

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO MORICHAL 05, MIEMBRO MORICHAL, CAMPO JOBO, DISTRITO SOCIAL MORICHAL

Trabajo Especial de Grado presentado
ante la ilustre Universidad Central de
Venezuela para optar por el título de
Ingeniero Geólogo por la bachiller
Pérez María Luz.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO MORICHAL 05, MIEMBRO MORICHAL, CAMPO JOBO, DISTRITO SOCIAL MORICHAL

Tutor Académico: Prof. Paúl Romero

Tutor Industrial: Ing. Sonia Moreno

Trabajo Especial de Grado presentado
ante la ilustre Universidad Central de
Venezuela para optar por el título de
Ingeniero Geólogo por la bachiller
Pérez María Luz

Junio, 2006

Caracas, Junio de 2006

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Geológica para evaluar el trabajo especial de grado presentado por la Bachiller, Pérez, María Luz, titulado:

**“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO MORICHAL
05, MIEMBRO MORICHAL, CAMPO JOBO, DISTRITO SOCIAL
MORICHAL”**

Considera 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 los autores, lo declaran **APROBADO**.

Prof.
Jurado

Prof.
Jurado

Prof.
Tutor Académico

Ing.
Tutor Industrial

DEDICATORIA

DEDICATORIA

..”C uando es tiem po perdido preguntarm e que pasa; cuando no sopla el viento en ninguna ciudad; solo puedo pedirte que me esperes, al otro lado de la luna en quiebra, allá donde se escriben las canciones con humo blanco de la nube negra” ...

Para vos... ..

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, tanto los que están como los que ya se fueron; gracias por apoyarme, guiarme y darme todo lo que tenían a su alcance. No existen palabras para compensar todos sus esfuerzos. Los quiero mucho.

A la Universidad Central de Venezuela, la casa de estudio más alta. En tus aulas adquirí conocimientos, sembré perseverancia, entusiasmo e interés; obteniendo algo de sabiduría, formé un carácter y reforcé mi propia personalidad. Te estaré por siempre agradecida. A la Escuela de Geología, Minas y Geofísica por forjar el carácter luchador que nos ha hecho llegar hasta el final del camino, a pesar de todas las dificultades.

A PDVSA, Distrito Social Morichal, por abrirme sus puertas para realizar esta Tesis en sus instalaciones; al Departamento de Desarrollo de Yacimientos y Estudios Integrados, por el apoyo y colaboración que recibí de todos y cada uno de sus miembros.

A mis profesores Paúl Romero, Lenín González y Olga Rey por ser más que unos educadores, por ser mis amigos, tendiéndome la mano en muchas ocasiones y sobre todo por demostrar que se puede enseñar con disciplina, respeto, dedicación y humanidad.

A Ricardo Alezones, por estar ahí siempre, aconsejándome, regañándome, haciéndome reír cada vez que lloraba, alentándome para seguir adelante a lo largo de mi carrera. Gracias profe.

A los Ing. Sonia Moreno y Juan Carlos Romero por haber confiado en mí en todo momento, quienes a pesar de sus múltiples ocupaciones me brindaron la colaboración necesaria para la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A una persona que me acompañó hasta el final incondicionalmente, me consolaste cuando las cosas salieron mal y celebraste conmigo cuando salieron bien. De más está todo lo que pueda decir. Gracias Papita.

A mis amigos y compañeros de trabajo: Chinita me ayudaste en cosas que ni siquiera te correspondían, mil gracias. Andrei, Dani, Miguelito, Moroco y Yul los geolocos, fueron más que compañeros de trabajo, siempre me dieron una mano cuando lo necesite, nunca los voy a olvidar.

A Carlucho, que aunque no estuviste hasta el final, me ayudaste en el difícil período de adaptación, no me olvidaste y confiaste en mí, gracias por eso.

A mis compañeros Diki y Liannys, porque nadie mejor que ustedes saben lo que es ser tesista. Gracias por su solidaridad.

A mis amigas Endri, Marye y Luly, por no haberme abandonado y estar conmigo en todo momento.

MALU

Morichal, Junio de 2006

Pérez R., María L.

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO MORICHAL
05, MIEMBRO MORICHAL, CAMPO JOBO, DISTRITO SOCIAL
MORICHAL**

**Tutor Académico: Prof. Paul Romero. Tutor Industrial: Ing. Sonia Moreno.
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y
Geofísica. Año 2006, p.**

**Palabras Claves: Caracterización Geológica, Formación Oficina Yacimiento
Morichal 05, Campo Jobo, Cuenca Oriental de Venezuela.**

RESUMEN

Este trabajo define una caracterización geológica del Miembro Morichal (arenas G, F, E, D, C, B2, B1 y A) de la Formación Oficina, en el Campo Jobo que se encuentra en el estado Monagas, a unos 100 Km. al sur de la ciudad de Maturín.

El estudio se basa en un estudio estructural y estratigráfico en el Miembro Morichal de la Formación Oficina, principal productora de hidrocarburo en la Cuenca Oriental de Venezuela. Debido a su importancia se desea determinar la arquitectura de las arenas prospectivas por medio de la correlación entre registros de pozos, representación espacial de las facies de cada unidad y mapas de contorno estructural.

Para lograr el desarrollo del modelo estructural se realizaron mapas de contorno estructural de cada unidad y secciones estructurales, apoyándose en la sísmica 3D para la visualización de las fallas. En el desarrollo del modelo estratigráfico se correlacionaron las unidades de interés entre los 76 pozos del campo, evaluándose en cada registro los datos disponibles de potencial espontáneo (curva SP) y rayos

RESUMEN

gamma (curva GR). La correlación indica las facies presentes y su distribución en el subsuelo.

Las unidades estudiadas se hallan en un marco estructural donde se desarrollan anticlinales y sinclinales apretados con un buzamiento hacia el norte, donde las fallas principales siguen un rumbo regional este-oeste y con buzamientos en dirección sur.

Las unidades estudiadas se desarrollan en un ambiente fluvial hacia la base (arenas G, F, E, D, C y B2), con dominio de canales entrelazados y zonas de canales amalgamados; hacia el tope de la columna (arenas B1 y A) predomina un ambiente estuarino de dominio mareal, ubicando la secuencia en su parte externa, culminando con una transgresión que depositó al Miembro Yabo netamente lutítico.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE TABLAS.....	xviii
LISTA DE ANEXOS.....	xix
CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 CONSIDERACIONES GENERALES	1
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
1.4 METODOLOGÍA.....	5
1.4.1 Recopilación, Organización y Validación de la Información del Yacimiento Morichal 05, Campo Jobo.....	5
1.4.2 Elaboración de Mapas Estructurales de las Unidades Estratigráficas (A, B1, B2, C, D, E, F Y G) del Miembro Morichal.....	6
1.4.3 Elaboración de Mapas de Distribución de Electrofacies de las Unidades Estratigráficas (A, B1, B2, C, D, E, F Y G) del Miembro Morichal	6
1.4.4 Elaboración de Mapas Isópacos de Arena Neta (AN) de las unidades A, B1, B2, C, D, E, F, G; del Miembro Morichal	7
1.4.5 Generación de Secciones Geológicas.....	8
1.5 TRABAJOS PREVIOS.....	9

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO II	12
2 M A R C O T E Ó R I C O	12
2.1 TÉCNICAS DE CORRELACIÓN	12
Capas Guías.....	12
Patrones Concordantes	12
Técnica “S lice”	14
2.2 PERFILES ELÉCTRICOS DE POZOS	15
Registro de Potencial Espontáneo (SP).....	15
Perfil de Rayos Gamma (GR)	17
Registro de Resistividad.....	18
2.3 IDENTIFICACIÓN DE LITOLOGÍAS.....	20
Secuencias Granocrecientes	20
Secuencias Granodecresientes	21
Secuencias Cilíndricas	22
2.4 AMBIENTES SEDIMENTARIOS.....	23
2.4.1 AMBIENTE CONTINENTAL.....	25
Ambiente Fluvial:	25
2.4.2 AMBIENTE TRANSICIONAL	32
Ambiente Deltaico:	32
Estuarios.....	39
2.5 INTERPRETACIÓN PARA EL RECONOCIMIENTO DE FACIES.....	44
CAPÍTULO III	46
3 G E O L O G Í A R E G I O N A L	46
3.1 GENERALIDADES	46
Cuenca Oriental de Venezuela	46
Subcuenca de Maturín	47
3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	49
Evolución Tectónica de la Cuenca Oriental de Venezuela	52
3.3 MARCO ESTRATIGRÁFICO REGIONAL.....	58
3.3.1 BASAMENTO	58

ÍNDICE DE CONTENIDO

3.3.2	FORMACIÓN HATO VIEJO	58
3.3.3	FORMACIÓN CARRIZAL.....	59
3.3.4	FORMACIÓN CANOA	59
3.3.5	FORMACIÓN EL TIGRE	59
3.3.6	FORMACIÓN OFICINA	59
	Miembro Morichal	60
	Miembro Yabo	60
	Miembro Jobo	61
	Miembro Pílon	61
3.3.7	FORMACIÓN FREITES	61
3.3.8	FORMACIÓN LAS PIEDRAS	62
3.3.9	FORMACIÓN MESA.....	63
	EVOLUCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA	65
	CAPÍTULO IV.....	69
	4 GEOLOGÍA LOCAL.....	69
	4.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL	69
	4.1.1 MAPAS ESTRUCTURALES:	74
	4.1.2 SECCIONES ESTRUCTURALES:	79
	4.1.3 DISCUSIÓN	82
	4.2 ESTRATIGRAFÍA LOCAL	84
	4.2.1 SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS:.....	85
	4.2.2 INTERPRETACIÓN DE AMBIENTES	90
	Zona de Canales Fluviales	92
	Canales Fluviales (menor espesor).....	93
	Barras de Marea y Llanura Intermareal	93
	4.2.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE CADA LENTE DE ARENA (G, F, E, D, C, B2, B1 y A)	94
	Lente G.....	94
	Lente F	95
	Lente E	96

ÍNDICE DE CONTENIDO

Lente D.....	97
Lente C.....	98
Lente B2.....	99
Lente B1.....	100
Lente A.....	101
4.2.4 DISCUSIÓN.....	102
4.3 EXPECTATIVAS DE PRODUCCIÓN DEL YACIMIENTO MORICHAL 05.....	103
CAPÍTULO V.....	106
5 SUMARIO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES... ..	106
5.1 SUMARIO.....	106
5.2 CONCLUSIONES.....	108
5.3 RECOMENDACIONES.....	109
CAPÍTULO VI.....	110
6 RECOMENDACIONES BIBLIOGRÁFICAS... ..	110
APÉNDICE I... ..	116
ANEXOS... ..	129

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE UBICACIÓN RELATIVA (SUPERIOR). MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CAMPOS (INFERIOR). (TOMADO DE INFORME PDVSA, SANDOVAL, 2006)	4
FIGURA 2: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS POZOS DEL YACIMIENTO MORICHAL 05	5
FIGURA 3: SECCIÓN TRANSVERSAL CORRELACIONADA POR PATRONES CONCORDANTES. “T” INDICA TOPLAP, “D” INDICA DOWNLAP. LOS REGISTROS NO ESTÁN ESPACIADOS PROPORCIONALMENTE COMO LA DISTANCIA ENTRE LOS POZOS. (TOMADO DE WALKER, 1992)	14
FIGURA 4: EJEMPLO DE UN REGISTRO DE POTENCIAL ESPONTÁNEO (TOMADO DE DI CROCE, 2003).....	16
FIGURA 5: EJEMPLO DE UN PERFIL DE RAYOS GAMMA (TOMADO DE DI CROCE, 2003).....	18
FIGURA 6: EJEMPLO DE UN PERFIL DE RESISTIVIDAD (TOMADO DE DI CROCE, 2003).....	19
FIGURA 7: EJEMPLO DE SECUENCIA GRANOCRECIENTE (TOMADO DE KENDALL, EN: HTTP://STRATA.GEOL.SC.EDU.SEQSTRAT.HTML , 2006)	21
FIGURA 8: EJEMPLO DE SECUENCIA GRANODECRECIENTE (TOMADO DE KENDALL, EN: HTTP://ATRAT.GEOL.SC.ADU.AEQSTRAT.HTML , 2006).....	21
FIGURA 9: EJEMPLO DE SECUENCIA CILÍNDRICA (TOMADO DE KENDALL, EN: HTTP://STRATA.GEOL.SC.EDU.EQSTRAT.HTML , 2006).....	22
FIGURA 10: AMBIENTES SEDIMENTARIOS (TOMADO DE SERRA S/A)	24
FIGURA 11: DEPÓSITOS PRINCIPALES DE UN CANAL MEANDRIFORME (TOMADO DE ALLEN, 1989).....	26
FIGURA 12: MODELO DEPOSITACIONAL GENERALIZADO DE LOS DEPÓSITOS GENERADOS POR UN SISTEMA FLUVIAL MEANDRIFORME. EN LA PARTE A SE OBSERVA UNA SECUENCIA TÍPICA DE BARRA DE MEANDRO. EN LA PARTE B SE OBSERVA UNA SECUENCIA DE CANAL ABANDONADO (MODIFICADO DE GALLOWAY ET AL., 1983)	28
FIGURA 13: CORRIENTES ENTRELAZADAS. (TOMADO Y MODIFICADO DE ALLEN, 1989).....	29

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 14: MODELO DEPOSITACIONAL GENERALIZADO DE UNA SECUENCIA VERTICAL PRODUCIDO POR UN SISTEMA FLUVIAL DE CANALES ENTRELAZADOS. EN LA PARTE A SE OBSERVA UN EJEMPLO DE BARRA LONGITUDINAL . EN LA PARTE B UNO DE BARRA TRANSVERSAL (MODIFICADO DE GALLOWAY ET AL., 1983).....	31
FIGURA 15: PARTES DE UN DELTA (TOMADO DE SERRA S/A)	33
FIGURA 16: PARTES DE UN DELTA DE DOMINIO FLUVIAL (TOMADO DE SERRA S/A).....	34
FIGURA 17: PERFIL VERTICAL DE UNA BARRA DE DESEMBOCADURA (TOMADO DE GALLOWAY ET AL., 1983)	36
FIGURA 18: EJEMPLO DE UN SISTEMA DELTAICO FLUVIAL (TOMADO DE SERRA S/A).....	37
FIGURA 19: PARTES DE UN DELTA DE DOMINIO DE MAREA (TOMADO DE SERRA S/A).....	38
FIGURA 20: EJEMPLO DE UN ESTUARIO (TOMADO DE SERRA S/A).....	40
FIGURA 21: PARTES DE UN ESTUARIO (TOMADO DE SERRA S/A).....	41
FIGURA 22: PARTES DE UN ESTUARIO DE DOMINIO MAREAL (TOMADO DE SERRA S/A).....	42
FIGURA 23: PERFIL VERTICAL GENERALIZADO DE UN CUERPO DE ARENA DE RELLENOS DE CANAL ESTUARINO. (TOMADO DE GALLOWAY ET AL., 1983)	43
FIGURA 24: TIPOS DE FORMAS DE GR Y SP, PARA IDENTIFICAR LITOLOGÍAS. (TOMADO DE INFORME PDVSA, SANDOVAL, 2006)	45
FIGURA 25: CUENCAS PETROLÍFERAS DE VENEZUELA, BASADAS EN LA DISTRIBUCIÓN DE SUS PROVINCIAS SEDIMENTARIAS. L.E.B. LINEAMIENTO DE EL BAÚL, LÍMITE ENTRE LAS CUENCAS DE ORIENTE Y BARINAS-APURE. (TOMADO DE OSTOS Y YORIS 1997, EVALUACIÓN DE POZOS).....	47
FIGURA 26: SECCIÓN ESTRUCTURAL DE LA SUBCUENCA DE MATURÍN DESDE LA SERRANÍA DEL INTERIOR ORIENTAL HASTA LA FAJA DEL ORINOCO (TOMADO DE PARNAUD ET AL., 1995).....	48

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 27: CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA Y DISTRIBUCIÓN DE LOS SEDIMENTOS (TOMADO DE SUMMA ET AL., 2003).....	50
FIGURA 28: CORTE GEOLÓGICO MOSTRANDO LA SUBCUENCA DE MATURÍN. (TOMADO DE OSTOS Y YORIS, 1997, EVALUACIÓN DE POZOS)	51
FIGURA 29: SECCIÓN SÍSMICA MOSTRANDO EL ESTILO ESTRUCTURAL PRESENTE EN EL ÁREA (TOMADO DE PARNAUD ET AL. 1995).....	51
FIGURA 30: MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO (TOMADO DE PARNAUD ET AL. , 1995).....	53
FIGURA 31: SECCIÓN MOSTRANDO LA DEPOSITACIÓN DE LOS SEDIMENTOS DURANTE EL OLIGOCENO Y MIOCENO TEMPRANO. (A) MODELO REGIONAL; (B) MODELO LOCAL (TOMADO DE PARNAUD ET AL., 1995).....	56
FIGURA 32: PERFILES GEOLÓGICOS CON DIRECCIÓN NO-SE QUE MUESTRAN LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA DESDE EL MESOZOICO HASTA EL PRESENTE (TOMADO Y MODIFICADO DE SUMMA ET AL., 2003).....	57
FIGURA 33: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DE LAS FORMACIONES QUE CONFORMAN LA SUBCUENCA DE MATURÍN, EN EL CAMPO JOBO; CON FOTOGRAFÍAS TOMADAS A PETROGRAFÍAS (TOMADO DE UNIDAD DE YACIMIENTOS, SANDOVAL, 2006).....	64
FIGURA 34: CUADRO CRONOESTRATIGRÁFICO DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA (TOMADO DE LÉXICO ESTRATIGRÁFICO, 1997).....	68
FIGURA 35.A Y 35.B: EN LA FIGURA SUPERIOR MAPA DEL YACIMIENTO MORICHAL 05 CON LAS FALLAS INTERPRETADAS POR LA SÍSMICA 3D . EN LA FIGURA INFERIOR TIME SLIDE, DEL YACIMIENTO MORICHAL 05, CAMPO JOBO (TOMADO DE ESTUDIOS INTEGRADOS DE YACIMIENTOS, ELABORADO POR: DÍAZ A., 2006).....	70
FIGURA 36: DISTRIBUCIÓN DE LOS POZOS DEL YACIMIENTO MORICHAL 05 JUNTO CON LAS FALLAS MOSTRADAS POR LA SÍSMICA 3D (TOMADO DE ESTUDIOS INTEGRADOS DE YACIMIENTO, ELABORADO POR: DÍAZ A., 2006) 71	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 37: FAMILIA DE FALLAS CON BUZAMIENTO HACIA EL SUR (TOMADO DE ESTUDIOS INTEGRADOS DE YACIMIENTOS, ELABORADO POR: DÍAZ A., 2006).....	72
FIGURA 38: FAMILIA DE FALLAS CON BUZAMIENTO AL NORTE (TOMADO DE ESTUDIOS INTEGRADOS DE YACIMIENTOS, ELABORADO POR: DÍAZ A., 2006).....	73
FIGURA 39: MAPA ISÓPACO-ESTRUCTURAL CUERPO ARENOSO A (VER ANEXO A.1)	74
FIGURA 40: MAPA ISÓPACO-ESTRUCTURAL CUERPO ARENOSO B1 (VER ANEXO A.2)	74
FIGURA 41: MAPA ISÓPACO-ESTRUCTURAL CUERPO ARENOSO B2 (VER ANEXO A.3)	75
FIGURA 42: MAPA ISÓPACO-ESTRUCTURAL CUERPO ARENOSO C (VER ANEXO A.4)	75
FIGURA 43: MAPA ISÓPACO-ESTRUCTURAL CUERPO ARENOSO D (VER ANEXO A.5)	75
FIGURA 44: MAPA ISÓPACO-ESTRUCTURAL CUERPO ARENOSO E (VER ANEXO A.6)	76
FIGURA 45: MAPA ISÓPACO-ESTRUCTURAL CUERPO ARENOSO F (VER ANEXO A.7)	76
FIGURA 46: MAPA ISÓPACO-ESTRUCTURAL DEL CUERPO ARENOSO G (VER ANEXO A.8).....	76
FIGURA 47: MAPA DE UBICACIÓN CON LAS SECCIONES ESTRUCTURALES ELABORADAS EN EL YACIMIENTO MORICHAL 05 (MAPA BASE ELABORADO EN SIGEMAP)	79
FIGURA 48: SECCIÓN ESTRUCTURAL 1 LADO ESTE DEL YACIMIENTO MORICHAL 05 (VER ANEXO B.1).....	80
FIGURA 49: SECCIÓN ESTRUCTURAL 2 LADO OESTE DEL YACIMIENTO MORICHAL 05 (VER ANEXO B.2).....	81
FIGURA 50: MAPA DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA, MOSTRANDO LAS DISTINTAS ESTRUCTURAS ALLÍ PRESENTES (TOMADO DE AUDEMARD, “ET AL.”, EN: HTTP://PUBS. USGS. GOV. , 2006).....	82

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 51: REGISTRO TIPO DEL CAMPO JOBO (TOMADO DE INFORME PDVSA, SANDOVAL, 2006)	84
FIGURA 52: MALLADO DE LAS SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS EN EL YACIMIENTO MORICHAL 05 (MAPA BASE ELABORADO EN SIGEMAP)	86
FIGURA 53: SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA 1 LADO ESTE DEL YACIMIENTO MORICHAL 05 (VER ANEXO B.3).....	86
FIGURA 54: SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA 2 LADO ESTE DEL YACIMIENTO MORICHAL 05 (VER ANEXO B.4).....	87
FIGURA 55: SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA 3 UBICADA EN LA ZONA OESTE DEL YACIMIENTO MORICHAL 05 (VER ANEXO B.6)	88
FIGURA 56: SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA 4 LOCALIZADA EN EL LADO ESTE DEL YACIMIENTO MORICHAL 05 (VER ANEXO B.5)	89
FIGURA 57: SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA 5 LOCALIZADA EN EL LADO OESTE DEL YACIMIENTO MORICHAL 05 (VER ANEXO B.7)	89
FIGURA 58: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTROFACIES DE LA UNIDAD G (VER ANEXO C.1).....	95
FIGURA 59: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTROFACIES DE LA UNIDAD F (VER ANEXO C.2).....	95
FIGURA 60: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTROFACIES DE LA UNIDAD E (VER ANEXO C.3).....	96
FIGURA 61: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTROFACIES DE LA UNIDAD D (VER ANEXO C.4).....	97
FIGURA 62: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTROFACIES DE LA UNIDAD C (VER ANEXO C.5).....	98
FIGURA 63: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTROFACIES DE LA UNIDAD B2 (VER ANEXO C.6).....	99
FIGURA 64: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTROFACIES DE LA UNIDAD B1 (VER ANEXO C.7).....	100
FIGURA 65: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTROFACIES DE LA UNIDAD A (VER ANEXO C.8).....	101
FIGURA 66: MAPA DEL YACIMIENTO MORICHAL 05, CON NUEVAS LOCALIZACIONES	104

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1: PATRONES DE LAS CURVAS DE POTENCIAL ESPONTÁNEO Y RAYOS
GAMMA PARA CLASIFICAR LAS FACIES ENCONTRADAS EN LOS REGISTROS DEL
YACIMIENTO MORICHAL 05..... 91

TABLA 1.2: PATRONES DE LAS CURVAS DE POTENCIAL ESPONTÁNEO Y RAYOS
GAMMA PARA CLASIFICAR LAS FACIES ENCONTRADAS EN LOS REGISTROS DEL
YACIMIENTO MORICHAL 05..... 92

LISTA DE ANEXOS

- Anexo # A.1:** Mapa Isópaco- Estructural Arena A.
- Anexo # A.2:** Mapa Isópaco-Estructural Arena B1.
- Anexo # A.3:** Mapa Isópaco-Estructural Arena B2.
- Anexo # A.4:** Mapa Isópaco-Estructural Arena C.
- Anexo # A.5:** Mapa Isópaco-Estructural Arena D.
- Anexo # A.6:** Mapa Isópaco-Estructural Arena E.
- Anexo # A.7:** Mapa Isópaco-Estructural Arena F.
- Anexo # A.8:** Mapa Isópaco-Estructural Arena G.
- Anexo # B.1:** Sección Estructural 1; lado este del campo.
- Anexo # B.2:** Sección Estructural 2; lado oeste del campo.
- Anexo # B.3:** Sección Estratigráfica 1; paralela a la dirección de sedimentación.
- Anexo # B.4:** Sección Estratigráfica 2; paralela a la dirección de sedimentación.
- Anexo # B.5:** Sección Estratigráfica 3; paralela a la dirección de sedimentación.
- Anexo # B.6:** Sección Estratigráfica 4; perpendicular a la dirección de sedimentación.
- Anexo # B.7:** Sección Estratigráfica 5; perpendicular a la dirección de sedimentación.
- Anexo # C.1:** Mapa de Distribución de Electrofacies Arena G.
- Anexo # C.2:** Mapa de Distribución de Electrofacies Arena F.
- Anexo # C.3:** Mapa de Distribución de Electrofacies Arena E.
- Anexo # C.4:** Mapa de Distribución de Electrofacies Arena D.
- Anexo # C.5:** Mapa de Distribución de Electrofacies Arena C.
- Anexo # C.6:** Mapa de Distribución de Electrofacies Arena B2.
- Anexo # C.7:** Mapa de Distribución de Electrofacies Arena B1.
- Anexo # C.8:** Mapa de Distribución de Electrofacies Arena A.

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El Campo Jobo está situado en el estado Monagas, a unos 100 km del sur de la Ciudad de Maturín y unos 70 km al noroeste del río Orinoco. Limita al este, con el Campo Pilón y al suroeste, con el Campo Morichal. El Campo tiene una extensión aproximada de 175 km², con 25 km de largo y 7 km de ancho.

El Campo Jobo fue descubierto en 1953 como una posible extensión del Campo Temblador (descubierto en 1937), fue desarrollado por las compañías Amoco (pozos JOA), Creole (pozos JOC) y Mene (pozos JOM y JN). Para 1976, justo antes de la nacionalización, solo se habían perforado unos 185 pozos, actualmente el campo tiene más de 580 pozos. El yacimiento Morichal 05 fue descubierto por los pozos JOC 7 (área este) y JOM 6 (área oeste) perforados en septiembre y noviembre de 1956, respectivamente.

El presente estudio surgió como parte de la estrategia de la Unidad de Yacimientos del Distrito Morichal, la cual planteó la necesidad de buscar oportunidades de nuevas propuestas de perforación en áreas que han disminuido su producción, como es el caso del yacimiento MORICHAL 05, con la finalidad de incrementar la producción de los mismos.

La Formación Oficina, cuya edad se extiende del Mioceno Temprano al Mioceno Medio, es la productora principal de hidrocarburos en el Campo Jobo y en los campos circunvecinos de la parte sur del estado Monagas. Jobo es una gigantesca acumulación donde por lo denso del petróleo la recuperación es muy escasa por los métodos convencionales de producción.

INTRODUCCIÓN

La Formación Oficina, dividida en cuatro Miembros: Morichal, Yabo, Jobo y Pílon; con los Miembros Jobo y Morichal los contentivos de las arenas productoras de hidrocarburos. Las arenas del Miembro Morichal producen petróleo con una gravedad que oscila entre 8° y 10° API.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para lograr la ejecución de este estudio se plantearon los siguiente objetivos:

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar geológicamente el yacimiento Morichal 05 del Campo Jobo, perteneciente al Miembro Morichal de la Formación Oficina del Distrito Social Morichal, a partir de la información geológica disponible y actualizada, con el propósito de establecer un modelo sedimentológico y estructural coherente.

1.2.2 Objetivos específicos

- Recopilación, organización y validación de la información del Yacimiento Morichal 05, Campo Jobo.
- Elaboración de mapas estructurales de las unidades arenosas (A, B1, B2, C, D, E, F y G) del Miembro Morichal.
- Elaboración de mapas de distribución de electrofacies de las unidades arenosas (A, B1, B2, C, D, E, F y G) del Miembro Morichal, a partir de la información de los registros de pozos.

INTRODUCCIÓN

- Elaboración de mapas isópacos de arena neta (AN) para las unidades A, B1, B2, C, D, E, F, G, del Miembro Morichal
- Generar secciones geológicas que permitan visualizar la geometría de los cuerpos arenosos (A, B1, B2, C, D, E, F, G), del Miembro Morichal.

1.3 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Campo Jobo está situado en el estado Monagas, a unos 100 km al sur de la ciudad de Maturín y unos 70 km al noroeste del río Orinoco. Sus coordenadas UTM son las siguientes:

Latitud: 979.000 y 981.000 Norte
Longitud: 491.000 y 502.000 Este

Limita al este, con el Campo Pilón y al suroeste, con el Campo Morichal. Jobo es uno de un conjunto de campos que con un rumbo aproximado este-oeste se encuentra ubicado en la parte meridional de la Cuenca Oriental de Venezuela (figura 1). El área es plana, arenosa y con escasa vegetación y la superficie topográfica buza suavemente de oeste a este.

Dicho campo comprende un área de 240 km², siendo uno de los campos productores de crudo pesado perteneciente a la Cuenca Oriental de Venezuela.

INTRODUCCIÓN

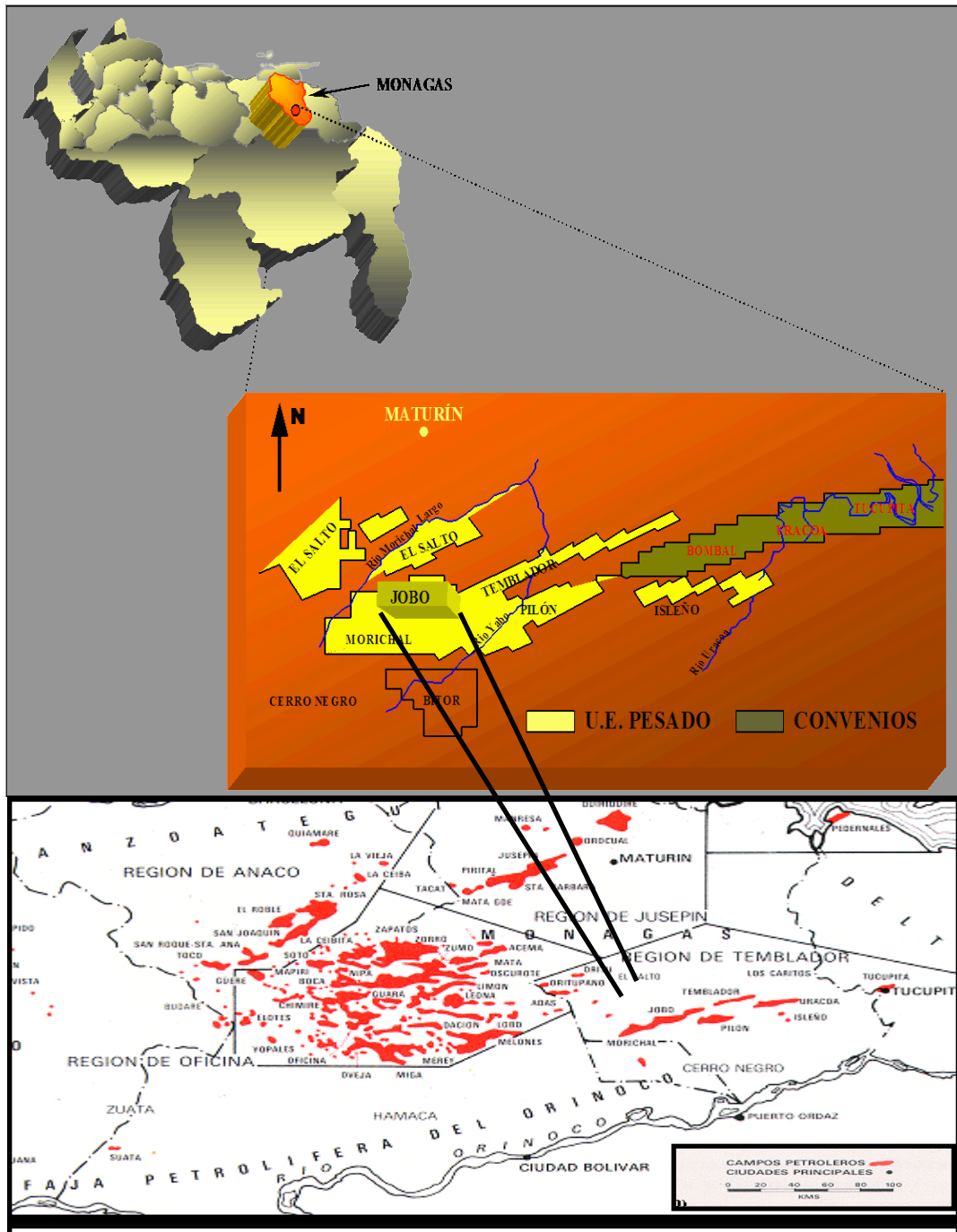


Figura 1: Mapa de ubicación relativa (Superior). Mapa de ubicación geográfica de los Campos (Inferior). (TOMADO DE INFORME PDVSA, SANDOVAL, 2006)

INTRODUCCIÓN

El yacimiento MORICHAL 05 se ubica en la porción suroeste del Campo Jobo, lo conforma un total de 76 pozos (figura 2).

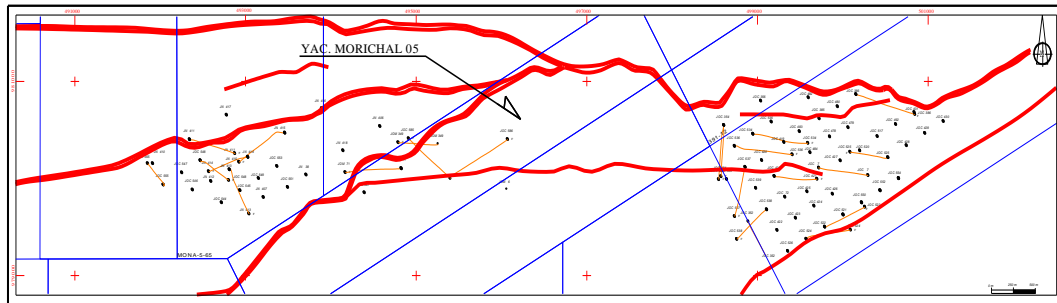


Figura 2: Mapa de distribución de los pozos del Yacimiento Morichal 05

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Recopilación, Organización y Validación de la Información del Yacimiento Morichal 05, Campo Jobo

Durante esta etapa se recopiló, organizó y validó la información referente a cada pozo del yacimiento. La información obtenida está referida a: coordenadas de superficie (**UTM**), tipos de registros generados, tope de las unidades estratigráficas (A, B1, B2, C, D, E, F, G), profundidad total medida (TVD), intervalos de arenas cañoneadas y el estado actual del pozo, con el propósito de tener conocimiento sobre las condiciones vigentes en que se encuentran dichos pozos. Esta información se obtuvo de los registros tipos, las carpetas de los pozos y los datos de **FINDER** (Sistema Automatizado Corporativo de Datos). Ver apéndice I.

1.4.2 Elaboración de Mapas Estructurales de las Unidades Estratigráficas (A, B1, B2, C, D, E, F Y G) del Miembro Morichal

Un mapa estructural es la representación de los datos que están en el subsuelo hasta un hipotético plano a nivel del mar. Estos se construyen a partir de un datum de profundidad. Para llevar este datum a los demás pozos se le suma la elevación de la mesa rotaria de los mismos, respectivamente, y se colocan a la profundidad obtenida.

Se elaboraron mapas estructurales de las unidades estratigráficas (A, B1, B2, C, D, E, F, G). Estos se realizaron partiendo de un mapa base, en el cual están las fallas que fueron interpretadas por la sísmica 3D, donde están ubicados los pozos pertenecientes al yacimiento Morichal 05 y sus respectivas profundidades sub-sea, para luego trazar las curvas estructurales, las cuales varían cada 50 pies. Con la finalidad de determinar la estructuras presentes en el yacimiento. Posteriormente, se digitalizan los contornos estructurales a través de la aplicación funcional **SIGEMAP**.

