

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y
ESTRATIGRÁFICA DEL INTERVALO ESTRATIGRÁFICO DEL
PERÍODO CRETÁCICO CON CARACTERÍSTICAS DE ALTO
RAYOS GAMMA Y BAJA RESISTIVIDAD DE LAS ARENAS
DEL CAMPO PILÓN EN EL GRUPO TEMBLADOR. FAJA
PETROLÍFERA DEL ORINOCO, CUENCA ORIENTAL DE
VENEZUELA**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR EL BACHILLER
ABRAHAM CARVAJAL
PARA OPTAR AL
TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, NOVIEMBRE 2018



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado: **“CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y ESTRATIGRÁFICA DEL INTERVALO ESTRATIGRÁFICO DEL PERÍODO CRETÁCICO CON CARACTERÍSTICAS DE ALTO RAYOS GAMMA Y BAJA RESISTIVIDAD DE LAS ARENAS DEL CAMPO PILÓN EN EL GRUPO TEMBLADOR. CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA”** Presentado por el bachiller **CARVAJAL ABRAHAM**, cédula de identidad N° **V-20557186**, como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO GEÓLOGO**, ha sido **APROBADO** de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:

Firma:

Prof. Berenice Sandoval

(Asesor)

Rosario Rivadulla

(Jurado)

Nelson Salón

(Jurado)

Prof. Javier Ramos Madrid
Jefe del Departamento de
Ingeniería Geológica

Prof. Francisco Monteverde
Director de Escuela de
Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los 11 días del mes de diciembre de 2018.

DEDICATORIA

Dios quien ha sido mi guía en cada día de mi vida y a cada paso que doy, y ha sido partícipe de este y cada uno de mis logros, para el siempre el Honor y la Gloria.

A mis padres, Mamá “eres mi mayor logro mi viejita” quien con su mayor esfuerzo y amor incondicional me ha formado como persona, con valores compromiso y humildad, Papá † por tu enseñanza, consejos, formación y todo el tiempo que estuviste presente, por ellos soy quien soy.

A mis hermanos Federico, Yuveidys, Misael, Abisaday, que me han apoyado, han sido amigos y compañeros en esta mi lucha.

AGRADECIMIENTOS

Dios por tus bendiciones, por darme vida, salud, sabiduría y darme la fortaleza para cumplir todas mis metas. A mis padres, por su apoyo durante todo el tiempo que estuviste conmigo Papá; Mi viejita, por ser el motor e impulso, por apoyarme con la mejor intención, y por pelear mis batallas, gracias, por el amor y la motivación. A mis hermanos Federico, Yuveidys, Misael, Abisaday, Birzabith, Ada, Benigna, Abner, Betsabeth, David por tenderme la mano en todo mi camino.

A mis amigos de la UDO Erasto J., Yorman L., Kenny F., Adriana G., Aibones P., Jhosdarwuim G., Rommel G., Marines G., Anaís G., Gabriel U., Júnior S., Alberto P.; Jesús R., Génesis F., Carlis, G. y Fiana, F. Por su valiosa amistad, porque más que amigos fueron mis hermanos por cada día que compartimos brindarme experiencias muy valiosas, los llevare en mi Corazón.

A las instituciones que me sirvieron de escenario y apoyo intelectual como lo son: la Universidad de Oriente y Petróleos de Venezuela, S.A, (PDVSA) Exploración Oriente por permitirme llevar a cabo este proyecto.

A mi tutor industrial Jesús Martínez, por darme la oportunidad de desarrollar este trabajo de grado, ser guía, fuente de conocimiento y amigo. Por todo el apoyo gracias. Mi tutora académica Berenice Sandoval, quien me ha dado de su apoyo en la carrera y ahora en este proyecto eternamente agradecido.

A *Luis Matute*, Cleopatra, Sra., Romelia, Tabata, Nerimar, Sra., Anny, Pablo, Nohemarin, Deily, Marianny, Tillerio, Edgar, Alexander, Sra., Lucila, Sr., Manuel Chirinos † quienes en algún momento me sirvieron de guía y apoyo técnico. A todas las demás personas que me apoyaron en la trayectoria de mi carrera y en el desarrollo de esta investigación.

RESUMEN

Para el campo Pílon se planteó la caracterización sedimentológica y estratigráfica del intervalo estratigráfico de edad Cretácica, que presenta características de alto rayos gamma y baja resistividad en las arenas del Grupo Temblador; la metodología incluyó revisión de la descripción macroscópica de los núcleos de los pozos PC-1, PC-3, PC-6 y PM-1, integración de los análisis bioestratigráficos (Palinología, Nanoplancto y Foraminíferos), petrografía y DRX realizados a las muestras seleccionadas; definición de litofacies, asociaciones y sucesiones de facies sedimentarias que permitieron la interpretación del ambiente sedimentario y determinación de unidades sedimentarias, distribución espacial de las tendencias depositacionales y demarcación de su extensión y geometría. Se generó el modelo estratigráfico utilizando la metodología estratigrafía secuencial según Galloway y soportado por los resultados de los estudios bioestratigráficos a través de la correlación de 28 pozos perforados en el campo. Se analizó la génesis de la secuencia estudiada a través de la integración de la información de estratigrafía y sedimentología del intervalo basal con alto rayos gamma y baja resistividad. Se describieron seis (6) sedimentarias. De acuerdo a la DRX los minerales predominantes son de origen continental, los análisis de secciones finas determinaron una arcillosidad por encima del 15% en la matriz de la roca. Se reconocieron tres asociaciones de facies principales: abanicos de roturas, canales Distributarios y llanura de Inundación. Se considera que los sedimentos han sido retrabajados por la acción fluvial debido al alto contenido de cuarzo de grano fino a medio con una redondez de subangular a subredondeado. La alta radioactividad se asocia, posiblemente, al alto contenido de caolinita en la matriz de la roca. La datación se realizó a través de los análisis bioestratigráficos donde la especie de miosporas *deltoidospora spp* y presencia de granos de polen *Cycadopites sp* ubicando la secuencia dentro del Campaniense-Mastrichtense (Cretácico-Tardío). La presencia de especímenes palinomorfos de *retitricolpites sp.* definen el ambiente de depositación como deltaico con influencia fluvial.

CONTENIDO

Página

PORTADA.....	i
ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE APÉNDICES	xii
LISTA DE ANEXOS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 Justificación de la investigación.....	6
1.4 Alcance de la investigación.....	6
1.5 Limitaciones de la investigación.....	6
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	7
2.2 Ubicación Geográfica del Campo Pilón (PDVSA2009).....	7
2.2 Característias físicas y naturales del área de estudio	8
2.2.1.Suelos	8
2.2.2 Hidrografía	8
2.2.3 Vegetación.....	8
2.2.4 Clima.....	9
2.2.5 Geomorfología	9
2.3 Geología regional	9
2.3.1 Cuenca Oriental de Venezuela.....	9
2.4 Evolución Geodinámica y Tectónica de la cuenca Oriental de Venezuela..	12
2.4.1 Fase Paleozoico Pre-Apertura (<i>Pre-Rift</i>)	14
2.4.2 Fase Jurásico Superior Apertura (<i>Rift</i>).....	14
2.4.3 Fase Cretáceo Margen Pasivo	15
2.4.4 Secuencia SK1 (Cretáceo Temprano)	16
2.4.5 Secuencia SK2	17
2.4.6 Paleoceno-Oligoceno Tectonosecuencia de Transición.....	17
2.4.7 Mioceno Actual Tectonosecuencia de Margen Activo	21
2.5 Sub-cuenca de Maturin	24
2.6 Faja Petrolífera del Orinoco	25
2.6.1 Estratigrafía de la faja Petrolífera del Orinoco	26

2.6.2 Estructura de la faja Petrolífera del Orinoco.....	26
2.7 Geología Local.....	26
2.7.1 Campo Carabobo.....	26
2.7.2 Estratigrafía del área de Estudio	27
CAPÍTULO III.....	30
MARCO TEÓRICO.....	30
3.1 Antecedentes de la investigación	30
3.2.1 Facies sedimentarias.....	34
3.2.2 Asociación de facies.....	34
3.2.3 Estructuras sedimentarias.....	35
3.2.4 Clasificación de las estructuras sedimentarias	35
3.2.5 Estructuras sedimentarias de diferentes ambientes depositacionales..	41
3.2.6 Ambientes y estructuras sedimentarias	42
3.2.7 Tipos de ambientes sedimentarios	42
3.2.9 Clasificación de areniscas	51
3.2.10 Ignología	52
3.2.11 Modelo de ignofacies	52
3.2.12 Organismos destructores modificadores de la textura original del sedimento	53
3.2.13 Correlación.....	53
3.2.14 Secciones estratigráficas	54
3.2.15 Mapas	54
3.2.16 Mapas isopacos	54
3.2.17 Modelo estratigráfico	55
3.2.19 Modelo sedimentológico.....	55
CAPÍTULO IV.....	57
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	57
4.1 Tipo de investigación	57
4.2 Diseño de la investigación	58
4.3 Población de la investigación.....	59
4.4 Muestra de la investigación.....	59
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	59
4.6 Etapas de la investigación	61
CAPÍTULO V.....	85
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	85
5.1 Base de datos.....	85
5.2 Descripción macroscópica y microscópica de los núcleosPC-1, PC-3, PC-6 y PM-1 pertenecientes al Campo Pilón.....	85
5.3 Establecimiento de la definición, asociación y sucesión de las facies sedimentarias.....	93
5.4 Determinación de las unidades sedimentarias a correlacionar y distribución espacial de las tendencias depositacionales	98
5.5 Modelo estratigráfico	100

5.6 Análisis de la génesis de la secuencia estudiada y su paleorelieve.....	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	110
Conclusiones	111
Recomendaciones.....	111
REFERENCIAS.....	112
APÉNDICE A.....	113
ANEXOS	122

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
Figura 2.1 Ubicación geográfica del Campo Pilón. (PDVSA, 2009).....	7
Figura 2.2 Ubicación de la Cuenca Oriental de Venezuela (PDVSA 2009).....	10
Figura 2.3 Mapa tectónico de Venezuela oriental (Jácome, M. et. al, 2003).....	11
Figura 2.4 Columna Estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela.....	11
Figura 2.5 Distribución de la tectonosecuencia de apertura en Venezuela. (Modificado de Yoris y Ostos, 1997., en Parra, M 2006).....	12
Figura 2.6 Carta de correlación estratigráfica en sentido norte – sur a lo largo de Venezuela Oriental, (Modificado de Parnaud et al., 1995 en Parra, 2006).....	16
Figura 2.7 Mapa paleogeográfico del Norte de Venezuela en el Eoceno Tardío...20	20
Figura 2.8 Modelo conceptual del Oligoceno y Mioceno Temprano en la subcuenca de Maturín. Modificado de (Parnaud, F. et. al, 1995).....	20
Figura 2.9 Mapa Paleo- geográfico de Venezuela en el Mioceno Temprano. La posición del fordeep y el forebulge ha migrado rápidamente, debido a la carga tectónica de la Serranía del Interior (Modificado de Pindell J. et. al, 1998 en Parra, M. 2006).....	22
Figura 2.10 Sección geológica esquemática desde la Plataforma de Margarita hasta el Río Orinoco (Tomado de Yoris y Ostos, 1997).....	25
Figura 2.11 Columna Estratigráfica del Campo Pilón (Da Silva, C. 2018).....	27
Figura 3.1 Ambientes sedimentarios (Ingle, 1980).....	43
Figura 3.2 Canal Rectilíneo (Modificado de Alfonsi, P., 1999).....	44
Figura 3.3 Canal Meandriforme. (Modificado de Alfonsi, P.,1999).....	44
Figura 3.4 Canal Entrelazado (Modificado de Alfonsi, P., 1999).....	45
Figura 3.5 Medios sedimentarios de un delta.....	46
Figura 3.6 Esquema de un delta con dominio fluvial y la secuencia.....	47
Figura 3.7 Esquema de deltas dominados por olas.....	48
Figura 3.8 Sistemas depositacionales (tomado de Marocco, R. 2009).....	49
Figura 3.9 Clasificación de las areniscas según Pettijohn et. al, (1972). en (Álvarez, Y. et. al, 2017)	51
Figura 3.10 Modelo de icnofacies de Seilacher (Buatois, L., (2009).....	53
Figura 4.1 Flujograma de trabajo.....	62
Figura 4.2 Mapa base del Campo Pilón y pozos con núcleos.....	69
Figura 4.3 Ventana de <i>Log Signatre Posting de Mapview</i>	71
Figura 4.4 Respuestas de electrofacies en los registros (Cabrera, R. 2017).....	72
Figura 4.5 Procedimientos para abrir <i>lithology</i>	73
Figura 4.6 Descripción sedimentológica de la secuencia.....	75
Figura 4.7 Mapa de índice secciones.....	76
Figura 4.8 Ventana <i>Project Status</i>	79
Figura 4.9 Menú <i>Stratworks</i>	79
Figura 4.10 Ventana de <i>Correlation</i>	80
Figura 4.11 Correlación estratigráfica en <i>Open Works</i>	81

Figura 5.1 Obj 5X, Nícoles cruzados (NX): se observa Plagioclasa (Pl). Nótese la mala preservación de la matriz en la roca.....	88
Figura 5.2 Obj 5X, Nícoles cruzados (NX), Aspecto general, Grauvaca cuarzosa.....	89
Figura 5.3 Análisis Mineralógico por Difractometría de Rayos X.....	91
Figura 5.4. Fotografía facies Sfmb.....	96
Figura 5.5 Fotografía facies Sgf.....	97
Figura 5.6 Fotografía de facies Lo.....	98
Figura 5.7 Parasecuencias del intervalo Cretácico en el Campo Pílon.....	102
Figura 5.8 Correlación por estratigrafía secuencial, sub-unidades de la secuencia Cretácica.....	103
Figura 5.9 Modelo esquemático de ambientes (Franco, G. 2018).....	107

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Clasificación de las estructuras sedimentarias Pettijohn (1975).....	36
3.2 Estructuras predepositacionales Pettijohn (1975).....	37
4.1 Secciones finas y DRX del pozo PC-1.....	65
4.2 Muestras analizadas	67
4.3 Conformación de las secciones estratigráficas.....	67
5.1 Descripción macroscópica de los Pozos PC-1, PC-3, PC-6 y PM-1	87
5.2 Resultados palinológicos del pozo PC-1.....	92

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A. BASE DE DATOS.....	108

LISTA DE ANEXOS

- 1 MAPA DE FACIES INTERVALO CRETÁCICO COMPLETO
- 2 MAPA DE ESPESORES INTERVALO CRETÁCICO
- 3 MAPA DE FACIES INTERVALO K3
- 4 MAPA DE FACIES INTERVALO K5
- 5 MAPA DE FACIES INTERVALO K7
- 6 SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA REGIONAL MORICHAL-JOBO-PILÓN.
- 7 SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA N-E 1
- 8 SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA N-E 3
- 9 SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA N-E 5
- 10 SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA N-O 5

INTRODUCCIÓN

La Cuenca Oriental de Venezuela es un área de gran importancia económica para el desarrollo del país, ya que en ella se concentran grandes reservas de hidrocarburos; dentro de la Cuenca Oriental encontramos la Subcuenca de Maturín donde se localiza la División Carabobo a la cual pertenece el Campo Pílon. Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA), Área Mayor de Temblador área de Exploración Integral de Yacimientos, ha considerado el Campo Pílon específicamente la secuencia Cretácica como prospectiva. Actualmente se ha mostrado interés en las arenas basales donde se estiman resultados muy positivos y están a la expectativa de una buena generación y producción de hidrocarburo.

El objetivo de este trabajo de grado es validar la columna estratigráfica del Grupo Temblador en el Campo Pílon con la finalidad de conocer de forma certera las características del yacimiento existente, de tal manera que el presente trabajo de investigación se encuentra fundamentado en la integración del modelo, estratigráfico-sedimentológico, a partir del cual se puedan observar las zonas de máximo desarrollo de la arena. Esto conlleva el poder determinar la distribución geométrica del horizonte geológico en el subsuelo, definir el ambiente sedimentario en el cual se llevó a cabo la depositación de la arena, su continuidad lateral y la distribución de sus propiedades petrofísicas en relación a los rasgos geológicos previamente mencionados, por lo que es necesario evaluar el potencial de la arena.

El presente trabajo está estructurado en cinco (5) capítulos: En el capítulo I, se presenta el planteamiento del problema, los objetivos, justificación, alcance y limitaciones de la investigación.

El capítulo II, corresponde a las generalidades, enmarcado en la Cuenca Oriental de Venezuela, contempla la ubicación del área de estudio, su estratigrafía, geomorfología, vegetación y drenaje.

El capítulo III, se plasmó el marco teórico, antecedentes y estudios previos, conceptos básicos, y aspectos relevantes del área de estudio.

El capítulo IV, define la metodología de trabajo, tipo de investigación, diseño y el flujograma a seguir para lograr el cumplimiento de los objetivos planteados.

El capítulo V, presenta el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en cada una de las etapas de la metodología aplicada. Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones como consecuencia final del trabajo.

CAPITULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Petróleos de Venezuela. S.A., se desarrolla como una de las principales empresas en optimizar la producción de reservas de hidrocarburos de manera eficaz y la cual tiene como misión descubrir e incorporar y maximizar el valor económico de estas a largo plazo en el suelo venezolano, y generar planes óptimos de explotación de yacimientos, mediante la ejecución de proyectos de Exploración y Producción; siendo la Exploración la punta de lanza en los negocios, para la incorporación de reservas. Mientras la producción, es la fase de desarrollo de los yacimientos de hidrocarburos en los campos donde se ha comprobado su existencia, a través de la perforación de pozos de avanzada o de desarrollo.

La Gerencia de Estudios Integrados de la Faja Petrolífera del Orinoco; División Carabobo, está conformada por 3 unidades; modelo estático, dinámico y recuperación mejorada de hidrocarburos. Específicamente, el modelo estático, bajo las premisas de desarrollo de sus proyectos, requiere del modelo sedimentológico-estratigráfico del período de edad Cretácica del Campo Pílon.

El Cretáceo en la FPO ha sido poco estudiado y resultados recientes confirman que se trata de una geología diferente, esto se observa en la respuesta generada por los registros eléctricos Rayos Gamma y Resistividad. La interpretación de registros de pozos petroleros a formaciones del Terciario en la FPO es un campo conocido y la aplicación estandarizada de diversos métodos es suficiente para los propósitos de exploración/producción.

Las arenas del Grupo Temblador del Campo Pílon, fueron interpretadas como no prospectivas desde el punto de vista petrolífero,

debido a que el registro convencional de inducción eléctrica mostró baja resistividad (<5 ohm.m) y los cálculos petrofísicos arrojaron saturaciones de agua por encima del 80%, a diferencia de las formaciones geológicas que se encuentran suprayacente, donde las resistividades están por encima de 50 ohm.m.

No obstante, en los pozos MPG-244, MPG-252 y MPG-257 del Campo Morichal y el pozo JOC-606 del Campo Jobo, se comprobó presencia de crudo pesado en las arenas del Grupo Temblador, por otra parte a través de los registros de Resonancia Magnética en el pozo MPG-241, se pudo evidenciar según los análisis de registro presencia de hidrocarburo y no de agua libre como se observaba en los registros convencionales, de igual forma en el pozo PM-147 se tomó un registro mineralógico (GEM) con el cual se puede estimar la composición mineralógica y determinar las contribuciones elementales de la misma, arrojando como resultado que en las arenas básicas (Grupo Temblador) se observan hasta 80% de cuarzo, mientras que en el perfil de Rayos Gamma (GR) se observan altos valores de radioactividad los cuales están normalmente asociándose a altos porcentajes de arcillosidad.

Bajo este contexto se hizo prioritario el estudio sedimentológico - estratigráfico de la secuencia del Período Cretácico en el Campo Pílon, utilizando técnicas no convencionales de interpretación de registros e integración de los análisis bioestratigráficos, mineralógicos y texturales.

En base a esto y con el interés de generar un Modelo Estratigráfico sedimentológico las Arenas Básicas de la Sección Cretácica que aporte una estimación de valores y una distribución de la población de datos en las zonas no muestreadas de las mismas; para así establecer un plan de explotación de yacimiento y de esta manera explotar sus reservas.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo General

Caracterizar sedimentológica y estratigráficamente el intervalo estratigráfico del período Cretácico con características de alto rayos gamma y baja resistividad de las arenas del Grupo Temblador en el Campo Pilón áreas tradicionales. Cuenca Oriental de Venezuela.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Revisar la descripción macroscópica y microscópica de los núcleos PC-1, PC-3, PC-6 y PM-1 perteneciente al Campo Pilón, integrando los análisis bioestratigráficos (Palinología, Nanoplancto y Foraminíferos), petrografía y DRX de muestras seleccionadas y analizadas de estudios anteriores.

2. Establecer la definición, asociaciones y sucesiones de facies sedimentarias que permitan apoyar la interpretación de los ambientes sedimentarios.

3. Determinar las unidades sedimentarias, así como la distribución espacial de las tendencias depositacionales que serán correlacionadas y cartografiadas para establecimiento de su extensión y geometría.

4. Generar el modelo estratigráfico a través de la correlación en los registros de los pozos y de ser posible a través de la correlación por sistemas encadenados (*system track*), aunado a los resultados de los estudios bioestratigráficos.

5. Analizar la génesis de la secuencia estudiada a través de la integración de la información de estratigrafía y sedimentología del intervalo basal con alto rayos gamma y baja resistividad

1.3 Justificación de la investigación

Ante la diferencia mostrada por los registros de pozos, es necesario, generar un Modelo Estratigráfico-Sedimentológico de las arenas Básales del Grupo Temblador en la FPO, que permitirá identificar la prospectividad productiva en las unidades estratigráficas, y de esta forma proponer localizaciones de avanzada en profundidad con la finalidad de capturar información que me permita delimitar yacimientos y sirva de soporte para incorporación de nuevas reservas.

1.4 Alcance de la investigación

Avistar posibles localizaciones prospectivas que sirvan de soporte para definir nuevas zonas de explotación y contribuya a la determinación de trampas petrolíferas en las arenas de edad Cretácica en el Campo Pilón. Adelantando así información para futuros proyectos de desarrollo de explotación y aumentar las reservas de hidrocarburos.

1.5 Limitaciones de la investigación

1. Actualmente no se tiene ni desarrollo ni producción en las arenas de la Secuencia Cretácica en el Campo Pilón, ya que en el pasado estas arenas no eran consideradas comercialmente explotables.

2. En el Campo Pilón, contamos con pocos registros especiales que son los que proporcionan información más precisa.

3. La aplicación de métodos convencionales para identificar la presencia comercial de hidrocarburos ha sido poco efectiva.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El Campo Pilón fue descubierto en Julio en 1936, con la perforación del pozo PC-1 (Lewis, P. LAGOVEN et. al, 1979), del Área Mayor de Temblador División Carabobo; está localizado al Sur del Campo Temblador, y en el límite Norte de la Faja Petrolífera del Orinoco, al Este del Campo Jobo y Morichal y al Oeste del Campo Isleño. Tiene una longitud estimada en sentido Este–Oeste de 22 km. y 5 km. de Norte a Sur. (Yoris. F., Ostos, M., Zamora, L. 1997) (Figura 2.1).

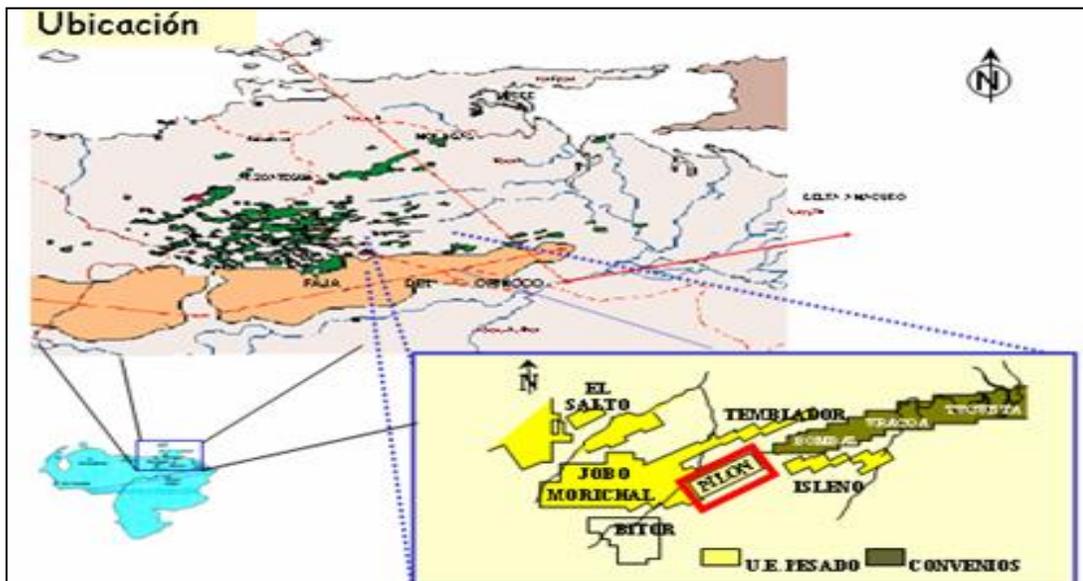


Figura 2.1 Ubicación geográfica del Campo Pilón. (PDVSA, 2009).

2.2 Características físicas y naturales del área de estudio

2.2.1 Suelos

Según Fassemdar, H. et. al, (1979), los suelos de los llanos orientales y en especial los de la zona sur del estado Monagas y Anzoátegui, se caracterizan por ser aluviones premeteorizados lavados, de Épocas Pleistocenas, con un alto porcentaje de arena con baja retención de humedad y escasos elementos nutritivos en las capas superficiales, más en los cercanos a los márgenes del río Orinoco y con un pH que los cataloga como ácidos

2.2.2 Hidrografía

Los recursos de agua están limitados por las características climáticas, litológicas, geomorfológicas y edáficas. En este sentido, se observa que en la mesa los cursos de agua fluyen de manera muy superficial, destacándose muy pocos sitios donde se observa un reborde de mesa con pendientes pronunciadas y con diferenciación con niveles significativos. El terreno muy plano contribuye a las bajas velocidades de los cursos de agua, formando morichales y bosques de galería (Fassbemder, H. et. al, Op. Cit).

2.2.3 Vegetación

La vegetación natural está conformada por formaciones herbáceas y asociaciones de sabanas y árboles, La vegetación predominante en la zona son los bosques tropicales desiduooso de sabana, y bosques naturales que se desarrollan a lo largo de los ríos y varían de anchura y extensión, estando asociados con las sabanas llaneras. Las asociaciones de sabanas y árboles se caracterizan por ser asociaciones de gramíneas con un componente arbóreo de pequeñas alturas y densidad variable, siendo el chaparro (*Byrsonimacrassifolia*) y el mastranto (*Menthasuaveolen*)s las especies más representativas. (Cova, A. 2013)

2.2.4 Clima

En base al mapa ecológico de Venezuela Holdridge, el área estudiada está ubicada en la zona de vida bosque seco tropical; y de acuerdo a la clasificación climática propuesta por Koeppen, es un clima cálido lluvioso tropical de sabana, caracterizado por tener dos estaciones bien definidas: lluviosa y seca. (Cova, A. Op. Cit).

De acuerdo a la clasificación bioclimática por zonas de vida de Venezuela, el área de estudio se ubica dentro del bosque seco tropical, caracterizado por presentar una precipitación promedio anual que varía entre los 1000 mm y 1100 mm, la temperatura media anual es de 26 0°C y la evaporación total promedio. (Cova, A. Op. Cit).

2.2.5 Geomorfología

El área superficial se caracteriza por un terreno topográficamente plano con suaves ondulaciones y pendiente regional al este-sureste. El Campo Pílon, está cruzado por un pequeño cause de agua en dirección noreste, llamado Río Yabo el cual corta un conjunto de lomas, para desembocar como tributario del Río Morichal Largo al norte del campo (MINPRO, C.A.2005).

2.3 Geología regional

2.3.1 Cuenca Oriental de Venezuela

La Cuenca Oriental, está ubicada en la zona noreste de Venezuela entre 8° y 11° latitud norte y 61° y 66° latitud oeste (Mendoza, V. 2005), formando una depresión estructural y topográfica limitada al Sur por el curso del río Orinoco; al Oeste por el levantamiento del Baúl; al Norte por la línea que demarca el pie de monte de la Serranía del Interior Central y Oriental. Hacia el Este, la Cuenca

continúa por debajo del Golfo de Paria incluyendo la parte situada al Sur de la cordillera septentrional de la isla de Trinidad y se hunde en el Atlántico al Este de la costa del Delta del Orinoco. (Di Croce, 1995).

