

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **TRANSICIÓN DE LAS FORMACIONES OLIGOMIOCENAS DE LA SUBCUENCA DE GUÁRICO AL SECTOR SUROCCIDENTAL DE LA SUBCUENCA DE MATURÍN**

Trabajo Especial de Grado  
presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela Por la Br.  
Villalón Vallenilla, Alejandra Aymara para  
optar al Título de Ingeniero Geólogo

Caracas, junio 2005

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **TRANSICIÓN DE LAS FORMACIONES OLIGOMIOCENAS DE LA SUBCUENCA DE GUÁRICO AL SECTOR SUROCCIDENTAL DE LA SUBCUENCA DE MATURÍN**

Tutor Académico Prof. Rafael Falcón  
Tutor Industrial: Msc. Pieter Pestman

Trabajo Especial de Grado  
presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela Por la Br.  
Villalón Vallenilla, Alejandra Aymara para  
optar al Título de Ingeniero Geólogo

Caracas, junio 2005

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería de Geología, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Br. Alejandra Aymara Villalón Vallenilla, titulado:

### **“Transición de las formaciones Oligomiocenas de la Subcuenca de Guárico al sector suroccidental de la Subcuenca de Maturín**

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

---

Prof.: Lenín González

Jurado

---

Prof.: José Centeno

Jurado

---

Prof.: Rafael Falcón

Tutor Académico

“La historia es la madre de la verdad,  
émula del tiempo, depósito de acciones, testigo de lo  
pasado, ejemplo y aviso de lo presente, advertencia de  
lo porvenir”

CERVANTES

“Cuando he caído aprendo, y he  
aprendido a levantarme”  
ZOBEDA

## DEDICATORIA

A mis padres, por su entereza, estímulo y valor.

A mi hermano Samuel, quien unido por la sangre y el afecto fraterno estuvo a mi lado.

A mi difunta abuelita Elena Cedeño llevada al seno del Señor durante la fase intermedia de este trabajo de investigación, quien me apoyó moral, maternal y amorosamente.

A mi novio adorado y amado Leonardo (Leito) mi compañero, gran amor y cómplice, ejemplo de sinceridad, apoyo y comprensión en todo momento.

A mi abuelita Sofía por todo tú amor...

A mis tías flou y la nena mis segundas madres.

A mis tíos Canito, Chichi, Raquel, Mireya, y Marlene quienes creyeron siempre en mí.

A dridry con quien logré amistad indisoluble.

A los amigos y amigas que me alentaron en la tarea.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso por se la fuente de mi esperanza en los tiempos más difíciles.

A la magna Universidad Central de Venezuela por ser la casa de estudio de mi mami y de mis tíos; desde pequeña te conocí y te aprendí a querer, estuviste desde ese momento en mis sueños y en mis deseos; ¡que experiencia tan hermosa fue haber realizado mi sueño estando aquí venciendo las sombras! Gracias mi querida UCV por todos los conocimientos académicos y personales que en ti adquirí.

A mi maravillosa escuela de Geología, Minas y Geofísica en especial al Departamento de Geología, el cual comencé a querer desde el quinto año de bachillerato cuando escogí esta carrera como mi futuro y desarrollo profesional. Gracias mi Escuela porque en ti me formé, corroboré en tí mi vocación, y aprendí tanto en tus maravillosos e inolvidables pasillos.

A la empresa Teikoku y a todo el personal que allí labora tanto las oficinas de Caracas como de San Tomé, por todo el apoyo académico y logístico para el desarrollo de este proyecto de investigación. Especialmente a mi tutor industrial el Sr. Pieter Pestman.

Gracias Sr. Pieter por todos sus consejos amigos, por su orientación profesional, su disposición y paciencia en todos y cada uno de los momentos que recurrí a usted con dudas e inquietudes... Gracias por esta maravillosa oportunidad, por confiar en mí, no tengo palabras para agradecerle tantas atenciones...

En Teikoku conocí e hice amistades con personas maravillosas, que me brindaron apoyo desde el primer día. Especialmente cuatro personitas de las cuales nunca esperé nada y resultaron dándome más de lo que me podía imaginar. Estas personas son: Mayerlin Caro porque desde el primer momento fuiste muy receptiva, amistosa, paciente y tan dedicada a prestarme tú ayuda, nunca pusiste mala cara ni cansancio te estaré siempre agradecida por cada uno de esos momentos de atención y por tantos detalles, fue muy grato haber estado allí compartiendo contigo. Liliana Alcalá siempre con tú elegancia y distinción... gracias por confiar en mí, por las conversas en el cafetín de la compañía... José gracias por tú amistad, tú alegría, por esos dos cafecitos diarios que me llevabas a las horas exactas para no desfallecer en las tareas que emprendía en Teikoku, gracias por las cajitas, por las meriendas y los chocolatitos fueron gestos muy lindos e inolvidables. Mayra Cansares (¡Amigui!) gracias por tú amistad, porque cuando fui a San Tomé me ayudantes a familiarizarme con los archivos, el ambiente y el personal, gracias por toda tú paciencia y dedicación en la búsqueda de las carpetas de los pozos; nunca olvidaré aquel almuerzo en El Tigre...

Al Sr. Masashi Hirano, gracias por todo el apoyo profesional y logístico impartido en Teikoku, a pesar de las diferencias del idioma, gracias por las clases de ploteo y por la paciencia.

A los Ingenieros Kosano y Taushi, al Dr. Bruno de Toni, al Sr. Renzo Violín; gracias por el apoyo, por las explicaciones y por todos los conocimientos que me impartieron durante mi estancia. Muy especialmente al Dr. Bruno de Toni por toda la paciencia y dedicación con la parte sísmica, gracias por esas conversaciones de cultura general durante los momentos de relax... son inolvidables...

A mi tutor Rafael Falcón, profe gracias por su apoyo, por confiar siempre en mí en todo momento a pesar de las circunstancias, gracias por su apoyo, su sonrisa alentadora algo sarcástica pero divertida, gracias por darme tanto ánimo y confianza en cada uno de los momentos de la realización de este trabajo...

A mis queridos profesores, especialmente a usted profe Fredy Di Simome por todo su apoyo en cada uno de los cálculos, por su ánimo en todo momento, por su sabiduría que me llenaron de entendimientos y lograron confianza en mí, gracias por ser mi amigo y por aquel cocosete.... A la profe Olga Rey por su apoyo, paciencia y comprensión desde el principio hasta el final. A Ricardo Alezones por sus sabios consejos, por su amistad, por ser aquella vez mi pañito de lágrimas... no tengo palabras para agradecerle ese detalle....

A Lenín González, muy especialmente a ti, muchísimas gracias por aparecer en el momento indicado, por llenarme de conocimientos que, por mostrarme soluciones, por encender la luz al final del túnel en esta Tesis, te estaré eternamente agradecida, gracias por tú dedicación, colaboración y el apoyo... de verdad gracias de mí parte, de mi mami y de Leito.

Al profe Alfredo Mederos por su alegría y buena voluntad con cada unos de sus estudiantes...

A la Licenciada Morela Mikati gracias por su apoyo, por su amor y su paciencia.

Al ingeniero Eduardo Castillo gracias por tú apoyo y por los cafecitos...

A mi mami por todo tú apoyo, por creer en mí, gracias por estar en todo momento, por no abandonarme, por esa bella sonrisa que me alegra cuando estoy triste o molesta, gracias por tus cuidados, por tu fuente infinita de amor, por tu comprensión, por tú empeño y dedicación al trabajo para sacarnos a mi hermano y a mi adelante, gracias por aquellos momentos inolvidables en Mérida por hacernos allí tan felices, has sido la mejor madre que uno pueda pedir; te quiero muchísimo.

A mi papi por tú apoyo, comprensión, por contar siempre contigo, por estar siempre dispuesto a ayudarme y a escucharme. Gracias por desvelarte conmigo en esta Tesis y por los cafecitos a media noche, fue inolvidable y maravilloso a pesar de lo duro, pero pudimos juntos, admiro tú concentración y poder de redacción, te quiero mucho...

A mi amado hermanito Samuel Alejandro, siempre los serás, gracias mi Sam por ser mi cómplice, por ser mi apoyo desde que estábamos en kinder, gracias por esas ganas inmensas de ayudarme en todo lo que puedes... Te adoro....

A mis bellos abuelitos que están en el cielo... especialmente a ti mi abuelita Elena; siempre pensé que estarías aquí para festejar este logro que es tuyo también porque compartistes mi escogencia, gracias por tú apoyo, dedicación, por tanto amor, por cuidarnos y educarnos de la mejor manera inculcándonos honestidad y lealtad... gracias por tus ricas comidas las mejores sé que nunca las volveré a probar, como las tuyas ninguna; abuelita me haces tanta falta, te adoro y quisiera que estuvieses hoy aquí conmigo compartiendo esta alegría que se inició cuando comenzó la tesis y que compartiste en ese momento conmigo... Sé que donde estés debes estar feliz, y cuidándome como siempre, nunca te podré olvidar, está siempre en mis pensamientos, te adoro.... Gracias a mis abuelitos Pedro Vallenilla y Pedro Villalón.

A mí abuelita Sofía por tú aplomo, sinceridad, tú apoyo, gracias por esa alegría que desbordas cuando me ves, te adoro.

Ahora te agradezco a ti mi bello y amado Leonardo Rivas mi Leito, no tengo palabras para agradecerte tanto apoyo y dedicación para conmigo y mi tesis, fuistes el compañero de tesis que no tuve, pero fuiste el mejor que alguien pueda desear, con tanta inteligencias y acertados razonamientos cuando me trancaba.... Gracias por desvelarte conmigo cuando ya sentía que el cansancio me dominaba y no podía más, tú me animastes en todo momento, gracias por escuchar con la mejor disposición cada uno de los razonamientos y conclusiones que llegaba en esta tesis, lo cual permitió fijar los conocimientos que adquiría, en fin gracias por todo lo que en ella hicistes; gracias por ser mi pilar fundamental, por llenarme de amor verdadero, por curarme, por hacerme creer en el amor, en la sinceridad y en el apoyo, gracias por confiar en mí, por tenerme tanta paciencia, por demostrarme tanto amor puro y sincero, gracias por tú amistad por ser mi mejor amigo, gracias por ese maravilloso sentido del humor que solo tu posees que hizo que me relajara y me olvidara de las durezas de este mundo, gracias por estar conmigo, por ser tan deseoso, emprendedor e inteligente, consecutivo y firme en realizar cada uno de nuestros sueños, gracias por compartir tus experiencias conmigo, por incluirme en ese y único maravilloso grupo de amistades con el que compartes desde tú niñez... sencillamente gracias por formar parte de mí vida, por estar presente e involucrado AMÉN AMÉN AMÉN... ¡¡TE AMOO!!

Gracias a mí tía Sol (floucita) por ser un excelente apoyo, por creer en mí, por tú dedicación, por ser una segunda madre para mí, gracias por no dejarme sola, gracias por tú confianza, gracias por esmerarte tanto para complacerme...admiro tú dedicación al trabajo, te adoro...

Gracias a mí tía Iris (nena) eres mi tía súper dulce, gracias por tú apoyo, gracias por confiar en mí, por tú alegría, por enseñarme tanto mientras estuve en Maracay, gracias por tus clases de Biología aunque te escondistes debajo de la cama siempre te encontré...gracias por ser mi tercera madre... jajaja adoro tu dulzura te quiero muchísimo.

A mí bella tía Raquel, admiro tú profesionalismo, tú dedicación para dar clases, tú inteligencia y tus decisiones; a mí tía Marlene fuente inagotable de amor y comprensión.

A mi madrina Mireya por ser siempre tan comprensiva, cariñosa, cálida y por ser mi cómplice, te quiero mucho...

A mi tío José (Canito) gracias por su apoyo, por ser un segundo padre, por sus explicaciones de matemática y física, gracias por su paciencia...

A mi tío Rafael (Chichi) por sus clases de computación.

A mi tío Carlos, gracias por la conversación de aquella noche en la cual logré visualizar las limitaciones de esta tesis, con lo cual se terminó de aclarar el panorama.

A mi tío Pedro (Perucho) y a mi tía Ana (Carenina) por su apoyo...

A mis primos Rafael (el gordo), Yamilett (Yami), Ana (Chepita), Johanita, Pedrito (mi segundo hermano, te adoro, gracias por tú complicidad y apoyo), Valeria (Yeye), José, e Isnelda.

A mis maravillosos, bellos y amados ahijados: GABRIEL tus hermosos ojos, tú cariño y alegría han sido fuentes motivadoras en mi vida gracias por estar tan pendientes de mí; ALEXANDER tú inteligencia me sorprende, estoy súper orgullosa de ti, gracias por tú amor; VANESSA eres tan linda y amorosa gracias por tú presencia; ANDRÉS ALEJANDRO te vi nacer y te veo crecer, es sorprendente observar tus progresos, escuchar tus razonamientos, admiro tú inteligencia, destreza e independencia, eres amor vivo, gracias por interesarte tanto en mi tesis con tan sólo 3 añitos, gracias por preguntar diariamente por las tardes si ya iba a terminar la tesis, pues tus ganas de jugar te llevaban a la acostumbrada pregunta, esto me llenaba de ánimo para terminar, gracias por expresarme tanto amor con esos bellos ojos achinados, gracias por llamarme tan dulcemente VIVI cuando aún no sabías hablar..... Los adoro y amo a los cuatro....

A la Sra. Edda Álvarez gracias por su infinito apoyo, comprensión, hospitalidad y por confiar siempre en mí.

Al Sr. Rafael Rivas gracias por su amor incondicional, por su apoyo, por estar tan pendiente de esta tesis, por sus sabios consejos, por sus palabras alentadoras, gracias por su alegría espontaneidad y sentido del humor.

A mi hermana del alma Adriana Merchán (Dridry) te adoro, Dios no me pudo premiar con mejor hermana y amiga que tú, gracias por apoyarme incondicionalmente, por estar siempre presente directa o indirectamente, gracias por todos los momentos que hemos compartido desde el bachillerato, estoy súper orgullosa de ti.. te quiero...

En mi Escuela de Geología hice tres amigas inolvidables que espero conservar toda mi vida: Adriana Barrios (Cotufa) gracias por tú apoyo por escucharme y ayudarme en todo momento, admiro tú profesionalismo; Marismelia Tovar (Mari) por tú sincera amistad desde el inicio de la carrera, gracias por apoyarme y por darme tantos ánimos al final de esta tesis, eres fenomenal; María Orihuela (La Catira) gracias mil gracias por tus sabios consejos cuando recurrí a ti en búsqueda de palabras que tranquilizaran mis pensamientos, no sabes cuanto efecto causaron en mí, gracias por tú sonrisa, apoyo, ánimo y motivación... Las quiero muchísimo a las tres...

A Isabel López (Chicha) gracias por tú amistad, comprensión y ánimo, eres súper especial y valiosa te quiero mucho...

A Gustavo Mall mi gran amigo, gracias por tanto amor, comprensión por llenarme de cariño, por ser tan comprensivo, por darme tanto valor y por no tener miedo antes las circunstancias de la vida, gracias por las palabras tan sabias que alivian siempre mi alma; tenías toda la razón al final llegaría él... Te quiero muchísimo...

A mi amigo José Margotta gracias por escucharme y aconsejarme en todo momento, gracias por las explicaciones de sedimentogía y de ambientes sedimentarios que me impartiste por el Messenger; sé que estabas muy ocupado y cansado y aún así me ayudastes, de verdad que tú tiempo y esfuerzo los valoro...

A Ricardo Arellano (Igüi) mi amigo y cuñado, gracias por tú apoyo sincero, por tú fraternidad, comprensión y hospitalidad... gracias por estar siempre presente para mí y para Leito cada vez que te hemos necesitado... gracias por todo te quiero mucho...

A Mercedes Araya (Mechita) gracias por tú amistad, comprensión, por tú confianza, apoyo y por tú disposición a ayudar...

A mi cuñi Rodolfo Campos (Rodo) gracias por tú amistad y por estar siempre pendiente...A Lisbecita por tú alegría, a Alejandro Iribarren, al Gallego por su amistad.

A Hildemaro Rodríguez por tus clases de corel draw, por tú paciencia...

Me gustaría también reconocer la contribución de las numerosas personas que generosamente entregaron su tiempo para apoyarme en este trabajo. Una lista parcial incluye a: Juan Carlos Suárez, Verioska Ramírez, David Medina (Machú), Giovanni Caicedo, Adriana Alvarado, Adriana González, Aitor Ichazo y a Paúl Romero.

**Villalón Vallenilla, Alejandra Aymara**

## **TRANSICIÓN DE LAS FORMACIONES OLIGOMIOCENAS DE LA SUBCUENCA DE GUÁRICO A LA SUBCUENCA DE MATURÍN**

**Tutor académico: Prof. Rafael Falcón. Tutor Industrial: Msc. Pieter Pestman. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Geológica, 2005, 115 Páginas**

**Palabras Claves:** Estados Guárico y Anzoátegui, estratigrafía, litofacies, asociaciones de facies y paleoambientes.

Para comprender la transición de las Formaciones Oligomiocenas de la Subcuenca de Guárico, Unidad Guárico Oriental a la Subcuenca de Maturín, Unidad Sanvi-Guere, se ha partido de la definición de asociaciones de facies sedimentarias.

A través de las características litológicas de doce (12) pozos petroleros se definieron seis (6) facies sedimentarias, a saber: tres (3) facies arenosas, dos (2) facies lutíticas y una (1) facies CARBONOSA. La sucesión vertical de estas y su combinación con los registros eléctricos de cada uno de los pozos petroleros, permitió reconocer cinco (5) asociaciones de facies, las cuales fueron interpretadas posteriormente bien sea como depósitos de canales entrelazados, depósitos de llanura aluvial-fluvial, depósitos de canales distributarios, depósitos de llanura deltaica o depósitos marinos.

Las descripciones de los depósitos de canales entrelazados, de llanuras aluviales-fluviales, de canales distributarios, de llanuras deltaicas y de los depósitos marinos, al relacionarlos en tiempo y espacio admitieron definir la transición de las formaciones Oligomiocenas de la Unidad de Guárico Oriental (formaciones La Pascua, Roblecito y Chaguaramas) a la Unidad de Sanvi-Guere.

La regresión acaecida a fines del Cretácico originó un proceso de no depositación de sedimentos al Sur de la Cuenca Oriental de Venezuela; sin embargo, durante el Eoceno Tardío se reactivará nuevamente la sedimentación en la misma debido a la trasgresión marina que envolvió al Norte de Venezuela, producto del choque de la Placa Caribe con la placa suramericana acrecentándose así, un espacio para posteriores procesos sedimentarios.

El avance de la línea de costa hacia el Sur está representado en la Unidad de Guárico Oriental por la Formación La Pascua, la cual se encuentra por debajo de la Formación Roblecito en contacto transicional.

Esta fase transgresiva finaliza en el Oligoceno Tardío al desplazarse el frente de deformación hacia el Este, por lo tanto, las condiciones de sedimentación que estuvieron imperando hasta el momento comienzan a cambiar, caracterizándose ahora por depósitos de fases regresivas con más influencia

continental, rellenándose el espacio que una vez estuvo ocupado por los mares durante la trasgresión; esto se visualiza por medio de los depósitos de la sección superior de la Formación Chaguaramas acumulados en ambientes fluviales durante el Oligoceno Temprano.

Mientras que un proceso de sedimentación va engendrando la sección inferior de la Formación Chaguaramas, otro paralelo, generado en la Unidad de Sanvi-Güere (Este), va depositando en un ambiente fluvial la Formación Merecure.

En el Oligoceno Tardío-Mioceno durante la depositación de la sección superior de la Formación Chaguaramas, se deposita hacia unidad de Sanvi-Güere en un ambiente fluvio-deltáico, la Formación Oficina. Esta, posiblemente se originó en un ambiente fluvio-deltáico como se puede inducir a partir de las asociaciones de facies y electrofacies sedimentarias definidas en la presente investigación.

Entretanto, en el Oligoceno Superior-Mioceno Temprano, la Subcuenca de Maturín es impactada por la colisión de la Placa Caribe con la de Suramérica. El levantamiento de la Serranía del Interior Oriental que es producto de la interacción entre dichas placas, acarrea la flexión de la litosfera en el área oriental, dando lugar al avance de la línea de costa hacia el Sur, en dirección al Escudo de Guayana. Al momento de la trasgresión terciaria de la Subcuenca de Maturín se deposita en el “foreland basin” la Formación Merecure.

Para cerrar, las formaciones La Pascua y Roblecito (Eoceno Tardío-Oligoceno Tardío) se acuña lateralmente por truncamiento contra un alto estructural que pone en contacto discordante a estas rocas terciarias con rocas cretácicas.

La sección inferior de la Formación Chaguaramas (Oligoceno Inferior) equivale en tiempo a la Formación Merecure, mientras que su sección superior Mioceno se iguala en tiempo a la Formación Oficina. Por lo tanto, existe una correlación de tiempo entre las formaciones oligomiocenas de la Unidad de Guárico Oriental con las de las formaciones oligomiocenas de la Unidad de Sanvi-Güere.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>3</b>
<b>2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>4</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
3.1. Objetivo General.....	6
3.2. Objetivos Específicos .....	6
<b>4. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>7</b>
<b>5. METODOLOGÍA .....</b>	<b>9</b>
5.1. Etapa de revisión y recopilación bibliográfica: .....	9
5.2. Etapa estratigráfica: .....	11
5.3. Etapa sedimentológica: .....	13
<b>6. TRABAJOS PREVIOS:.....</b>	<b>17</b>
6.1 Trabajos regionales: .....	17
6.2 Trabajos locales: .....	19
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>24</b>
<b>GEOLOGÍA REGIONAL.....</b>	<b>24</b>
<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>24</b>
<b>2. SUBCUENCA DE GUÁRICO .....</b>	<b>25</b>
<b>3. SUBCUENCA DE MATURÍN .....</b>	<b>26</b>
<b>4. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA.....</b>	<b>27</b>
4.1. Según DI CROCE <i>et al.</i> (1999) se pueden diferenciar tres principales episodios tectónicos: .....	27
4.2. Según EVA <i>et al.</i> (1989), en PARNAUD <i>et al.</i> (1995), la evolución de la Cuenca Oriental de Venezuela puede ser dividida en cuatro episodios tectónicos mayores: .....	30
<b>5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL .....</b>	<b>32</b>
5.1. Estructuras geológicas principales .....	33
5.2. Provincias tectónicas y estilos estructurales .....	35
<b>6. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL .....</b>	<b>36</b>
6.1. Basamento cristalino: .....	37
6.2. Estratigrafía de la Megasecuencia previa al Rift del Jurásico: .....	37
6.3. Estratigrafía de la Megasecuencia Rift:.....	39
6.4. Estratigrafía de la Megasecuencia de Margen Pasivo: .....	39
6.5. Estratigrafía de la Megasecuencia de la colisión oblicua: .....	48
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>59</b>
<b>ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO.....</b>	<b>59</b>
<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>59</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LAS FORMACIONES DE LA UNIDAD DE GUÁRICO ORIENTAL Y DE LA UNIDAD DE SANVI-GUERE.....</b>	<b>60</b>
<b>2.1. Unidad de Guárico oriental:</b> Las formaciones geológicas que componen esta unidad para el tiempo geológico del Oligoceno-Mioceno están representadas en la columna estratigráfica generalizada de esta zona (Figura 18):.....	60
<b>2.2 Unidad de Sanvi-Güere:</b> Las formaciones geológicas que componen esta unidad para el tiempo geológico del Oligoceno-Mioceno están representadas en la columna estratigráfica generalizada de esta zona (Figura 19):.....	62

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>67</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE FACIES.....</b>	<b>67</b>
<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>67</b>
<b>2. DEFINICIÓN DE LAS FACIES SEDIMENTARIAS: .....</b>	<b>68</b>
2.1. Facies Acvc: Arenisca de grano grueso a muy grueso .....	68
2.2. Facies Am: Arenisca de grano medio.....	68
2.3. Facies Afm: Arenisca de grano fino a medio.....	69
2.4. Facies LH: Lutita Heterolítica.....	69
2.5. Facies L: Facies lutíticas .....	70
2.6. Facies Li: Carbón y lutitas carbonosas.....	70
<b>3. Definición de las electrofacies sedimentarias: .....</b>	<b>70</b>
3.1. Electrofacies en forma de cilindro.....	71
3.2. Electrofacies en forma de campana.....	71
3.3. Electrofacies en forma de embudo .....	71
 <b>CAPÍTULO IV .....</b>	 <b>73</b>
<b>ANÁLISIS DE FACIES.....</b>	<b>73</b>
<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>73</b>
<b>2. ASOCIACIÓN A:.....</b>	<b>74</b>
<b>3. ASOCIACIÓN B:.....</b>	<b>75</b>
<b>4. ASOCIACIÓN C:.....</b>	<b>76</b>
<b>5. ASOCIACIÓN D:.....</b>	<b>77</b>
<b>6. ASOCIACIÓN E:.....</b>	<b>78</b>
<b>7. AMBIENTES SEDIMENTARIOS.....</b>	<b>87</b>
7.1. Ambiente fluvial.....	87
7.2. Ambiente fluvio-deltaico .....	93
7.3. Ambiente marino .....	99
 <b>CAPÍTULO V .....</b>	 <b>105</b>
<b>TRANSICIÓN DE LAS FORMACIONES OLIGOMIOCENAS DE LA SUBCUENCA DE GUÁRICO A LA SUBCUENCA DE MATURÍN .....</b>	<b>107</b>
 <b>CAPÍTULO VI .....</b>	 <b>112</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>112</b>
 <b>CAPÍTULO VII .....</b>	 <b>116</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>116</b>
 <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	 <b>117</b>

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1. GENERALIDADES

Entre las exploraciones, explotaciones y producciones que en el contexto del negocio petrolero internacional actualmente realiza PETRÓLEOS DE VENEZUELA (PDVSA) en asociación con diversas compañías petroleras trasnacionales, se encuentra la que viene ejecutando la japonesa TEIKOKU OIL DE VENEZUELA, tanto en la Formación Chaguaramas ubicada en el sector suroriental del estado Guárico, como en las formaciones Merecure y Oficina ambas localizadas en la unidad suroccidental del estado Anzoátegui, la cual forma parte del Área Mayor de Oficina que junto con la del Área Mayor de Anaco, corresponde a la de mayor producción petrolera en la Cuenca Oriental de Venezuela.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, el presente Trabajo Especial de Grado tiene como intencionalidad contribuir con la empresa TEIKOKU en solucionar una de las problemáticas geológicas petroleras del país, fundamentada en cómo las formaciones oligomiocenas transitan entre el sector suroriental de la Subcuenca de Guárico a la sección suroccidental de la Subcuenca de Maturín; áreas estas, asignadas por PETRÓLEOS DE VENEZUELA (PDVSA) a dicha compañía japonesa para su exploración y producción; con el objeto de incrementar la producción petrolera nacional que satisfaga la demanda del mercado petrolero internacional, en beneficio del desarrollo social del país.