1.4.3 Elaboración de Mapas de Distribución de Electrofacies de las Unidades Estratigráficas (A, B1, B2, C, D, E, F Y G) del Miembro Morichal

Las electrofacies fueron definidas por Serra (s/a) como “el conjunto de las respuestas de los perfiles que caracteriza a un estrato y permite distinguirlo de otros”. Todas las respuestas de los perfiles (eléctricos, nucleares, acústicos, de buzamiento, etc.) que indican los aspectos cuantitativos (valores de perfil) y los cualitativos (características de las curvas) representan, por lo tanto, las componentes de las electrofacies.

El mapa de electrofacies permite determinar la geometría y extensión de los cuerpos de arena, el ambiente de sedimentación y los caracteres de las variaciones presentes en todas las facies; además permite inferir sobre las propiedades petrofísicas del yacimiento.

INTRODUCCIÓN

La construcción de los mapas de distribución de electrofacies, se basó en la tendencia de distribución regional de cada una de las diferentes electroformas, que se asocian a un conjunto de distintas electrofacies vinculadas a determinados depósitos sedimentarios. Para la obtención de estos mapas se asumieron patrones de comportamientos de las curvas de potencial espontáneo (SP) y gamma ray (GR) de cada paquete de arena delimitado.

Se ubicó cada respuesta eléctrica para cada unidad estratigráfica (A, B1, B2, C, D, E, F, G) en un mapa base y se evaluó la tendencia sedimentaria y variación de los cuerpos arenosos a lo largo del Miembro Morichal, sin dejar de lado la corroboración en estudios anteriores e hipótesis planteadas actualmente.

1.4.4 Elaboración de Mapas Isópacos de Arena Neta (AN) de las unidades A, B1, B2, C, D, E, F, G; del Miembro Morichal

Un mapa isópaco es la representación en un plano horizontal de los espesores de un cuerpo de arena, medidos en los perfiles de los pozos (registro eléctrico, densidad, etc.). Los mapas isópacos son utilizados por los geólogos, con el propósito de estudiar: ambientes depositacionales, genética de las arenas, calculo de volumen de hidrocarburo.

Mediante datos petrofísicos se obtienen los espesores de arena limpia que contiene la unidad; los mismos son representados en el mapa base mostrando la distribución de los cuerpos arenosos de las facies. Dichos cuerpos son representativos de los diversos subambientes que existen en un sistema o ambiente sedimentario. El cutoff de arena utilizado para el gamma ray fue de 40 %.

Para los pozos en estudio, los espesores de arena neta se determinaron de acuerdo al cambio de las curvas de resistividad y potencial espontáneo. La ecuación utilizada fue

INTRODUCCIÓN

la siguiente: **AN= Base- Tope- Espesor de Arcilla**. Luego con la aplicación funcional **SIGEMAP** se delimitaron las curvas correspondientes a cada unidad.

1.4.5 Generación de Secciones Geológicas

➤ Secciones Estratigráficas:

Se utilizaron los perfiles de potencial espontáneo (SP) y rayos gamma (GR) en los pozos presentes en el área de estudio. Se realizaron 23 secciones estratigráficas en borrador, utilizando copias en papel a escala 1:500 (la distancia horizontal real se mantiene). La correlación general de las diferentes unidades en que se subdivide el Miembro Morichal, permitió proceder a realizar una correlación detallada de cada uno de los diferentes cuerpos de arena que lo conforman.

Posteriormente, se cargó una base de datos de los registros en forma digital, lo que permitió generar las secciones en forma digital, mediante el uso del programa **DISCOVERY GEOGRAPHIC**. Las versiones digitales de los registros utilizadas están en formato **.LAS**. Con el fin de definir las características de las secuencias depositadas.

Para la elaboración de las secciones estratigráficas se seleccionó un datum lutítico (marcador) ubicado en la base del Miembro Yabo, a partir del cual se colgaron dichas secciones; con una dirección esencialmente paralela y perpendicular a la sedimentación. El datum lutítico que se escogió posee una buena extensión regional (aparece en todos los campos), y no presente variaciones laterales (o muy pocas).

➤ Secciones Estructurales:

Una vez analizada la información obtenida de los pozos, se elaboraron secciones estructurales en sentido sur-norte, con el propósito de definir los rasgos estructurales

INTRODUCCIÓN

más relevantes del área. Las secciones estructurales fueron colgadas desde un mismo datum de profundidad (subsea), con la finalidad de poder estimar los saltos generados por el conjunto de fallas presentes en el yacimiento; las cuales habían sido interpretadas por la sísmica 3D; y así observar el buzamiento de las estructuras.

Se correlacionaron 8 paquetes de arena, de base a tope: G, F, E, D, C, B2, B1, A, separados por marcadores lutíticos confiables y con buena continuidad por todo el campo, generalmente con espesores mayores de 15 pies, estas capas/marcadores fueron seleccionados por su persistencia lateral.

1.5 TRABAJOS PREVIOS

DE SISTO (1961), describe la Formación Oficina en el área mayor de Oficina hacia el margen este como secuencia progresiva de arenas grano creciente; esta secuencia se observó en los campos Zorro y Mata. Por otra parte su trabajo denota que el tope de la Formación Oficina pasa gradualmente a lutitas en donde se correlaciona con la Formación Freites.

KEY (1977), introduce una restauración de la jerarquía en la clasificación estratigráfica distinguiendo a cada miembro con un nombre adecuado, sustituyendo así la denominación existente de Grupos I y II (Rabassó Vidal 1976) por Miembro Jobo y Miembro Morichal respectivamente, además propone los nombres Miembro Pílon y Miembro Yabo para los miembros adicionales de la Formación Oficina que no habían recibido ninguna designación formal para la época; designando así como Formación Oficina a toda la sección comprendida entre el tope discordante del Grupo Temblador y la base concordante de la Formación Freites, asignándole una edad de Mioceno Temprano a Mioceno Medio.

INTRODUCCIÓN

GONZÁLEZ DE JUANA “et al.” (1980), describe la Formación Oficina como una secuencia que se presenta en el subsuelo de todo el flanco sur de la Cuenca Oriental de Venezuela y contiene los principales yacimientos de los extensos campos petrolíferos en la región de Anaco-Oficina-Temblador, reportando que la misma consiste en lutitas y arenas alternantes que contienen niveles fosilíferos dispersos en toda la sección.

RODRÍGUEZ (1984), realizó una actualización geológica de los yacimientos Morichal 05, Morichal 09 y Morichal 11 del Campo Jobo en el estado Monagas. Dicho trabajo fue integrado en un solo yacimiento (Morichal 05). En el área de los yacimientos se verificó la información de 50 pozos perforados hasta el Miembro Morichal. Se revisaron las unidades estratigráficas del miembro para cada yacimiento y los topes formacionales. Se elaboraron gráficas de producción por yacimiento y pozo, con el objeto de analizar el comportamiento de los fluidos presente a través del tiempo. La evaluación geológica permitió la identificación de tres áreas para la ubicación de localizaciones y la eliminación de la falla que divide a los yacimientos Morichal-09 y Morichal-05 inexistencia corroborada con los datos de producción, lo que produjo cambios en la nomenclatura del yacimiento.

MÉNDEZ (1985), gráfica la historia geológica de la Cuenca Oriental de Venezuela a través de bloques diagramáticos, que explican el proceso de sedimentación de la cuenca y su relación con la génesis, migración y acumulación de los hidrocarburos en la misma.

VILLEGAS (1985), determinó los rasgos estructurales mayores que evidencian los cambios progresivos en la configuración de la Cuenca Oriental de Venezuela; esto se logró a través del análisis de las características geológicas con mapas de contornos estructurales y de espesores de intervalos entre marcadores regionales. Se obtuvo como resultado la evidencia de la migración gradual del depocentro desde el noreste (Guárico) hacia el este debido al basculamiento de la cuenca durante el Terciario. Al

INTRODUCCIÓN

mismo tiempo de la sedimentación basal de la Formación Oficina ocurrió un fallamiento normal de gran escala que hundió la parte norte del estado Anzoátegui, posteriormente ocurrió un levantamiento compresional al norte el cual dio origen al corrimiento de Anaco.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 TÉCNICAS DE CORRELACIÓN

La correcta correlación de unidades estratigráficas es absolutamente necesaria para realizar secciones transversales y mapas confiables; al igual que para el análisis regional de facies. Los tres métodos mayormente utilizados son los siguientes:

Capas Guías

La respuesta del registro de una capa distintiva o de una serie de capas, se puede utilizar como marcador, incluso si la litología o el origen de la capa no se sabe.

Los grupos distintivos y extensos de capas resultan de las transgresiones, regresiones o de los episodios erosionales que redistribuyen el sedimento a lo largo a través de la cuenca. Los marcadores que pueden ser cartografiados regionalmente, pueden ser relacionados o incluidos como superficies aloestratigráficas importantes.

Por ejemplo una sección condensada (posiblemente expresa una superficie de máxima inundación), es quizás la capa guía más extensa, y es extremadamente útil porque ellas son esencialmente líneas de tiempo. De manera general, las lutitas son los mejores marcadores utilizados en el momento de realizar correlaciones.

Patrones Concordantes

Walker y James (1992) proponen esta técnica, la cual implica el reconocimiento y concordancia de los patrones distintivos de registros de cualquier origen. Los

MARCO TEÓRICO

patrones correlacionados pueden representar las sucesiones verticales de las facies, sucesiones sobrepuestas de las facies o límites discordantes de las unidades.

Alternativamente, una superficie de máxima transgresión separa compuestos transgresivos de unidades compuestas regresivas. El límite de superficie de las unidades puede ser discordante.

La correlación de la concordancia de los patrones es hecha en base a la forma del registro en intervalos de metros o decenas de metros, más que por picos, canales o marcadores individuales dentro de la sucesión. La concordancia de patrones permite la correlación siempre y cuando ocurran variaciones laterales de litología, facies y espesores (figura 3).

Los registros pueden ser movidos de arriba para abajo hasta obtener el mejor ajuste total. Constantes cambios de posición pueden indicar variación lateral de facies o cambios de espesor lo cual es indicio de tectónica sinsedimentaria.

La concordancia de patrones es extremadamente útil porque puede ser usada para correlacionar sucesiones de facies o unidades alostratigráficas definidas por núcleos o afloramientos. Además facilita la investigación de facies a escala regional.

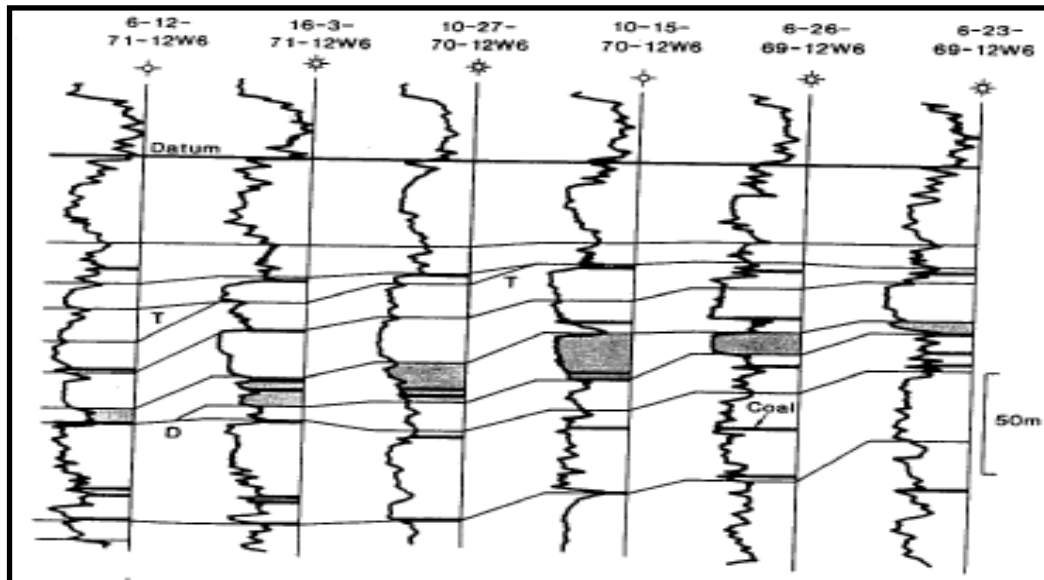


Figura 3: Sección transversal correlacionada por Patrones C oncordantes. “T” indica top lap, “D” indica downlap. Los registros no están espaciados proporcionalmente como la distancia entre los pozos. (TOMADO DE WALKER, 1992)

✚ Técnica “Slice”

Es utilizada como método de último recurso, cuando ningún otro método rinde resultados, un intervalo puede ser subdividido arbitrariamente en unidades de un espesor constante; o en unidades con un espesor proporcional al intervalo entero (Walker y James 1992).

Dicho método no da verdaderas correlaciones, sólo es una forma de partir una sección la cual no puede ser subdividida de otra forma. Esta técnica es aplicada comúnmente en depósitos no marinos. Aquí otras técnicas no funcionan bien por la carencia de capas continuas y la ausencia de sucesiones de facies laterales.

2.2 PERFILES ELÉCTRICOS DE POZOS

Son medidas u observaciones realizadas en los pozos para determinar las características petrofísicas, litológicas y fluidos presentes en las rocas (Di Croce, 2003).

Para lograr una evaluación de formación adecuada, se necesitan tres registros básicos: uno para mostrar las formaciones permeables, otro para estimar las resistividades de la zona sin distorsionar y uno más para estimar las porosidades. El proceso básico de interpretación de registros se refiere a la determinación, primero, de donde están las zonas potencialmente productoras y, segundo, cuanto hidrocarburo, petróleo o gas, ellas contienen.

En el Campo Jobo, tomando en cuenta las consideraciones históricas de la zona, muy pocos pozos poseen información dada por registros relativamente nuevos, debido a esto en la elaboración de dicho estudio se utilizaron perfiles eléctricos elementales como los de resistividad, potencial espontáneo y rayos gamma; por ser los más comunes en su totalidad.

Registro de Potencial Espontáneo (SP)

La herramienta para medir el potencial espontáneo básicamente consiste de un electrodo colocado en superficie y otro en el pozo, registrándose la diferencia de potencial entre ellos (García E., ACEG Guías Petrofísica Aplicada, 1998).

La curva de SP es usada principalmente para seleccionar zonas permeables, para estimar valores de resistividad del agua de formación y, menos frecuentemente, para estimar arcillosidades. El SP es un fenómeno que se produce en un pozo cuando el lodo de perforación se pone en contacto con las formaciones en el subsuelo, existiendo un contraste de salinidades entre el lodo y el agua de formación.

MARCO TEÓRICO

El potencial espontáneo es realmente el diferencial generado en el pozo como resultado de corrientes generadas que fluyen a través del fluido de perforación resistivo. Un alto valor de SP indica areniscas mientras bajos valores indican lutitas. La curva SP definirá las interfaces bastante bien en secuencias de arenas porosas y lutitas, pero esto no sucederá en formaciones de baja porosidad (García E., ACEG Guías Petrofísica Aplicada, 1998).

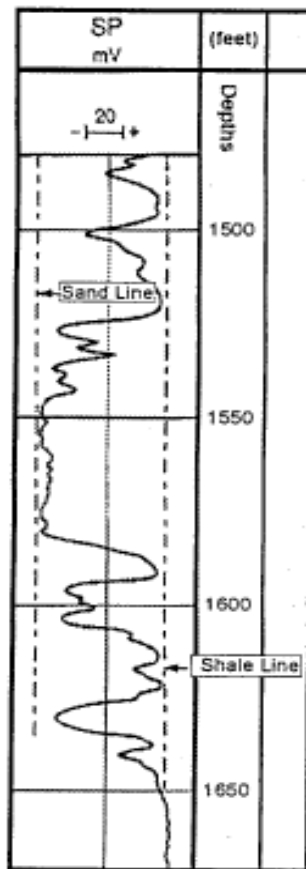


Figura 4: Ejemplo de un registro de potencial espontáneo (TOMADO DE DI CROCE, 2003)

Perfil de Rayos Gamma (GR)

El registro de rayos gamma o GR es, básicamente, una medida de la radiactividad natural de las formaciones en el subsuelo, contra profundidad. Esta radiactividad proviene de las emisiones de Uranio, Torio y Potasio presentes en las rocas. Los rayos gamma son capaces de penetrar unas pocas pulgadas en la roca y una fracción de ellos, que se originan cerca del hoyo, lo atraviesan pudiendo ser detectados por un sensor de rayos gamma, el cual es, típicamente, un cintilómetro de una longitud activa de 8 a 12 pulgadas. Este detector produce un pulso eléctrico discreto por cada rayo gamma detectado y el parámetro registrado es el número de pulsos captado por unidad de tiempo.

El registro GR puede distinguir zonas permeables por el hecho de que los elementos radiactivos tienden a ser abundantes en las lutitas, las cuales son impermeables, y mucho menos en los carbonatos y en las arenas, los cuales generalmente son permeables.

El registro GR puede separar arenas limpias y carbonatos de las arcillas y es por eso que es usado extensamente por los geólogos como un registro de correlación, asociando la estratigrafía de un pozo a la de los vecinos o a la encontrada en trabajos de superficie en los alrededores de la cuenca; sin embargo, existen áreas localizadas donde arenas y dolomitas, aunque estén bastante libres de arcilla, son lo suficientemente radiactivas para dificultar el proceso.

Entre las formaciones menos comunes, el carbón, la sal y el yeso dan respuestas bastante bajas. Cenizas volcánicas, lutitas, por el contrario, dan lecturas sumamente altas (García E., ACEG Guías Petrofísica Aplicada, 1998).

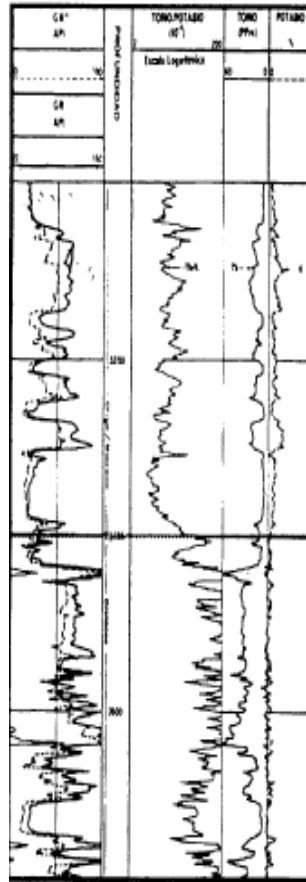


Figura 5: Ejemplo de un perfil de rayos gamma (TOMADO DE DI CROCE, 2003)

✚ Registro de Resistividad

Este mide la resistividad total (recíproco de la conductividad) de la formación, se mide en unidades ohmio/metro (Ohm/m). Las resistividades de las formaciones son indicios importantes en cuanto a su probable litología y contenido de fluido. Las formaciones de la tierra conducen la corriente eléctrica solo mediante el agua mineralizada que contienen. Los minerales que constituyen la parte sólida de los estratos, cuando están absolutamente secos son aislantes. De igual manera cualquier

MARCO TEÓRICO

cantidad de petróleo o gas puro que se encuentren en las formaciones, son eléctricamente no conductores (Di Croce, 2003).

La resistividad se define como el grado por la cual una sustancia resiste al flujo de la corriente eléctrica. Esta es una función de la porosidad y el fluido en los poros de la roca. Es aplicable para conocer la saturación de agua / gas / petróleo, la porosidad de zonas acuíferas; las rocas con fluido conductivo (agua de mar) tendrán baja resistividad, en cambio, rocas no porosas o una formación con hidrocarburo tienen alta resistividad.

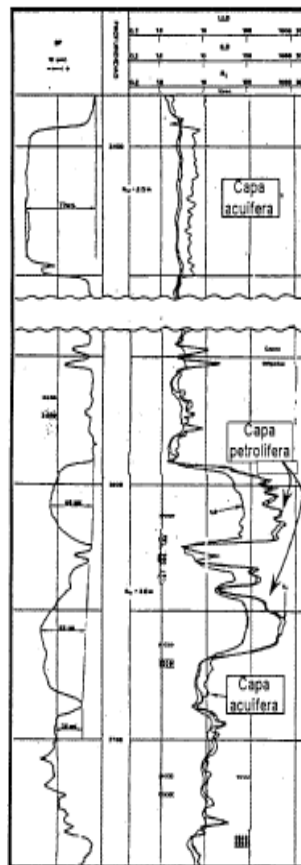


Figura 6: Ejemplo de un perfil de resistividad (TOMADO DE DI CROCE, 2003)

2.3 IDENTIFICACIÓN DE LITOLOGÍAS

La litología de una formación es reconocible por medio de registros eléctricos y radiactivos. Para identificar las lutitas, se utilizan las curvas de rayo gamma (GR), potencial espontáneo (SP), entre otros. Con las curvas GR y SP se ubican los picos máximos y mínimos para así obtener un valor promedio entre lutitas y areniscas.

En el caso de identificar areniscas se utilizan las curvas de rayos gamma (GR). Con este registro se localizan los picos máximos y mínimos de radiactividad. Se dividen en 5 partes con el fin de separar las litologías, es decir, de 0% a 20% areniscas, 20% a 40% limolitas y 40% en adelante lutitas.

Las secuencias elementales están constituidas por una evolución continua de litología de areniscas, limolitas y lutitas. Estas se diferencian de la siguiente manera:

Secuencias Granocrecientes

En este tipo de secuencias se pasa de lutitas en la base a areniscas en el tope; están asociadas a energías crecientes, tal es el caso de turbiditas, etc. (Kendall, EN: <http://strata.geol.sc.edu.seqstrat.html>,2006).



Figura 7: Ejemplo de secuencia granocreciente (TOMADO DE KENDALL, EN: <http://strata.geol.sc.edu.seqstrat.html>, 2006)

✚ Secuencias Granodecrecientes

En este tipo de secuencia se pasa de arenisca en la base a lutita al tope, está asociada a una corriente con energía decreciente. (Kendall, EN: <http://strata.geol.sc.edu.seqstrat.html>, 2006).

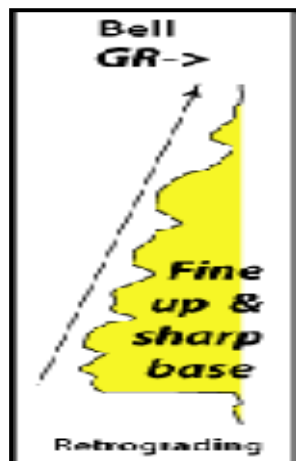


Figura 8: Ejemplo de secuencia granodecreciente (TOMADO DE KENDALL, EN: <http://atrat.geol.sc.edu.aeqstrat.html>, 2006)

✚ Secuencias Cilíndricas

Están caracterizadas por paquetes masivos de arena generalmente bien escogidas limitadas por contactos abruptos con lutitas en su base y tope. (Kendall, EN: <http://strata.geol.sc.edu.seqstrat.html>, 2006).

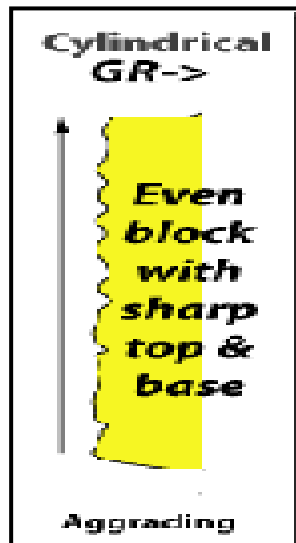


Figura 9: Ejemplo de secuencia cilíndrica (TOMADO DE KENDALL, EN: <http://strata.geol.sc.edu.eqstrat.html>, 2006)

2.4 AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Según Walker y James (1992) el concepto de facies fue introducido por Gressly en 1838, definiéndola como un cuerpo de roca con características específicas de litología, estructuras físicas y biológicas que se diferencia de los cuerpos supra e infrayacentes. Idealmente una facies podría ser un tipo característico de roca que ha sido formada bajo ciertas condiciones de sedimentación, que refleja un ambiente o proceso de depositación particular.

A continuación se dan definiciones generales del término de facies, propuestas por el Glosario de Geología (1980) y por varios geólogos:

- “El aspecto, apariencia y características de una unidad de roca, que refleja generalmente las condiciones de su origen y que la diferencia de las unidades adyacentes asociadas” (Glosario de Geología, 1980)

- Selley (1970): “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”.

Los ambientes sedimentarios son de gran importancia, ya que conociendo éstos se puede definir de forma más lógica el potencial de la zona, desde el punto de vista de la prospección de hidrocarburos.

MARCO TEÓRICO

Un ambiente sedimentario es un lugar en la superficie terrestre caracterizado por un conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas bajo las cuales se acumulan los sedimentos. Tal conjunto de condiciones incluye la geología, geomorfología, el clima, la flora y la fauna; y sí el ambiente es subacuático, la profundidad, salinidad, temperatura y los movimientos de agua. Las propiedades de los sedimentos depositados en un ambiente determinado, estarán altamente influenciados por las características de ese ambiente (Allen, 1989).

Los ambientes sedimentarios pueden ser clasificados en:

- **Continental:** glacial, desérticos, fluvial, lacustre, paludal y espeleano.
- **Transicionales:** deltaico, lagunar y litoral.
- **Marinos:** batial, abisal y nerítico.

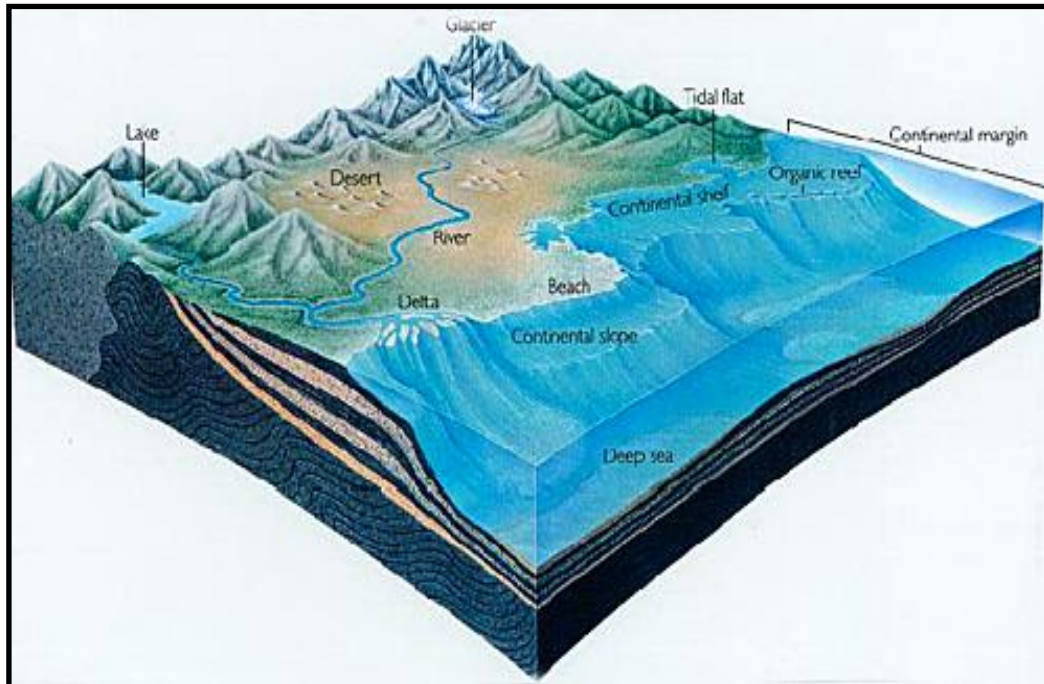


Figura 10: Ambientes sedimentarios (TOMADO DE SERRA s/a)

Para efectos de este trabajo se hará hincapié en los ambientes sedimentarios de tipo fluvial, deltaico y estuarino por ser de mayor interés y aplicación en el contexto enmarcado.

2.4.1 AMBIENTE CONTINENTAL

Ambiente Fluvial:

Comprende el cauce o canal de un río y la llanura aluvial. La energía del ambiente está representada por el flujo de la corriente. Las cuencas de drenaje, consisten en redes de ríos que convergen en un cauce principal o desembocan directamente en un mar; depositando así toda su carga sedimentaria en una costa o mar adentro dependiendo de la energía necesaria para transportar dicha carga. El canal de un río puede ser: rectilíneo, meandriforme o entrelazado (Allen, 1989).

Canales Meandriformes: Se trata de un ambiente continental caracterizado por depósitos que resultan de un sistema fluvial constituido por canales maduros de alta sinuosidad que migran lateralmente a través de su llanura de inundación de pendiente suave.

Se forman en zonas de baja pendiente, suelos arcillosos y donde los ríos transportan grandes cantidades de arcilla y limos. El rasgo sedimentológico principal de estos ríos es la acumulación de arena bajo la forma de barras en el lado convexo de los meandros. Los depósitos principales son: barra de meandro, dique natural, abanico de rotura y llanura de inundación.

Cuando un meandro es abandonado, termina la sedimentación arenosa sobre las barras de meandro y tan solo los limos y las arcillas pueden ser aportados allí lo que provoca una migración lateral del conjunto del canal. Esta migración hace aumentar el radio de curvatura del meandro, y puesto que este no puede crecer indefinidamente

se produce, generalmente en el curso de una crecida, un abandono del mismo (figura 11).

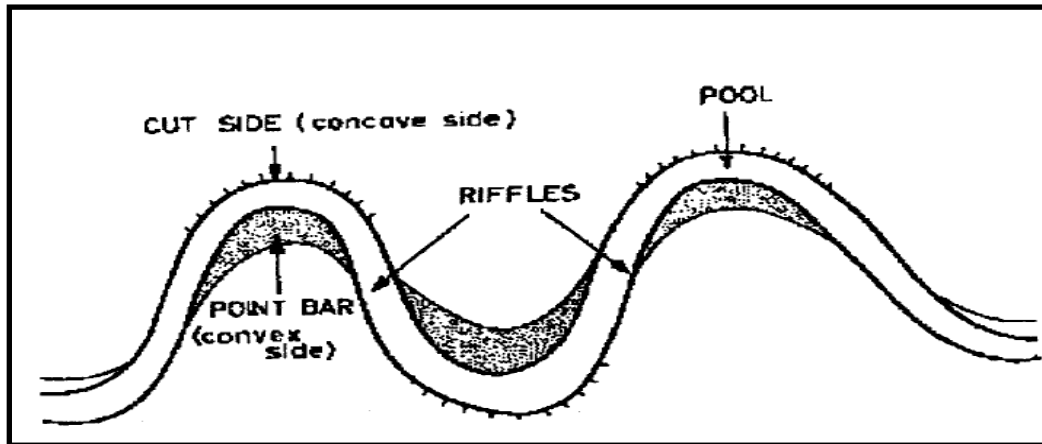


Figura 11: Depósitos principales de un canal meandriforme (TOMADO DE ALLEN, 1989)

Las estructuras sedimentarias están relacionadas con el régimen de flujo y por lo tanto están organizadas en secuencias. Los depósitos de llanura de inundación muestran estratificación horizontal convoluta, generalmente destruída por bioturbación. Pueden presentarse también marcas de raíces.

La calidad de los reservorios es generalmente muy buena ya que están constituidos por sedimentos arenosos bien clasificados. Sin embargo, las superficies de acreción lateral en el seno del depósito, a veces acompañadas por una estratificación limo-arcillosa pueden provocar discontinuidades de permeabilidad a gran escala en el seno del reservorio y oblicuo en relación al plano del reservorio. Por otro lado, la existencia de materiales arcillosos en los canales abandonados podrá constituir importantes barreras de permeabilidad, pero muy localizadas.

MARCO TEÓRICO

La figura 12 es un modelo depositacional generalizado, donde se puede observar la secuencia vertical de tamaños de grano, estructuras sedimentarias y registros eléctricos (potencial espontáneo), producido por un sistema fluvial meandriforme. En ella (A) puede observarse la secuencia típica de barra de meandro del mismo, detallando como cambia el registro SP de un comportamiento cilíndrico (relleno de canal) hasta una tendencia irregular (bordes de canal). También se describe la columna (B) del canal abandonado; en él se detalla el comportamiento cilíndrico del lecho del canal hasta el tapón de lutita que representa el abandono del mismo.

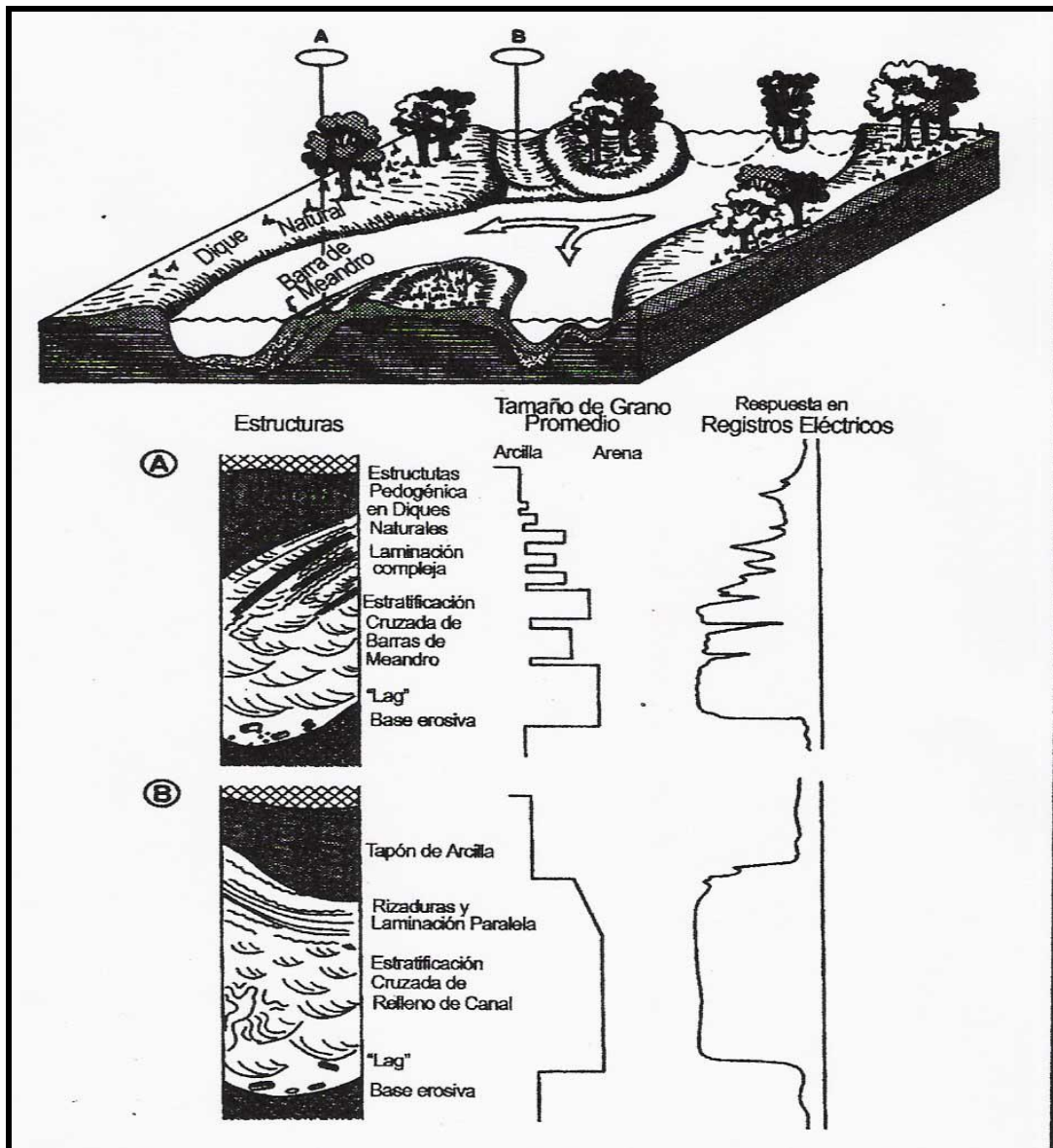


Figura 12: Modelo depositacional generalizado de los depósitos generados por un sistema fluvial meandriforme. En la parte A se observa una secuencia típica de barra de meandro. En la parte B se observa una secuencia de canal abandonado (MODIFICADO DE GALLOWAY et al., 1983)

MARCO TEÓRICO

Canales Entrelazados: Se trata de un ambiente continental caracterizado por depósitos que resulten de una red entrelazada de canales fluviales de baja sinuosidad. Un río se considera trenzado en el momento en que el agua fluye por lo menos en dos canales alrededor de una isla (Allen 1989) (figura 13).