Tiene aproximadamente una longitud de 800 kilómetros en sentido Oeste–Este, un ancho de aproximadamente 200 kilómetros de Norte a Sur y un área total aproximada de 160.000 Km² de superficie, comprendiendo los estados Guárico, Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro. Estas medidas la definen como la primera cuenca en extensión superficial en Venezuela, sin embargo, es la segunda en orden de importancia y magnitud en América del Sur en cuanto a sus reservas petrolíferas (González, de J., 1980) (Figura 2.2).



Figura 2.2 Ubicación de la Cuenca Oriental de Venezuela (PDVSA 2009).

La Cuenca Oriental de Venezuela ha sido subdividida en dos subcuencas, la subcuenca de Guárico y la subcuenca de Maturín, ambas con características tectónicas, sedimentológicas y estratigráficas bien diferenciadas (González, C., Op. Cit) (Figura 2.3).



Figura 2.3 Mapa tectónico de Venezuela oriental (Jácome, M. et. al, 2003).

2.3.2 Columna Estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela

La Cuenca Oriental contiene más de 20.000 pies de sedimentos Paleozoicos, Cretáceos y Terciarios, entre las cadenas montañosas terciarias ubicadas al Norte y el Escudo Guayanés, emplazado hacia el Sur. En esta Cuenca se pueden distinguir las siguientes áreas principales productoras de petróleo: Área Guárico, Área Mayor de Anaco, Zona Noreste de Anzoátegui, Región Noroccidental de Monagas, Área de Pedernales, Área Mayor de Oficina, Faja Petrolífera del Orinoco. Debido a sus características sedimentológicas, tectónicas y estratigráficas se subdivide en dos Subcuenca: Subcuenca de Maturín al Este y la Subcuenca de Guárico al Oeste (González, de J., Op. Cit).

La columna estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela, enmarcada en el área de estudio, esta presentada en su base por la secuencia Pre-Cretácica, que se apoya discordantemente sobre el basamento Precámbrico del Escudo de Guayana. Suprayacentes a esta secuencia se encuentran, también en contacto discordante, las unidades estratigráficas cuyas edades están comprendidas entre el Cretáceo y el Pleistoceno (González, de J., Op. Cit) (Figura 2.4).

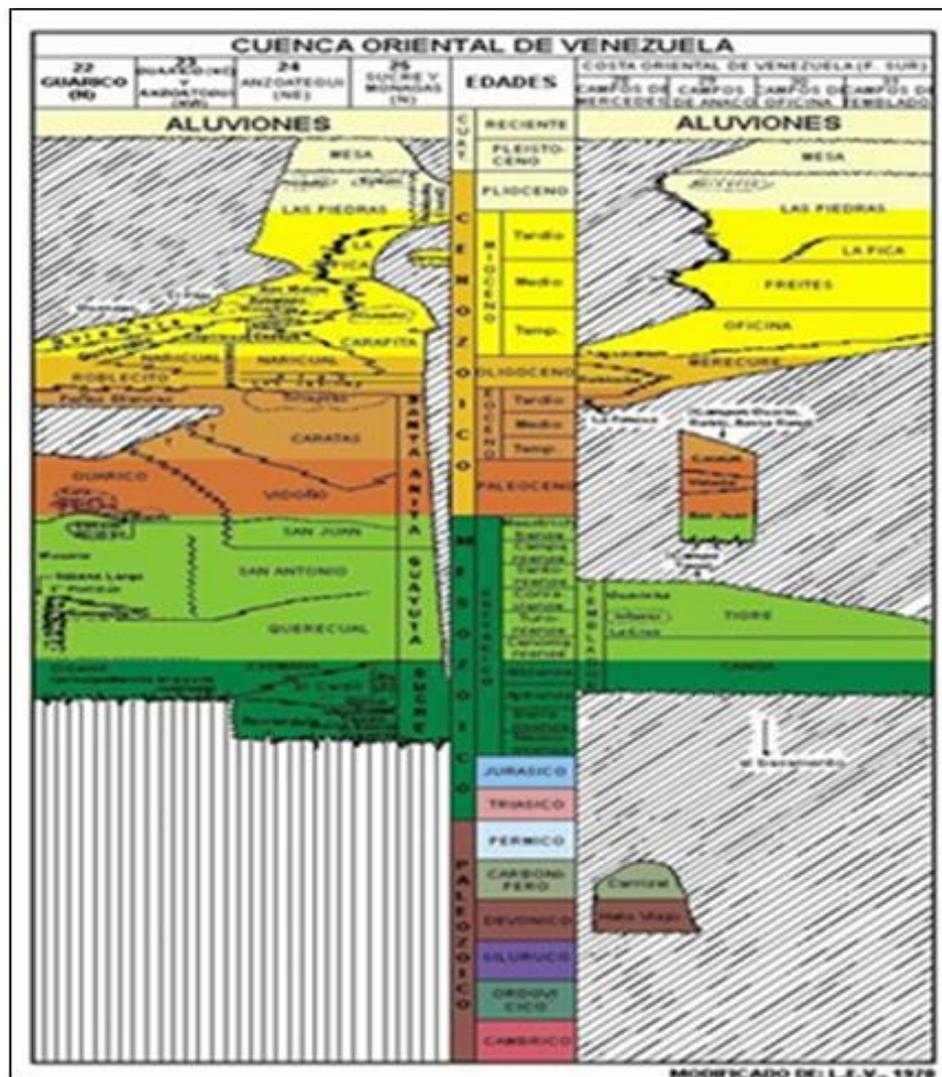


Figura 2.4 Columna Estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela (PDVSA-INTEVEP, 1997).

2.4 Evolución Geodinámica y Tectónica de la Cuenca Oriental de Venezuela

La evolución geodinámica de la Cuenca Oriental de Venezuela posee cuatro episodios o eventos principales que definen el complejo proceso Tectónico de la Cuenca Oriental de Venezuela (Parnaud, F., Gou, Y., Pascual, J. C., Capello, M. A., Truskowski, I. y Passalacqua, H. 1995). Estos son:

Fase Paleozoico: Pre - Apertura (Pre - Rift)

Fase Jurásico Superior: Apertura (Rift)

Fase Cretáceo: Margen Pasivo

Fase Paleoceno – Oligoceno: Tectonosecuencia de Transición

Fase Mioceno – Actual: Tectonosecuencia de Margen Activo. Cuenca Antepaís

Cada uno de estos períodos está asociado a una secuencia estratigráfica o tectono-secuencia, cuyas características generales fueron controladas por los procesos tectónicos que tuvieron lugar durante ese episodio. (Parra, M. 2006). De las tectono - secuencias principales, anteriormente nombradas, las más conocidas corresponden al margen pasivo del Cretáceo y a la cuenca antepaís desarrollada a partir del Paleógeno. Ambas unidades están separadas por una discordancia conocida en la literatura como la discordancia basal del depocentro del antepaís (*basal foredeep unconformity*), asociada a la migración del alto periférico (*forebulge*) de la cuenca (Parnaud, F. et. al, Op. Cit).

El límite temporal entre el margen pasivo y el activo es difícil de establecer, debido a la erosión asociada a la migración del alto periférico (*forebulge*) y al carácter diacrónico de este proceso. Se ha definido por tanto una quinta tectono-secuencia denominada de transición, que incluye el período de tiempo en el cual el margen evolucionó para convertirse en un dominio activo (Ramírez, L. 2005).

El análisis estratigráfico que puede aplicarse a estas dos secuencias es totalmente diferente. Para la unidad de margen pasivo las técnicas clásicas de estratigrafía secuencial funcionan adecuadamente, las líneas de tiempo pueden correlacionarse por grandes distancias a una escala de segundo orden están asociadas con unidades litoestratigráficas bien conocidas.

Por el contrario, la secuencia de margen activo está caracterizada por un marcado diacronismo y por variaciones en las direcciones de aporte de sedimentos y de profundización de la cuenca. Adicionalmente, al Norte del frente de deformación hay que considerar el transporte tectónico que han sufrido los diferentes bloques (Parra, M. 2006).

2.4.1 Fase Paleozoico Pre - Apertura (*Pre - Rift*)

Durante el paleozoico inferior los continentes estaban unidos en un solo supercontinente denominado Pangea. Sin embargo, al norte de Venezuela existía un mar primitivo Paleozoico. La cuenca Oriental de Venezuela formaba parte de una extensa cuenca pericratónica que incluía las actuales cuencas Barinas - Apures y la cuenca de los Llanos Orientales de Colombia (Méndez, O. 1985).

En el graben de Espino, unidad e de edad Paleozóico, está representada por las Formaciones Hato Viejo y Carrizal, integradas por areniscas calcáreas intercaladas con conglomerados y lutitas verdosas, con un espesor en el orden de los 8500 pies, y depositadas en ambientes costeros a neríticos (Parnaud, F. et al., 1995). Según Yoris y Ostos (1997) estas rocas están asociadas a la apertura de Gondwana (Suramérica y África actuales) y Laurentia (Norteamérica y Groenlandia actuales).

2.4.2 Fase Jurásico Superior Apertura (*Rift*)

La tectonosecuencia de ruptura de Pangea y subsecuente divergencia de las placas Suramérica y Norteamérica produjo en Venezuela varios grábenes, con una orientación general suroeste – noreste, que posteriormente influyeron en la evolución de las cuencas sedimentarias más jóvenes (Yoris, et. al, Op. Cit). Hacia el oeste de la subcuenca de Maturín se ubica el Graben de Espino dentro del cual han sido reconocidos depósitos de “capas rojas” que han sido datados como Jurásico (Codecido et al, 1984 citado en Di Croce et. al. 1999 Tomado de García, C. 2017). (Figura 2.5).

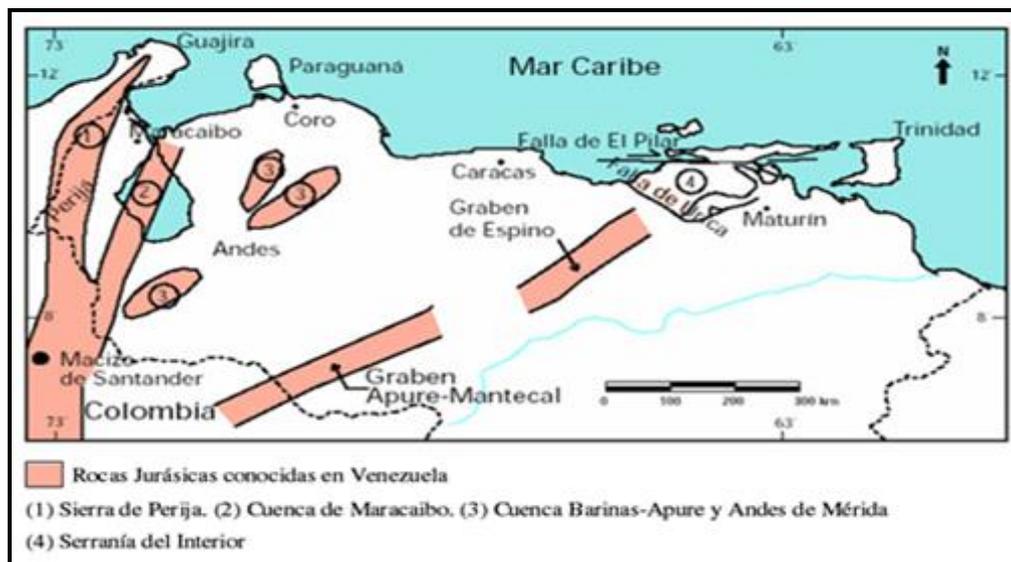


Figura 2.5 Distribución de la tectonosecuencia de apertura en Venezuela.
(Modificado de Yoris y Ostos, 1997., en Parra, M 2006).

2.4.3 Fase Cretáceo Margen Pasivo

A partir del Cretáceo temprano se estableció en el norte de Venezuela una cuenca de margen pasivo con un régimen de subsidencia termal que se mantuvo hasta el Eoceno. El límite inferior de esta secuencia sólo ha sido reconocido al sur del frente de deformación, donde los depósitos Cretáceos solapan relación de (*onlap*) un basamento compuesto por rocas Precámbricas típicas del Escudo de Guayana. El límite superior está definido por una discordancia de carácter regional basal (*foredeep unconformity*). El hiatus asociado a esta discontinuidad es variable. (Méndez, Op. Cit) (Figura 2.6).

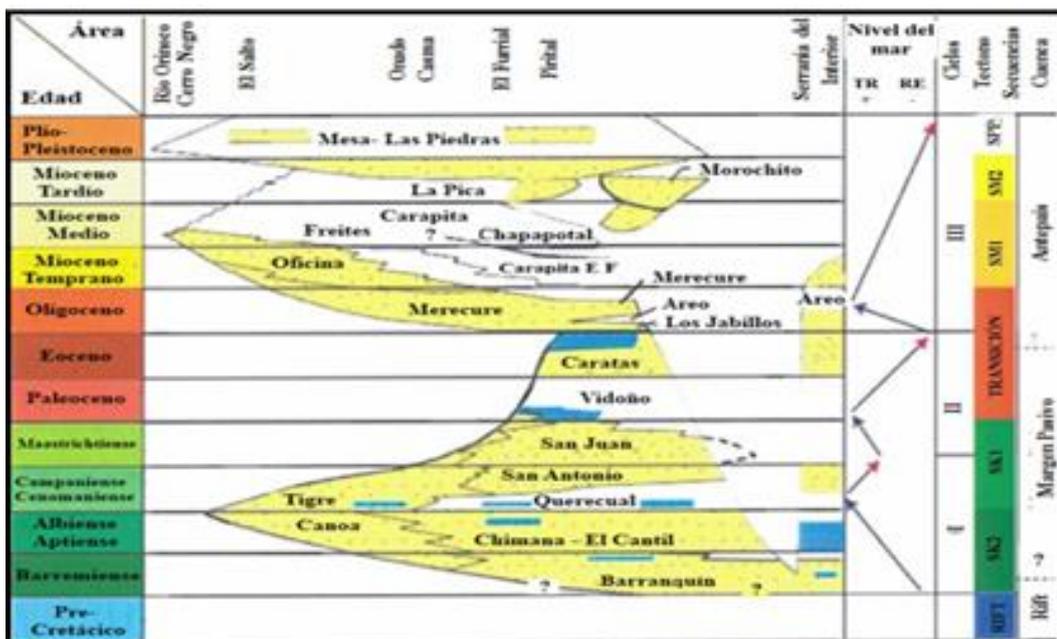


Figura 2.6 Carta de correlación estratigráfica en sentido norte – sur a lo largo de Venezuela Oriental, (Modificado de Parnaud et al., 1995 en Parra, 2006).

2.4.4 Secuencia SK1 (Cretáceo Temprano)

2.4.4.1 Barremiense-Aptiense-Albiense

Inicio de la transgresión Cretácica típicamente oscilante y de gran amplitud dirigida de Norte a Sur desarrollada sobre la penillanura precretácica (Gonzales de J. et. al, 1980). Esta secuencia se extiende desde los 142 hasta los 98,9 Ma. (Ramírez, L. 2005), y representa la etapa inicial del margen pasivo. Su base es hasta ahora desconocida, mientras que su tope está definido por una superficie de máxima inundación regional correlacionable con un aumento global en el nivel eustático (Di Croce, J.; Bally, A. W.&Vail, P. 1999).

En el dominio indeformado la sección inferior de esta unidad está ausente, posiblemente por no deposición. La sección superior está representada por la Formación Canoa, de edad Aptiense – Albiense, que consiste de areniscas cuarzosas interestratificadas con limolitas, depositadas en un ambiente fluvial (Di Croce, J. et. al, Op. Cit).

2.4.5 Secuencia SK2 (Cretáceo Tardío)

2.4.5.1 Cenomaniense-Campaniense-Maestrichense

Máxima cobertura marina y desarrollo de ambientes euxínicos en el Norte (Formación Querecual). Hacia el Sur se extienden ambientes marinos costeros, gradualmente más terrígenos hacia el Sur. (Gonzales de J. et. al, 1980). Esta secuencia se extiende desde los 98,9 hasta los 65 Ma. (Ramírez, L. 2005) y constituye un ciclo transgresivo – regresivo generalizado. Se inicia con un sistema transgresivo que dio origen a las condiciones de mayor profundidad registradas en todo el margen pasivo. Su tope es la discordancia basal del depocentro del antepaís (Parra, M. 2006).

En el dominio indeformado la secuencia está representada por la Formación Tigre de edad Cenomaniense – Campaniense, que consiste de intercalaciones de areniscas y limolitas depositadas en un ambiente lagunal a costero, y que subyacen a calizas dolomíticas y lutitas glauconíticas, propias de plataforma externa (Di Croce et. al, 1999).

Orogénesis del final del Cretácico (80-65 ma.): efectos termales de importancia que afectaron las rocas mesozóicas, en alguna parte del Mar Caribe al Norte de las costas de Venezuela Central y Oriental, produciendo metamorfismo regional acompañado de intrusiones ácidas (Gonzales de J. et. al, 1980)

2.4.6 Paleoceno – Oligoceno Tectonosecuencia de Transición

El período Paleoceno – Oligoceno (65-25 ma.): está asociado a rápidos cambios en la dinámica sedimentaria de la subcuenca de Maturín de la cuenca oriental de Venezuela. El levantamiento de las masas metamórficas delimitó hacia el Sur una extensa cuenca donde se depositaron sedimentos del Ciclo Terciario

Inferior. Dicha cuenca se extendía de Norte a Sur desde una línea de playa situada aproximadamente al sur de los campos de petróleo de Mulata-Santa Bárbara hasta no menos de 175 km., hacia el Norte, en regiones del Mar Caribe actual. (Gonzales de J. et. al, Op. Cit.).

Tradicionalmente se ha considerado que el margen pasivo se extiende hasta el Paleoceno – Eoceno y que es durante el Oligoceno - Mioceno Temprano cuando la cuenca sufre los efectos de la carga tectónica asociada a la dinámica transpresiva entre Caribe y Suramérica, para evolucionar a una cuenca antepaís (Di Croce et. al, 1998). Sin embargo, diversos autores en la década pasada propusieron modelos diferentes y bastante más complejos para el Paleógeno (Pindell et. al, 1998; Guzmán, J. et. al, 2001; Sageman B. y Speed, R., 2003), motivo por el cual este período se considera de forma separada.

La ocurrencia de sedimentos Paleógenos es muy escasa en el dominio indeformado. (Di Croce et. al, 1998) reconoce una delgada cuña en la plataforma del Orinoco (costa afuera), cuyo tope está definido por una discordancia de carácter regional. Esta unidad se encuentra generalmente erosionada en la mayoría de los pozos perforados en tierra firme. Sin embargo, (Arstein, R. et. al, 1985 citado en Sageman, B. y Speed, R. 2003) reconocen depósitos paleógenos que se extienden hasta el Eoceno Medio en algunos pozos del extremo Norte del dominio indeformado.

En el frente de corrimientos el Paleógeno está restringido al extremo oriental mientras que hacia el Oeste, esta unidad ha sido erosionada (Guzmán J. et. al, 2001). El tope del Paleógeno es también, en este caso, una discordancia de carácter regional. Hacia el Norte, en el bloque de Pirital y en la Serranía del Interior, esta discordancia se hace mínima o está ausente (Sageman, B. y Speed, R. 2003).

En general, el hiatus asociado a la discordancia que define el tope del Paleógeno o su ausencia, se hace menor hacia el Norte y Noreste. En el dominio indeformado (Di Croce et. al, 1999) asigna este evento erosivo al Mioceno Temprano, sin embargo, los sedimentos subyacentes indican que pudo haberse iniciado desde el Eoceno Medio. (Guzmán, J. et. al, 2001) asocia dicha discontinuidad al Eoceno en el frente de corrimientos, y la relaciona con la migración de un alto periférico (forebulge).

Sageman, B. y Speed, R., (2003) correlacionan este evento erosivo con la depositación del Miembro Tinajitas de la Formación Caratas y señalan que el cambio batimétrico entre la Formación Vidoño (2 km) y las calizas de Tinajitas (nivel base del oleaje) es de al menos 1,5 km y no puede ser explicado a partir de la curva eustática del Paleógeno y de los espesores de sedimentos depositados en la cuenca. Proponen que esta somerización estuvo controlada por la migración de un alto periférico.

Las observaciones descritas difieren marcadamente de la idea de un margen pasivo que se mantuvo hasta principios del Neógeno. (Pindell, J. et. al, 1998) y (Sageman B. y Speed R., 2003) presentan hipótesis para explicar las características de la tectonosecuencia paleógena. Sus planteamientos son marcadamente diferentes, pero ambos identifican una cuenca antepaís, previa al depocentro (foredeep)

Según Parras, M. (2006). El arribo del alto periférico puede ser correlacionado con la depositación del Miembro Tinajitas de la Formación Caratas (Figura 2.7), mientras que la subsecuente llegada de este primer depocentro (foredeep) Caribe se evidencia en los depósitos transgresivos de las formaciones Los Jabillos y Areo (Figura 2.8).

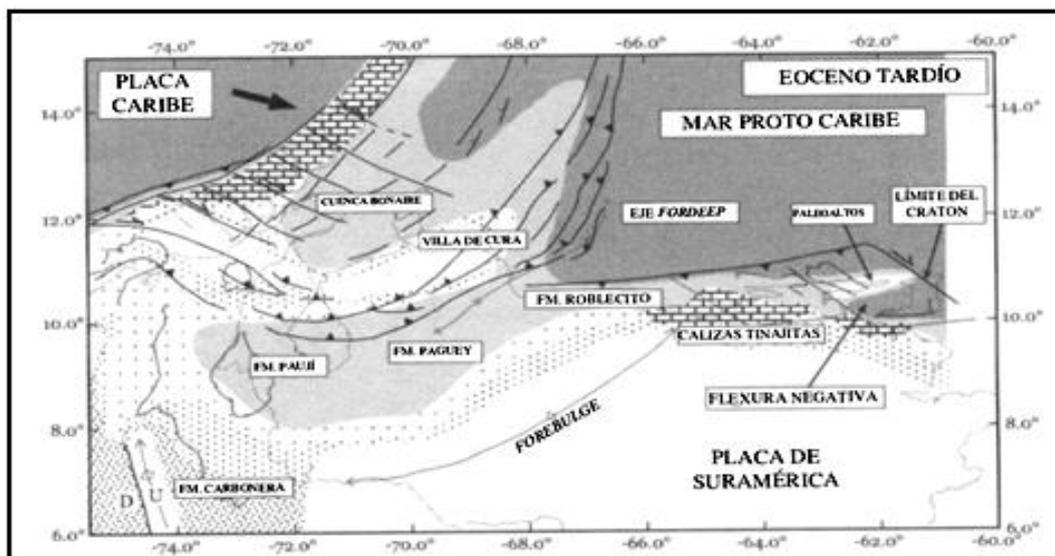


Figura 2.7 Mapa paleogeográfico del Norte de Venezuela en el Eoceno Tardío.

Para este momento, la subsidencia asociada al foredeep Caribe afectaba la región centro-occidental de Venezuela, mientras que el Forebulge asociado se extendía hasta Venezuela. Modificado de (Pindell, J. et. al, 1998).

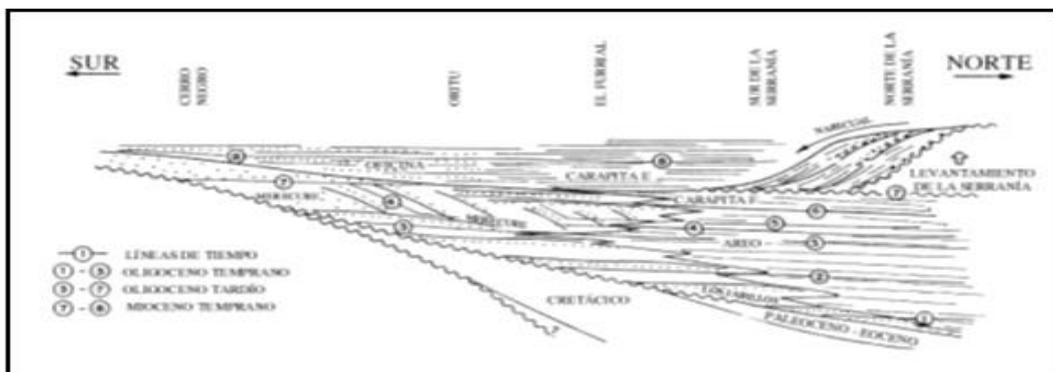


Figura 2.8 Modelo conceptual del Oligoceno y Mioceno Temprano en la subcuenca de Maturín. Modificado de (Parnaud, F. et. al, 1995).

2.4.7 Mioceno Actual Tectonosecuencia de Margen Activo Cuenca Ante-País

En el Este de Venezuela, la colisión oblicua entre la placa Suramericana y la placa del Caribe evolucionó a partir del Paleógeno y alcanzó su máximo desarrollo entre el Mioceno Temprano y Medio. El límite Oligoceno – Mioceno Temprano está asociado a una serie de depósitos transgresivos y a un aumento progresivo en la subsidencia flexural de la cuenca (Parra, M. 2006).

El límite superior de esta unidad es la superficie topográfica actual. El espesor total promedio de esta tectonosecuencia está en el orden de los 6 Km. (Parnaud, F. et al., 1995), y aumenta en sentido Oeste –Este (Jácome, M. et. al, 2003). Durante este período pueden distinguirse tres direcciones de transporte. Una dirección principal Este- Oeste, paralela al eje de la cuenca. Una proveniente del Sur, con sedimentos derivados del Cratón de Guayana, y una del Norte, provenientes del cinturón de corrimientos emergido (Parra, M. 2006). El fallamiento durante el Terciario Inferior fue significativo en toda la cuenca oriental de Venezuela (Figura 2.9). El fallamiento de tipo normal se desarrolla en el foreland antes del cinturón plegado, a medida que la corteza se sobrecarga y se dobla por debajo de los sobrecorrimientos (Bradley, D. y Kidd, W. 1991).

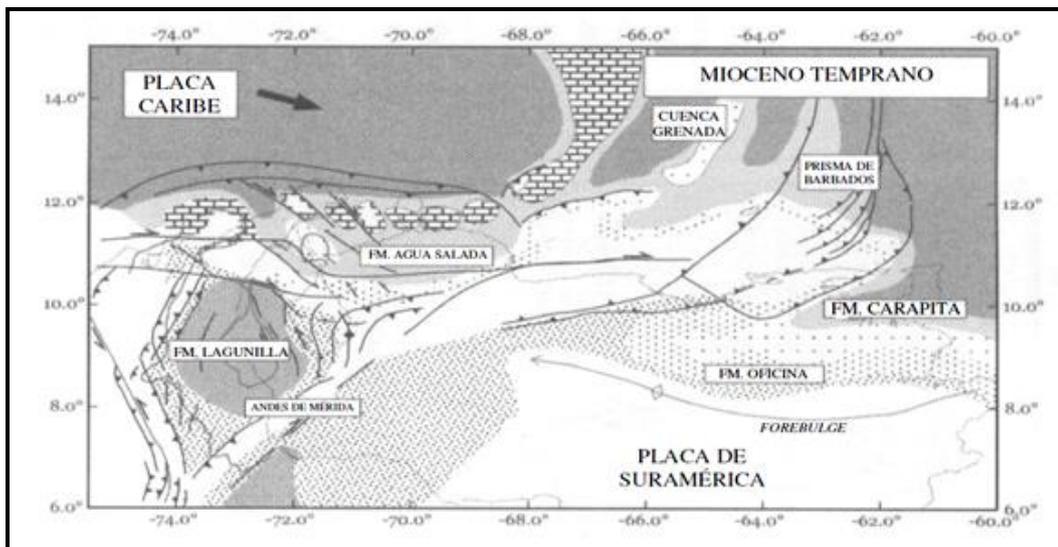


Figura 2.9 Mapa Paleogeográfico de Venezuela en el Mioceno Temprano. La posición del foredeep y el forebulge ha migrado rápidamente, debido a la carga tectónica de la Serranía del Interior (Modificado de Pindell J. et. al, 1998 en Parra, M. 2006).

2.4.7.1 Secuencia SM1

La secuencia se extiende desde los 24 hasta los 11 Ma (Ramírez, L. 2005) y corresponde con la etapa principal del desarrollo del cinturón de corrimientos. Representa un ciclo completo transgresivo – regresivo de segundo orden. Durante el Mioceno Temprano, el emplazamiento de la Serranía del Interior produjo una rápida migración del alto periférico (forebulge) hacia el Sur (Pindell, J. et. al, 1998). Pueden distinguirse tres regiones. Una plataforma ubicada al Sur, el eje de la cuenca (foredeep) y el frente de corrimientos ubicado al Norte (Parnaud, F. et. al, 1995).

Actualmente, al Sur del frente de deformación se ubica la porción indeformada del eje de la cuenca (foredeep). En esta zona, la secuencia SM1 posee forma de cuña y se adelgaza progresivamente hacia el Sureste (Parra, M 2006).

