo sedimentario y la interpretación de los procesos y ambientes responsables de su sedimentación.

Modelado de facies: es la descripción del origen, características. Comportamiento y evolución del ambiente en el cual fueron depositados una serie de cuerpos sedimentarios.

Los criterios de reconocimiento de facies sedimentarias están basados en parámetros físicos, químicos y biológicos, como son:

Físicos: color, textura deposicional y estructuras sedimentarias.

Químicos: composición mineralógica de la roca.

Biológicos: contenido fósil.

Según Rodríguez, 1986 (en Cabrera, L 1989), las facies presentes en los sedimentos del Eoceno C pueden ser identificadas de manera general como facies de arena, de limolita, heterolítica y de lutita.

Las facies de arena son cinco, ellas están caracterizadas por su granulometría, escogimiento, presencia de intercalaciones de lentes de lutita, estratificación tipo *ripple* y presencia de clastos de arcilita. Estas facies se definen a continuación:

Facies S1: es una arena de grano fino a medio, subangular a subredondeado, bien escogida, con abundantes intercalaciones de lentes continuos de lutita y con estratificación cruzada.

Facies S11: esta facies consiste de una arena de grano fino a medio, subangular a subredondeado, de bien a muy bien escogida. No muestra intercalaciones de lentes de lutita. Localmente puede observarse estratificación cruzada, laminaciones paralelas y cruzadas. Presenta restos de materia orgánica y a veces con clastos alargados y lentes de siderita

Facies S2: es una arena de grano muy fino a limolítico, subangular a subredondeado, muy bien escogida, con intercalaciones de lentes de lutita. Estos lentes comúnmente están en forma discontinua. Ellos dividen la arena en *cosets*. La ocurrencia de estratificación tipo *ripple* caracteriza a esta facies. Otros tipos de estratificación en S2 lo constituyen el tipo “*flasser*” y las estructuras de peso. Muy bioturbada.

Facies S3: está formada por una arena de grano medio a grueso, subangular a subredondeado, moderada a bien escogida con intercalaciones esporádicas de lentes y clastos de lutita. Se presenta masiva o con estratificación cruzada y en ocasiones confinada entre bandas sideríticas de hasta 1” de espesor.

Las facies de limolita y heterolítica son las siguientes:

Facies L: está formada por una lutita gris oscura a negro, micácea, muy finamente laminada, con intercalaciones locales de lentes limolíticos, rica en restos carbonosos de plantas. En ocasiones presenta nódulos de siderita. Bioturbación escasa.

Facies H: es una lutita gris y muy finamente laminada, la común ocurrencia de estructuras lenticulares, e intercalaciones arenosas caracterizan a esta facies. También se pueden observar estructuras de peso.

APÉNDICE 4

AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Según SELLEY, 1970 en SERRA, O. (s/f), facies, es una masa de roca sedimentaria que puede estar definida y distinguirse de las otras por su geometría, litología, estructuras sedimentarias, esquema de paleocorrientes y fósiles; generalmente una facies está rodeada por otras, que a su vez están relacionadas con ellas, esto significa que en un ambiente determinado las facies no están distribuidas al azar, sino que constituyen una asociación o secuencia previsible.

LOMBARD, 1956, en SERRA, O. (s/f), ha introducido la noción de secuencia litológica a las que define como “una serie de al menos dos unidades litológicas, que forman una secuencia natural, sin ninguna otra interrupción importante a excepción de las superficies de estratificación; distingue tres órdenes de secuencias:

- Secuencias microscópicas delgadas (por ejemplo varves)
- Secuencias macroscópicas medianas (por ejemplo: ciclotema)
- Secuencias megascópicas grandes (por ejemplo: piso, sistema)

Una secuencia granulométrica corresponde a una evolución en el tamaño del grano sin cambio en la mineralogía (por ejemplo arenas muy finas, finas, medianas y gruesas). Esta puede ser grano creciente o grano decreciente.

Una secuencia de facies corresponde a una serie de facies que pasan gradualmente de una a otra. La secuencia puede estar limitada en el techo y la base por un contacto neto o erosivo o por un hiatus en la sedimentación, un ejemplo es la secuencia de *Bouman*.

Siguiendo el orden de sucesión de las facies A, B, C, o los términos de las secuencias, se tiene:

- Un ritmo que corresponde a ABC, ABD, AB, tal sucesión caracteriza una sedimentación rítmica y los resultados son ritmitas, (por ejemplo: ciclotema, turbiditas, varves)
- Un ciclo que corresponde a la sucesión de dos secuencias con evolución opuesta: ABCBA; tal sucesión caracteriza una sedimentación cíclica.

El estudio de las facies y su distribución o asociación en la secuencia lateral y vertical, es el único de establecer el ambiente de depósito y por lo tanto la reconstrucción de la paleogeografía.

Electrofacies es el conjunto de las respuestas de los perfiles que caracterizan a un estrato y permiten distinguirlo de otros. Según SERRA 1970 en SERRA (s/f), una electrosecuencia es un intervalo de profundidad de mayor espesor que la resolución vertical de la herramienta de medición y que presenta una evolución continua y progresiva entre dos valores extremos del parámetro de medida describiendo una rampa.

El objetivo de los análisis de electrofacies mediante los perfiles de pozos es describir objetivamente las formaciones atravesadas durante la perforación, a través de sus respuestas en los perfiles de pozos y reconocer las distintas electrofacies fundamentales, así como analizar su asociación vertical con otras secuencia y por lo tanto poder deducir su evolución lateral mediante la aplicación de la ley de Walter, con la reconstrucción de estos modelos de electrofacies se pueden definir los ambientes sedimentarios.