Desde el campo de la Geología, este estudio está enmarcado en la Estratigrafía-Sedimentología y en la Historia Geológica (Época Terciaria) de la Cuenca Oriental de Venezuela. Así mismo, ha sido concebido como un trabajo operativo que aplica el saber geológico a la industria petrolera nacional.

Este trabajo fue realizado para la empresa TEIKOKU bajo la modalidad de un Proyecto Especial de Grado de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (UCV), la cual fijó tanto la problemática a abordar como la asignación de recursos financieros para su elaboración.

Este Trabajo Especial de Grado procura por un lado, colaborar con los estudios geológicos y petroleros del país, al tiempo de optar al Título de Ingeniero Geólogo de la UCV.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los principales países industrializados como los Estados Unidos de Norteamérica, Japón, Alemania, entre otros, desprovistos de recursos energéticos no renovable, requieren incrementar sus fuentes energéticas de petróleo y gas para hacer frente al acelerado proceso de acumulación de capital y así poder aumentar su tasa de ganancia, por lo tanto se ven obligados a buscarlos en otros lugares del planeta a través de negociaciones.

En esta misma dirección, Venezuela, como miembro fundador de la OPEP, se ve en la necesidad de ensanchar su oferta de petróleo y gas ante la ampliación de la demanda de hidrocarburos por parte de los de los primordiales países capitalistas. Ante tal situación del mercado internacional, debe competir para obtener un precio razonable que permita al Estado cumplir con los programas de índole social. Por tal razón, es política del mismo, asociarse a través de su empresa PETRÓLEOS DE VENEZUELA (PDVSA) con compañías trasnacionales petroleras y gasíferas, dándoles para tal fin, participación en la exploración, explotación y comercialización en este tipo de negocios; mediante la asignación de bloques; garantizándole a la inversión extranjera, bajos costos, incremento de la oferta petrolera, cautivar nuevos mercados, un Estado de derecho y ampliar el precio de los hidrocarburos venezolanos en el mercado internacional.

En este escenario, la transnacional petrolera japonesa TEIKOKU le fue asignada mediante licitación otorgada por PDVSA, dos bloques con campos petroleros, uno ubicado en la Unidad de Guárico Oriental y otro situado en la Unidad de Sanvi-Güere del estado Anzoátegui; con el fin de que realizara en los mismos su respectiva exploración, explotación, producción y comercialización.

Es de interés para la susodicha compañía ejecutar estudios geológicos tanto en los campos petroleros Barso, Coporo e Ipire, localizados en la Unidad Guárico Oriental, como en los de Guárico 13 y Sanvi emplazados en la unidad suroccidental del estado Anzoátegui; a estos dos últimos campos se les conoce como unidad Sanvi-Güere. En estos campos se hallan pozos exploratorios o de producción. Mientras que los primeros pozos permiten explorar si un área determinada es potencialmente abundante en hidrocarburos, los segundos admiten una nutrida área real de producción petrolera o gasífera.

En este espacio, la empresa TEIKOKU le estableció a la Tesista de la Escuela de Minas y Geofísica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (UCV), Br.: Alejandra Aymara Villalón Vallenilla, como problemática de estudio de su interés: **LA TRANSICIÓN DE LAS FORMACIONES OLIGOMIOCENAS DE LA SUBCUENCA DE GUÁRICO AL SECTOR SUROCCIDENTAL DE LA SUBCUENCA DE MATURÍN**; en vista de ser un territorio incluido entre los que les otorgó PDVSA y que para su exploración requiere una serie de estudios geológicos relacionados con la materia de hidrocarburos, específicamente: petróleo y gas.

El problema se estructuró alrededor de la serie de cambios litológicos y paleoambientales, laterales y verticales ocurridos entre las formaciones La Pascua, Roblecito y Chaguaramas, halladas en la Unidad de Guárico Oriental y las formaciones Merecure y Oficina de la Unidad Sanvi-Güere.; y su estudio determina la presencia de un proceso de transición de las formaciones oligomiocenas de la Unidad de Guárico oriental a la Unidad de Sanvi-Güere, el

cual le permita a la empresa TEIKOKU tener una información técnica-científica para elegir y decidir sobre las áreas potencialmente factibles y rentables de petróleo y gas con objeto de producción y comercialización, disminuyendo por esta vía el riesgo de la inversión de su capital en la exploración de los bloques asignados por PDVSA.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Investigar la transición de las formaciones oligomiocenas del sector suroriental de la Subcuenca de Guárico al sector Suroccidental de la subcuenca de Maturín.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

3.2.1. Definir las características litológicas y las litofacies en las formaciones La Pascua, Roblecito, Chaguaramas, Merecure y Oficina, tomando como base los registros de muestras de canal, los perfiles eléctricos y las variables litológicas de los pozos petroleros a estudiar.

3.2.2. Identificar las asociaciones de facies en el contexto de las formaciones La Pascua, Roblecito, Chaguaramas, Merecure y Oficina.

3.2.3. Determinar las características paleoambientales de las formaciones La Pascua, Roblecito, Chaguaramas, Merecure y Oficina.

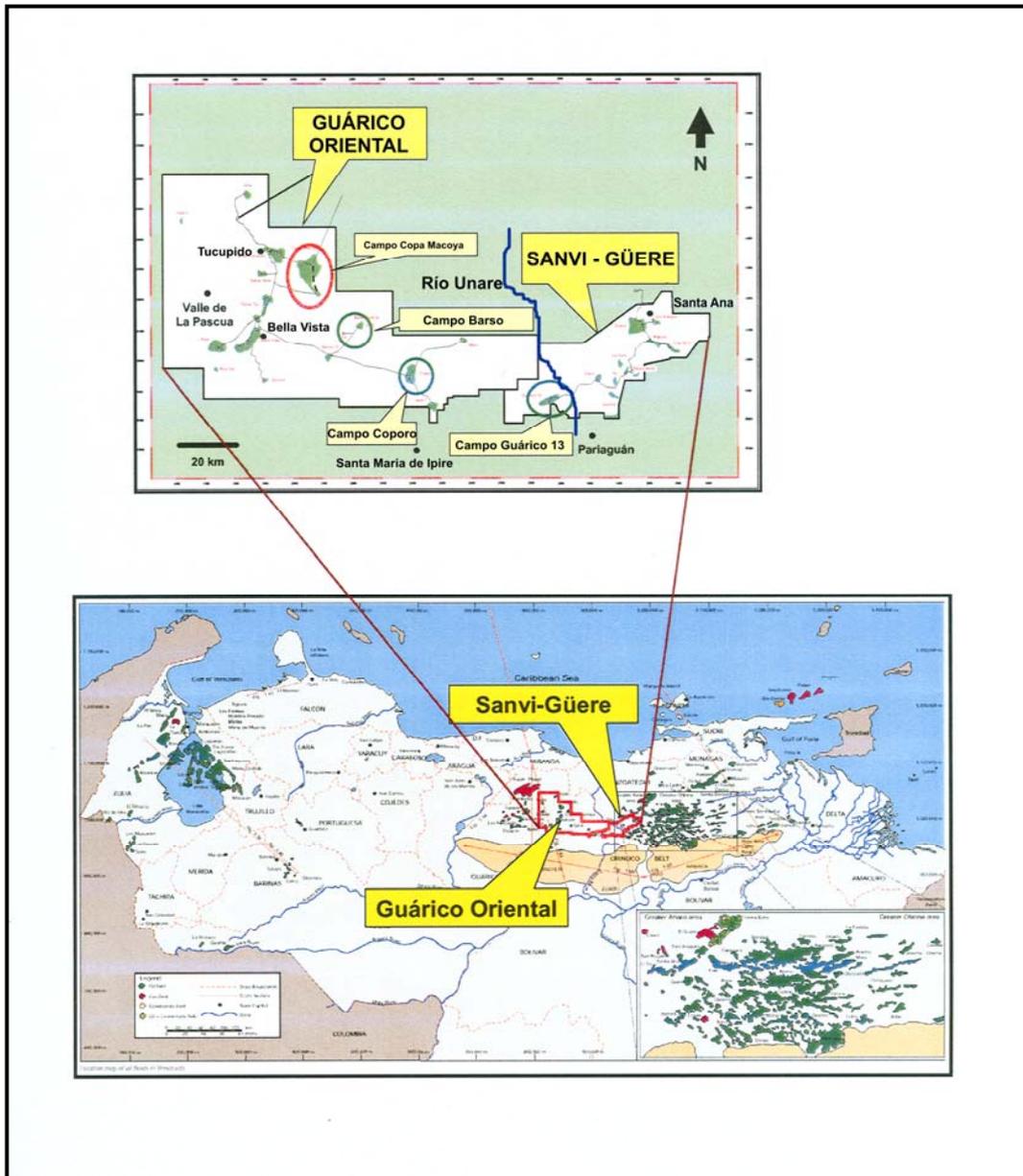
3.2.4. Establecer dentro del área de estudio las variaciones litológicas y paleoambientales observadas tanto en sentido vertical como lateral.

#### **4. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La región de estudio se localiza en la Cuenca Oriental de Venezuela, específicamente en los campos de Barso, Coporo e Ipire, de la Unidad Guárico Oriental, Subcuenca de Guárico y en los campos Guárico 13 y Sanvi, de la Unidad Sanvi-Güere, Subcuenca de Maturín (Figura 1).

Los límites de la Unidad de Guárico oriental son: al Norte con el campo petrolero de Tucupido, al Oeste con la ciudad de Valle de la Pascua, al Este con el río Unare y al Sur con el pueblo de Santa María de Ipire. Mientras que los límites de la Unidad de Sanvi-Güere son: al Norte con el caserío de Santa Ana, al Oeste con el río Unare, al Este con la ciudad de Anaco y al Sur con el pueblo de Pariaguán (Figura 1).

El área de estudio cubre un área aproximada de 7000 km<sup>2</sup> con un total de 12 pozos petroleros perforados denominados, a saber: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11 y P12. De los cuales el pozo P1 es exploratorio, los pozos P4, P7 y P8 están inactivos y los restantes, P2, P3, P5, P6, P9, P10, P11 y P12 están activos y operando. Los pozos: P1, P2, P3, P4, P5, P6 P7 y P8 están ubicados en la Unidad de Guárico oriental, mientras que P9, P10, P11 y P12 en la Unidad de Sanvi-Güere (Figura 2).



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la Unidad de Guárico Oriental y la Unidad de Sanvi-Güere  
Tomado y modificado de TEIKOKU, 2005

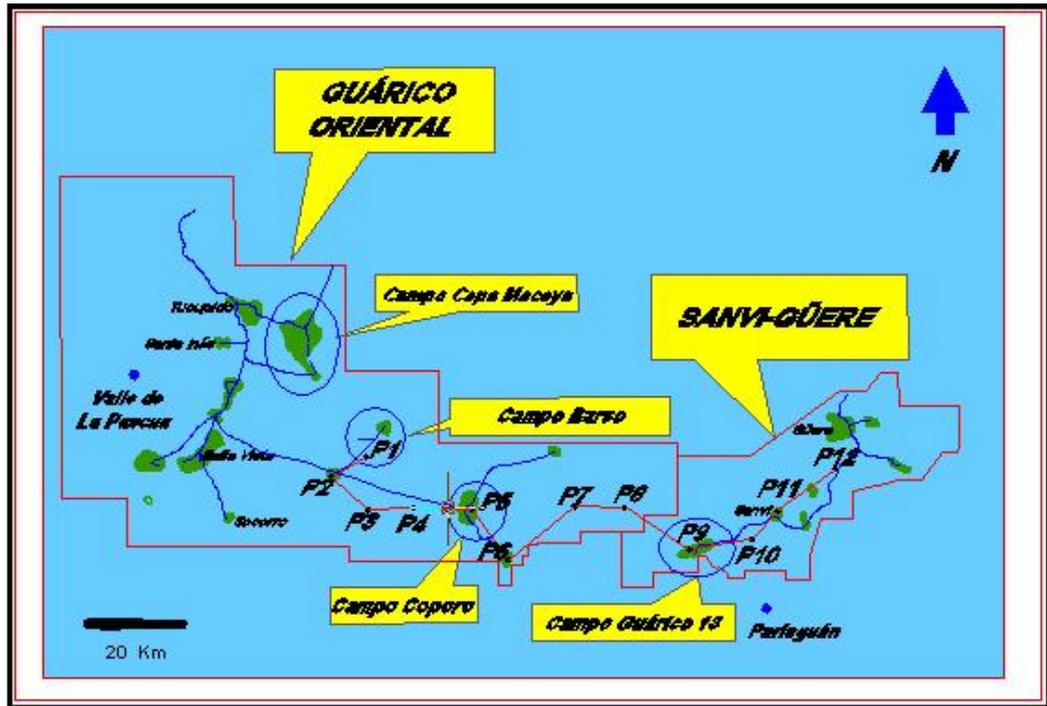


Figura 2. Mapa de ubicación de los 12 pozos estudiados. Tomado y modificado TEIKOKU (2004)

## 5. METODOLOGÍA

Este Trabajo Especial de Grado se elaboró considerando las siguientes etapas:

### 5.1. Etapa de revisión y recopilación bibliográfica:

Se hizo un arqueo y revisión de la siguiente información:

#### 5.1.1. Trabajos previos de la zona de estudio:

- Doce (12) informes internos de la empresa Teikoku, a descripciones de muestras de canal realizadas por CALDERÓN *et al.* (1994) en GEOSERVICES LOGGING para cada uno de los doce (12) pozos objeto de estudio, en la Unidad de Guárico Suroriental y Anzoátegui Suroccidental.

- Dos (2) correlaciones de los pozos P6, P8, P11 y P12 en el campo de Sanvi Unidad Sanvi-Güere realizado por el Msc. Pieter Pestman.

5.1.2. Trabajos previos de otras zonas; versan sobre aspectos litológicos de las formaciones geológicas a estudiar: La Pascua, Roblecito, Chaguaramas, Oficina y Merecure.

5.1.3. Trabajos previos referentes a la evolución tectono-estratigráfica y ambiental de la Cuenca Oriental de Venezuela.

5.1.4. Registros eléctricos de los doce (12) pozos asignados al presente Proyecto de Investigación de grado.

El intervalo total a estudiar en cada uno de los pozos petroleros estuvo comprendido entre los 1000 pies de profundidad y la profundidad total alcanzada por cada uno de los pozos, que en promedio general fueron un total de 7500 pies.

La empresa japonesa Teikoku estableció al presente Proyecto un total de doce (12) pozos: P1, P2, P3, P4, P5, P6 P7, P8, P9, P10, P11 y P12.

Los criterios generales de la selección de los mismos por parte de la compañía y su posterior asignación a este estudio consistieron en:

- Que cubrieran en conjunto y regionalmente el área de estudio, es decir, desde los campos de Guárico Oriental: Barso, Coporo e Ipire, hasta los de Sanvi Güere: Guárico 13 y Sanvi.
- Que tuvieran informes los describieran las muestras de canal, requisito fundamental por ser la única herramienta directa existente para conocer de forma general las litologías de los pozos petroleros.

Los informes de las muestras de canal señalan que el análisis de estas se basó en descripciones macroscópicas desde la superficie hasta la profundidad total alcanzada por cada uno de los pozos; para lo cual se tomó como criterio de selección de las muestras a estudiar, las variaciones observadas en el registro gamma ray, sónico y potencial espontáneo, puesto que podrían indicar cambios litológicos importantes o de compactación en la secuencia analizada.

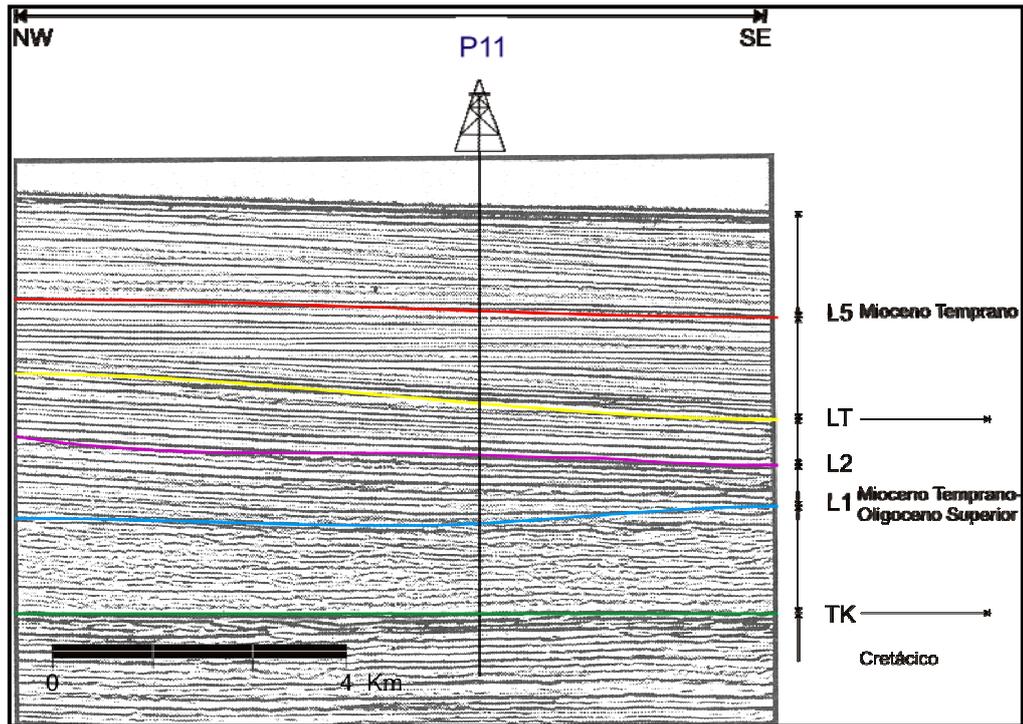
La mayoría de los pozos no presentan datos de núcleos, registros de imágenes, ni información bioestratigráfica, salvo los pozos P5 y P9 cuyos estudios han sido realizados con ciertos intervalos de insuficiente espesor, por lo general, menos de 500 pies, donde fueron encontrados algún yacimiento que ameritaba un estudio más exhaustivo para su exploración y explotación. Del mismo modo, estos pozos petroleros que poseen alguna información sobre bioestratigrafía, registros de imágenes o de núcleos, se encuentran retirados 57,9 km., en otras palabras, están enormemente distanciados. Es de señalar que al tratar de circunscribir la información de núcleos y la de registros de imágenes a la sección estratigráfica, se optó por excluirla, debido a que la escala utilizada para su elaboración resultó muy pequeña y poco operativa.

## **5.2. Etapa estratigráfica:**

5.2.1. Se elaboró una sección estratigráfica utilizando doce (12) pozos petroleros con sus respectivos registros eléctricos (Anexo). Estos, junto a la data obtenida durante la perforación de cada uno de los pozos del área, fueron cargados por el técnico José Luís Rodríguez a la Base de Datos de la plataforma de trabajo "GEOGRAPHICS", versión 4.0.2., correspondiendo a las curvas de gamma ray (GR), potencial espontáneo (SP), resistividad (ILD, MD), densidad (RHOB) y neutrón (NPHI); los dos últimos ni se encontraron en todos los pozos ni presentaron valores numéricos, tan sólo fueron asignadas sus representaciones gráficas respectivas en la sección estratigráfica.

5.2.2. Posteriormente a la elaboración de la sección estratigráfica se estableció una apreciación de muestras de canal-perfil eléctrico, con el fin de integrar la descripción de las muestras de canal a los registros eléctricos: gamma ray (GR), potencial espontáneo (SP) y resistividad de cada uno de los doce (12) pozos petroleros estudiados, y así, poder verificar la pertinencia o no de la información.

Luego se pasó a correlacionar cada uno de los pozos petrolero utilizando sus respectivos registros eléctricos. Como la distancia mínima entre ellos es aproximadamente 4,9 km, la correlación “pico a pico” se tornó imposible; lo que condujo a correlacionarlos a través de superficies de tiempo, las cuales son líneas que indican depósitos acumulados en un mismo intervalo de tiempo en áreas relativamente cercanas o alejadas entre sí. Estas líneas correspondieron a siete (7) marcadores regionales, han sido determinadas en estudios anteriores dentro de los siguientes campos petroleros de la Unidad de Guárico oriental y la Unidad de Sanvi-Güere: TK, TR, L1, L2, LT, L3 y L4 (Figura 3, ANEXO). El marcador TK corresponde al tope de las rocas cretácicas, el marcador TR al tope de la Formación Roblecito dentro de la región de estudio y el marcador lutita T al tope de la lutita T, denominada y reconocida en todo el Área Mayor de Oficina como una superficie de máxima inundación; la cual establece en la unidad de Sanvi-Güere el límite de las formaciones Merecure y Oficina (Anexo). Los marcadores L1, L2, L3 y L4 incumben a marcadores de la edad terciaria, y han sido empleados por la empresa TEIKOKU en los campos petrolero objeto de estudio, para correlacionar las Unidades de Guárico oriental con las de Sanvi-Güere.



**Figura 3.** Sección sísmica del Pozo P11. Tomado y modificado de TEIKOKU (2005)

Para iniciar la correlación, el intérprete sísmico de la empresa TEIKOKU, procedió a ubicar siete (7) marcadores en el interior de los doce (12) pozos los cuales se utilizaron para la presente investigación. Igualmente calibró ocho (8) pozos con líneas sísmicas 2D; estos fueron P1, P2, P5, P6, P8, P9, P10 Y P11, y fueron elegidos para la calibración en virtud de ser los únicos que poseen datos de velocidad que permiten hacer la conversión de profundidad del pozo a la misma escala de la línea sísmica. Los cuatro (4) pozos restantes: P3, P4, P7 y P12 fueron correlacionados considerando las respuestas eléctricas de las curvas SP, GR y resistividad; lo que llevó a compararlas con las curvas eléctricas de los pozos adyacentes.

### **5.3. Etapa sedimentológica:**

5.3.1. *Definición de litofacies sedimentarias:* En esta sección, utilizando las características litológicas definidas en los informes de la empresa Geoservices

Logging se definieron seis (6) litofacies: tres (3) facies arenosas, dos (2) facies lutíticas y una (1) facies carbonosa.

Para la identificación y nomenclatura de las facies se empleó la metodología propuesta por VELÁSQUEZ (2002) basada en una simbología combinada por letras mayúsculas y minúsculas, donde las primeras representan el tipo litológico y las segundas al tamaño de grano; por ejemplo, las facies arenosas Acvc aluden a una arenisca de grano grueso a muy grueso.

Una vez establecido el procedimiento de identificación y nomenclatura de facies se diseñó el siguiente sistema de abreviación:

**A:** Areniscas

**LH:** Lutitas heterolíticas

**L:** Lutitas

**Li:** Carbón y lutitas carbonosas

El tamaño de grano de cada facies se estableció de acuerdo a la información tomada de los informes de descripción de las muestras de canal de la empresa Geoservices Logging, dimensiones basadas en la clasificación de WENTWORTH (1922) (Figura 4); en dichos informes no se describen tamaños de conglomerados ni limolitas por tal motivo no se refieren tampoco en el presente trabajo de investigación.

<b>Tamaño grano en mm</b>	<b>Nomenclatura</b>
1/2-2	Arenisca de grano grueso a muy grueso
1/4-1/2	Arenisca de grano medio
1/8-1/4	Arenisca de grano fino a medio
1/6-1/8	Arenisca de grano muy fino
1/64-1/6	Lutita heterolítica
Menor a 1/64	Lutita

**Figura 4.** Clasificación de WENTWORTH (1922) para el tamaño de grano de las areniscas, tomada y modificada de PILLOUD *et al.* (1998) en VARELA (2004).