Están compuestos por gravas textural y químicamente inmaduras y por arenas. Las gravas y guijarros son fragmentos de rocas cuya composición depende de las áreas de aporte. Presentan una selección pobre a moderada con baja esfericidad, una relación grano-matriz baja a moderada, y abundante limo en el extremo de la cola de finos (Allen, 1989).

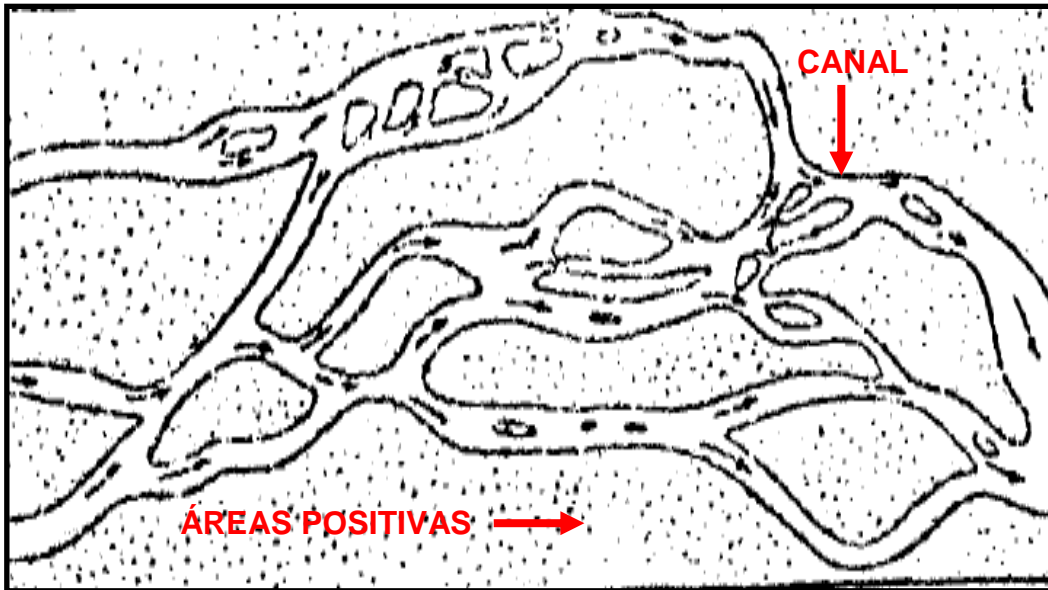


Figura 13: Corrientes entrelazadas. (TOMADO Y MODIFICADO DE ALLEN, 1989)

MARCO TEÓRICO

Los depósitos de canales entrelazados, se caracterizan por presentar canales amplios los cuales tienden a cambiar de posición debido al transporte rápido y continuo de los sedimentos. Por lo tanto, una unidad puede tener entre 0,5 y 8 km de ancho. Su longitud puede variar entre decenas y centenas de kilómetros. El espesor varía de decímetros a poco más de 30 metros, presentando una relación ancho-profundidad alta. La coalescencia de barras y planicies de arena origina mantos arenosos extensos y lateralmente continuos, no confinados por lutitas (Walker 1979, en: Serra, s/a).

La figura 14 muestra el modelo depositacional de un sistema de canales entrelazados poco sinuosos, donde se observan los cuerpos que se forman en estos ambientes y la respuesta que arroja la curva de potencial espontáneo.

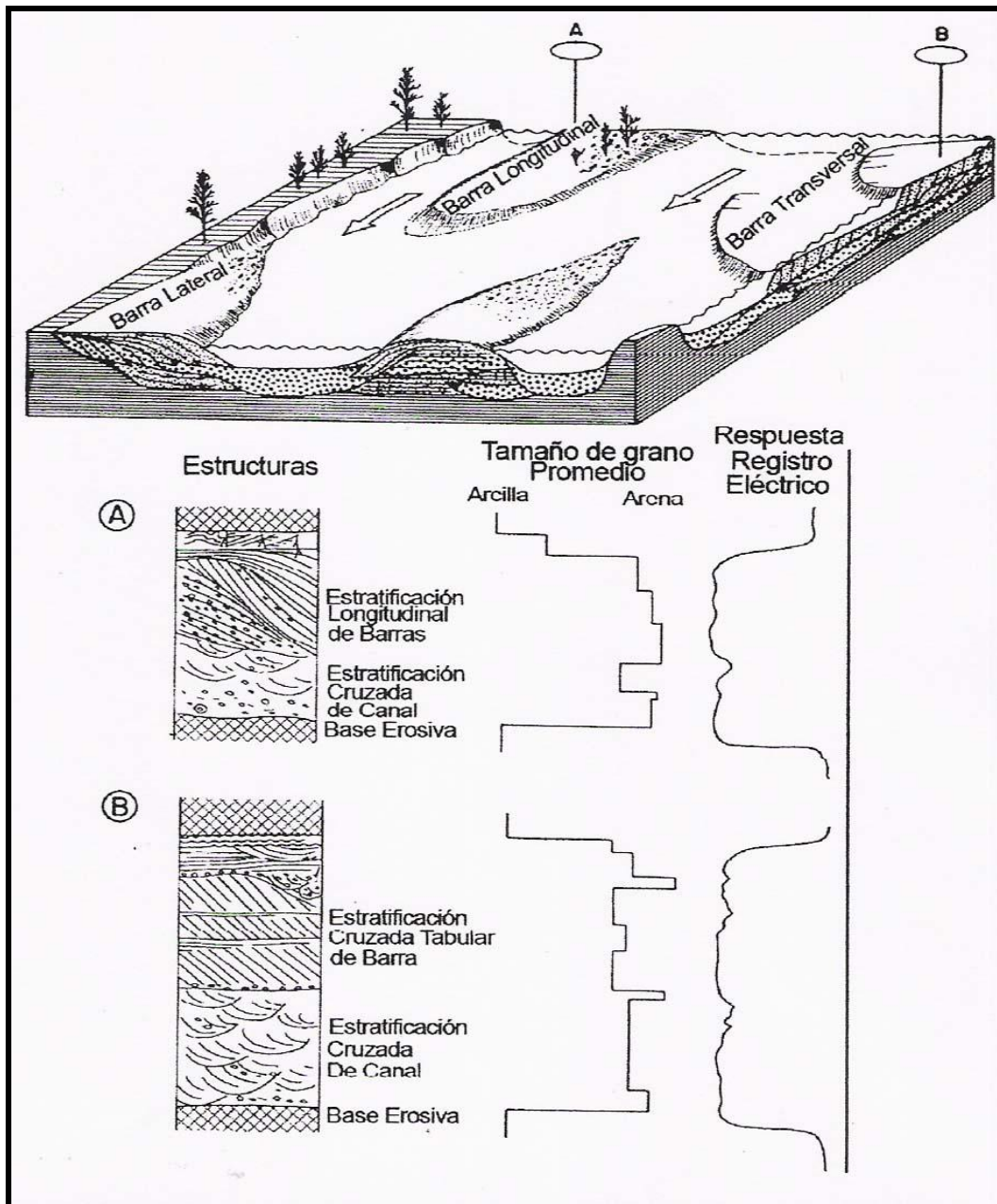


Figura 14: Modelo depositacional generalizado de una secuencia vertical producido por un sistema fluvial de canales entrelazados. En la parte A se observa un ejemplo de barra longitudinal . En la parte B uno de barra transversal (MODIFICADO DE GALLOWAY et al., 1983)

2.4.2 AMBIENTE TRANSICIONAL

Ambiente Deltaico:

Un delta se forma donde un río trae al mar más sedimentos de los que las olas y corrientes litorales pueden distribuir hacia otras áreas. El tipo de delta resultante dependerá de la magnitud de sedimentos aportados por la costa y su redistribución por parte de olas, mareas y corrientes litorales (Allen, 1989)

En los años 1960-70, el estudio de los medios sedimentarios recientes reveló las relaciones entre los mecanismos de transporte, las facies y la geometría de los depósitos, y demostró que la morfología de las costas, y particularmente de los deltas varía en función de la importancia relativa de tres factores: (1) la importancia de los aportes y de los procesos fluviales, (2) la energía del oleaje, y (3) la de las mareas. Cada tipo de delta está caracterizado por una morfología distinta, y por geometrías y propiedades diferentes de los cuerpos arenosos. En realidad, en la mayoría de los deltas, las facies revelan influencias combinadas de los tres factores

Un delta incluye el prodelta, la llanura deltaica y el frente deltaico. La energía del ambiente es principalmente mecánica. Los materiales varían de gruesos a finos, y el factor biológico puede ser importante en las lagunas, pantanos y canales abandonados (figura 15).

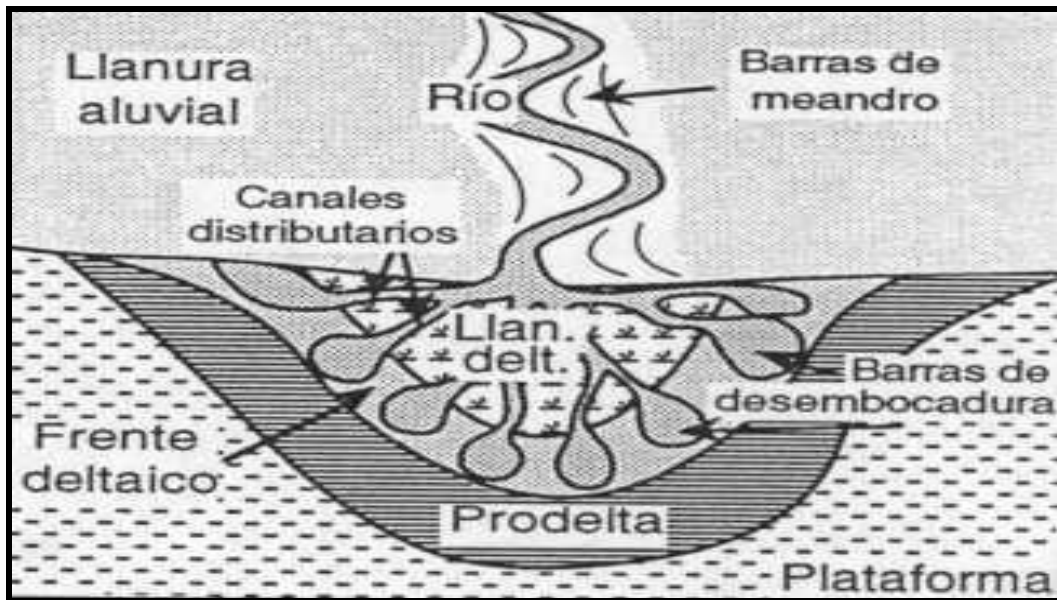


Figura 15: Partes de un delta (TOMADO DE SERRA s/a)

Delta de dominio fluvial:

Según Galloway y Hodbay (1983) este tipo de delta se origina cuando la tasa y volumen de aportes de sedimentos excede el flujo de energía disponible en la cuenca para re trabajar y modificar sustancialmente el margen activo de un delta. En este predominan los procesos constructivos, por lo que los lóbulos del delta adquieren geometría alargada o digitadas, a redondeadas y lobuladas (figuras 16 y 18).

Los deltas con predominancia fluvial son generalmente lobulados (más común) cuando se acumulan en zonas costaneras someras; o alargados cuando se edifican en aguas más profundas, por ejemplo en el borde de la plataforma continental. La mayoría de los deltas antiguos parecen ser más bien de tipo lobulado. A pesar de sus diferencias morfológicas, dichos deltas presentan características sedimentológicas comunes.

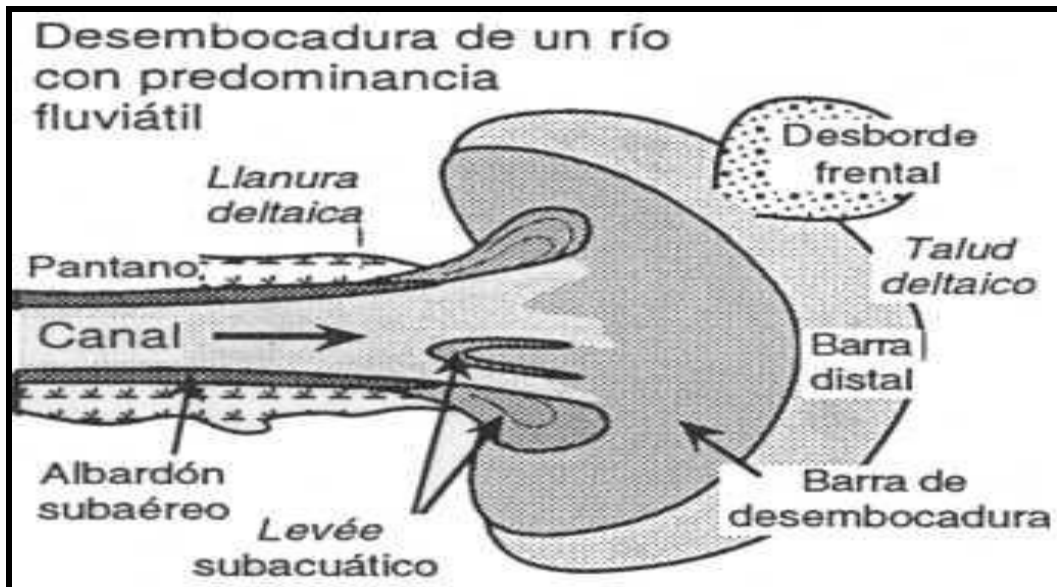


Figura 16: Partes de un delta de dominio fluvial (TOMADO DE SERRA s/a)

Los canales distributarios: Forman una red ramificada a partir del río principal, son estrechos y de sinuosidad débil, lo que contrasta con el río principal, frecuentemente más meandriforme. Cuando el río cambia de cauce y abandona un canal distributario, este último es rellenado por arenas fluviales, que forman un cuerpo estrecho y alargado con espesores que alcanzan 15-20 m y un ancho máximo de 1 a 2 km. Una secuencia característica de canal presenta una base erosiva, un relleno de arenas limpias con estratificación oblicua y termina por depósitos más finos, tal como arcillas y arenas finas con ondulitas de corriente y huellas de raíces (Serra s/a).

Las zonas intercanales: Los canales distributarios están bordeados por diques naturales, construidos por el depósito de sedimentos limosos y arenosos en suspensión, durante los desbordes por crecida. Las zonas intercanales son topográficamente más bajas y forman pantanos o bahías. Durante las crecidas, reciben sedimentos arcillosos que alternan con lechos arenosos. Estos proceden del esparcimiento de material grueso llevado por el agua que sale del cauce del río

MARCO TEÓRICO

durante las crecidas, a través de brechas. Dichos depósitos de desembalse pueden formar abanicos arenosos de varias decenas, o aún centenas de km² de superficie.

En las desembocaduras de los canales distributarios, se depositan las barras de desembocadura: Son cuerpos arenosos en forma de abanico que progradan sobre las arcillas del prodelta. La secuencia que resulta es granocreciente y gradual. Las arenas de dichas barras son generalmente más sucias y finas que las de los canales, pero tienen una extensión geográfica más amplia (varios kilómetros) con una potencia de 2 hasta 10-15 m (figura 17).

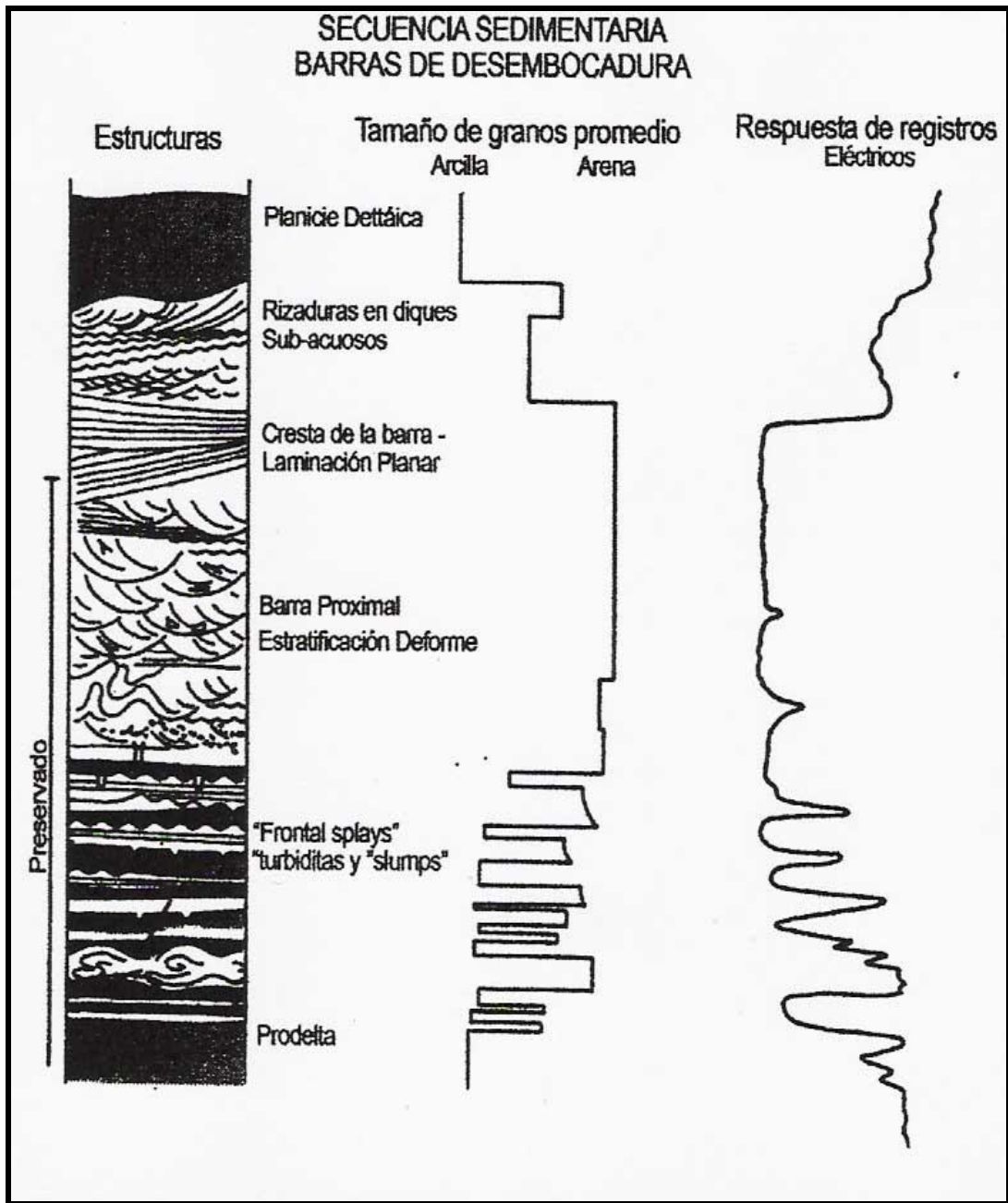


Figura 17: Perfil vertical de una barra de desembocadura (TOMADO DE GALLOWAY et al., 1983)



Figura 18: Ejemplo de un sistema deltaico fluvial (TOMADO DE SERRA s/a)

Delta con dominio de marea:

En este ambiente el material aportado al mar por los distributarios es retrabajado por las corrientes de marea que es la energía dominante en la línea de costa. La llanura deltaica se ve claramente dividida en dos zonas por la línea de marea alta. De ésta forma en la llanura deltaica existirá un sector no dominado por la marea que recibe el nombre de *llanura deltaica de dominio fluvial* y otro sector que es cubierto periódicamente por la acción de la marea que es denominado *llanura deltaica con dominio de marea* (Allen 1989).

La morfología está caracterizada por canales distributarios de tipo estuarino: desembocadura ensanchada (las desembocaduras fluviales son estrechas), bordeadas por llanuras mareales arcillosas, y canales meandriformes aguas arriba (figura 19).



Figura 19: Partes de un delta de dominio de marea (TOMADO DE SERRA s/a)

Los canales distributarios: Generalmente carecen de diques naturales. En el canal se acumulan arenas, a menudo bajo la forma de barras de meandros. Dichos depósitos son más extensos que los de los deltas fluviales.

Las zonas intercanales de la llanura deltaica: Están constituidas por llanuras limosas mareales y pantanos. En las zonas con clima semiárido, se encuentran evaporitas.

En las desembocaduras: La arena es depositada bajo la forma de barras de mareas, cuya forma depende de la acción de las corrientes de flujo y reflujó a veces están alargadas, otras veces lobuladas. Contienen figuras de corriente con sentidos opuestos traduciendo las direcciones opuestas del flujo y reflujó. Progradan sobre las arcillas marinas del prodelta, formando secuencias granocrecientes con base gradacional (Serra s/a).

Estuarios

En la clasificación de los deltas (Galloway 1975), los estuarios representan un caso particular de delta con predominancia de las mareas. Ciertos autores definieron los estuarios en base a criterios de salinidad (0,1 -> 32 %), lo que no influye sobre los procesos sedimentarios; otros en base a la influencia de las mareas, lo que implicaría que los canales distributarios deltaicos o los lagos tras-playa serían estuarios.

Dicha definición implica que un estuario no es un tipo de delta, sino un sistema independiente, cuyo desarrollo depende de la morfología de la costa (valle) y de un contexto eustático transgresivo (figura 20). Por lo tanto, son sistemas efímeros a la escala geológica, ya que si aumentan los aportes sedimentarios o si baja la velocidad del alza eustática, el estuario se rellena y se vuelve delta.

Más aún, según esta definición, la instalación de una sedimentación estuarina traduciría una transgresión eustática (intervalo transgresivo), mientras que la progradación de un delta representaría el prisma de alto nivel, es decir que se suceden en el tiempo (figura 23). Por lo tanto, los depósitos estuarinos se encuentran intercalados dentro de las cuencas deltaicas, formando sistemas llamados a veces parálisos, es decir fluvial distal con intercalaciones marinas o salobres.

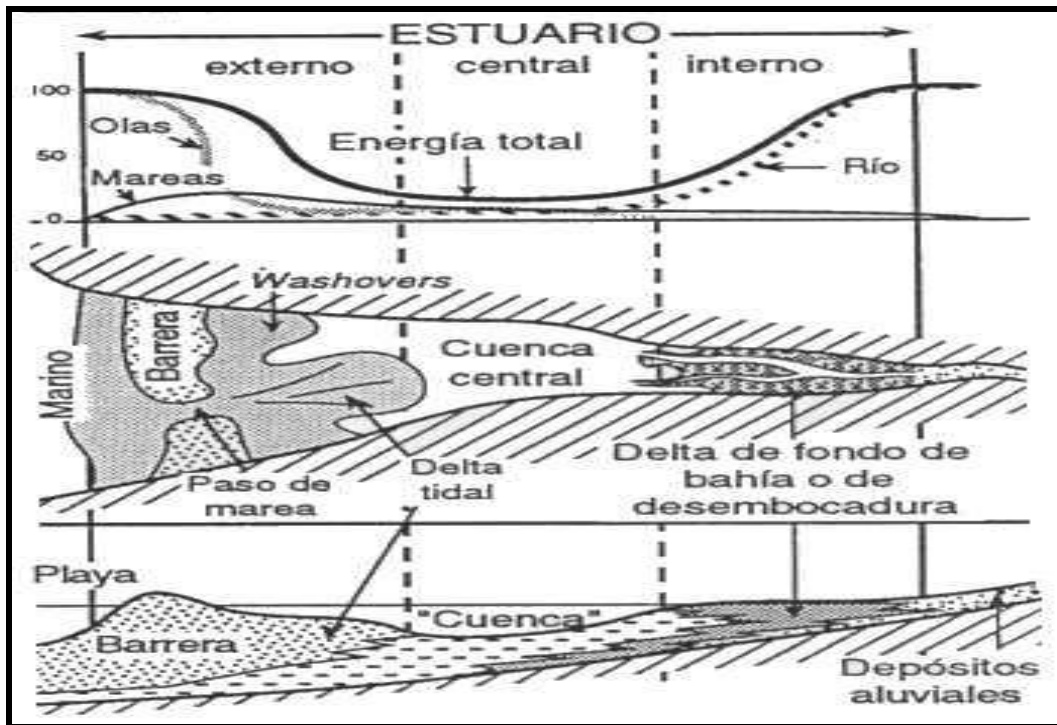


Figura 20: Ejemplo de un estuario (TOMADO DE SERRA s/a)

Por su ubicación, el estuario está caracterizado por salinidades variables que influyen sobre la fauna y la densidad del agua, y por la interacción de procesos fluviales y marinos. Por lo tanto, en todos los estuarios, se distingue (figura 21) (1) una parte externa (distal, boca) dominada por las corrientes de las olas o de las mareas, que inducen una sedimentación gruesa (arenas) y un transporte aguas arriba de los sedimentos, (2) una parte central con energía mínima, porque se equilibran más o menos las influencias, donde se depositan sedimentos más finos, y (3) una parte interna (proximal, cabeza) dominada por la energía del río, que induce una sedimentación gruesa transportada aguas abajo.

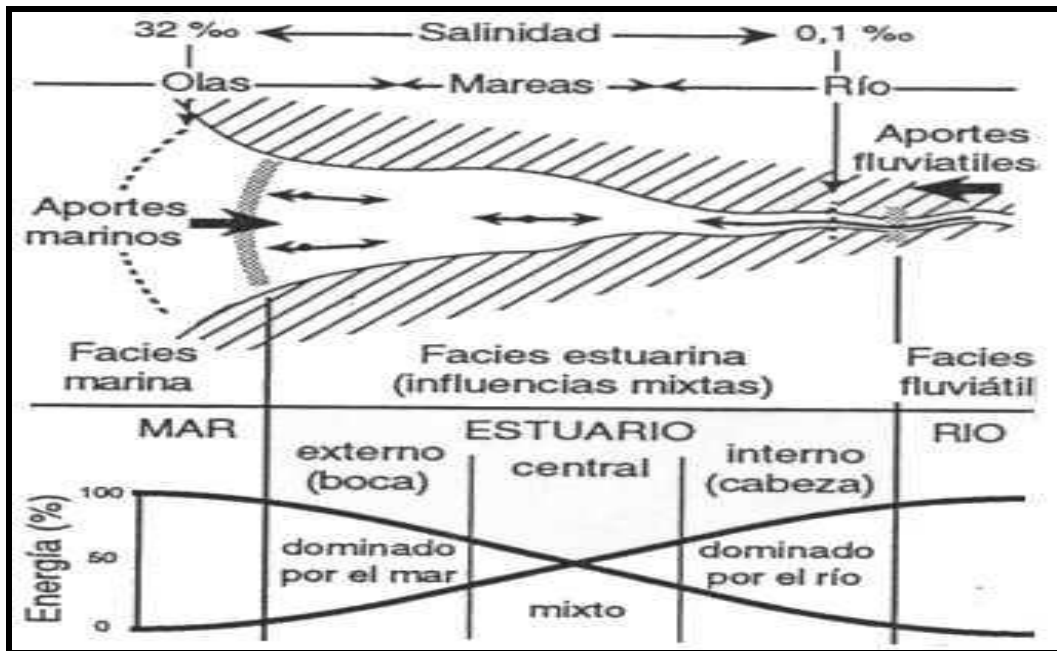


Figura 21: Partes de un estuario (TOMADO DE SERRA s/a)

Estuarios dominados por las mareas:

La mayoría de los ejemplos actuales de estuarios dominados por las mareas están ubicados en zonas macromareales y tienen una forma de embudo. Sin embargo, algunos se encuentran en zonas mesomareales con débil energía de las olas (Serra s/a).

En esos deltas, la energía de las corrientes de marea domina en la boca, y edifica barras de marea alargadas, que rompen la energía de las olas si existen. Por otro lado, la forma ensanchada (embudo) provoca la aceleración de las corrientes de marea aguas arriba (estuario hipersincrónico), hasta el punto donde la fricción contra el fondo y los bordes compense dicha energía (límite de influencia de las mareas).

La energía fluvial decrece aguas abajo, pero, ya que la ausencia de barrera permite una mejor penetración de las corrientes de marea, el mínimo de energía es menos nítido que en los estuarios dominados por las olas (figura 22).

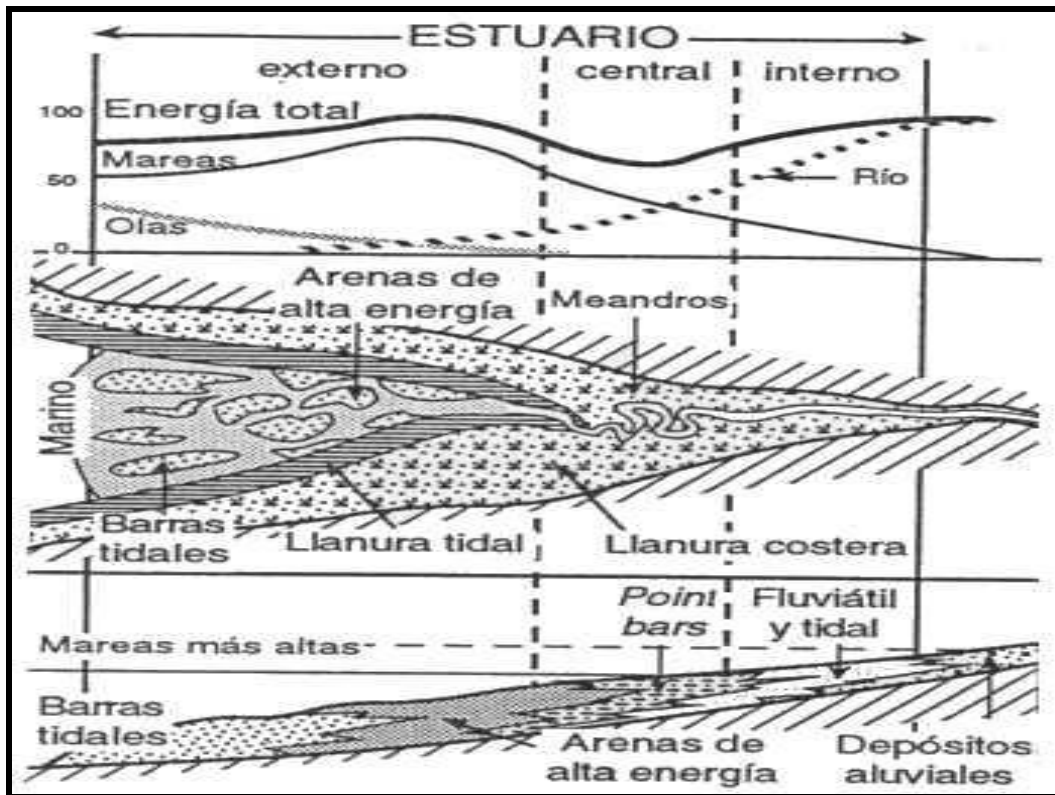


Figura 22: Partes de un estuario de dominio mareal (TOMADO DE SERRA s/a)

En la boca se encuentran barras de mareas alargadas paralelas a la dirección de las corrientes, constituidas por arenas medianas a gruesas con estratificaciones oblicuas. Aguas arriba, en la zona de energía máxima de las corrientes mareales, cuerpos de arena fina con laminaciones horizontales, caracterizan un flujo de alta energía. Si el estuario es ancho, dicha zona comprende canales de mareas (figura 22).

En la parte central de menor energía, el canal mareal-fluvial presenta una evolución morfológica en tres zonas: recta, en meandros, recta hacia la cabeza (figura 22). En el tramo recto inferior dominado por las corrientes de marea, los sedimentos son transportados hacia arriba y pasan aguas abajo a las arenas de alta energía. En el tramo recto superior dominado por el río, los aportes son llevados hacia abajo (Serra s/a).

MARCO TEÓRICO

La zona mediana en meandros, sometida a las influencias mixtas de las mareas y del río, presenta la energía mínima del sistema y está caracterizada por el depósito de point-bars con grano fino (figura 22).

En la figura 23 se puede observar un perfil vertical generalizado de un cuerpo de arena de relleno de canal estuarino.

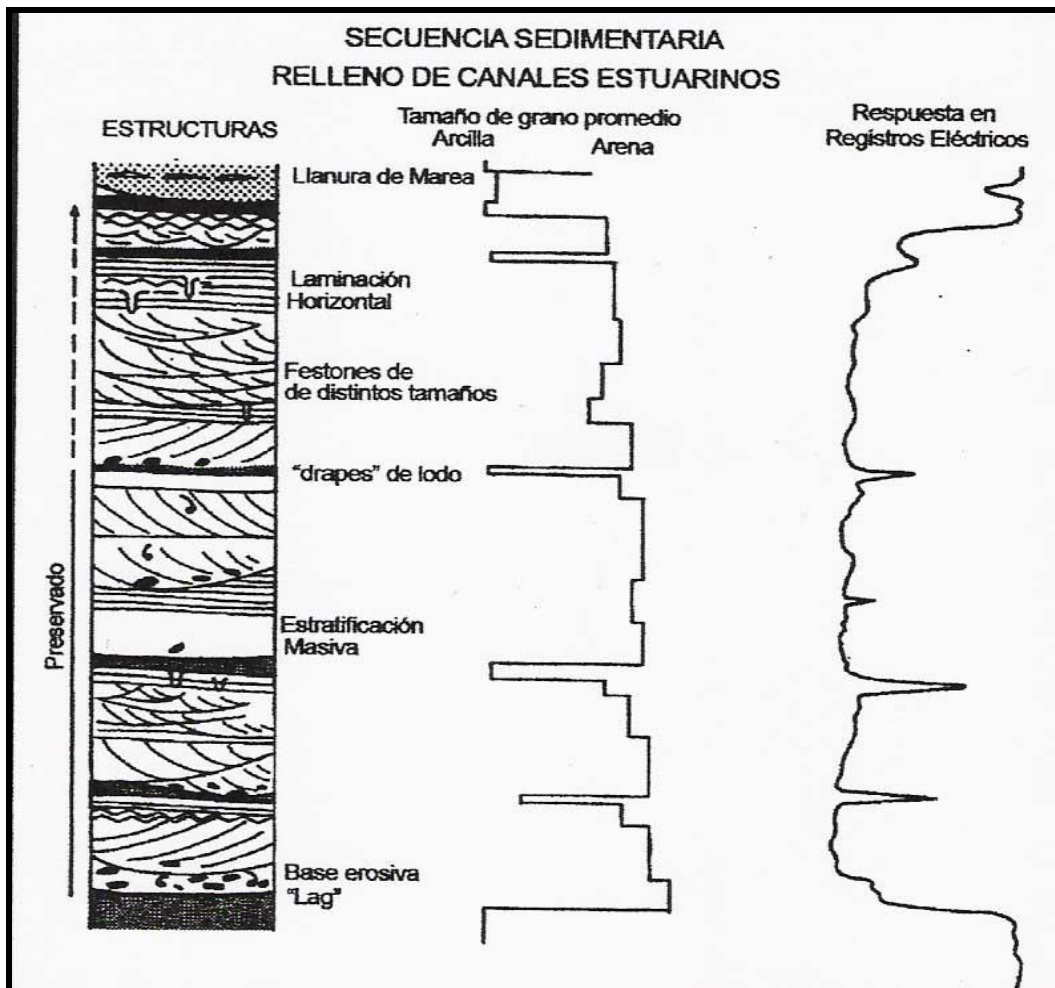


Figura 23: Perfil vertical generalizado de un cuerpo de arena de rellenos de canal estuarino. (TOMADO DE GALLOWAY et al., 1983)

2.5 INTERPRETACIÓN PARA EL RECONOCIMIENTO DE FACIES

El comportamiento de registro de pozos puede ser utilizado para el reconocimiento de facies depositacionales, por su similitud con las sucesiones en los tamaños de granos, ya que cada tipo litológico va a mostrar un comportamiento característico ante propiedades físicas. Estos registros son: potencial espontáneo, rayos gamma, resistividad, densidad, entre otras (Walker y James, 1992) (figura 24).

Para los modelos fluviales se puede inferir que los depósitos pertenecientes a ríos rectilíneos constituyen una alternancia vertical de arena o grava, observándose en perfiles eléctricos de rayos gamma o potencial espontáneo un comportamiento de la curva tipo cilíndrico.