Después del análisis de facies y electrosecuencias, para cada pozo de un yacimiento o aún de una cuenca, se puede reconstruir la distribución témporo-espacial de las mismas a través de la correlación de las electrofacies conjuntamente con las cronoestratigrafías. La aplicación de las técnicas de mapeo definirá la geometría de cada facies o grupo de facies.

El término ambiente es frecuentemente utilizado por geomorfólogos u oceanógrafos para la caracterización de unidades fisiográficas o morfológicas (serranías, desiertos, deltas, plataformas continentales, planicies abisales, etc.).

Un ambiente sedimentario es una porción geográfica limitada de la superficie terrestre, que puede ser fácilmente distinguida de las áreas adyacentes a través de un conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas, bajo cuyas influencias se acumulan los sedimentos. Este conjunto de condiciones, identifica al ambiente y determina las propiedades de los sedimentos que en él se depositaron. (KRUMBEIN Y SLOSS, 1963; SELLEY, 1970; REINECK y SINGH, 1975; BLATT y otros, 1980 en SERRA, O (s/f)).

Según KRUMBEIN Y SLOSS, 1963 en Serra, O (s/f), el estudio de cualquier ambiente sedimentario incluye las consideraciones de los cuatro elementos básicos: geometría, energía, materiales y elementos biológicos todos presentes en el ambiente. La importancia de la reconstrucción del ambiente sedimentario, constituye una necesidad en la búsqueda de fuente de minerales naturales tales como hidrocarburos, carbón, fosfatos, sales de potasio, uranio, etc.

En la exploración de petróleo, uno de los objetivos esenciales es la evaluación del potencial de hidrocarburo de una cuenca. Para ello se requiere la determinación de la calidad, el espesor y la extensión lateral (el volumen) de las diferentes facies que presentan la roca generadora, la roca reservorio y la roca sello.

FACIES Y AMBIENTES DELTAICOS

Se trata de ambientes de transición caracterizado por sedimentos que han sido transportados por una corriente de agua continental hasta el extremo de un canal (o de un conjunto de canales bifurcados) y depósitos, principalmente en condiciones subacuáticas y subieras. (Serra, O., (s/f)

Es una protuberancia de la línea de costa formada cuando un río entra en un océano u otro cuerpo de agua y son formados por la acumulación de sedimentos fluviales en una desembocadura del río sobre lagunas o una costa de línea marina. (ALLEN, 1988)

Las areniscas depositadas en ambientes deltaicos cubren un amplio rango de facies sedimentarias y geométricas y constituye la mayoría de los depósitos productores de hidrocarburo en cuencas siliciclásticas, todos los deltas son formados en sucesiones sedimentarias regresivas las cuales progradan hacia el mar desde una fuente de sedimento fluviales sobre la costa y rellenan el espacio disponible. (CREOLE PETROLEUM CORPORATION, 1976).

Los sistemas deltaicos presentan varias particularidades:

- La arquitectura depositacional es progradacional
- Los sedimentos son aportados a partir de una o más fuentes aluviales.
- Se desarrollan en torno a la periferia de una gran cuenca, que sin embargo puede ser rellenada por la progradación deltaica.
- Son predominantemente depocentros debido a que constituyen la principal fuente de sedimentos en la mayoría de la cuencas (GALLOWAY y HOBDAV, 1996)

ETAPAS DE DESARROLLO DE UN DELTA

INICIO: Los deltas se desarrollan rápidamente cuando una corriente pequeña captura a una más grande o cuando rompe a una barrera natural y toma un curso más favorable hacia el mar. La sedimentación deltaica comienza cuando la carga sedimentaria arrastrada en el fondo del cauce de la corriente, se deposita como una barra de desembocadura, produciéndose un adelgazamiento hacia la playa.

- Progradación: esta se inicia cuando la sedimentación es mayor que la tasa de hundimiento y compactación y cuando los procesos fluviales son más activos que los procesos marino costeros, en este caso el delta crece hacia delante por la adición continua de arena a la parte de la barra que da hacia la cuenca.

- Deterioro: se inicia cuando el delta o un segmento del mismo ha sido abandonado. El hundimiento y la compactación que ocurre simultáneamente con la deposición, continua aún después de que ésta termina. En consecuencia la llanura deltaica puede hundirse progresivamente por debajo del nivel del agua cuando el abastecimiento de sedimentos decrece o termina. Los canales abandonados se rellenan con un depósito de clásticos gradados.

- Preservación: las facies de arena deltaicas están confinadas dentro de limos y arcillas. Todas las arenas son receptáculos potenciales y están circundadas por capas que son posiblemente generadoras. La preservación ocurre cuando estas facies son cubiertas por otros sedimentos, tales como marismas y próximo costeros.

PARTES DE UN DELTA

Los deltas ocurren en una amplia variedad de formas dependiendo de los tipos y energía de los procesos costeros, además del volumen y tamaño del grano y del influjo de sedimentos fluviales.

Las cuencas deltaicas forman acumulaciones espesas de areniscas costeras y lutitas las cuales se pueden desarrollar en márgenes pasivos, además los deltas exhiben una amplia variedad de tamaños y morfología pero en general comprenden tres ambientes depositacionales mayores: Planicie Deltaica, Frente Deltaico y Prodelta cada uno con características distintivas de litología, facies y potencial de reservorio.