Para el tamaño de grano de las areniscas se implantó el siguiente régimen de abreviación:

**cvc:** grano grueso a muy grueso

**m:** grano medio

**fm:** grano fino a medio

### 5.3.2. *Definición de electrofacies sedimentarias:*

Se realizó un estudio de electrofacies en las arenas que fueron halladas en los pozos petroleros analizados, utilizando las respuestas de los perfiles eléctricos propuesta por Galloway (1989), tales como: Potencial Espontáneo (SP) y gamma ray (GR). En el caso particular de la presente investigación, las dos curvas SP y GR por lo general manifiestan la misma tendencia gráfica (Anexo), característica esta, aprovechada en pozos petroleros como el P5; el cual pone a la vista sólo la curva GR.

De esta manera, se definieron tres (3) electrofacies: electrofacies en forma de cilindro, electrofacies en forma de campana y electrofacies en forma de embudo (Figura 5); con las siguientes categorías:

**C:** Electrofacies en forma de cilindro

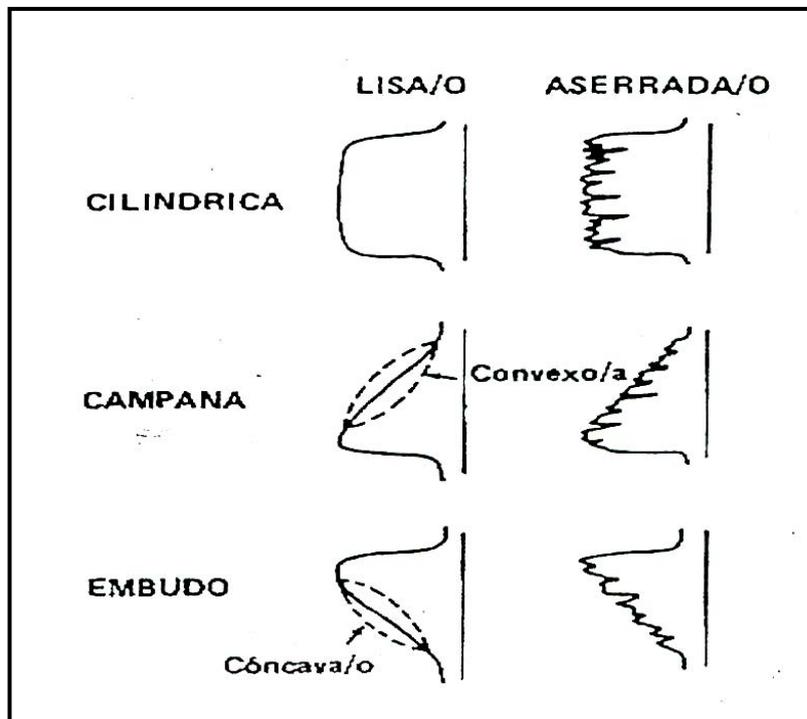
**Ca:** Electrofacies en forma de campana

**E:** Electrofacies en forma de embudo

En diversas oportunidades se mostraron respuestas eléctricas que dificultaron la clasificación en alguna de las mencionadas categorías, debido a la forma mixta de la curva: campanas o embudo (Figura 20).

Estas respuestas “mixtas” son asignadas usualmente a sistemas ambientales del tipo fluvial, específicamente a los de canales entrelazados (CANT, 1990). Los sistemas fluviales no tienen un único modelo de respuesta en los

perfiles, por el contrario, suelen ser muy variados, a tal punto de dificultar la asignación de algún patrón eléctrico en particular.



**Figura 5.** Respuestas eléctricas más comunes en la curva SP. Tomado de MÉNDEZ (2003)

### 5.3.3. Definición de asociaciones sedimentarias:

Esta definición está sustentada en un método empírico que posibilitó observar el patrón de agrupación de cada litofacies identificada en los pozos petroleros abordados, las mismas concretan asociaciones de facies presentes al tiempo de interpretar procesos sedimentarios que caracterizan a un ambiente en particular.

## 6. TRABAJOS PREVIOS:

A continuación se presenta una breve reseña de antecedentes de trabajos de investigación referentes tanto a la Cuenca Oriental de Venezuela, como al área de estudio y a las regiones cercanas a la misma.

### 6.1 Trabajos regionales:

Reseña de los trabajos previos y publicaciones en orden histórico, realizados en la Cuenca Oriental de Venezuela:

WIEDENMAYER (1937), realizó una comparación entre las dos cuencas sedimentarias del Terciario: Cuenca de Maracaibo y la Subcuenca de Maturín. Describe los márgenes de la Subcuenca de Maturín indicando que éstos debían seguir una línea que pasaba por aproximadamente por los estados Guárico, Aragua de Maturín, San Mateo, Aragua de Barcelona, Pariaguán, a mitad de la distancia entre La Canoa y Ciudad Bolívar. Asimismo expresa que esta Subcuenca podía algunas veces, haber estado conectado con el Estuario de Barcelona, por el oeste y noreste, hacia el este se extendía más allá de Trinidad y durante períodos prominentes estuvo conectada con mar libre.

GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), explican la evolución de la Cuenca Oriental de Venezuela y su respectiva sedimentación. Definiendo caracteres distintivos de sus unidades litológicas.

ARNSTEIN *et al.* (1985), delimitaron cuatro zonas en la Cuenca Oriental de Venezuela con secuencias estratigráficas muy particulares: a) región nororiental en donde se ha preservado una secuencia ininterrumpida de edad Cretáceo-Terciario. b) región noroccidental caracterizada por rocas de edad Oligoceno-Mioceno temprano, las cuales yacen discordantemente sobre rocas cretáceas o precretáceas. c) región meridional en donde están ausentes los depósitos

Oligoceno y Mioceno temprano, y d) región central en donde depósitos terciarios remanentes descansan discordantes sobre los depósitos cretáceos-paleozoicos.

BELLIZZIA *et al.* (1985), explican el origen de la deflexión de Barcelona. Esta deflexión la definen como un cinturón tectónico limitado por las fallas de Urica-Cerro Grande y Santa Inés, el cual aparentemente constituye la parte occidental del corrimiento frontal oriental. Además definen los rasgos estructurales y características más importantes, en esta región, de la Cuenca Oriental de Venezuela.

CAMPOS *et al.* (1985), plantean la evolución estructural de la región noreste de Anzoátegui y su relación con el norte de Monagas, desde el Oligoceno hasta el Cuaternario. La resume como una alternancia de períodos largos en extensión y etapas compresivas cortas.

CIGLER *et al.* (1985), reconstruyeron la historia de sedimentación del Terciario en la Cuenca Oriental de Venezuela, y estudiaron la relación existente entre la paleotemperatura, el aporte de sedimentos, la compactación, la subsidencia y la maduración térmica. Concluyen que existe una disminución progresiva hacia el sur de la maduración térmica, desde el norte de Anzoátegui hacia el Área Mayor de Oficina, igualmente una disminución gradual de la misma desde el oeste hacia el este.

MÉNDEZ (1985), ilustra y explica el proceso de sedimentación de la Cuenca Oriental de Venezuela y su relación con la génesis, migración y acumulación de los hidrocarburos, a través de bloques diagramáticos

VILLEGAS (1985), determinó los rasgos estructurales mayores que evidencian los cambios progresivos en la configuración de la Cuenca Oriental de Venezuela. Esto se logró a través del análisis de características geológicas con mapas de contornos estructurales y de espesores de intervalos entre marcadores regionales. Se obtuvo como resultado la evidencia de la migración gradual del

depocentro desde el noroeste de (Guárico) hacia el este, debido al basculamiento de la cuenca durante el Terciario. Al mismo tiempo de la sedimentación basal de la Formación Oficina ocurrió un fallamiento normal que hundió la parte norte del estado Anzoátegui, posteriormente se produjo un levantamiento compresional al norte que dio origen al Corrimiento de Anaco.

ERLICH & BARRET (1990), realizaron un trabajo acerca de la historia tectónica del norte del área de Venezuela-Trinidad, en donde determinaron que la misma ha estado dominada por el desplazamiento discreto de bloques con desplazamientos notables. Este estudio sugiere que las fallas y las estructuras de transpresión-transtensión-compresión identificadas, son el resultado del movimiento de la placa del Caribe desde el Paleoceno a lo largo del margen este de Venezuela y no es un producto de “shear couple”.

PARNAUD *et al.* (1995), describieron dos provincias petrolíferas principales en la parte central de la cuenca Oriental de Venezuela; construyen un modelo geológico integrado usando datos estratigráficos, estructurales, geoquímicos y de yacimiento, con la finalidad de identificar los sistemas petroleros y definir yacimientos petrolíferos en el área.

DI CROCE *et al.* (1999), realizaron un trabajo sobre la secuencia estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela basados en el análisis secuencial y estructural de la cuenca. El contexto estructural de la cuenca lo definieron en 4 etapas: 1) una fase de pre-“rift” ocurrida durante el Paleozoico/Pre-Jurásico; 2) una fase de “sinrift” en el Jurásico; 3) una fase de margen pasivo ocurrido durante el Cretácico-Oligoceno, y por último, 4) una fase de “foredeep” en el Neógeno.

## **6.2 Trabajos locales:**

Reseña de los trabajos previos y publicaciones en orden histórico, realizados en el área particular de estudio y en regiones cercanas a la misma:

HEDBERG (1937), describe a la Formación la Pascua como una arenisca cuarcítica de color claro, intercalada con areniscas laminadas de color gris claro, moteadas de rojo por la meteorización y con espesor de 500 a 6000 pies, aproximadamente, le asigna además una edad de Eoceno Superior.

FUNKHOUSER *et al.* (1948), introducen el término Formación Merecure en el subsuelo de los campos petrolíferos de Anaco y describen sus características desde el punto de vista sedimentológico.

DE SISTO (1960), publica una nomenclatura estratigráfica del subsuelo, basado en numerosas correlaciones de registros de pozos. Igualmente hace un estudio de la distribución geográfica de arena neta y de los lignitos presentes en la Formación Oficina en el Área Mayor de Oficina.

KISER (1971), ubica el Área Mayor de Oficina en todo el flanco sur de la Subcuenca de Maturín, refiere allí a la Formación Oficina como la mayor productora de petróleo. Igualmente, establece que la futura exploración de la Subcuenca de Maturín se extendería al este de la producción conocida a hasta ese momento, hacia el delta Amacuro, y al norte y noreste hacia el eje de la Cuenca oriental.

MILLER & MARTÍNEZ (1972), realizan un estudio de la sucesión estratigráfica de formaciones La Pascua y Roblecito en el área del Baúl; describiendo así a estas formaciones: La Pascua, como una secuencia de areniscas basales cuarzosas, duras, bien consolidadas con intercalaciones delgadas de limolitas y lutitas que son localmente calcáreas. Mientras que a la Formación Roblecito la describen como una secuencia lutítica, micácea, de color verde a gris, intercalada con pequeñas y delgadas capas arenosas. Además indican que el límite entre ambas formaciones es transicional.

GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), hicieron una revisión de las características litoestratigráficas de las formaciones Oficina y Merecure, que se

presentan en el subsuelo de todo el flanco sur de la Cuenca Oriental de Venezuela. Adicionalmente señalan nuevas interpretaciones litológicas y ambientales basadas en nuevas observaciones de dichos intervalos.

AUDEMARD *et al.* (1985), en su estudio regional de la Faja Petrolífera del Orinoco reconocieron tres ciclos de transgresión-regresión a partir de correlaciones litoestratigráficas. El ciclo inferior, ó ciclo 1, se restringe a la parte occidental de la Faja Petrolífera del Orinoco e incluye las formaciones La Pascua, Roblecito y Chaguaramas (basal). Los ciclos 2 y 3 incluyen las formaciones Oficina, Chaguaramas superior y Freites. Las unidades arenosas tipifican deltas progradantes hacia el norte, asociados a fases regresivas, influenciado por la acción de las olas y mareas.

AYMARD *et al.* (1985), correlacionaron regional y detalladamente 24 pozos en el Campo gasífero de Yucal Placer, al norte de la Cuenca Oriental de Venezuela. Además, integraron la información estructural, estratigráfica, bioestratigráfica, sedimentológica y geoquímica del mismo, para delinear los yacimientos de gas en 16 horizontes y estimar así sus reservas.

ZEUSS (1985), realizó una exploración sistemática de trampas estratigráficas en el grupo Merecure y la Formación Oficina, de las Áreas Mayores de Oficina y Anaco, Cuenca Oriental de Venezuela.

CARNEVALLY *et al.* (1987), presentaron observaciones estructurales cualitativas de superficie y subsuelo a escala regional y de detalle con el objeto de mostrar la evolución tectono-estratigráfica de la Serranía del Interior y de la subcuenca de Maturín.

RODRÍGUEZ (1987), realizó un modelado de la Cuenca Oriental de Venezuela considerando la flexión de la Placa Suramericana como una cuenca asociada a cinturones de sobrecorrimientos producida por el peso de las napas que se sobrecorrieron al norte de Venezuela durante el Terciario. En tal sentido,

considera que el ancho y profundidad de la cuenca podría estar directamente relacionada con el tamaño, peso de la carga, rigidez y espesor de la placa que se sobrecorre.

DAAL *et al.* (1989), realizan una integración de la información geológica y geofísica de la región noreste de la Cuenca Oriental aplicando la metodología de secuencias sísmicas; correlacionando y calibrando los datos sísmicos con los de pozos, además elaboraron los esquemas tectónicos e interpretaron el marco paleogeográfico en diferentes épocas del Terciario.

RIVERO (1993), definió ocho litofacies características en la Formación Oficina (arenas I y R), basado en atributos litológicos mesoscópicos de los estratos constituidos por capas de areniscas, lutitas, algunas limolitas y ocasionales lignitos.

ROJAS & HERNÁNDEZ (1997), describen la Formación Chaguaramas indicando sus equivalentes litológicos laterales y verticales en la unidad de Guárico oriental.

GAMERO *et al.* (2000), identificaron estructuras sedimentarias, determinaron paleocorrientes y orientaciones de cuerpos sedimentarios de la Formación Merecure en el Campo Guárico 13 de la Unidad Sanvi-Güere. Utilizando los registros de imágenes de pozos.

GUERRA *et al.* (2000), definen la paleogeografía del Oligoceno-Mioceno de la Cuenca Oriental de Venezuela, caracterizan las rocas madres y reservorios dentro de un marco cronoestratigráfico y paleoambiental lo mejor adecuado posible. Realizando un estudio bioestratigráfico y calibrando el mismo con la interpretación sísmica.

MIZOBE *et al.* (2000), aplicaron estratigrafía de alta resolución al campo de Campo Guárico 13 de la Unidad Sanvi-Güere, correlacionando capas de carbón

así como superficies de inundación marinas y lacustrinas. Para la elaboración de un análisis paleoambiental de todos los intervalos productores y construir, así un modelo de los reservorios.

GAMERO *et al* (2001), realizan un reporte geológico del Campo Guárico 13, en la Unidad de Guárico Oriental. Incluyendo la actividad tectónica durante el Mioceno Inferior y Superior.

VELÁQUEZ (2002), realizó un estudio de facies de las unidades estratigráficas informales B-C-D-E en la Formación Oficina y su relación con los perfiles eléctricos de imagen en el campo Sincor, Zuata, Estado Anzoátegui.

VARELA (2004), caracterizó sedimentológicamente las capas rojas en siete pozos pertenecientes al área del Machete, en el estado Guárico, para lo cuales se determinaron los ambientes de sedimentación, grado diagenético, relaciones estratigráficas y potencial como roca yacimiento para las formaciones Carrizal e Ipire. Para tal fin, realizó un estudio detallado de núcleos, ripios, y secciones finas.

## CAPÍTULO II

### GEOLOGÍA REGIONAL

#### 1. GENERALIDADES

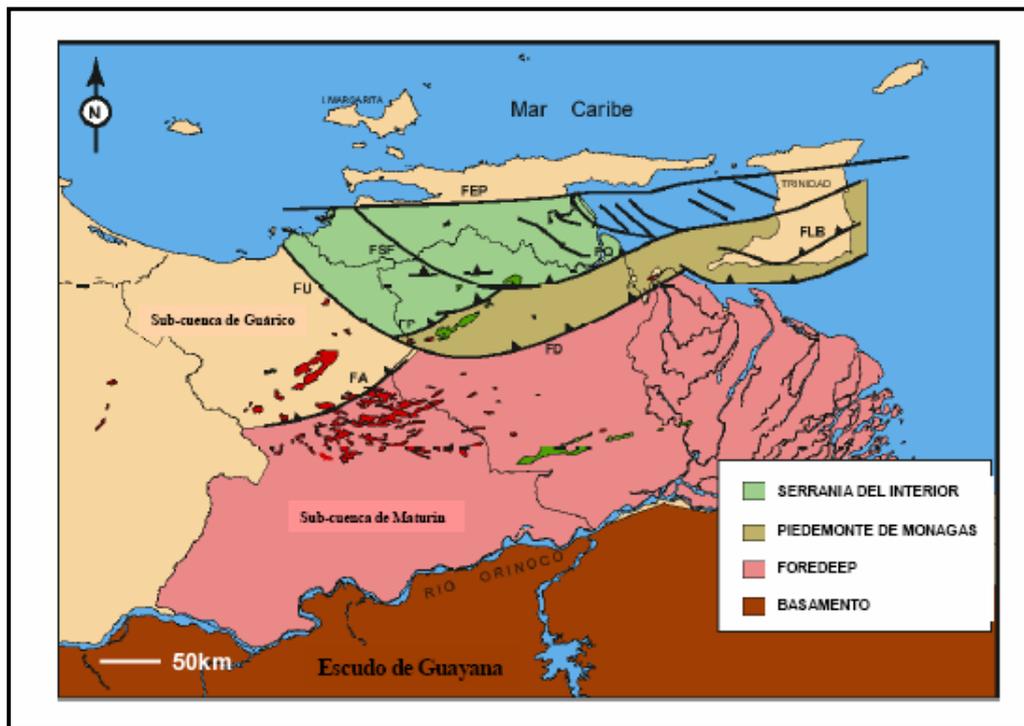
La Cuenca Oriental de Venezuela es una depresión topográfica y estructural situada en la zona centro-este del país, entre las coordenadas 8° y 11° latitud norte y 61° y 66° de longitud oeste; se halla limitada al sur por el río Orinoco, al oeste por el Arco de El Baúl, al norte por la Serranía del Interior Central y Oriental, al este por la plataforma deltana. (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).

Esta cuenca abarca 164.000 km<sup>2</sup> de superficie, lo cual hace que sea la primera en extensión superficial en Venezuela, mide aproximadamente 200 km de ancho, en sentido norte sur, y 600 km de longitud, en sentido este oeste; comprende los estados Guárico, Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro (MÉNDEZ 1985).

La cuenca es asimétrica con vergencia general hacia el este. Tiene forma de “U” abierta hacia el este, su flanco norte está caracterizado por una zona de gran complejidad tectónica y su flanco sur se inclina ligeramente al norte; la parte más profunda se halla en el área noreste (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).

La Cuenca Oriental de Venezuela es la segunda en importancia, con respecto a las reservas petrolíferas, en Venezuela y Suramérica; la primera es la Cuenca de Maracaibo (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).

La Cuenca Oriental de Venezuela se subdivide en dos subcuencas: la Subcuenca de Guárico y la Subcuenca de Maturín (Figura 6); ambas están separadas por estructuras complejas asociadas con el sistema de fallas de Anaco. (VILLARROEL 1993; BEJARANO *et al.* 1996, en DI CROCE *et al.* 1999).



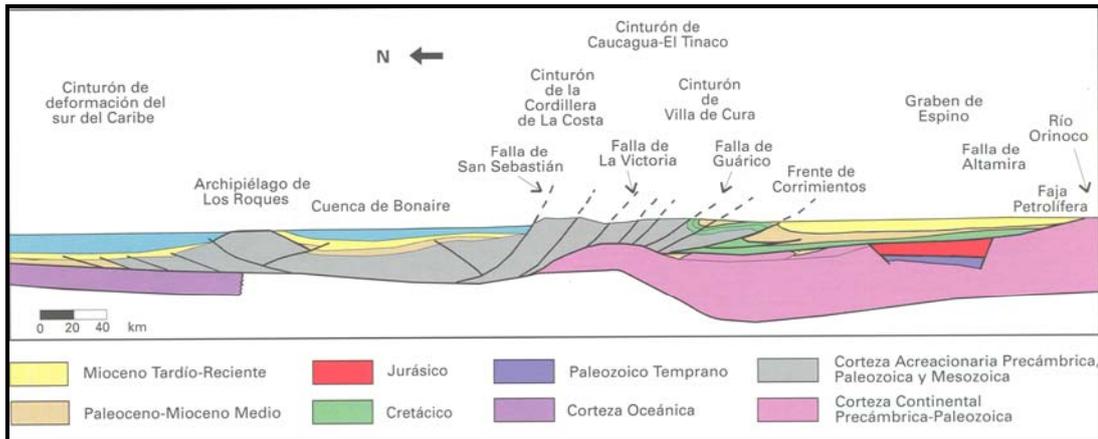
**Figura 6.** Principales elementos estructurales de la Cuenca Oriental de Venezuela.

Abreviaturas: FEP= Falla de El Pilar; FSF= Falla de San Francisco; FP= Falla de Pirital; FU= Falla de Urica; FLB= Falla de Los Bajos; FA= Falla de Anaco; FD= Frente de deformación

Tomado y modificado de HUNG 1997, en MORALES 2002

## 2. SUBCUENCA DE GUÁRICO

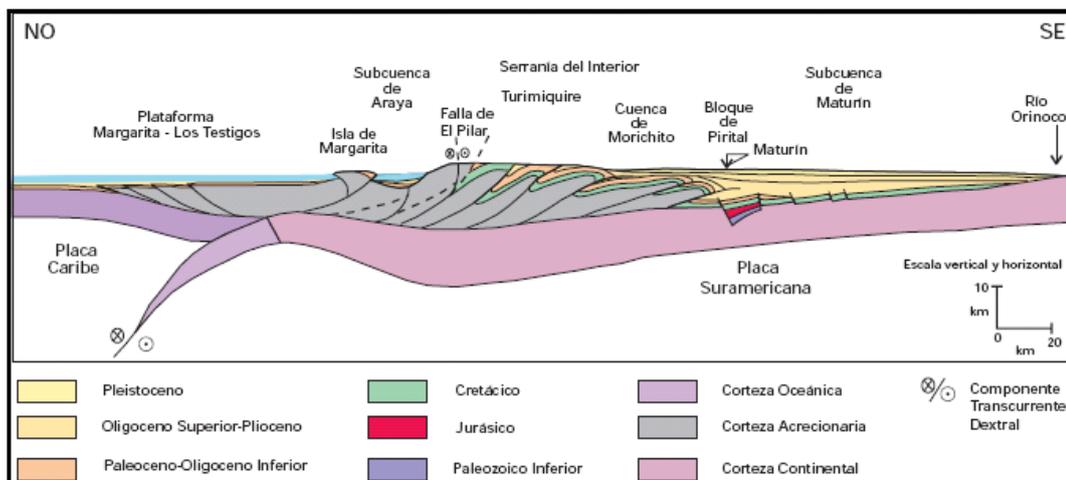
Según OSTOS & YORIS (1997), esta subcuenca comprende los estados Guárico y parte norte de Anzoátegui; el flanco norte se encuentra asociado al frente de deformación, también llamado frente de corrimientos, donde se ubica el sistema de fallas de Guárico (Figura 7). Este frente muestra un complejo marco tectónico, puesto que sobrecarga rocas cretácicas y terciarias; el flanco sur muestra evidencias de depresiones estructurales en las que se conservaron rocas jurásicas y paleozoicas y en donde las secuencias cretácicas y terciarias se acuñan en el mismo sentido. Las principales trampas son combinaciones del tipo estratigráfico y estructural, en campos alejados al frente de deformación.



**Figura 7.** Corte Geológico norte-sur desde el cinturón de deformación del Caribe hasta el río Orinoco. Tomado de OSTOS & YORIS (1997)

### 3. SUBCUENCA DE MATURÍN

Según OSTOS & YORIS (1997), esta subcuenca comprende los estados Monagas, Delta Amacuro y parte sur de Anzoátegui; constituye la principal unidad petrolífera de la Cuenca Oriental. Hacia el sur de la subcuenca se definen dos dominios operacionales: uno al norte del corrimiento de Pirital y otro al sur, debido a la deformación estructural y a los acuñaientos de las unidades estratigráficas. La sedimentación del flanco norte se halla representada, en buena parte, en la Serranía del Interior Oriental y comprende una espesa secuencia sedimentaria que abarca desde el Cretácico Inferior hasta el Pleistoceno. (Figura 8). El flanco sur presenta una estratigrafía más simple, semejante a la de la Subcuenca de Guárico en el subsuelo.