2.4.7.2 Secuencia SM2

En general, esta secuencia se extiende desde los 10.5 Ma hasta los 5.5 Ma, dentro del Mioceno Tardío (Di Croce et. al, 1998). Sin embargo, en algunos sectores, puede extenderse dentro del Plioceno (Porras, J. et. al, 2005). En el dominio indeformado y en el frente de corrimientos, esta unidad constituye un nuevo pulso transgresivo – regresivo generalizado, sobre los depósitos del depocentro (foredeep), y está representada por la Formación La Pica (Ramírez, L. 2005). La sección inferior está integrada por depósitos continentales y de plataforma interna, contiene limolitas y arcilitas intercaladas con areniscas de grano fino a medio, pobremente escogidas. La porción superior contiene mayormente lutitas marinas, ricas en foraminíferos depositadas en ambientes progresivamente más profundos, desde plataforma interna hasta batial superior (Porras, J. et. al, 2005).

La subsidencia que dio origen a la cuenca de la Formación La Pica, luego del relleno del depocentro (foredeep) Mioceno ha sido asociada por (Pindell, J. et. al, 1998)

2.4.7.3 Secuencia SPP

Esta secuencia abarca gran parte del Plioceno y el Pleistoceno (Porras, J. et. al, 2005). Está representada por las formaciones Las Piedras y Mesa. En general, posee forma de cuña, con un engrosamiento hacia el Este - Sureste. (Jácome, M. et. al, 2003) la subsidencia que generó el espacio para la depositación de esta secuencia está asociada mayormente al proceso de subducción continental de la sección Noreste de la placa de Suramérica, debajo de la placa Caribe. Su base es discordante sobre La Pica. Esta unidad representa el relleno final de la sub cuenca de Maturín, con desarrollo de ambientes neríticos internos y continentales, y depósitos constituidos por areniscas de grano fino a conglomeráticas, intercaladas con lutitas

2.5 Sub-Cuenca de Maturín

La sub-cuenca de Maturín constituye la principal unidad petrolífera de la cuenca Oriental. Podría afirmarse que la deformación estructural y los acuíferos de las unidades estratigráficas al sur definen dos dominios operacionales, que se puede ubicar al norte y al sur del corrimiento de Pirital. La Serranía del Interior Oriental representa la mayor parte de la estratigrafía de la zona norte de la subcuenca de Maturín, mientras que el flanco sur de la cuenca mantiene un comportamiento sencillo y similar a la subcuenca de Guárico (González de J. et. al, 1980).

La forma de la subcuenca de Maturín es asimétrica y alargada presentando una dirección N50°E. Su origen es el resultado de complejos procesos geológicos, está asociado a la colisión oblicua del proto-caribe desde el Paleozoico hasta el reciente. El flanco sur tiene asociado un tectonismo más leve que el sufrido por el flanco norte de carácter compresivo y, por ende, las estructuras asociadas son de menor complejidad; el mismo descansa sobre un basamento ígneo-metamórfico del Escudo de Guayana y está caracterizado por un régimen extensivo (Di Croce, 1995). Cuatro grandes episodios tectono-estratigráficos han sido identificados para explicar la evolución de esta sub-cuenca, comenzando desde el más antiguo en el Cámbrico, en el que tuvo lugar la sedimentación transgresiva de las facies clásticas próximo-costera y marino somero de las formaciones Hato Viejo y Carrizal, hasta el margen pasivo que caracterizó el Cretácico, cambió a una cuenca tipo “foreland” en el Oligoceno-Mioceno como resultado de la colisión entre las placas del Caribe y la Suramericana. Durante este último episodio se desarrolló el depocentro principal (foredeep) de la cuenca, en el que se sedimentaron las formaciones Merecure y Oficina, las principales unidades productoras del Oriente venezolano (Parra, M. Op. Cit) (Figura 2.10).

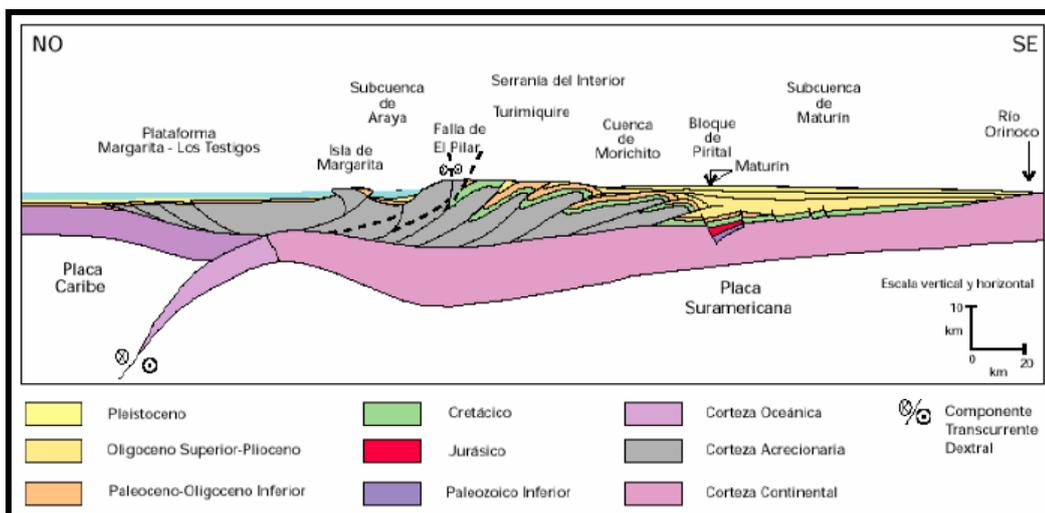


Figura 2.10 Sección geológica esquemática desde la Plataforma de Margarita hasta el Río Orinoco (Tomado de Yoris y Ostos, 1997).

2.6 Faja Petrolífera del Orinoco

La Faja Petrolífera del Orinoco representa el borde meridional extremo de la Cuenca Oriental de Venezuela. Las zonas de reconocido potencial petrolífero pertenecen al Cretáceo y al Terciario Superior, y los sedimentos perforados indican ambientes de muy poca profundidad, desarrollados sobre penillanuras erosionales ocasionadas durante dos períodos de hiatos, en la región situada cerca del borde septentrional del Cratón Guayanés. En esta zona las columnas sedimentarias poseen profundidades de soterramiento que fueron insuficientes desde el momento mismo de su sedimentación (González, de J. et. al, Op. Cit).

La columna sedimentaria que se perfora en la Faja Petrolífera del Orinoco comprende tres ciclos distintos. Un primer ciclo de edad Paleozoico Superior se encuentra en contacto discordante sobre el complejo Ígneo-Metamórfico del Cratón de Guayana y comprende las Formaciones Hato Viejo y Carrizal. La primera de ellas muestra areniscas arcósicas de grano grueso y posiblemente por transición a la sección limolítica de Carrizal (González, de J., Op. Cit).

2.6.1 Estratigrafía de la faja Petrolífera del Orinoco

Las rocas del subsuelo de la Faja abarcan edades desde el Precámbrico hasta el Reciente, afectadas por varios períodos tectónicos con eventos regionales que favorecieron la culminación de grandes cantidades de petróleo. Los intervalos de mayor interés pertenecen al Terciario, y localmente al Cretáceo. Las capas sedimentarias se depositaron sobre un basamento Ígneo-Metamórfico, esencialmente granítico, perteneciente al Escudo de Guayana. Representan un conjunto deltaico con su origen en los sistemas fluviales del macizo (Ramírez, J., 2011).

2.6.2 Estructura de la faja Petrolífera del Orinoco

Se caracteriza estructuralmente como una tectónica de bloques con fallas normales tensionales, sin evidencia de plegamientos mayores. El salto vertical de las fallas regularmente no exceden los 200 pies. Los rasgos regionales predominantes permiten identificar dos provincias tectónicas, separadas por el sistema de fallas de Hato Viejo. La estructura al Sur de Monagas y de la Faja Petrolífera del Orinoco se describe como un homoclinal de suave buzamiento hacia el Norte (3° a 4°) cortado por fallas normales de rumbo predominante noreste y un sistema más joven de direcciones Noroeste (Ramírez, J., Op. Cit).

2.7 Geología local

2.7.1 Campo Carabobo

El Área Mayor de Temblador comprende un conjunto de campos petrolíferos en una alineación de fallas subparalelas de rumbo noreste. Los campos tienen gran semejanza estructural, y se encuentran todos sobre un homoclinal de rumbo $N70^{\circ}E$, donde el basamento desciende suavemente (4 a 5°) hacia el norte, cortado por fallas normales escalonadas de dirección general este -

noreste). La mitad de las fallas buzan al sur, limitando los yacimientos, (Cedeño, M. et. al, 2013). El movimiento estructural se ha ubicado en el Mioceno superior y Plioceno inferior, puesto que las fallas afectan la Formación Las Piedras inferior y medio y se profundizan dentro del basamento. (PDVSA-INTEVEP 1997).

2.7.2 Estratigrafía del área de estudio

La estratigrafía de los campos del Área Mayor de Temblador es característica de la zona Sur de la Cuenca Oriental de Venezuela, donde todos los campos del área son muy similares estratigráficamente. Cuatro grandes unidades sedimentarias: las formaciones Mesa, Las Piedras, Freites y Oficina cubren discordantemente una unidad sedimentaria de edad Cretácico, llamado Grupo Temblador. Toda esta secuencia yace sobre un basamento Ígneo-Metamórfico Precámbrico que representa el borde septentrional del Escudo de Guayana. (Código Geológico de Venezuela - PDVSA-INTEVEP Op. Cit).

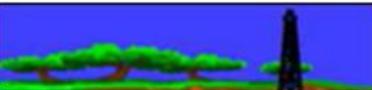
ERA	PERÍODO	ÉPOCA		
CENOZOICO	CUATERNARIO	PLEISTOCENO	FORMACIÓN MESA	
	TERCIARIO	NEÓGENO	MIOCENO SUPERIOR	FORMACIÓN LAS PIEDRAS
			PLESTOCENO	
			MIOCENO MEDIO	FORMACIÓN FREITES
		MIOCENO INFERIOR A MEDIO	FORMACIÓN OFICINA	MIEMBRO PILÓN
			MIEMBRO YABO	
			MIEMBRO JOBO	
			MIEMBRO MORICHAL	
MESOZOICO	CRETÁCICO SUPERIOR	TARDIO	GRUPO TEMBLADOR (F. CANOA, F. TIGRE)	
	PRE CAMBRICO		BASAMENTO	

Figura 2.11 Columna Estratigráfica del Campo Pilón (Da Silva, C. 2018).

2.7.2.1 Grupo Temblador (Cretácico)

Aparece en el subsuelo en la parte meridional los estados de Guárico, Anzoátegui y Monagas. Su espesor es mayor hacia el Norte y disminuye hacia el Sur, desapareciendo en esa dirección, en la parte meridional del flanco Sur de la Cuenca (González de J. et. al, Op. Cit). Este grupo está compuesto por las formaciones Canoa y Tigre.

El Cretácico en el Campo Pilón, está representado por los sedimentos del Grupo Temblador que incluye las Formaciones Canoa y Tigre, formadas por areniscas, limonitas y arcillas moteadas con restos de plantas y areniscas masivas lutitas negras, calizas glauconíticas, respectivamente.

2.7.3 Sedimentología

2.7.3.1 Formación Canoa (Aptiense-Albiense)

Consiste de areniscas de grano grueso arcósicas de color blanco, y limolitas y arcillas moteadas de verde y rojo que contienen restos de plantas. La presencia de conglomerados y restos de plantas, sugiere su deposición en ambientes continentales (Hedberg, H. et. al, 1947). El ambiente sedimentario es fluvial, probablemente de "point bar", en aguas llanas no marinas subarrial, bajo clima árido y una topografía plana. El contacto inferior es discordante sobre la Formación Carrizal o Hato Viejo. El contacto con la Formación Tigre suprayacente, es de tipo transicional. En la sección tipo tiene 100 m de espesor., varía de cero a varios cientos de metros. La unidad se adelgaza hasta desaparecer al sur, hacia el escudo de Guayana, así como hacia el área de Hamaca. (González, de J. et. al, Op. Cit)

2.7.3.2 Formación Tigre (Cenomaniense-Campaniense)

Consiste de areniscas masivas, glauconíticas, de grano fino, de color verde a gris; limolitas; lutitas carbonáceas, fosfáticas y capas delgadas de calizas dolomíticas y glauconíticas de color gris (Hedberg, H. et. al, 1947). El ambiente sedimentario de la formación es generalmente profundo y de tipo talud, con el desarrollo de ambientes de plataforma hacia el Sur de la región de Guárico. La transición entre ambos ambientes fue muy suave y con pocas diferencias. La plataforma presentaba variaciones en extensión, dando por origen variación en los espesores y texturas de las calizas (Cabrera, S. y Villain, J. 1987)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

De acuerdo con Lewis, P. 1979 El Campo Pilón fue descubierto en Julio de 1936 por la empresa LAGOVEN con la perforación del pozo PC-1 El Cretácico del Campo Pilón desde su descubrimiento hasta la fecha, había sido considerado no prospectivo, argumentado en las respuestas obtenidas de los registros eléctricos, de inducción y resistivos. Según el estudio "Evaluación Exploratoria de la Faja Petrolífera del Orinoco, PDVSA (1983)", se concluyó que las arenas básicas del Cretácico no eran comercialmente explotables, por no evidenciar prospectividad hidrocarburífera, de acuerdo a la interpretación de la información capturada para esa época, a partir de los pozos con registros convencionales (SP, GR, RD, Densidad Neutrón).

Según Cedeño, M., et. al, (2013), los recientes estudios realizados por PDVSA en el Cretácico del área Melones - Dobokubi, y Morichal, al oeste del Campo Pilón empleando un conjunto de registros modernos, tales como: Mineralógicos, Resonancia Magnética, Dieléctrico e Imágenes Resistivas permitieron pronosticar la presencia de hidrocarburo que fue corroborada con la perforación de 17 pozos en los Campos Melones-Dobokubi y cuyas tasas iniciales de producción se han mantenido en el tiempo entre 600 a 900 barriles diarios.

PDVSA (2010) en la Dirección Ejecutiva De Exploración Integral de Yacimientos Campo Morichal en su "INFORME INTERNO PARA PDVSA E&P, (EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN) MODELO ESTRATIGRÁFICO - SEDIMENTOLÓGICO DEL CAMPO MORICHAL, 2010" , identificó hidrocarburos en los núcleos MPG 244E, MPG 252, MPG 257, cortados en el,

campo Morichal lo que permitió inferir que el Cretácico podría tener potencialidad productiva.

Adicionalmente se perforó en el área de estudio Campo Pílon hasta la sección Cretácica 2 pozos con núcleos PC-1 y PC-3. Los cuales mostraron leve impregnación de hidrocarburos

La caracterización geológica de la secuencia Cretácica es de importancia, porque permitió desarrollar una metodología para intervalos con facies de arenas con alto contenido de elementos radioactivo (Torio, Uranio, Potasio). Donde los registros (GR, SP) deben ser interpretado de manera diferente a como se viene haciendo tradicionalmente. Esta metodología permite visualizar y redefinir nuevos cuerpos de arenas y posibles zonas prospectivas en el intervalo Cretácico del Campo Pílon, donde anteriormente eran descartados por la interpretación capturada para esa época; esto se realizó a través de una caracterización geológica, donde se utilizó las tres herramientas de interpretación, como lo son: la descripción de núcleos, la integración de horizontes sísmicos, los análisis de secuencias estratigráficas a través de los registros eléctricos, lo observado en los núcleos y los estudios bioestratigráficos, lo que permitió la elaboración de un modelo estratigráfico - sedimentológico del Cretácico, en el área de estudio.

Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA) en el año 2008, con su equipo de Magna Reserva diseñó una campaña de captura de información en la Faja Petrolífera del Orinoco, que incluyó cortes de núcleos, análisis de fluidos, registros convencionales y especiales, cuantificando grandes volúmenes de crudo pesado en las Formaciones de Oficina y Merecure de edad Mioceno y Oligoceno respectivamente. No obstante, en las arenas del Grupo Temblador de edad Cretácica fueron catalogadas como no reservorio por las bajas resistividades (<5ohm.m), además de los altos

valores de radioactividad mostrado en el perfil de Rayos Gamma (GR), asociándose a altos porcentajes de arcillosidad.

Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA) en el año 2005, desarrolló el Proyecto Pílon, en el cual se definió un marco estratigráfico para la Formación Oficina. El resultado de éste estudio define seis (6) unidades; Miembro Morichal (F, E, D y parte de C), Miembro Yabo (parte de C y B), Miembro Jobo (parte de B y A) y Miembro Pílon (intervalo 0). Cada uno de estos intervalos fue correlacionado definiendo eventos tales como: superficies de inundación, progradación, emersión, transgresión, asociados a las electroformas y complementados con descripción de los núcleos disponible. Sin embargo, no se realizó este análisis para las arenas del Grupo Temblador por no considerarse prospectivas.

Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA) en el año 2010 en su "INFORME INTERNO PARA PDVSA E&P, MODELO ESTRUCTURAL-SEDIMENTOLÓGICO DEL CAMPO MORICHAL", concluyó mediante la observación de núcleos MPG-244, MPG-252 y MPG-257, que los mismos se encuentran impregnados de Hidrocarburos en las arenas del Grupo Temblador en el Campo Morichal, sin embargo las repuesta de los perfiles fueron catalogadas como no reservorio por las bajas resistividades ($<5\text{ohm.m}$), además de los altos valores de radioactividad mostrado en el perfil de Gamma Ray (GR), asociándose a altos porcentajes de arcillosidad.

En el año 2012, los registros de Resonancia Magnética con tres profundidades radiales de investigación (1.5", 2.7" y 4") y "Dielectric Scanner", se logran correr en el pozo XX-1 del Campo Dobokubi dando como resultado la presencia de arenas limpias con grandes volúmenes de petróleo pesado, que posteriormente fue comprobado con perforaciones de pozos de desarrollo.

Cedeño, M. et al. (2013) en su trabajo de grado "IDENTIFICACIÓN DE LA PROSPECTIVIDAD EN LAS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS DEL GRUPO TEMBLADOR EN EL CAMPO DOBOKUBI, CON LA INTEGRACIÓN SÍSMICA-POZO" demostró la prospectividad del Cretácico, mediante el análisis estratigráfico del Grupo Temblador, basado en la interpretación de la sísmica 3D, las correlaciones entre pozos y los resultados de la descripción macroscópica de núcleos, donde se determinó la extensión lateral de los cuerpos sedimentarios, así como la interpretación de los diferentes ambientes sedimentarios y los niveles de ocurrencia de arena prospectiva.

La sísmica 3D como herramienta para este estudio permitió la interpretación de los horizontes: Basamento y Cretácico dentro del área de estudio. De igual manera, con la interpretación de los reflectores sísmicos más notorios, se pudieron definir las estructuras geológicas. Este análisis fue cotejado con datos duros del área, proporcionados por información obtenida a través del pozo MFD-23, donde se realizó la observación directa de 500' pies de núcleos en cuanto a su litología, facies sedimentarias y ambientes de sedimentación, con lo cual se identificó el tope de la secuencia Cretácica, sirviéndose como punto de partida para realizar las correlaciones estratigráficas, mediante el uso de los perfiles de pozos del área de investigación, y así identificar posteriormente los diferentes niveles estratigráficos.

De igual manera Cedeño, M. et. al, 2010, definieron las secuencias sedimentarias por ciclos, basados en sistemas encadenados para obtener una mejor visión del proceso de sedimentación ocurrido en las arenas básicas de la zona. También realizaron la evaluación petrofísica de los pozos verticales, con la finalidad de determinar las zonas de mejor calidad de yacimiento, empleando las técnicas de evaluación de formación conocidas. Los resultados de la evaluación petrofísica, en conjunto con la interpretación geológica y la interpretación sísmica-pozo, sirvieron para identificar la prospectividad comercial de las unidades estratigráficas del Grupo

Temblador en el Campo Dobokubi, para la estimación del POES y la visualización de oportunidades de perforación en el Cretácico.

Da Silva, C. (2018) en su trabajo de grado CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA - ESTRATIGRÁFICA DEL INTERVALO CRETÁCICO, EN EL CAMPO MORICHAL. Ubico la discordancia Cretácico – Terciario (K/T) entre los pozos del Campo Morichal MPG-244E (edad Oligoceno) ubicado en el centro del campo y el pozo MPG.257 (edad Mastrichiense – Aptiense correspondiente al Cretácico) ubicado al norte del campo, apoyados con la interpretación de la sección sísmica que se realizó al oeste del Campo Morichal.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Facies Sedimentarias

Hoy en día la palabra facies se emplea tanto en sentido descriptivo como interpretativo y la palabra en sí misma es tanto singular como plural. La definición de facies se refiere a un cuerpo de roca caracterizado por una particular combinación de litología, estructuras físicas y biológicas que imparten un aspecto diferente del cuerpo de rocas infrayacente, suprayacente o lateralmente equivalente. En rocas sedimentarias (a partir de afloramientos o núcleos), se define en base al color, estratificación, composición textural, fósiles y estructuras sedimentarias (Walker y James, 1992).

3.2.2 Asociación de Facies

Se denomina "asociación de facies" a la distribución ordenada de varias facies elementales, genéticamente relacionadas. Esta asociación debe cumplir dos

condiciones: que se trate de facies que se encuentren juntas y que estén genéticamente (ambientalmente) relacionadas entre sí. Walker et. al, (Op. Cit.).

Al estudiar secciones estratigráficas detalladas, las asociaciones de facies se reconocen a partir de su expresión vertical, a la que se denominan "secuencia de facies o secuencia elemental", las cual consiste en un módulo formado por la superposición vertical de dos o más facies genéticamente relacionadas que se repiten periódicamente. Así una facies individual puede tener poco valor en una interpretación genética, sin embargo el análisis de las asociaciones de facies y secuencias de facies permite la reconstrucción de la historia de sedimentación de materiales. Walker et. al, (Op. Cit.).

3.2.3 Estructuras sedimentarias

Las estructuras sedimentarias en general pueden ser definidas como ciertas deposiciones que presentan los elementos que posee un sedimento, esta disposición puede ser la resultante de la acción geológica y de los procesos químicos, físicos y biológicos que intervienen en la depositación de los sedimentos (Méndez, J., 2007).

Además, se consideran como el reflejo de los procesos sedimentarios, tanto del transporte como de la diagénesis, que permiten que los sedimentos adquieran una ordenación o disposición geométrica determinada a la cual se denomina estructuras sedimentarias. Méndez, J., (Op. Cit.).

3.2.4 Clasificaciones de las estructuras sedimentarias

Se consideran los aspectos químicos y físicos, así como su definición microscópica, megascópica y origen de las estructuras sedimentarias (Pettijohn, 1975,

tomado de Carvajal, Y. 2012). Para efectos de estudio de las estructuras sedimentarias inorgánicas se considera la clasificación realizada por Pettijohn (Tabla 3.1).

Tabla 3. 1 Clasificación de estructuras sedimentarias (Pettijohn,1975).

Primarias (Físicas)	Inorgánicas	Predeposicionales (Interestrato)
		Sindepocicionales (Intraestrato)
		Postdeposicionales (deformación de estructuras intra e interestrato.)
		Otras: Marcas de Lluvia, Marcas de desecación
Secundarias (Químicas)	Orgánicas	
	Diagenéticas	

3.2.4.1 Estructuras sedimentarias primarias inorgánicas

Estructuras predeposicionales: Son estructuras que se desarrollan entre los estratos de manera predominantemente erosional. Se manifiestan como marcas de corrientes originadas por excavación sobre fondos fangosos, o por marcas de arrastre o choque de objetos arrastrados. Son de gran utilidad para conocer la dirección y sentido de la paleocorriente que los originó (Tabla 3.2).

Tabla 3. 2. Estructuras predepositacionales (Pettijohn, 1975).

1) Marcas de erosión de la corriente (Scour marks)	- Turboglifo (flute marks) - Huellas de herradura (crescent marks)	
2) Marcas labradas por objetos (Tool marks)	Marcas continuas	- Marcas de surcos (Groove marks) Chevron marks
	Marcas discontinuas	- Prood marks - Bounce marks

❖ Marcas de erosión de la corriente (*scour marks*): Se forman por la erosión de la corriente sobre fondos arcillosos o limosos generando pequeñas depresiones que posteriormente son rellenadas por sedimentos de granulometría mayor (arenas). Pettijohn (Op. Cit.). Dentro de ellas tenemos;

❖ Los turboglifos (*flute marks*): Que son una serie de surcos alargados en dirección de la corriente. Se considera importante en la determinación de la dirección y sentido de las paleocorrientes. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Las marcas de herradura (*crescent marks*): Son originadas por erosión de una corriente divergente que rodea un obstáculo (canto, fósil, etc.) Sobre fondos arcillosos. La cual posteriormente es rellenada generalmente por arena, quedando fosilizada como estructura de base. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Marcas labradas por un objeto (*tool marks*): Son huellas de arrastre o impacto de partículas extremadamente irregular; continuas (*groove marks* o *chevron marks*) y discontinuas (*prood marks* o *bounce marks*). Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Las marcas de surco (*groove marks*): Se originan por la presencia de un objeto compacto sobre una superficie arcillosa, la cual al paso de la corriente origina una forma alargada y estriada en dirección longitudinal. Se emplea en la determinación de polaridad y dirección de la corriente y cuando se conserva el objeto que la origino se puede determinar el sentido de la paleocorriente. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ El (*chevron marks*): Son marcas o huellas alineadas en "punta de flecha" (dirigidas en el sentido de la corriente, originadas sobre un techo arcilloso o limoso. Son útiles al igual que las anteriores en la determinación de la dirección y sentido de las paleocorrientes y de la polaridad de los estratos. Finalmente, las marcas discontinuas "Prood marks" y "Bounce marks", son producidas por el impacto de un objeto sobre un fondo arcilloso o limoso, siendo la forma del impacto del "prood marks" más asimétrica y angulosa que la del "bounce marks". De la primera se puede obtener dirección y sentido de las paleocorrientes, mientras que las segundas, por poseer simetría de su forma se obtiene solamente la dirección de la paleocorriente. Pettijohn (Op. Cit.).

También pueden incluirse en este grupo las superficies costrificadas o suelos endurecidos en donde se han producido procesos diagenéticos. Los turboglifos, las marcas de surcos y las marcas de arrastre son las estructuras sedimentarias interestratos más comunes Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Estructuras sedimentarias sindeposicionales: Son estructuras sedimentarias desarrolladas durante el depósito, también denominadas de ordenamiento interno, se consideran estructuras que afectan a la estratificación y son de gran importancia para interpretar las condiciones de equilibrio transporte - sedimentación. Dentro de ellas podemos mencionar; laminaciones y estratificación plana, estratificación gradada,

laminación y estratificación cruzada, estratificación masiva y estratificación lenticular y *flasser*. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Laminaciones y estratificación planar: Estas estructuras sedimentarias consisten en una disposición paralela de las láminas (capas de espesor 1 ó 2 mm.) o estratos (capas de 1 ó 2 cms.) entre sí y con la superficie superior de sedimentación. Se considera una de las más simples estructuras intraestrato y es generalmente depositada horizontalmente. Se origina en diversos ambientes; desde sedimentación por decantación, sedimentación en regimenes de corrientes débiles, e incluso en zonas de crecimientos de algas que fijan sedimentos dando lugar alternancia de láminas de carbonatos y arcillas Pettijohn (Op. Cit.).

Laminación y estratificación cruzada: Se consideran una de las más comunes del conjunto de estructuras sedimentarias. Se definen como la disposición en el interior del estrato de láminas oblicuas al límite superior e inferior del mismo. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Ripples o rizaduras: El primer tipo de estructuras sedimentarias que se originan cuando se incrementa el flujo son los "ripples". Es decir, son originadas por las corrientes de bajo flujo o por efectos de oleaje. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Estratificación lenticular y *flasser*: Estas estructuras sedimentarias inorgánicas se originan por depósitos alternativos de migración de "ripples" y de decantación de material más fino (arcilla) en los surcos de los "ripples". La estratificación *flasser* tiene lugar en áreas donde existe una sedimentación tipo "ripples" con alternancia de períodos de quietud y de corriente. Partiendo de que existan en el área sedimentos tipo arena y arcilla. Las arenas pueden formar "ripples", mientras que las arcillas se depositan en períodos de quietud de la corriente. La formación de estas estructuras dependerá del contenido de arcilla, si existen escasa

cantidades, esta se decantará en los valles dejados por los "*ripples*" de arena, formado la estructura *flaser*. Pettijohn (Op. Cit.).