PLANICIE DELTAICA:

Comprende la parte subáreal del delta, COLEMAN y PRIOR, 1992 en AROSTEGUI, G., y MACHILLANDA, C., 1999, plantean que el plano deltaico está constituido por el plano deltaico alto, compuesto por la zona más antigua del plano deltaico y ubicada por encima del área influida por los procesos marinos y en el plano deltaico bajo, el cual se ubica entre la línea de marea baja y la línea de marea alta y en el cual ocurre la interacción fluvial-marina. Dentro del plano deltaico se pueden distinguir varios subambientes, ALLEN, 1997.

- Canales Distributarios que forman una red de ramificaciones hacia el mar a lo largo de las planicies deltaicas y transporta sedimentos fluviales a la costa, muestran una marcada disminución del tamaño de grano hacia el tope debido al descenso de la energía de la corriente, obteniéndose como resultado, el paso de material de carga por arrastre con estratificación cruzada a arcillas limosas con rizaduras de corriente y laminación paralela en el tope (CREOLE PETROLEUM CORPORATION, 1976)

Aunque el tamaño de grano de los canales generalmente tiende a disminuir hacia el tope (secuencias grano decrecientes) en algunos depósitos virtualmente no se observa cambio en la granulometría, (COLEMAN y PRIOR, 1992 en AROSTEGUI, G., y MACHILLANDA, C., 1999)

- Depósitos Lacustres: los lagos deltaicos son cuerpos de agua dulce asociados al plano deltaico, los cuales no han sido estudiados detalladamente, sin embargo se sabe que la formación de estos lagos es a partir de una depresión que se forma entre dos distributarios en la cual se acumula agua, con el tiempo, la compactación y subsidencia asociada al plano deltaico causa la ampliación y profundización de dichos lagos. La sedimentación lacustre se compone principalmente de arcillas oscuras, ricas en materia orgánica, característica de condiciones reductoras, con laminación paralela y/o lenticular, además con abundante

bioturbación, especialmente de organismos de cuerpos blandos (COLEMMAN Y PRIOR, 1992 en AROSTEGUI, G. y MACHILLANDA, C., 1999).

A medida que el lago se va rellenando, los ambientes lacustres pasan verticalmente a ambientes de pantano, donde la bioturbación es mayoritariamente por la acción de raíces.

- Depósito de bahía interdistributaria: es un ambiente temporalmente bordeado por los canales distributarios activos y que frecuentemente se encuentran parcialmente comunicados con el mar e influido por la acción de las mareas, la sedimentación la constituyen principalmente limos y arcillas carbonosas, bioturbados y ocasionalmente fosilíferos con fauna restringida y arenas finas, además de depósitos de abanico de rotura, en este tipo de depósito, las corrientes fluviales son el proceso de transporte predominante y en algunos casos las corrientes mareales. (GALLOWAY y HOBDA, 1996 en AROSTEGUI, G. y MACHILLANDA, C., 1999).

- Los abanicos de rotura constituyen depósitos sedimentarios característicos de los deltas de dominio fluvial, particularmente del plano deltaico bajo donde los diques de los distributarios están pobremente formados e inmaduros, los abanicos presentan relativamente poco retrabajo. Las secuencias de abanico están caracterizadas por ciclos repetidos de progradación, abandonamiento y destrucción, sin embargo pueden llegar a convertirse en nuevos lóbulos deltaicos (GALLOWAY y HOBDA, 1996 en AROSTEGUI, G. y MACHILLANDA, C., 1999)

- Llanura de Inundación: este sub-ambiente se forma como resultado del desbordamiento de los canales en período de crecida, los sedimentos depositados son de grano fino a muy fino transportados por encima de los márgenes de los canales y atrapados por la vegetación (CREOLE PETROLEUM CORPORATION, 1976).

- Playas: llegan a constituir la facies más abundante en algunos deltas dominados por olas, presentan estratificación planar de bajo ángulo y son grano creciente como consecuencia de la progradación de la anteplaya, (GALLOWAY y HOBDA, 1996 en AROSTEGUI, G. y MACHILLANDA, C., 1999).

FRENTE DELTAICO

Consta de una zona marino somera o costa lacustrina en la cual desemboca la planicie deltaica, está ubicado por debajo de la línea de marea baja y que incluye el área con una abundante sedimentación fluvial, generalmente a la profundidad del agua en el frente deltaico puede variar entre 50 y 300m. y de ancho se puede extender entre unos pocos a decenas de kilómetros, (COLEMAN y PRIOR, 1992 en AROSTEGUI, G., y MACHILLANDA, C., 1999)

En el frente deltaico fuera de las barras se pueden depositar delgadas capas de areniscas limosas o limos con laminación ondulada y relativamente bioturbadas.

- Las barras de desembocadura distributarias: la mayoría de las arenas transportadas en los canales distributarios se acumulan en forma de barras, estas barras también son buenos reservorios sin embargo, su tamaño, geometría y patrones de facies internos varían considerablemente de acuerdo al tipo y energía del proceso costero, el caudal del río y la naturaleza de la carga sedimentaria fluvial, entre las barras de desembocadura los sedimentos son predominantemente limoso y lodosos.

Como las corrientes fluviales y mareales disminuyen hacia el mar, las arenas gradan corriente abajo dentro de lodo marino o lacustrino, con el influjo continuo de sedimentos fluviales, las barras de desembocadura progradan en la parte más distal sobre limos y arcillas y se forma una sucesión *coarsening up* regresiva, siendo ésta una de las principales características de deltas progradantes.