En secuencias de depósitos de meandros la expresión en un perfil de potencial espontáneo o rayos gamma mostrará una evolución acampanada hacia la parte superior. En los canales abandonados de ríos meandriformes la expresión de un perfil será semejante a la de una barra de meandro en la parte basal de la sección con una sección arcillosa en la parte superior. Este intervalo de arcilla recibe el nombre de tapón de arcilla. (Kendall, EN: <http://strata.geol.sc.edu.seqstrat.html>, 2006).

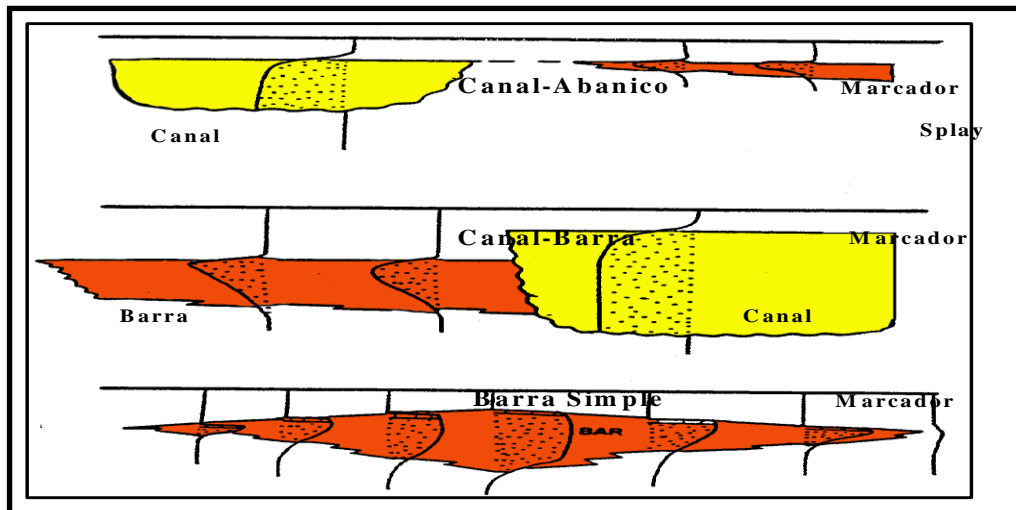


Figura 24: Tipos de formas de GR y SP, para identificar litologías. (TOMADO DE INFORME PDVSA, SANDOVAL, 2006)

Un abanico de rotura aparece como un cuerpo delgado de arena intercalado entre intervalos lutíticos de llanura aluvial. La curva que representa la lutita de la llanura de inundación también puede ser interrumpida por deflexiones de capas de carbón o de depósitos de arenas de canales más antiguos enterrados en las lutitas de llanura aluvial.

Para interpretar modelos deltaicos los parámetros son iguales; los depósitos de llanura deltaica constituyen un intervalo de sedimento fino que actúa como sello lateral de cuerpos arenosos de los canales distributarios y los abanicos de rotura. En una curva de rayos gamma tienen la misma expresión que las llanuras de inundación del ambiente fluvial donde la línea de lutita puede ser interrumpida por depósitos de abanicos de rotura o capas de carbón o rellenos de canal más antiguos (Kendall, EN: <http://strata.geol.sc.edu.seqstrat.html>, 2006).

CAPÍTULO III

3 GEOLOGÍA REGIONAL

3.1 GENERALIDADES

Cuenca Oriental de Venezuela

La Cuenca Oriental de Venezuela comprende los estados Guárico, Anzoátegui, Monagas, la extensión meridional del estado Sucre y Deltamacuro, prolongándose mar adentro hacia la Plataforma Deltana y el Sur de Trinidad (CEPET, 1989). Según Chevalier “et al.”, (1995) la misma representa una depresión topográfica y estructural compuesta por una secuencia sedimentaria principalmente clástica que abarca estratos Mesozoicos y Cenozoicos. Cubre un área de 170.000 km², limitada por el río Orinoco al sur, al oeste por el Arco de El Baúl, al norte por la Serranía del Interior Central-Oriental (González de Juana “et al”., 1980) (figura 25).

La cuenca es asimétrica, con el flanco sur buzando suavemente hacia el norte, hasta que es interceptada por una zona de complejas distorsiones tectónicas y plegamientos, que constituyen el flanco norte. Toda la cuenca se inclina hacia el este, de manera que la parte más profunda de ella se encuentra al noreste, hacia Trinidad. De acuerdo a sus características sedimentológicas, tectónicas y estratigráficas se subdivide en dos subcuencas: Subcuenca de Guárico y Subcuenca de Maturín.

Reina (2002) indica que por su contenido de hidrocarburos, la Cuenca Oriental de Venezuela es la segunda de América del Sur, después de la Cuenca del Lago de Maracaibo.

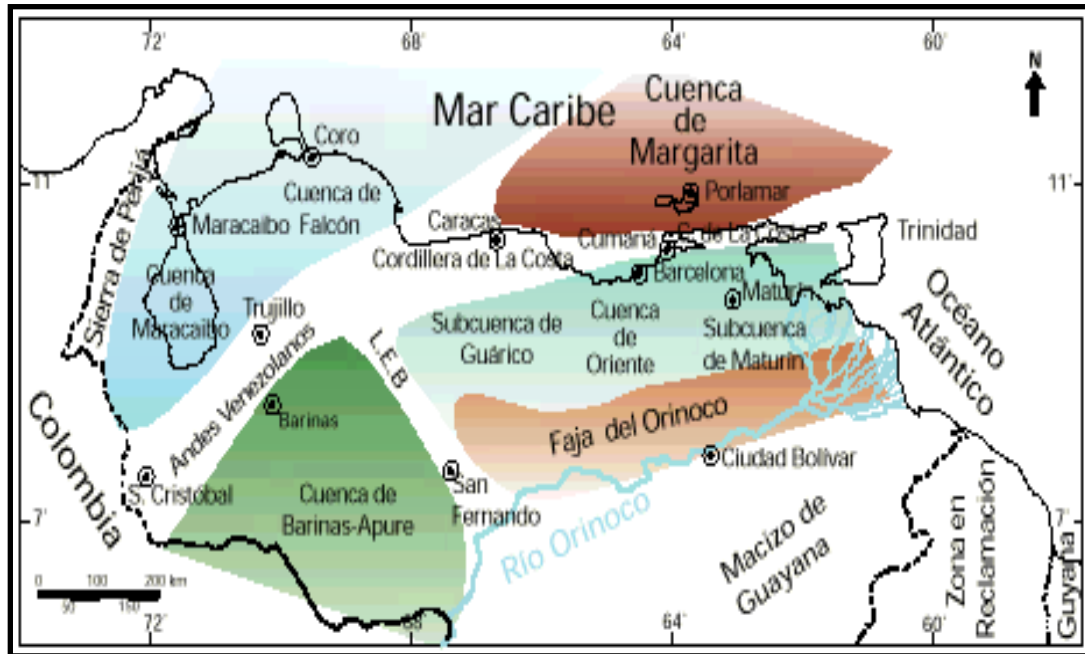


Figura 25: Cuencas Petrolíferas de Venezuela, basadas en la distribución de sus Provincias Sedimentarias. L.E.B. Lineamiento de El Baúl, límite entre las Cuencas de Oriente y Barinas-Apure. (TOMADO DE OSTOS Y YORIS 1997, Evaluación de Pozos)

Subcuenca de Maturín

Esta constituye la principal unidad petrolífera de la Cuenca Oriental de Venezuela. Su forma es asimétrica y alargada, presentando una dirección N50E, presenta acuñamientos de las unidades estratigráficas y deformaciones estructurales que definen dos dominios, uno al norte y otro al sur del Corrimiento del Pirital (Ostos y Yoris, 1997) (figura 26).

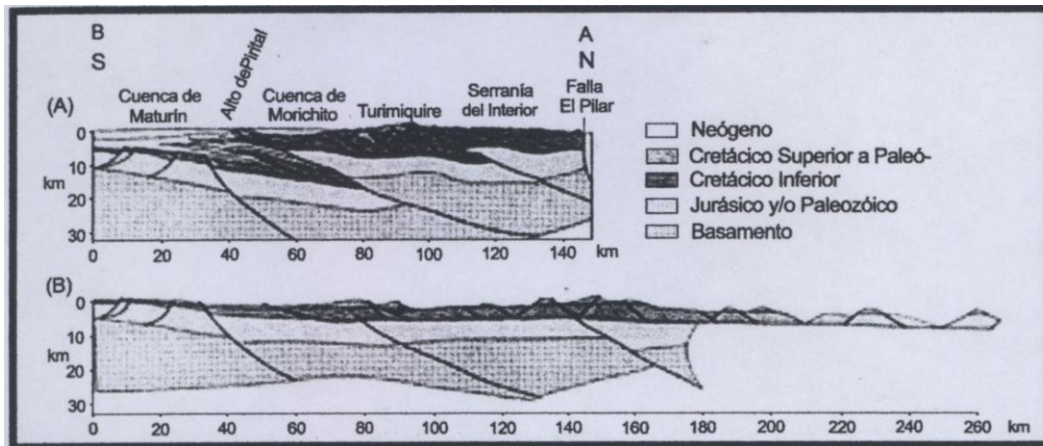


Figura 26: Sección estructural de la subcuenca de Maturín desde la Serranía del Interior Oriental hasta la Faja del Orinoco (TOMADO DE PARNAUD et al., 1995)

El flanco sur de ésta subcuenca se encuentra apoyado sobre el basamento ígneo-metamórfico del Escudo de Guayana y está caracterizado por un régimen extensivo.

Su estratigrafía es muy sencilla y semejante a la de la subcuenca de Guárico en el subsuelo, con el Grupo Temblador, en su parte inferior, como representante del Cretácico, y un Terciario suprayacente de edad Oligoceno-Pleistoceno, en el que se alternan ambientes fluvio-deltaicos y marinos someros, hasta su relleno final de ambientes continentales (Ostos y Yoris, 1997).

Su flanco norte está caracterizado por la presencia de estructuras compresivas, asociadas a la trascolisión oblicua de la Placa Caribe con la Placa Suramericana en el Oligoceno. La estratigrafía de la Serranía del Interior Oriental representa una buena parte de la sedimentación del flanco norte de ésta subcuenca: una espesa y compleja secuencia que abarca desde el Cretácico Temprano hasta el Pleistoceno. (Parnaud "et al.", 1995).

3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

CEPET (1989) indica que los rasgos estructurales mayores que se encuentran en la Cuenca Oriental son: el corrimiento Frontal de Guárico, en el cual existe un contacto tectónico entre formaciones Cretácicas metamorfizadas y Paleocenas sobre formaciones cuya edad está comprendida entre el Oligoceno y el Mioceno; el corrimiento de Anaco, caracterizado por una serie de domos con acumulaciones de hidrocarburos y el Sistema de Corrimientos al sur de la Serranía del Interior Oriental, en donde se encuentra el corrimiento de Pirital. Éste último es el que divide a la subcuenca de Maturín en dos dominios importantes, el del norte, con una gran complejidad tectónica (Serranía del Interior Oriental) y hacia el sur una zona tectónicamente menos compleja, dominada por fallas normales, la cual es muy importante por su contenido en hidrocarburos y donde se encuentran la mayoría de los campos petroleros, incluyendo el Área Mayor de Oficina (figura 27).

El cambio genético en el estilo de la cuenca, desarrolla una serie de rasgos estructurales que afectan a todas las unidades presentes; dicho estilo de deformación se caracteriza por un conjunto de pliegues y corrimientos (Di Croce, 1989), definidos por anticlinales y sinclinales asimétricos, cortados por corrimientos con buzamientos hacia el norte y rumbos idénticos a los ejes de pliegues.

Además de estos rasgos estructurales existen dos sistemas de fallas transversales; uno transcurrente dextral con rumbo noroeste y buzamiento alto y otro sistema de fallas de tipo normal con rumbo N-E (Di Croce 1989) (figuras 28 y 29).

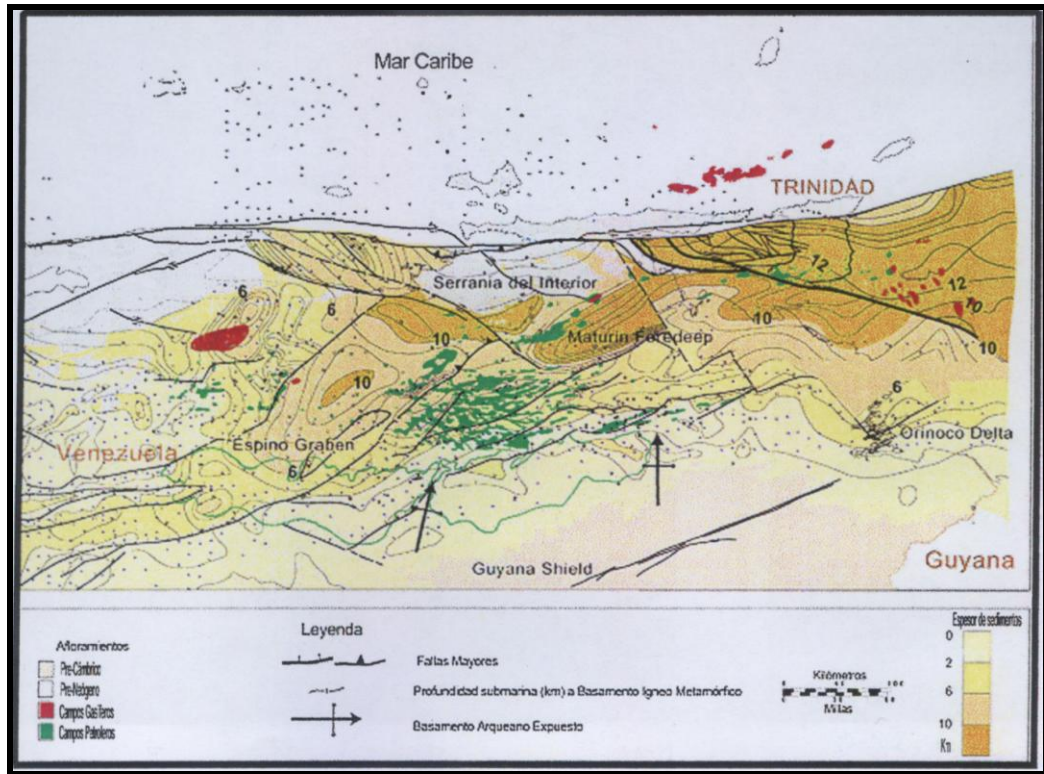


Figura 27: Configuración estructural de la Cuenca Oriental de Venezuela y distribución de los sedimentos (TOMADO DE SUMMA et al., 2003)

En la figura 28 se observa el corte geológico NO-SE de la subcuenca de Maturín, éste muestra la configuración estructural y estratigráfica de la misma. Se puede notar la complejidad tectónica hacia el norte, con presencia de corrimientos y múltiples fallas. Además se aprecia la sedimentación que descansa sobre el basamento Precámbrico hasta las formaciones pertenecientes al Terciario.

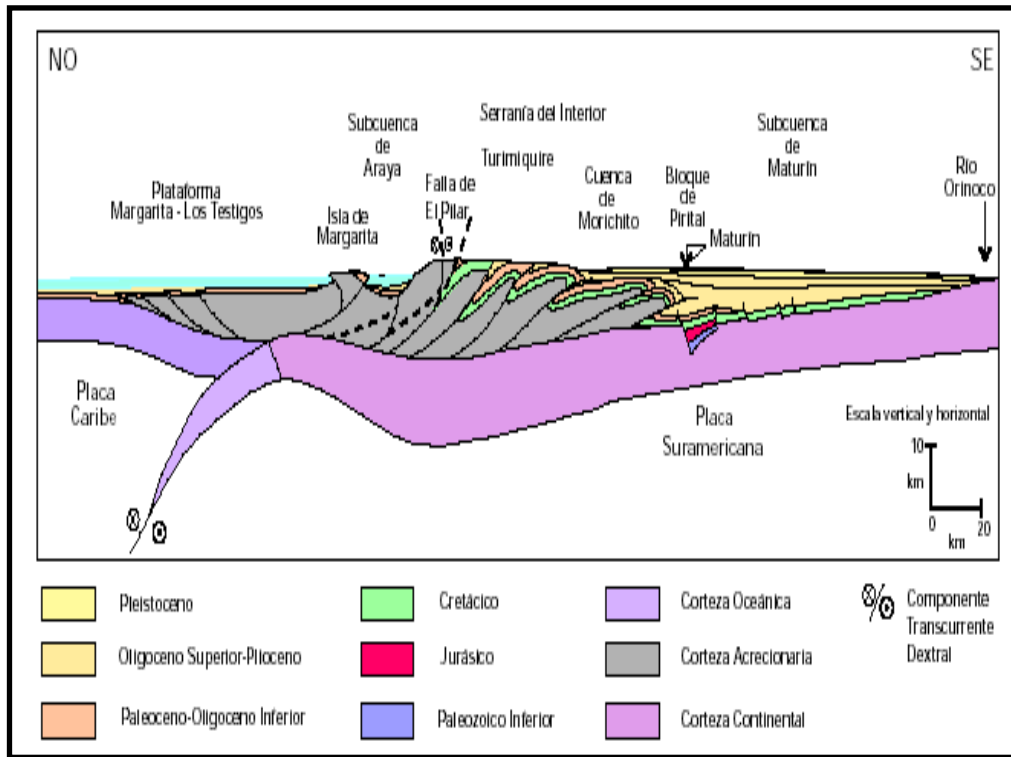


Figura 28: Corte Geológico mostrando la Subcuenca de Maturín. (TOMADO DE OSTOS Y YORIS, 1997, Evaluación de pozos)

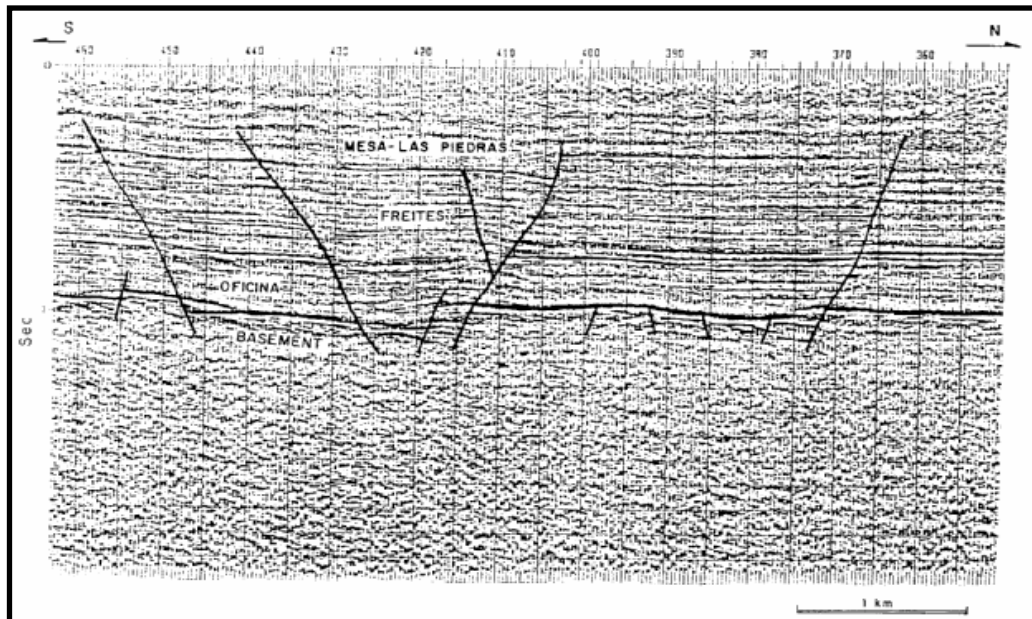


Figura 29: Sección Sísmica mostrando el estilo estructural presente en el área (TOMADO DE PARNAUD et al. 1995)

Evolución Tectónica de la Cuenca Oriental de Venezuela

La Cuenca Oriental de Venezuela es la estructura más importante del oriente del país al norte del río Orinoco. El Campo Jobo y los campos petrolíferos del sur del estado Monagas están situados en el flanco sur de la cuenca (figura 30). Esta región, donde el buzamiento de las capas de la Formación Oficina es hacia el norte, ha sido muy afectada por fallas normales la mayoría de las cuales tiene el lado levantado hacia la cuenca y el lado deprimido hacia el Cratón. Estas fallas conjuntamente con el desarrollo lenticular de las arenas tuvieron gran importancia en la formación de las trampas que controlan la acumulación de hidrocarburos.

Las rocas competentes del escudo Guayanés, que en el área del sur de Monagas constituyen el basamento sobre el cual se depositaron los sedimentos más jóvenes, no pudieron doblarse suficientemente para compensar el incremento de peso en la carga sedimentaria que presionaba hacia abajo. Por consiguiente, dichas rocas se rompieron para relevar los esfuerzos de tensión resultantes y se produjo una zona de fallas a lo largo del margen sur de la Cuenca Oriental de Venezuela. El fallamiento no se produjo todo al mismo tiempo sino que fue un proceso progresivo que se extendió desde el inicio de la cuenca hasta el Plioceno (Key, 1977).

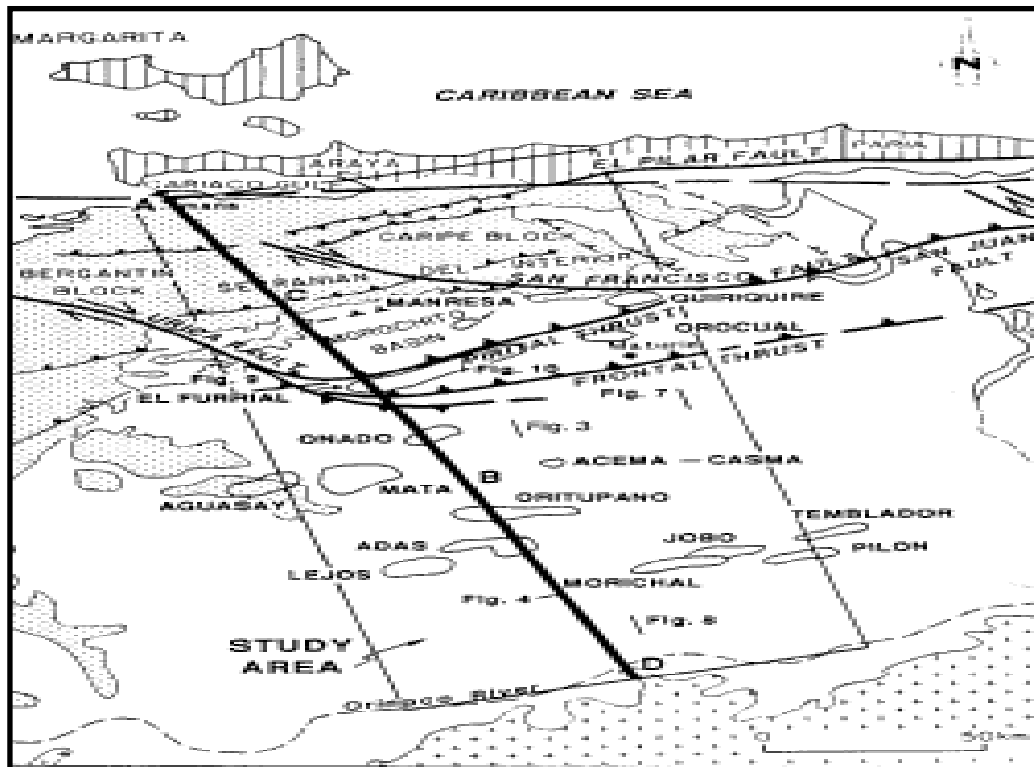


Figura 30: Mapa del área de estudio (TOMADO DE PARNAUD et al. , 1995)

La evolución geodinámica de la Cuenca Oriental de Venezuela puede ser dividida en cuatro grandes episodios (Eva “et al.”, 1989, En: Parnaud “et al.”, 1995):

✚ Una fase prerift en el Paleozoico:

Ésta etapa es la responsable de la depositación de secuencias sedimentarias en ambientes neríticos y costeros como las formaciones Hato Viejo y Carrizal en la subcuenca de Guárico (Parnaud “et al”., 1995).

Una fase de rifting:

Se desarrolla durante el Jurásico y comienzos del Cretácico Temprano, se caracteriza por la generación de estructuras “horst” y “graben”, creación de corteza oceánica protocaribe al norte y una discordancia regional hacia el Cratón cuya separación ocurre a lo largo de fallas transformantes (Reina, 2002). Esta secuencia está representada por la Formación La Quinta, al oeste, en el Graben de Espino, la cual fue depositada en ambientes continentales (Parnaud “et al.”, 1995).

Formación de un margen pasivo:

Caracterizado por una plataforma continental estable; limitada al sur por el Cratón de Guayana y un océano abierto hacia el norte. La sedimentación se desarrolla con la concurrencia de tres fases transgresivas Cretácico-Paleógeno, que inundan el continente de norte a sur. Éstas ocurren durante el Turoniense, Paleoceno Temprano-Eoceno y Oligoceno, respectivamente, y son generadas por cambios eustáticos del nivel del mar (Parnaud “et al.”, 1995).

La primera fase transgresiva que se reconoce ocurre durante el Turoniense con la depositación de la Formación Barranquín, durante ese período se depositan la mayoría de las rocas madres que generaron los hidrocarburos de la Cuenca Oriental. El fin de esta transgresión lo marca la depositación de la plataforma carbonática (Parnaud “et al.”, 1995).

Durante el Paleoceno-Eoceno, ocurre la siguiente transgresión importante, posterior a la regresión Maestrichtiense, representada por la Formación San Juan, la cual contiene facies regresivas de abanicos submarinos (Parnaud “et al.”, 1995).

La última transgresión importante se define como un ciclo transgresivo-regresivo y ocurre durante el Oligoceno con la depositación de la Formación Merecure, característica de ambientes continentales (Parnaud “et al.”, 1995).

Una última fase de colisión oblicua:

Parnaud “et al.”, (1995) explica que ésta etapa marca el final del margen pasivo durante el Oligoceno como consecuencia de la colisión de la Placa Caribe contra la Placa Suramericana generando una cuenca antepaís. La colisión migra progresivamente hacia el este desde el Oligoceno hasta el Mioceno Tardío, dividiendo la cuenca antepaís en tres áreas principales:

- Una al sur correspondiente a la zona de plataforma (desde Cerro Negro hasta Oritupano).
- Una zona central correspondiente al “foredeep” (desde Acaema-Casma a Pirital).
- Una al norte correspondiente al corrimiento (norte de la falla de Pirital).

Como consecuencia de la colisión la forma de la cuenca cambia, generando que los sedimentos adquieran una distribución diferente, dando lugares a ambientes más continentales. En el “foredeep” se depositaron las formaciones Oficina y Freites durante el Mioceno y la Formación Carapita que actúa como sello de las rocas reservorio. Durante el Plioceno-Pleistoceno los depósitos del “foredeep” pertenecen a las formaciones La Pica y Las Piedras, de ambientes marinos someros (Parnaud “et al.”, 1995).

GEOLOGÍA REGIONAL

Por otra parte la figura 31 muestra una sección geológica regional con dirección N-S, la cual exhibe la geometría de la cuenca y la depositación durante el Oligoceno y Mioceno Temprano.

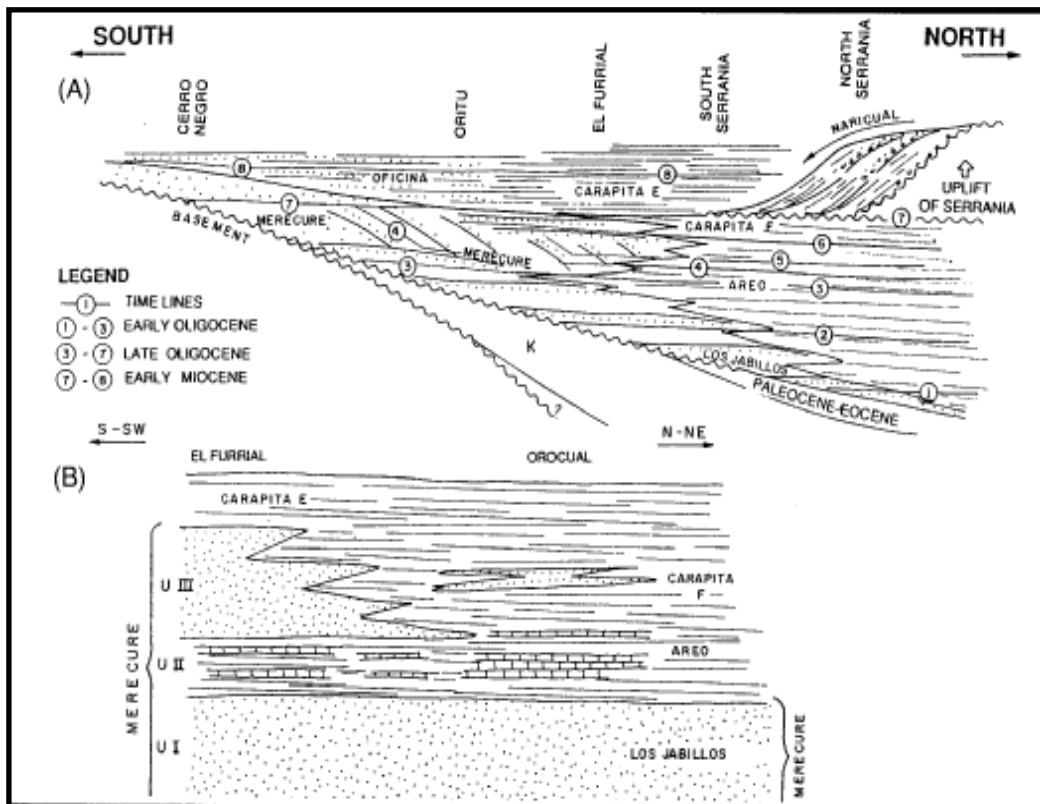


Figura 31: Sección mostrando la depositación de los sedimentos durante el Oligoceno y Mioceno Temprano. (A) Modelo Regional; (B) Modelo local (TOMADO DE PARNAUD et al., 1995)

GEOLOGÍA REGIONAL

La evolución tectónica y estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela desde el Mesozoico hasta el presente, se puede observar en la figura 32, en la cual se desarrollan perfiles geológicos NO-SE, en donde es bastante notable el desarrollo y la inversión de la cuenca antepaís (“foreland”), como consecuencia de la colisión oblicua entre las placas Caribes y Suramericana.

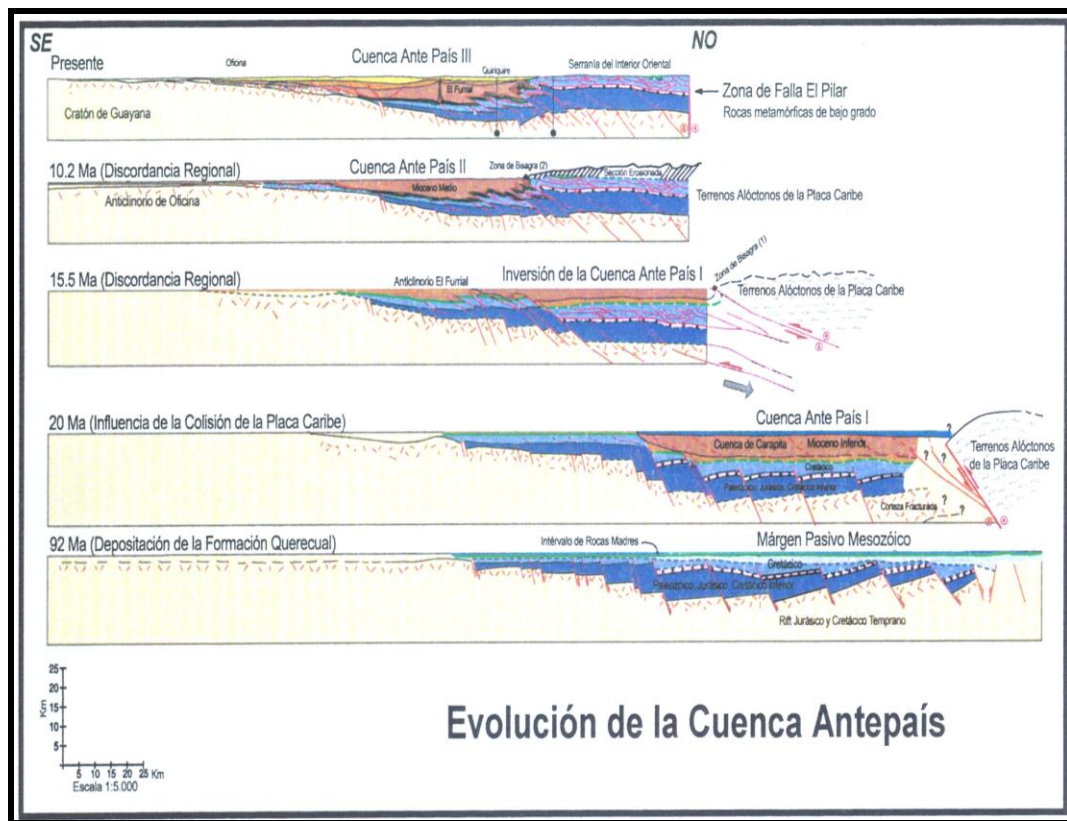


Figura 32: Perfiles Geológicos con dirección NO-SE que muestran la evolución tectónica y estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela desde el Mesozoico hasta el presente (TOMADO Y MODIFICADO DE SUMMA et al., 2003)

3.3 MARCO ESTRATIGRÁFICO REGIONAL

La columna estratigráfica regional se extiende desde el Basamento Ígneo Metamórfico del complejo basal de Guayana (de edad Precámbrico) hasta el Pleistoceno con la depositación de la Formación Mesa.

Para efectos de este trabajo se deben tomar con mayor relevancia los eventos sedimentarios que permitieron la depositación de la Formación Oficina en el Mioceno. A continuación se realiza una descripción detallada de la secuencia sedimentaria perteneciente a la Subcuenca de Maturín, en la misma se hace mayor énfasis en la Formación Oficina, la cual es de gran interés debido a su gran potencial de hidrocarburos.

3.3.1 BASAMENTO

Soto “et al.”, (2003) describe el basamento como un complejo de rocas ígneas y metamórficas intensamente deformadas y erosionadas de edad Precámbrica.

3.3.2 FORMACIÓN HATO VIEJO

Descrita en el Pozo Hato Viejo (a unos 50 km al sur de Pariaguán, en el distrito Monagas), son esencialmente areniscas de grano fino a grueso, duras, macizas y friables; los granos son redondeados y muy bien cementados (Hedberg, 1947). De edad Cámbrico. Las características de la unidad indican que el ambiente de sedimentación es continental, y sus sedimentos son de relleno de Cuenca de una fase erosiva, contemporánea o subsiguiente a un período de intensa actividad tectónica (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997).

3.3.3 FORMACIÓN CARRIZAL

Son espesas secuencias de arcilitas verdosas a gris oscuro, duras, compactas, masivas y densas, posee algunas capas de limolitas y areniscas, es de edad Cámbrico Tardío. Fue depositada en condiciones de ambiente marino (nerítico), en aguas someras y condiciones de corriente típicas de llanura de marea (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997).

3.3.4 FORMACIÓN CANOA

Descrita en el pozo Tigre-1, como una intercalación de conglomerados de grano fino, areniscas, limolitas y arcilitas gris azulada de edad Aptiense-Albiense (Hedberg, 1947). Se sugiere una depositación en ambientes continentales por la presencia de conglomerados y restos de plantas, posiblemente fluvial del tipo barra de meandro (Léxico estratigráfico de Venezuela, 1997).

3.3.5 FORMACIÓN EL TIGRE

En el pozo el Tigre-1, la formación es una secuencia variable de areniscas y limolitas que se encuentran irregularmente estratificadas, son de grano fino, glauconíticas; con areniscas gruesas y friables espesa, es de edad Cenomaniense-Campaniense. La fauna encontrada indica un ambiente de plataforma que varía hacia arriba desde plataforma exterior hasta talud (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997).