**Figura 8.** Corte noreste-sureste desde la Plataforma de Margarita hasta el río Orinoco. Tomado de OSTOS & YORIS (1997)

#### 4. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE LA CUENCA ORIENTAL DE VENEZUELA

La evolución de la Cuenca Oriental de Venezuela ha sido estudiada por diferentes autores, entre ellos: PARNAUD *et al.* (1995) y DI CROCE *et al.* (1999), en este punto se expone la visión de cada uno de ellos por separado:

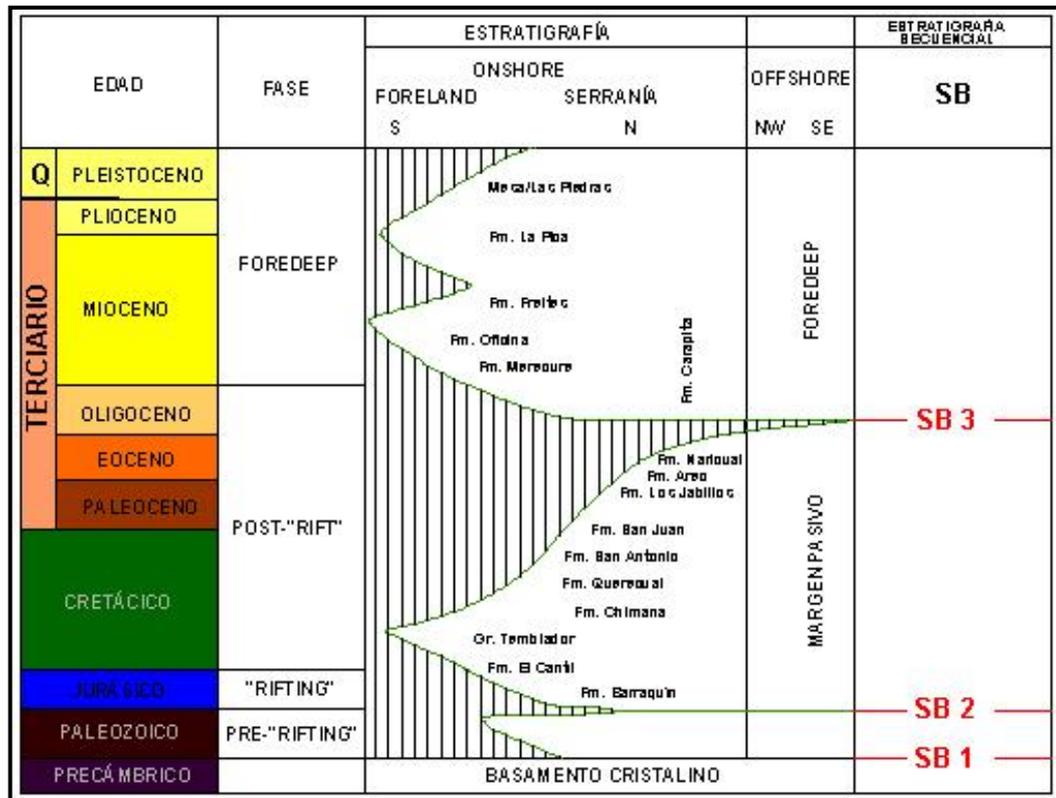
**4.1. Según DI CROCE *et al.* (1999) se pueden diferenciar tres principales episodios tectónicos:**

##### *Episodio rift (Triásico-Jurásico Tardío)*

Caracterizado por la ruptura de Pangea, supercontinente que reunía las masas continentales de América, Europa y África, actuales, (OSTOS & YORIS 1997), la cual inicia la apertura del margen Atlántico de Venezuela y separa a Norteamérica de Suramérica, al final de Jurásico.

DI CROCE *et al.* (1999) establecen que este episodio está definido por dos límites de secuencia regionales: SB1 y SB2. El primero corresponde al tope del basamento cristalino Precámbrico y el segundo al tope de la secuencia pre-

cretácica, indican además, que ambos límites no son tan fáciles de definir (DI CROCE *et al.* 1999) (Figura 9).



**Figura 9.** Cronoestratigrafía general, fases tectónicas y límites de secuencias mayores en la Cuenca Oriental de Venezuela. Tomado y modificado de DI CROCE *et al.* (1999)

### *Episodio margen pasivo (Jurásico tardío-Oligoceno)*

Caracterizado por subsidencia tectónica de la litósfera y por cambios eustáticos del nivel del mar mundiales, DI CROCE *et al.* (1999) establecen que este episodio está definido por dos límites de secuencias regionales: SB2 y SB3. El primero corresponde al tope de la secuencia rift y el segundo al tope de la secuencia pasiva. Este episodio puede ser dividido en tres fases transgresivas y dos regresivas, las cuales se desarrollan de norte a sur y culminan durante el Turoniense, Paleoceno Temprano, Eoceno y Oligoceno.

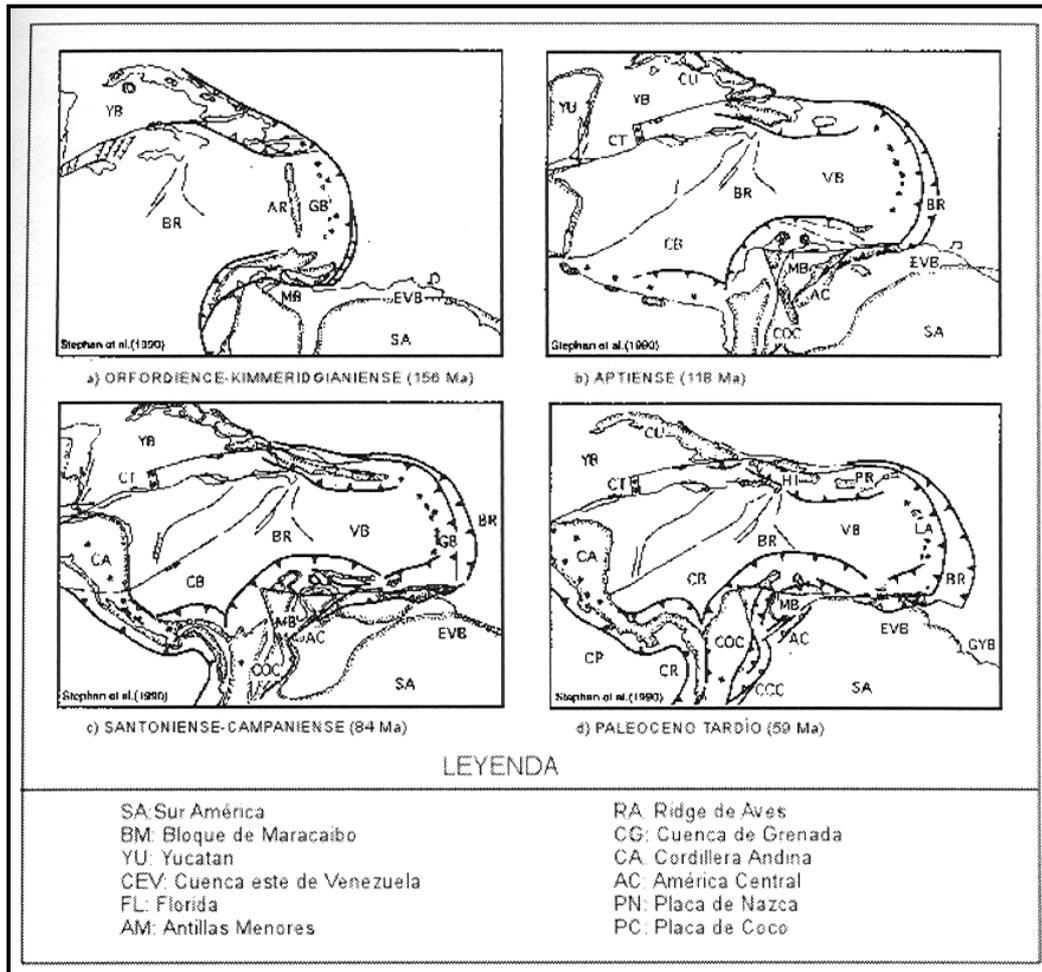
En el Campaniense el Arco de Islas Magmáticas de las Protoantillas Mayores colisionó con el margen pasivo de Norteamérica y Suramérica, durante el Paleoceno Temprano la expansión del piso oceánico entre América del Norte y América del Sur cesa y la Placa del Caribe comienza a migrar hacia el norte. Inicialmente los efectos de esta colisión en el margen nororiental de Venezuela son insignificantes a diferencia del lado occidental donde se sintieron los efectos desde el Paleoceno Tardío.

El conjunto de transpresiones en el oeste de Venezuela ocurre durante el Eoceno Temprano-Medio, progresivamente el movimiento de la placa caribeña afecta a Venezuela oriental y a Trinidad durante el Oligoceno-Mioceno Medio y continúa hasta el presente.

#### *Episodio margen activo (Oligoceno-Reciente)*

Caracterizado por el movimiento transpresivo de la Placa del Caribe con el borde norte de la placa suramericana; el margen pasivo formado durante el Cretácico es transformado en un frente de corrimientos, en un surco profundo o “foredeep” y en una cuenca antepaís o cuenca “foreland basin” asociadas todas entre sí; De norte a sur se presentaban de la siguiente manera: Frente de corrimientos, seguido por una cuenca profunda conocida como “foredeep”, donde se depositaron los mayores espesores de sedimentos, y una cuenca “foreland basin” conectada a la plataforma. La Cuenca Oriental de Venezuela es definida en respuesta al esfuerzo y a la carga antepaís, incrementando la deformación transpresional hacia el este.

Actualmente la Cuenca Oriental de Venezuela está ubicada cerca de la conexión entre la Placa Atlántica, de Norteamérica y del Caribe. (Figura 10).



**Figura 10.** Desarrollo del borde sur del Caribe durante el Mioceno Medio al Presente.

Tomado y modificado de STEPHAN *et al.* (1990), en VARELA (2004)

**4.2. Según EVA *et al.* (1989), en PARNAUD *et al.* (1995), la evolución de la Cuenca Oriental de Venezuela puede ser dividida en cuatro episodios tectónicos mayores:**

*Episodio previo al rift del Jurásico*

Ocurre durante el Paleozoico cuando los continentes permanecían unidos en un solo supercontinente llamado Pangea. Existía una sedimentación pericratónica en el borde septentrional del Escudo de Guayana (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980), por lo tanto una sola cuenca estaba definida e incluía a las actuales cuencas de Barinas-Apure y de los Llanos Orientales de Colombia.

### *Episodio de rift-drifting*

Desarrollado durante el Jurásico Tardío y Cretácico Temprano, está caracterizado por la formación de grábenes, la creación de corteza oceánica en el dominio de Tetis-Caribe y una discordancia regional asociada al rompimiento.

### *Episodio de margen pasivo*

Ocurrió durante el Cretácico-Paleógeno, está caracterizado por tres principales fases transgresivas desarrolladas de norte a sur, las cuales culminaron durante el Turoniense, Paleoceno Temprano, Eoceno y Oligoceno, respectivamente. Estos eventos marcaron cambios eustáticos del nivel del mar a nivel mundial VAIL *et al.*(1977), en PARNAUD *et al.* (1995).

### *Colisión oblicua*

La etapa de margen pasivo finaliza durante el Oligoceno cuando se inicia la colisión oblicua de la Placa Caribe con el borde nororiental de la placa suramericana. El choque entre las dos placas genera un cambio en la cuenca y forma una cuenca antepaís o “foreland basin”; esta colisión migra progresivamente al hacia el este durante el Oligoceno al Mioceno Temprano, dividiendo la cuenca foreland en tres áreas:

- a. Un área sur que corresponde a una zona plataformal.
- b. Una zona central correspondiente a la antefosa o “foredeep” y,
- c. Un área al norte correspondiente al área de corrimiento; el empuje del frente de deformación aplicado al borde norte continental de Suramérica ocasionó la migración del foredeep de norte a sur.

## 5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

La zona norte de la Cuenca Oriental de Venezuela se encuentra fuertemente fallada, plegada y deformada dentro de un marco tectónico compresivo relacionado a la colisión de la Placa Caribe con el borde norte de la Placa de Suramérica, a partir del Oligoceno Tardío hasta el Mioceno Tardío, cuando ocurre la reactivación de todos los elementos estructurales preexistentes con la formación de nuevas estructuras paralelas a la Serranía del Interior (DAAL *et al.* 2000, en CUETO 2002).

Según BLANCO *et al.*, (2000), la Cadena Caribe está compuesta por un apilamiento de napas de origen ígneo-metamórfico, las cuales fueron emplazadas progresivamente sobre el margen pasivo de Suramérica, desde el oeste hacia el este, a partir del Paleoceno. El contacto entre las rocas alóctonas y las autóctonas en el flanco norte de la Cuenca Oriental de Venezuela se realiza a través de la faja volcada, a lo largo de la cual rocas de edad Cretácico Superior-Paleoceno, del Flysch de Guárico, sobrecorren a rocas oligomiocenas pertenecientes a la megasecuencia del “foredeep”, conocidas en superficie como formaciones Roblecito, Naricual, Quebradón y Quaimaré, es a lo largo de esta franja que se define el Corrimiento frontal de la Cadena Caribe.

La Serranía del Interior está compuesta de rocas cretácicas y terciarias que pertenecen tanto al margen pasivo suramericano como al “foreland basin” terciario. El límite occidental de la Serranía del Interior está controlado por el sistema de rampas laterales de Urica.

La zona sur de la Cuenca Oriental de Venezuela se caracteriza por ser un homoclinal con buzamiento entre 3° y 5° en dirección al NE, la sedimentación terciaria se halla debajo de cabalgamientos, con fallas normales de rumbo este-oeste franco y este-noreste, completándose estos sistemas con los sistemas transversales de rumbo noroeste y noreste, asociadas a un régimen extensivo

durante el Jurásico y reactivadas en el Oligoceno-Mioceno, siendo el plegamiento muy suave en esta zona. (DAAL *et al.* 2000, en CUETO, 2002).

### **5.1. Estructuras geológicas principales**

Entre los principales elementos estructurales que sugieren la evolución de la Cuenca Oriental de Venezuela, se encuentran los siguientes: El Corrimiento Frontal de Guárico, el Corrimiento de Anaco, el Corrimiento de Pirital, la Serranía del Interior Oriental, la falla de El Pilar, la falla de San Francisco, la falla de Urica y el Sistema de fallas del flanco sur de la cuenca. (Figura 6).

*Corrimiento Frontal de Guárico:* representa el límite septentrional del noroeste de la cuenca, se encuentra ubicado en el pie de monte del estado Cojedes y Guárico y en la parte noroccidental del estado Anzoátegui, tiene una longitud aproximada de 400 km por 7 km de ancho. Al sur de esta estructura positiva existe un contacto tectónico por sobrecorrimientos de formaciones cretácicas, metamorfizadas, y paleocenas en facies de flysch sobre formaciones autóctonas oligomiocenas.

*Corrimiento de Anaco:* se ubica en la parte central del estado Anzoátegui y representa el límite entre las Subcuenca de Guárico y la Subcuenca de Maturín. VILLARROEL (1993), BEJARANO *et al.* (1996); en DI CROCE *et al.* (1999) consideran que esta falla en sus comienzos fue normal, con buzamiento hacia el noroeste y posteriormente fue invertida a su posición actual, con buzamiento promedio de 45° en dirección noroeste.

*El Corrimiento de Pirital:* se encuentra en la parte meridional de la Serranía del Interior, se inicia al este de la falla de Urica y continúa hasta alcanzar a la falla de San Francisco, extendiéndose unos 150 km de largo en el frente de montañas de la Subcuenca de Maturín BELLIZZIA, *et al.* (1985).

*La Serranía del Interior Oriental:* según BELLIZZIA, *et al.* (1985) el levantamiento de esta serranía es reciente, sus efectos sólo se observan después del hiatus paleontológico entre el Eoceno Medio y Oligoceno. Estructuralmente está formada por rocas sedimentarias del Cretácico y Terciario, sin ninguna manifestación de fenómenos magmáticos; la secuencia sedimentaria está plegada y fallada; estas fallas han sido agrupadas en tres categorías: longitudinales paralelas al rumbo de la cordillera, fallas con rumbo noroeste-sureste y fallas con dirección noreste. Estos dos últimos grupos de fallas forman un sistema conjugado sintético y antitético, respectivamente, asociado a la falla de El Pilar. Los plegamientos, volcamientos y corrimientos son más abundantes en el flanco sur de la cordillera, aunque GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1972); en BELLIZZIA, *et al.* (1985). indicaron que en una zona cercana a la costa, entre Cumaná y Santa Fe, existen corrimientos con polaridad norte. Estos corrimientos son considerados por el mismo autor como el resultado de un esfuerzo antitético al empuje, acortamiento y corrimientos hacia el sur de la cordillera, originados por el levantamiento en cuña del flanco norte de la serranía.

*La Falla EL Pilar:* es una falla transcurrente con dirección este-oeste Su génesis está relacionada a la colisión cenozoica del Arco Volcánico de las Antillas Menores con el continente y que se fue abriendo progresivamente hacia el este. Se extiende por 700 km hasta la Península de Paria (SCHUBERT 1985).

*La Falla de San Francisco:* Falla transcurrente tiene orientación noroeste con un desplazamiento estimado de 18 a 25 km medido por el desplazamiento de los ejes de los pliegues de unos 30 km. Esta falla presenta a lo largo de su historia, evidencias tectónicas, estrías, que permiten postular además de los movimientos horizontales y verticales, movimientos oblicuos (BELLIZZIA *et al.* (1985).

*Falla de Urica:* se encuentra en la parte nororiental de la Cuenca Oriental, fue inicialmente una falla dextral, la cual posteriormente evolucionó a una falla inversa con el plano de falla buzando al noreste (BELLIZZIA, *et al.* 1985).

*Sistemas de fallas del flanco sur de la cuenca:* está caracterizado por un sistema de fallas normales de rumbo este-oeste con buzamiento unas veces hacia el sur y otras veces hacia el eje de la cuenca. Algunos autores como GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), concluyen que algunas de estas fallas normales son sinsedimentarias, de gravedad o de crecimiento, sin relación alguna con fuerzas orogénicas externas.

## **5.2. Provincias tectónicas y estilos estructurales**

Según PARNAUD *et al.* (1995) se han reconocido dos provincias tectónicas, una de ellas es la provincia autóctona la cual se extiende desde el eje de la cuenca hasta el río Orinoco; esta provincia es extensional caracterizadas por fallas normales con tendencia N60°-70°E y fallas transcurrentes, más jóvenes que se localizan hacia el sur, en la parte norte también se encuentran fallas de “strike-slip” con orientación N70°W, afectando a los depósitos Cretácicos y Paleógenos. Hacia el norte por colapso gravitatorio las fallas afectan las rocas sedimentarias del Mioceno-Plioceno.

La provincia alóctona se extiende desde la falla de El Pilar hasta el eje de la cuenca correspondiente al sistema de vergencia sur, su estilo estructural compresivo se caracteriza de la siguiente manera:

- Unidad tectónica de cobertera delgada se encuentra representada por depósitos cretáceos-terciarios, los cuales están separados de su sustrato a lo largo de una interfase principal de superficie de despegue Jurásica–Cretácica (evaporitas y carbones). La separación somera ocurre en el apilamiento tectónico, especialmente entre el límite de los depósitos plataformales Mesozoicos y Paleógenos y los poco litificados del Neógeno, como la Formación Carapita.
- La deformación frontal de la provincia alóctona localmente corresponde a zonas triangulares, con progresivos acunamientos de la antifosa, la Formación Carapita depositada en este “foredeep”, zonas Mesozoicas y Paleógenas en la

rampa anticlinal El Furrial. Otra estructura triangular ocurre por debajo de la deformación frontal que se encuentra presente a lo largo del alto de Piritál.

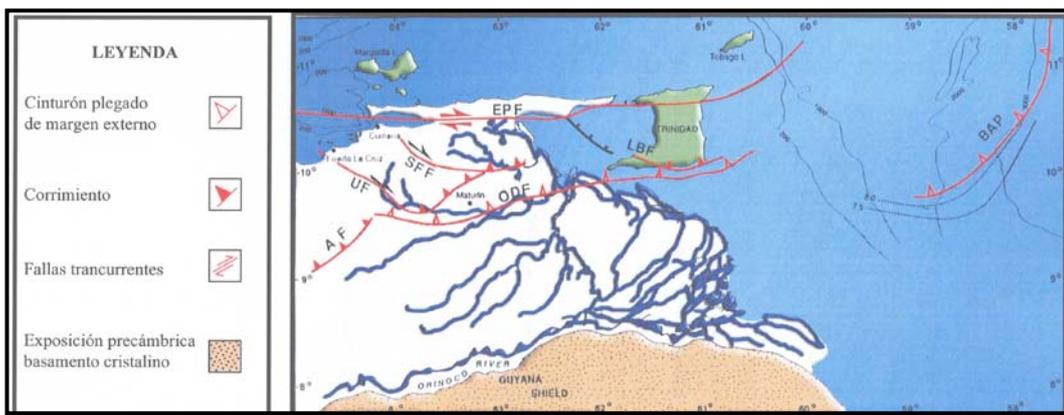
- Los pliegues cilíndricos a escalas kilométricas asociados a corrimientos poseen una dirección de N60°-70°W, y son principalmente rampas anticlinales en el área de El Furrial.
- Las secuencias de corrimientos son principalmente secuencias de piggy-back.
- Las fallas transcurrentes dextrales con una dirección N50°-60°W (Falla de Urica, San Francisco y Los Bajos) separan la Serranía del Interior dentro de áreas de evolución estructural diacrónica,
- Una zona intermedia presenta estilo estructural compresivo y extensional, la misma es interpretada entre las provincias anteriormente descritas, autóctona y alóctona.

## **6. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL**

A continuación se describirán las características de los cuatro principales ciclos sedimentarios que controlan la estratigrafía de la Cuenca Oriental de Venezuela según PARNAUD *et al.* (1995), ilustrados con imágenes de DI CROCE *et al.* (1995), en CUETO (2002). Dentro de cada uno de estos ciclos se hacen breves descripciones litológicas de las formaciones que los representan a nivel regional, según GONZÁLES DE JUANA *et al.* (1980); luego se definirán brevemente las formaciones geológicas, más importantes que engloba la zona de estudio, basado en la información del LÉXICO ESTRATIGRÁFICO (2005); dicha explicación comienza con la descripción del basamento cristalino:

## 6.1. Basamento cristalino:

Compuesto principalmente de rocas metasedimentarias y metaígneas, Escudo de Guayana, con intrusiones de granito y pertenecientes a la Era Precámbrica, FEO CODECIDO *et al.* (1984) (Figura 11). Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980) estas rocas tienen un rango de edad que abarca desde los 3600 hasta los 800 Ma, al sureste de Venezuela el basamento cristalino posee 1500 m de espesor.



**Figura 11.** Mapa de estructuras del tope del basamento Precámbrico. Tomado y modificado de DI CROCE *et al.* 1990, en CUETO, 2002)

## 6.2. Estratigrafía de la Megasecuencia previa al Rift del Jurásico:

Esta secuencia se desarrolló durante el Paleozoico y ha sido identificada a partir de los perfiles sísmicos, la misma se asocia con las formaciones Carrizal y Hato Viejo de la Subcuenca de Guárico, donde fueron depositados en ambientes costeros a neríticos (PARNAUD *et al.* 1995).

- **Formación Hato Viejo**

*Litología:* La unidad es esencialmente una arenisca de grano fino a grueso, colores gris-rosado, gris y gris oscuro, friable, dura, maciza y áspera, ligeramente calcárea y en partes muy micácea y pirítica; los granos son redondeados y muy bien cementados.

*Espesor:* El espesor máximo penetrado es de unos 91 m, aproximadamente.

*Contactos:* Inferior discordante con las rocas precámbricas del Escudo de Guayana, superior concordante con la Formación Carrizal.

*Ambiente:* El paleoambiente es de sedimentación continental, y sus sedimentos representan el relleno de cuenca (facies fluvial y/o piedemonte) de una fase erosiva, contemporánea o subsiguiente a un período de intensa actividad tectónica.

*Edad:* Cámbrico Temprano.

- **Formación Carrizal**

*Litología:* Está constituida por una espesa secuencia de arcilitas verdosas a gris oscuro, duras, masivas y densas, ocasionalmente teñidas de rojo, duras y compactas, contiene algunas capas de limolita y areniscas; generalmente está fuertemente bioturbada.

*Espesor:* Aproximadamente de unos 1.827 m, pero se supone que sea mucho mayor.

*Contactos:* Inferior concordante con la Formación Hato Viejo, superior es siempre erosivo, estando cubierto por sedimentos del Grupo Temblador o por la Formación Oficina.

*Ambiente:* Sedimentos depositados bajo condiciones de ambiente marino, nerítico.

*Edad:* Cámbrico temprano.

### **6.3. Estratigrafía de la Megasecuencia Rift:**

Esta secuencia se desarrolló durante el Jurásico Tardío al Cretácico Temprano y ha sido descrita como la Formación Ipire en el Graben de Espino (L.E.V 2005). Esta formación fue depositada en un ambiente continental y está caracterizada por lutitas rojas intercaladas con mantos de basalto (PARNAUD *et al.*, 1995). El Jurásico es reconocido como un evento de rifting (Figura 12).

### **6.4. Estratigrafía de la Megasecuencia de Margen Pasivo:**

Esta megasecuencia cubre el período del Cretácico-Paleógeno. Durante este intervalo se produce la subsidencia tectónica del margen pasivo de Venezuela, generándose cambios eustáticos globales del nivel del mar, depositándose las secuencias silisiclásticas como producto de ambos eventos PARNAUD *et al.* 1995). (Figura 13).