En los sistemas deltaicos dominados por olas, la energía marina es la responsable de la depositación de las arenas en los sitios definitivos de sedimentación a lo largo del frente deltaico. Los depósitos de barras costeras consisten generalmente de arenas interestratificadas con arcillas y limo, con abundante bioturbación, que pasan verticalmente a sedimentos más arenosos y con menor contenido de bioturbación, los cuales presentan estructuras sedimentarias como rizaduras y laminación planar y/o estratificación *hummocky*, la secuencia puede pasar verticalmente a sedimentos característicos de playa, (GALLOWAY y HOBDA, 1996 en AROSTEGUI, G. y MACHILLANDA, C., 1999).

- Barras dístales: en los sistemas deltaicos con dominio mareal son granocreciente, sus sedimentos consisten en arenas interestratificadas con arcillas y limos, comúnmente con presencia de clastos y lentes discontinuos de arcillas que sugieren un delta de dominio de mareas, (GALLOWAY y HOBDA, 1996 en AROSTEGUI, G. y MACHILLANDA, C., 1999).

PRODELTA

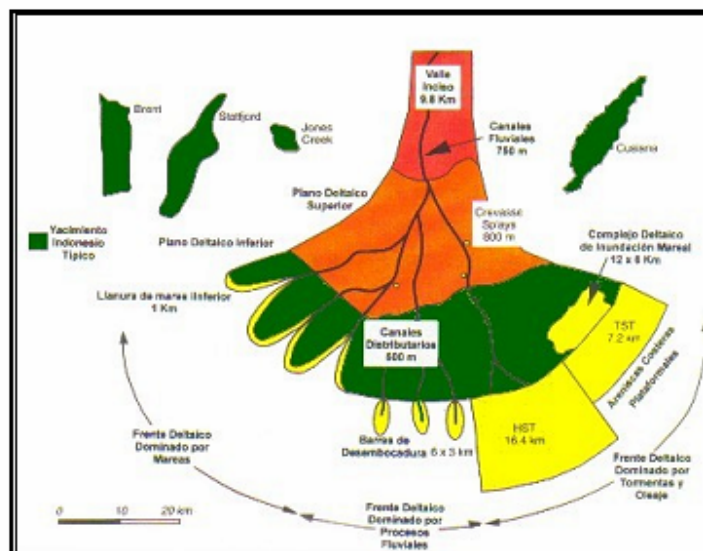
Representa la parte más distal del delta, donde son depositadas las arcillas y limos fluviales que se encontraban en suspensión, los depósitos de prodelta consiste de lodos marinos o lacustrinos y se acumulan hacia el mar bajo los efectos de corrientes de olas, marea y fluviales. Estos depósitos generalmente forman una plataforma relativamente empinada la cual depende de la tasa de acumulación de sedimentos y la estabilidad del talud, dependiendo de la tasa de sedimentación y salinidad del agua, los lodos prodeltas contendrán fauna marina costa fuera o lacustrina con grados variables de bioturbación.

TIPOS DE DELTAS

La evolución de los sistemas deltaicos depende de la relación e intensidad de los procesos marinos *versus* los procesos fluviales, para formarse un delta, la cantidad

de sedimentos aportado por los ríos debe ser mayor que la tasa con la cual los sedimentos son acomodados desde la desembocadura de los ríos por las olas y mareas. Los ambientes deltaicos modernos han mostrado que para cada tipo de delta y tasa de aporte de sedimento fluviales, la morfología, los patrones de sedimentación y las facies sedimentarias son controladas principalmente por ríos, mareas y olas, siendo el de mayor importancia, los deltas dominados por ríos.

En la figura que se presenta a continuación, se muestra un modelo de delta en el que se indica la ubicación areal de cada uno de los deltas dependiendo del agentes que lo controla.



La figura anterior muestra el esquema de un delta mostrando cuerpos de arena y sus dimensiones promedio, junto a un conjunto de yacimientos de hidrocarburo de ambientes parálidos a la misma escala. El frente deltaico es dividido en tres segmentos dominados por tormentas, procesos fluviales y mareas. El delta en sí mismo y la división en el plano deltaico alto y plano deltaico bajo no se encuentran a escala. Tomado y modificado de REYNOLDS, 1999.

- Deltas Dominados Por Ríos:

Sobre costas donde no hay influencia de las olas o marea, las arenas fluviales y las gravas son depositadas en la desembocadura de los ríos como flujos fluviales dispersos cuya velocidad disminuye a mar abierto, si la influencia de olas y mareas es nula, estos sedimentos se dispersan más permitiendo acumular barras de desembocadura las cuales son de forma lobular a triangular y forman depósitos de arenas progradantes, donde además la línea de costa se retira. Aunque la fracción más gruesa se acumula sobre las barras, el material fino es transportado por suspensión más hacia el mar sobre la plataforma.

Como las barras progradan hacia el mar, en la parte más distal las arenas se deposita sobre los sedimentos finos formando una secuencia *coarsening up* característica de las líneas de costa progradantes, las arenas de barras de desembocadura distributarias son más delgadas que la de los canales distributarios pero más dispersas.

Los canales distributarios tanto en los deltas de dominio fluvial como en los deltas dominados por olas presentan las mismas características, sin embargo en los deltas dominados por procesos mareales los canales distributarios generalmente presentan un comportamiento meandriforme; ALLEN, 1997.

Procesos de Transporte en los Deltas Dominados por Ríos

La manera en que se mezclan el flujo y las aguas de las cuencas en la boca de los distributarios dependen de si la densidad del agua de flujo es igual, menos o más densa que las aguas de las cuencas, SERRA, O., (s/f).

Si los cuerpos de agua son de igual densidad, se origina una mezcla inmediata, tridimensional, en la desembocadura, causando un apreciable depósito de sedimentos en ese lugar, este tipo de flujo es Flujo *Homopícnico*.