Si por el contrario, los contenidos de arcilla son importantes y se produce un aporte de arena deficitario para formar un tren de "*ripples*", los cuerpos o lentes de arena quedarán aislados recubiertos por el material arcilloso formando la estructura lenticular. En base a los tipos de "*ripples*" y a la disposición de los lentejones se pueden obtener las siguientes modalidades de estratificación. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Estratificación gradada: Es una estructura primaria inorgánica sin depositacional y se da cuando en la lámina o estrato hay una variación textural en sentido vertical, este ordenamiento interno de disminución progresiva del tamaño del grano desde la parte inferior a la parte superior del estrato o lámina, es típica de ambientes turbidíticos, aunque pueden hallarse en otros medios sedimentarios. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Estratificación masiva: esta estructura sedimentaria, aunque no es muy común encontrarlas en las unidades de sedimentación, puede generarse debido a varias causas; un estrato puede ser masivo debido a procesos diagenéticos. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Estructuras post-deposicionales: Son estructuras primarias inorgánicas originadas por el proceso de carga que forma la estratificación, por arrastre de fondo o por deslizamiento debido a pérdida de la estabilidad. Esta dinámica involucra procesos no tectónicos, que actúan después de la depositación de sedimentos, durante las primeras etapas de la compactación, por lo tanto, son el resultado de las deformaciones penecontemporáneas de la sedimentación. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Estructuras de carga: Se definen como protuberancias de forma irregular, la cual se forma por la existencia de una capa arenisca sobre un nivel sedimentario de naturaleza hidro-plástica saturada de agua. Estas estructuras se forman como respuesta a la inestabilidad gravitacional creada por el depósito de sedimentos relativamente denso sobre otros de menor densidad. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Estructuras almohadilladas o pseudonódulos: Son estructuras similares a la anterior, pero en este caso no existen estructuras de los estratos. Esta estructura deformada presenta formas variadas y entre ellas dominan las formas planas o cóncavas hacia el techo y convexas hacia la parte inferior. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Laminación convoluta: También conocida como estratificación convoluta, se considera una de las estructuras más difíciles de definir. Consiste en una disposición de láminas contorsionadas y replegadas dentro de un estrato. La estratificación convoluta se caracteriza por presentar estratos de 2 a 25 cm de espesor de arcilla o de arena fina. Aunque tales estratos pueden estar compuestos de sílice o carbonato. Pettijohn (Op. Cit.).

❖ Estructura deformacional frágil horizontal: Son debido a los movimientos laterales de los sedimentos, entre estas se encuentran avalanchas "*slumps*" y deslizamientos "*slides*", se originan por la formación de pliegues recumbentes y fallas penecontemporáneas de los sedimentos que indican transporte lateral de los sedimentos a gran escala. Pettijohn (Op. Cit.).

3.2.5 Estructuras sedimentarias de diferentes ambientes deposicionales

El estudio y la interpretación de las estructuras sedimentarias son de gran utilidad en el análisis de ambientes sedimentarios, composición textural, litológico y fósiles, los cuales reflejan los procesos de depósito de los sedimentos acumulados.

Además, nos permiten definir de un ambiente su profundidad y nivel de energía del medio, la velocidad del agente de transporte, hidráulica y dirección de las corrientes que la generaron. Debido a que las estructuras sedimentarias siempre se generan "in situ". El conjunto de estructuras sedimentarias, contribuyen a mejorar el conocimiento de los ambientes sedimentarios y en general, el análisis de cuencas sedimentarias. Pettijohn (Op. Cit.).

3.2.6 Ambientes y estructuras sedimentarias

La composición de los granos de los sedimentos refleja las estructuras mecánicas que han sido derivadas directamente del interperismo de las rocas expuestas en la superficie terrestre, o indirectamente a través de la intervención de organismos que precipitan minerales que conforman estructuras orgánicas en las aguas (Cuchando, A. 2008).

3.2.7 Tipos de Ambientes Sedimentarios

Los ambientes sedimentarios suelen estar localizados en una de las tres categorías: continental, marina o de transición (Figura 3.1). Cada uno consiste en un área donde el sedimento se acumula y donde los organismos viven y mueren. Cada uno produce una roca o una agrupación sedimentaria característica que refleja las condiciones predominantes (Cuchando, A. 2008). (Figura 3.1).

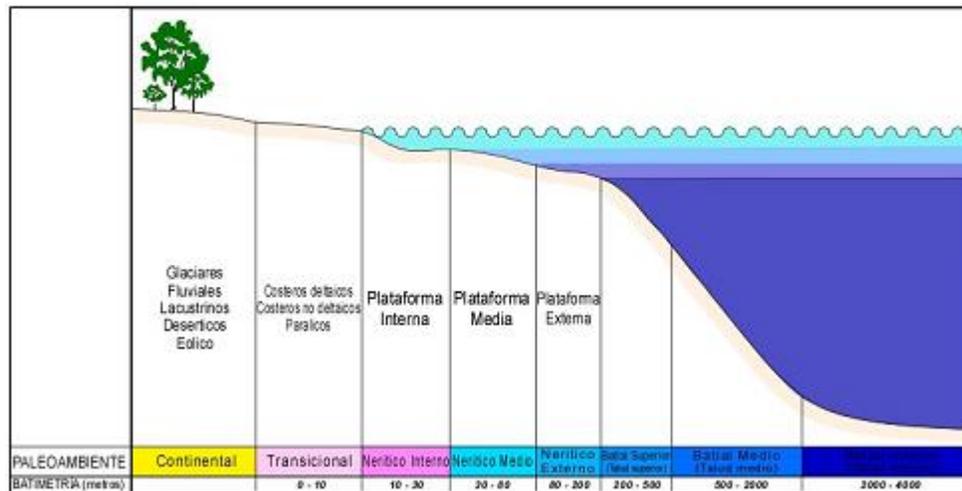


Figura 3.1 Ambientes sedimentarios (Ingle, 1980).

3.2.7.1 Ambientes Fluviales

Las corrientes son el agente dominante de la alteración del paisaje, erosionando más tierra, transportando y depositando más sedimentos que cualquier otro proceso. Además de los depósitos fluviales, se depositan grandes cantidades de sedimentos cuando las crecidas periódicas inundan valles amplios y llanos, denominados llanura de inundación. Donde emergen corrientes rápidas de área montañosa hacia una superficie mas llana, se forma una acumulación sedimentaria en forma de cono inconfundible conocida como abanico aluvial (Cuchando, A Op. Cit.).

Las áreas de máxima velocidad y turbulencia, son los lugares adecuados para la erosión, mientras que las áreas de baja velocidad y turbulencia son las propicias para la estabilidad y la sedimentación. (Alfonsi, P. 1999). El canal del río puede ser:

- ❖ Canal Rectilíneo: Los canales rectilíneos son raros ya que los ríos no fluyen frecuentemente en cauces rectos, a veces lo hacen en valles que son fácilmente erosionables y en valles estrechos pueden extenderse por varios kilómetros. Su profundidad puede ser muy variable, por lo cual la vaguada (línea de máxima

profundidad del canal) se mueve continuamente por todo el cauce de una a otra orilla. En la zona opuesta al punto de mayor profundidad hay acumulación de material y se forma una barra, denominada barra de meandro. Alfonsi, P. (Op. Cit.) (Figura 3.2).

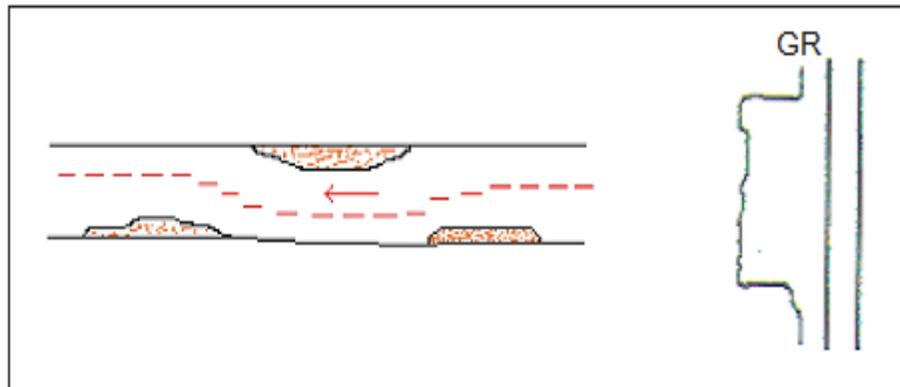


Figura 3.2 Canal Rectilíneo (Modificado de Alfonsi, P., 1999).

❖ Canal Meandriforme: Los meandros son curvas pronunciadas que se forman en canales de pendiente baja, con moderada carga de sedimentos. Representan la trayectoria de menor resistencia al flujo de corriente. La barra de meandro es el depósito característico de un canal meandriforme. Se desarrollan cuando, al disminuir la crecida de los ríos, se produce la migración lateral del meandro, de manera que el material más grueso se acumula en la parte más profunda del canal. Alfonsi, P. (Op. Cit.). (Figura 3.3).

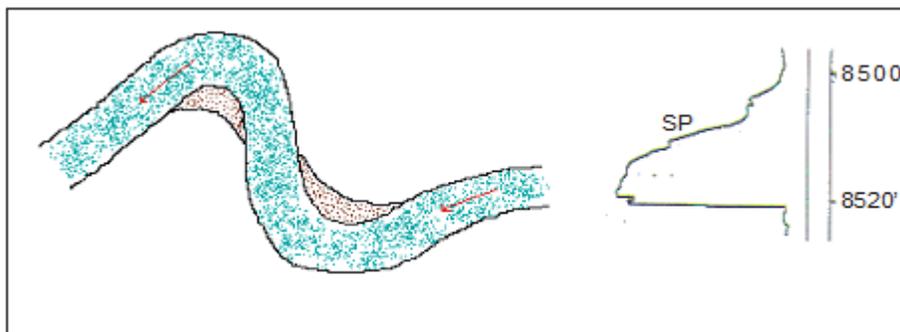


Figura 3.3 Canal Meandriforme. (Modificado de Alfonsi, P., 1999).

❖ **Canal Entrelazado:** Los canales entrelazados son característicos de las corrientes que tienen grandes fluctuaciones en el flujo y en la carga de sedimentos. Están formados por corrientes individuales separadas por barras de sedimentos depositadas por la misma corriente. Sus yacimientos se caracterizan por un grado más alto de homogeneidad interna que la de los canales meandriformes, y más esparcido. Alfonsi, P. (Op. Cit.).

Los sedimentos de corrientes entrelazadas o trenzadas son el resultado de la alternancia de las etapas de socavación por inundación y posteriormente, del relleno de múltiples canales interconectados dentro de los límites del valle del río. Los canales que se anastomosan, canales entrenzados, se forman en las partes de la corriente con pendientes relativamente altas, sujetas a una amplia fluctuación en el flujo y con una fuente abundante pero intermitente de sedimentos. Alfonsi, P. (Op. Cit.). (Figura 3.4).

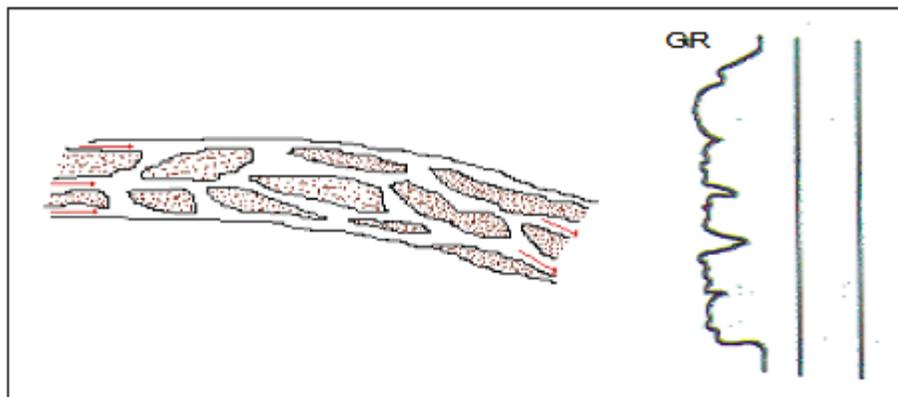


Figura 3.4 Canal Entrelazado (Modificado de Alfonsi, P., 1999).

3.2.7.2 La Llanura Aluvial

Es el área plana entre los canales fluviales y es cubierta por el agua solamente durante las crecidas. Ahora bien, el agua que desborda el canal deposita en las orillas arena fina, limo, dando lugar a la formación de un dique natural, el cual es un cuerpo

sedimentario que generalmente no reviste condiciones favorables para la acumulación potencial de hidrocarburos por sus dimensiones reducidas y por estar constituido por materiales muy finos. Alfonsi, P. (Op. Cit.).

3.2.7.3 Ambientes de Transición

Son ambientes situados en la zona límite continente-mar, y los sedimentos se acumulan tanto por aportación continental como marina. La fuerte intensidad de sedimentación da lugar a cambios continuos en la morfología y delimitación en la línea de costa, por lo que los ambientes sedimentarios que aparecen, son de gran complejidad y a veces de difícil separación. Cuchando, A (2008.). (Figura 3.5)

❖ Ambiente Deltaico: Se localiza en las desembocaduras fluviales, donde descarga la mayor parte del sedimento transportado, provocando un avance de las zonas que se rellenan con sedimentos sobre el mar. Por su morfología, se pueden distinguir deltas aislados de los complejos deltaicos, según la separación e interacción entre las desembocaduras fluviales. Cuchando, A. (2008.). (Figura 3.5)



Figura 3.5 Medios sedimentarios de un delta (Modificado de Alfonsi, P., 1999).

❖ Delta con dominio fluvial: Este delta se caracteriza por un río principal que se divide en numerosos canales distributarios, los cuales transportan agua y sedimentos hasta el mar. Un delta con dominio fluvial, así como cualquier otro tipo de delta, se divide morfológicamente en tres zonas bien definidas: llanura deltáica, frente deltaico y prodelta. Alfonsi, P. (Op. Cit.). (Figura 3.6).

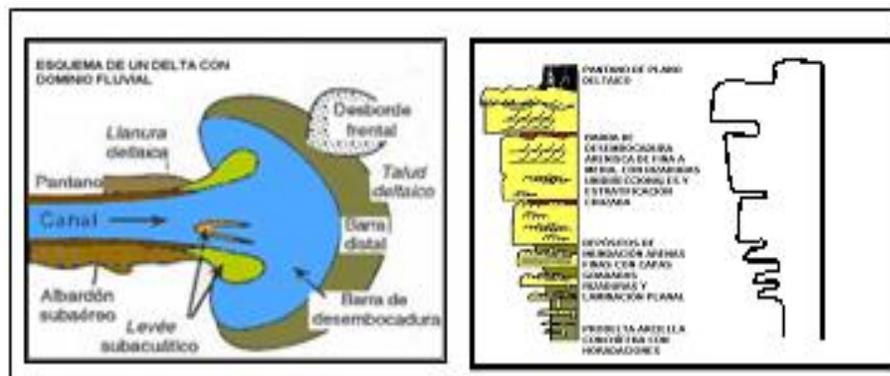


Figura 3.6 Esquema de un delta con dominio fluvial y la secuencia sedimentaria (Galloway y Hobday, 1978).

❖ Delta con dominio de oleaje: En este caso el material sedimentario aportado al mar por los canales distributarios, son distribuidos lateralmente por las corrientes litorales formándose un frente deltaico constituido por lomas de playa, las cuales a medida que el delta avanza hacia el mar son cortadas por los distributarios. El depósito de playa de un delta con dominio de oleaje es similar a un depósito de playa del ambiente costero no deltaico, es decir, una sucesión de estratos granocreciente hacia el tope, ya que el depósito es formado por la acción de la deriva litoral. Alfonsi, P. (Op. Cit.). (Figura 3.7).

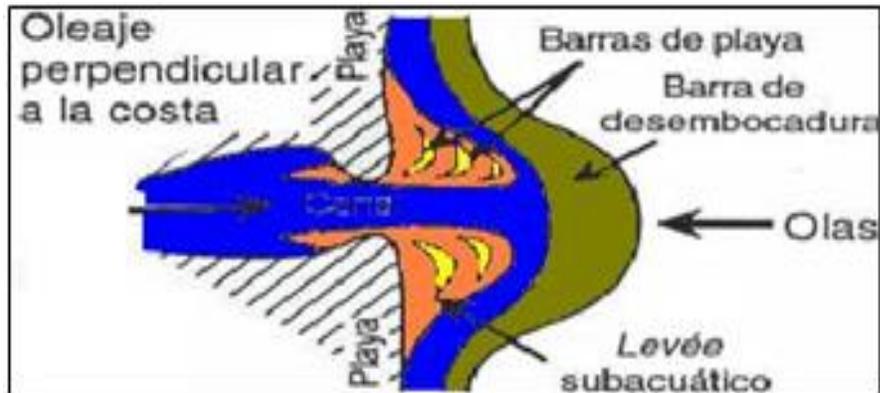


Figura 3.7 Esquema de deltas dominados por olas (Galloway y Hobday, 1978)

❖ Deltas con dominios 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. En este tipo de delta la llanura deltaica está constituida por dos zonas divididas por la línea de marea alta. Así, habrá en la llanura deltaica un sector no afectado por la marea, el cual recibe el nombre de llanura deltaica con dominio fluvial, y otro sector es cubierto periódicamente por la marea al cual se le llama llanura deltaica con dominio de marea. Alfonsi, P. (Op. Cit.).

3.2.8 Sistemas o Complejos Deposicionales

Los cortejos sedimentarios (*systems tracts*) constituyen las divisiones de las secuencias de depósitos. (Figura 3.8).

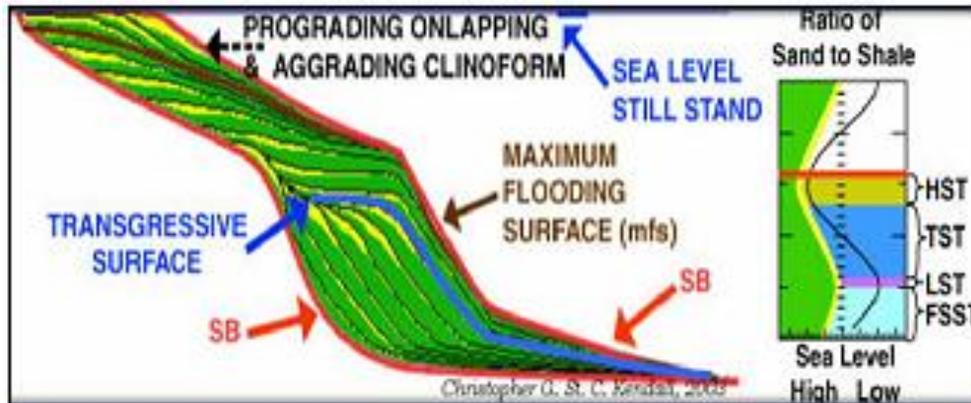


Figura 3.8 Sistemas deposicionales (tomado de Marocco, R. 2009).

3.2.8.1 Sistema Depositional de Alto Nivel (*Highstand System Tract, HST*)

Son los depósitos progradantes que se forman cuando la tasa de acumulación de sedimentos supera a la tasa de aumento del nivel relativo del mar. Este sistema se encuentra justo sobre la superficie de máxima inundación (MFS) formada cuando los sedimentos marinos alcanzan su máxima posición hacia la tierra. Los patrones de apilamiento muestran clinofomas progradantes y agradantes que se hacen más finas hacia el tope. Plint y Nummedal, (2000).

3.2.8.2 Sistema Depositional de Caída del Nivel Relativo del Mar (*Falling Stage Systems Tract, FSST*)

Incluye todos los depósitos regresivos acumulados después del inicio de una caída del nivel relativo del mar y antes del inicio del aumento siguiente del nivel relativo del mar. El FSST es el producto de una regresión forzada (no se debe confundir esto con el depósito de sedimentos durante una regresión normal) y se encuentra directamente en el límite de secuencias cubierto por los sedimentos del *Lowstand System Tract*. Los patrones de apilamiento de parasecuencias pueden ser clinofomas progradantes y depósitos de flujos masivos en la zona distal, muchos de los patrones de apilamientos dependerán del perfil de deposición, la tasa de aporte de

sedimentos y la tasa de caída del nivel relativo del mar. El FSST fue definido principalmente por Plint y Nummedal, (Op. Cit.).

Este sistema también se ha denominado sistema de bajo nivel temprano (*Early Lowstand Systems Tract, ELST*). Posamentier y Allen, (1999).

Trabajos anteriores que definieron los sistemas deposicionales, situaron parte del FSST en el *Lowstand System Tract* (LST). En la definición del LST ellos incluyen los depósitos que se acumulan justo después de la tasa máxima de caída del nivel relativo del mar, y fueron divididos en tres unidades depositacionales diferentes (abanicos de fondo de cuenca, abanicos de talud y cuñas de bajo nivel). Vail (1987.) y Posamentier, et. al, (Op. Cit)

3.2.8.3 Sistema de Bajo Nivel (*Lowstand System Tract, LST*)

Incluye los depósitos que se acumulan después de la aparición de un aumento relativo en el nivel del mar. Este se encuentra directamente sobre la superficie superior del *Falling Stage Systems Tract* y está cubierto por la superficie transgresiva. Muestran patrones de apilamiento (*backstepping, onlapping, retrogradational, aggrading clinofoms*). Los sedimentos del *Lowstand System Tract* frecuentemente o parcialmente rellenan los valles incisos que fueron cortados en el *Highstand System tract*, y otros depósitos anteriores depositadas durante el FSST. (Vail Op. Cit.) y Posamentier et. al, (Op. Cit.).

3.2.8.4 Sistema Transgresivo (*Transgressive System Tract, TST*)

Comprende los depósitos que se acumularon desde el inicio de la transgresión costera hasta la máxima de la transgresión, justo antes de la regresión reanudada del HST. El TST se encuentra directamente sobre la superficie transgresiva (TS) formada

cuando los sedimentos se depositan sobre el LST subyacente y está cubierta por la superficie de máxima inundación (MFS) formada cuando los sedimentos marinos alcanzan su máxima posición hacia el continente. Los patrones de apilamiento muestran (*backstepping onlapping clinoforms retrogradational*). En casos en que el aporte de sedimentos sea alto, la parasecuencias puede ser agradacional. (Vail Op. Cit.) y Posamentier et. al, (Op. Cit.).

3.2.9 Clasificación de areniscas

Las areniscas se clasifican tomando en consideración el contenido de granos de cuarzo, feldespatos, fragmentos de rocas y porcentaje de matriz. Las clasificaciones, en general, permiten no solamente obtener una relación en el tipo de granos y porcentajes de los mismos (cuarzo, feldespato, fragmentos de roca, arcillas, y minerales secundarios). a través de la clasificaciones se puede inferir la madurez textural y química, así como los ambientes sedimentarios y expectativas de porosidad. (Méndez, J., (Op. Cit.) (Figura 3.9).

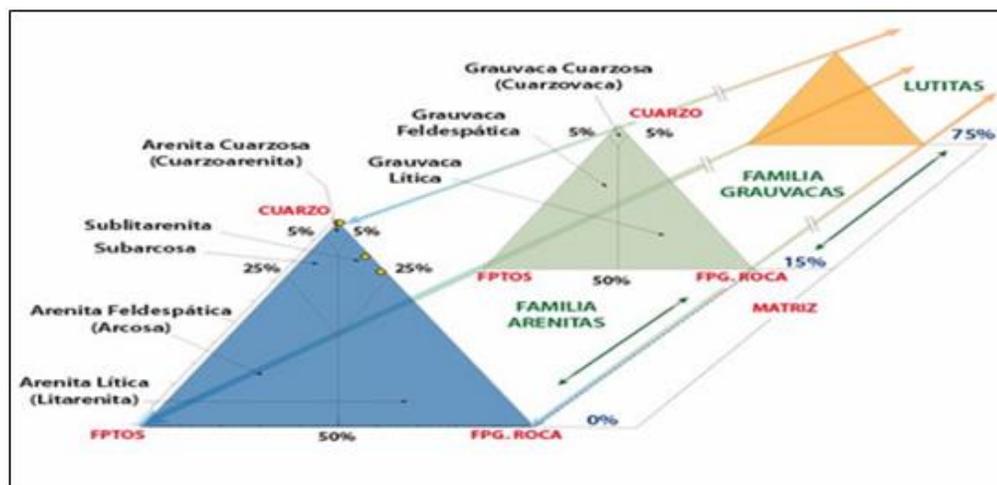


Figura 3.9 Clasificación de las areniscas según Pettijohn et. al, (1972). en (Álvarez, Y. et. al, 2017).

3.2.10 Icnología

La Icnología puede definirse como una rama de la Geología que interpreta las huellas fósiles denominadas Icnofósiles- creadas por la actividad biológica de los organismos. Es una herramienta de ayuda en la interpretación de ambientes sedimentarios, su evolución y la paleontología de los mismos. Buatois, (2.009).

3.2.11 Modelo de Icnofacies

Una icnofacies consiste en una asociación de trazas fósiles que aparece recurrentemente a lo largo del tiempo geológico y que corresponde habitualmente a determinados parámetros ambientales. Buatois, (Op. Cit.).

El modelo de icnofacies propuesto por Adolf Seilacher, constituye el primer paradigma en icnología (figura 4.4), el cual posibilitó encuadrar en una teoría explicativa, observaciones efectuadas en el registro fósil y en ambientes actuales. Las icnofacies hasta ahora reconocidas pueden agruparse en cuatro grandes categorías: (1) icnofacies marinas de sustratos blandos, (2) icnofacies sustrato-controladas, (3) icnofacies continentales de invertebrados y (4) icnofacies de vertebrados. Buatois, (Op. Cit.). (Figura 3.10)

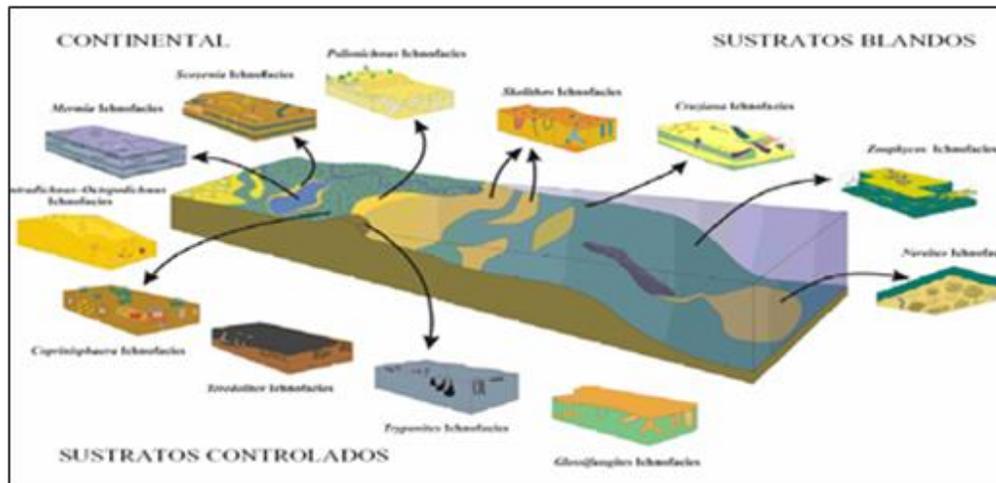


Figura 3.10 Modelo de icnofacies de Seilacher (Buatois, L., (2009).

3.2.12 Organismos destructores/modificadores de la textura original del Sedimento

Este tipo de organismos se caracterizan por remover o dejar marcas en el sustrato mientras realizan actividades de alimentación, protección, incubación, reposo, etc. Las huellas que dejan son llamadas en general *ichnofósiles* y la especialidad que se encarga de su clasificación e interpretación se denomina *ichnología*. Buatois, (Op. Cit.).

3.2.13 Correlación

Puede ser definida como la determinación de unidades estratigráficas o estructurales equivalentes en tiempo, edad, o posición estratigráfica, con el propósito de preparar mapas del subsuelo y secciones. Las dos fuentes principales de data de correlación son las secciones sísmicas y los perfiles de pozos (Tearpock y otros, 2002).

3.2.14 Secciones estratigráficas

Se usan para identificar unidades semejantes que permiten establecer la continuidad lateral de las mismas, así como las relaciones verticales entre las unidades que forman la columna estratigráfica. El objetivo básico de las secciones estratigráficas es determinar la geometría de los cuerpos, así como definir unidades de flujo y establecer la presencia de fallas (Jiménez, E. et. al, 2005).

3.2.15 Mapas

El mapa es uno de los productos finales de la interpretación geológica, en el caso del petróleo, pueden decirse que la mayor parte de las propiedades que definen morfológicamente los yacimientos son susceptibles de ser representadas mediante uno o más mapas y se refiere al área, espesor, volumen, forma de la superficie, límites, orientación, propiedades internas de la roca como porosidad, permeabilidad, arena y su distribución en el área. Es necesario señalar que tanto las tendencias como el contorneo de las curvas deben estar fuertemente influenciados por el tipo de ambiente sedimentario que se encuentre en la zona (Jiménez, E. et. al, 2005).