La etapa de margen pasivo se caracteriza por tres fases transgresivas principales, que se desarrollaran de norte a sur y culminan durante el Turoniense-Paleoceno Temprano, Eoceno y Oligoceno respectivamente. Estas fases son las siguientes:

a) La primera fase transgresiva comienza con la depositación de la Formación Barranquín. El máximo avance de la transgresión está marcado por una plataforma carbonática.

Hacia el norte está representado por las formaciones Barranquín de edad Barremiense, El Cantil de edad Albiense, Querecual y San Antonio del Cenomaniense-Coniaciense. Hacia el sur se encuentra la Formación Tigre del Turoniense. En el flanco sur se desarrolla una provincia nerítico-costera representada por margas de la Formación García y calizas y lutitas de la Formación El Cantil.

La Formación Barranquín en el flanco norte de la Serranía del Interior está caracterizada por lutitas y calizas depositadas en un ambiente de sedimentación marino, en el flanco sur está predominantemente representado por una sección arenosa de ambiente fluvio-deltaico (PARNAUD *et al.* 1995).

Por encima de la Formación Barranquín se deposita, en el flanco norte, las formaciones Borracha y Chimana, y en el flanco sur la Formación El Cantil durante el Albiense-Aptiense (GONZÁLES DE JUANA *et al.* 1980).

La Formación Borracha comprende una secuencia de calizas en la base, lutitas y margas en su intervalo medio y calizas arrecifales en el tope. Suprayacente a esta unidad se deposita la Formación Chimana de lutitas de color marrón, esta unidad representa la sedimentación marina que cubrió extensas zonas de Oriente (GONZÁLES DE JUANA, *et al.* 1980).

En el Cenomaniense-Coniaciense hacia el norte de la cuenca el ambiente netamente marino contribuye con la sedimentación de la Formación Querecual, la cual es característica de una alternancia de calizas y lutitas con concreciones. En este mismo período se sedimenta la Formación San Antonio caracterizada por calizas carbonosas y lutitas calcáreas, ambas arenosas, similares a la Formación Querecual (HEDBERG *et al.* 1950; en GONZÁLES DE JUANA *et al.* 1980).

Para el Turoniense el mar alcanza su máxima transgresión hacia el continente y la línea de costa se sitúa aproximadamente sobre el curso actual del río Orinoco, las formaciones El Tigre y Querecual culminan su sedimentación marcando el fin de la transgresión Cretácica.

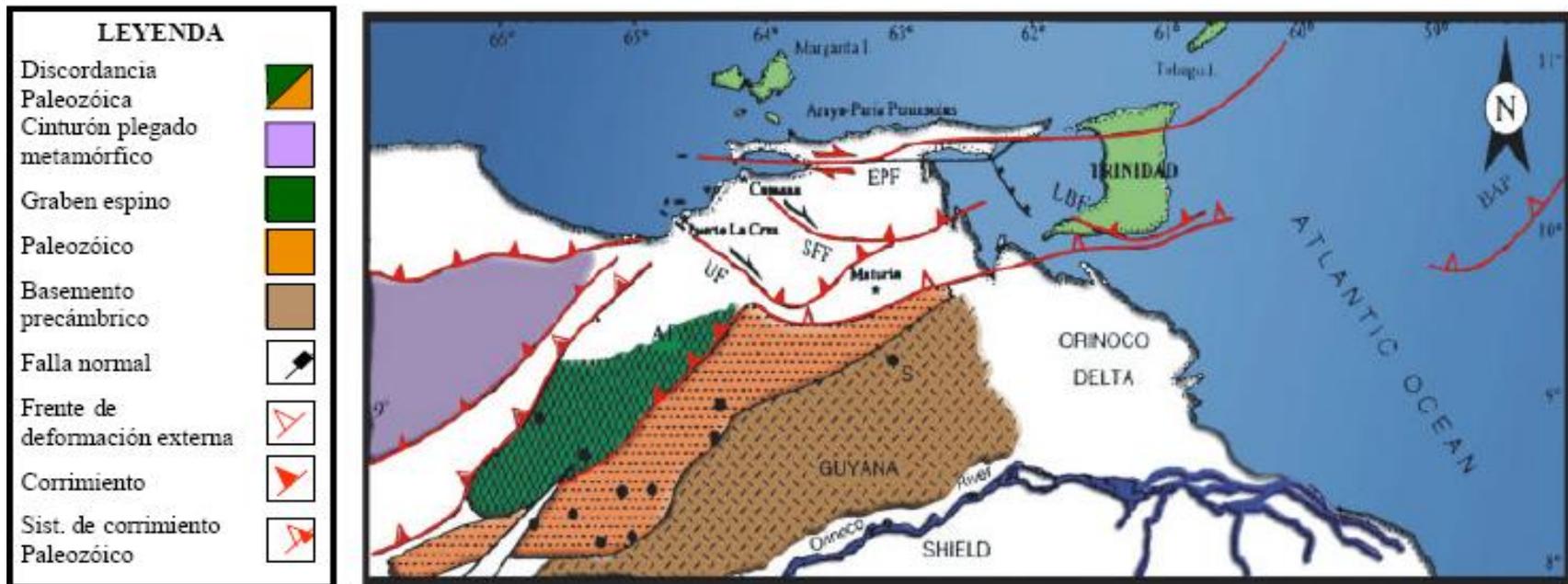
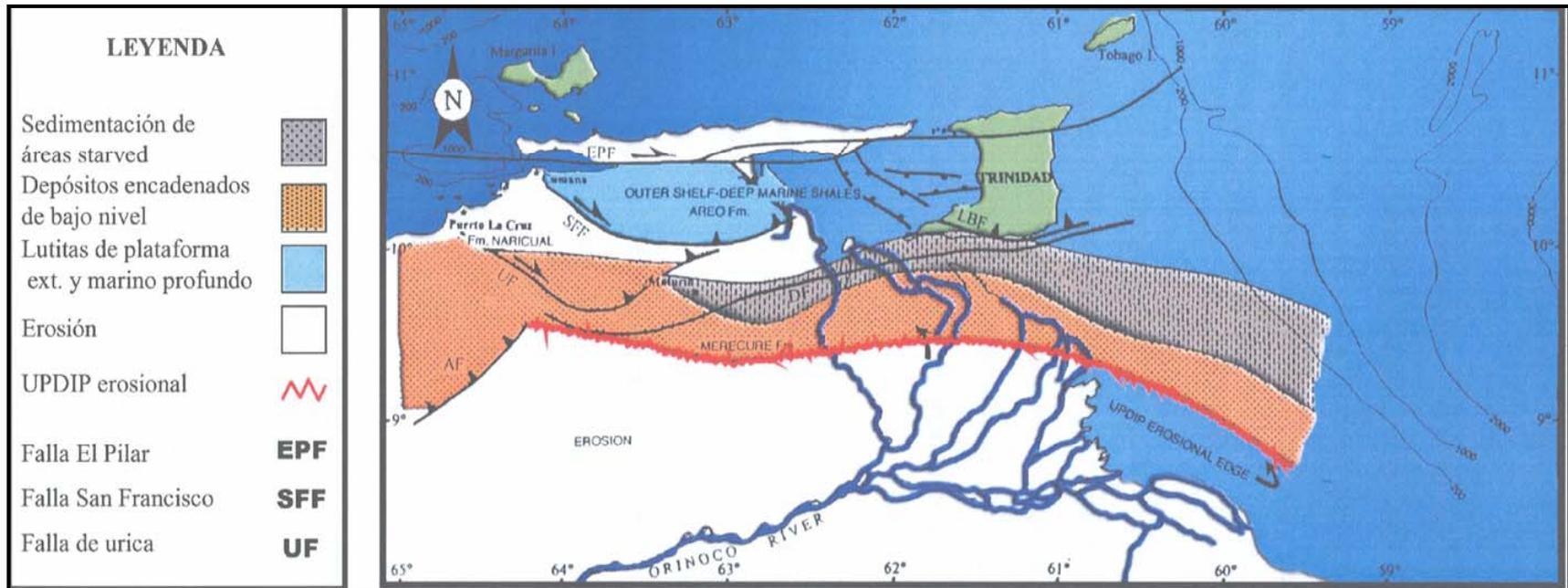


Figura 12. Mapa pre-Mesozoico generalizado. Tomado y modificado de DI CROCE *et al.* (1995), en CUETO (2002)



**Figura 13.** Mapa de facies del Oligoceno tardío justo después de 30 Ma. Nótese que el norte de Monagas y el cinturón plegado han sido desplazados por el acortamiento del Neógeno. Tomado y modificado de DI CROCE *et al.* (1995), en CUETO (2002)

## **Grupo Temblador**

Representa toda la sedimentación Cretácica conocida en el subsuelo al sur de los estados Anzoátegui y Monagas, descansa discordante sobre el Escudo de Guayana. El Grupo Temblador está constituido por las formaciones Canoa y El Tigre.

- **Formación Canoa**

*Litológia:* Conglomerados de grano fino y areniscas conglomeráticas, areniscas, limolitas y arcilitas generalmente moteadas con manchas grises, gris verdoso, amarillo, marrón, rojo, púrpura (HEDBERG *et al.* 1950, en L.E.V. 2005).

*Espesor:* En la sección tipo tiene 100 m de espesor (DUSENBURY 1960, en L.E.V, 2005). Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), varía de cero a varios cientos de metros.

*Contactos:* El contacto inferior es marcadamente discordante sobre rocas ígneas y metamórficas del basamento o localmente sobre las formaciones Hato Viejo y Carrizal (HEDBERG *et al.* 1950, en L.E.V. 2005). El contacto superior es transicional y marca un cambio de facies predominantemente continental (Formación Canoa) a facies predominantemente marinas suprayacentes (PATTERSON *et al.* 1953, en L.E.V., 2005).

*Ambiente:* Sedimentos depositados bajo condiciones de ambiente continental, del tipo fluvial, probablemente de "point bar", en aguas llanas no-marinas, bajo clima árido (SINANOGLU, 1984, en L.E.V, 2005).

*Edad:* Albiense-Cenomaniense.

- **Formación Tigre**

*Litológia:* Caracterizada por una secuencia variable, irregularmente estratificada, de areniscas y limolitas de grano fino, glauconíticas, gris a gris verdoso areniscas gruesas friables y espesas, y lutitas carbonosas y fosfáticas (HEDBERG *et al.* 1947, en L.E.V., 2005).

*Espesor:* En la sección tipo tiene 92,7 m (HEDBERG *et al.* 1947, en L.E.V., 2005).

*Contactos:* El contacto inferior es transicional marcadamente discordante sobre la Formación Canoa, su contacto superior es discordante, de carácter erosional, por debajo de las formaciones La Pascua o Merecure, según la región de estudio. Este contacto corresponde a un hiatus de considerable duración (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980, en L.E.V., 2005).

*Ambiente:* Es generalmente profundo y de tipo talud, con el desarrollo de ambientes de plataforma hacia el sur de la región de Guárico.

*Edad:* Albiense?-Maestrichtiense.

a) La segunda fase transgresiva ocurre durante el Paleoceno-Eoceno, luego de la regresión marcada por las areniscas de la Formación San Juan en el Maestrichtiense.

Hacia el centro de la cuenca se deposita la Formación Vidoño representada por una sedimentación marina de lutitas oscuras fosilífera, generalmente blanda y sin laminación (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).

- **Formación San Juan**

*Litológia:* Areniscas bien estratificadas de grano fino, bien escogidas, de color gris claro, ocasionalmente glauconítica y localmente calcáreas, con

intercalaciones centimétricas de lutitas negras y limolitas negras. Hacia el sur se interdigita con la Formación Vidoño.

*Espesor:* En el holoestratotipo tiene un espesor de 97 m y alcanza un máximo de 112 m.

*Contactos:* El contacto inferior es concordante pero abrupto, con las limolitas negras de la Formación San Antonio, su contacto superior es gradacional a las lutitas negras de la Formación Vidoño.

*Ambiente:* Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), el ambiente de sedimentación de la Formación San Juan, es de origen fluvial a marino somero, regresivo con ambientes litorales-costeros. Es generalmente profundo y de tipo talud, con el desarrollo de ambientes de plataforma hacia el sur de la región de Guárico.

*Edad:* Maestrichtiense tardío-Paleoceno.

- **Formación Vidoño**

*Litológia:* En la sección tipo consiste de una secuencia de lutitas negras, silíceas, y calcáreo-arenáceas, frecuentemente glauconíticas y piritosas, con intercalaciones menores de limolitas calcáreas, gris verdoso y areniscas de grano fino, gris oscuro, de espesores centimétricos (MACSOTAY *et al.* 1986, en L.E.V, 2005).

*Espesor:* Forma una cuña que se adelgaza hacia el sur por transición diacrónica con las formaciones San Juan y Caratas, siendo el espesor máximo señalado mayor de 335 m.

*Contactos:* El contacto inferior con la Formación San Juan y el superior con la Formación Caratas, es concordante y transicional.

*Ambiente:* Sedimentos depositados en ambientes de plataforma a talud superior.

*Edad:* La Formación Vidoño abarca el intervalo entre el Cretácico Tardío y Eoceno Temprano en sus desarrollos de mayor espesor hacia el eje de la cuenca, pero puede registrarse al Paleoceno en sus porciones más delgadas del flanco de la cuenca.

b) La tercera fase transgresiva ocurre durante el Eoceno Superior, luego de la regresión marcada por las limolitas y areniscas calcáreas de la Formación Caratas en el Eoceno temprano-tardío. Las areniscas de la Formación Caratas pueden ser marcadamente glauconíticas, dolomíticas o calcáreas, siendo característica de ambiente marino de aguas someras (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980). Esta fase transgresiva finaliza en el Oligoceno Inferior debido al inicio del levantamiento de la Serranía del Interior.

Esta etapa transgresiva comienza con la depositación en Guárico de las areniscas parálicas de la Formación La Pascua, seguida de un cuerpo lutítico de aguas marinas someras y tranquilas de la Formación Roblecito. La transgresión progresa hacia el sureste y se depositan las formaciones Los Jabillos, Aereo y Naricual del Grupo Merecure, por debajo de la cual desaparece por acuñaamiento la Formación Roblecito. Hacia el este se produce la sedimentación profunda de mar abierto, de Caripita (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).

- **Formación La Pascua**

*Litológia:* Clástico basal caracterizado por areniscas de color gris a gris marronzco, de grano muy fino a muy grueso, con cemento calcáreo y silicio Las lutitas son de color gris a negro, masivas a finamente laminadas, localmente calcáreas, con algunos granos de pirita y laminas de lignito.

*Espesor:* Desde su acuñaamiento al oeste, sur y este de la subcuenca de Guárico, las areniscas de La Pascua se engrosan a unos 150 m (PATTERSON *et al.* 1953, en

L.E.V, 2005), más de 460 m hacia el noroeste y mas de 610 m al norte al norte del campo Copa-Macoya.

*Contactos:* La formación descansa con discordancia angular sobre estratos Cretácicos, o precretácicos, su contacto con la suprayacente Formación Roblecito es transicional en sentido vertical y horizontal.

*Ambiente:* FASOLA *et al.* (1985), en L.E.V (2005), interpretaron ambientes de marino marginal a costa afuera hacia el oeste, y pantanos, estuarios y bahías interdistributarios hacia el este.

*Edad:* Oligoceno temprano sobre la mayor parte de la cuenca, llegando al Eoceno tardío en el norte de Guárico.

- **Formación Roblecito**

*Litología:* Unidad predominantemente lutítica, de color gris a gris oscuro, medianamente duras, físil, comúnmente limosa, no-calcárea, frecuentemente glauconítica y con microfósiles; hacia el tope se vuelve más limosa.

*Espesor:* Variables de 460-580 m, regionalmente su espesor varía desde su acuñaamiento estratigráfico contra el Arco El Baúl, al suroeste, hasta más de 2.130 m al noroeste. La formación se acuña erosionalmente hacia el oeste contra el Arco de El Baúl, y se acuña estratigráficamente al este de los pozos de Retumbo, Aníbal y Las Ollas, contra el Alto de Anaco.

*Contactos:* El contacto inferior y superior es transicional, tanto horizontal como verticalmente. En afloramientos, el tope de Roblecito está truncado por erosión.

*Ambiente:* CABRERA (1996), en L.E.V (2005), interpretó un paleoambiente que variaba desde plataforma media durante el Eoceno Tardío, a plataforma externa, con períodos de ambiente de talud, durante el Oligoceno Medio.

*Edad:* Eoceno tardío-Mioceno temprano, sin embargo, su edad se restringe al Oligoceno sobre la mayor parte de la cuenca.

### **6.5. Estratigrafía de la Megasecuencia de la colisión oblicua:**

La etapa de margen pasivo finaliza durante el Oligoceno cuando se inicia la colisión oblicua de la Placa Caribe con el borde nororiental de la placa suramericana. El choque entre las dos placas genera un cambio en la cuenca y forma una cuenca antepaís o “foreland basin”, esta colisión migra progresivamente al hacia el este, durante el Oligoceno al Mioceno Temprano, dividiendo la cuenca foreland en tres áreas:

- a. Un área sur que corresponde a una zona plataformal.
- b. Una zona central correspondiente a la antefosa o “foredeep” (Figura 14) y,
- c. Un área al norte correspondiente al área de corrimiento.

El empuje del frente de deformación aplicado al borde norte continental de Suramérica ocasionó la migración del foredeep de norte a sur, en el Mioceno Medio-Superior el mar de la Cuenca Oriental de Venezuela se profundiza de oeste a este, definiendo tres provincias: nerítico-costera en Guárico, representada por la Formación Chaguaramas, llanura deltaica en Anzoátegui y Monagas.

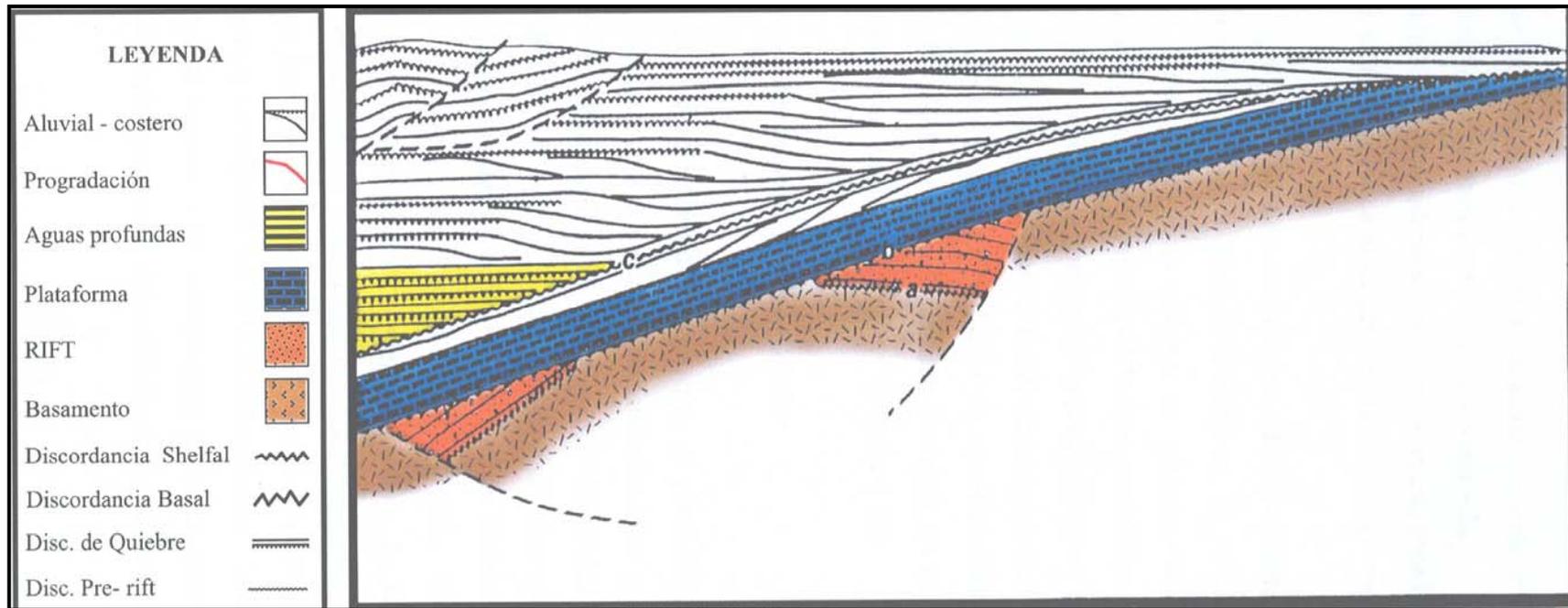
Por lo tanto el Mioceno es un período en el cual se producen cambios fundamentales en la forma de la cuenca, la cual va adquiriendo su geometría actual, de esta misma manera también cambia la distribución de los sedimentos, pasando a ambientes más continentales hacia el sur (Figura 15, 16).

En el “foredeep” se encuentran depósitos de las formaciones Oficina y Freites, de edad Mioceno (Figura 14), los depósitos de la Formación Oficina se extienden considerablemente hacia el sur y sureste hasta cerca del curso del actual río Orinoco. Hacia el este se profundiza la cuenca representado por los depósitos

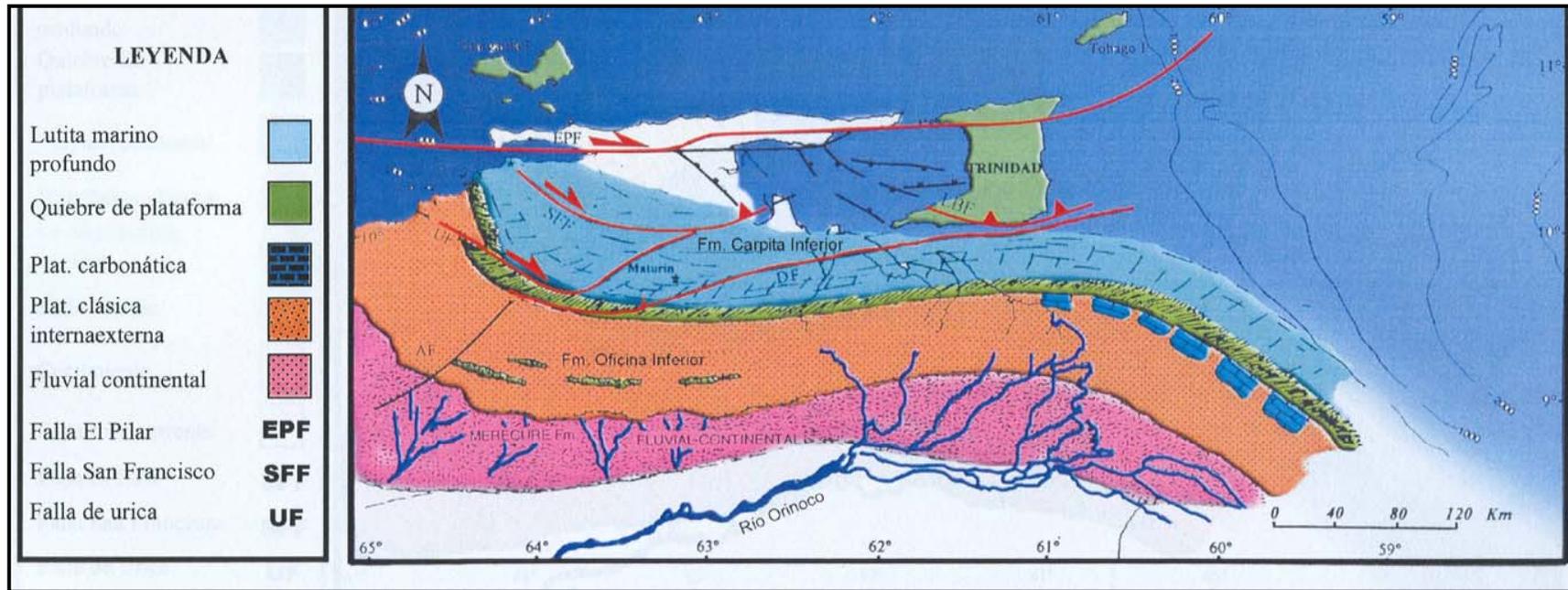
de la Formación Carapita, ésta consiste en lutitas marinas batiales, de color oscuro, con abundantes foraminíferos del Mioceno Temprano.

Durante el Mioceno Tardío-Plioceno en el “foredeep” se depositaron los sedimentos de las formaciones La Pica y Las Piedras. En el Plioceno mientras los ambientes marinos continuaron retrocediendo hacia el este, extensos ambientes fluvio-deltáicos se establecieron sobre una gran parte de la cuenca (Figura 16, 17), representados por la Formación Las Piedras.