Si el agua de río es de mayor densidad, tiende a fluir por debajo de las aguas de la cuenca (corrientes de densidad) causando que los sedimentos transiten más allá de la línea de costa y restringiendo así el desarrollo del delta, conocido este flujo como Flujo *Hiperpícnico*.

Si el agua de río es menos densa que la de la cuenca, la corriente fluvial entra en esta como un flujo superficial flotante o pluma, en tal caso, el flujo se conoce como Flujo *Hipopícnico*.

- Deltas Dominados por Mareas:

Si la costa es afectada por fuertes corrientes mareales, la desembocadura de los ríos tiende a ampliarse dentro de una ensenada con forma de trompeta donde las arenas fluviales y las gravas se acumulan en numerosas barras de mareas elongadas o lobulares.

El área sobre el cual se distribuyen las arenas fluviales en los deltas dominados por mareas es más amplia que en los deltas dominados por ríos esto es producto de la mayor área sobre la cual actúan las corrientes mareales, este tipo de delta, forma barras mareales que son equivalentes a las barras de desembocadura distributarias de los deltas de dominio fluvial, este tipo de barras pueden coalescer y formar depósitos arenosos más amplios, la diferencia está en la ausencia de lagos de depósitos de inundación aluvial y la presencia de estructuras maréales, indicando corriente mareal fuerte, estratos transversales sigmoidal y bidireccional, cobertura de lodo y estratificación flaser rítmica y lenticular.

En estos delta, los canales distributarios pueden exhibir un comportamiento estuarino, caracterizados por una amplia boca de desembocadura en forma de embudo, con múltiples *thalwegs* paralelos separados por barras elongadas, las arena en estos canales son bien escogidas, con abundantes láminas discontinuas de limos, además de conchas y estructuras que indican bidireccionalidad.

- Deltas Dominados por Olas:

Para el caso de los deltas dominados por olas, el efecto principal, es el desplazamiento marginal que puede depositar las arenas en forma paralela a la costa alcanzando cientos de kilómetros.

Durante las tormentas, se forman grandes olas las cuales pueden transportar arena hacia el mar sobre la plataforma, además, las costas sujetas a la actividad de las olas, donde la energía de las olas es alta, los sedimentos fluviales se distribuirán sobre un área más pequeña, y los depósitos de arena serán ampliamente distribuidos en distancias largas, hay menor cantidad de canales distributarios, la falta de una red distributaria densa es producto de la baja actividad mareal, es equivalente a las barras de desembocadura son secuencia *coarsening up*, las estructuras sedimentarias predominantes serán: *ripples* de olas, estructuras *hummocky* y *swealy* y estratificación paralela.

AGENTES QUE CONTROLAN LA EVOLUCIÓN DE UN DELTA

Para una tasa dada de aporte de sedimentos fluviales, los deltas de energía baja en las olas y mareas progradarán más rápido que los deltas de olas y mareas con energía más alta, donde el área de distribución de los sedimentos será más amplia.

Cualquier efecto que reduzca o incremente la energía de la costa tales como: tectonismo o cambios del nivel del mar modificarán no solo la geometría de la costa y depósitos deltaicos sino que también la tasa en la cual la costa prograda.

Similarmente los procesos sedimentarios afectan la línea de costa durante períodos de ascenso del nivel del mar y transgresión, dependiendo de la energía de las olas. Durante la transgresión sobre las costas de energía alta, ocurre abundante erosión de sedimentos los cuales reabajan parcial o totalmente los sedimentos de las secuencias regresivas precedentes, mientras que en las costas con energía de olas baja el grado de erosión es menor y las secuencias tienden a preservarse.

El principal depósito de hidrocarburo en deltas es formado por el relleno de Canales Distributarios y Barras de Desembocaduras Distributarias, depositadas con la progradación del delta.

Los depósitos deltaicos son frecuentemente multihistóricos, con canales distributarios superpuestos y erosión dentro de las barras de desembocadura. Los canales distributarios son rellenos generalmente con granos más gruesos que las barras de desembocadura y exhiben mejores propiedades de reservorio. Además los canales distributarios son generalmente más estrechos que las infrayacentes barras de desembocadura, el mismo sistema de depósito en dos pozos pueden presentar sucesiones verticales de facies muy diferentes

Una cuenca deltaica es formada por la superposición de numerosos depósitos deltaicos individuales cada uno de los cuales forma una unidad sedimentaria de unos pocos metros de espesor. Este patrón de sedimentación cíclica indica que la línea de costa ha migrado unos cientos de kilómetros.

APÉNDICE 5

CONCEPTOS BÁSICOS DE ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL

Las secuencias estratigráficas son unidades cronoestratigráficas acotadas por discordancias o superficies correlativas; MITCHUM, 1977 (en AROSTEGUI G. y MACHILLANDA C., 1999). Estos límites, reciben el nombre de límite de secuencia (SB, *Sequence Boundary*). Cada secuencia sedimentaria está constituida por una sucesión de sistemas que se acumulan entre dos caídas consecutivas del nivel eustático.

El cambio eustático es la variación del nivel promedio del mar o variación relativa a escala del globo terrestre, durante un período específico de tiempo geológico. El término relativo puede ser aplicado, ya que uno de los factores que producen las variaciones eustáticas es la subsidencia térmica asociada a la expansión oceánica.

Los sistemas depositacionales son un conjunto tridimensional de litofacies genéticamente interrelacionado (procesos sedimentarios, ambientes, etc.), son usados en geología para subdividir, correlacionar y cartografiar las rocas.