3.2.16 Mapa Isópaco

Son mapas en los que se representan variaciones de espesor de una unidad litoestratigráfica, medidos en los perfiles de los pozos. El espesor de cada cuerpo de arena se determina estableciendo el tope y la base del cuerpo. La simbología es el trazado discontinuo. (PDVSA. CIED, 1.999).

3.2.17 Mapa de facies litológicas

Estos mapas sirven para mostrar la distribución regional de las diferentes facies litológicas de una formación dada. Pueden indicar las facies según los tipos de rocas; o se pueden preparar a base de la variación de las proporciones de los constituyentes clásticos. (PDVSA. CIED, 1.999).

3.2.18 Modelo estratigráfico

Este modelo se basa en demostrar la arquitectura de los yacimientos presentes en el área de estudio y su incidencia en la generación del modelo sedimentológico (PDVSA. CIED, 1997 en Lizardis, V. 2008). El primer paso para la construcción de este modelo consiste en realizar una correlación regional con perfiles o registros eléctricos de pozos y a la vez una correlación detallada del horizonte estratigráfico prospectivo basándose en marcadores litológicos confiables en el área tales como lutitas marinas y lignitos, que tengan mayor extensión a nivel regional en el área.

3.2.19 Modelo sedimentológico

Define geometría, distribución y calidad de los depósitos de las Unidades de Flujo. Límites y/o Barreras verticales. La caracterización sedimentológica de un yacimiento comprende una serie de procesos cuya finalidad es establecerla geometría, orientación, distribución y calidad física de los depósitos, el proceso comienza con la identificación y codificación de las facies, las unidades sedimentarias a partir del afloramiento, muestras de núcleos, muestras de pared. Posteriormente se realiza la calibración núcleo-perfil cuyo objetivo es extrapolar la información hacia los pozos vecinos. Se identifican además las superficies de inundación, discordancias y transgresiones con el fin de establecer los límites del yacimiento (PDVSA, CIED. 1997)

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

La investigación descriptiva se refiere a aquella que se efectúa cuando se desea describir de forma detallada todas las componentes principales de una situación objeto de estudio (Balestrini. M, 2006).

Se considera que la presente investigación es de tipo descriptiva, ya que permitirá conocer las distintas características que presentan los pozos que han perforado la unidad Cretácica en el Campo Pilón y, que se incluyen en la base de datos, entre estas tenemos: ubicación, tipos de registros que se le tomaron, profundidad, análisis que presentan y pies de núcleos descritos.

Además, en aquellos pozos que presentan muestras de núcleos en la unidad Cretácica, se revisó la descripción macroscópica realizada, observando específicamente los cambios relevantes que presentan la muestras estudiadas, en los cuales se tomaron en cuenta profundidad y pies de núcleos descritos, numero de cajas y la hoja sedimentológica construida a partir de la observación de la muestra, donde se describe el tipo de roca, tamaño de grano, estructuras sedimentarias, bioturbación, impregnación de hidrocarburo y color de la muestra.

De igual forma se revisó la información referente a la descripción microscópica de las muestras donde se pudo conocer la composición mineralógica de la roca, textura y porosidad.

4.2 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. Por lo que esta investigación se califica como documental y de campo. (Tamayo, M. 2000).

4.2.1 Investigación documental

“Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir de los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (Tamayo, M., Op. Cit)

Esta investigación se considera de tipo documental ya que para su desarrollo se revisaron una serie de documentos existentes del Campo Pílon, tales como: informes técnicos, carpetas de pozos, trabajos de investigación, registros de pozos, etc., tales como: La "Caracterización Sedimentológica - Estratigráfica del Intervalo Cretácico, en el Campo Morichal " (Da Silva, C. 2018), La cual fue base muy importante para esta investigación.

4.2.2 Investigación de Campo

Es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. (Balestrini, M. 2006)

Se considera que la investigación es de campo ya que en ella se utilizan datos obtenidos de la Unidad Cretácica, a través del análisis de información recolectada de la descripción directa de muestras de núcleos.

4.3 Población de la investigación

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. (Balestrini, M. Op. Cit.)

En este caso en específico, la población de la investigación está representada por 28 pozos pertenecientes al Campo Pilón, que perforaron la Unidad.

4.4 Muestra de la investigación

La muestra es una proporción, representativa de la población que selecciona el investigador, con la finalidad de obtener las características más exactas, confiables y representativa de la población. (Balestrini, M. Op. Cit.)

En el presente estudio la muestra corresponde a 4 pozos, de los cuales se tiene información de 33' pies de núcleo que han sido descritos de forma detallada tanto macroscópica como microscópicamente.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Una investigación no tiene sentido sin la aplicación de técnicas para la recolección de información, estas conducen a la verificación del problema planteado,

mientras que los instrumentos empleados llevan a la obtención de los datos de la realidad.

4.5.1 Observación directa

La observación directa es el uso sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que se necesitan para resolver un problema de investigación. Dicho de otro modo, es percibir activamente la realidad exterior con el propósito de obtener los datos que, previamente, han sido definidos como de interés para la investigación” (Sabino, C. 1992).

La caracterización sedimentológica estratigráfica de la columna estratigráfica del Grupo Temblador en el Campo Pílon implica el uso de esta técnica, lo que permitió observar directamente a través de los registros eléctricos y/o especiales delimitando tope y base del horizonte en estudio, así como también los datos necesarios para la determinación de las propiedades petrofísicas, interpretación y descripción del ambiente sedimentario, entre otros. Y de esta forma obtener un modelo Sedimentológico-Estratigráfico confiable.

4.5.2 Entrevista informal

Es la modalidad menos estructurada posible de entrevista ya que la misma se reduce a una simple conversación sobre el tema en estudio. Lo importante aquí no es definir los límites de los tratados ni ceñirse a algún esquema previo, sino hacer hablar al entrevistado, de modo de obtener un panorama de los problemas más salientes, de los mecanismos lógicos y mentales del respondiente, de los temas que para él resultan de importancia (Sabino, C. 1992).

La aplicación de la misma dentro de esta investigación implica la realización de preguntas de forma oral tanto a Geólogos como Ingenieros, que son parte del equipo de exploración de Extra-Pesado que labora en la Gerencia, a fin de obtener datos necesarios para el estudio en cuestión.

4.5.3 Revisión bibliográfica

En todo trabajo de investigación es necesario recurrir a fuentes bibliográficas que aporten conocimientos y datos importantes acerca del tema en estudio. La técnica consiste en obtener información mediante la revisión de material bibliográfico como: textos, manuales de la empresa, tesis de grado, entre otros (Hernández, J. 1979)

Los temas relacionados con el área a estudiar, específicamente como trabajos de grado, textos, y fuentes electrónicas fueron de gran aporte para los conocimientos y las bases metodológicas en el presente trabajo.

4.5.4 Instrumentos de recolección de datos

Las herramientas empleadas en el acopio de información para el desarrollo de este estudio, consta de la utilización de computadoras, pendrive, lápices de colores, resaltadores, goma de borrar, laminas papel bond blanco, fotocopidora, impresora, resmas de papel tamaño carta, Internet, y el manejo de los programas como *MICROSOFT WORD*, *MICROSOFT EXCEL*, *MICROSOFT POWERPOINT*, *CANVAS 2009*, *SIGEMAP Y OPENWORKS*.

4.6 Etapas de la investigación

A continuación se presenta un flujo-grama de actividades en el que se definió un orden cronológico para el presente capítulo, según el cual se busca explicar los

pasos necesarios de cada uno de los objetivos de este trabajo, para llevar a buen término la investigación realizada (Figura 4.1)

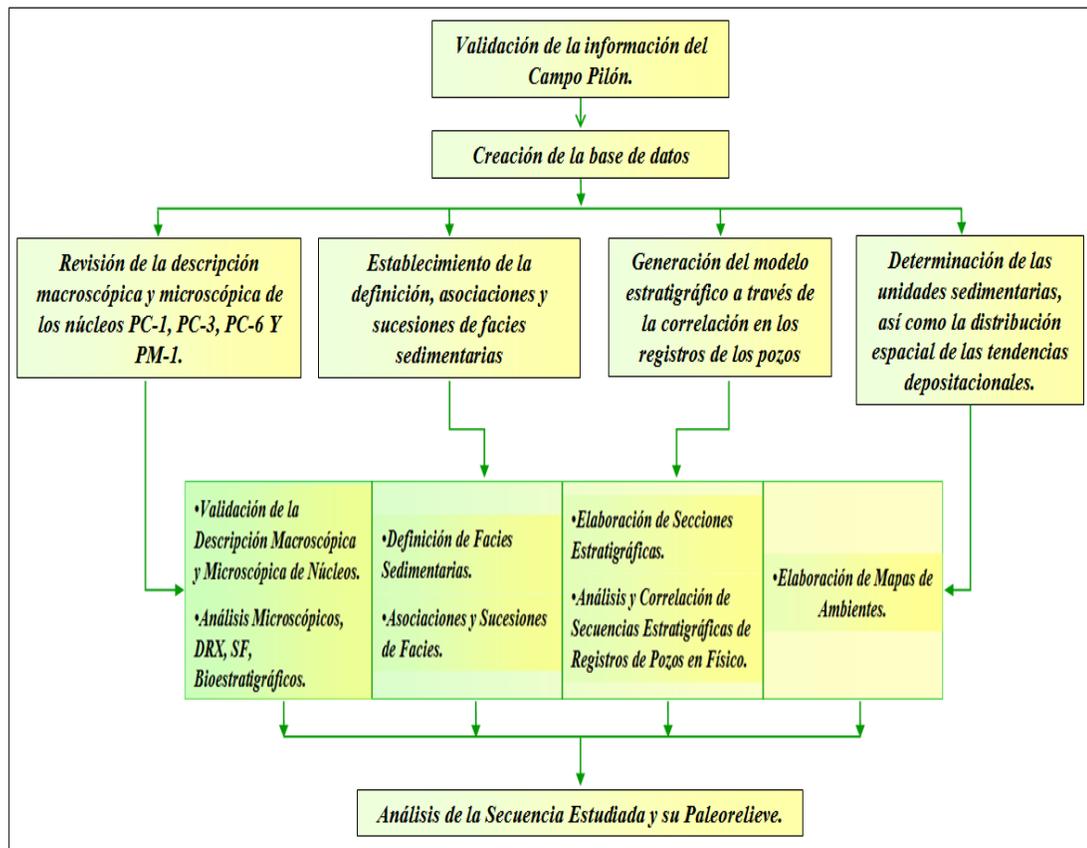


Figura 4.1 Flujograma de trabajo.

4.6.1 Validación de la información del Campo Pilón

La recopilación de información, es una de las etapas más importantes en el proyecto, debido a que la confiabilidad y credibilidad de un estudio se basa en la calidad de su información. En esta fase se obtuvo información geológica del Campo Pilón, realizando una exhaustiva búsqueda en archivos necesarios para el desarrollo de este trabajo, correspondientes a carpetas de pozos, informes técnicos, bases de datos oficiales de PDVSA y trabajos de investigación realizados en campos vecinos a nivel de la secuencia Cretácica.

4.6.2 Revisión de las carpetas y registro de pozos

Se recopiló la información disponible de los 28 pozos que perforaron el intervalo Cretácico en el campo (coordenadas de superficie, elevación de la mesa rotaria (EMR), profundidad total (TD), registros convencionales y especiales de pozos, informe y análisis de núcleos), con el fin de obtener todos los datos necesarios para la creación de una base de datos confiable.

4.6.3 Creación de una base de datos

En el Campo Pílon se han perforado hasta la fecha más de 200 pozos, de los cuales 28 lograron penetrar la secuencia Cretácica, de acuerdo a lo reportado en las carpetas de pozos y las correlaciones estratigráficas. La base de datos, se creó a partir de toda la información tomada en los 28 pozos que perforaron Cretácico o parte de él, así como la información adicional tomados de campos vecinos. La información recopilada consistió en los datos generales de los pozos, elevación de la mesa rotaria (EMR), coordenadas de superficie y fondo, profundidad del pozo., registros eléctricos, las curvas en archivos (.las), e imágenes en archivos *TIFF*, registro especiales, surveys, datos de producción; muestras de núcleos, muestras de pared, muestras de canal, informes de estudios anteriores; y a partir de esto se creó una base de datos sólida que garantiza el éxito de este trabajo.

4.6.4 Revisar la descripción macroscópica y microscópica de los núcleos PC-1 y PC-3, PC-6 y PM-1 perteneciente al Campo Pílon

La descripción se refiere específicamente a los cambios sedimentarios relevantes que presentan las muestras estudiadas. A tal fin se analizaron en forma detallada de base a tope, un total de treinta y tres 33' pies de núcleo correspondientes a los pozos PC-1, con diez y ocho (18) pies, desde 3585'5" hasta 3707'5", así como un

total de dos (02) pies de núcleo del pozo PC-3, en el intervalo 3981'a 3983', al igual que el pozo PC-6 tres (03) pies de núcleo a una profundidad de 3810-3813, también para el pozo PM-1 con diez (10) pies de núcleos descritos correspondientes al Período Cretácico de acuerdo a la interpretación de los registros Rayos Gamma y Potencial Espontáneo.

4.6.4.1 Análisis por Difracción de Rayos X (DRX)

Para el análisis de difracción de rayos-X se seleccionaron seis (06) muestras correspondientes al pozo PC-1, para el análisis de Difracción de Rayos X (DRX), tanto para la mineralogía de la roca total, como de la mineralogía de las arcillas (Fracción < 2 micras). las cuales fueron preparadas por el personal del Laboratorio Geológico "El Chaure". El análisis mineralógico de muestras por difracción de rayos X se realiza con la finalidad de obtener la identificación y representación cuantitativa aproximada de los minerales presentes en la muestra. El método (*Rietveld*) utilizado para el análisis por difracción de rayos-X, presenta un porcentaje de error de $\pm 5\%$, por lo tanto, los minerales detectados por debajo < 5% reflejan la posibilidad de la presencia del mineral en cantidades muy pequeñas (trazas) (Álvarez, Y. et al 2017) (Tabla 4.1)

Tabla 4.1 Secciones finas y DRX del pozo PC-1

Tipo de Muestra	Profundidad (pies)	SF	DRX
Núcleo	3632'5"	X	X
	3633'5"	X	X
	3649'5"	X	X
	3651'6"	X	X
	3707'9"	X	X
	3708'9"	X	X
SF: Sección Fina.			
DRX: Difracción de Rayos X.			

4.6.4.2 Técnicas Analíticas

❖ Método de Roca Total: El ensayo se llevó a cabo pulverizando la muestra entre 5 y 10 micras montada en forma no orientada en un portaobjeto de aluminio y corrida en un difractor marca Panalytical Modelo, X' PERT PRO perteneciente a PDVSA INTEVEP, el cual está equipado con un goniómetro y un monocromador, donde las muestras son corridas desde un ángulo θ de 2° a 70° , utilizando un cátodo de $\text{Cu-K}\alpha$ con una aceleración de voltaje de 40 V y 30 Amp., para la identificación y cuantificación de los minerales se utilizó el Software *X'Pert High Score Plus* aplicando el método (*Rietveld*) con lo cual se cuantificó la mineralogía presente en la roca (Tabla 4.1) (Álvarez, Y. et. al, Op Cit.).

❖ Mineralogía de la Fracción < 2 Micras: Para obtener esta fracción, donde se concentran los minerales de arcilla, las muestras se disgregaron suavemente en un mortero de ágata y luego tratada con acetato de sodio PH=5 para eliminar los carbonatos, peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) al 30% de volumen para eliminar la materia orgánica y diotinito de sodio y citrato de sodio PH: 7.3 para

eliminar los hidróxidos de hierro, carbonatos y materia orgánica. Luego la fracción < 2 micras es separada por centrifugación y concentrada utilizando membranas millipore de 1 micra por succión al vacío y montada en láminas de vidrio en forma orientada. Estas láminas fueron corridas en un difractómetro marca Philips, modelo PW1729, de 2° a 45° 2θ y utilizando Cu-K ∞ como radiación primaria, secadas en una lámpara y sometida por 24 horas en un desecador en atmósfera de etilen-glicol. (Álvarez, Y. et. al, Op Cit.).

4.6.4.3 Análisis Bioestratigráficos

Se tomaron cuatro (04) muestras de núcleo del pozo PC-1 para análisis bioestratigráficos. Estas muestras fueron preparadas en el Laboratorio Geológico de El Chaure, para sus respectivos análisis de palinología, foraminíferos y nanoplancton.

❖ **Palinología:** Las muestras fueron maceradas por procedimientos estándar que se inician con la disolución de materiales siliciclásticos y carbonáticos empleando ácido fluorhídrico al 48% y ácido clorhídrico al 37%, posteriormente se procedió al lavado con agua destilada y a la separación de la materia orgánica por densidad empleando Bromuro de Zinc al 2%, procediendo luego al tamizado con filtros estándar Número 120 y 170.

Finalmente, se procedió al montaje de la preparación en portaobjetos fijándolas con adhesivo óptico Norland 60 y secándolas bajo luz ultravioleta por un tiempo 90 minutos (Álvarez, Y. et. al, Op Cit.).

❖ **Identificación y zonaciones para palinología:** El análisis palinológico de las láminas se realizó con un microscopio Zeiss Axioplan. Cada muestra fue examinada para el número total de morfoespecies presentes. La abundancia relativa de

morfoespecies fue determinada por barrido regular de las láminas y conteo de los especímenes por cada lámina del nivel muestreado. Los residuos o recobros y las láminas estudiadas están depositados en la laminoteca paleopalínológica del Laboratorio Geológico de PDVSA División Oriente (El Chaure, vía Guanta, Anzoátegui, Venezuela). Los rangos cronoestratigráficos consultados para los especímenes identificados son los propuestos y/o publicados por Muller et al. (1987) y Antón Van Erve, (1985). Manual de esporomorfos del Cretácico en Venezuela. (Álvarez, Y. et. al, Op. Cit.) (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Muestras analizadas

MUESTRAS ANALIZADAS POR BIOESTRATIGRAFÍA	
Muestras del Pozo PC-1	
Muestras	Profundidad
1	3588'
2	3589'
3	3608'
4	3708'

❖ Nanofósiles calcáreos: Montaje de la muestra: En lo que se refiere a la elaboración y montaje de las muestras de canal y núcleo/ripio, se utilizó la metodología de preparación de muestras bioestratigráficas de PDVSA-INTEVEP, en la cual se toman aproximadamente dos (02) gramos de material previamente lavado, luego se disuelve en un mortero de porcelana con agua destilada. Posteriormente, se vierte en un vaso de precipitado; después de agitar la muestra en el vaso de precipitado se toma con una pipeta una pequeña cantidad de la solución y se esparce en un portaobjeto. Seguidamente, se coloca en la plancha para secar y se coloca el cubreobjeto agregando dos gotas de adhesivo óptico Norland en el centro de la lámina y luego se deja caer el cubre objeto, tratando de eliminar las burbujas de aire. Se coloca la lámina en una bandeja de aluminio y se somete a luz ultravioleta durante

quince (15) minutos para secar el pegamento. Finalmente, se limpia la lámina y se rotula, quedando lista para su posterior análisis.

❖ **Identificación:** Las muestras son analizadas a través del microscopio de luz transmitida con equipo analizador / polarizador, oculares de 10X o 12.5X (preferiblemente), y los objetivos de 100X (aceite de inmersión), 63X y 40X. Para el conteo de las especies presentes en cada lámina, se aplica el método estándar, que consiste de seis (06) recorridos de tres (03) centímetros cada uno, para un total de dieciocho (18) centímetros (Álvarez, Y. et al Op. Cit.).

❖ **Foraminíferos:** Para el procesamiento y disgregación de las muestras se utilizó el método estándar de lavado y tamizado de los residuos, mediante el cual se pesan aproximadamente 30 gramos de sedimento (muestra húmeda), se elimina el lodo de perforación y se procede a hervirla con detergente industrial (*Quaternary O*) para acelerar la disgregación de la roca y poder así extraer los microfósiles. Una vez hervida la muestra, se tamiza utilizando una malla de 73 micras, a fin de eliminar la mayor cantidad posible de arcilla. El residuo restante se seca a una temperatura aproximada de 100 grados centígrados y luego se almacena en bolsas plásticas transparentes, para ser posteriormente analizada por el especialista (Álvarez, Y. et. al, Op. Cit.).

4.6.5 Establecimiento de la definición, asociaciones y sucesiones de facies sedimentarias, que permitan apoyar la interpretación de los ambientes sedimentarios

4.6.5.1 Definición de facies sedimentarias

Las facies sedimentarias fueron establecidas mediante la visualización macroscópica de los núcleos PC-1, PC-3, PC-6 y PM-1 realizada en este estudio, así como la integración de los resultados de los análisis bioestratigráficos, secciones finas y DRX permitieron definir las características biogénicas y composicionales. Posteriormente, las facies fueron dispuestas verticalmente en asociaciones con el propósito de reproducir el paleoambiente donde fue depositada la secuencia Cretácica en el Campo Pílon. (Figura 4.2).

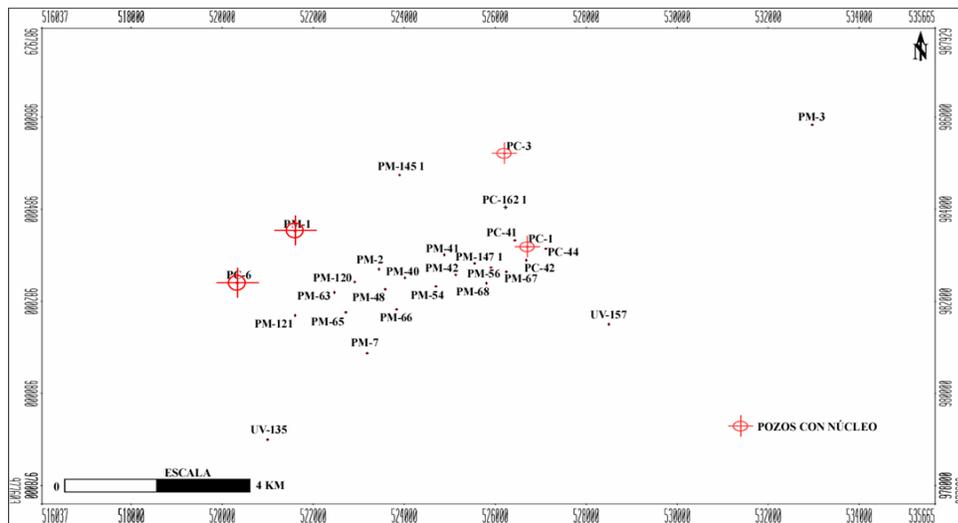


Figura 4.2 Mapa base del Campo Pílon y pozos con núcleos.

4.6.6 Determinación de las unidades sedimentarias a correlacionar y distribución espacial de las tendencias depositacionales

Una vez definidos los tipos de depósitos sedimentarios a partir de las asociaciones de facies, observadas en el núcleo (PC-1) y tomando en cuenta las diversas respuestas que presentan los registros del pozo con información de núcleo, se procedió a correlacionar los pozos sin núcleos, mediante el análisis de electrofacies.

4.6.6.1 Elaboración de mapa de electrofacies

El mapa de electrofacies consiste en plasmar en un mapa base las electroformas de cada pozo, con el fin de establecer la correspondencia con las facies interpretadas previamente en los núcleos y su relación con el comportamiento electrográfico. Una vez cotejada la información de las facies con su correspondencia de la electroforma, se asocia al resto de los pozos del área de estudio para configurar los cuerpos sedimentarios. El mapa de electrofacies se realizó en el módulo de "*MapView*", donde se selecciona "*Wells/ Log Signature Posting*", al desplegarse la ventana de "*Log Signature Posting*" se seleccionan los pozos a los cuales se desea plasmar las electrofacies, para el *template*, se elige la opción entre dos topes "*Between Two Picks*", se selecciona el tope y la base del intervalo estratigráfico de interés y se define la escala "*depth Scale*" de las electrofacies (Figura 4.3).

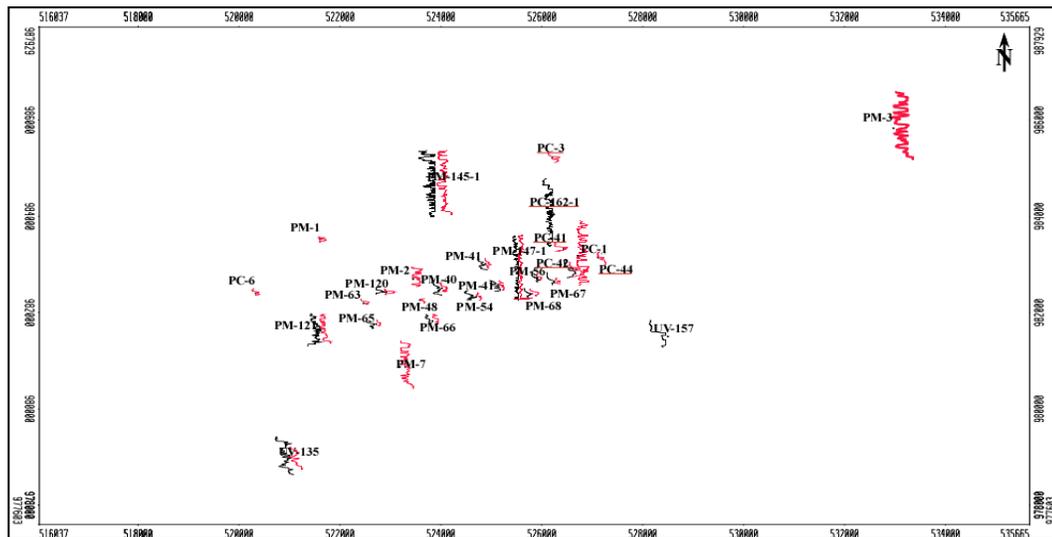


Figura 4.3 Ventana de *Log Signature Posting* de Mapview.

4.6.6.2 Análisis e interpretación de Electrofacies

La ocurrencia de los distintos tipos de sedimentos es controlada por el nivel de energía al momento de la depositación, y dependiendo de la forma de los depositos estos van a tener respuestas eléctricas características para cada uno de ellos, esto permite utilizar la representación de los depósitos obtenida a partir de los perfiles electricos para definir los ambientes de sedimentación. . Los criterios considerados para el análisis de las curvas de Gamma Ray y Potencial Espontáneo fueron los siguientes:

Secuencias tipo “Campana”, están asociadas a una corriente con energía decreciente tipo canal, tales como canales fluviales y canales de marea.

Secuencias tipo “Embudo”, muestran una energía aumentando hacia arriba tipo barra, tales como las playas, barras costeras y barras de desembocadura.

Secuencia “Cilíndrica”, donde se ubica las barras de plataforma y los abanicos marinos (Alfonsí, P., 1999).

Las curvas presentaron un comportamiento característico de un sistema deposicional o facies identificables y correlacionables. La intención de este tipo de mapas es entender los procesos sedimentarios que dieron origen las distintas facies presentes en un mismo nivel estratigráfico y su variación lateral a lo largo del área de estudio (Figura 4.4).

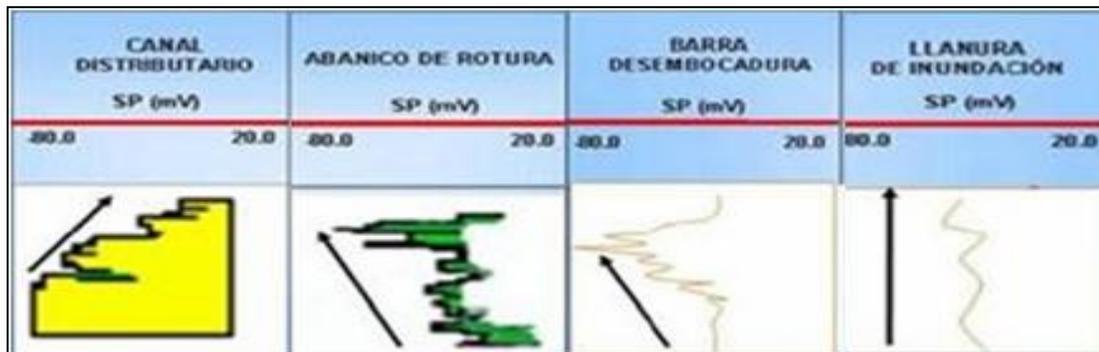


Figura 4.4 Respuestas de electrofacies en los registros (Cabrera, R. 2017).

4.6.6.3 Elaboración de mapa de Paleoambiente.

Los mapas paleoambientales permiten representar las tendencias de las facies sedimentarias y su extensión areal enmarcando un área geográfica con características específicas. Para elaborar dichos mapas en la secuencia Cretácica del Grupo Temblador en el campo Pilón, se utilizó la información de núcleo ya cotejada con los perfiles y el ambiente sedimentario interpretado. En este caso, se logró cartografiar tres (03) mapas de paleoambiente, correspondiente a las sub-unidades K7, K5 y K3. Estos mapas fueron generados a partir de las respuestas de las electrofacies y la

integración de las facies sedimentarias analizadas en los pozos con núcleo y perfiles eléctricos.