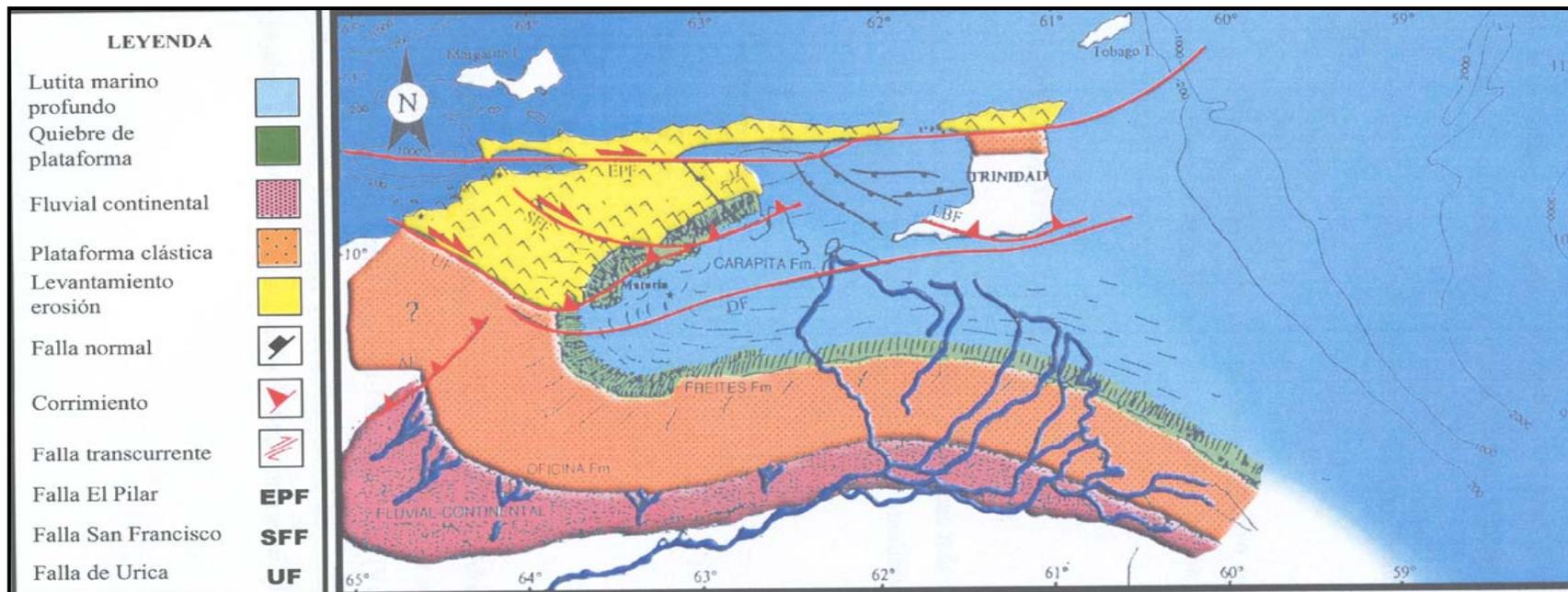
Los últimos depósitos de la Cuenca Oriental de Venezuela están representados por la Formación La Mesa, definida como una superficie en proceso e erosión. (L.E.V. 2005).



**Figura 14.** Sección idealizada de un “foredeep”. Tomado y modificado de BALLY (1989), en CUETO (2002)



**Figura 15.** Mapa de facies del Mioceno Temprano justo después del comienzo del “foredeep”, 25 Ma. Tomado y modificado de DI CROCE *et al.* (1995), en CUETO (2002)



**Figura 16.** Mapa de facies del Mioceno Medio. El norte de Monagas y el cinturón plegado son desplazados por la deformación Neógena. Tomado y modificado de DI CROCE *et al.* (1995), en CUETO (2002)

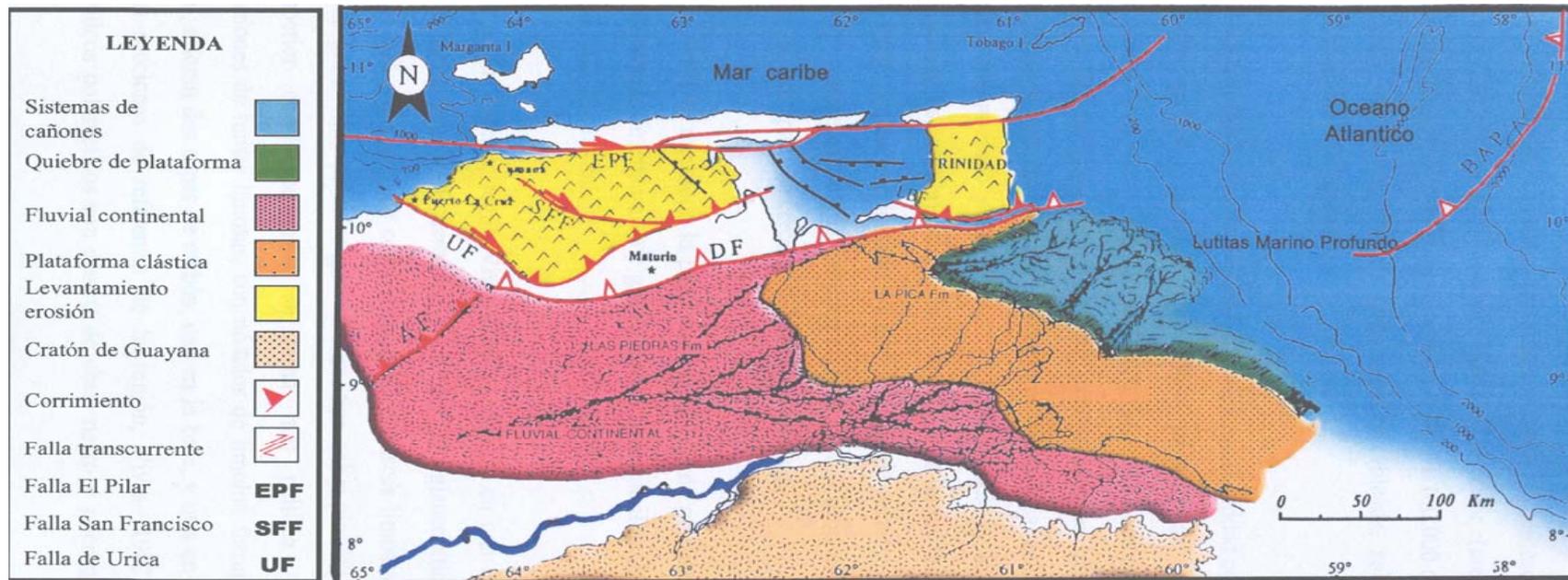


Figura 17. Mapa de facies del Plioceno Temprano. Tomado y modificado de DI CROCE *et al.* (1995), en CUETO (2002)

- **Formación Chaguaramas**

*Litología:* PATTERSON *et al.* (1953), en L.E.V (2005), describieron la formación como una secuencia de arenisca-lutita-lignitos, en general, la litología de la Formación Chaguaramas, consiste de una alternancia de areniscas, lutitas y lignitos de agua salobre, con desarrollos locales de arcillas de agua fresca y conglomerados de gujarros arcillosos (BROWN 1956, en L.E.V. 2005).

*Espesor:* Variable entre 500-890 m

*Contactos:* Contacto inferior concordante y transicional sobre la Formación Roblecito., su porción superior ha sido erosionada, excepto en el extremo oriental, donde descansa con leve discordancia por debajo de las lutitas de la Formación Freites.

*Ambiente:* Al principio, la Formación Chaguaramas fue depositada en un ambiente de pantanos costaneros extensos, ambiente que fue marcado por una abundancia de bancos ligníticos delgados intercalados con una cantidad apreciable de arena. Más tarde, en el tiempo de la sedimentación de Chaguaramas Superior, el aspecto de la cuenca cambió convirtiéndose en llanuras expuestas a secamientos intermitentes y a una fuerte oxidación, lo que produjo una acumulación de arcillas abirragadas. Algunos lignitos fueron depositados en las capas superiores de Chaguaramas durante intervalos de clima húmedo que se presentaban de vez en cuando. Alternando con las arcillas abirragadas y los lignitos, se formaron depósitos de origen salobre y a veces de ambiente marino.

*Edad:* Oligoceno tardío-Mioceno medio

- **Formación Merecure**

*Litología:* FUNKHOUSER *et al.*, (1948), en L.E.V, (2005), establecen que la formación se compone de más del 50% de areniscas, de color gris claro a oscuro, masivas, mal estratificadas y muy lenticulares, duras, de grano fino a grueso,

incluso conglomeráticas, con estratificación cruzada y una variabilidad infinita de porosidad y permeabilidad.

*Espesor:* Posee espesor máximo de 520 m (FUNKHOUSER *et al.*, 1948; en L.E.V.1997).

*Contactos:* Contacto inferior discordante por encima del Grupo Temblador. Contacto superior concordante con la Formación Oficina.

*Ambiente:* La sedimentación de la Formación Merecure ocurrió en aguas dulces a salobres. CAMPOS *et al.* (1985.) interpretan un ambiente variable de lagunas y aguas salobres a francamente marinas, el ambiente es típico de clásticos basales transgresivos depositados por corrientes fluviales entrelazadas y, en posición mas distal, por condiciones deltáicas. Las areniscas se orientan preferencialmente en sentido aproximadamente norte-sur.

*Edad:* Oligoceno tardío-Mioceno Medio

- **Formación Oficina**

*Litología:* La Formación Oficina está compuesta por una alternancia de lutitas grises, gris oscuro y gris marrón, intercaladas e interestratificadas con areniscas y limolitas de color claro y grano fino a grueso. Componentes menores, pero importantes de la unidad, son las capas delgadas de lignitos y lutitas ligníticas, arcilitas verde y gris claro, con esférulas de siderita, areniscas siderítico-glauconíticas y calizas delgadas con estructuras cono en cono.

GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, (1980), describen la Formación Oficina como una secuencia alternante de lutitas y areniscas; señalan grupos de arenas que persisten y son correlacionables sobre grandes distancias con base a su expresión en los registros eléctricos.

*Contactos:* El contacto inferior de la formación puede ser discordante sobre unidades cretácicas (HEDBERG *et al.* 1947, en L.E.V. 2005) o más antiguas (AUDEMARD *et al.* 1985), así como también, concordante sobre la Formación

Merecure (FUNKHOUSER *et al.* 1948). El contacto superior de la Formación Oficina con la Formación Freites, ha sido definido como concordante, por la mayoría de los autores. Esta unidad se presenta en el subsuelo al sur de la Cuenca Oriental de Venezuela en los estados Anzoátegui y Monagas, sus equivalentes laterales son: hacia el este la Formación Carapita por transición directa y hacia el oeste con la Formación Chaguaramas en el estado Guárico.

*Ambiente:* GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), describen la Formación Oficina como un inmenso complejo deltaico. Para HEDBERG *et al.* 1947, en L.E.V. 2005, la sedimentación de la Formación Oficina se inicia en condiciones de aguas dulces o salobres, continuando con repetidas alternancias de ambientes marinos someros, salobres y pantanosos; en general, las condiciones se hacen más marinas de oeste a este y de sur a norte.

*Edad:* Mioceno temprano–medio

- **Formación Freites**

*Litológia:* HEDBERG *et al.* (1947) describen la Formación Freites como lutitas físis verdes a gris verdoso, con areniscas en el tope y la base, que permiten la subdivisión de la unidad en tres intervalos: un intervalo superior de unos 100 m, con capas delgadas de areniscas arcillosas de grano fino, de color blanco verdoso, algo glauconíticas y muy persistentes lateralmente.

*Espesor:* Variables entre 335 y 620 m.

*Contactos:* Por encima de la Formación Oficina suprayace concordantemente la Formación Freites. Hacia el tope, la formación es concordante con la Formación Las Piedras suprayacente.

*Ambiente:* Ambiente marino abierto.

*Edad:* Mioceno medio.

- **Formación La Pica**

*Litológia:* En la localidad tipo la Formación La Pica consiste en lutitas grises, limolitas, con desarrollos importantes de areniscas arcillosas de grano fino (HEDBERG *et al.* 1947, en L.E.V., (2005).

*Espesor:* En la sección tipo alcanza los 2.757 pies.

*Contactos:* En el área de la localidad tipo, la Formación La Pica yace discordantemente sobre la Formación Carapita. Hacia el centro de la cuenca, esta relación se hace concordante y lateralmente equivalente. Al sur, la formación pasa transicionalmente a la Formación Freites. En el tope, La Pica yace por debajo de la Formación Las Piedras, siendo el contacto concordante o discordante según las áreas.

*Ambiente:* Marino somero cercano a la costa. Los eventos tectónicos contemporáneos con la sedimentación originaron una secuencia complicada de transgresiones y regresiones.

*Edad:* Mioceno tardío.

- **Formación Las Piedras**

*Litológia:* Está caracterizada por areniscas micáceas, de grano fino y colores gris claro a gris verdoso, interlaminadas con lutitas gris verdoso, arcilitas y lignitos.

*Espesor:* En la sección tipo, la formación contiene 1005 m de espesor.

*Contactos:* En la parte norte de la cuenca de Maturín, la Formación Las Piedras es concordante sobre la Formación La Pica. En el flanco sur de la cuenca, yace concordantemente sobre la Formación Freites. En general, se emplea el criterio de

fijar el contacto donde aparezcan las primeras capas de ambiente marino de la Formación Freites. En el extremo sur de la cuenca, ya cerca del río Orinoco, la formación yace posiblemente sobre el basamento ígneo-metamórfico, al desaparecer la Formación Freites por acuñaamiento Contacto inferior concordante y transicional sobre la Formación Roblecito, su porción superior ha sido erosionada, excepto en el extremo oriental, donde descansa con leve discordancia por debajo de las lutitas de la Formación Freites.

*Ambiente:* Ambiente sedimentario de aguas dulces a salobres.

*Edad:* Mioceno tardío-Plioceno.

- **Formación La Mesa**

*Litológia:* Está caracterizada por arenas de grano grueso y gravas, con cemento ferruginoso duro; y conglomerado rojo casi negro; contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limonita.

*Espesor:* variable, pero en general disminuye de norte a sur y aumenta oeste a este

*Contactos:* La Formación Mesa suprayace en contacto concordante y transicional, a la Formación Las Piedras.

*Ambiente:* La Formación Mesa es característica de un ambiente continental, definida como una superficie en proceso de erosión.

*Edad:* Pleistoceno

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO**

#### **1. GENERALIDADES**

Como se explicó en el capítulo de metodología se elaboró una sección estratigráfica utilizando 12 pozos petroleros con sus respectivos registros eléctricos. Luego se pasó a correlacionar cada uno de los pozos petroleros utilizando sus respectivos perfiles eléctricos y siete marcadores regionales: TK, TR, L1, L2, LT, L3 y L4 (Figura 3, ANEXO 1,2); calibrados en ocho de los pozos petroleros con líneas sísmicas 2D; estos fueron P1, P2, P5, P6, P8, P9, P10 Y P11, dentro de los campos petroleros de la Unidad de Guárico Oriental y la Unidad de Sanvi-Güere.

Este capítulo se desarrollará bajo el siguiente contexto:

Definición de las características litológicas y estratigráficas de las formaciones La Pascua, Roblecito, Chaguaramas, Merecure y Oficina, tomando como base los registros de muestras de canal, los perfiles eléctricos y las variables litológicas de los pozos petroleros a estudiar. Estas características fueron establecidas sobre la base de 12 informes de muestras de canal elaborados por CALDERÓN *et al.* (1994) de la empresa Geoservices Logging para Teikoku oil de Venezuela; con el objeto de comparar luego dichas características litológicas con la información suministrada en los registros eléctricos: gamma ray (GR), potencial espontáneo (SP) y resistividad de cada uno de los 12 pozos petroleros estudiados, y así verificar la correspondencia o no entre ambas fuentes de información. Bajo estos planteamientos se describen a continuación las características litológicas de las formaciones que componen a cada una de las unidades que integran el área de estudio:

## **2. DESCRIPCIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LAS FORMACIONES DE LA UNIDAD DE GUÁRICO ORIENTAL Y DE LA UNIDAD DE SANVI-GUERE**

Al correlacionar los 12 pozos petroleros se apreció la ubicación estratigráfica de las formaciones Oligomiocenas: La Pascua, Roblecito, Chaguaramas pertenecientes a la Unidad de Guárico Oriental, y de las formaciones Merecure y Oficina pertenecientes a la Unidad de Sanvi-Güere. Esta fase de correlación fue primordial para comprender la transición de las formaciones anteriormente mencionadas.

A continuación se explica la ubicación espacial de las formaciones Oligomiocenas dentro de la sección estratigráfica elaborada para este estudio (Anexo 1, 2):

**2.1. Unidad de Guárico oriental:** Las formaciones geológicas que componen esta unidad para el tiempo geológico del Oligoceno-Mioceno están representadas en la columna estratigráfica generalizada de esta zona (Figura 18):

- *Formación La Pascua (Eoceno Superior?-Oligoceno):*

Se ubica entre los pozos P1 y P7, hacia el este del pozo P7 desaparece por acuñamiento contra rocas cretácicas. A lo largo de la sección estratigráfica (Anexo 1,2) consiste en una intercalación de areniscas, de grano grueso a muy grueso, medio llegando a fino en la parte superior de la formación, con lutitas oscuras y lignitos. Las areniscas se hallan levemente cementadas con cementos calcáreos y silíceos, generalmente son estériles. Su máximo espesor es de 184' (56 m aproximadamente) y se halla en el pozo P2; mientras que su menor espesor es de 63' (19 m aproximadamente) en el pozo P8. El contacto superior es transicional con los depósitos de la Formación Roblecito, mientras que su contacto inferior es discordante con la Formación Tigre.

- *Formación Roblecito (Oligoceno):*

Se ubica entre los pozos P1 y P7, hacia el este del pozo P7 desaparece por acuñamiento contra rocas cretácicas, al igual que la Formación La Pascua. A lo largo de la sección estratigráfica elaborada (Anexo 1,2) está constituida por lutitas grises a negras y muy pocos lignitos, intercalada ocasionalmente con capas de areniscas de grano fino a medio, localmente grueso, cuyo espesor promedio es de 10' (3 m, aproximadamente). Su contacto superior es erosivo con los depósitos de la Formación Chaguaramas, su contacto inferior es transicional con la Formación La Pascua (Anexos 1, 2).

El máximo espesor de esta formación es de 558' (170 m aproximadamente) pies en el pozo P2, luego disminuye a 179' (55 m aproximadamente) en el pozo P8 hasta desaparecer conjuntamente con la Formación La Pascua por truncamiento contra el tope del Cretácico hacia el este de la Unidad de Guárico Oriental, tal como es observado en la sección estratigráfica realizada en el presente trabajo (Anexo1, 2).

- *Formación Chaguaramas (Oligoceno tardío- Mioceno):*

Se ubica entre los pozos P1 y P4 de la Unidad de Guárico Oriental siendo en estos pozos dividida en dos secciones una inferior y otra superior denominadas: Fm. Chaguaramas Superior y Chaguaramas Inferior, respectivamente (Anexos 1, 2).

La sección inferior está constituida por una alternancia de areniscas lenticulares de grano grueso a muy grueso, que corresponden a un 90% de la Formación, con lutitas y numerosos lignitos, correspondientes a un 10% aproximadamente. El límite superior es transicional con la sección superior de esta misma Formación, el límite inferior es erosivo con los depósitos de la Formación Roblecito. Esta sección inferior pasa transicionalmente hacia el este del pozo P4 a los depósitos fluviales de la Formación Merecure de la Unidad de

Sanvi-Guere, en donde los cuerpos arenosos se hacen más espesos, más continuos y los cuerpos lutíticos, por el contrario, se hacen más delgados y menos continuos (Anexo 1, 2).

La sección superior está constituida principalmente por cuerpos lutíticos que corresponden a un 80% de la Formación, además presenta un 10% de lignitos, las lutitas son ocasionalmente calcáreas y se intercalan con areniscas lenticulares de grano grueso a muy grueso que corresponden a un 10% de la Formación. El límite superior está expuesto actualmente a erosión; el límite inferior es transicional con la sección inferior de la misma. Esta sección superior pasa lateralmente hacia el este del pozo P4 a los depósitos fluvio-deltáicos de la Formación Oficina de la Unidad Sanvi-Guere, en donde los cuerpos arenosos se hacen más delgados, esporádicos y los cuerpos lutíticos más espesos y continuos (Anexo 1, 2).

El menor espesor de toda la Formación Chaguaramas es de 4105´ (1251 m aproximadamente) y se encuentra en el pozo P2; mientras que su mayor espesor es de 4473´ (1363´ m aproximadamente) en el pozo P8.

**2.2 Unidad de Sanvi-Güere:** Las formaciones geológicas que componen esta unidad para el tiempo geológico del Oligoceno-Mioceno están representadas en la columna estratigráfica generalizada de esta zona (Figura 19):

- *Formación Mercure (Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano):*

Se ubica entre los pozos P5 y P12 de la Unidad de Sanvi-Güere (Anexos 1, 2). Está caracterizada principalmente por paquetes espesos de areniscas de grano grueso a muy grueso, medio que gradan a fino hacia el tope, intercalados con lutitas de espesor promedio 5´ (1 m, aproximadamente), y lignitos. Su contacto inferior es discordante con la Formación Tigre: aunque este contacto no se ha observado en todos los pozos estudiados, sin embargo por correlación se puede interpretar y extender esta discordancia hacia aquellos pozos

petroleros que no habían alcanzado el tope cretácico; tal y como ocurrió con los pozos P6, P7 y P9 (Anexos 1, 2). Su contacto superior es transicional con los depósitos de la Formación Oficina. La Formación Merecure pasa transionalmente al oeste del pozo P5 a los depósitos, igualmente, fluviales de la Formación Chaguaramas Inferior en donde los cuerpos arenosos disminuyen su espesor y se hacen menos continuos; mientras que las capas lutíticas pasan a ser más espesas y más continuas (Anexos 1, 2).

Su mínimo espesor es de 863' (263 m aproximadamente) y se encuentra en el pozo P12; mientras que su mayor espesor es de 1684' (513' m aproximadamente) en el pozo P8.

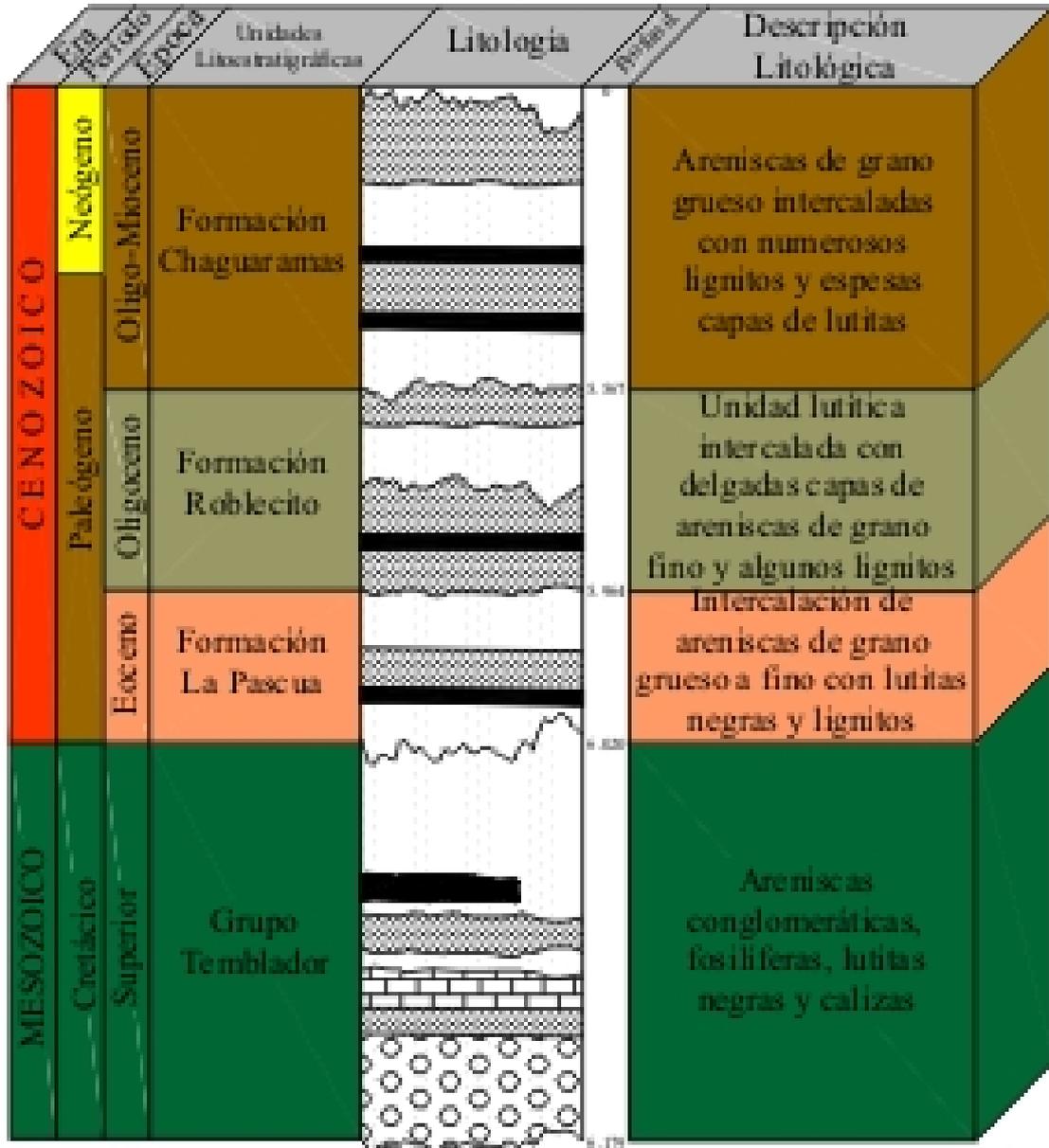
- *Formación Oficina (Mioceno Inferior):*

Esta formación es la más importante productora de hidrocarburos del área Mayor de Oficina y por consiguiente de la Unidad de Sanvi-Güere; se ubica entre los pozos P5 y P12 de la Unidad de Sanvi-Güere (Anexo1, 2). Esta Formación está compuesta por una intercalación de lutitas, areniscas y lignitos. Las areniscas son usualmente lenticulares y claras, varían en espesor desde 5 a 50' o más y representan cerca del 10% total del espesor de la formación. Su mínimo espesor es de 2474' (754 m aproximadamente) y se encuentra en el pozo P6; mientras que su mayor espesor es de 3158' (963' m aproximadamente) en el pozo P12 (Anexos 1, 2).