3.3.6 FORMACIÓN OFICINA

Está presente en el subsuelo de todo el flanco sur de los estados Anzoátegui y Monagas. Su litología característica consiste de una alternancia monótona de areniscas y lutitas, con abundantes lignitos de muy poco espesor pero de gran

extensión lateral. Individualmente las areniscas son lenticulares, pero en los paquetes de areniscas se extienden a grandes distancias, facilitando la correlación a través de la cuenca (Méndez, 1985). En el campo Jobo se divide en cuatro miembros perfectamente reconocibles por toda el área del campo (Ver Figura 33), de base a tope estos son: Miembro Morichal, Miembro Yabo, Miembro Jobo y Miembro Pilón. Su descripción es la siguiente:

Miembro Morichal

Constituye la parte inferior de la Formación Oficina en el Campo Jobo donde contiene reservas importantes de petróleo extrapesado. Este tiene un espesor aproximado de 600 pies, su parte inferior descansa discordantemente sobre el tope erosionado de la Formación Temblador y por su parte superior es concordante con las lutitas suprayacentes del Miembro Yabo.

Está compuesto por lutitas intercaladas con potentes cuerpos de arena que en algunas partes del campo tienen patrones de rumbo bien definidos y espesores del orden de los 100 pies. Litológicamente las arenas que integran estos paquetes son de grano fino a grueso, el escogimiento varía de bueno a pobre y las arenas están prácticamente sin consolidar (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997).

Miembro Yabo

Este fue depositado durante una transgresión marina de aguas someras de corta duración y constituye una barrera efectiva que separa los yacimientos petrolíferos presentes en los Miembros Morichal y Jobo respectivamente.

La lutita de Yabo es una de las unidades litológicas más características de la Formación Oficina en ésta área y es fácilmente reconocible en los perfiles eléctricos de Jobo. Se extiende hacia el norte y hacia el oeste donde esta presente en los pozos perforados en los campos Temblador y Morichal respectivamente. Sin embargo, hacia

el este, en la porción más occidental del campo Pílon, ésta lutita grada a una facies arenosa perdiendo su propiedad de capa selladora y se produce un empalme de los Miembros Jobo, Yabo y Morichal de modo que su reconocimiento como unidades individuales ya no es posible (Key, 1977).

Miembro Jobo

Está situado en la parte superior de la Formación Oficina. Es también un importante productor de petróleo pesado pero con la ventaja de que el petróleo es menos denso y puede extraerse más fácilmente y en mayor cantidad que el almacenado en el Miembro Morichal (Key, 1977).

Es concordante tanto en la base como en el tope con los Miembros Yabo y Pílon respectivamente. El espesor varía entre 130 y 240 pies. Está compuesto por arenas grises usualmente de color marrón oscuro por saturación de petróleo, de grano fino a medio, pobremente consolidadas, friables, y por lutitas macizas, finamente laminadas con arenas y limos; de vez en cuando se aprecian capas delgadas de lignitos (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997).

Miembro Pílon

El nombre se propone para designar una lutita oscura, arenosa, calcárea, fosilífera, glauconítica y pirítica con intercalaciones delgadas de caliza que en el campo Jobo constituye el techo de la Formación Oficina. Por la base el Miembro Pílon descansa concordantemente sobre el Miembro Jobo, y por el tope subyace aparentemente concordante a las lutitas de color gris verdoso de la Formación Freites (Key, 1977).

3.3.7 FORMACIÓN FREITES

En la localidad tipo, Hedberg “*et al*” ., 1947, describen lutitas físis verdes a gris verdoso, con areniscas en el tope y la base, que permiten la subdivisión de la unidad

en tres intervalos: Un intervalo superior de unos 100 m, con capas delgadas de areniscas arcillosas de grano fino, de color blanco verdoso, algo glauconíticas y muy persistentes lateralmente. Un intervalo predominantemente lutítico, y un intervalo inferior de aproximadamente 100 m de lutitas intercaladas con areniscas verde-amarillentas, de grano medio a grueso, glauconíticas, calcáreas o sideríticas y muy fosilíferas (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997).

La Formación Freites suprayace concordantemente a la Formación Oficina en casi toda su extensión, excepto en el área de Anaco, donde se presenta una discordancia. En esa región, en los domos de Santa Ana y San Joaquín, y en una amplia franja al oeste del campo Santa Ana, la formación aflora, estando en contacto discordante sobre la Formación Quiamare (González de Juana, “*et al*” ,. 1980).

Hacia el tope, la formación es concordante con la Formación Las Piedras suprayacente. El contacto superior se identifica con el tope del mas alto nivel marino de Freites; el contacto inferior se ubica en el cambio de color de gris o gris marronusco de Oficina al color verdoso de Freites (Hedberg “*et al*” ,. 1947).

3.3.8 FORMACIÓN LAS PIEDRAS

La Formación Las Piedras consiste en areniscas micáceas, friables, de grano fino y colores gris claro a gris verdoso, interlaminada con lutitas gris a verdoso, arcillitas sideríticas, grises, lutitas ligníticas y lignitos (Hedberg “*et al.*”, 1947). También se encuentran algunas calizas arenosas duras y de color verde (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997).

En la parte norte de la cuenca de Maturín, la Formación Las Piedras es concordante sobre la Formación La Pica. En el borde norte de la cuenca, la formación traslapa los límites de La Pica y yace con fuerte discordancia angular sobre unidades del Mioceno al Cretácico.

En el flanco sur de la cuenca, yace concordantemente sobre la Formación Freites. En el área mayor de Oficina, el contacto ha sido establecido en la base de la Arena Tau, nombre aplicado localmente a la arena basal de la formación. En general, se emplea el criterio de fijar el contacto donde aparezcan las primeras capas de ambiente marino de la Formación Freites. En el extremo sur de la cuenca, ya cerca del río Orinoco, la formación yace posiblemente sobre el basamento ígneo metamórfico, al desaparecer la Formación Freites por acuñamiento (Santos, 1987).

3.3.9 FORMACIÓN MESA

En los límites norte y sur de la Mesa de Guanipa (González de Juana, 1980), la Formación Mesa consiste de arenas de grano grueso y gravas, con cemento ferruginoso cementadas y muy duras; conglomerado rojo a casi negro, arenas blanco-amarillentas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita. En la Mesa de Tonoro se observan capas lenticulares de conglomerado, arenas, y algunas arcillas. La Formación Mesa suprayace en contacto concordante y transicional, a la Formación Las Piedras (Plioceno) (Léxico Estratigráfico, 1997).

La figura 33 muestra la columna estratigráfica generalizada de las formaciones que conforman la Subcuenca de Maturín en el Campo Jobo.

Columna estratigráfica local

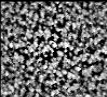



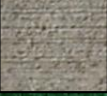
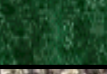



EDAD	FORMACIÓN	MIEMBRO	LITOL.	DESCRIPCION
PLEISTOCENO	MESA			ARENAS GRISES; ARCILLAS GRIS OSCURAS
PLIOCENO	LAS PIEDRAS			LUTITA GRIS CLARA, ARENAS GRISES ARCILLOSAS POCO CONSOLIDADAS
MIOCENO	FREITES			LUTITAS VERDES ARENOSAS, FOSILIFERAS, GLAUCONITICAS
	OFICINA	PILÓN		LIMOS Y LUTITAS
		JOBÓ		ARENAS INTERCALADAS CON LUTITAS
		YABO		LUTITA MARINA
		MORICHAL		ARENAS MASIVAS INTERCALADAS CON LUTITAS
CRETÁCICO	TEMBLADOR			ARENISCAS Y LUTITAS MOTEADAS
PRE-CÁMBRICO	BASAMENTO			GNEIS GRANÍTICO

Figura 33: Columna Estratigráfica generalizada de las formaciones que conforman la Subcuenca de Maturín, en el Campo Jobo; con fotografías tomadas a petrografías (TOMADO DE UNIDAD DE YACIMIENTOS, SANDOVAL, 2006)

Evolución Estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela

Es importante resaltar que en la figura 31 se muestra una sección geológica regional con dirección N-S, la cual exhibe la geometría de la cuenca y la depositación durante el Oligoceno y Mioceno Temprano. Nótese que la Formación Merecure se deposita durante el Margen Pasivo, el cual culmina con el levantamiento de la Serranía del Interior Oriental; es en la fase de Colisión Oblicua cuando comienza a depositarse, hacia el sur, la Formación Oficina.

En la parte media del Terciario, el borde sur de la cuenca estaba sometida a la influencia de procesos sedimentarios: fluviales, deltaico y marino costeros. Estos procesos actuaron en el área continental y a lo largo del borde marino de la cuenca. Los ríos (paleocorrientes) fluían hacia el norte desde el escudo de Guayana. Estos ríos formaron una serie de deltas en su desembocadura con las correspondientes áreas paludales y barreras litorales.

Durante el Oligoceno y el Mioceno la cuenca de Oriente tenía una configuración bastante distinta a la actual. El eje de ella estaba más al norte y el límite norte del Escudo de Guayana se encontraba en el sur de la Faja Petrolífera del Orinoco actual.

Al sur de la Cuenca existía una plataforma continental muy amplia a la cual caían ríos desde el Escudo de Guayana formando complejos deltaicos de diferentes tamaños. Los mayores desarrollos deltaicos están localizados en el sur del estado Monagas, principalmente las áreas de Temblador y Morichal (Formación Oficina).

Los autores que definieron la Formación Oficina (Hedberg, “*et al.*”, 1947), la consideraron como **unidad genética** y no como unidad litoestratigráfica (en las cuales las litologías cruzan líneas de tiempo geológico).

El gran complejo deltaico de Oficina tiene muchas características propias y difíciles de ser observadas en otros complejos deltaicos antiguos del mundo. Los sedimentos se depositan aproximadamente en la misma área, esto significa que debía existir una plataforma continental grande recubierta por un mar tranquilo poco profundo en el cual se formó el complejo deltaico. Para que haya espesores mayores de 5.000 pies en la Formación Oficina, tiene que postularse una **gran subsidencia de la Cuenca de Oriente**, cada vez mayor, cerca del eje de la cuenca. A la vez hay que postular un movimiento gradual ascendente del Escudo de Guayana en los tiempos de Oficina.

El complejo deltaico empezó a progradarse sobre la plataforma continental durante el Oligoceno. A raíz de la subsidencia arriba mencionada el mar empezó a avanzar hacia el sur, produciendo miles de lóbulos deltaicos de tipo transgresivo. En este tipo de delta los ambientes de depositación y las facies sedimentarias están distribuidos en forma concéntrica. El plano deltaico contiene varios subambientes, tales como la llanura deltaica alta y baja, ciénagas debidas a cambios de mareas y conjuntos representados por áreas de playas y barras, ya en el borde del delta.

En la parte submarina están las barras de desembocadura, la plataforma del frente deltaico, la pendiente del prodelta y la plataforma costa afuera.

Las corrientes marinas movían los sedimentos a lo largo de los flancos de los deltas produciendo largos cuerpos sedimentarios paralelos a la costa. Estos varían entre areniscas, bien escogidas de grano fino a medio. La estratificación cruzada es generalmente tabular de ángulo bajo. Las arenas transgresivas varían de espesor y a veces cortan los cuerpos arenosos preexistentes, con frecuencia poseen gran extensión lateral (Villegas, 1985).

La llanura deltaica se clasifica en alta y baja. La primera es una zona de influencia más continental y la segunda está entre ésta y el frente del delta. Generalmente la llanura deltaica alta es una zona más angosta que la llanura deltaica baja, la cual

ocupa una zona muy amplia. Los pantanos y las áreas muy boscosas son típicos de este subambiente.

A lo largo de los distributarios existe gran número de cuerpos arenosos de grano medio a grueso, combinados con arenas finas y arcillas. En la llanura deltaica baja, los distributarios mayores tienen la tendencia de bifurcarse cada vez más. Cada uno de los distributarios produce unos altos o acumulaciones de arena por los lados que limitan con los pantanos de las zonas interdistributarias (Villegas, 1985).

La zona del borde del delta contiene playas, barras de desembocadura y barras generadas por corrientes marinas paralelas a la costa. Existen también áreas pantanosas a lo largo de ésta. Las barras pueden tener un ancho de varios kilómetros y una longitud de varias decenas de kilómetros. Las arenas de playa están bien escogidas y son el resultado de un ambiente de alta energía.

Es interesante observar una tendencia a una sedimentación cíclica en la Formación Oficina. Existen períodos de gran deposición de paquetes de arena y otros en los cuales existe gran sedimentación de clásticos finos. La sedimentación de material arenoso en cantidades más voluminosas puede ser a raíz de períodos de fuerte subsidencia, que se debe a los grandes pesos de sedimentos y que producen hundimientos regionales. Al producirse éstos, aumenta la pendiente en el drenaje del delta, las corrientes en los distributarios se hacen más turbulentas y más potentes para cargar mayores volúmenes de material arenoso (Villegas, 1985).

En la figura 34 se puede observar un cuadro cronoestratigráfico correspondiente a la Cuenca Oriental de Venezuela.

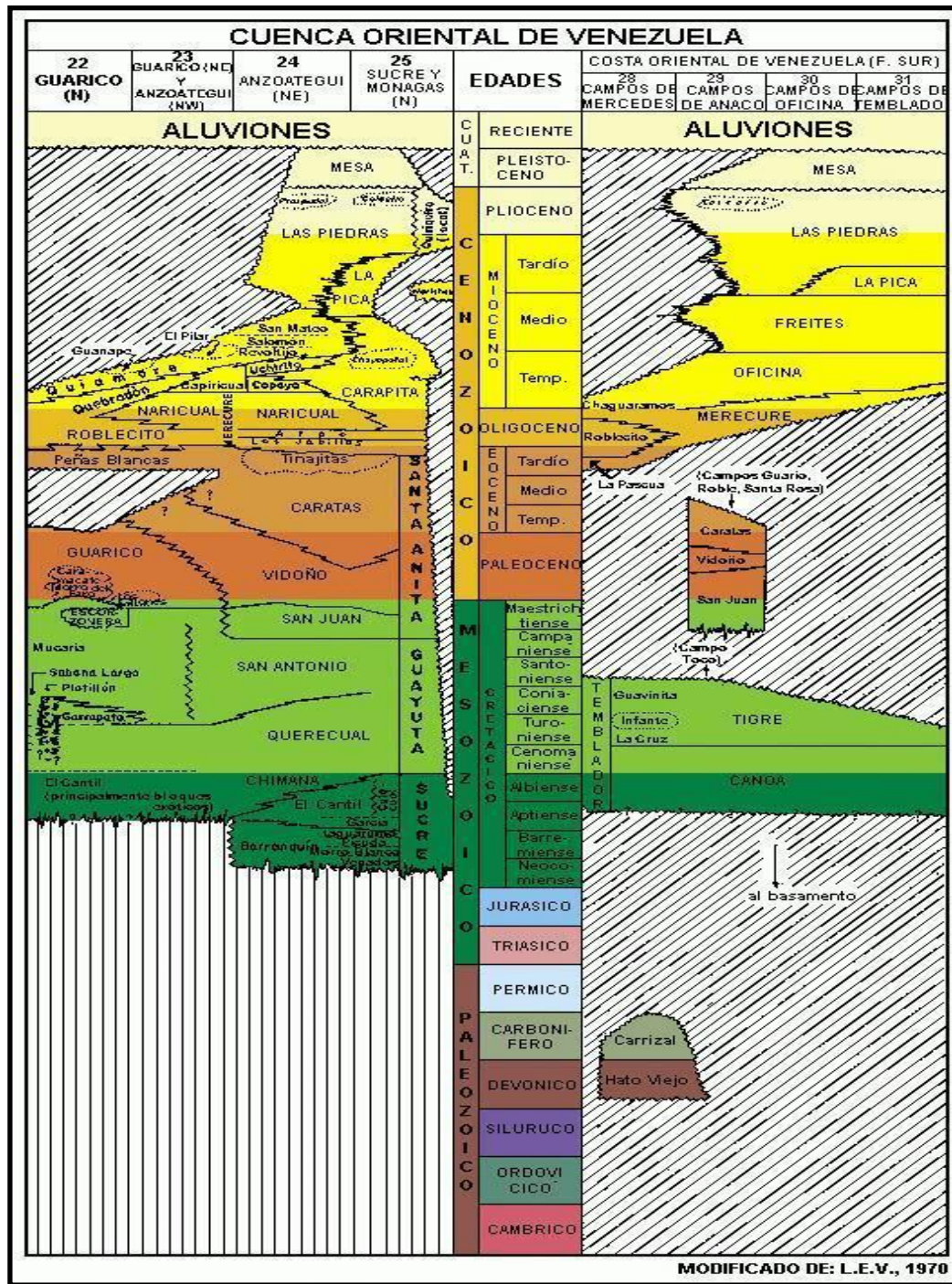


Figura 34: Cuadro Cronoestratigráfico de la Cuenca Oriental de Venezuela (TOMADO DE LÉXICO ESTRATIGRÁFICO, 1997)

CAPÍTULO IV

4 GEOLOGÍA LOCAL

4.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

La estructura generalizada del Campo Jobo, se interpreta como un homoclinal orientado este-oeste y con un suave buzamiento al norte (3° a 4°), integrante del flanco sur de la Cuenca Oriental de Venezuela. Localmente el buzamiento se invierte y se hace más abrupto, especialmente en la vecindad de las fallas. El fallamiento es normal, principalmente en dirección del rumbo regional. En su mayoría las fallas buzán al sur; otras son fallas normales transversales que generalmente son ramificaciones de las anteriores.

La importancia de las fallas radica en que son un factor de entrapamiento combinado con cambios laterales de facies y como separación de yacimientos, por lo cual se deben tomar en cuenta, sean sellos eficientes o no, para explicar cualquier comportamiento anormal del yacimiento.

Las fallas del Campo Jobo, son buenos ejemplares de esfuerzos tensionales. Originalmente estas fallas mayores pudieron haberse iniciado como una sola rotura en el Basamento, pero posteriormente se bifurcaron en ramales durante períodos sucesivos de actividad. La acumulación de hidrocarburos en el área de estudio se debe al cierre contra la falla de Jobo, la principal de varias fallas “**en echelon**”, que con rumbo aproximadamente este-oeste atraviesan el área. Esta falla tiene un desplazamiento que oscila entre 0-400 pies; es una falla normal con buzamiento hacia el sur y con el lado levantado hacia la cuenca (Key, 1977).

En las figuras 35.a y 35.b se puede observar el yacimiento Morichal 05 con las fallas correspondientes, las cuales fueron interpretadas por la sísmica 3D. Es importante resaltar que dichas fallas, no se encuentran oficializadas, sólo están interpretadas por la sísmica; el estudio se está realizando actualmente por el Departamento de Estudios Integrados de Yacimientos.

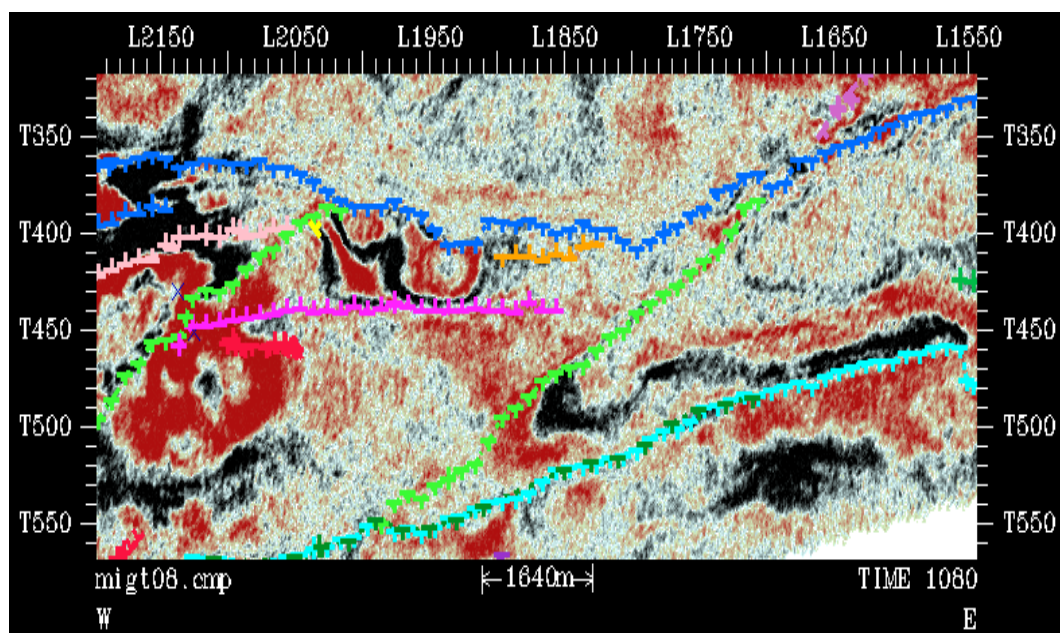
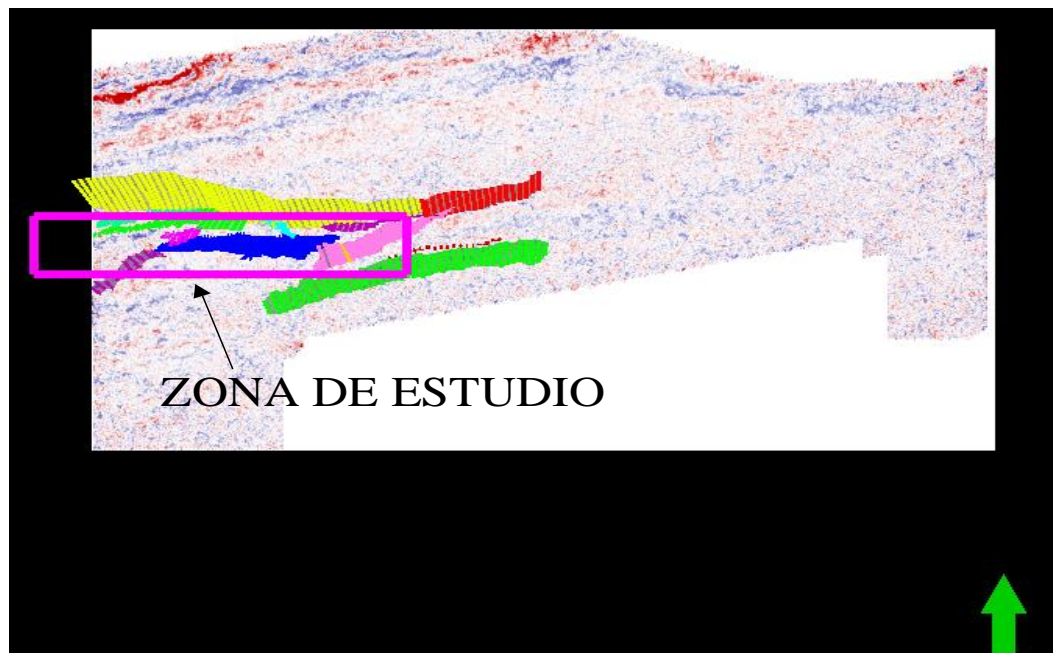


Figura 35.a y 35.b: En la figura superior Mapa del yacimiento Morichal 05 con las fallas interpretadas por la sísmica 3D. En la figura inferior Time Slide, del Yacimiento Morichal 05, Campo Jobo (TOMADO DE ESTUDIOS INTEGRADOS DE YACIMIENTOS, ELABORADO POR: DÍAZ A., 2006)

La figura 36, muestra igualmente el yacimiento Morichal 05 con el sistema de fallas presentes; pero en esta adicionalmente, se pueden observar la distribución areal de los 76 pozos que lo conforman. Los cuales se encuentran localizados hacia el lado este y oeste del mismo.

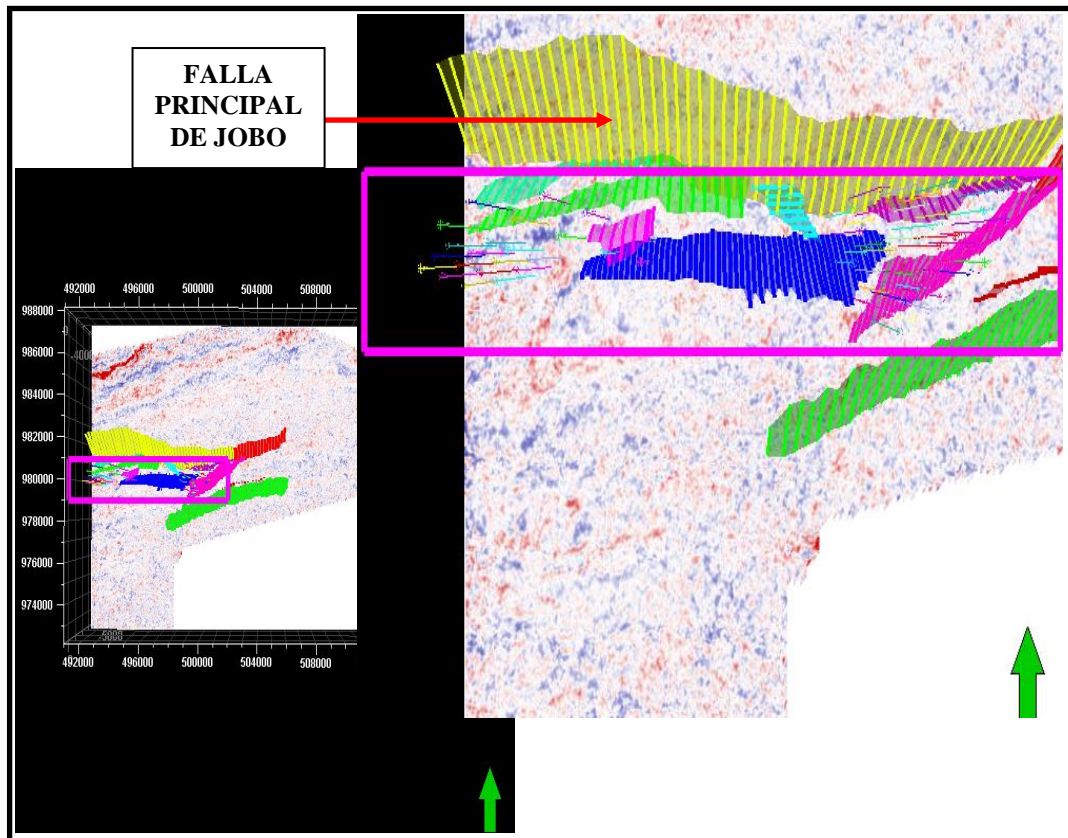


Figura 36: Distribución de los pozos del yacimiento Morichal 05 junto con las fallas mostradas por la sísmica 3D (TOMADO DE ESTUDIOS INTEGRADOS DE YACIMIENTO, ELABORADO POR: DÍAZ A., 2006)

Del conjunto de fallas localizadas en el yacimiento Morichal 05, algunas de ellas (mostradas en la figura 37) poseen un buzamiento en dirección sur, en estas se incluyen la falla principal de Jobo y fallas localizadas al este del yacimiento principalmente.

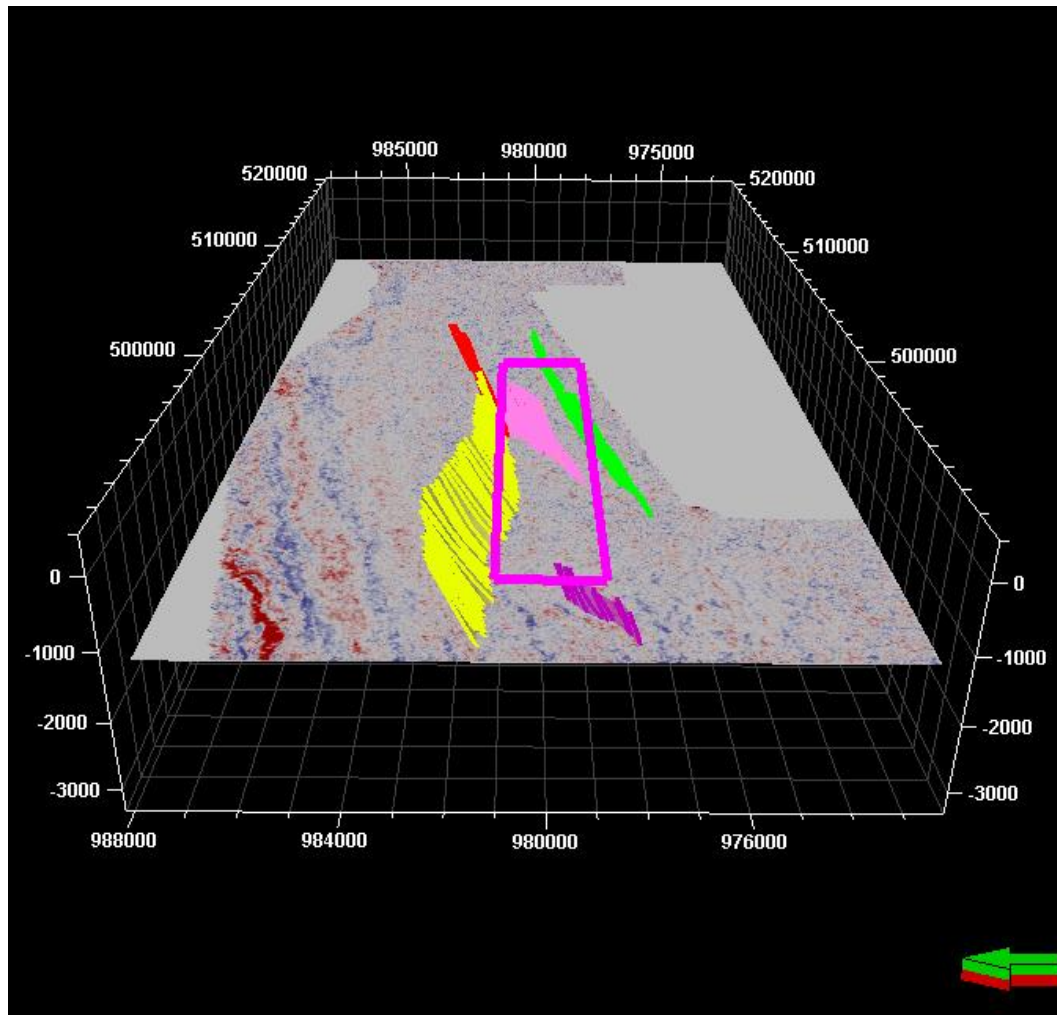


Figura 37: Familia de Fallas con buzamiento hacia el sur (TOMADO DE ESTUDIOS INTEGRADOS DE YACIMIENTOS, ELABORADO POR: DÍAZ A., 2006)

En la figura 38 se puede apreciar el conjunto de fallas con buzamiento en dirección norte, principalmente corresponde con las fallas ubicadas al oeste del yacimiento y la falla localizada en el centro del mismo, esta posee un rumbo este-oeste el cual es paralelo a la falla principal de Jobo.

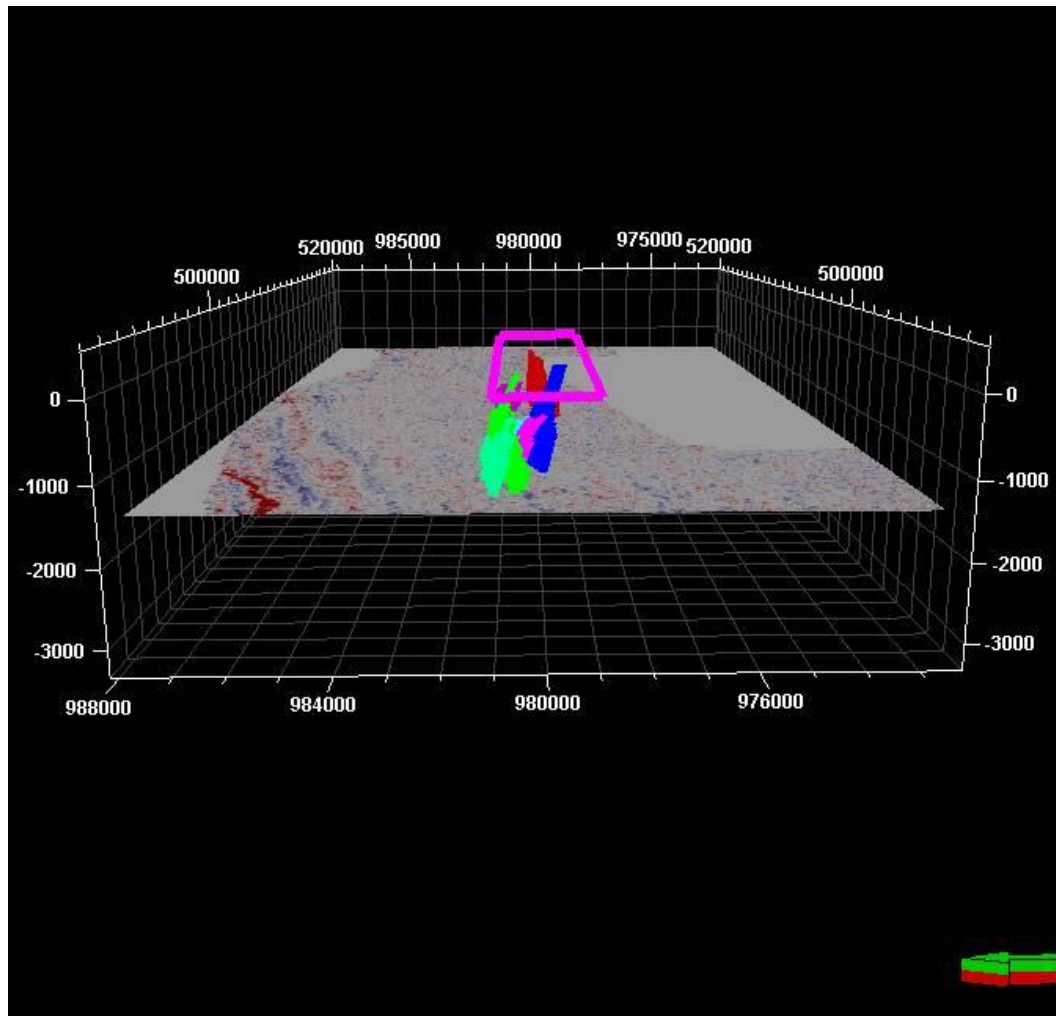


Figura 38: Familia de Fallas con buzamiento al norte (TOMADO DE ESTUDIOS INTEGRADOS DE YACIMIENTOS, ELABORADO POR: DÍAZ A., 2006)

4.1.1 MAPAS ESTRUCTURALES:

Basándose en lo expuesto anteriormente, se generaron 8 mapas de contornos estructurales junto con sus mapas isópacos correspondientes, a los topes de cada uno de los cuerpos arenosos que conforman el Miembro Morichal; con el fin de determinar y definir los rasgos estructurales mayores presentes en el área.

A continuación se presentan los resultados de los mapas de contorno estructural obtenidos de las unidades estratigráficas A, B1, B2, C, D, E, F y G del Miembro Morichal (Ver figuras 39 hasta la 46).