Los mapas inicialmente fueron trabajados en físico y posteriormente digitalizado con el programa *sigemap* (Sistema de Generación de Mapa). Una vez realizada la digitalización en *sigemap* fueron exportadas las curvas como archivos DGN y posteriormente importados a la aplicación Z-MAP Plus de la plataforma *Open Works*.

4.6.6.4 Procedimiento para establecer las litologías

Se utilizó el módulo "*Lithology*" de *STRWORKS* para generar las diferentes litologías definidas en la sección estratigráfica analizada. Se cargaron cuatro litofacies (04) asociadas a los posibles ambientes amarillo para arenas, verde para zonas lutíticas, naranja para zonas de barras y rojo para paleo suelos. Lo que nos permite visualizar los distintos ambientes de manera más sencilla al momento de observar la sección (Figura 4.5).



Figura 4.5 Procedimientos para abrir *lithology*.

4.6.6.5 Modelo sedimentológico conceptual de la secuencia Cretácica

Una vez realizado el estudio sedimentológico de los pozos PC-1, PC-3, PC-6 y PM-1 se elabora un modelo conceptual de la secuencia Cretácica. En este paso se extrapola la información obtenida en la descripción del núcleo a los pozos vecinos mediante la correlación de pozos. Para elaborar el mapa de ambiente de dicha secuencia se generaron secciones y se realizó la interpretación de electrofacies de 28 pozos que penetraron la arena, los cuales se encuentran distribuidos en el Campo Pílon.

El siguiente modelo se lleva a cabo con el propósito de establecer un modelo conceptual de sedimentación para la secuencia Cretácica en el cual se pueda representar la forma y orientación en la que se depositaron originalmente los cuerpos sedimentarios; y que permita visualizar el ambiente bajo el cual se depositó dicha secuencia; en su elaboración se contó con la información obtenida del estudio sedimentológico realizado al pozo PC-1 y las respuestas de los registros eléctricos SP y RM, volumen de arcilla VCL, permeabilidad K la secuencia fue descrita en núcleo en el pozo PC-1 donde se encuentra entre la profundidad de 3707'5" y 3583' de acuerdo a la información datada por bioestratigrafía (Figura 4.6).

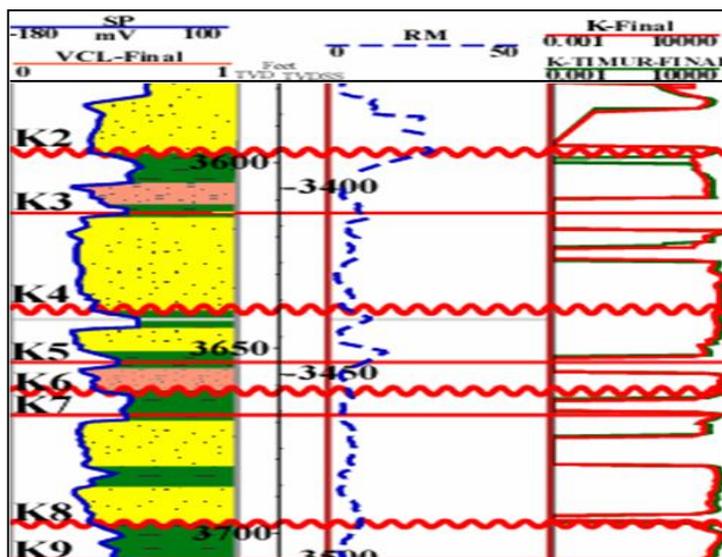


Figura 4.6 Descripción sedimentológica de la secuencia Cretácica del pozo PC-1.

4.6.7 Generación del modelo Estratigráfico

Para el desarrollo del modelo Estratigráfico del Campo Pilón, se tomó como referencia el estudio "Caracterización Sedimentológica - Estratigráfica del Intervalo Cretácico, en el Campo Morichal" (Da Silva C., 2018). En el mencionado estudio reportaron que la sección de edad Cretácico muestra unas características particulares de alta radioactividad en el perfil de Rayos Gamma (GR) y baja resistividades en los registros resistivos. Esto conllevó inicialmente, a discretizar el Grupo Temblador como una zona de alta arcillosidad, la cual no coteja con las facies arenosas observadas en los núcleos. Este comportamiento es similar a la secuencia Cretácica del Campo Pilón.

Los procedimientos establecidos para la construcción del modelo estratigráfico permitieron definir la geometría interna y externa, así como la extensión lateral y vertical de las unidades sedimentarias del Grupo Temblador de edad Cretácica, como parte de su caracterización.

La caracterización del modelo estratigráfico del área de estudio del Campo Pilón, consistió primeramente en el análisis de los perfiles de Rayos Gamma (GR), Resistividad (RD), Densidad (RHOB) / Neutrón (NPHI) y Volumen de arcilla (Vsh), Igualmente se integraron los resultados y análisis bioestratigráficos del pozo PC-1 obtenidos para estudios anteriores.

4.6.7.1 Elaboración de mapa índice de secciones

Se utilizaron un total de 28 pozos del área de estudio para la elaboración del mapa de índice de secciones, con la finalidad de identificar el tope y base de las subunidades que constituyen la secuencia Cretácica (Figura 4.7).

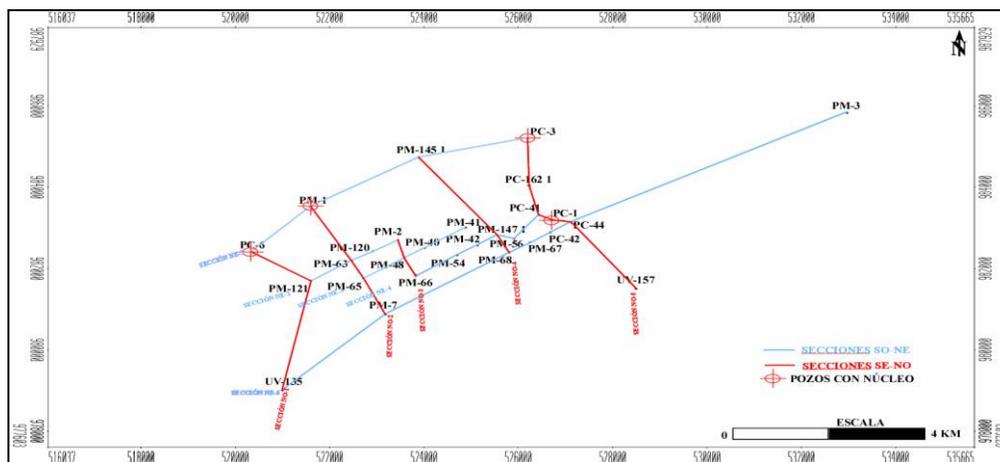


Figura 4.7 Mapa de índice secciones.

Para establecer los eventos estratigráficos en el Campo Pilón, se elaboraron un total de once (11) secciones estratigráficas que fueron creadas en el módulo de "Correlation" de la plataforma "OPENWORKS", de los cuales seis (6) en dirección Suroeste-Noreste y cinco (5) en dirección Sureste-Noroeste; perpendicular a la sedimentación. El criterio utilizado correspondió con la dirección de la sedimentación, según el comportamiento de las paleo-corrientes (Tabla 4.3).

Tabla 4.3 Conformación de las secciones estratigráficas

SECCIÓN	POZOS	DIRECCIÓN
REGIONAL	MPG-257 1 MPG-241 1 JOM-453 1 MOR-27 MOR-26 JOM-1 PM-121 PC-1 PM-3	SO-NE
N-E 1	UV-135 PM-7 PM-68 PM-67 PC-42 PC-44 PM-3	SO-NE
NE-2	PM-66 PM-54 PM-42 PM-147 1 PM-56 PM-41	SO-NE
N-E 3	PM-65 PM-48 PM-40 PM-41 PC-162 1	SO-NE
N-E 4	PM-121 PM-63 PM-120 PM-2	SO-NE
N-E 5	PC-6 PM-1 PM-145-1 PC-3	SO-NE
N-O 1	UV-135 PM-121 PC-6	SE-NO
N-O 2	PM-7 PM-65 PM-63 PM-1	SE-NO
N-O 3	PM-66 PM-48 PM-2	N-S
N-O4	PM-68 PM-147 1 PM-145 1	N-S
N-O 5	UV-157 1 PC44 PC-1 PC-41 PC-162 1 PC-3	SE-NO

4.6.7.2 Elaboración de secciones estratigráficas

Las secciones estratigráficas, son secciones de correlación que se usan para identificar unidades semejantes que permiten establecer la continuidad de las mismas, así como las relaciones verticales entre las unidades que conforman la columna estratigráfica. El objetivo de hacer estas secciones es determinar las relaciones laterales y verticales entre las unidades geológicas atravesadas por diferentes pozos.

Es importante destacar, que la disciplina de palinología determinó el tope de edad Cretácico Tardío en la muestra de núcleo del pozo PC-1, luego se extrapoló dicha información al resto de los pozos aplicando la técnica de estratigrafía

secuencial. Por medio de la elaboración de las secciones estratigráficas se muestran las variaciones de espesores de arena, la geometría de los cuerpos, continuidad lateral y la tendencia de sedimentación.

Para establecer las secciones estratigráficas, de la secuencia Cretácica en el Campo Pilón se estableció como marcador estratigráfico la superficie de máxima inundación (MFS 16.0) perteneciente a la Formación Oficina por poseer gran extensión a nivel regional y poca heterogeneidad litológica, este plano de referencia se trata de un horizonte depositado casi al mismo tiempo en toda su superficie, esto con el fin de observar la disposición de los sedimentos al momento de su deposición

La validación de la correlación fue establecida por el geólogo responsable del proyecto, de 28 pozos perforados que penetraron Cretácico, tomando como base los pozos PC-1 PC-3, PC-6 y PM-1 por disponer de información de núcleos

La cantidad de pozos perforados que penetraron las arenas de edad Cretácica en el área del campo facilitó el reconocimiento de la secuencia geológica y los cambios de facies y así definir la extensión lateral y geometría de las arenas basales permitiendo observar las zonas donde los pozos tenían mejores espesores de arena.

Para realizar la correlación estratigráfica se utilizó la herramienta de *Open Works*, donde es necesario seleccionar el nombre del proyecto, sistema de medida, intérprete y lista de pozos en la ventana de *Project Status* (Figura 4.8).

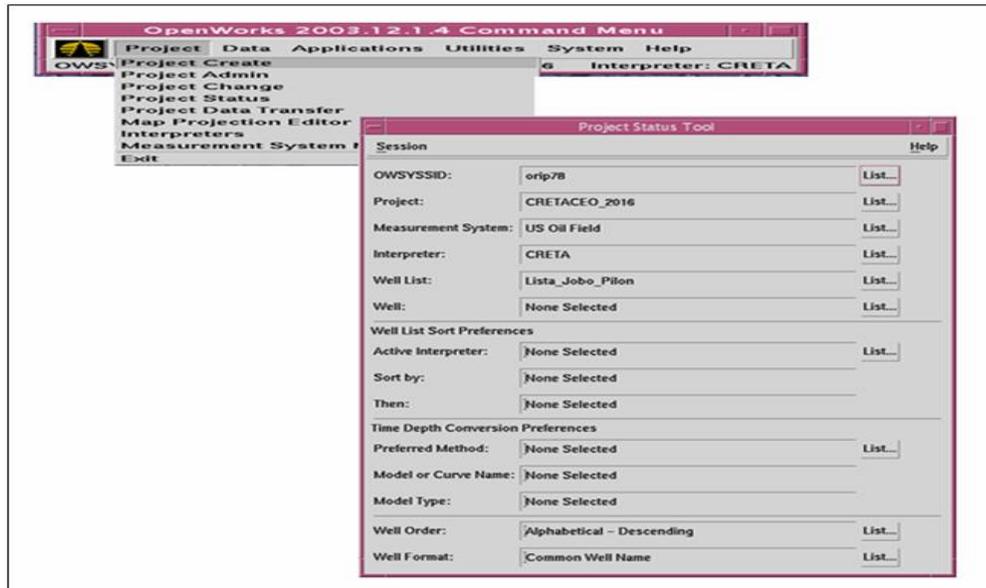


Figura 4.8 Ventana *Project Status*.

En el menú de *Open Works* se selecciona la opción *Applications* y posteriormente la opción *Stratworks*, una vez abierto el menú de *Stratworks* se selecciona la opción *Correlation* (Figura 4.9)

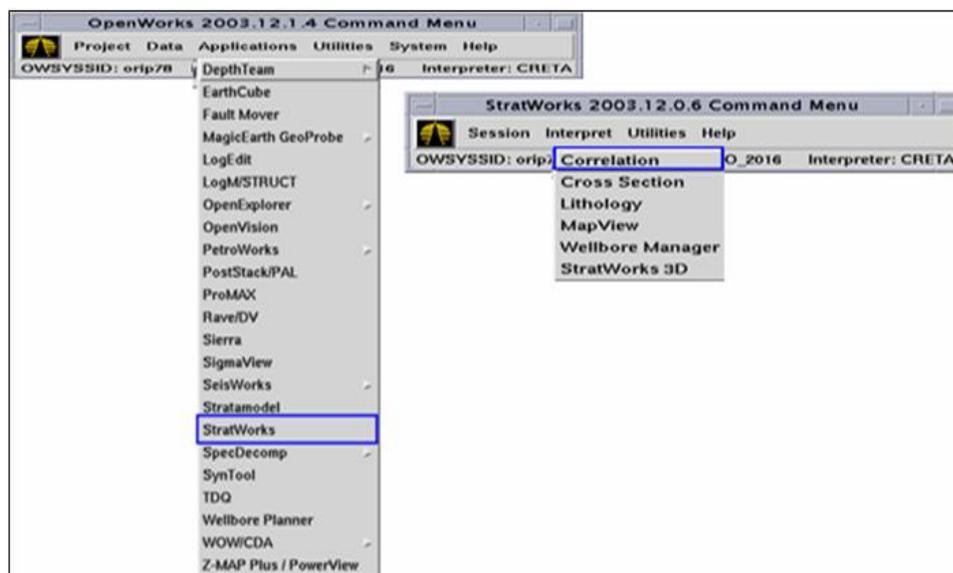


Figura 4.9 Menú *Stratworks*

En la ventana de *Correlation*, se selecciona *File/ Setup*, en *CorrelationSetup* se seleccionan los pozos, (*Wells, templates*), se activan los intervalos estratigráficos a correlacionar (*Active Surface List*), cabezal (*header*), tipo de profundidad (*depth type*), unidad de profundidad (*depth units*) (Figura 4.10).

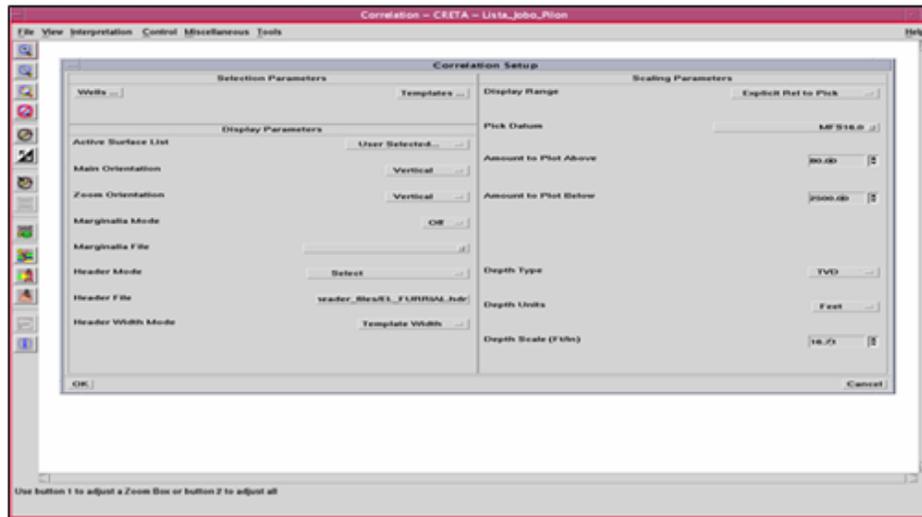


Figura 4.10 Ventana de *Correlation*.

Ya configurado el programa se inicia con la correlación estratigráfica comparando tope y base de los intervalos estratigráficos (Figura 4.11)

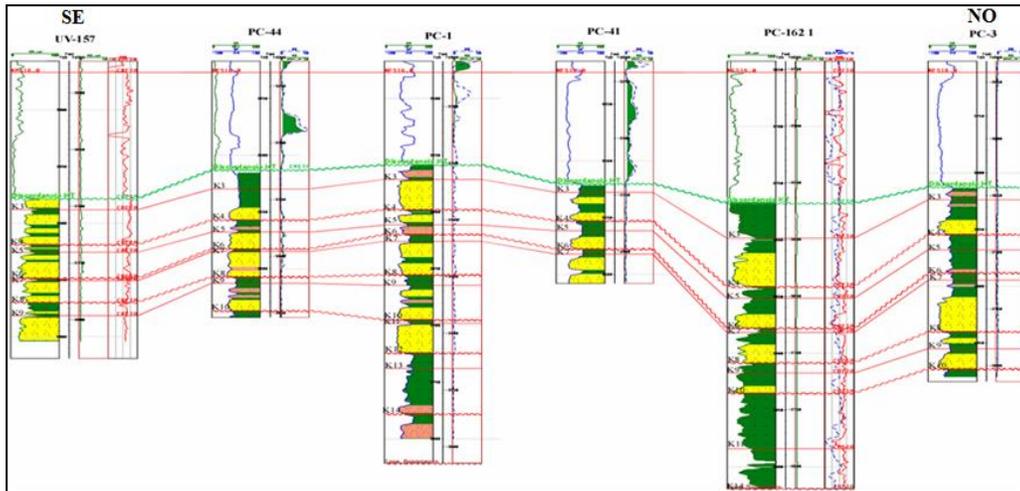


Figura 4.11 Correlación estratigráfica en *Open Works*.

4.6.7.3 Definición del tope de la secuencia Cretácica, Grupo Temblador

El primer criterio para definir el tope del área de estudio fue el análisis bioestratigráfico aplicando sus tres disciplinas (palinología, nanofósiles calcáreos y foraminíferos) y en segundo lugar se tomó como referencia el cambio anómalo de los registros potencial espontáneo SP y rayos gamma GR en las arenas basales de la Formación Oficina, según el estudio "Caracterización Sedimentológica - Estratigráfica Del Intervalo Cretácico, En El Campo Morichal" (Da silva, C. 2018) permitiéndonos de esta manera separar la secuencia de areniscas de edad Mioceno de la secuencia de arenisca con alta radiactividad de edad Cretácico.

El intervalo de estudio fue subdividido en seis (06) parasecuencias, constituidos por siete (07) superficies de inundación (FS) y seis (06) límites de secuencias (SB), por medio de la técnica de estratigrafía secuencial. Se tomó como referencia, la correlación por sistemas encadenados (LST, TST, HST), la cual se define como unidades genéticamente asociadas que fueron depositadas en fases específicas del ciclo relativo del nivel del mar (Mitchum, R. et. al, 1977).

4.6.7.4 Ubicación del basamento en el área de estudio

Se revisó la información oficial de PDVSA, reportada en "Sindex", donde se almacena en forma digital el dato de perforación, tipos de perfiles corridos durante la perforación, fluorescencia, litología, producción, etc. Específicamente en el módulo de "carpeta de pozo" se reportan las diferentes litologías y topes formacionales en función de las muestras de ripios. En ese sentido, nueve (09) pozos perforaron el tope del basamento ígneo-metamórfico, los cuales fueron validados por el perfil de rayos gamma (GR)

El basamento en este estudio fue de gran importancia para caracterizar los sedimentos de edad Cretácico, debido a dos factores que dificultaban la correlación de las sub-unidades dentro del intervalo de estudio. Estos factores son: la discordancia Cretácico - Terciario (K/T), que ocasionó erosión en el tope del Grupo Temblador y la irregularidad del basamento, que controló la depositación de los sedimentos. Estos dos (2) factores permitieron que algunos pozos tengan mayor espesor de depositación que otros que se encuentran a corta distancia, dependiendo en que posición del basamento se encuentre (alta o baja) y dependiendo de la tasa de erosión.

4.6.7.5 Identificación de los Límites de Secuencias

Para la subdivisión del intervalo de estudio se estableció como marcador de referencia el tope estratigráfico MFS 16.0, que se encuentra suprayacente al Grupo Temblador. Posteriormente se estableció una correlación regional que sirvió de apoyo para observar las heterogeneidades estratigráficas regionales desde el Campo Morichal hasta el Campo Pilón. El intervalo de estudio fue subdividido en seis (06) parasecuencias, conformadas por siete (07) superficies de inundación (FS) y seis (06)

límite de secuencias (SB), separadas por 12 sub-unidades informales desde K1 hasta K12 para su mayor compresión.

Los topes estratigráficos de cada sistema encadenado fueron cartografiados para mayor entendimiento de la arquitectura de la secuencia Cretácica pudiéndose de esta manera identificar tanto las zonas de acuñaamiento al sur – sureste por el alto de Basamento que fue el controlador de la sedimentación en el área, así como las zonas que estuvieron expuestas a efectos erosivos.

4.6.7.6 Correlación a través de los Sistemas Encadenados

La correlación establecida en este estudio está basada en estratigrafía secuencial. Que consiste en la subdivisión de secuencias sedimentarias en sistemas encadenados relacionados y limitados por discordancias o por superficies correlativas (Mitchum, R. et al., 1977).

De acuerdo a la correlación por sistemas encadenados, las unidades son genéticamente asociadas y fueron depositadas en fases específicas del ciclo relativo del nivel del mar. En el área de estudio se visualizó dos sistemas tipos de sistemas encadenados, como lo son:

4.6.7.7 Sistema encadenado Transgresivo (Transgressive System Track TST)

Lo constituyen depósitos que se acumularon desde el inicio de la transgresión de la línea de costa hasta el momento de máxima transgresión, previo a la nueva regresión del Sistema Encadenado de Alto Nivel (HST). Este Sistema yace directamente sobre la superficie transgresiva (TS) formada durante el acuñaamiento de los sedimentos por encima del Sistema de bajo nivel infrayacente y se encuentra por debajo de la superficie de máxima inundación (MFS), (Mitchum, R. et al., 1977).

4.6.7.8 Sistemas Encadenados de Alto Nivel (*Highstand System Track HST*)

Está constituido por depósitos progradantes formados cuando la tasa de aporte sedimentario excede la tasa de formación de espacio de acomodo. Conforman el sistema encadenado superior de una secuencia estratigráfica, localizado directamente sobre la superficie de máxima inundación (MFS) y por debajo del límite de secuencia (*Sequence Boundary*), (Mitchum, R. et. al, 1977).

En el Campo Pilón en el área de estudio, la secuencia de sedimentación no está asociado a sistemas de bajo nivel (*Lowstand System Track LST*), debido a que durante la depositación de los sedimentos de edad Cretácica y los sedimentos de la Formación Oficina basal en el Campo Pilón, no ocurrió bajada eustático del nivel del mar asociado a regresión forzada y en consecuencia a LST

4.6.8 Análisis de la génesis de la secuencia estudiada y su paleorelieve

Con la finalidad de reconstruir los procesos depositacionales de la secuencia Cretácica en el campo Pilón, se integrará la información de distintas disciplinas como: sedimentología y estratigrafía secuencial, así como la geología regional, entendiendo que a lo largo del Cretácico ocurrió la máxima transgresión marcada por la depositación de arenas y carbonatos plataformales que se formaron diacrónicamente de Norte a Sur en toda la Cuenca Oriental de Venezuela: la Fm. Barranquín (Barriniense), Fm. El Cantil (Albiense), Fm. Querecual y la Fm. San Antonio (Cenomaniense-Campaniense) y hacia el Sur el Grupo Temblador (Capaniense-Mastrichense) (Tearpock et.,al. 1998).

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Base de datos

El Grupo Temblador en el Campo Pílon actualmente dispone de 28 pozos verticales que penetraron la secuencia Cretácica o parte de ella, la información correspondiente a dichos fue útil para la validación de la columna estratigráfica de dicha secuencia en el Campo Pílon.

El apéndice A (Tabla A.1), muestra la base de datos de los pozos que perforaron el grupo temblador en el área de estudio con toda la información general como: el nombre del pozo, curvas finder, archivos. TIFF, registros especiales, desvíos, informes técnicos, elevación de la mesa rotaria (EMR), coordenadas de superficies, profundidad total, basamento, profundidad estimada de la secuencia cretácica Toda esta información facilitará un mejor manejo y organización del estudio de las arenas basales, con el fin de ubicarlos rápidamente en la base datos ya que podrán ser utilizados en futuros estudios.

5.2 Descripción macroscópica y microscópica de los núcleos PC-1, PC-3, PC-6 y PM-1 perteneciente al Campo Pílon

5.2.1 Descripción macroscópica

Se presenta la descripción de las muestras de núcleos de los pozos PC-1 y PC-3, PC-6 y PM-1 iniciando en la base y culminando en el tope. En la información se describe el tipo de roca, tamaño de los granos, minerales accesorios y fluorescencia.

En el pozo PC-1, se revisó la información correspondiente a 18' pies de núcleos, los cuales se encuentran en un rango de profundidad que va desde 3707'5 hasta 3583'. En el pozo PC-3 debido a las condiciones de preservación de la muestra sólo fue posible describir dos 2' pies de núcleo, de un total de 6' pies recuperados. Una de las características predominante de las muestras analizadas tanto del pozo PC-1 y PC-3 es la presencia de arenas y en segundo lugar mineras de arcilla caolinita, de origen continental y con un grado diagenético bajo. Esta arcilla es producto de la descomposición de los feldespátos potásicos presente en la roca ígnea. (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Descripción macroscópica de los Pozos PC-1, PC-3, PC-6 y PM-1

POZO	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
PC-1	3707'5"	Limolitas, con niveles arcillosos de color rojizo
	3962'10"	Arenisca de grano fino a grueso, cuarzosas matriz arcillosa de color blanco
	3653'6"	Arenisca de grano fino a medio, cuarzosa, matriz arcillosa.
	3650'6"	Arenisca de grano fino, cuarzosa, matriz arcillosa.
	3634'	Presencia de granos de cuarzo tamaño medio a grueso. Alto contenido de arcilla blanca. No tiene impregnación de petróleo, presenta baja porosidad.
	3631'	
	3628'	Granos de cuarzo tamaño medio a grueso. alto contenido de arcilla blanca. No tiene impregnación de petróleo, presenta
	3621'	baja porosidad
	3608'	Granos de arena tamaño medio a grueso. alto contenido de arcilla blanca. No tiene impregnación de petróleo, presenta una
	3583'	porosidad baja
PC-3	3981' 3983'	Granos de arena tamaño fino a medio con presencia de arcilla blanca (caolinita)
PC-6	3810'	Arenisca blanca grisácea, pulverulenta de grano medio a conglomerático esferulitas y microesferulitas de siderita levemente moteada, láminas delgadas de
	3813'	lutitas negras
PM-1	3880'	Lutita gris marrón, principalmente físil laminares e intercalaciones de intervalos
	3890'	arenosos rojizos planares

5.2.2 Descripción microscópica del pozo PC-1

5.2.2.1 Muestra 1

❖ Composición mineralógica: Constituidas por 73% de cuarzo (63% monocristalino y 10% de policristalino). En menor proporción feldespato (2%) y plagioclasa (trz). En ocasiones presenta trazas de mica muscovita. El contenido de matriz es principalmente arcilloso (25%), este contenido importante de arcilla en la matriz posiblemente afectaría las lecturas del perfil de rayos gamma (Figura 5.1).

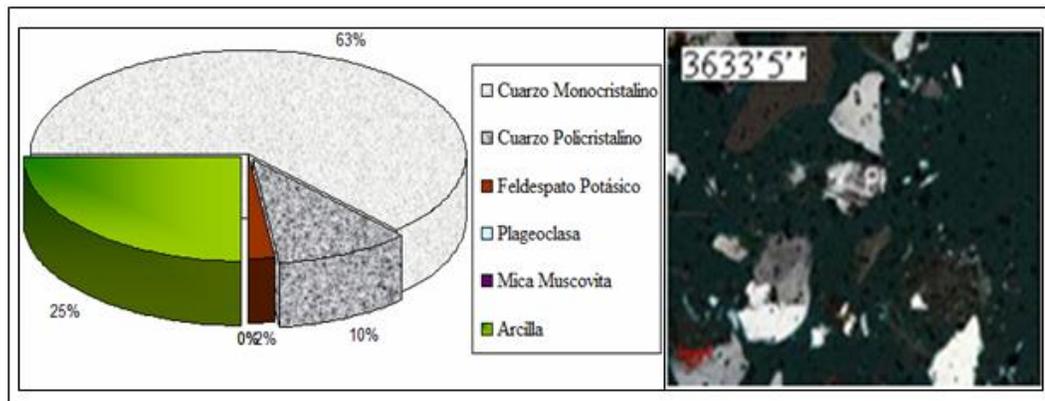


Figura 5.1 Obj 5X, Nícoles cruzados (NX): se observa Plagioclasa (Pl). Nótese la mala preservación de la matriz en la roca.