Las variaciones del nivel del mar se deben principalmente a: 1) Cambio del volumen de agua de los océanos y 2) Cambio del volumen de las cuencas

Se distinguen dos tipos de límites de secuencias (SB) a saber:

- Límite tipo 1: este tipo de límite de secuencia, se genera cuando la tasa de caída del nivel del mar excede la tasa de subsidencia en el quiebre del borde de la plataforma, VAIL *et al.*, (1977); ALLEN, (1992) agrega que este tipo de discordancia se genera debido a la exposición de la llanura costera y es caracterizada

por una erosión subaérea con rejuvenecimiento de los cursos de agua y por el desplazamiento de las facies litorales hacia la cuenca.

- Límite tipo 2: generado cuando la tasa de caída del nivel del mar es relativamente menor que la tasa de subsidencia VAIL *et al.*, (1977). Es una discordancia que está caracterizada por la exposición parcial de la plataforma, las facies litorales se desplazan hacia el borde de la plataforma sin llegar hasta su límite; ALLEN, (1992).

LIRO, 1994; recopila conceptos propuestos por POSAMONTIER *et al.*, 1988; POSAMONTIER y VAIL, (1988); VAN WAGONER *et al.*, 1990 y define una secuencia como una sucesión relativa conforme de estratos, genéticamente relacionados, limitados en su tope y base por discordancias o sus superficies correlativas (*Systems Tracts*)

Los sistemas encadenados (*Systems Tracts*), corresponden a sistemas depositacionales contemporáneos, asociado a un segmento específico del ciclo eustático, cada sistema encadenado está conformado por una o más parasecuencias.

- Sistema Encadenado de Bajo Nivel (LST o *Lowstand System Tracts*). Se genera cuando el nivel del mar cae por debajo del nivel fluvial base, exponiendo la plataforma, la cual es sujeta a erosión, ALLEN, 1992, se encuentra limitado inferiormente por un límite de secuencia.

Los depósitos de los sistemas encadenados de bajo nivel, consiste en abanico de piso de cuenca (*basin floor fan*), el abanico de talud (*slope fan*) y la cuña de bajo nivel (*lowstand wedge*) consiste de relleno de valles incisos, depósitos próximo costeros, ubicados en la plataforma o por encima del talud, mientras que la parte distal de la cuña está compuesta mayoritariamente por espesos sedimentos arcillosos

que se solapan en forma de cuña sobre los abanicos de talud; VAN WAGONNER, (1990).

SISTEMA ENCADENADO DE MARGEN DE PLATAFORMA (SMST o *Shelf Margin System Tracts*). Los sedimentos asociados a esta unidad depositacional pueden ser facies de aguas someras de grano grueso ubicados en el quiebre del *offlap* infrayacente al sistema encadenado de alto nivel (HST *Highstand System Tracts*) precedente, sin embargo, si existe un gran aporte sedimentario, se pueden acumular una serie de arenas de delta, isla de barrera o de línea de costa en la plataforma externa, formando un potencial reservorio de gran espesor, este es el sistema encadenado de más bajo nivel, VAN WAGONNER, *et al.*, 1987.

- SISTEMA ENCADENADO TRANSGRESIVO (TST *Transgressive System Tracts*). Conjunto de sedimentos depositados durante una subida del nivel eustático y conformado por parasecuencias periódicas retrogradantes. Los depósitos en este sistema se caracterizan por: el retrabajo y el consecuente buen escogimiento de las arenas, continuidad de los cuerpos a lo largo de su rumbo, tendencia interestratificada de arena-lutita en ambiente terrígeno y *packstone-mudstone* en ambientes carbonáticos, ALLEN, 1992.

Un TST se encuentra limitado inferiormente por una superficie transgresiva y superiormente por una superficie de solapamiento hacia la cuenca (*downlap surface*) o superficie de máxima inundación (MFS)

- SISTEMA ENCADENADO DE ALTO NIVEL (HST *Highstand System Tracts*). Se forma durante el descenso relativo del nivel del mar que se ubica cerca del borde de la llanura costera. En este caso, la ruptura pendiente coincide con la del talud continental y es únicamente afectada por una erosión muy suave, ALLEN, 1992. Se encuentra limitado por debajo por una superficie de solapamiento hacia la cuenca (*downlap surface*) y por encima por el límite de secuencia.

VAN WAGONNER, *et al.*, 1987 dividieron los ciclos eustáticos en jerarquía de cinco órdenes de frecuencia cíclica. En la exploración de hidrocarburo, los ciclos más comunes reconocidos y su frecuencia más típica en millones de años son:

- Ciclos de segundo orden: tienen una duración estimada de 9Ma. , son muy útiles en estudios regionales.
- Ciclos de tercer orden: con una duración estimada de 1 a 2Ma., reconocidos comúnmente en interpretaciones sísmicas y en interpretaciones de pozos, resultan muy útiles para desarrollos prospectivos.
- Ciclos de cuarto orden: con una duración aproximadamente de 0.1 a 0.2Ma.
- Ciclos de Quinto orden: tiene una duración estimada de 0.001 a 0.004Ma.

MORALES M., MARY Y.