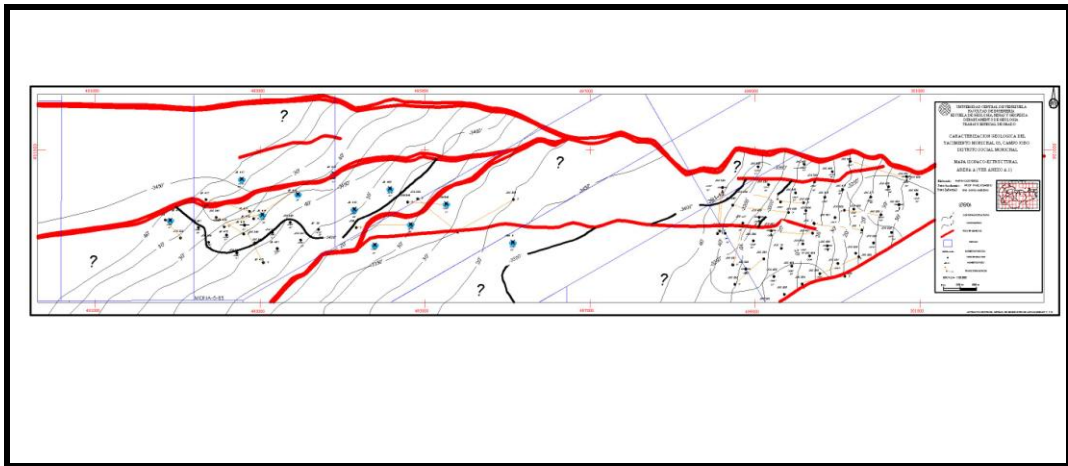


Figura 39: Mapa Isópaco-Estructural cuerpo arenoso A (Ver Anexo A.1)

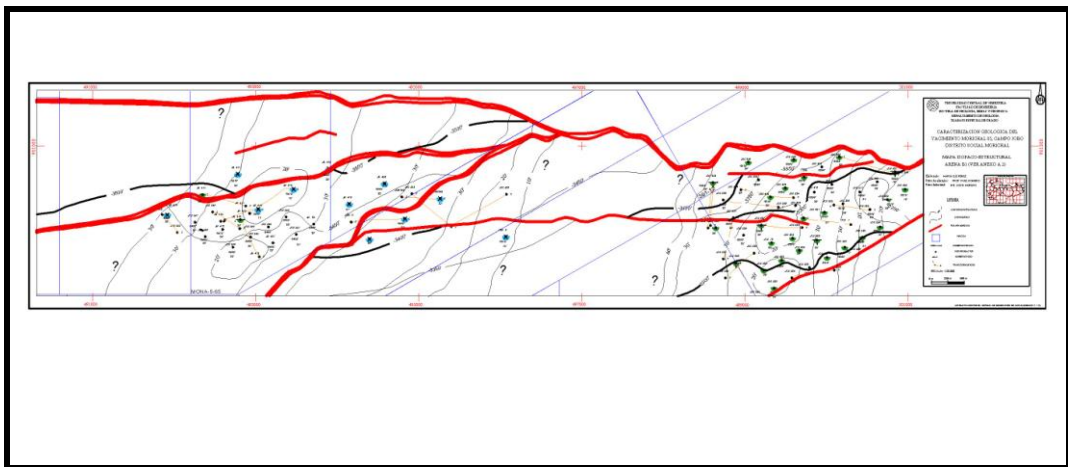


Figura 40: Mapa Isópaco-Estructural cuerpo arenoso B1 (Ver Anexo A.2)

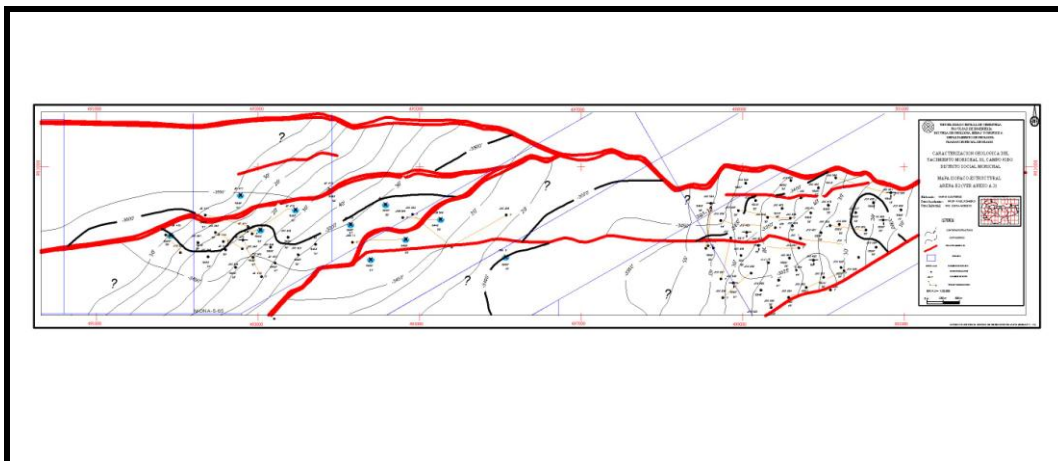


Figura 41: Mapa Isópaco-Estructural cuerpo arenoso B2 (Ver Anexo A.3)

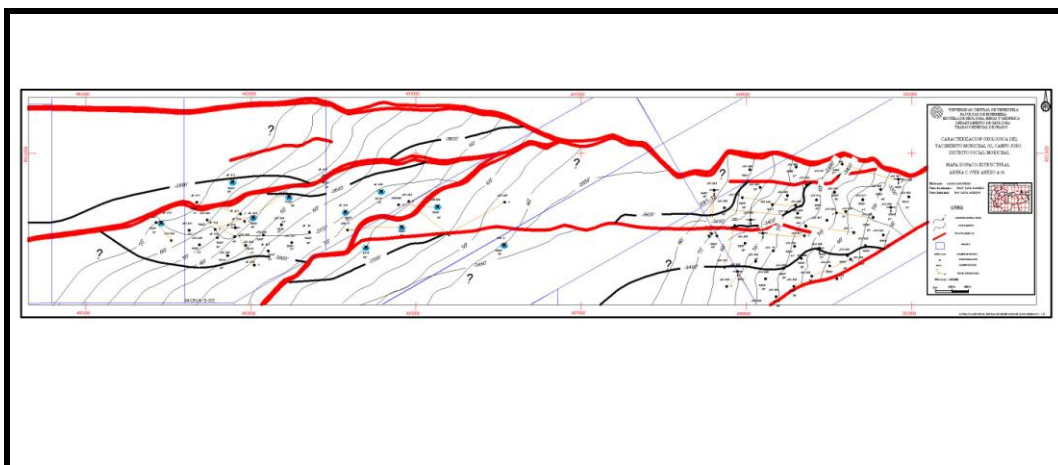


Figura 42: Mapa Isópaco-Estructural cuerpo arenoso C (Ver Anexo A.4)

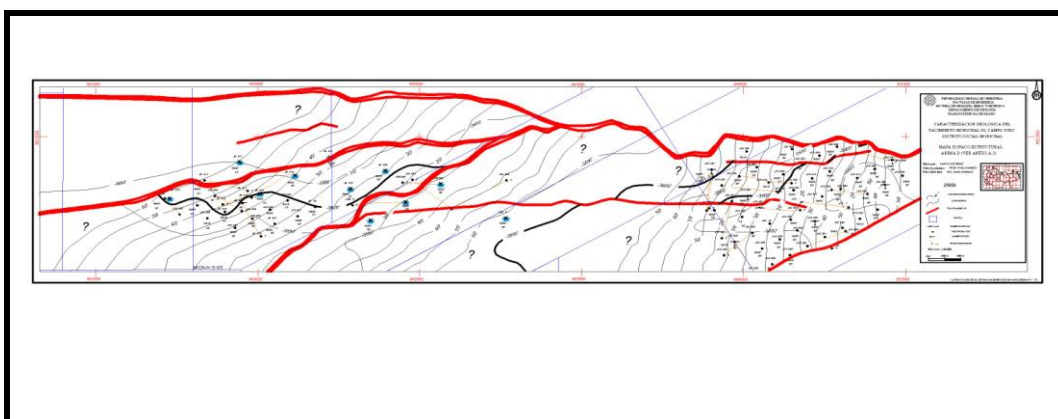


Figura 43: Mapa Isópaco-Estructural cuerpo arenoso D (Ver Anexo A.5)

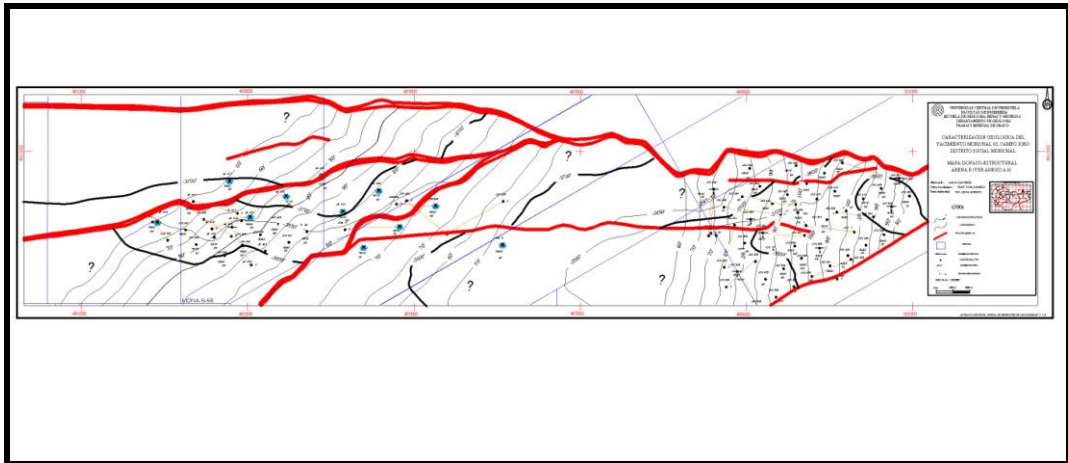


Figura 44: Mapa Isópaco-Estructural cuerpo arenoso E (Ver Anexo A.6)

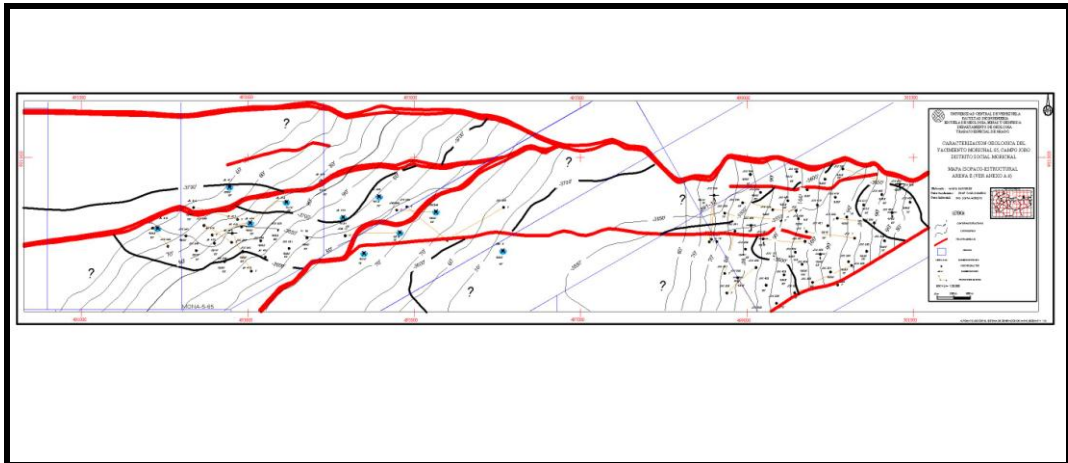


Figura 45: Mapa Isópaco-Estructural cuerpo arenoso F (Ver Anexo A.7)

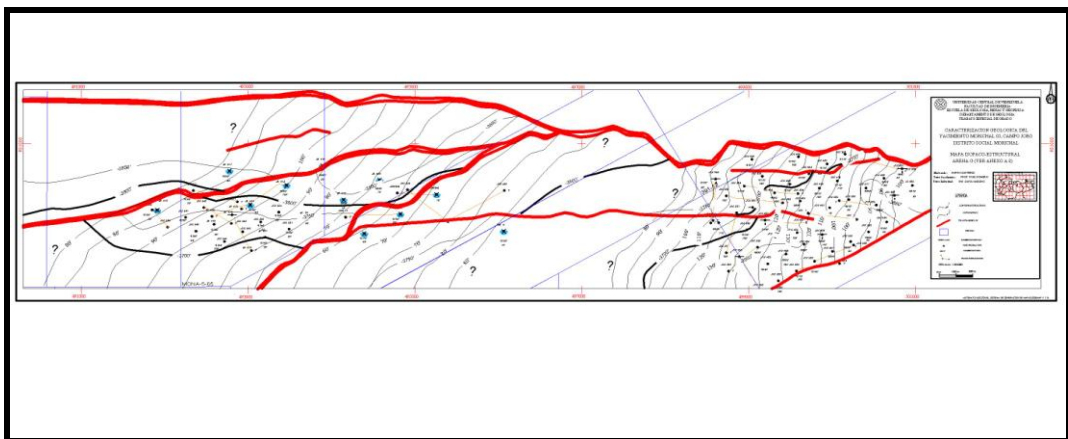


Figura 46: Mapa Isópaco-Estructural del cuerpo arenoso G (Ver Anexo A.8)

Una vez analizados cada uno de los 8 mapas de contorno estructural, y con la información aportada por la sísmica 3D, se observan una serie de rasgos estructurales que afectan a todas las unidades presentes; dicho estilo de deformación se caracteriza por un conjunto de pliegues definidos por anticlinales y sinclinales asimétricos. Se pudo deducir que dichas estructuras fueron generadas antes que el sistema de fallas allí presente. Básicamente los mapas no presentan variaciones entre sí, observando así las mismas estructuras en cada uno de ellos.

La falla localizada al norte del yacimiento se caracteriza por ser una falla normal de rumbo este-oeste y buzamiento al sur, con desplazamientos que alcanzan los 100 pies; esta falla en trabajos anteriores ha sido interpretada como la “Falla Principal de Jobo”.

Las fallas transversales a la falla principal, alcanzan desplazamientos que oscilan entre 30 y 50 pies aproximadamente. La falla localizada en el centro del yacimiento y con un rumbo paralelo a la falla principal de Jobo, muestra un desplazamiento que oscila entre 40 y 60 pies.

Anomalías del Campo Jobo

El Campo Jobo presenta una diferencia notable con los otros campos circundantes; en los campos de Pilón y Temblador los yacimientos de petróleo en el bloque levantado de la falla están restringidos a una estrecha franja de apenas 1,5 km., mientras que en Jobo el ancho alcanza hasta 7 km., sin mostrar límites definidos en los yacimientos.

Esta distribución de petróleo, es considerablemente mayor que en otros campos (de la región), parece ser debida en parte, al hecho de ramificarse la falla principal de Jobo; las acumulaciones se dispersan a ambos lados de las fallas, independientemente de encontrarse en un bloque levantado o en un bloque

deprimido, asociado a las fallas. Por consiguiente es difícil predecir cual es el papel que juegan estas fallas en controlar acumulaciones en el campo Jobo.

Un mecanismo controlador de las acumulaciones podría ser la baja gravedad del petróleo conjuntamente con el bajo gradiente de inclinación del monoclinal, lo cual inhibió la migración de este petróleo extrapesado a otros lugares de la cuenca; de ser esto cierto, es posible que las fallas en Jobo modifican los yacimientos, sin que la existencia de muchos de estos reservorios sean debidos a la presencia de estas fallas.

4.1.2 SECCIONES ESTRUCTURALES:

Para analizar el yacimiento Morichal 05 del Campo Jobo se elaboraron 2 secciones estructurales en dirección sur-norte, debido al rumbo este-oeste de la falla principal de Jobo, se sabe que se aprecia mejor el buzamiento real de una falla si la sección que la atraviesa es lo más perpendicular posible a esta.

Debido a la morfología del yacimiento, las secciones generadas fueron una sección estructural hacia el lado este del yacimiento, y una sección estructural hacia el lado oeste del mismo. En la figura 47 se puede observar el mallado de las secciones correspondientes al área de estudio.

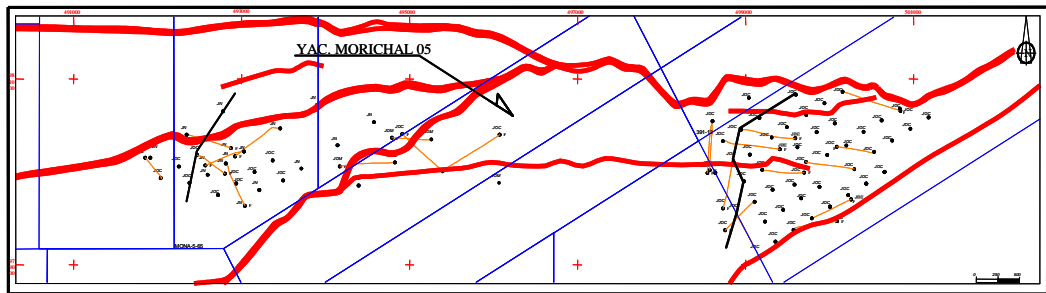


Figura 47: Mapa de ubicación con las secciones Estructurales elaboradas en el yacimiento Morichal 05 (Mapa base ELABORADO EN SIGEMAP)

Con la elaboración de las secciones estructurales se pudo corroborar la presencia de las fallas mostradas por la sísmica 3D, así como el desplazamiento que cada una genera y el buzamiento de la estructura. A continuación se muestran las secciones elaboradas:

GEOLOGÍA LOCAL

La primera sección que se generó se localiza en el lado este del campo, corresponde a los pozos JOC 352, JOC 539, JOC 537, JOC 534, JOC 535 y JOC 482, en dirección sur-norte; con la elaboración de dicha sección se corrobora la presencia de la falla localizada en la parte central del yacimiento con un rumbo paralelo a la falla principal de Jobo, la cual posee una dirección de buzamiento en dirección norte, dicha información es corroborada por la sísmica 3D utilizada.

Se observa claramente que debido a la presencia de la falla la arena F se acuña en el pozo JOC 534; disminuyendo su espesor notablemente en dirección norte (figura 48). Además se nota el desplazamiento que la misma está generando en los cuerpos arenosos, este es aproximadamente de 50 pies. Es de hacer notar que ninguno de los pozos se encuentra cortando la falla.

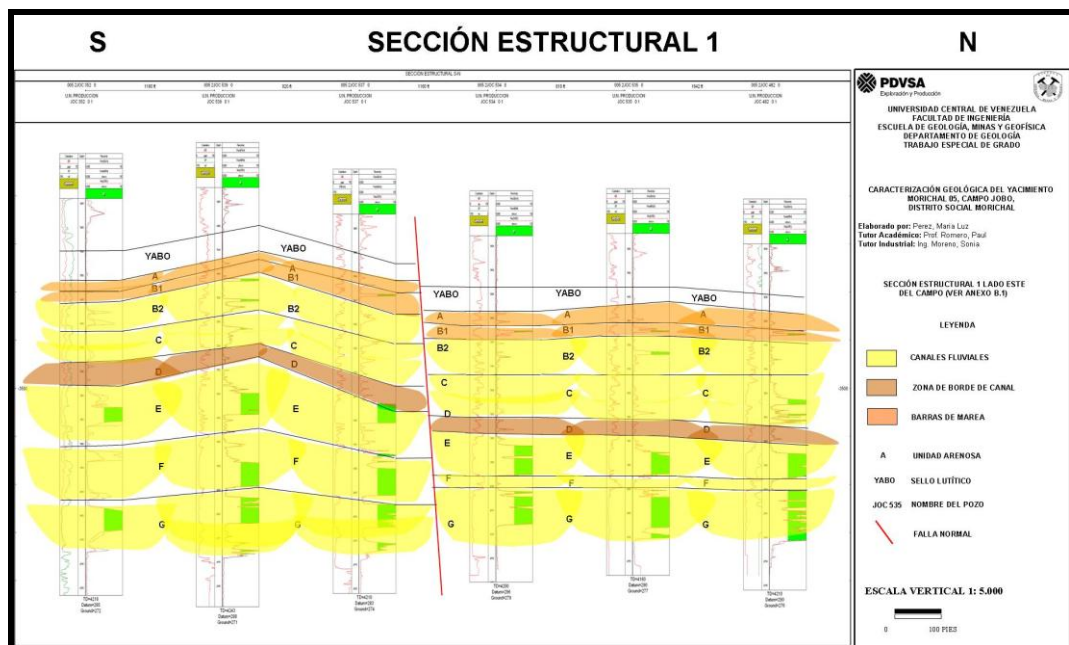


Figura 48: Sección Estructural 1 lado este del yacimiento Morichal 05 (Ver Anexo B.1)

GEOLOGÍA LOCAL

La siguiente sección estructural se localiza en el lado oeste del campo; comprende los pozos JOC 546, JOC 548 y JN 417, en dirección sur-norte respectivamente. Se puede apreciar que la secuencia depositada se encuentra desplazada 50 pies aproximadamente debido a la presencia de la falla; la misma se localiza en el extremo oeste del yacimiento, la cual es mostrada por la sísmica 3D; la dirección de buzamiento de la misma es en dirección norte (figura 49). Aquí ningún pozo se encuentra cortando la falla.

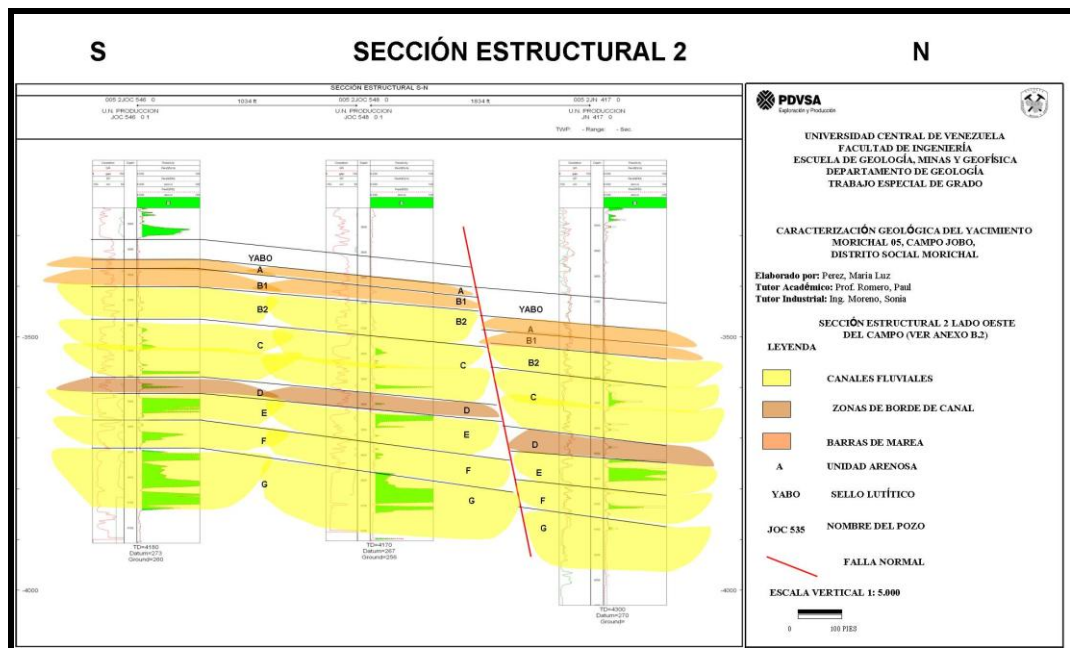


Figura 49: Sección Estructural 2 lado oeste del yacimiento Morichal 05 (Ver Anexo B.2)

4.1.3 DISCUSIÓN

Luego de haber integrado todos los datos obtenidos en el modelo estructural se observa que:

Los pliegues presentes en el área de estudio (anticlinales y sinclinales), no poseen correspondencia con las fallas generadas; debido a que los mismos se formaron en el “forebulge” de la cuenca. Para el Oligoceno Tardío comienza el emplazamiento de las napas Caribe contra la Placa Suramericana (desde el norte) (Parnaud “et al.”, 1995), dicha colisión genera un sistema de fallas normales (hacia el sur de la cuenca) con una orientación preferencial este-oeste (las cuales son las observadas en yacimiento Morichal 05); acompañado con subsidencia de la cuenca, dando lugar así a un avance del mar sobre el continente. En la figura 50 se puede observar que dichas fallas no tienen expresión en superficie.

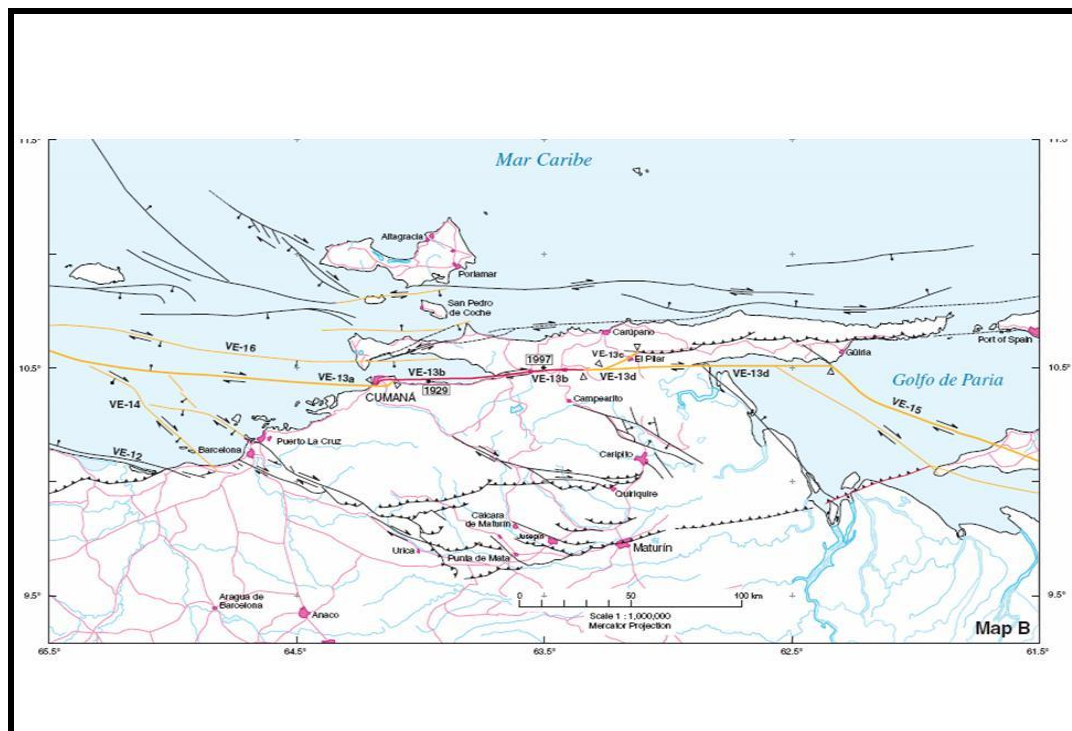


Figura 50: Mapa de la Cuenca Oriental de Venezuela, mostrando las distintas estructuras allí presentes (TOMADO DE AUDEMARD, “et al.”, En: <http://pubs. Usgs. Gov.>, 2006)

GEOLOGÍA LOCAL

En el Campo Jobo la migración de hidrocarburo se genera antes que la formación de las fallas; originándose así el atrapamiento del mismo, una vez que estas son generadas debido al emplazamiento de las napas Caribe contra la Placa Suramericana.

4.2 ESTRATIGRAFÍA LOCAL

La columna estratigráfica del área de estudio tiene aproximadamente 500 pies de espesor, y está constituida por el Miembro Morichal de la Formación Oficina, que data de el Mioceno Temprano. En la figura 51 se muestra un registro tipo del área de estudio, el cual se tomó en cuenta en el momento de realizar la correlación pozo a pozo.

**Registro Tipo JOC-457
Campo Jobo**

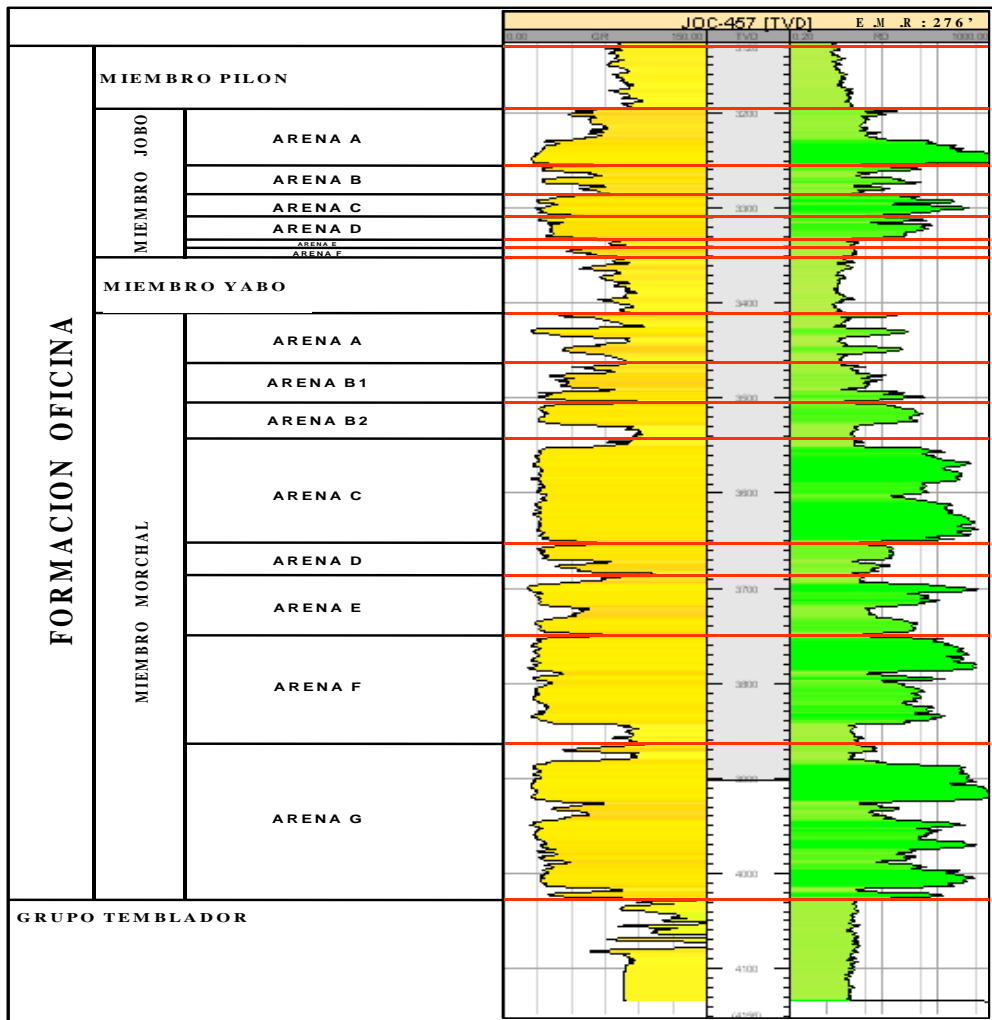


Figura 51: Registro tipo del Campo Jobo (TOMADO DE INFORME PDVSA, SANDOVAL, 2006)

La continuidad de los estratos se ha establecido por marcadores estratigráficos de tiempo, los cuales muestran un carácter distintivo litológico, fácil de reconocer en registros eléctricos y de gran continuidad lateral. El marcador usado comúnmente son lutitas. Estos marcadores separan 8 unidades estratigráficas en que fue dividido el Miembro Morichal. Denominados de base a tope G, F, E, D, C, B2, B1 y A.

La sedimentación del área se inicia con la depositación del cuerpo G hasta el cuerpo A, caracterizado por una secuencia de arenas con intercalaciones de lutitas; las cuales descansan discordantemente sobre el Grupo Temblador de edad Cretáceo, donde las arenas fluviales se depositan de suroeste a noreste principalmente. Hacia el tope del miembro se nota un incremento de ambiente marino, indicativo del comienzo de un ciclo transgresivo.

4.2.1 SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS:

Para analizar el Miembro Morichal se elaboraron un total de 3 secciones estratigráficas en dirección este-oeste, y 2 suroeste-noreste, determinado así por ser la dirección preferencial de la sedimentación, que según Key (1977) proviene del borde sur de la cuenca, gracias al material acarreado por los ríos procedentes del Escudo Guayanés a principios del Mioceno Temprano.

Debido a la alta densidad de pozos perforados, se ha alcanzado una gran seguridad de correlación, salvo hacia el centro del yacimiento en el cual sólo se cuenta con un pozo exploratorio (JOM 6), en base a esto se tuvo que extrapolar la información con los pozos más cercanos, con el fin de generar un modelo más completo. En la figura 52 se puede observar el mallado de las secciones estratigráficas correspondientes al área de estudio.

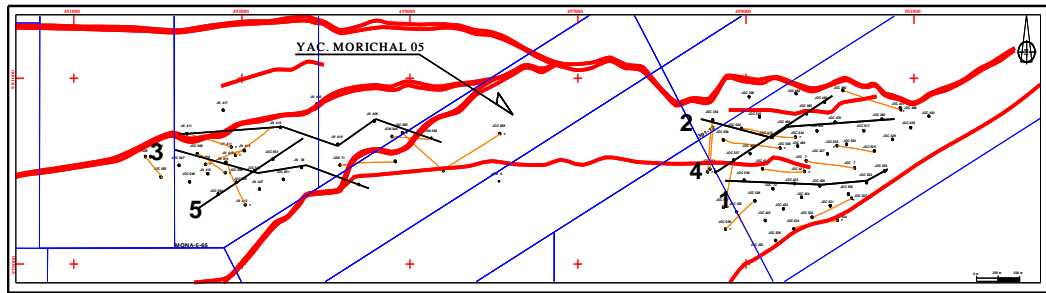


Figura 52: Mallado de las secciones Estratigráficas en el yacimiento Morichal 05 (Mapa base ELABORADO EN SIGEMAP)

Secciones Estratigráficas perpendiculares a la dirección de la sedimentación

La primera sección estratigráfica que se muestra en la figura 53 se localiza en el lado este del campo, corresponde a los pozos JOC 539, JOC 425, JOC 426, JOC 552 y JOC 554, en dirección oeste-este, siendo perpendicular a la dirección de la sedimentación; con la elaboración de dicha sección se observa la depositación de las distintas facies presentes en el Miembro Morichal, observando así la continuidad que posee cada unidad arenosa a lo largo del campo.

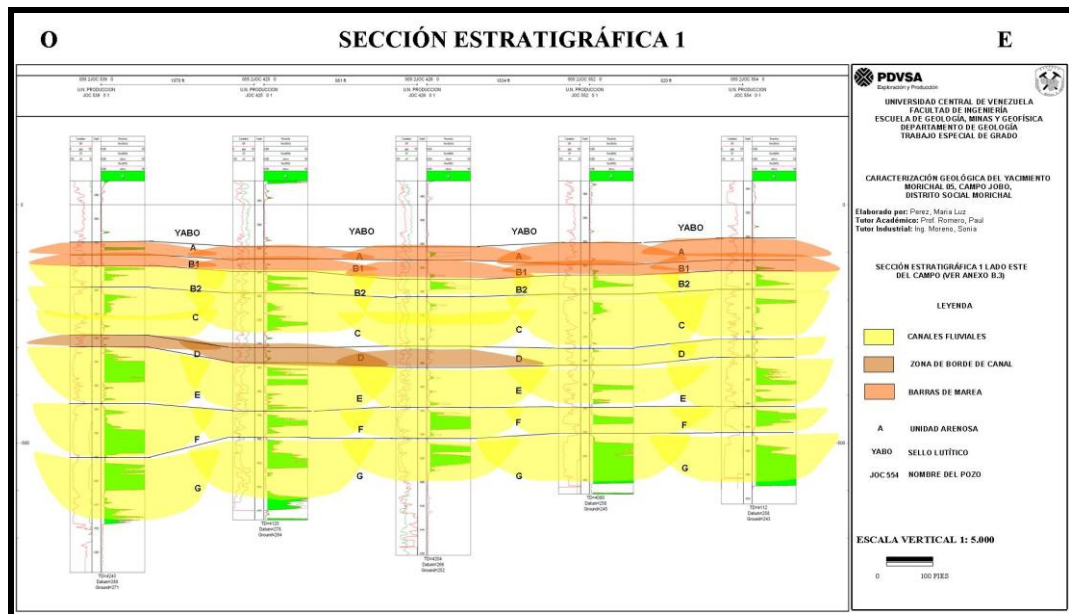


Figura 53: Sección Estratigráfica 1 lado este del yacimiento Morichal 05 (Ver Anexo B.3)

La segunda sección generada (figura 54) se encuentra localizada en lado este del campo, corresponde a los pozos JOC 354, JOC 534, JOC 419, JOC 483, JOC 479 y JOC 492, en dirección oeste-este, siendo perpendiculares a la dirección de la sedimentación; a través de esta sección se puede observar la depositación de las distinta facies presentes en el Miembro Morichal.