❖ Textura: Textura de grano de arena medio a grueso, en parte de grano fino, escogimiento moderado y redondez que varía de subangular a subredondeado.

❖ Contactos, cementos y porosidad: En lo que respecta a los contactos entre granos y porosidad, no se evaluaron estos aspectos, por tratarse de areniscas no consolidadas.

❖ Nombre de la Roca: Grauvaca lítica según (Pettijohn et. al, 1972).

5.2.2.2 Muestra 2

❖ Composición mineralógica: Constituidas por 83% de cuarzo (82% monocristalino y 1% de policristalino). Trazas de plagioclasas y óxidos de hierro. La matriz es principalmente arcillosa y se encuentra en un 15%. (Álvarez, Y et. al, 2017) (Figura 5.2).

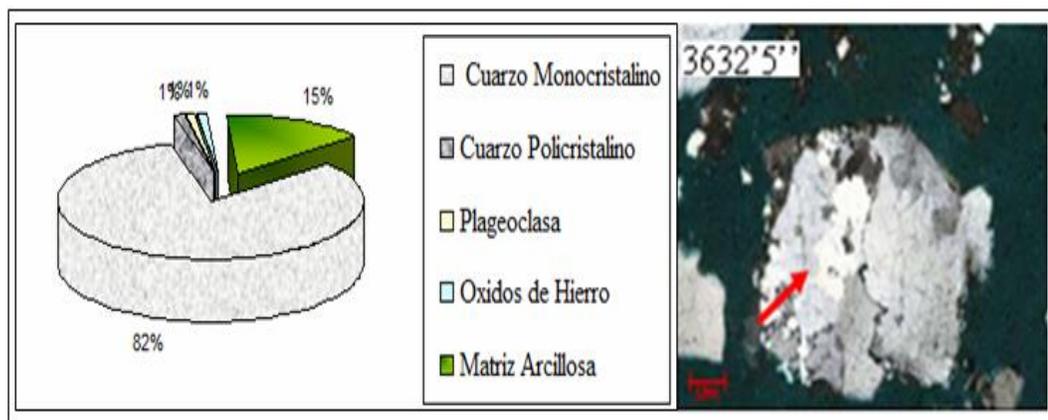


Figura 5.2 Obj 5X, Nícoles cruzados (NX), Aspecto general, Grauvaca cuarzosa.

❖ Textura: Tamaño de grano de arena medio a fino, en parte de grano muy fino, escogimiento moderado y redondez que varía de subangular a subredondeado. Se observa contactos flotantes, en menor proporción cóncavo/convexo.

❖ Cemento y porosidad: En lo que respecta a la porosidad y el cemento, no se evaluaron estos aspectos, por tratarse de areniscas no consolidadas.

❖ Nombre de la Roca: Grauvaca cuarzosa según Pettijohn et. al, (1972).

Tomando en cuenta la composición de algunos fragmentos en la sección fina, que preservaron la textura de la roca original y preservaron restos de matriz en su superficie, se realizó la clasificación de estas muestras. Sin embargo, no se determinó con exactitud el porcentaje de matriz, elemento clave para comprobar el tipo de

arenisca: arenisca “pura” (arenitas) o arenisca “impura” (waca). (Álvarez, Y. et. al, 2017).

5.2.3 Difracción de Rayos X (DRX)

Los análisis de difracción de rayos X (DRX) dieron rocas conformadas mayoritariamente por minerales de arcilla, cuarzo y feldespato. Los carbonatos (calcita y dolomita), siderita y piritita se presentan con valores bajos, sin embargo, el intervalo 3707'9'' presenta piritita con un promedio de 10%

Los análisis para los minerales de arcilla en fracción < 2 micras, indican que el mineral de caolinita está presente en proporción relativamente alta en la formación.

Los resultados de la representación cuantitativa promedio para las muestras de núcleos se muestran en la figura 5.3 Se estima un porcentaje de error del 5%, por lo tanto, los valores por debajo de esta cantidad (5%) reflejan la posibilidad de la presencia del mineral en cantidades muy pequeñas (trazas).

A través del análisis de DRX se identificaron los siguientes minerales: Cuarzo, Feldespatos, Calcita, Dolomita, Siderita, Piritita y Minerales de arcilla, Caolinita, Illita y Esmectita. Los análisis de difracción de rayos X en las Formación Canoa muestran que las rocas están conformadas mayoritariamente por minerales de arcilla, cuarzo y feldespato. Los carbonatos (calcita y dolomita), siderita y piritita se presentan con valores bajos, sin embargo, el intervalo 3707'9'' presenta piritita con un promedio de 10%. Los análisis para los minerales de arcilla en fracción < 2 micras, indican que el mineral de caolinita está presente en proporciones relativamente altas en la Formación. Canoa (Figura 5.3)

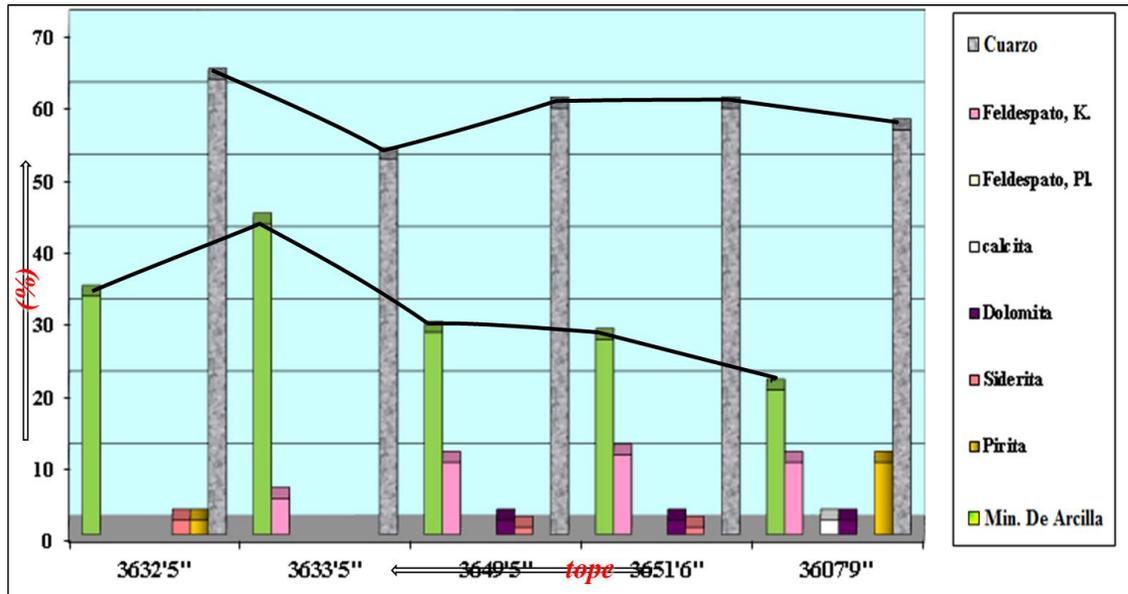


Figura 5.3 Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X.

A través de los análisis de DRX (roca total y mineral de arcillas) se evidencia el contenido de feldespato potásico y plagioclasa, por lo que es posible que la aparición de minerales caolinita sea producto de la alteración de los mismos.

5.2.3 Resultados del análisis Bioestratigráfico

5.2.3.1 Análisis Palinológicos del pozo PC-1

En la muestra 3588' no hubo presencia de palinomórfos de origen vegetal, observando solo paleobiota fúngica y dos especímenes de dinoflagelados en malas condiciones de preservación que dificultaron su identificación, incluso a nivel genérico, es meritorio señalar que de esta profundidad se analizaron dos láminas tratando de optimizar los resultados, sin embargo, no fue posible determinar la edad en el mencionado intervalo (MINPRO, C. A. 2005).

En la muestra de 3589' se observó especies de palinomórfos en malas condiciones de preservación, atribuibles en principio al complejo de *Ephidripites spp.*, según comparación visual con el catálogo de esporomorfos de Van Erver (1985); así, mismo en iguales condiciones de preservación, en la muestra 3608' se encontró una espora atribuible al Grupo de Edad Cretácica de *Deltoidospora spp.* (MINPRO, C. A. Op. Cit.) (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 Resultados palinológicos del pozo PC-1.

RESULTADOS PALINOLÓGICOS EN MUESTRAS DE NÚCLEO POZO PC-1									
TAXA	CYCADOPITES SP. DELTAIDOSPORA SP. EPHEDRIPITES SP. PSILATRICOPORITES SP. PSILATRICOLPORITES SPP.					DINOFLAGELADOS INDETERMINABLES	OTRAS ESPORAS E HIFAS FUNGICAS	ELSIKISPORONITES TUBULATUS	EDAD
INTERV.									
3588'						2	6		INDETERMINABLE
3589'	1	1	2	1	3				CRETÁCICO
3608'		1							
3708'									INDETERMINABLE

5.2.3.2 Nanofósiles calcáreos del pozo PC-1

El análisis por Nanoplancton calcáreos realizado a tres (03) muestras de núcleo entre el intervalo 3588' a 3708'' se muestran a continuación: Las muestras se caracterizaron por la ausencia de Nanofósiles Calcáreos, por lo tanto, resultaron de edad indeterminada.

5.2.3.3 Foraminíferos del pozo PC-1

Los resultados obtenidos del análisis por foraminíferos realizado a tres (03) muestras de núcleo entre el intervalo 3588' a 3708' Las muestras resultaron estériles en microfauna.

5.2.3.4 Análisis Palinológicos del pozo PC-3

La muestra del PC-3 resultó estéril en palinomórfos y por ende no se puede colegir edad ni ambientes a pesar de analizar dos láminas en este intervalo.

5.3 Establecimiento de la definición, asociaciones y sucesiones de facies sedimentarias

Para la secuencia Cretácica depositada en el Campo Pílon se identificaron las facies reservorios y las facies no reservorios a partir del núcleo del pozo PC-1, PC-3, PC-6 y PM-1 además esta información fue correlacionada por el núcleo del pozo MPG-257 del Campo Morichal.

5.3.1 Definición de facies

La definición de facies se realizó considerando el catalogo de facies establecido por Da Silva, C. et. al, 2018., A continuación, se describen las siguientes facies observadas en los pozos PC-1, PC-3, PC-6 y PM-1:

5.3.1.1 Pozo PC-1

❖ Facies Sfmb, intervalo 3585'5"- 3606' / 3628'-3633'/ 3650'-3653': Arenisca de grano fino a medio, cuarzosa embebida con arcilla blanca (caolinita).

❖ Facies Sfgb, intervalo profundidad 3692'10": Arenisca de grano fino a grueso, cuarzosa, embebida con arcilla blanca (caolinita).

❖ Facies STo, profundidad 3707'5": Limolita, niveles arcillosos de color rojizo.

5.3.1.2 Pozo PC-3

❖ Facies Sfmo, intervalo 3901'-3903': Arenisca blanca grisácea, pulverulenta, de grano fino a medio, levemente moteadas con óxido de hierro, delgados niveles al tope de arcillas gris blanquecinas con granos de cuarzo.

5.3.1.3 Pozo PC-6

❖ Facies Smc, intervalo 3810'-3813': Arenisca blanca grisácea, pulverulenta, de grano medio a conglomerática, esferulitas y microesferulitas de siderita, levemente moteada, laminas delgadas de lutita negra muy carbonosa.

5.3.1.4 Pozo PM-1

❖ Facies LS, intervalo 3880'-3890': Lutita gris marrón, principalmente fisil laminares e intercalaciones de intervalo arenosos rojizos planares.

5.3.2 Asociación y sucesión de Facies Sedimentarias

Estas asociaciones de facies se reconocieron a partir de expresión vertical visualizada en los núcleos del área de estudio, a la que se denomina “secuencia de facies” la cual consiste en un módulo formado por la superposición vertical de dos o más facies genéticamente relacionadas que se repite periódicamente.

Las asociaciones y sucesiones de facies sedimentarias permitieron agrupar las facies de acuerdo a su distribución espacial, a los patrones de apilamiento característicos y a los contactos entre las mismas.

La importancia del análisis de las asociaciones de facies y secuencia de facies es que permite la reconstrucción de la historia de sedimentación de los materiales (Padrón *et al.*, 2003), de gran valor en una interpretación genética.

En el intervalo de estudio los depósitos de asociaciones de facies corresponden a canales arenosos-arcillosos apilados, reconocida por la expresión vertical de los sedimentos del pozo con núcleo PC-1 desde el intervalo 3707'5" hasta 3585'5", donde de tope a base la secuencia de los sedimentos está conformada por facies arenosas-arcillosas que varían desde lutitas blanquecinas (caolinita), moteadas con óxidos de hierro y presencia de sideritas localizadas.

5.3.3 Interpretación paleoambiental

En función de la Facies descritas en los pozos PC-1, PC-3 PC-6 y PM-1, la secuencia Cretácica reposa discordantemente sobre un basamento Ígneo-metamórfico, iniciando la secuencia con un paleosuelo de capas rojas de origen continental, seguidamente de secuencias arenosas-arcillosas asociadas a los canales distributarios con distintos contenidos de lutitas de la llanura de Inundación

(MINPRO C.A 2005). De acuerdo a los tipos litológicos y las facies sedimentarias, fue posible identificar tres (3) asociaciones de facies principales: 1) Abanicos de rotura, 2) Canal Distributivo y 3) Llanura de inundación.

5.3.3.1 Abanicos de Rotura

La asociación de facies sedimentarias en los abanicos de rotura inicia en la base con granos finos, con intervalos heterolíticos a grano gruesos hacia el tope. Los contactos entre las facies sedimentarias son generalmente transicionales. En el pozo con núcleo PC-1 se inicia en la base con facies Sfmb, Prof. 4166' - 4166'5" tomado como referencia del pozo MPG 252 (Campo Morichal), ubicado a 80 Km. hacia el Oeste del área de estudio, la cual corresponde a areniscas de grano fino a medio, cuarzosa embebida con arcilla blanca (caolinita), y de acuerdo a las características electrográfica se presume que la secuencia culmina hacia el tope con facies de arenisca de grano medio a grueso (Figura 5.4).

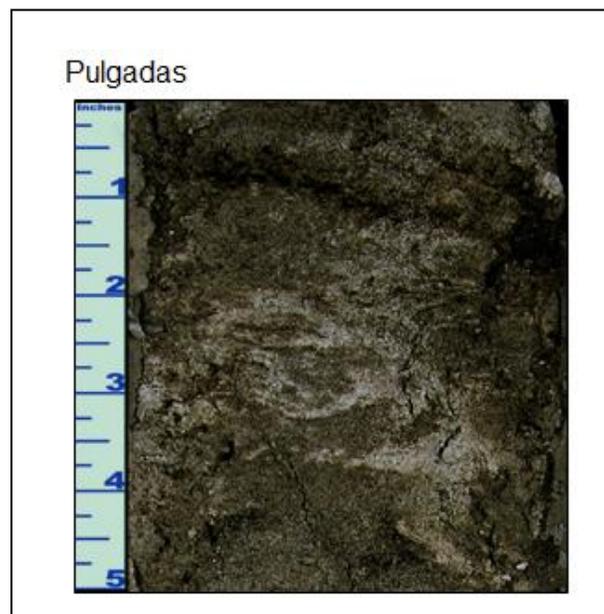


Figura 5.4. Fotografía facies Sfmb

5.3.3.2 Canal Distributivo

La asociación de facies sedimentarias en los depósitos de Canal Distributivo es típicamente agradacional. En el pozo con núcleo PC-1 se inicia en la base con facies Sfgb, que corresponde a arenisca de grano fino a medio, cuarzosa embebida con arcilla blanca (caolinita), que pasan transicionalmente hacia el tope a facies Sfmb, arenisca de grano fino a medio, cuarzosa embebida con arcilla blanca prof: 4188' - 4188'5", tomado como referencia del pozo MPG 244E (Campo Morichal), ubicado a 90 Km. hacia el Oeste del área de estudio. (Figura 5.5).

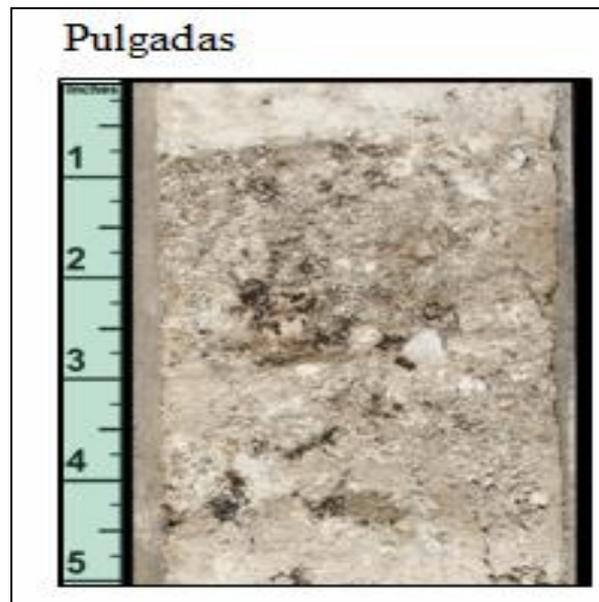


Figura 5.5 Fotografía facies Sgf.

5.3.3.3 Llanura De Inundación

En el pozo PM-1 la asociación de facies sedimentarias en los depósitos de la Llanura de inundación se caracteriza por secuencias de grano finos a muy fino. La primera secuencia de sedimentos finos de tope a base está conformada por facies (Lo y L),

Prof. 4079' - 4079'5", tomado como referencia del pozo MPG 244E, ubicado a 90 Km. hacia el Oeste del área de estudio tomado de (MINPRO, CA. 2005) (Figura 5.6).

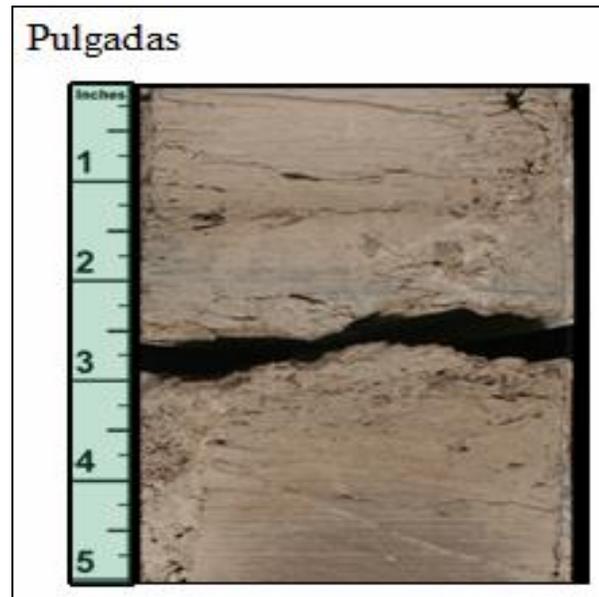


Figura 5.6 Fotografía de facies Lo.

5.4 Determinación de las unidades sedimentarias a correlacionar y distribución espacial de las tendencias depositacionales

El Grupo Temblador en el Campo Pílon data del Cretácico Tardío (Campaniense-Mastrichtense), su espesor varía de 130' a 220' pies, de Suroeste a Noreste, en el sentido preferencial en el que se desarrollaron las arenas.

Integrando las asociaciones de facies descritas en los núcleos con el comportamiento de los perfiles electro-gráficos, donde mostraron una tendencia cilíndrica y grano decreciente, aunado con los resultados de Difracción de Rayos X, se propone un ambiente de sedimentación deltáico con influencia fluvial. Este modelo, sugiere una secuencia de carácter regresivo

El ambiente propuesto en este estudio se caracteriza por la presencia de depósitos de llanura de Inundación, canales distributarios y abanicos de rotura. Los sistemas de depósitos de rotura pueden interpretarse a partir de la secuencia grano creciente hacia el tope.

La integración núcleo-perfil permitieron la construcción del mapa de tendencias de facies, donde los canales distributarios presentan direcciones principales de sedimentación SO-NE y los mejores espesores se aprecian hacia el pozo PC-162 con 132 pies, y estos van disminuyendo lateralmente hasta gradar a depósitos de la llanura de Inundación, (Anexo 1).

El mapa de arena neta se construyó con el intervalo perforado por cada pozo, discriminando los cuerpos lutíticos de la secuencia Cretácica. Los espesores de arena neta varían entre 11 y 140 pies, donde los canales distributarios principales presentan espesores superiores a 80 pies, y hacia el depocentro estos pueden superar los 100 pies. Los canales distributarios secundarios se encuentran en un rango de 10-70 pies de espesor (Anexo 2).

Adicionalmente se realizaron tres mapas de paleoambiente, correspondiente a las sub-unidades de la Secuencia Cretácico: K3, K5 y K7, que a continuación se describen:

La sub-unidad K7 esta representada por canales principales de orientación SO-NE con espesores que varían entre 15'-25' pies, asociados a cuerpos individuales. Los canales principales tienen una anchura aproximada de 700 m. También existe depósitos de abanicos de roturas hacia el Sur y Centro del campo, (Anexo 3).

En relación a la sub-unidad K5, la dirección preferencial de los canales principales se mantienen SO-NE al igual que los canales secundarios. Los mejores espesores alcanzan 20' pies, ubicados hacia la zona Noreste del campo, específicamente hacia el pozo PC-44. El rango promedio de ancho de los canales principales varía desde 700-900 metros. Tanto al Oeste como al Este los cuerpos arenosos gradan a sedimentos finos de la llanura de inundación (Anexo 4).

La sub-unidad K3 se encuentra erosionada en dirección Noroeste, posiblemente por la exposición sub-aérea del los sedimentos. Al igual que las sub-unidades K7 y K5, los canales principales tienen una tendencia SO-NE al igual que los canales secundario. Los máximos espesores pueden apreciarse en la zona Norte del campo hacia el pozo PC-162 1, alcanzando los 29' pies de espesor. El ancho aproximado de los canales varía de N-S debido a la bifurcación, (Anexo 5).

5.5 Modelo Estratigráfico

5.5.1 Comportamiento anómalo de la curva de GR

El registro de GR es un indicador de elementos radiactivos (Torio, Uranio y Potasio), que suelen encontrarse en rocas arcillosas.

Las areniscas de la secuencia Cretácica en el Campo Pílon poseen alto contenido de elementos radiactivos, afectando las lecturas del perfil de rayos gamma, asociando estas lecturas con la presencia de rocas arcillosas, la cual en la mayoría de los casos no se relaciona con las muestras de núcleos y/o ripios, debido que en ellas

predominan facies arenosas. Es comportamiento muchas veces conlleva a sub-estimar el espesor de arena neta.

La alta radioactividad posiblemente se debe a la génesis de los sedimentos, producto de la meteorización del basamento ígneo-metamórfico o al alto contenido de arcilla (caolinita) en la matriz de la roca de acuerdo a los análisis petrográfico y difracción de rayos X realizados a las muestras de núcleos, los cuales presentaron un contenido arcilloso por encima del 15%.

5.5.2 Correlación de pozos a través de Estratigrafía Secuencial

El intervalo de estudio fue subdividido en seis (06) parasecuencias, constituidos por siete (07) superficies de inundación (FS) y seis (06) límites de secuencias (SB), por medio de la técnica de estratigrafía secuencial, cada parasecuencia esta limitada al tope por una superficie de inundación y en la base por un límite de secuencia. De acuerdo al análisis secuencial se establecieron seis (06) TST *transgressive systems tract* y seis (06) HST, *High systems tract*, estando en consonancia con el evento transgresivo de depositación de la secuencia Cretácica a nivel regional. Se tomó como referencia, la correlación por sistemas encadenados (LST, TST, HST), la cual se define como unidades genéticamente asociadas que fueron depositadas en fases específicas del ciclo relativo del nivel del mar, (Mitchum et al., 1977). (Figura 5.7).

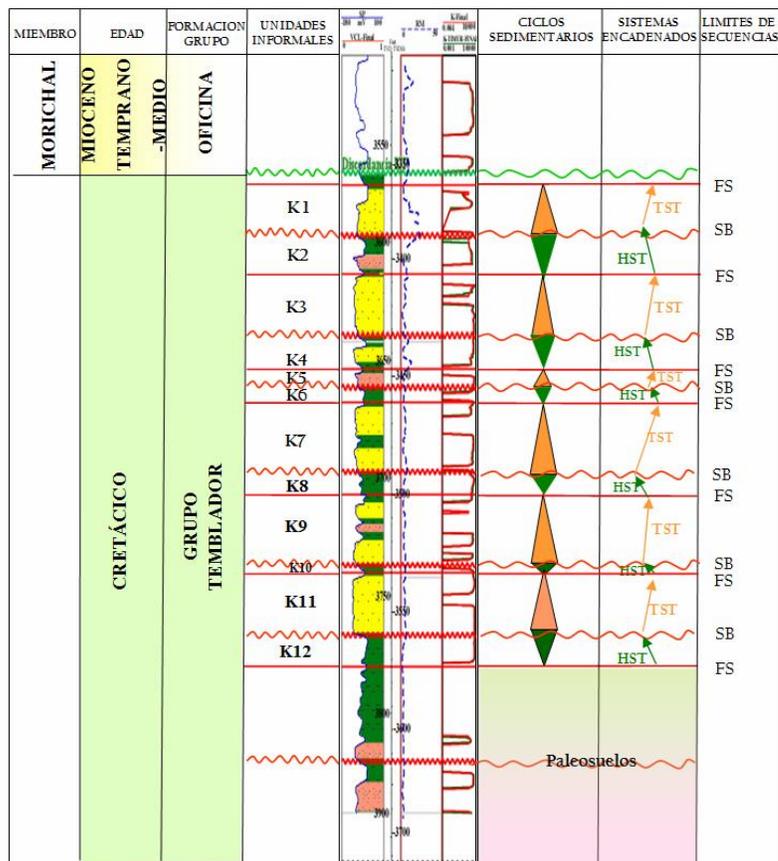


Figura 5.7 Parasecuencias del intervalo Cretácico en el Campo Pilón.

Esta correlación permitió determinar el tope, base, distribución espacial, continuidad lateral y espesores de las distintas parasecuencias, utilizando los diferentes registros como: Rayos Gamma (GR) y Potencial Espontáneo (SP). (Figura 5.8)

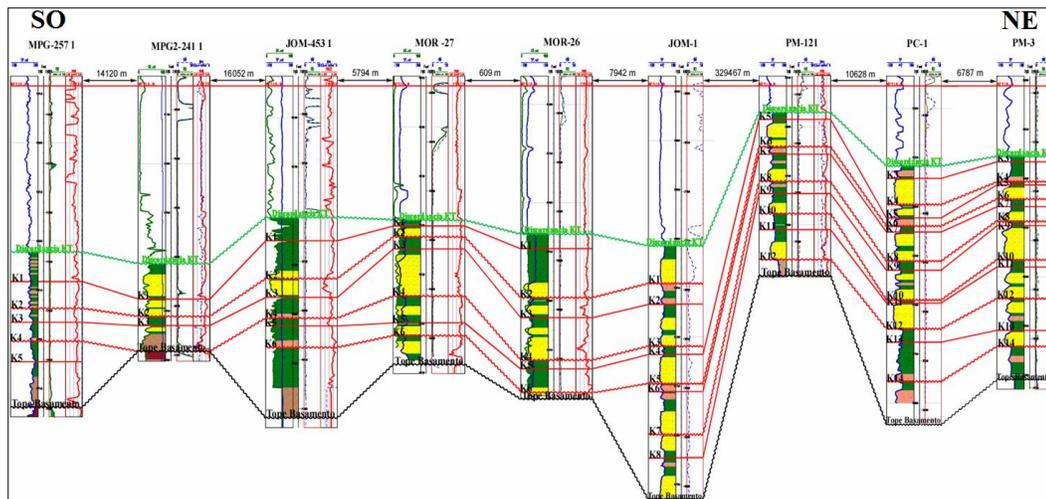


Figura 5.8 Correlación por estratigrafía secuencial, sub-unidades de la secuencia Cretácica.