Su contacto superior es transicional con los depósitos de la Formación Freites, igualmente su contacto inferior es transicional con los depósitos de la Formación Merecure. La Formación Oficina pasa transionalmente al oeste del pozo P5 a los depósitos de la llanura fluvial de la Formación Chaguaramas Superior, en donde los cuerpos arenosos disminuyen su espesor y su frecuencia; mientras que los cuerpos lutíticos siguen siendo muy espesos y continuos como en la Formación Oficina (Anexos 1, 2). En el área Mayor de Oficina el límite entre ambas unidades suele asumirse por encima del tope de una arena llamada U, o

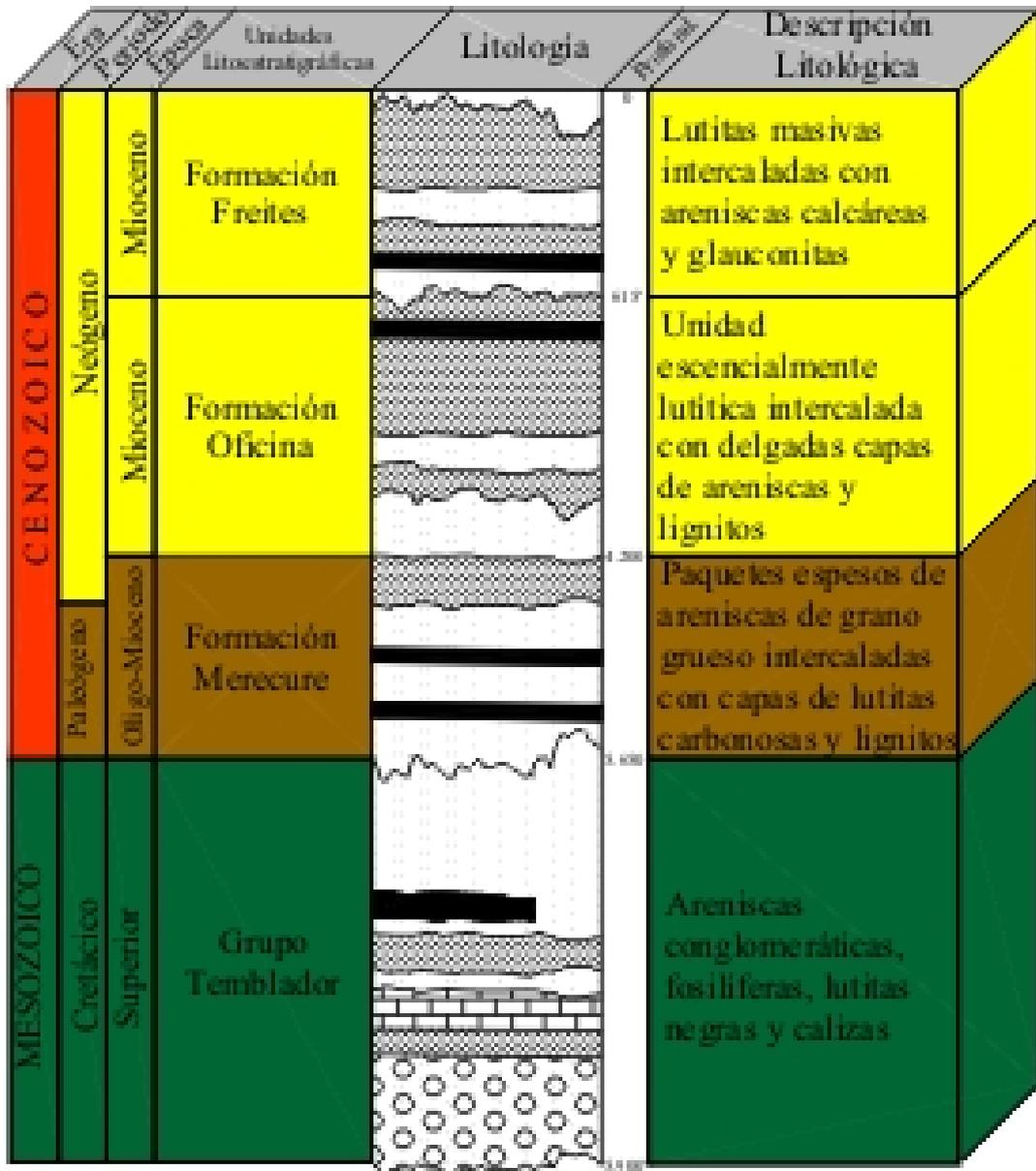
sobre el tope de la lutita T, la cual es el marcador estratigráfico más importante dentro de esta área, en la Unidad de Sanvi-Güere el tope de dicha lutita es tomado como el límite entre la Formación Merecure y la Formación Oficina (Anexos 1, 2).

## Columna Generalizada de la Unidad de Guárico Oriental



**Figura 18.** Columna generalizada de la Unidad de Guárico Oriental. Tomado y modificado de CALDERÓN *et al.* (1994)

## Columna Generalizada de la Unidad de Sanvi-Güere



**Figura 19.** Columna generalizada de la Unidad de Sanvi-Güere. Tomado y modificado de CALDERÓN *et al.* (1994)

## **CAPÍTULO IV**

### **DESCRIPCIÓN DE FACIES**

#### **1. GENERALIDADES**

La facies es el conjunto de características litológicas, composición, textura y estructuras sedimentarias, y paleontológicas que definen una roca y permiten diferenciarlas de las demás. El término es empleado en un sentido descriptivo e interpretativo, teniendo un significado tanto en plural como en singular (MIALL, 1990).

La descripción de facies incluye litofacies y biofacies, los cuales son términos usados para referir acertadamente atributos observables de cuerpos rocosos sedimentarios que pueden ser interpretados en términos de procesos biológicos o depositacionales (MIALL, 1990).

Una litofacies individual es una unidad rocosa definida en base a sus semejanzas litológicas, incluyendo composición, tamaño de grano, características de la estratificación y estructuras sedimentarias que reinaron durante la depositación (Miall, 1990).

Una biofacies es un término complementario puesto que alude a los aspectos paleontológicos, cuerpos fósiles o huellas fósiles, y a las condiciones biológicas reinantes durante la depositación (Miall, 1990).

Las relaciones entre las facies y su ciclicidad fueron enunciadas por Johannes Walther en 1894, en la conocida Ley Walther, la cual sugiere que en una sucesión vertical, una transición gradacional desde una facies a otra, representa ambientes que fueron adyacentes lateralmente; en el caso de que el contacto entre esas facies fuese erosional o abrupto, sería indicativo de cambios fundamentales

en el ambiente depositacional y el comienzo de nuevos ciclos de sedimentación (DE RAAF *et al.* 1965, en BERTORELLI & MÁRQUEZ 1996).

Este capítulo se desarrollará bajo el siguiente contexto:

- Definición y descripción de las litofacies y las electrofacies sedimentarias en las formaciones La Pascua, Roblecito, Chaguaramas, Merecure y Oficina, tomando como base los registros de muestras de canal, los perfiles eléctricos y las variables litológicas de los pozos petroleros a estudiar.

## **2. DEFINICIÓN DE LAS FACIES SEDIMENTARIAS:**

Como se explicó en la metodología se definieron un total de seis litofacies: tres facies arenosas, dos facies lutíticas y 1 facies carbonosa, utilizando las características litológicas definidas en los informes descritos por la empresa Geoservices Logging; a continuación se describen cada una de estas litofacies:

### **2.1. Facies Acvc: Arenisca de grano grueso a muy grueso**

Areniscas cuyos colores varían entre marrón oscuro y gris oscuro, de tamaño de grano grueso a muy grueso; en general, los granos son subredondeados y el escogimiento es moderado. Sus espesores varían entre 4 y 7' (1 a 2m, aproximadamente); usualmente se hallan distribuidas en forma repetitiva por debajo del marcador de la lutita T, hacia la base de las formaciones La Pascua y Chaguaramas (Figuras 20-26) en la Unidad de Guárico Oriental; se encuentran asimismo en toda la columna sedimentaria de la Formación Merecure y hacia la base de la Formación Oficina en la Unidad de Sanvi-Güere.

### **2.2. Facies Am: Arenisca de grano medio**

Areniscas de color marrón a gris oscuro, de grano medio y ocasionalmente grueso; en general, los granos son subangulares y moderadamente escogidos. Sus

espesores varían entre 2 y 7' (0,5 a 2 m, aproximadamente); generalmente se encuentran distribuidos por debajo del marcador de la lutita T, hacia la base de las formaciones La Pascua y Chaguaramas en la Unidad de Guárico Oriental (Figuras 20-26); demás se encuentra en toda la columna sedimentaria de la Formación Merecure y hacia la base de la Formación Oficina, en la Unidad de Sanvi-Güere

### **2.3. Facies Afm: Arenisca de grano fino a medio**

Areniscas de color marrón claro a gris claro, de grano fino a medio; presentan granos subangulares a subredondeados, con buen escogimiento. Sus espesores varían entre 3 y 7' (0,9 a 2m, aproximadamente); usualmente se hallan distribuidos en todas las formaciones que comprenden el área de estudio, es decir, se encuentran homogéneamente distribuidas en las formaciones La Pascua, Roblecito, Chaguaramas, Merecure y Oficina (Figuras 20, 21, 23, 25, 26).

### **2.4. Facies LH: Lutita Heterolítica**

Lutitas de color gris claro a marrón verduzco intercaladas con areniscas de grano fino de color marrón claro a gris y ocasionalmente negras; el porcentaje de lutita (aproximadamente 85%) es mayor que el porcentaje de areniscas (aproximadamente 15%). Los espesores de las lutitas varían entre 32 y 5895" (10 a 1790 m, aproximadamente) mientras que el de las areniscas varia entre 4' (1,2 m, aproximadamente); frecuentemente esta facies se encuentran distribuida en todas las formaciones que comprenden el área de estudio, siendo más usuales en las unidades sedimentarias que están por encima del marcador de la lutita T, es decir, en las formaciones Chaguaramas Superior y Oficina. Además, frecuentemente se presentan levemente calcáreas hacia las secciones superiores de las formaciones Chaguaramas y Oficina (Figuras 20-26).

## **2.5. Facies L: Facies lutíticas**

Lutitas de color marrón oscuro a gris medio; su espesores varían entre 11 y 132' (3 a 40 m, aproximadamente); generalmente esta facies se encuentra distribuida a lo largo de la Formación Roblecito (Figuras 22, 24, 26).

## **2.6. Facies Li: Carbón y lutitas carbonosas**

Facies caracterizadas por niveles carbonosos de color negro a marrón y lutitas carbonosas negras; cuyo espesor promedio en todo el área de estudio es de 1' (0,30 m, aproximadamente) se encuentran distribuida a lo largo de las formaciones Chaguaramas y Oficina, siendo más frecuente en la primera formación (Figuras 20, 21, 23).

## **3. Definición de las electrofacies sedimentarias:**

Tal como se explicó en la metodología se definieron un total de tres electrofacies: electrofacies en forma de cilindro, electrofacies en forma de campana y electrofacies en forma de embudo; utilizando las respuestas de los perfiles eléctricos propuesta por GALLOWAY (1989): Potencial Espontáneo (SP) y gamma ray (GR), en las arenas que fueron halladas en los 12 pozos petroleros analizados.

Es importante destacar que el concepto de electrofacies aplicado en esta investigación es el que usualmente se utiliza para referirse a las respuestas de los perfiles eléctricos. El concepto verdadero y original de **ELECTROFACIES** se refiere al: Conjunto de las respuestas de las diagráfias que caracterizan un estrato y permiten que éste pueda ser diferenciado de los otros que le rodean. Las diagráfias son representaciones gráficas que se usan para comparar materiales observados en diferentes sondeos sísmicos dentro de una misma cuenca SERRA (1972) y SERRA Y ABBOTT (1980); aún cuando este no sea el concepto correcto de

electrofacies este fue el aplicado para lograr a alcanzar los objetivos planteados en el inicio; el concepto correcto de electrofacies se refiere a: A continuación se describen cada una las electrofacies definidas:

### **3.1. Electrofacies en forma de cilindro**

Estas respuestas eléctricas usualmente se hallaron distribuidas en forma repetitiva por debajo del marcador de la lutita T en toda la columna sedimentaria de la Formación Merecure en la unidad de Sanvi-Güere y también hacia la base de las formaciones La Pascua y Chaguaramas (Figuras 21) en la unidad de Guárico oriental, aunque fue menos habitual esta última distribución.

### **3.2. Electrofacies en forma de campana**

Estas respuestas eléctricas usualmente se hallaron distribuidas en forma repetitiva por debajo del marcador de la lutita T en toda la columna sedimentaria de las formaciones Chaguaramas y La Pascua de la Unidad de Guárico Oriental; también se encontró por encima del marcador lutita T a lo largo de la Formación Oficina y ocasionalmente en algunos intervalos de la Formación Merecure (Figuras 20, 23, 24-26) en la unidad de Sanvi-Güere.

### **3.3. Electrofacies en forma de embudo**

Estas respuestas eléctricas generalmente se hallaron distribuidas en forma repetitiva por encima del marcador de la lutita T en toda la sección superior de las columnas sedimentarias de las formaciones Chaguaramas y Oficina (Figuras 22, 24, 25).

En diversas oportunidades se presentaron respuestas eléctricas que dificultaban la clasificación en alguna de estas categorías, esto debido a que la forma consistía en una combinación entre las de campanas y de embudo (Figuras 21, 22, 25).

Estas respuestas “mixtas” son asignadas generalmente a sistemas ambientales del tipo fluvial, específicamente a los de canales entrelazados; en los cuales los ríos migran lateralmente sobre las llanuras de inundación ocasionado la erosión de las mismas y además la erosión de los depósitos arenosos que hallan sido sedimentados por antiguos canales hubiesen circulado por la misma zona (CANT 1990). Estos sistemas fluviales no tienen un único modelo de respuesta en los perfiles, sino que por el contrario, suele ser muy variados, dificultando así la asignación de algún patrón eléctrico, en particular (CANT 1990).

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE FACIES

#### 1. GENERALIDADES

Para el estudio de las facies, se debe considerar que una facies individual puede tener poco valor para realizar una interpretación de un medio sedimentario específico; Sin embargo, puede ser muy significativo, si el análisis se relaciona con las facies que estratigráficamente se encuentran por encima y por debajo de una facies en particular, formando una ASOCIACIÓN DE FACIES, que estaría constituida por dos o más facies relacionadas genéticamente; las cuales podrían reflejar la actividad de un proceso o procesos en un determinado ambiente, que actuando en un tiempo suficiente han producido un depósito particular.

Por lo tanto, cuando aparece una secuencia vertical continua de facies relacionadas genéticamente y cuando se reconocen en ella sus límites abruptos, se puede establecer que las facies se formaron además en medios ambientales adyacentes lateralmente, los cuales han estado variando a través del tiempo, reflejando así cambios del dominio de unos ambientes a otros.

Esto es fundamental en el análisis de facies; sin embargo, se debe tener presente que los medios sedimentarios no se distribuyen de forma homogénea en su sentido horizontal y que las zonas de sedimentación, activas o no, pueden variar rápidamente. En consecuencia, el concepto, a veces generalizado de que los sedimentos se depositan unos sobre otros en estratos relativamente homogéneos y de gran extensión lateral es casi siempre una condición ideal.

A partir de las facies y electrofacies sedimentarias definidas en la metodología y explicadas en el capítulo anterior se plantearon de manera general cinco asociaciones de facies sedimentarias para los campos de la Unidad de

Guárico Oriental y los de la Unidad de Sanvi-Güere, asignados a la compañía japonesa Teikoku Oil de Venezuela. Este capítulo se desarrollará bajo el siguiente contexto:

- Identificación de las asociaciones de facies estableciendo las relaciones entre las facies y electrofacies identificadas en las formaciones La Pascua, Roblecito, Chaguaramas, Merecure y Oficina.
- Determinación de las características paleoambientales de las formaciones La Pascua, Roblecito, Chaguaramas, Merecure y Oficina, haciendo uso de las asociaciones de facies.

## **2. ASOCIACIÓN A:**

Es una sucesión grano decreciente, presenta en la base las facies arenosas: Acvc y Am, que representan el tamaño de grano más grueso de la sucesión. Hacia el tope, el tamaño de grano de las areniscas disminuye gradualmente a la facies Afm. Por encima del tope de esta sucesión se encuentran depósitos más finos representados por las facies LH y Li, frecuentemente estos depósitos finos están ausentes debido a la erosión o no depositación (Anexo 2, Figuras 20-23, 25, 26).

La asociación A se apila verticalmente en forma repetitiva cubriendo la mayor parte de todas las unidades sedimentarias que se encuentran por debajo del marcador lutita T (Anexo); hacia la base de las formaciones La Pascua y Chaguaramas (Unidad Guárico Oriental) y a lo largo de toda la columna de la Formación Merecure (Unidad Sanvi-Güere) (Anexo 2).

Sus espesores varían entre 23 y 73' (7 a 22 m, aproximadamente) para la Formación La Pascua, entre 23 y 100' (7 a 30 m, aproximadamente) para la Formación Chaguaramas y entre 21 a 100' (6 a 30 m, aproximadamente) para la Formación Merecure (Anexo 2).

El contacto superior es transicional con los depósitos de la asociación B. El contacto inferior es erosivo, generalmente sobre los depósitos de la asociación B y menos frecuente sobre los depósitos de la asociación D (Anexo 2).

Los registros eléctricos, SP y GR, muestran diferentes tipos de respuestas para esta misma sucesión, a lo largo de las columnas de los pozos que fueron perforados. En tal sentido, estas respuestas corresponden usualmente a formas de campana (Figuras 20, 23, 24, 25, 26), formas mixtas (Figuras 21, 22, 25) o formas de cilindros (Figura 21), cuyos granos más gruesos, facies Acvc, Am, Afm están hacia la base de estas curvas (Figura 20).

### **3. ASOCIACIÓN B:**

Está caracterizada por una alternancia de lutitas heterolíticas de la facies LH, cuyos espesores que varían entre 5 a 23' (1 a 7 m, aproximadamente) representando un 90 % de la sucesión; con espesas capas de sedimentos lutíticos que varían entre 11 y 2000' (3 a 600 m, aproximadamente) que corresponden a la facies L y Li las cuales abarcan un 10 % de esta asociación (Anexo 2, Figuras 20-23, 25, 26).

La asociación B se encuentra cubriendo la mayor parte de las unidades de Guárico Oriental, formaciones Chaguaramas Superior; hacia los campos de Sanvi-Güere se encuentra, tanto en menor proporción como en menor espesor, a lo largo de la Formación Merecure y está prácticamente ausente en la Formación Oficina (Anexo 2).

El espesor total de esta asociación varía así: entre 2084 y 2500' (635 a 762 m, aproximadamente) en la sección Superior de la Formación Chaguaramas, entre 29 y 463' (9 a 140 m, aproximadamente) en la sección inferior de la misma formación; mientras que para la Formación La Pascua los espesores de esta asociación varían entre 16 y 95' (4 a 29 m, aproximadamente); entre 11 y 431' (3

a 130 m, aproximadamente) para la Formación Merecure y entre 21 y 47' (6 a 14 m, aproximadamente) para la Formación Oficina (Anexo 2).

El contacto superior es erosivo, frecuentemente con los depósitos de la asociación A y en menor proporción con los depósitos de la asociación C; el contacto inferior es transicional con los depósitos de la asociación A (Anexo 2).

Los registros eléctricos SP y GR frecuentemente presentan formas de embudo (Figura 22, 24), donde los granos más gruesos están hacia el tope de la curva y corresponden a la facies LH, y los granos más finos corresponden a las facies L y Li. Para estas facies L el perfil SP tiene valores mínimo, mientras que para las facies LH el SP tiene valores que son medios y bajos al mismo tiempo; además el perfil de resistividad es máximo y el de densidad es mínimo para la facies Li (Anexo 2).

#### **4. ASOCIACIÓN C:**

La asociación C es una sucesión grano decreciente, la cual presenta en la base las facies arenosas: Acvc y Am, que representan el tamaño de grano más grueso de la sucesión. Hacia el tope el tamaño de grano de las areniscas disminuye gradualmente a la facies Afm. Por encima del tope de esta sucesión se encuentran depósitos más finos representados por las facies LH y Li (Anexo 2, Figura 24, 25).

La asociación C se encuentra distribuida en mayor proporción en la Unidad de Sanvi-Güere (Anexo 2); hacia la sección media y tope de la Formación Merecure y hacia la base y el tope de la Formación Oficina. En la Unidad de Guárico Oriental se halla, en ocasiones, a lo largo de la sección inferior de la Formación Chaguaramas.

Sus espesores varían entre 26 y 45´ (8 a 14 m, aproximadamente) para la Formación Oficina; entre 16 y 79´ (5 a 24 m, aproximadamente) para la Formación Merecure y entre 26 a 63´ (8a 19 m, aproximadamente) para la Formación Chaguaramas (Anexo 2).

El contacto superior es transicional con los depósitos de la asociación D; el contacto inferior es erosivo sobre estos mismos depósitos o sobre los de la asociación B (Anexo 2).

Los registros eléctricos, SP y GR, tienen forma de campana (Figuras 24, 25) donde el porcentaje de facies de granos fino es mayor o igual al porcentaje de las facies arenosas.

## **5. ASOCIACIÓN D:**

Está caracterizada por una alternancia de lutitas heterolíticas de la facies LH, cuyos espesores que varían entre 5 a 19´ (1 a 6 m, aproximadamente) representando un 85 % de la sucesión; y espesas capas de sedimentos lutíticos que varían entre 32 y 5000´ (8 a 1760 m, aproximadamente) las cuales corresponden a la facies L y Li que comprenden un 15 % de la sucesión (Anexo 2, Figuras 24, 25).

La asociación D se encuentra cubriendo la mayor parte de la Unidad de Sanvi-Güere en las formaciones Oficina y Merecure.; mientras que hacia los campos de Guárico Oriental se encuentra, tanto en menor proporción como en menor espesor, en la sección inferior de la Formación Chaguaramas y en la base y tope de la Formación Roblecito (Anexo 2).

El espesor total de esta asociación varía así: entre 1684 y 5895´ (513 a 1790 m, aproximadamente) para la Formación Oficina, entre 32 y 355´ (10 a 108 m, aproximadamente) para la Formación Merecure, entre 80 y 158´ (244 a 48 m,

aproximadamente) para la Formación sección inferior de la Formación Chaguaramas y entre 153 y 84' (16 a 26 m, aproximadamente) para la Formación Roblecito (Anexo 2).

El contacto superior es erosivo con los depósitos de la asociación C; el contacto inferior es transicional con los depósitos de la asociación C y menos común con los depósitos de la asociación A (Anexo 2).

Los registros SP o GR tienen frecuentemente formas de embudo (Figuras 24, 25), donde los granos más gruesos están hacia el tope de la curva y corresponden a la facies LH, y los granos más finos corresponden a las facies L y Li. Para las facies L el perfil SP tiene valores mínimo mientras que para las facies LH el SP tiene valores que son medios y bajos al mismo tiempo; por otra parte el perfil de resistividad es máximo y el de densidad es mínimo para la facies Li. (Anexo 2).

La asociación D se diferencia de la asociación B de la siguiente manera: la asociación B presenta mayor proporción vertical de la facies Li que la asociación D; la asociación B se encuentra siempre suprayacente a depósitos de la asociación A y la asociación D se encuentra siempre suprayacente a depósitos de la asociación C.