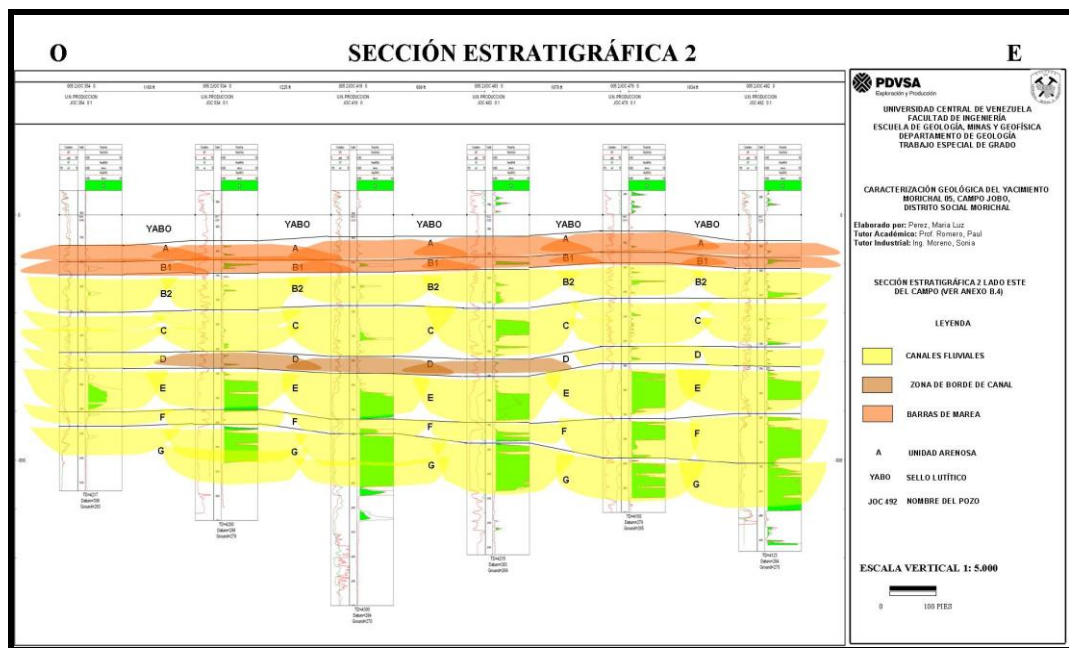


Figura 54: Sección Estratigráfica 2 lado este del yacimiento Morichal 05 (Ver Anexo B.4)

Hacia el lado oeste del yacimiento Morichal 05 se generó una sección estratigráfica, corresponde a los pozos JOC 548, JN 413, JOC 549, JN 38 y JOM 71 (figura 55), con una dirección este-oeste, siendo así perpendicular a la dirección de la sedimentación de la zona de estudio. En la misma se puede observar que los cuerpo de arena mantiene una buena continuidad lateral a lo largo de la zona, y los espesores de los mismos se mantienen.

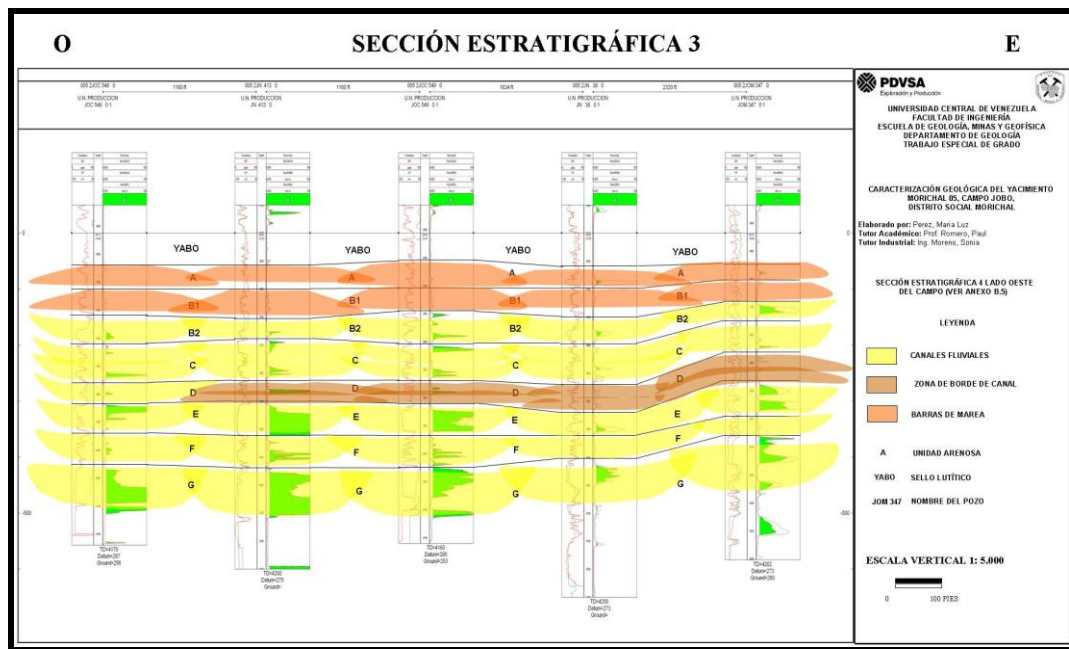


Figura 55: Sección Estratigráfica 3 ubicada en la zona oeste del yacimiento Morichal 05 (Ver Anexo B.6)

Secciones Estratigráficas paralelas a la dirección de la sedimentación

La figura 56 muestra una sección estratigráfica que corresponde a los pozos JOC 537, JOC 419, JOC 483; ubicada en la zona este del yacimiento Morichal 05, esta posee una dirección preferencial suroeste-noreste, siendo así, paralela a la dirección de la sedimentación presente en el área de estudio. De esta manera se pueden observar las distintas facies depositadas en el Miembro Morichal.

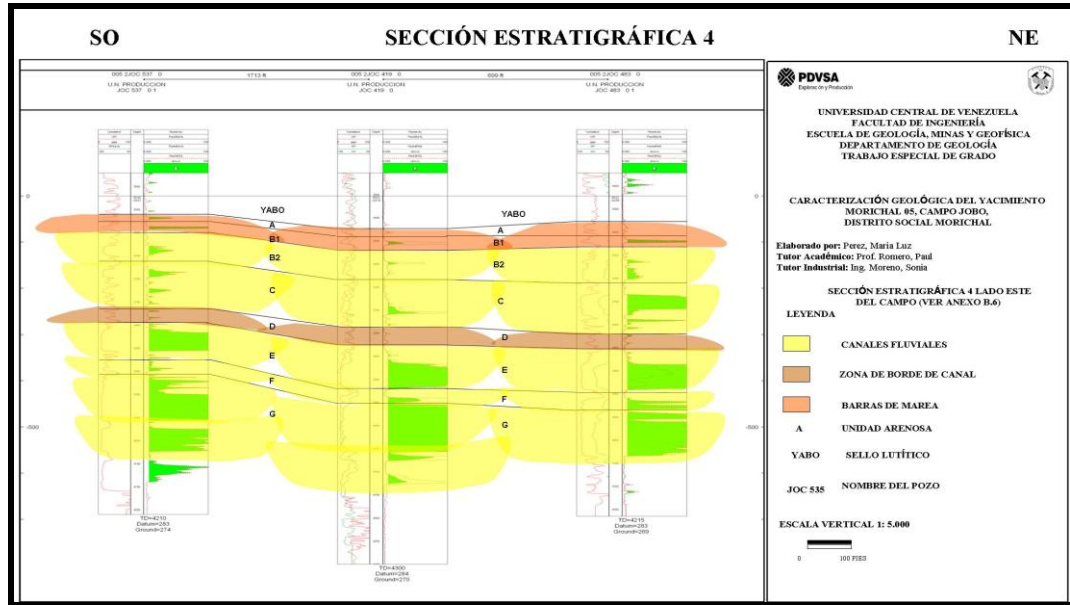


Figura 56: Sección Estratigráfica 4 localizada en el lado este del yacimiento Morichal 05 (Ver Anexo B.5)

La segunda sección ubicada en la zona oeste del yacimiento, corresponde a los pozos JOC 544, JOC 545, JOC 549 y JOC 553 (figura 57), esta posee una dirección suroeste-noreste, paralela a la dirección de la sedimentación; a través de ella se observa la depositación de las distintas facies presentes en el Miembro Morichal.

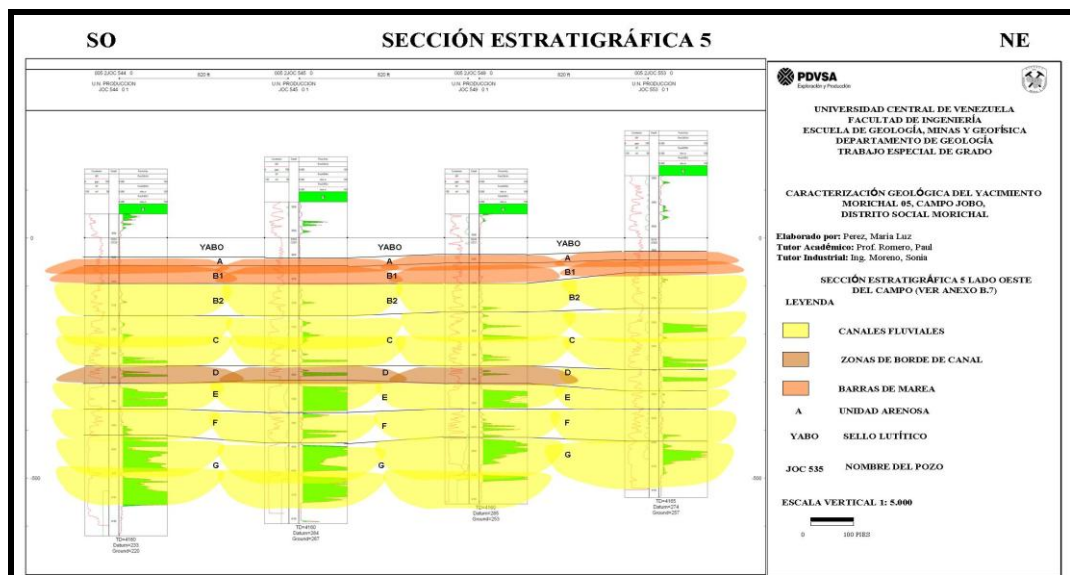


Figura 57: Sección Estratigráfica 5 localizada en el lado oeste del yacimiento Morichal 05 (Ver Anexo B.7)

4.2.2 INTERPRETACIÓN DE AMBIENTES

Descripción de Facies

A continuación se describen las facies encontradas en los registros del Yacimiento Morichal 05, que fueron definidas según el comportamiento de las curvas de potencial espontáneo (SP) y rayos gamma (GR). La Tabla 1.1 y 1.2, muestra la tendencia, la facies, la litología asociada, las observaciones generales y la representación gráfica del registro para cada una de las curvas.

Tabla 1.1: Patrones de las curvas de Potencial Espontáneo y Rayos Gamma para clasificar las facies encontradas en los registros del yacimiento Morichal 05


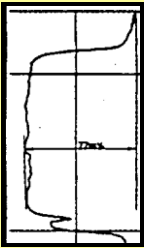

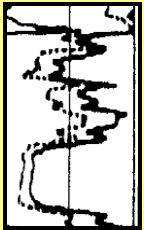


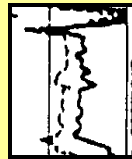
Litología	Tipo De Facies	Tendencia	Potencial Espontáneo (mv)	Observaciones
			-150 0	
<p>Arena</p> 	<p>Canal</p>	<p>Cilíndrica (Mayor espesor)</p>		<p>Arenas limpias, se presentan como cuerpos homogéneos y con gran espesor; estas se localizan en la parte basal del Miembro Morichal. Los contactos en la base y tope son abruptos.</p>
		<p>Cilíndrica (Menor espesor)</p>		<p>Arenas que se presentan como cuerpos homogéneos, de menor espesor que las citadas anteriormente, se ubican en la parte media del Miembro Morichal.</p>
	<p>Zona de Borde de Canal</p>	<p>Irregular</p>		<p>Secuencias de arenas, donde las mismas se vuelven mas arcillosas hacia el tope, y el espesor del canal disminuye. El contacto en la base es abrupto.</p>
	<p>Zona de Interdigitación entre Abanico de Rotura y Llanura de Inundación</p>	<p>Irregular</p>		<p>Secuencias con intercalación de espesores de arenas entre cuerpos más importantes de sedimentos finos.</p>
<p>Arcilla</p>				

Tabla 1.2: Patrones de las curvas de Potencial Espontáneo y Rayos Gamma para clasificar las facies encontradas en los registros del yacimiento Morichal 05

Litología	Tipo De Facies	Tendencia	Potencial Espontáneo (mv)	Observaciones
			-150 0	
Arena	Barras de Marea	Embudo		Secuencias arenosas con contactos abruptos en el tope, como consecuencia de tendencia granodecreciente.
	Llanura De Marea	Irregular		Secuencias donde sólo se observa dominio de lutita.
Arcilla				

🚧 Zona de Canales Fluviales

Constituye la asociación de facies principal debido a su mejor porosidad y permeabilidad entre todas, así como por su extensión lateral, depositándose en sentido suroeste-noreste a lo largo del área de estudio. Los sedimentos de la parte basal del Miembro Morichal (arenas G, F y E), son producto de la erosión de los ríos sobre el basamento, siendo así predominante el dominio fluvial, sus arenas masivas representan los mayores espesores del yacimiento y son producto de zonas de amalgamiento de canal y canales entrelazados. Asociados a estos se observan zonas de borde da canal, donde las facies se vuelven más arcillosas hacia el tope.

Canales Fluviales (menor espesor)

En la parte media del Miembro Morichal (arenas D, C y B2) la sedimentación característica es la de canales fluviales, los cuales poseen menor espesor que los que se encuentran en la parte basal de la columna; asociados a estos se encuentran zonas de bordes de canal al igual que zona de interdigitación de abanico de rotura y llanura de inundación; los cuales reflejan una disminución en la energía del transporte de los sedimentos. La orientación de la sedimentación es en dirección suroeste-noreste. Los mismos muestran una buena continuidad lateral entre si.

Barras de Marea y Llanura Intermareal

Hacia el tope del Miembro Morichal (arenas B1 y A) la sedimentación se ve influenciada por la acción de un estuario externo de dominio mareal, donde son más comunes barras de marea, las cuales se encuentran aisladas impidiéndoles formar algún paquete apilado que pudiese ser prospectivo; al igual que zonas de llanura intramareal, con sedimentos mas arcillosos. Por último se tiene un ciclo transgresivo menor, demostrando así la influencia marina somera, hasta terminar con la depositación del Miembro lutítico Yabo.

4.2.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE CADA LENTE DE ARENA (G, F, E, D, C, B2, B1 y A)

Se generaron 8 mapas de distribución de electrofacies correspondientes a cada cuerpo arenoso del Miembro Morichal, estos fueron elaborados basados en los siguientes parámetros: 1) morfología de la curva SP y GR, 2) relaciones litológicas laterales (cambios laterales), 3) geometría de los cuerpos de arena (mapas isópacos).

Mediante los mapas de electrofacies se busca hacer una interpretación de los ambientes sedimentarios para su integración dentro de un modelo geológico completo. De este modo mediante la interpretación de las respuestas eléctricas y su distribución dentro del mapa se pueden emitir criterios tomando en consideración fundamentos sedimentológicos y estratigráficos actuales.

Lente G

Es la primera arena que sedimenta sobre la discordancia con el Grupo Temblador de edad Cretácea y corresponde al paquete inferior del Miembro Morichal, conteniendo hidrocarburos.

La mayoría de las respuestas en las curvas de potencial espontáneo son de tipo cilíndrico, esto arroja la idea de un ambiente de sedimentación tipo fluvial, que permitió la depositación de paquetes de arena masivos en forma de canales amalgamados y canales entrelazados, que en total alcanzan espesores entre 70 y 140 pies (figura 58), la sedimentación del canal sigue una dirección preferencial suroeste-noreste. En este paquete el dominio continental fluvial es bastante notable.

Hacia el centro del yacimiento se tiene una zona de borde de canal, de la cual los límites no se encuentran bien definidos debido a la falta de información que se

presenta en dicha área. A continuación se presenta el mapa de distribución de electrofacies generado del lente G.

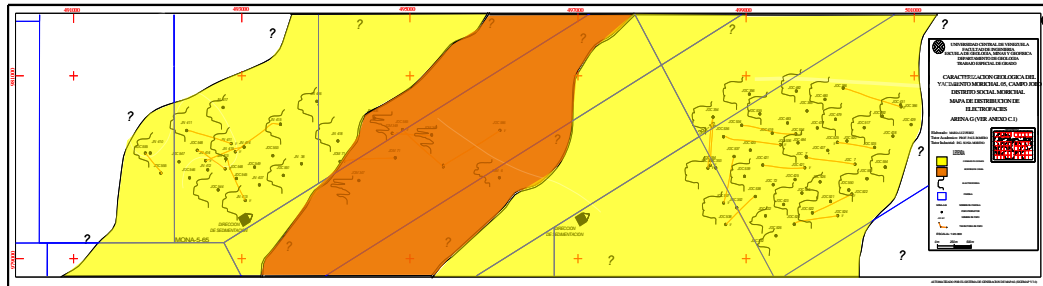


Figura 58: Mapa de distribución de electrofacies de la Unidad G (Ver Anexo C.1)

Lente F

Dentro del paquete F también existe certeza de ambientes de tipo fluvial, las electrofacies de tipo cilíndrico abundan, indicando zonas de canales amalgamados, con una dirección de sedimentación suroeste-noreste, mostrando un buen desarrollo; el espesor promedio oscila entre 30 y 60 pies (figura 59).

Las electrofacies con menores desarrollos de arena se interpretan como zonas de borde de canal, en donde el espesor de este disminuye mostrando así zonas mas arcillosas; estas son observadas hacia el centro del área de estudio. El mapa de distribución de electrofacies generado para el lente F fue el siguiente:

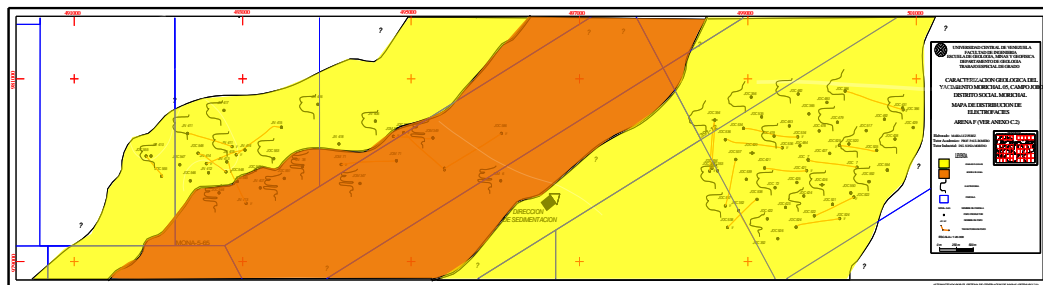


Figura 59: Mapa de distribución de electrofacies de la Unidad F (Ver Anexo C.2)

Lente E

El paquete E se definió como una zona de amalgamiento de canales y canales entrelazados, ubicados hacia el lado este y oeste del área de estudio; el dominio fluvial sigue reflejado; se observan zonas de espesores promedios de 90 pies hacia la zona este del campo, la dirección preferencial de sedimentación es suroeste-noreste (figura 60).

Hacia el oeste y centro del yacimiento, se observan zonas de borde de canal, correspondientes al canal principal; en donde las facies se vuelven más arcillosas y el canal principal disminuye su espesor. En la zona oeste, el canal principal es de menor espesor, que el ubicado en el lado este, este muestra promedios de 60 pies. El mapa de distribución de electrofacies generado para el lente E fue el siguiente:

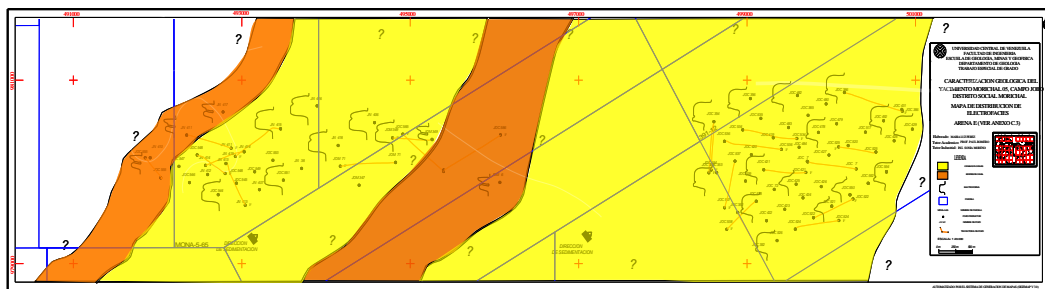


Figura 60: Mapa de distribución de electrofacies de la Unidad E (Ver Anexo C.3)

Lente D

Esta unidad varía entre 20 y 60 pies de espesor. Se compone generalmente de arenas limosas de poco espesor y arenas limpias de mejor desarrollo, con intercalaciones de lutitas. (figura 61).

En el Campo Jobo el ambiente sedimentario en el que se deposita D corresponde a una zona surcada por canales fluviales, en sentido sur-norte, ubicados hacia los extremos del yacimiento; es de hacer notar que la dirección del canal posiblemente migró más hacia el norte; generando así una zona de interdigitación de abanico de rotura y llanura de inundación hacia los bordes de los canales principales.

Hacia el centro del yacimiento se interpreta una zona de canal, debido a la tendencia que posee la depositación de dicho cuerpo en el área de estudio; y teniendo en consideración que la zona de interdigitación de abanico de rotura y llanura de inundación no debería abarcar un espacio tan amplio. El mapa de distribución de electrofacies que se generó para este cuerpo fue el siguiente:

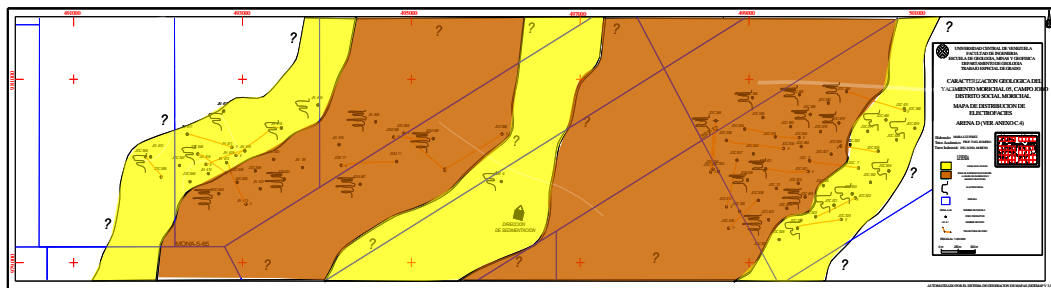


Figura 61: Mapa de distribución de electrofacies de la Unidad D (Ver Anexo C.4)

Lente C

Esta unidad tiene un espesor variable entre 40 y 50 pies. Está constituida por uno o dos cuerpos de arenas, con frecuentes intercalaciones delgadas de lutita (figura 62).

En el área de estudio la unidad constituye una zona de canales con dominio fluvial, de menor espesor que los ubicados en la parte basal de la columna, la cual está surcada por zonas de borde de canal, con una dirección de sedimentación suroeste- noreste. Las zonas de bordes de canal, se observan hacia el área central del yacimiento, en el lado este y hacia el oeste del mismo; las arenas se vuelven más arcillosas y se nota una disminución en el espesor de las arenas. El mapa de distribución de electrofacies generado para el lente C fue el siguiente:

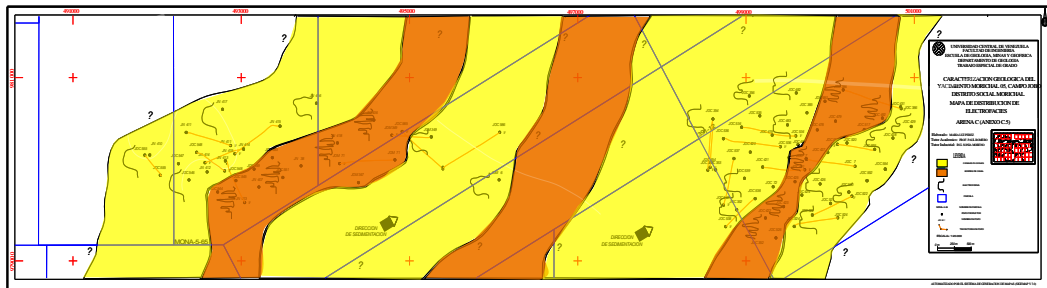


Figura 62: Mapa de distribución de electrofacies de la Unidad C (Ver Anexo C.5)

Lente B2

Este intervalo consiste en dos lentes de arena, cuyos espesores individuales oscilan entre 15 y 25 pies, el espesor total combinado alcanza hasta 40 pies. El ambiente sedimentario corresponde a una zona canales con dominio fluvial de buen espesor.

Está surcada por zonas de bordes de canal, localizadas en la parte central del yacimiento, al igual que hacia el este y oeste del mismo; en donde el canal disminuye su espesor considerablemente volviéndose más arcilloso; la dirección preferencial de sedimentación va de suroeste a noreste (figura 63).

El mapa de distribución de electrofacies generado para el lente B2 fue el siguiente:

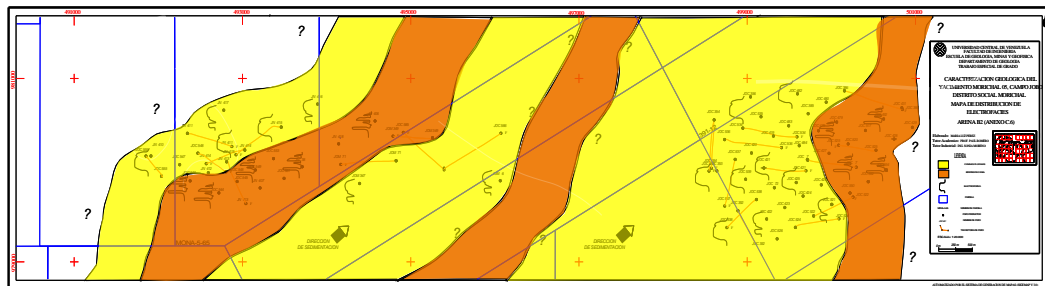


Figura 63: Mapa de distribución de electrofacies de la Unidad B2 (Ver Anexo C.6)

Lente B1

Esta asociación de facies sedimentarias es depositada en condiciones de mayor influencia marina, este cuerpo arenoso tiene espesores equivalentes de arena y lutita, su espesor promedio oscila entre 10 y 30 pies. La distribución de ambientes sedimentarios del paquete B1 es de una zona de estuario externo con dominio mareal, observándose áreas de llanura intermareal ubicada mayormente en la parte central del yacimiento y barras de marea hacia el este y oeste del mismo (figura 64).

En este tipo de estuario, la energía de las corrientes de marea domina en la boca, y edifica barras mareales alargadas, las cuales son paralelas a la dirección de los canales depositados en las secuencias anteriores. El mapa de distribución de electrofacies que se generó para el lente B1 fue el siguiente:

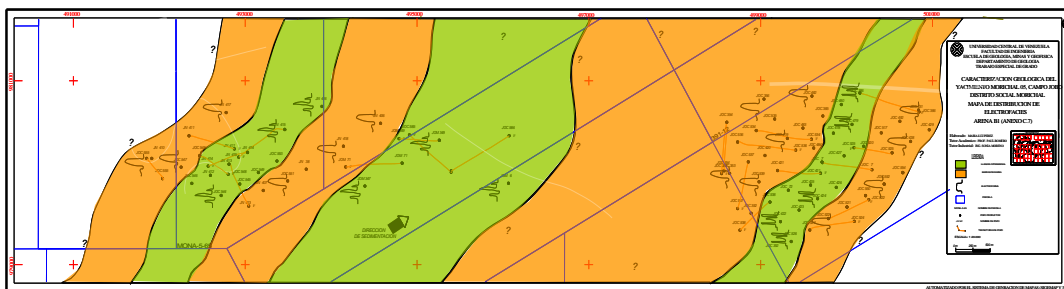


Figura 64: Mapa de distribución de electrofacies de la Unidad B1 (Ver Anexo C.7)

Lente A

El paquete A es el más elevado en el Miembro Morichal, consiste en uno o dos lentes de arena, el espesor promedio oscila entre 10 y 25 pies. El Miembro Yabo suprayace directamente a la unidad A, la cima de la cual es el límite superior del Miembro Morichal. El Miembro Yabo fue definido como una unidad lutítica con un promedio de 40 a 70 pies de espesor (figura 65).

Los ambientes que controlaron la sedimentación del paquete A fueron los siguientes: un estuario externo, con depósitos marinos someros tales como barreras de marea, las cuales son paralelas a la dirección de los canales fluviales depositados en las secuencias anteriores; comprobando así la transición a un ambiente marino que depositó mas de 40 pies de lutita del miembro Yabo, en un ciclo transgresivo menor. El mapa de distribución de electrofacies que se generó para el lente A fue el siguiente:

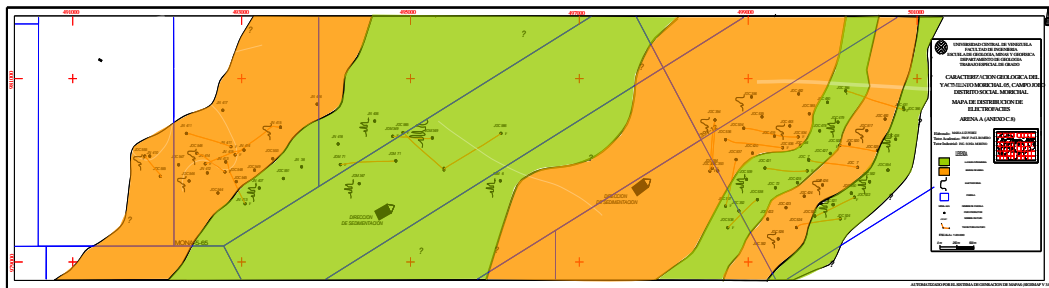


Figura 65: Mapa de distribución de electrofacies de la Unidad A (Ver Anexo C.8)

4.2.4 DISCUSIÓN

Una vez elaborado el modelo estratigráfico local del yacimiento, se observa lo siguiente:

Como se explico en el modelo estructural, la Formación Oficina es depositada en el “forebulge” de la cuenca, en el Mioceno Temprano; al originarse la subsidencia de la misma, debido al emplazamiento de las napas Caribe contra la Placa Suramericana, se origina una retrogradación, es decir, se tiene un avance del mar sobre el continente; generando así una sedimentación de tipo transgresiva, la misma es observada en los registros de pozos presentes en el yacimiento Morichal 05. Dicho marco tectónico estratigráfico, fue de gran utilidad para poder interpretar los distintos ambientes sedimentarios encontrados en el área de estudio.

Los límites de roca que se generaron para cada uno de los cuerpos arenosos, hacia la zona central del yacimiento, se sustentaron básicamente en la tendencia que seguían los espesores de arena neta de cada cuerpo; debido a que en dicha área existe un gran vacío de información, por la falta de pozos perforados. Dicha interpretación se realizó de esa manera, para así poder generar un modelo estratigráfico un poco más completo del yacimiento.

Debido a la carencia de núcleos en el área, la generación del modelo estratigráfico se basó solamente en el estudio de registros de pozos (curvas de rayos gamma (GR) y curvas de potencial espontáneo (SP)), y la integración de los mismos en un marco estratigráfico regional.

4.3 EXPECTATIVAS DE PRODUCCIÓN DEL YACIMIENTO MORICHAL 05

GENERALIDADES

Mediante la elaboración de este trabajo se pudo conocer las condiciones en que se encuentra el yacimiento Morichal 05, con el fin de proponer modelos coherentes que sirvan para generar nuevas propuestas y así mejorar la producción del mismo.

De los 76 pozos que conforman el yacimiento Morichal 05 sólo un 5% se encuentra produciendo actualmente (en el Miembro Morichal). El alto corte de agua (aproximadamente 70%) que posee, es uno de los factores primordiales que ha hecho que la producción del mismo sea tan baja. Otro factor importante radica en que el estado de los pozos se encuentra en muy malas condiciones, esto se refiere, a las condiciones mecánicas de los mismos, debido a un inadecuado mantenimiento.

Otra consideración que se debe tener en cuenta en el momento de realizar alguna propuesta de perforación, es la invasión de las áreas de drenaje de los pozos, ya que no se respetaba el espaciamiento que debía existir entre cada uno de ellos, originando así una incorrecta explotación y/o producción del yacimiento.

Como se dijo anteriormente el porcentaje de agua que posee el yacimiento es muy alto, por ello la arena "G" del Miembro Morichal, en la gran mayoría de los pozos, ya se encuentra aislada. De este manera en el momento de proponer nuevas localizaciones, no se debería tener en cuenta esta como tal.

Un aspecto importante tiene que ver con la historia de producción de cada pozo, ya que la misma no se corresponde con el estado actual de los mismos.

GEOLOGÍA LOCAL

Los pozos en el yacimiento solo se encuentran ubicados hacia la zona este y oeste del mismo, quedando en la parte central un gran vacío de información. Antes de la realización de este trabajo no se contaba con un modelo estratigráfico que permitiera conocer la tendencia de los cuerpos arenosos presentes en el área.

En cuanto al modelo estructural, el que se generó, posee fallas (interpretadas con sísmica 3D) que arroja mayor información acerca de las estructuras allí presentes, lo cual es de gran importancia en el momento de generar nuevas propuestas de perforación.

POSIBLES LOCALIZACIONES

Con la creación de los modelos estructurales y estratigráficos, que se generaron, se espera tener una mayor certeza en el momento de proponer nuevas localizaciones; las cuales deberían estar orientadas hacia la parte central del yacimiento, por estar esta libre de pozos (figura 66).

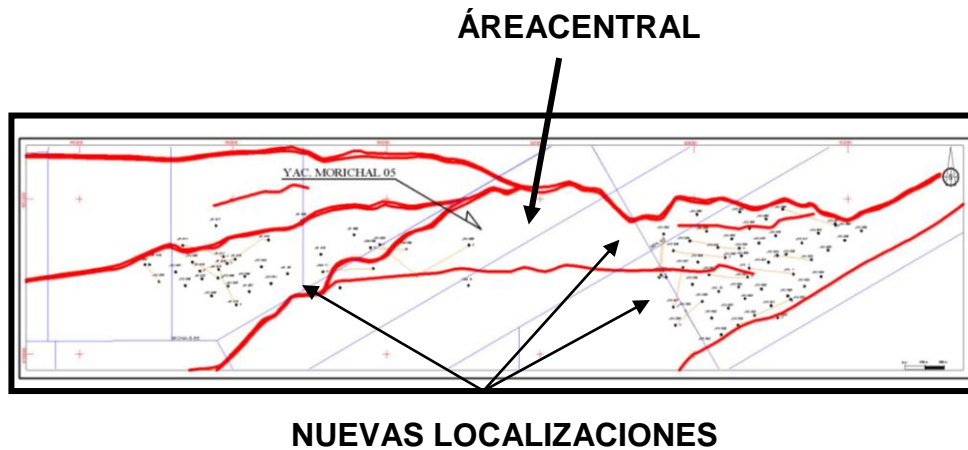


Figura 66: Mapa del yacimiento Morichal 05, con nuevas localizaciones.

Como se observa en la figura 66 dichas áreas corresponden con los mejores lugares para ubicar nuevas localizaciones. Perfectamente se podría proponer la

perforación de pozos estratigráficos para la toma de núcleos, una vez hecho esto, los mismos pueden ser completados, dependiendo de la información que aporten.

Con el modelo estratigráfico se pudo observar que el área señalada en la figura 66 posee buenos espesores de arenas, manteniendo así una continuidad lateral por todo el campo. El paquete más prospectivo corresponde con la arena "E", ya que esta posee espesores promedio de arena neta petrolífera que oscilan entre 50 y 70 pies.

Con lo expuesto anteriormente, se quiere decir, que independientemente que las condiciones del yacimiento no sean las más adecuadas, el mismo se puede seguir explotando con nuevos planes de perforación y realizando los estudios que sean necesarios para un óptimo rendimiento.