5.3.3 Sección estratigráfica Regional Morichal-Jobo-Pilón

Esta sección estratigráfica está conformada por los pozos MPG-257-1, MPG-241-1, JOM-453-1, MOR-27, MOR-26, JOM-1, PM-121, PC-1 y PM-3 de dirección SO-NE, abarcando una extensión de 95 Km., desde el Campo Morichal hasta el Campo Pilón. En primer lugar, la sección fue colgada a partir de la superficie de máxima inundación (MFS 16.0), determinada por análisis bioestratigráficos.

En la correlación, se definió dos tipos de superficies: (a) superficies de inundación (*'flooding surfaces'*, FS; (Van Wagoner et. al, 1988) que coinciden con los picos (máximos) de GR; y (b) discordancias (*'sequence boundaries'*, SB; Van Wagoner et al. 1988), de bajo ángulo (< 2 grados).

La secuencia Cretácica reposa de manera discordante sobre el basamento ígneo-metamórfico de edad Precámbrica, y de acuerdo a las correlaciones secuenciales se establecieron seis (06) parasecuencias, limitadas en el tope por una superficie de inundación (FS) y la base por un límite de secuencia (SB).

De acuerdo al análisis de las respuestas eléctricas del registro GR, los cuerpos en forma de bloque y granodecrecientes, fueron considerados como facies arenosas de canales distributarios, la mayoría de ellos se encuentran interconectados lateralmente, debido a un proceso de avulsión del río, y separados verticalmente por cuerpos lutíticos bien definidos relacionados a facies de la llanura de inundación.

Del pozo MPG-257 hacia el pozo MPG-241-1 existe un acortamiento de la sección Cretácica, al igual que en el pozo PM-121, producto de el levantamiento del basamento ígneo-metamórfico asociado al alto de Uverito. Las mayores acumulaciones de arena se encuentran en dirección NE del Campo Pílon, alcanzando espesores por encima de 200 pies. Otra particularidad de la sección estratigráfica es las coalescencias entre canales, es decir, canales individuales que pasan lateralmente a formar un solo cuerpo arenoso, definiéndose de esta manera una misma unidad hidráulica, por ejemplo el pozo MOR-27 en la unidad K3. Cabe destacar que se aprecian acuñaamientos y truncamientos de las parasecuencias tanto en la base en los contactos erosivos discordantes de basamento como en el tope por el contacto erosivo discordante Cretácico-Terciario (K-T). Por último, en la zona Suroeste se formo un paleosuelo, producto de la exposición sub-aérea del basamento (Anexo).

5.5.4 Sección estratigráfica NE 1

Esta conformada por los pozos UV-135, PM-7, PM-68, PM-67, PC-44 y PM-3 en dirección SO-NE, cubriendo una longitud de 14 Km. Se aprecia que la secuencia Cretácica reposa de manera discordante sobre el basamento ígneo-metamórfico de edad Precámbrica. De acuerdo al análisis de las respuestas eléctricas del registro GR en forma de bloque y granodecrecientes, predominan cuerpos arenosos aislados asociados a facies de canales distributarios interconectados lateralmente, con mayor frecuencia de interconexiones hacia el tope de la secuencia Cretácica, debido a un proceso de avulsión de los ríos, separados verticalmente por cuerpos lutíticos bien

definidos relacionados a facies de la llanura de inundación. Es notable el acortamiento de la sección Cretácica hacia el pozo UV-135 producto del levantamiento del basamento en el alto de uverito que redujo el espacio de depositación de sedimentos

Para la zona centro Norte de la sección podemos ver que los pozos PM-67 y PC-44 solo penetraron parte de la secuencia Cretácica, encontrando las mayores acumulaciones de arena en la zona NE del Campo Pilon hacia el pozo PM-3, alcanzando espesores mayores a 200' (Anexo 7).

5.5.5 Sección estratigráfica N-E 3

Esta conformada por los pozos PM-65, PM 48, PM-40, PM-41 en dirección SO-NE, abarcando una longitud de 2,5 Km. Se interpretan cuerpos de arena aislados asociados a canales distributarios con pocas interconexiones laterales, y separados verticalmente por cuerpos lutíticos bien definidos relacionados a facies de la llanura de inundación. Aparentemente el espesor de la secuencia Cretácica se mantiene a lo largo de la sección, con la salvedad, que existe un pequeño adelgazamiento hacia el tope en el pozo PM-48, debido a la discordancia K-T.

Se aprecia continuidad lateral de la sub-unidad K5 desde el pozo PM-65 hasta el pozo PM-41, favoreciendo una posible comunicación de fluidos. En general, existe una relación 40/60 de arena y arcillas (Anexo 8).

5.5.6 Sección estratigráfica N-E 5

Esta conformada por los pozos PC-6, PM-1 y PC-3 en dirección SO-NE, cubriendo una longitud de 7 Km. En la misma se puede ver que algunos cuerpos arenosos conectados lateralmente, como son el caso de las sub-unidades K5 y K7, y otros aislados como son la K8 y K9. La comunicación lateral de los cuerpos

distributarios se debe a un proceso de avulsión del río. El espesor total de arena neta aumenta en dirección NE, alcanzando un total de aproximadamente 70' pies. Hacia el tope, la secuencia es más heterolítica, posiblemente debido a una disminución de energía de depositación, favoreciendo la decantación de los sedimentos finos (Anexo 9).

5.5.7 Sección estratigráfica N-O 5

Esta conformada por los pozos UV-157, PC-44, PC-1, PC-41, PC-162 1 y PC-3, en dirección SO-NE, con una longitud de 5 Km. En primer lugar, la Secuencia Cretácica reposa de manera discordante sobre el basamento ígneo-metamórfico de Edad Precámbrica. De acuerdo a la interpretación de las respuestas eléctricas del registro GR en forma de bloque, predominan cuerpos arenosos aislados asociados a facies de canales distributarios con buenas interconexiones laterales hacia el tope, debido a los procesos de avulsión del río, y separados verticalmente por cuerpos lutíticos bien definidos relacionados a facies de la llanura de inundación. También podemos apreciar coalescencia en las sub-unidades K3, K5 y K7. Además, existe buena continuidad lateral de estas sub-unidades a lo largo de toda la sección estratigráfica. El desarrollo de los cuerpos arenosos es mayor del medio hacia el tope de la secuencia, alcanzando espesores individuales de 30 pies.

Por otra parte, conjuntos de depósitos de rotura se desarrollan en la parte media e inferior, específicamente en la sub-unidad K9. (Anexo 10).

5.6 Análisis de la génesis de la secuencia estudiada y su paleorelieve

Considerando los resultados del modelo sedimentológico y estratigráfico antes expuestos, se sugiere un ambiente de sedimentación de tipo deltáico con influencia fluvial. La presencia de canales de baja energía transportó principalmente sedimentos

de tamaño medio a fino, con un escogimiento moderado y redondez que varía de subangular a subredondeado.

La disciplina de palinología sustenta el ambiente sugerido en este estudio, debido a la presencia de miosporas *Deltoidospora sp*, la cual es típico en ambientes costeros. El modelo de ambiente esquemático se puede apreciar en la figura 5.7, donde se especifica la ubicación de la llanura de inundación y las facies que se encuentran, lo cual es similar a las facies definidas en el campo Pílon, donde predominan los canales distributarios y depósitos de abanicos de roturas. Otra característica de la sección Cretácica en el campo Pílon, es que los espesores son mayores en dirección Noreste, debido a que la cuenca presenta buza en esa dirección, dejando mas espacio para la depositación de sedimentos. Hacia el Sur, la secuencia Cretácica presenta acuñamiento contra el basamento ígneo-metamórfica de edad Precámbrica. Específicamente, en la zona donde se encuentran los pozos UV-135 y PC-121, existen un acortamiento de la sección Cretácica, asociado al alto estructural de Uverito, producto de la somerización del basamento. (Figura5.9).

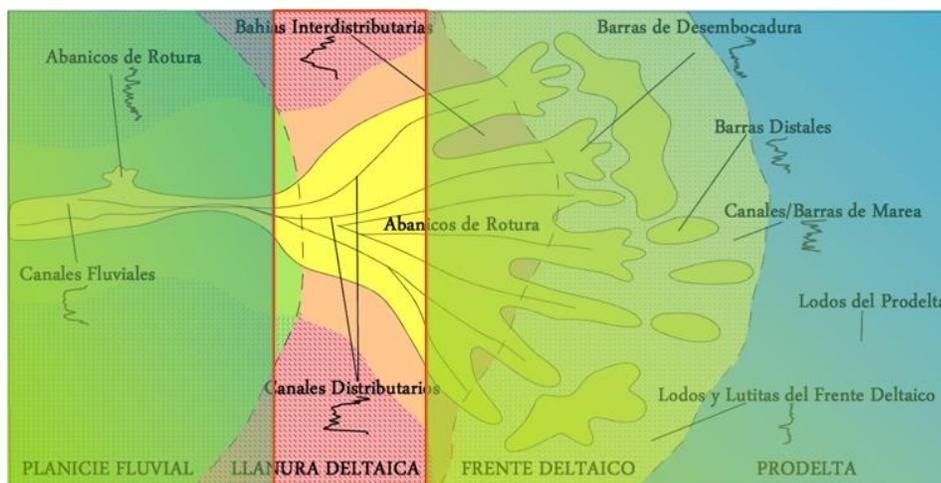


Figura 5.9 Modelo esquemático de ambientes (Franco, G. 2018).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Mediante la revisión macroscópica de núcleos se identificaron un total de seis (6) facies sedimentarias descriptivas, cuatro (4) facies arenosas: Sfmb, Sfgb, Sfmo, Smc; una (1) facies Limolítica y una (1) facies Lutítica.

2. Los minerales identificados a través de DRX son en su mayoría de origen continental, donde predominan el cuarzo, seguido de los minerales de arcilla, y en menor proporción feldespatos, calcita, dolomita, siderita y piritita.

3. Las muestras analizadas en secciones finas, presentaron una arcillosidad por encima del 15% en la matriz, y de acuerdo a la clasificación de Pettijohn, esto representa una grauvaca Lítica.

4. De acuerdo a los tipos litológicos y las facies sedimentarias identificadas en los pozos con núcleos PC-1, PC-3, PC-6 y PM-1 fue posible identificar tres asociaciones de facies principales: depósitos de abanicos de roturas, canales distributarios y llanura de inundación. Se considera que el material sedimentario ha sido retrabajado por la acción fluvial debido al alto contenido de cuarzo de grano fino a medio con una redondez de subangular a subredondeado.

5. La alta radioactividad presente en la secuencia Cretácica, posiblemente se debe al alto contenido de caolinita contenida en la matriz de la roca.

6. La interpretación de las secciones estratigráficas y los mapas de facies sedimentarias muestran que las tendencias de los espesores mayores a 100 pies se encuentran hacia la zona Noreste del Campo Pílon

7. En el pozo PC-1, entre las profundidades 3589' y 3608' se determinó por la presencia de la especie de miosporas *deltoidospora* spp y presencia de granos de polen *Cycadopites* sp como *Campaniense-Mastrichtense* (Cretácico-Tardío).

8. La presencia de especímenes palinomorfos de *retitricolpites* sp. como *deltáico* posiblemente con influencia fluvial, la cual es cónsono con el ambiente que se sugiere en la secuencia estudiada.

9. Integrando descripciones, asociaciones y sucesiones de facies con los resultados de la disciplina de palinología y difracción de Rayos X, se determinó que el ambiente de depositación de la secuencia Cretácica en el Campo Pílon es *deltáico* con influencia fluvial.

Recomendaciones

1. Generar un modelo estructural con sísmica 3D del Campo Pílon para determinar la extensión lateral de la secuencia Cretácica.

2. Perforar pozos estratigráficos en el Campo Pílon para continuar con la caracterización geológica de la secuencia Cretácica.

3. Realizar más análisis petrográfico a las rocas de la secuencia Cretácica para detallar la textura de la roca.

4. Extender estos estudios a los campos vecinos ubicados al Norte del Campo Pílon.

5. Perfilar en los nuevos pozos a perforar registros especiales: Mineralógicos, Resonancia Magnética, Dipolar Cruzado, Imagen.

6. Realizar análisis de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) en las muestras de los núcleos del Campo Pílon, con la finalidad de ver las estructuras de las arcillas.

7. Medir nuevamente la elevación del terreno de los pozos PM-451-1, PM-147-1 y PC-162-1 para crear una data confiable .

REFERENCIAS

Alvarez, Y. Arevalo, D. (2017) **PDVSA PETRÓLEO, S.A LABORATORIO GEOLÓGICO ORIENTE EL CHAURE**, Informe Petrográfico PC-1. P 12.

Arstein R., Cabrera E., Russomano F. y Sánchez H. (1985) **REVISIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA DE VENEZUELA ORIENTAL**. En Memorias de la VI Conferencia Geológica de Venezuela: Vol 1. (pp 41 – 69).

Balestrini, M. (2006) **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Caracas, Venezuela.

Buatois, L. (2009) **ICNOLOGÍA APLICADA AL ANÁLISIS DE NÚCLEOS**. Manual de curso, del V Congreso Latinoamericano de sedimentología, PDVSA Y AVGP. Puerto la Cruz, pp. 6-8-9

Bradley, D. y Kidd, W., (1991) **FLEXURAL EXTENSION OF THE UPPER CONTINENTAL CRUST IN COLLISIONAL FOREDEEPS** Geological Societe of America Bulletin, v. 103, pp 1416-1438.

Cabrera, R. (2017) **GENERACIÓN DEL MODELO GEOCELULAR 3D DEL YACIMIENTO J3 MFA 0029 PERTENECIENTE AL CAMPO ARECUNA, DIVISIÓN AYACUCHO, DISTRITO SAN TOMÉ DE LA FAJA PETROLÍFERA DEL ORINOCO** pág., 60.

Cabrera, S. y Villain, J. (1987) **BIOESTRATIGRAFÍA Y AMBIENTES SEDIMENTARIOS DEL PRE-MIOCENO SUPERIOR EN EL NORESTE DE GUÁRICO**. Memoria Tomo IV, Jornada. Técnica Corpoven, Puerto La Cruz. P 23.

Carvajal, Y. (2012) **ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DE LOS POZOS JM-190 Y JM-191 EN LA FORMACIÓN MEREURE, CAMPOS SAN JOAQUÍN, EL ROBLE Y GUARIO; ÁREA MAYOR DE ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI**. pp 35-43

Cedeño, M. et al. (2013) **IDENTIFICACIÓN DE LA PROSPECTIVIDAD EN UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS DEL GRUPO TEMBLADOR EN EL CAMPO DOBOKUBI, MEDIANTE LA INTEGRACIÓN SÍSMICA-POZO.** Pág: XXIII, 180-181.

Cova, A. (2013) **PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN EDAFOCLIMÁTICA CON FINES DE ESTABLECER PLANTACIONES FORESTALES CON LA ESPECIE PINO CARIBE (*Pinus Caribae* Var. *Hondurensis*) EN MAT-PROFORCA AL SUR DE LOS ESTADOS MONAGAS Y ANZOÁTEGUI.** P11

Cuchando, A. (2008) [http://www.geology-team.com.ar/SEDIMENTACION_Y_ROCAS_SEDIMENTARIAS_AMBIENTES_SEDIMENTARIOS_articles-ar-16.html].

Dasilva, C. (2018) **CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA - ESTRATIGRÁFICA DEL INTERVALO CRETÁCICO, EN EL CAMPO MORICHAL.** Puerto la Cruz Venezuela P 24.

Di Croce, (1995) **"EASTERN VENEZUELA BASIN: SEQUENCE STRATIGRAPHY AND STRUCTURAL EVOLUTION".** P 225. PhD Thesis, Rice University. Houston, Estados Unidos

Di Croce, Bally, A. & Vail, P. (1999) **SEQUENCE STRATIGRAPHY OF THE EASTERN VENEZUELAN BASIN.** En: MANM, P. (Editores). Elsevier Science B. V., Amsterdam. pp 419-476.

Fassbender, H; Comerma, J.; Brito, P. Y Salas, F. (1979) **ESTUDIOS DE LA RELACION CLASES DE SUELOS Y CRECIMIENTO EN PLANTACIONES DE PINUS CARIBAEA EN EL ORIENTE DE VENEZUELA ACTA CIENTIFICA VENEZOLANA. 30 582-585. VENZUELA**

García, C. (2017) **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LAS ARENAS BASALES DEL CAMPO PILÓN GRUPO TEMBLADOR NUEVA FRONTERA EXPLORATORIA** Puerto la Cruz Venezuela. P 21

González de J., (1980) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Tomo I y II. Ediciones Foninves, Caracas. Venezuela, pp 617-954

Guzmán, J., Maguregui J., Luna F., Lima J., Oropeza H., Carrillo M., Quintero M., Rodríguez L., Sampson E., Moreno M. y Uroza C. (2001) **MODELO SEDIMENTOLÓGICO INTEGRAL DEL PALEOCENO AL MIOCENO TEMPRANO EN EL ALINEAMIENTO ESTRUCTURAL SAN BÁRBARA – BOQUERÓN, NORTE DE MONAGAS**. *Petróleos de Venezuela*, informe interno. Caracas

Hedberg, H., Sass, L. and Funkhouser, H. (1947) **OIL FIELDS OF GREATER OFICINA ÁREA, CENTRAL ANZOÁTEGUI, VENEZUELA**, *Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull.*, 31(12). pp 2089-2169.

Hernández, J. (1979) **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**. Libro digital. Disponible en: [<http://paginas.ufm.edu/Sabino/PI.htm>]. Consulta: 2018. Octubre 29

Jácome, M. I., Kuszniir, N. Audemard, F. y Flint, S. (2003) **TECTONO-STRATIGRAPHIC EVOLUTION OF THE MATURIN FORELAND BASIN: EASTERN VENEZUELA**. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 79 (735-749).

Jiménez, E., Roca, A., Ruiz -Conde, P. Sanchez, S. 2005 **ASPECTOS PRÁCTICOS DEL ANÁLISIS DE ESTRATOS** Mexico-Sevilla Pág., 385. 17 Junio 2018. [https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/17713/file_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y].

Lewis, P. et. al, (1979) **FORMACIONE FREITES**. Código Geológico Estratigráfico de Venezuela. PDVSA-Intevep. 17 Agosto 2018 [<http://www.pdvsa.com/lexico/f4w.htm>].

Lizardis, V. (2008) **DESCRIPCIÓN DEL MODELO ESTÁTICO DE LA FORMACIÓN NARICUAL MIEMBRO SUPERIOR, EN LOS POZOS EXPLORATORIOS DEL CAMPO TRAVI, NORESTE DEL ESTADO MONAGAS**. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar

Marocco, R. (2009) **INTRODUCCIÓN A LA ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL** Lima. Pág., 26.

Mendez, J. (2007) **PETROLOGÍA Y AMBIENTES SEDIMENTARIOS**, PDVSA Intevep. Caracas, Venezuela, pp 164-165-166-246-247-248-255-256-258

Méndez, O. (1985) **HISTORIA GEOLÓGICA GRAFICADA DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA**. VI Congreso Geológico Venezolano. Caracas, Venezuela. pp 1000-1040

Mendoza, V. (2005) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA TOMO II CRETÁCICO Terciario**. Pág., 3-9-14-45. 17 Agosto 2018 [https://vdocuments.site/docuemnets/mendoza-v-geología-de-venezuela-tomo-ii-cretácico-teriari.html]

Mimpro, C. A. (2005) **ESTUDIO INTEGRADO DE CAMPO PILÓN MODELO ESTÁTICO Y DINÁMICO**. Gerencia de Estudios Integrados Pesado Este. Puerto la Cruz. pp 17-28.

PDVSA-Intevep (1999) **CÓDIGO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA (CGV)**, 17 Agosto 2018, [http:// www.pdv.com/lexico].

PDVSA, (2005) Manual de Estudios Integrados de Yacimientos **ASPECTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS INTEGRADOS DE YACIMIENTOS**

Petróleos de Venezuela, S.A. PDVSA (2008) **PROYECTO ORINOCO MAGNA RESERVA** .

Petróleos de Venezuela S.A. - Centro Internacional de Educación y Desarrollo (PDVSA-CIED (2009) **INFORME INTERNO PARA PDVSA E&E, MODELO ESTRUCTURAL DEL CAMPO MORICHAL**. pp 10-36

Petróleos de Venezuela, S.A PDVSA (2010) **INFORME INTERNO PARA PDVSA E&P, MODELO ESTRATIGRAFICO-SEDIMENTOLÓGICO DEL CAMPO MORICHAL**. pp 12-18.

Parnaud, F., Gou, Y., Pascual, J. C., Capello, M. A., Truskowski, I. y Passalacqua, H. (1995) **STRATIGRAPHIC SYNTHESIS OF WESTERN VENEZUELA. PETROLEUM BASINS OF SOUTH AMÉRICA.** AAPG MEM N° 62. Estados Unidos. pp 681-698.

Parra, M.(2006) **MODELADO ESTRUCTURAL Y RESTAURACIÓN DE LA REGIÓN NOROCCIDENTAL DE LA SUBCUENCA DE MATORIN.** Tesis de Maestría. Universidad Simón Bolívar. Caracas.

Petróleos de Venezuela S.A. - Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo (PDVSA-INTEVEP). (1997) **CÓDIGO GEOLÓGICO DE VENEZUELA.** 28 agosto 2018 [http://www.pdvsa.com/lexico/utilid/glosario/glosario.htm].

Pindell J., Higgs R. y Dewey J. (1998) **CENOZOIC PALINSPASTIC RECONSTRUCTION, PALEO GEOGRAPHIC EVOLUTION AND HYDROCARBON SETTING OF THE NORTHERN MARGIN OF SOUTH AMERICA .SEPM Special Publication, 58, 45-85.**

Plint, A.G., Nummedal, D., (2000) **THE FALLING STAGE SYSTEMS TRACT: RECOGNITION AND IMPORTANCE IN SEQUENCE STRATIGRAPHIC ANALYSIS.** In: Hunt, D., Gawthorpe, R.L. (Eds.), Sedimentary Response to Forced Regression, vol. 172. Geol. Soc. London Speci. Publ, pp 1–17.

Porras J., Díaz M. y Selva C (2005) **REVERSE-DRAG FOLDS: NEW STRUCTURAL TRAPS IN A MATURE OIL FIELD: LEONA FIELD CASE.** AAPG Hedberg

Posamentier, H.W., Allen, G.P., (1999) **SILICICLASTIC SEQUENCE STRATIGRAPHY: CONCEPTS AND APPLICATIONS.** SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology no. pp 7- 210

Proyecto Hamaca, (1993) **PROYECTO DE SIEMBRA DE PINO CARIBE** Pág., 16-36 [https://minpromex.com/proyectos/] consultado en Mayo 02 de 2018.

Ramírez, J (2005) **REVISIÓN DE LAS TECTONOSECUENCIAS DE LA SUBCUENCA DE MATORIN. PETRÓLEOS DE VENEZUELA.** Informe interno. Puerto La Cruz.

Ramírez, L. (2005) **ESTUDIOS GEOLÓGICO Y YACIMIENTO DE ZONA OESTE DEL CAMPO UVERITO ÁREA GENERADA POR EL POZO UV-135 BLOQUE CENTRAL** pp 20-25.

Ramírez, J. (2011) **INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA DE LAS ARENAS B Y C, PARASECUENCIAS 6PS50 Y 5PS20, UBICADAS EN LOS CAMPOS, ZUATA PRINCIPAL, SAN DIEGO NORTE Y NORTE ZUATA, PERTENECIENTES A LA FAJA PETROLIFERA DEL ORINOCO.** Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente núcleo Bolívar, pp. 33-35

Ravn, R. L. (1995). "**TAXÓN. AEON BIOSTRATIGRAPHIC SERVICES**". Alaska, USA.

Sabino, C. (1992) **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN** Ed., Humanitas, Buenos Aires, Pág., 109.

Sageman, B. y Speed, R., (2003) **RELATION BETWEEN EOCENE LIMESTONES AND WIDESPREAD EOCENE UNCONFORMITY (SEQUENCE BOUNDARY) IN EASTERN VENEZUELA.**

Tamayo, M. (2000) **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.** Prentice Hill, Barcelona, España, pp 51-115.

Tearpock, D., Bischke, R. (2002) **APPLIED SUBSURFACE GEOLOGICAL MAPPING.** Prentice-Hall PTR, New Jersey, USA.

Vail, P.R., (1987) **SEISMIC STRATIGRAPHY INTERPRETATION PROCEDURE. IN: BALLY, A.W. (ED.), ATLAS OF SEISMIC STRATIGRAPHY.** vol. 27. American Association of Petroleum Geologists

APÉNDICE A
Base de datos del Campo Pílon

Tabla A.1 Base de datos.

POZO	CURVAS FINDER	ARCHIVOS .TIFF	REGISTROS ESPECIALES	DESVIOS	INFORMES TÉCNICOS	ELEVACION DE LA MESA ROTARIA (EMR)	COORDENADAS		PROFUNDIDAD TOTAL (TVD)	BASAMENTO	PROFUNDIDAD ESTIMADA (TVD)	
							NORTE	SUR			TOPE	BASE
PC-6	CALI, LAT, RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	234'	104.529,21	240.140,89	3816'	NO	3778	3816
PM-1	GR, SP, RD, RM, SPC,	ELECTRICOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	214	983252	521602	3899'	NO	3630	3749
PM-121	CALI, CRD, DPHI, DRHO, GR, NPFI, RD, RHOB, RM, SP SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	216'	981693	521602	3750'	SI	3586	3735
UV-135	CALI, IEL, MSFL, CNL, FDC, GR	ELECTRICOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	206'	979.000,79	520.998,79	3921'	SI	3855	3921
PM-7	RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	202'	103.000	243.000	4208'	SI	3670	3798
PM-65	CRD, GR, RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	214'	981759	522717	3663'	NO	3516	3663
PM-63	CRD, GR, RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	202'	242.281,45	164.321,67	3671'	NO	3590	3671
PM-66	CRD, GR, RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	199'	103.955,65	243.647,55	3595'	NO	3465	3600
PM-120	GR, SP, RD, RM, SPC,	ELECTRICOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	222	104,550,02	242,726,96	3751'	NO	3632	3751

Continuación Tabla A.1

PM-48	CRD,RD,RM,SP,SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	212'	104.388,63	243.697,42	3636'	NO	3546	3635
PM-2	RD,RM,SP,SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS, COMPUESTOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	220'	928697	523446	3885'	SI	3670	3798
PM-40	CALI, DRHO, GR, RHOB, SP RD, RM, LLD, SPC	ELECTRICOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	202	104638,65	243,830,48	3640'	NO	3652	3646
PM-54	CRD, GR, GRC, RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	193'	983325	524699	3600'	NO	3483	3600
PM-145	GR, SP, RM, RD, NPHI, RBHO, VCL		SI	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	185'	984.739,98	523.897,31	4377'	SI	3985	4210
PM-42	CALI, CRD, DPFI, DRHO, GR, RD, RHOB, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	190'	104.705,65	244.946,52	3638'	NO	3509	3638
PM-41	CALI, CRD, DRHO, GR, NPHI, RD, RHOB, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	214'	105.130,66	244.696,50	3641'	NO	3575	3643
PM-53		ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	204'	105.478,32	240.192,92	3953'	NO	3910	3953
PM-147	GR, SP, RD, NOHI, RHOB, VCL		SI	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	193'	982.824,00	525.547,00	3379'	NO	3499	3791
PM-68	CRD, GR, RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	228'	982391	525810	3670'	NO	3390	3600

Continuación Tabla A.1

PM-56	CALI, CRD, DRHO, GR, GRC, NPFI, RD, RHOB, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	159'	104.861,48	245.722,54	3600'	NO	3445	3586
PM-67	CRD, GR, RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	166'	104.772,63	246.062,54	3600'	NO	3529	3600
PC-42	CALI, CRD, DRHO, GR, GRC, NPFI, RD, RHOB, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	180'	982891	526680	3638'	NO	3451	3650
PC-1	CRD, GR, RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	208'	105.310,87	246.523,83	3822'	SI	3518	3798
PC-41	CRD, GR, RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	184'	983.324,12	526.431,32	5408'	NO	3523	3608
PC-162	CALI, GR, BHC, FDC, VELOCIDAD		NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE REGISTRO A HOYO ABIERTO	199,5'	984.041,92	526.222,25	4449'	SI	4022	4318
PC-3	GR, LAT, RD, RM, SP, SPC, CALI, DLL, EIL	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE REGISTRO A HOYO ABIERTO	170'	985214	526206	3980'	NO	3814	3975
PC-44	CRD, GR, RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS, RADIATIVOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	198'	105.272,64	246.928,55	3642'	NO	3520	3643
UV-157	DLL, FDC, SÓNICO	NO	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA	172'	981.501,73	528.491,81	4042'	NO	3711	3820
PM-3	GR, RD, RM, SP, SPC	ELECTRICOS	NO	ES OV	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN GEOLOGICA FMI&CORE	162'	985929	532967	4115'	SI	3795	4104
OBSERVACIONES:												

ANEXOS