CURRICULUM VITAE

- DATOS PERSONALES:** Nacida en Táriba, Edo. Táchira, Venezuela, Septiembre de 1975.
N° Cédula: 12227025
Dirección: Av. 69 con calle 22, Sector Indio Mara, Edif. KALAHARI, Piso 7, Apto. 7-B
Teléfonos: hab. 0261-7513950, ofic. 0261-8068270, cel. 0416-6615340
Dirección e-mail moralesmmy@hotmail.com
- EDUCACIÓN:** Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología Minas y Geofísica (Abril 1999-Octubre 2002). Título: Ingeniero Geólogo.
Instituto Universitario de Tecnología, Región Los Andes, Extensión Zona Norte, Michelena. (Octubre 1993 - Julio. 1997).
Título obtenido: Técnico Superior Universitario en Geología y Minas.
Promedio: 16 ptos.
- IDIOMAS:** Estudiante de Inglés. (niveles básicos)
- EXPERIENCIA LABORAL:** **MARAVEN**, Maracaibo, Unidad de Explotación Lagomar. Pasante del Departamento de Yacimiento, desde Febrero de 1997 hasta Mayo de 1997.
Responsabilidades:
- Actualización de mapa estructurales de subsuelo.
- Manejo de las herramientas de correlación empleadas en la industria.
- Análisis y descripción de facies clásticas en muestras de canal.
MARAVEN, Unidad de Explotación Lagomedio
Desde Julio de 1997 hasta Diciembre de 1997. Responsabilidades: Adiestramiento en las actividades de Geología y Petrofísica.
PDVSA-EP. Unidad de Explotación Lagomedio, desde Enero de 1998 hasta octubre de 1998.
Responsabilidades: Carga y validación de la data de los pozos para la elaboración de correlaciones y evaluaciones petrofísicas.
Elaboración de secciones estratigráficas y estructurales como soporte de los geólogos para la elaboración de propuestas de perforación.
Elaboración de evaluaciones petrofísicas a los pozos perforados en el área para ese momento.
- SOFTWARE MANEJADO:** Windows 95, 98, 2000 y NT.
Microsoft Office '97 y 2000.
Aplicaciones de Geología: StratWorks, AppleCore, Z-Map Plus.
Aplicaciones de Petrofísica: TerraStation, Petroview.
- REFERENCIAS PERSONALES:** Becaria – Trabajadora de la empresa **PDVSA** desde octubre de 1998 hasta octubre de 2002.
Desde Julio de 1997 hasta la actualidad, empleada de la empresa **PDVSA** Petróleo en su división, Exploración y Producción.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, G. P. & CHAMBERS John L.C. (1998). Sedimentation in the modern and Mioceno Mahakam delta. School of Natural Resource Sciences, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia, 236p.
- ALLEN G.P. (1992) Sequence Stratigraphic Analysis in Clastic Sediments. Centre Scientifique et Technique. Inédito. 35p.
- ARMINIO, J.F. *et al.*, (1997) Estilo estructural de la cuenca de Maracaibo desde el Centro del Lago hasta la Serranía de Misoa: impacto de datos sísmicos tridimensionales, Maraven S.A. Exploración y Producción. Caracas, 22p. (MAR-EP-219, 97 IT).
- AROSTEGUI, C. *et al.*, (1999) Modelo estocástico de las arenas C inferior en la cuenca de Maracaibo. Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 220p
- AZPIRITZAGA *et al.*, (1992) Interpretación de facies clásticas, Maraven S.A., Exploración y Producción. Caracas, 50p
- BOESI, T.; LAGAZZI, R.; CHACARTEGHUI, F.; SAMPSON, E.; FALCON, R. (1992) Una visión integrada de la Formación Misoa del Eoceno, cuenca de Maracaibo, Venezuela, Maraven S.A. Exploración y Producción. Caracas, 50p.
- BOT, P. Y PERDOMO, J. L. (1987). Análisis sismoestratigráfico del Eoceno y Evolución tectónica en la cuenca del Lago de Maracaibo. Lagoven. Departamento de Geología, Gerencia de Estudios Regionales, (s/l). 102p. (LGV082771)
- BUENO, E., y PINTO, J., (1996). Geología estructural del Alto de Icotea, Lago de Maracaibo, Maraven, S.A., Exploración y Producción, Caracas, 23p. (MAR003007)
- BUENO, E. (1995). Dualidad estructural en la cuenca eocena de Maracaibo. Maraven, S.A. Geología de Producción, Caracas. 45p. (MAR002359).
- CABRERA, L. (1989). Guía para la Identificación de Facies Sedimentarias en Muestras de Canal. Gerencia de Geología, Maraven, S.A. 31p.
- CAMACHO, G. *et al.*, (1999) Modelo sedimentológico de las arenas B superior en la Cuenca de Maracaibo. Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 250p

- CORTIULA, B. (1992) Estudio sedimentológico y diagenético del Eoceno B-3/B-4 (Formación Misoa) pozo SVS-226, Bloque IX, Campo Lama, Maraven S.A. Exploración y Producción. Caracas, 50p. (EPC-12940).
- CREOLE PETROLEUM CORPORATION (1976). Manual de Facies Clásticas. Exxon Production Research Company, USA, 84p.
- DELGADO, M., y SAMPSON, E. (1995) Estudio de las Icnofacies en los núcleos de los pozos MOT-47/MOT-7 (Campo Motatán, Domo Sur) y VLG-3738 (Campo Ceuta, Área 2), Maraven, S.A. Exploración y Producción Caracas, 41p.
- GHOSH, S.; PESTMAN, P.; MELENDEZ, L.; BARTOK, P.; LORENTE, M.; PITTELLI, R.; RULL, V.; DURAN, I.; MOMPART, L.; WHITE, C.; DOMINGUEZ, C.; OROPEZA, S.; TRAVAGLIO, F.; (1995) Síntesis Geológica, Marco Secuencial y Perspectivas Exploratorias del Eoceno. Maraven S.A. Exploración y Producción. Caracas, 239p. Vol. 1 (MAR002357).
- GONZÁLEZ DE JUANA, C.; ITURRALDE, J. M. y PICARD, X. (1980) Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Ediciones Foninves, Caracas, Tomo II: 848-851p.
- LIRO L. (1994). Sequence Stratigraphy of a Lacustrine System: Upper Front Unión Formation (Paleoceno), Wind River Basin. Wyoming, U.S.A. p 317-333. AAPG Memoir58, 492p.
- LOUCKS, K. G., DODGE, H. H. & GALLOWAY, W., (1984): Regional controls on diagenesis and reservoir Quality in lower Tertiary Sandstone along the Texas Golf Coast, in McDonald, D.A. & Surdan, R.C. (Eds). Clastic Diagenesis. AAPG. Mem 37: 15-46
- LUGO, J. (1992) Historia tectónica a lo largo de los sistemas de fallas de Icotea y Pueblo Viejo, Cuenca de Maracaibo. Caracas. *VI Congreso Venezolano de Geofísica Mem.* 118-124
- LUGO, J. & MANN, P. (1992) Colisión oblicua y formación de una cuenca foreland durante el Paleoceno Tardío al Eoceno Medio; Cuenca de Maracaibo, Venezuela. Salamanca. *III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología Mem.* 4: 60-64.
- MITCHUM, R. (1987): Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. Part 11: Glossary of terms used in Seismic Stratigraphy. Applications to Hydrocarbon Exploration. AAPG, memoir 26, p205-212.