CAPÍTULO V

5 SUMARIO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 SUMARIO

- El Miembro Morichal se subdivide en ocho paquetes de arena o unidades estratigráficas denominadas de tope a base A, B1, B2, C, D, E, F y G; reconocibles en toda el área del Campo Jobo. Estas ocho unidades se definen como “Unidades Litoestratigráficas” dentro del área en cuestión, basado en la continuidad de la correlación de los marcadores estratigráficos o líneas de tiempo reconocidas.
- La estructura dominante en la zona del yacimiento Morichal 05 corresponde con anticlinales y sinclinales asimétricos; estos se formaron antes que el sistema de fallas allí localizado.
- La falla localizada al norte del yacimiento (falla principal de Jobo) se caracteriza por ser una falla normal de rumbo este-oeste y buzamiento al sur. El desplazamiento de la falla principal de Jobo es de 100 pies aproximadamente.
- Las fallas ubicadas en el centro del campo, tanto en dirección paralela como perpendicular a la falla principal, son de menor tamaño y su desplazamiento oscila entre 30 y 60 pies, con una dirección de buzamiento sur y norte.
- El modelo sedimentológico regional del Campo Jobo, es de dominio fluvial y localmente la dirección de la sedimentación varía en dirección suroeste a noreste, hacia el tope de la secuencia se observa un dominio más marino con depositación de barras de marea, ubicando la secuencia en una zona de estuario externo con todos los subambientes y facies respectivas.

SUMARIO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las arenas basales del Miembro Morichal presentan una gradación granodecreciente al tope, formadas por arenas fluviales y que culminan con barras de marea y llanuras de marea en los paquetes B1 y A; facies predecesoras a las lutitas transgresivas del miembro Yabo.

- Las unidades estratigráficas G, F y E se depositaron en un ambiente de dominio fluvial, siendo el aporte de sedimentos mayormente de origen continental. Las curvas SP y GR se observan de forma muy cilíndricas, indicando así la depositación de canales entrelazados. Los espesores de arena promedio de dichas unidades varían entre 60 y 130 pies.

- Las unidades estratigráficas D, C y B2 se depositan igualmente en un ambiente de dominio fluvial, su espesor de arena neta es menor que las unidades estratigráficas anteriores.

- Las unidades estratigráficas B1 y A se depositan en un ambiente estuarino de dominio mareal, observándose así barras de marea y llanura intramareal; siendo las barras de marea paralelas a la dirección de los canales; hacia el tope de A se tiene la depositación del miembro Yabo el cual es netamente de dominio marino.

5.2 CONCLUSIONES

- Los pliegues observados en el área de estudio se formaron en el “forebulge” de la cuenca, por ende los mismos no poseen correspondencia con el sistema de fallas allí presentes.
- Las fallas fueron generadas por el emplazamiento de las napas Caribe contra la Placa Suramericana, generando así un sistema de fallas de tipo normal con una orientación preferencial este-oeste, observadas hacia el sur de la cuenca, correspondiendo así con la zona de estudio.
- Las fallas fueron interpretadas mediante sísmica 3D, las mismas no se encuentran oficializadas dentro del campo; con esto se quiere decir, que el modelo estructural que se generó posee información más actualizada sobre las estructuras presentes en toda el área de estudio.
- La colisión de la Placa Caribe contra la Placa Suramericana (en el norte), generó subsidencia de la cuenca (hacia el sur), dicho evento dio lugar a un avance del mar sobre el continente; depositando así secuencias de tipo transgresiva, correspondiendo estas con las que se observan en el Miembro Morichal.
- Debido a la carencia de pozos hacia la parte central del campo, los límites de roca para cada unidad arenosa, se establecieron por la tendencia que poseían los espesores de arena neta de los mismos a lo largo del yacimiento Morichal 05.
- Por la falta de núcleos en el yacimiento, el modelo estratigráfico planteado, es totalmente elaborado basándose en la integración de los registros de pozos presentes en el área, junto con el marco estratigráfico regional.
- Previo a la realización de este trabajo, el yacimiento Morichal 05 no poseía ningún tipo de estudio de carácter estratigráfico y sedimentológico, que pudiera así aportar algún tipo de información.

5.3 RECOMENDACIONES

- Se recomienda en primer lugar la perforación de pozos estratigráficos que permitan la captura de información a través de registros especiales o nuevos pozos para la toma de núcleos, en el área central del yacimiento; ya que allí sólo se cuenta con la información del pozo exploratorio JOM 6, el cual fue perforado en los años 50. De ésta manera el modelo sedimentológico que se generó sería validado.
- Realizar una caracterización petrofísica del yacimiento Morichal 05, para así tener mayor información en el momento de realizar nuevas propuestas de perforación; ya que muy pocos pozos poseen dicha información.
- Continuar con el levantamiento sísmico en 3D del área en cuestión para así validar el modelo estructural planteado y apoyar los planes y propuestas de perforación de una forma más sistemática, lo cual permitirá mejorar sustancialmente el rendimiento petrolero que se posee el yacimiento Morichal 05 en el Campo Jobo.
- Cotejar la historia de producción de cada pozo, la historia de work-overs y los registros eléctricos con la finalidad de mapear los contactos entre fluídos actuales.
- Realizar correlaciones tiempo vs. profundidad, con la finalidad de procesar las líneas sísmicas en escalas métricas.

CAPÍTULO VI

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, P. (1997) **Ambientes Sedimentarios**. Taller dictado para Corpoven S.A., Proyecto Facies. Puerto La Cruz, Venezuela. pp 100-175.

ALLEN, G.P. (1989). **Les deltas et les bassins deltaïques. in Dynamique et méthodes d'étude des bassins sédimentaires**. 383-419, Technip edit., Paris.

ALLEN, G.P. (1996). **Curso De Sedimentología Y Estratigrafía De Sedimentos Aluviales Y Deltaicos**. pp 5 – 47.

AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE, (1980). **Glossary of Geology**. Pp. 749.

AUDEMARD F., MICHAEL N. MACHETTE, JONATHAN W. COX, RICHARD L. DART, KATHLEEN M. (2000) **Map and Database of Quaternary Faults in Venezuela and its Off shore Regions**. En: <http://pubs. Usgs. Gov.>

CEPET, (1989). **La Industria Venezolana de los Hidrocarburos**. PDVSA, Tomo I pp. 122-145.

CHEVALIER, Y., GONZÁLEZ, G., MATA, S., SANTIAGO, N., SPANO, F., (1995). **Estratigrafía Secuencial y Tectónica del Transepto El Pilar-Cerro Negro, Cuenca Oriental de Venezuela**. LAGOVEN, S.A. VI Congreso Colombiano de Petróleo. Pp. 253-265.

CLIFTON, H.E. (1982) **Estuarine deposits**. In: P.A. Scholle & D. Pearing, eds., **Sandstone Depositional Environments**. Mem. AAPG, 31,179-189.

CODIGO GEOLOGICO DE VENEZUELA (1997) [en línea]. PDVSA-INTEVEP. [<http://www.pdvsa.com/lexico>].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORONEL, G. (1968). **A Geological Study Of The Group II Sands Of The Morichal Field, State Of Monagas, Venezuela.** Phillips Petroleum Co. Informe privado. Morichal, Venezuela. pp 5-125.

DE SISTO, J. (1961). **Stratigraphic Relation Ships A Long The Southern Shelf Area Of Eastern Venezuelan Basin, East Of Greater Oficina Fields.** Asoc. Venez. Geol., Min. Y Petról. Boletín inform. 4(3) pp 95-105.

DI CROCE, J., (1989). **Análisis Sedimentológico De La Formación San Juan En La Cuenca Oriental De Venezuela.** Universidad Central de Venezuela, pp 150.

DI CROCE, J., (1995). **Eastern Venezuela Basin: Sequence Stratigraphy And Structural Evolution.** PHD . Tesis. Texas, Houston, pp 225.

DI CROCE, J., (2003). **Guías Estratigrafía Secuencial.** Universidad Central de Venezuela. Caracas, Módulo IV, pp 21-54.

ESTUDIOS INTEGRADOS DE YACIMIENTOS, DÍAZ A., (2006). **Interpretación Sísmica 3D del Campo Jobo.** Puerto La Cruz, PDVSA.

FIGUEROA, M., (1999). **Caracterización Geológica Del Miembro Medio/Superior De La Formación Naricual, En El Sector Oriental Del Campo El Furrial Y El Campo Corozo Subcuenca De Maturín Norte Del Edo. Monagas.** Dpto. de Geología, Universidad Central de Venezuela, pp 143.

GALLOWAY, W., (1975). **Process Framework for Describing the Morphologic and Stratigraphic Evolution of Deltaic Depositional Systems.** EN: **Deltas, Models for Exploration.** Broussard, M. et a., Houston Geological Society. pp. 87-98.

GALLOWAY, W.E. y HODBAY, (1983) **Terrigenous clastic depositional systems.** Springer-Verlag, Berlin, New-York, 423 p.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GARCÍA, E., (1998). **Guías de Petrofísica Aplicada ACEG**. Universidad Central de Venezuela, Caracas. pp 123.

GONZÁLEZ DE JUANA, C., ITURRALDE, J., PICARD, X., (1980). **Geología De Venezuela Y De Sus Cuencas Petrolíferas**. Editorial Foninves Caracas, Venezuela, pp 908-979.

GRESSLY, A., (1838). **Observations géologiques Sur le Jura Soleurois**. Neve Denksche. Allg. Schweiz. Naturad, 2,1. pp 112.

HEDBERG, H., SASS L., H. FUNKHOUSER (1947), **Oil Fields Of Greater Oficina Area, Central Anzoategui, Venezuela**. The Am. Assoc. Petrol. Geol., V. 31, No 12. PP 1089-2169.

KEY, C., (1977). **La Formación Oficina En El Campo Jobo**. V Congreso Geológico Venezolano, Memorias, Tomo IV pp 1-26.

KRUMBEIN, W. Y SLOSS, (1969). **Estratigrafía Y Sedimentación**. Segunda edición, U.T.E.H.A., México, pp 778.

LAGOVEN, S.A (1997). **Estudio Geológico De Los Yacimientos Morichal 05 Y Jobo 05**. Tecnosinergia, Maturín, Tomo I pp 6-30.

MANIFIESTO DE ENERGÍA Y MINAS, (1970). **Léxico Estratigráfico De Venezuela**. M.J. Editores, Caracas.

MÉNDEZ, O. (1985). **Historia Geológica Graficada De La Cuenca Oriental De Venezuela**. VI Congreso Geol. Venezolano. Caracas, pp 15-96.

MIALL, A. (1984). **Principles of Sedimentary Basin Analysis**. Springer-Verlag, New York , USA, pp 490.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MURANY, E. (1972). **Structural Analysis Pf The Caribbean Coast Eastern Range Of Venezuela**. Memorias VI Conferencia Geológica del Caribe, pp 295-298.

ORTEGA J., (1980). **Estudio Geológico Del Miembro Morichal En Campo Jobo**. Informe técnico para Lagoven. Morichal, Venezuela. pp 3-45.

PARNAUD, F., GOU Y., PASCUAL, J., CAPELLO, M., TRUSKOWSKI, Y., PASSALACQUA, M. Y ROURE F., (1995). *Petroleum Geology of the Central Part of the Eastern Venezuelan Basin*. En: TANKARD, A., SUAREZ, R. Y WELSINK, H. **Petroleum Basins of South America**. (Eds.) American Association of Petroleum Geologist, Memoir 62. Tulsa, Oklahoma, U.S.A. pp 741-756.

RABASSÓ VIDAL, J., (1967). **La Geología Del Campo Morichal**. Boletín AVGMP, V 19:2, pp 91-104.

REINA, J., (2002). **Interpretación Sísmica 3D Estructural y Estratigráfica del Proyecto Socororo al Sur del Estado Anzoátegui**. Tesis de Grado Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

RIVERO, C. ,(1993). **Geología De Las Arenas I Y R Y Estudio Estadístico De Los Yacimientos I De La Formación Oficina, Area Mayor De Anaco, Edo. Anzoátegui Y Monagas**. Dpto. de Geología, Universidad Central de Venezuela, Caracas, pp 156.

RODRÍGUEZ, (1984). **Actualización Geológica de los yacimientos Morichal 05, Morichal 09 y Morichal 11 del Campo Jobo en el estado Monagas**. Informe PDVSA, pp. 25-56.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ROSSI, T.,(1985). **La Serranía Del Interior Oriental Venezuela**. Tesis Doctoral. Universidad Bretagna Occidentale, pp 338.

SANDOVAL, D., (2006). **Reinterpretación Estratigráfica De La Zona Noreste De Los Yacimientos Morichal 07 Y 03, Miembro Morichal, Formación Oficina**. Informe PDVSA, pp 125.

SANTOS A. Y L. FRONTADO, (1987). **Reservoir Geology of the Cerro Negro stream injection area, Orinoco Oil belt, Venezuela**. Scientific Press, Journal of Petroleum Geology 10 (2) pp 177-194.

SELLEY, R.,(1970). **Ancient Sedimentary enviroments; a bief survey**. Chapman and Hall, Londres, Reino Unido. Pp. 58-65.

SERRA, O., (s/a). **Análisis de ambientes sedimentarios mediante Perfiles de Pozos**. Schlumberger. pp 131-178.

SOTO, C. et al., (2003). **Reservoir Description of the Area Mayor de Socororo, Eastern Venezuela**. Society of Petroleum Engineers, Denver, Colaorado. pp 1-10.

SUMMA, L, RICHARDSON, M., NORTON, I., GREEN, A.,(2003). **Hydrocarbon Systems of Northeastern Venezuela: Plate Through molecular Scale Analysis of the Genesis and Evolution of the Eastern Venezuela Basin**. Marine and Petroleum Geology, N° 20 pp. 323-350.

TEARPOCK, D., BISHKE R., (1991). **Applied Subsurface Geological Mapping**. Hall PTR, New Jersey. pp 648.

USC SEQUENCE STRATIGRAPHY WEB,, (2006). **Kendall, Depositional Systems**. <http://strata.geol.sc.edu.seqstr.html>.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VAN WAGONER, J., (1990). **Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores, and Outcrops: Concept for High Resolution Correlation of Time and Facies.** American Association of Petroleum Geologist, Methods in Exploration Series, N 7. pp 52.

VILLEGAS, L., (1985) **Geología Regional En La Cuenca Oriental.** VI Congreso Geológico Venezolano, pp 3463-3670.

WALKER R. Y JAMES, N., (1992). **Facies Models.** Department of Geology, McMaster University, Ontario Canada, pp 409.

APÉNDICE I

APÉNDICE I

Apéndice I, datos generales de cada pozo localizado en el yacimiento Morichal 05.

N°	POZO	COORD. UTM	LOCALIZACIÓN	ELEVACIÓN TERRENO	EMR	ARENA	PROFUNDIDAD INT. CAÑONEADOS	TIPO DE POZO
1	JOC 7 JOC 7 JOC 7 JOC 7 JOC 7 JOC 7 JOC 7	N:980113,65 E:499714,8	391-13	262'	273'	A: B1: B2: C: D: E: F: G:	3590-3630	REENTRY
3	JOC 352 JOC 352 JOC 352 JOC 352 JOC 352 JOC 352 JOC 352	N:979.557.29 E:498.889.86	O-102 N-51	272'	285'	A: B1: B2: C: D: E: F: G:	3410-3440	REENTRY
4	JOC 353 JOC 353 JOC 353 JOC 353 JOC 353 JOC 353 JOC 353	N:979.991,09 E:498.640,56	O-102 N-53	283'	297'	A: B1: B2: C: D: E: F: G:		VERTICAL
4	JOC 354 JOC 354 JOC 354 JOC 354 JOC 354 JOC 354 JOC 354	N:980.548,98 E:498.607,29	O-101 N-55	293'	306'	A: B1: B2: C: D: E: F: G:	3953-4023	REENTRY
5	JOC 385 JOC 385 JOC 385 JOC 385 JOC 385 JOC 385 JOC 385	N:980.615,44 E:499.725,09	O-97 N-53	286'	294'	A: B1: B2: C: D: E: F: G:	3840-3897 3945-4030	VERTICAL

APÉNDICE I

6	JOC	N:980.864 E:500.155	O-95 N-	286	296	A:	3872-	REENT
	JOC					C:		
	JOC					D:		
	JOC					E:		
	JOC					F:		
	JOC					G:		
	JOC							
	JOC							
7	JOC	N:980.371 E:499.311	N-53 O-	270	284	A:	3940-	VERTIC
	JOC					C:		
	JOC					D:		
	JOC					E:		
	JOC					F:		
	JOC					G:		
	JOC							
	JOC							
8	JOC	N:980.188 E:499.051	O-100 N-	276	290	A:	3963-	VERTIC
	JOC					C:		
	JOC					D:		
	JOC					E:		
	JOC					F:		
	JOC					G:		
	JOC							
	JOC							
9	JOC	N:980.024 E:499.198	O-100 N-	268	282	A:	3910-	REENT
	JOC					C:		
	JOC					D:		
	JOC					E:		
	JOC					F:		
	JOC					G:		
	JOC							
	JOC							
10	JOC	N:979.466 E:499.231	O-101 N-	254	268	A:	3916-	VERTIC
	JOC					C:		
	JOC					D:		
	JOC					E:		
	JOC					F:		
	JOC					G:		
	JOC							
	JOC							
11	JOC	N:979.591 E:499.448	O-100 N-	256	270	A:	4010-	VERTIC
	JOC					C:		
	JOC					D:		
	JOC					E:		
	JOC					F:		
	JOC					G:		
	JOC							
	JOC							

APÉNDICE I

12	JOC 424	N:979.716,24 E:499.664,55	N-50 O-99	258'	272'	A:	3920-4040	VERTICAL
	JOC 424					B1:		
	JOC 424					B2:		
	JOC 424					C:		
	JOC 424					D:		
	JOC 424					E:		
	JOC 424					F:		
	JOC 424					G:		
13	JOC 425	N:979.863,85 E:499.583,03	O-99 N-51	264'	278'	A:	3398-3412	VERTICAL
	JOC 425					B1:		
	JOC 425					B2:		
	JOC 425					C:		
	JOC 425					D:		
	JOC 425					E:		
	JOC 425					F:		
	JOC 425					G:		
14	JOC 426	N:979.481,08 E:499.881,03	O-98 N-50	252'	266'	A:	3902-4006	VERTICAL
	JOC 426					B1:		
	JOC 426					B2:		
	JOC 426					C:		
	JOC 426					D:		
	JOC 426					E:		
	JOC 426					F:		
	JOC 426					G:		
15	JOC 427	N:980.182,40 E:499.972,66	N-51 O-97	259'	273'	A:		VERTICAL
	JOC 427					B1:		
	JOC 427					B2:		
	JOC 427					C:		
	JOC 427					D:		
	JOC 427					E:		
	JOC 427					F:		
	JOC 427					G:		
16	JOC 428	N:980.340,45 E:500.746,95	O-94 N-50	265'	279'	A:	3873-4030	VERTICAL
	JOC 428					B1:		
	JOC 428					B2:		
	JOC 428					C:		
	JOC 428					D:		
	JOC 428					E:		
	JOC 428					F:		
	JOC 428					G:		
17	JOC 429	N:980.465,29 E:500.963,43	N-50 O-93	271'	285'	A:	3905-3955 3964-4040	VERTICAL
	JOC 429					B1:		
	JOC 429					B2:		
	JOC 429					C:		
	JOC 429					D:		
	JOC 429					E:		
	JOC 429					F:		
	JOC 429					G:		

APÉNDICE I

18	JOC 430	N:980.590,13 E:501.179,92	O-92 N-52	268'	282'	A:	3930-4050	VERTICAL
	JOC 430					B1:		
	JOC 430					B2:		
	JOC 430					C:		
	JOC 430					D:		
	JOC 430					E:		
	JOC 430					F:		
JOC 430	G:							
19	JOC 431	N:980.681,66 E:500.838,59	O-93 N-51	274'	288'	A:	3890-3909 3916-3985	VERTICAL
	JOC 431					B1:		
	JOC 431					B2:		
	JOC 431					C:		
	JOC 431					D:		
	JOC 431					E:		
	JOC 431					F:		
JOC 431	G:							
20	JOC 478	N:980.398,89 E:499.847,82	O-97 N-52	265'	279'	A:	3846-3866 3882-3890 3916-4012	VERTICAL
	JOC 478					B1:		
	JOC 478					B2:		
	JOC 478					C:		
	JOC 478					D:		
	JOC 478					E:		
	JOC 478					F:		
JOC 478	G:							
21	JOC 479	N:980.523,73 E:500.064,30	M5-42	265'	279'	A:	3764-3800 3840-3870 3910-3988	VERTICAL
	JOC 479					B1:		
	JOC 479					B2:		
	JOC 479					C:		
	JOC 479					D:		
	JOC 479					E:		
	JOC 479					F:		
JOC 479	G:							
22	JOC 480	N:980.740,21 E:499.939,42	O-96 N-53	274'	289'	A:	3973-4050	REENTRY
	JOC 480					B1:		
	JOC 480					B2:		
	JOC 480					C:		
	JOC 480					D:		
	JOC 480					E:		
	JOC 480					F:		
JOC 480	G:							
23	JOC 482	N:980.831,85 E:499.598,13	M5-47	276'	290'	A:		VERTICAL
	JOC 482					B1:		
	JOC 482					B2:		
	JOC 482					C:		
	JOC 482					D:		
	JOC 482					E:		
	JOC 482					F:		
JOC 482	G:							

APÉNDICE I

24	JOC 483	N:980.483,03 E:499.493,50	M5-54	269'	283'	A:		VERTICAL
	JOC 483					B1:		
	JOC 483					B2:		
	JOC 483					C:		
	JOC 483					D:		
	JOC 483					E:		
	JOC 483					F:		
	JOC 483					G:		
25	JOC 484	N:980.266,56 E:499.618,35	N-52 O-98	264'	280'	A:	3696-3738	VERTICAL
	JOC 484					B1:		
	JOC 484					B2:		
	JOC 484					C:		
	JOC 484					D:		
	JOC 484					E:		
	JOC 484					F:		
	JOC 484					G:		
26	JOC 492	N:980.556,92 E:500.621,80	N-51 O-94	270'	284'	A:		VERTICAL
	JOC 492					B1:		
	JOC 492					B2:		
	JOC 492					C:		
	JOC 492					D:		
	JOC 492					E:		
	JOC 492					F:		
	JOC 492					G:		
27	JOC 502	N:980.806,60 E:501.055,07	N-51 O-92	277'	291'	A:	3750'-3860'	VERTICAL
	JOC 502					B1:		
	JOC 502					B2:		
	JOC 502					C:		
	JOC 502					D:		
	JOC 502					E:		
	JOC 502					F:		
	JOC 502					G:		
28	JOC 517	N:980.432,08 E:500.405,63	N-51 O-95	277'	290'	A:	3791-3846	VERTICAL
	JOC 517					B1:		
	JOC 517					B2:		
	JOC 517					C:		
	JOC 517					D:		
	JOC 517					E:		
	JOC 517					F:		
	JOC 517					G:		
29	JCO 520	N:980.285,60 E:500.201,63	N-51 O-96	263'	278'	A:		VERTICAL
	JOC-520					B1:		
	JOC 520					B2:		
	JOC 520					C:		
	JOC 520					D:		
	JOC 520					E:		
	JOC 520					F:		
	JOC 520					G:		

APÉNDICE I

30	JOC 521	N:979.623,60 E:502.005,08	N-49 O-98	269'	283'	A:	3834-3898 3916-3941 3968-4018	VERTICAL
	JOC 521					B1:		
	JOC 521					B2:		
	JOC 521					C:		
	JOC 521					D:		
	JOC 521					E:		
	JOC 521					F:		
JOC 521	G:							
31	JOC 522	N:979.499,77 E:499.789,40	N-40 O-99	268'	283'	A:	3808'-3863' 3922'-3974'	REENTRY
	JOC 522					B1:		
	JOC 522					B2:		
	JOC 522					C:		
	JOC 522					D:		
	JOC 522					E:		
	JOC 522					F:		
JOC 522	G:							
32	JOC 524	N:979.374,92 E:499.572,64	N-49 O-100	252'	266'	A:	3908-4001 4010-4096	REENTRY
	JOC 524					B1:		
	JOC 524					B2:		
	JOC 524					C:		
	JOC 524					D:		
	JOC 524					E:		
	JOC 524					F:		
JOC 524	G:							
33	JOC 525	N:980.215,62 E:500.530,47	N-50 O-95	254'	267'	A:	3780-3832 3870-3906 3922-3984	REENTRY
	JOC 525					B1:		
	JOC 525					B2:		
	JOC 525					C:		
	JOC 525					D:		
	JOC 525					E:		
	JOC 525					F:		
JOC 525	G:							
34	JOC 526	N:979.250,08 E:499.356,44	N-49 O-101	277'	292'	A:	3788-3836 3906-4096	VERTICAL
	JOC 526					B1:		
	JOC 526					B2:		
	JOC 526					C:		
	JOC 526					D:		
	JOC 526					E:		
	JOC 526					F:		
JOC 526	G:							
35	JOC 534	N:980.547,33 E:498.948,70	N-54 O-100	276'	291'	A:	3914-3978	REENTRY
	JOC 534					B1:		
	JOC 534					B2:		
	JOC 534					C:		
	JOC 534					D:		
	JOC 534					E:		
	JOC 534					F:		
JOC 534	G:							

APÉNDICE I

36	JOC 535	N:980.582,17 E:499.165,17	N-54 O-99	275'	290'	A:	3924-3980 4017-4060	VERTICAL
	JOC 535					B1:		
	JOC 535					B2:		
	JOC 535					C:		
	JOC 535					D:		
	JOC 535					E:		
	JOC 535					F:		
JOC 535	G:							
37	JOC 536	N:980.332,49 E:498.732,20	N-54 O-101	277'	291'	A:	3953-4023	REENTRY
	JOC 536					B1:		
	JOC 536					B2:		
	JOC 536					C:		
	JOC 536					D:		
	JOC 536					E:		
	JOC 536					F:		
JOC 536	G:							
38	JOC 537	N:980.116,00 E:498.857,05	N-53 O-101	274'	288'	A:	3820-3856 3950-4072	REENTRY
	JOC 537					B1:		
	JOC 537					B2:		
	JOC 537					C:		
	JOC 537					D:		
	JOC 537					E:		
	JOC 537					F:		
JOC 537	G:							
39	JOC 538	N:979.678,71 E:499.109,23	N 51 O-101	268'	282'	A:	3802-3878 3932-4078	REENTRY
	JOC 538					B1:		
	JOC 538					B2:		
	JOC 538					C:		
	JOC 538					D:		
	JOC 538					E:		
	JOC 538					F:		
JOC 538	G:							
40	JOC 539	N:979.899,53 E:498.981,90	N-52 O-101	271'	288'	A:		VERTICAL
	JOC 539					B1:		
	JOC 539					B2:		
	JOC 539					C:		
	JOC 539					D:		
	JOC 539					E:		
	JOC 539					F:		
JOC 539	G:							
41	JOC 550	N:979.749,45 E:500.222,35	N-49 O-07	256'	269'	A:	3922-3931 3962-4018	VERTICAL
	JOC 550					B1:		
	JOC 550					B2:		
	JOC 550					C:		
	JOC 550					D:		
	JOC 550					E:		
	JOC 550					F:		
JOC 550	G:							

APÉNDICE I

42	JOC 552	N:979.874,29 E:500.438,84	N-49 O-96	245'	258'	A:		VERTICAL
	JOC 552					B1:		
	JOC 552					B2:		
	JOC 552					C:		
	JOC 552					D:		
	JOC 552					E:		
	JOC 552					F:		
JOC 552	G:							
43	JOC 554	N:979.999,14 E:500.655,31	N-49 O-95	251'	258'	A:		REENTRY
	JOC 554					B1:		
	JOC 554					B2:		
	JOC 554					C:		
	JOC 554					D:		
	JOC 554					E: 3828'-3896'		
	JOC 554					F: 3921'-3941'		
JOC 554	G: 4008'-4030'							
44	JOM 006	-----	1718	280'	290'	A:		VERTICAL
	JOM 006					B1:		
	JOM 006					B2:		
	JOM 006					C:		
	JOM 006					D:		
	JOM 006					E:		
	JOM 006					F:		
JOM 006	G:							
45	JOC 585	N: 980.001,98 E: 495.397,20	N-59 O-113,5	256'	270'	A:		HORIZONTAL
	JOC 585					B1:		
	JOC 585					B2:		
	JOC 585					C:		
	JOC 585					D:		
	JOC 585					E:		
	JOC 585					F:		
JOC 585	G:							
46	JOM 349	N:980.349,79 E:495.260,52	-----	264'	277'	A:		REENTRY
	JOM 349					B1:		
	JOM 349					B2:		
	JOM 349					C:		
	JOM 349					D:		
	JOM 349					E:		
	JOM 349					F:		
JOM 349	G:							
47	JN 406	N:980.533,06 E:494.578,06	N-63 O-115	263'	273'	A:		VERTICAL
	JN 406					B1:		
	JN 406					B2:		
	JN 406					C: JOBO		
	JN 406					D: JOBO		
	JN 406					E: JOBO		
	JN 406					F: JOBO		
JN 406	G: JOBO							

APÉNDICE I

48	JOM 71	N:980.100,12 E:494.827,60	N-61 O-115	261'	269'	A:	JOB0	REENTRY
	JOM 71					B1:		
	JOM 71					B2:		
	JOM 71					C:		
	JOM 71					D:		
	JOM 71					E:		
	JOM 71					F:		
	JOM 71					G:		
49	JOM 347	N:979.850,42 E:494.393,80	N-117 O-61	260'	273'	A:	JOB0	VERTICAL
	JOM 347					B1:		
	JOM 347					B2:		
	JOM 347					C:		
	JOM 347					D:		
	JOM 347					E:		
	JOM 347					F:		
	JOM 347					G:		
50	JN 408	N:980.267,43 E:490.115,42		263'	277'	A:	JOB0	VERTICAL
	JN 408					B1:		
	JN 408					B2:		
	JN 408					C:		
	JN 408					D:		
	JN 408					E:		
	JN 408					F:		
	JN 408					G:		
51	JN 416	N:980.716,36 E:493.845,25	N-65 O-117	260'	274'	A:	JOB0	VERTICAL
	JN 416					B1:		
	JN 416					B2:		
	JN 416					C:		
	JN 416					D:		
	JN 416					E:		
	JN 416					F:		
	JN 416					G:		
52	JN 415	N:980.466,65 E:493.465,26	N-65 O-119	261'	275'	A:	JOB0	REENTRY
	JN 415					B1:		
	JN 415					B2:		
	JN 415					C:		
	JN 415					D:		
	JN 415					E:		
	JN 415					F:		
	JN 415					G:		
53	JN 413	N:980.092,12 E:492.812,83	N-65 O-122	261'	276'	A:	3838'-3854'	REENTRY
	JN 413					B1:		
	JN 413					B2:		
	JN 413					C:		
	JN 413					D:		
	JN 413					E:		
	JN 413					F:		
	JN 413					G:		

APÉNDICE I

54	JN 414	N:980.216,96 E:493.029,31	N-65 O-121	261'	275'	A:		REENTRY
	JN 414					B1:		
	JN 414					B2:		
	JN 414					C:		
	JN 414					D:		
	JN 414					E:		
	JN 414					F:		
	JN 414					G:		
55	JN 412	N:979.967,28 E:492.587,35	N-65 O-123	263'	277"	A:	JOBO	VERTICAL
	JN 412					B1:		
	JN 412					B2:		
	JN 412					C:		
	JN 412					D:		
	JN 412					E:		
	JN 412					F:		
	JN 412					G:		
56	JN 410	N:980.150,54 E:491.913,70	O-125 N-67	261'	275'	A:		VERTICAL
	JN 410					B1:		
	JN 410					B2:		
	JN 410					C:		
	JN 410					D:		
	JN 410					E:		
	JN 410					F:		
	JN 410					G:		
57	JN 411	N:980.400,25 E:492.346,66	O-12 N-67	255'	270'	A:		REENTRY
	JN 411					B1:		
	JN 411					B2:		
	JN 411					C:		
	JN 411					D:		
	JN 411					E:		
	JN 411					F:		
	JN 411					G:		
58	JN 407	N:979.802,15 E:493.212,41	O-121,2 N-63,2	261'	271'	A:	JOBO	VERTICAL
	JN 407					B1:		
	JN 407					B2:		
	JN 407					C:		
	JN 407					D:		
	JN 407					E:		
	JN 407					F:		
	JN 407					G:		
59	JOC 547	N:980.058,91 E:492.255,02	N-66 O-124	266'	281'	A:		VERTICAL
	JOC 547					B1:		
	JOC 547					B2:		
	JOC 547					C:		
	JOC 547					D:		
	JOC 547					E:		
	JOC 547					F:		
	JOC 547					G:		

APÉNDICE I

60	JOC 548	N:980.183,8 E:492.471,84	N-66 O-123	256'	270'	A:		REENTRY
	JOC 548					B1:		
	JOC 548					B2:		
	JOC 548					C:		
	JOC 548					D:		
	JOC 548					E:		
	JOC 548					F:		
	JOC 548					G:		
61	JOC 549	N:980.000,48 E:493.154,15	N-64 O-121	270'	285'	A:		VERTICAL
	JOC 549					B1:		
	JOC 549					B2:		
	JOC 549					C:		
	JOC 549					D:		
	JOC 549					E:		
	JOC 549					F:		
	JOC 549					G:		
62	JOC 544	N:979.750,79 E:492.721,19	N-64 O-123	260'	275'	A:	3836'-3910 3974'-3994' 4003'-4046'	VERTICAL
	JOC 544					B1:		
	JOC 544					B2:		
	JOC 544					C:		
	JOC 544					D:		
	JOC 544					E:		
	JOC 544					F:		
	JOC 544					G:		
63	JOC 546	N:979.882,42 E:492.379,88	N-65 O-124	260'	273'	A:		VERTICAL
	JOC 546					B1:		
	JOC 546					B2:		
	JOC 546					C:		
	JOC 546					D:		
	JOC 546					E:		
	JOC 546					F:		
	JOC 546					G:		
64	JOC 545	N:979.875,61 E:492.937,67	N-54 O-122	269'	284'	A:	3846'-3852' 3874'-3924' 3930'-3982' 3998'-4050'	VERTICAL
	JOC 545					B1:		
	JOC 545					B2:		
	JOC 545					C:		
	JOC 545					D:		
	JOC 545					E:		
	JOC 545					F:		
	JOC 545					G:		
65	JOC 551	N:979.908,83 E:493.495,49	N-63 O-120	259'	274'	A:		VERTICAL
	JOC 551					B1:		
	JOC 551					B2:		
	JOC 551					C:		
	JOC 551					D:		
	JOC 551					E:		
	JOC 551					F:		
	JOC 551					G:		

APÉNDICE I

66	JOC 553	N:980.125,32 E:493.370,65	N-64 O-120	260'	274'	A:	3802-3822 3876-3894 3914-3923	VERTICAL
	JOC 553					B1:		
	JOC 553					B2:		
	JOC 553					C:		
	JOC 553					D:		
	JOC 553					E:		
	JOC 553					F:		
	JOC 553					G:		
67	JOC 555	N:979.934,07 E:492.038,55	N-66 O-125	257'	274'	A:	3872-3888 3912-3918 3974-3935	REENTRY
	JOC 555					B1:		
	JOC 555					B2:		
	JOC 555					C:		
	JOC 555					D:		
	JOC 555					E:		
	JOC 555					F:		
	JOC 555					G:		
68	JN 38	N:980.033,69 E:493.711,88	N-63 O-119	260'	273'	A:	JOBO JOBO JOBO JOBO JOBO	VERTICAL
	JN 38					B1:		
	JN 38					B2:		
	JN 38					C:		
	JN 38					D:		
	JN 38					E:		
	JN 38					F:		
	JN 38					G:		
69	JN 417	N:980.649,93 E:492.779,62	N-67 O-121	256'	271'	A:		VERTICAL
	JN 417					B1:		
	JN 417					B2:		
	JN 417					C:		
	JN 417					D:		
	JN 417					E:		
	JN 417					F:		
	JN 417					G:		
70	JN 418	N:980.283,37 E:494.144,92	N-63 O-117	256'	270'	A:	JOBO JOBO JOBO JOBO JOBO	VERTICAL
	JN 418					B1:		
	JN 418					B2:		
	JN 418					C:		
	JN 418					D:		
	JN 418					E:		
	JN 418					F:		
	JN 418					G:		

ANEXOS