- MOUNT, J. F. (1984) Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments. Department of Geology, University of California Davis, California. 5pp.
- PESTMAN, P.; BARTOK, P.; GHOSH, S.; MELÉNDEZ, L. (1995) Influencia tectónica y de fluctuaciones del mar en sistemas fluviales, con ejemplos del Eoceno en la Cuenca de Maracaibo, Venezuela. V Simposio Bolivariano: Exploración petrolera en las cuencas sub-andinas, Puerto La Cruz. 65-84.
- PETTIJOHN, F.J. (1976) Rocas Sedimentarias. Tercera Edición. Editorial Universitaria. Buenos Aires. 731p.
- PITELLI, R. Y VELASQUEZ M. (1988) Estudio micropaleontológico y palinológico de los pozos SVS-95, SVS-120, SVS-217, SVS-56, SVS-18 SVS-21, intervalos de arena B y C, Formación Misoa, área Lama, Bloques IX y X, Lago de Maracaibo. Maraven, S.A., Exploración y Producción Caracas. 30p.
- REYNOLDS, A. (1999) Dimensions of Paralic Sandstone Bodies. En AAPG Bulletin 83 (2): 211-229 p.
- ROURE, F.; COLLETTA, B.; DE TONI, B.; LOUREIRO, D.; PASSALACQUA, H.; Gou, Y. (1996) Within-plate deformations in the Maracaibo and East Zulia basins, western Venezuela. *Marine and Petroleum Geology* (14).2:139-163.
- SHELL TECHNICAL SERVICES B.V., (1998), West-Venezuela, Lake Maracaibo, Lama Field, east flank south area. Integrated reservoir study of the Misoa B sands, Provided to Maraven S.A., Vol. 1, The Hague-The Netherlands, 121p (075A. 419).
- SANDOVAL, M (2000) Diagénesis de Areniscas, Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, 414pp.
- SERRA O., (s/f). Análisis de Ambientes Sedimentarios mediante perfiles de pozos. SCLUMBERGER, 272p.
- THE SCOTIA GROUP- Weinman GeoScience (1998) Estudio integrado de los yacimientos de las arenas Santa Bárbara y Misoa, área Lama Sur, Bloque IX, Lago de Maracaibo, Fase II: Descripción detallada del yacimiento. Preparado para PDVSA (Maraven, S.A.), Dallas, 120p.
- TOTAL EXPLORATION LABORATORY (s/f). Clastic Reservoir sedimentology.
- VAIL P.; MITCHUM, R.; TODD, R.; WIDMIER, J.; THOMPSON, S.; SANGREE, J.; BUBB, J. and HATLEDID, W. (1977). Seismic stratigraphy and global

changes of sea level. Clayton, C.E. of Seismics stratigraphy. Applications to Hydrocarbon Exploration. AAPG, Memoir 26, p 49-185.

VALENTI, R e HIDALGO, M (1998) Estudio micropaleontológico del pozo SVS0339 de la Cuenca de Maracaibo. PDVSA Exploración y Producción. Caracas, 20p.

VAN VEEN, F. R., (1972): Ambientes Sedimentarios de las formaciones Mirador y Misoa del Eoceno inferior y medio en la cuenca del Lago de Maracaibo. IV Congreso Geológico Venezolano. Caracas. Memoria Boletín Geológico . Publicación Especial 5 II: 1074-1104.

VAN WAGONER, J.C., MICTCHM, H.W., POSAMENTIER y VAIL P.R. (1987). An overview of sequence stratigraphy and key definitions, 1987, in A.W., Bally, ed Atlas of Seismic Stratigraphy, volumen 1: APG Studies in Geology 27, p 11-14.

VAN WAGONER, J.C., MICTCHM R.M. CAMPIO K.M. and RAHMANIAN V.D. (1990). Siliciclastics Sequence Statigraphy in well log, cores and outcrops. AAPG Methods in Exploration Series, N° 7.

VILLALTA, C. (1999) Estudio integrado del yacimiento SVS-0040, arena B-6/9, Bloque IX, Campo Lama, Lago de Maracaibo, Estado Zulia. Caracas, 250p.

ZAPATA O., E (1983) Manual de petrografía y diagénesis de rocas carbonáticas. GEOS (28), 320p.

En Internet: www.pdvsa.com/lexico