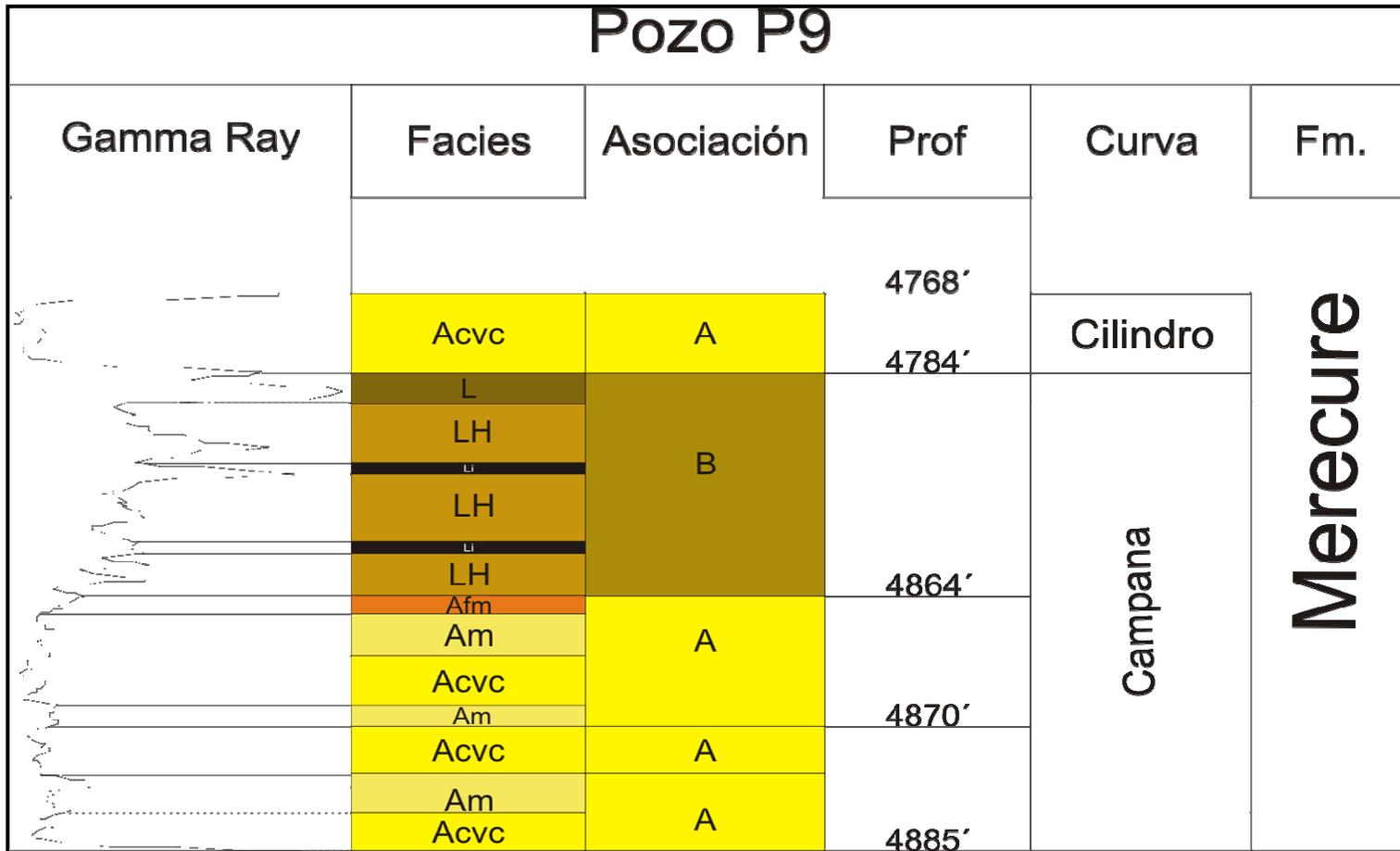
## **6. ASOCIACIÓN E:**

Está representada en mayor proporción por capas de lutitas, localmente calcáreas correspondientes a la Formación Roblecito, cuyos espesores varían entre 11 y 132' (3 a 40 m, aproximadamente) para las facies L, y está constituida en menor proporción por capas delgadas de la facies LH con espesores que varían entre 11 a 26' (3 a 8m, aproximadamente) (Anexo2, Figura 26).

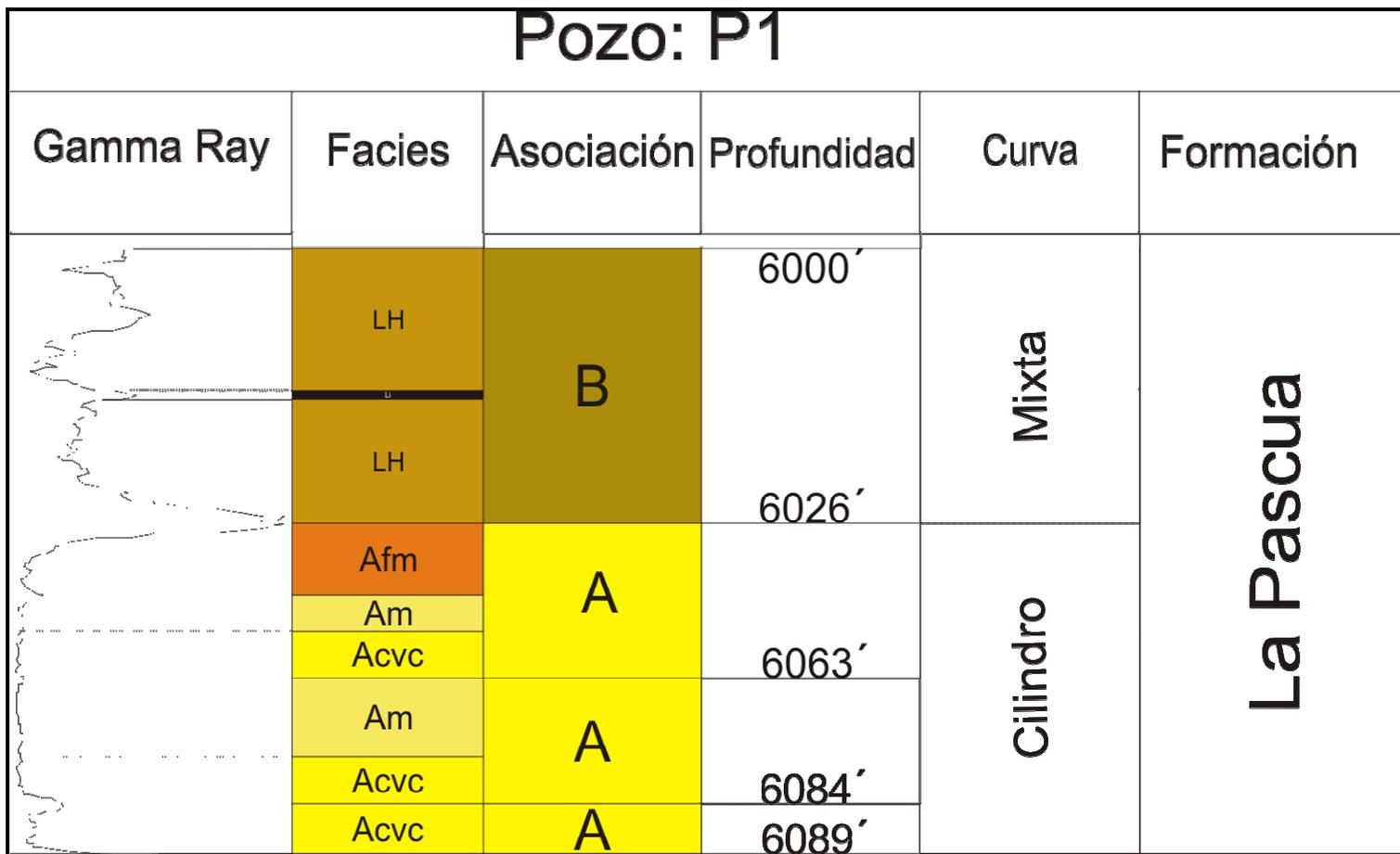
El contacto superior es transicional con los depósitos de la asociación D; el contacto inferior es transicional con estos mismos depósitos o con los de asociación B (Anexo 2).

Los registros SP o GR están frecuentemente representados por líneas con bajos valores de SP y altos valores de GR para la facies L. Mientras que el perfil de resistividad es máximo y el de densidad es mínimo para la facies Li (Anexo 2).

La asociación B y D se diferencian de la asociación E de la siguiente manera: las dos primeras asociaciones presentan depósitos de las facies Li mientras que la asociación E no presenta dichos depósitos; las asociaciones B y D muestran intercalaciones de depósitos de las facies LH y L, mientras que la asociación E no presenta depósitos de las facies LH sólo depósitos de la facies L.



**Figura 20.** Asociación A y B en una sección del pozo P9. El intervalo 4864'-4870' muestra todas las facies de la asociación A. La asociación B está representada por todas sus facies. Los significados de las abreviaciones Acvc, Am, Afm, LH, L y Li se encuentran en el capítulo de descripción de facies (La figura 19 está sin escala)



**Figura 21.** Asociación A y B en una sección del pozo P1. El intervalo 6026'-6084' muestra todas las facies de la asociación A. La asociación B está representada por todas sus facies. Los significados de las abreviaciones Acvc, Am, Afm, LH, L y Li se encuentran en el capítulo de descripción de facies (La figura 20 está sin escala)

Pozo: P4					
SP	Facies	Asociación	Prof	Curva	Fm.
	L	B	3518'	Embudo	Chaguaramas Inferior
	LH		3541'		
	L		A	Mixta	
	Am	3588'			
	Acvc	3620'			
	Acvc	3644'			

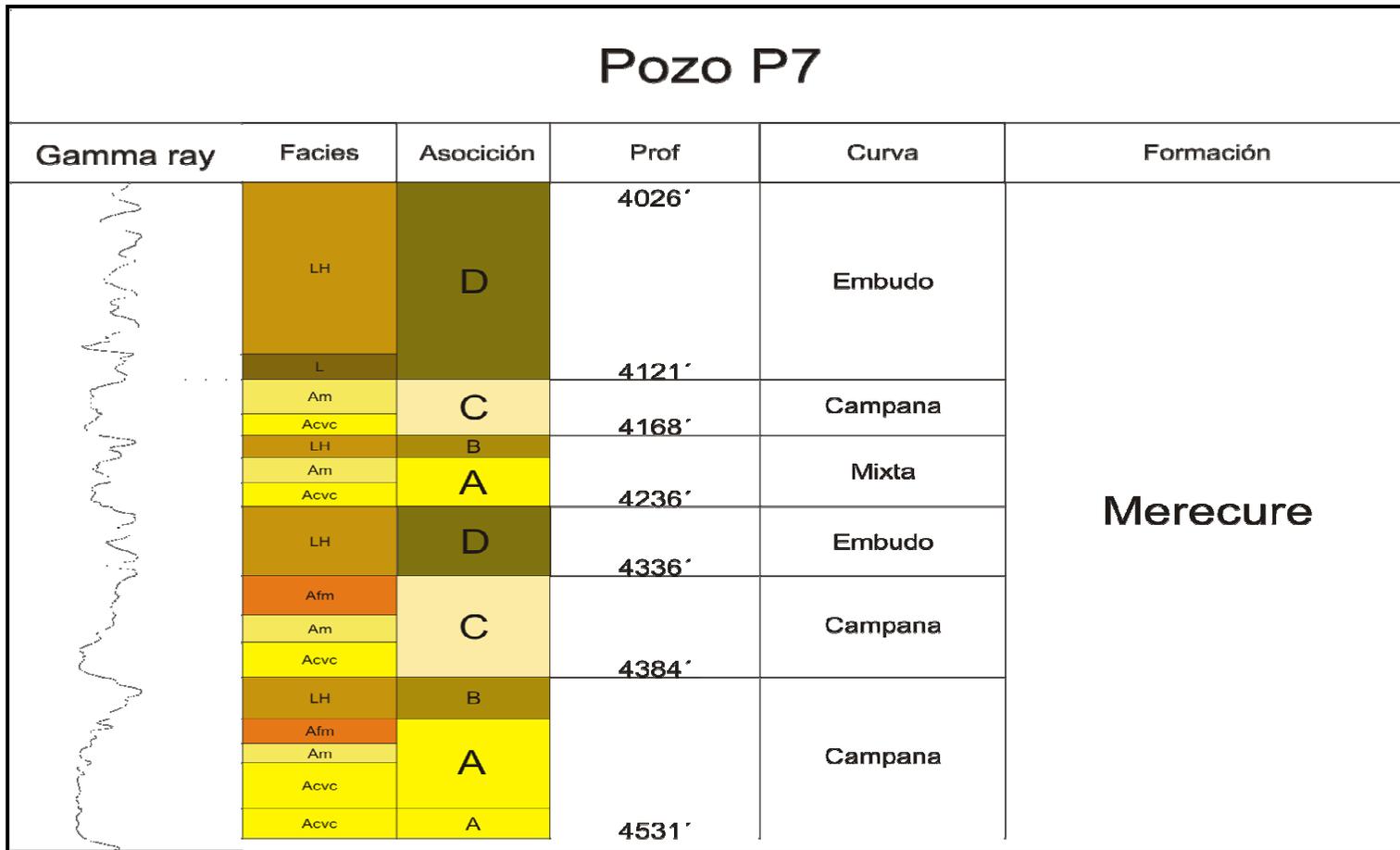
**Figura 22.** Asociación A y B en una sección del pozo P4. Las asociaciones A y B se encuentran incompletas. Los significados de las abreviaciones Acvc, Am, Afm, AH, LH, L y Li se encuentran en el capítulo de descripción de facies (La figura 21 está sin escala)

Pozo: P1					
Gamma Ray	Facies	Asociación	Profundidad	Curva	Formación
	LH	B	5153'	Embudo	Chaguaramas
	LH				
	LH				
	L				
	LH				
	Afm	A	5194'	Campana	
	Acvc		5219'		
	Am	A			
Acvc	5273'				
Am	A				
Acvc		5300'			

**Figura 23.** Asociación A y B en una sección del pozo P1. Las asociaciones A y B están representadas por todas sus facies. Los significados de las abreviaciones Acvc, Am, Afm, LH, L y Li se encuentran en el capítulo de descripción de facies (La figura 22 está sin escala)

Pozo: P10					
SP	Facies	Asociación	Prof	Curva	Fm.
	LH	D	3610'	Embudo	Oficina
			3620'		
			3672'		
	LH	D		Embudo	
			3718'		
	LH	C		Campana	
	Am		3739'		
	Acvc		3765'		
	LH	D		Embudo	
			3781'		
			3818'		

**Figura 24.** Asociación C y D en una sección del pozo P10. Las asociaciones C no presenta todas sus facies. Los significados de las abreviaciones Acvc, Am, Afm, AH, LH, L y Li se encuentran en el capítulo de descripción de facies (La figura 23 está sin escala)



**Figura 25.** Asociaciones A, B, C y D en una sección del pozo P7. Las asociaciones A y C se encuentran completas. Los significados de las abreviaciones Acvc, Am, Afm, LH, L y Li se encuentran en el Capítulo de Descripción de Facies (La figura 24 está sin escala)

P4					
SP	Facies	Asociación	Prof.	Curva	Formación
	L	E	5180'	Campana	Roblecito
	Li	B	5318'		
	L				
	Afm	A	5378'		
	Am				
Acvc	5455'				

**Figura 26.** Asociación A, B y D en una sección del pozo P4. Los significados de las abreviaciones Acvc, Am, Afm, LH, L y Li se encuentran en el capítulo de descripción de facies

## 7. AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Las asociaciones de facies definidas en las páginas anteriores sugieren tres ambientes sedimentarios y cuatro subambientes, relacionados genéticamente entre sí por medio de los cuales se establecen los cambios laterales y verticales entre las formaciones oligomiocenas de la unidad de Guárico oriental y la unidad de Sanvi-Güere. A continuación se explican cada uno de estos ambientes y subambientes estableciéndose además la asociación que los estipula:

### 7.1. Ambiente fluvial

#### 7.1.1. *Depósitos de canales entrelazados*

Para SMITH & SMITH (1980), el término entrelazado es empleado para describir un complejo depósito fluvial en donde se interconectan una serie de anchos canales y relativamente poco profundos (Figura 27). Además, estos canales están separados por llanuras aluviales compuestas por islas con vegetación, muros naturales y áreas donde pueden desarrollarse depósitos de desborde (Figura 27, 28). Los cauces en estos sistemas son rellenados con arena y grava, formando *depósitos lenticulares*, limitados por depósitos areno-arcillosos de muro natural desarrollando así secuencias granodecipientes. Por otra parte, las llanuras aluviales-fluviales están constituidas por materiales limo-arcillosos finamente laminados, y depósitos finos de pantanos con un alto contenido de materia orgánica.

Según CANT (1990) los ríos entrelazados son sistemas fluviales cuyos depósitos de relleno están constituidos principalmente por sedimentos de grano grueso a muy gruesos en la base, disminuyendo progresivamente hacia el tope de la secuencia. Además, señala que estos ríos tienden a migrar lateralmente y a agrandar verticalmente, erosionando grandes niveles arcillosos y carbonosos de la llanura aluvial.

A través de la combinación de las facies y electrofacies sedimentarias puntualizadas en el capítulo y sección anterior se interpreta que la asociación A está posiblemente significando un subambiente de canales entrelazados donde los cuerpos masivos de arena de grano grueso, facies Acvc, Am, Afm, representan muy

probablemente el relleno de un antiguo complejo de canales amalgamados o entrelazados (Anexo 2, Figura 36, 37, 39). Miall (1987) indica que los *depósitos más gruesos* (gravas, arenas gruesas a medias) se presentan en las bases de estos sistemas, los cuales se correlacionan con las facies Acvc, Am y Afm definidas en este estudio (Anexo 2, Figuras 36, 37). Los cuerpos de grano más fino (LH, L y Li de la asociación B) suprayacentes reflejan posiblemente el relleno de la llanura aluvial con sus respectivos posibles canales secundarios que pudieron estar activos en períodos de inundaciones (Anexo 2; Figuras 36, 37). Estas observaciones se apoyan en las descripciones hechas por ALLEN & SEGURA (1988), en VELÁSQUEZ (2002), quienes indican que en el tope de una secuencia de canales entrelazados se depositan los sedimentos más finos, carbonosos y las capas de carbón que pertenecen a la llanura aluvial.

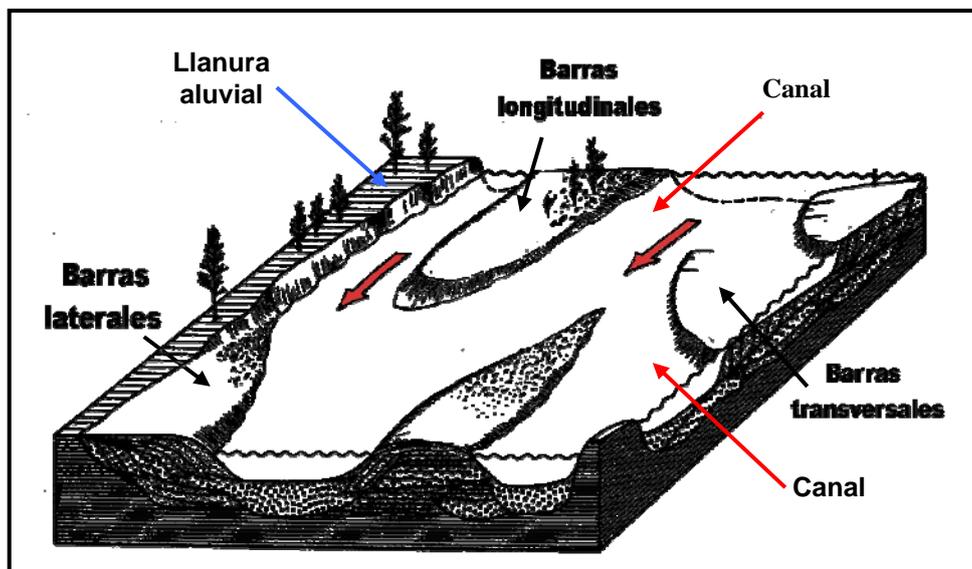
Los depósitos de canales entrelazados se apilan verticalmente en forma repetitiva cubriendo la mayor parte de todas las unidades sedimentarias que se encuentran por debajo del marcador lutita T: hacia la base de las formaciones La Pascua y Chaguaramas (Unidad Guárico Oriental) y a lo largo de toda la columna de la Formación Merecure (Unidad Sanvi-Güere). Los espesores varían entre 23 y 73' (7 a 22 m, aproximadamente) para la Formación La Pascua, entre 23 y 100' (7 a 30 m, aproximadamente) para la Formación Chaguaramas y entre 21 a 100' (6 a 30 m, aproximadamente) para la Formación Merecure, esta distribución es evidenciada por medio de la asociación A en el Anexo.

El contacto superior de los depósitos de canales entrelazados es transicional con los de la llanura aluvial, mientras que el contacto inferior es erosivo generalmente sobre los depósitos de la llanura aluvial-fluvial y menos común sobre los depósitos de la llanura deltaica (Anexo 2).

Los registros eléctricos, SP y GR, muestran diferentes tipos de respuestas para este mismo subambiente tal como se puede observar a través de las curvas eléctricas de la asociación A; estas respuestas se presentan de mayor a menor frecuencia de la siguiente manera: formas de campanas (Figuras 20, 23, 25, 26), formas mixtas (Figuras 21, 22, 25) y formas de cilindros (Figura 21).

Estas respuestas “mixtas” son asignadas generalmente a sistemas ambientales del tipo fluvial, específicamente a los de canales entrelazados; en los cuales los ríos migran lateralmente sobre las llanuras de inundación ocasionado la erosión de las mismas y además la erosión de los depósitos arenosos que hallan sido sedimentados por antiguos canales hubiesen circulado por la misma zona (CANT 1990). Estos sistemas fluviales no tienen un único modelo de respuesta en los perfiles, sino que por el contrario, suele ser muy variados, dificultando así la asignación de algún patrón eléctrico, en particular (CANT 1990).

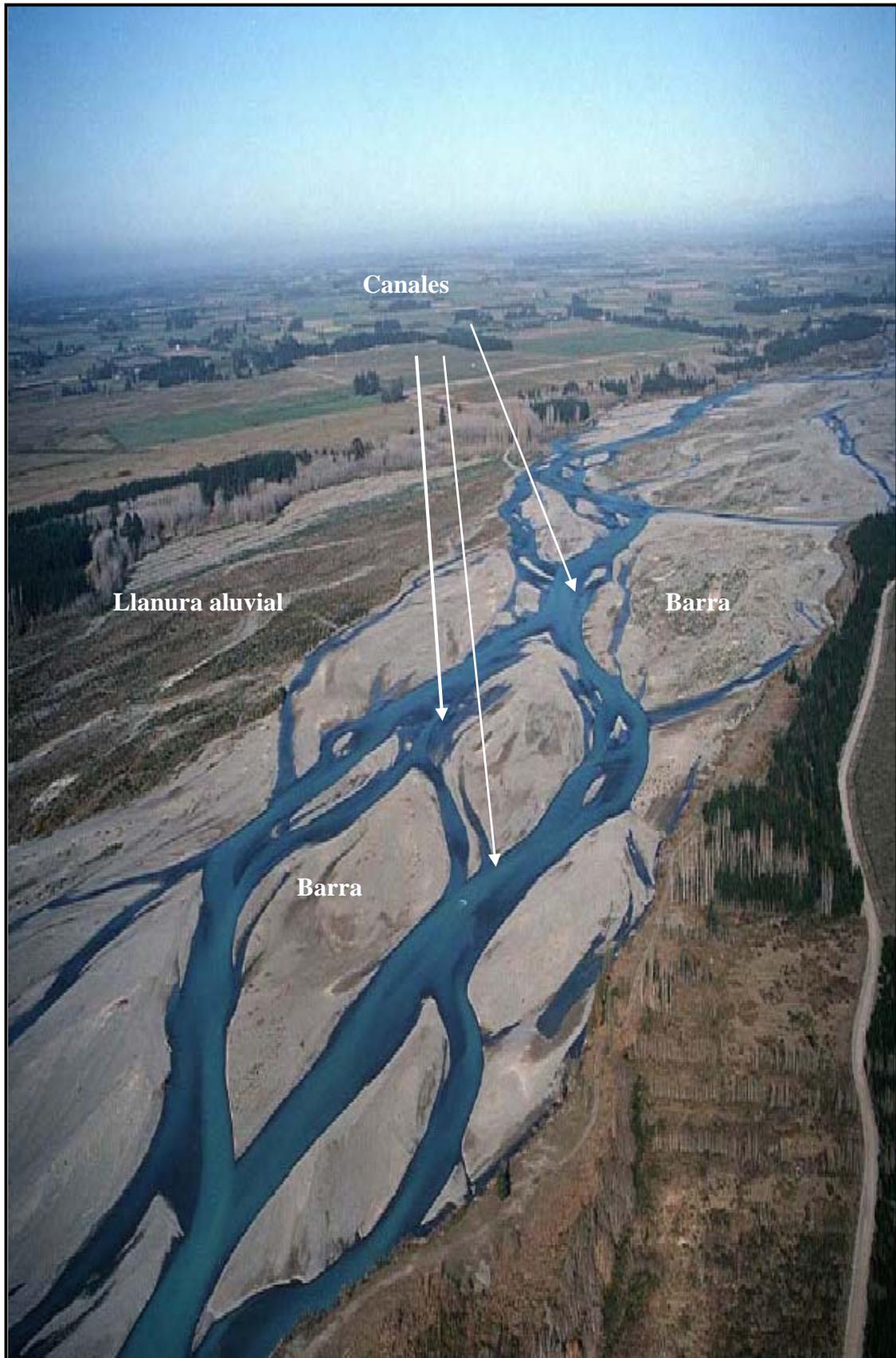
Todas estas características permiten interpretar la sucesión A, definida en el capítulo anterior, como *depósitos de canales entrelazados*.



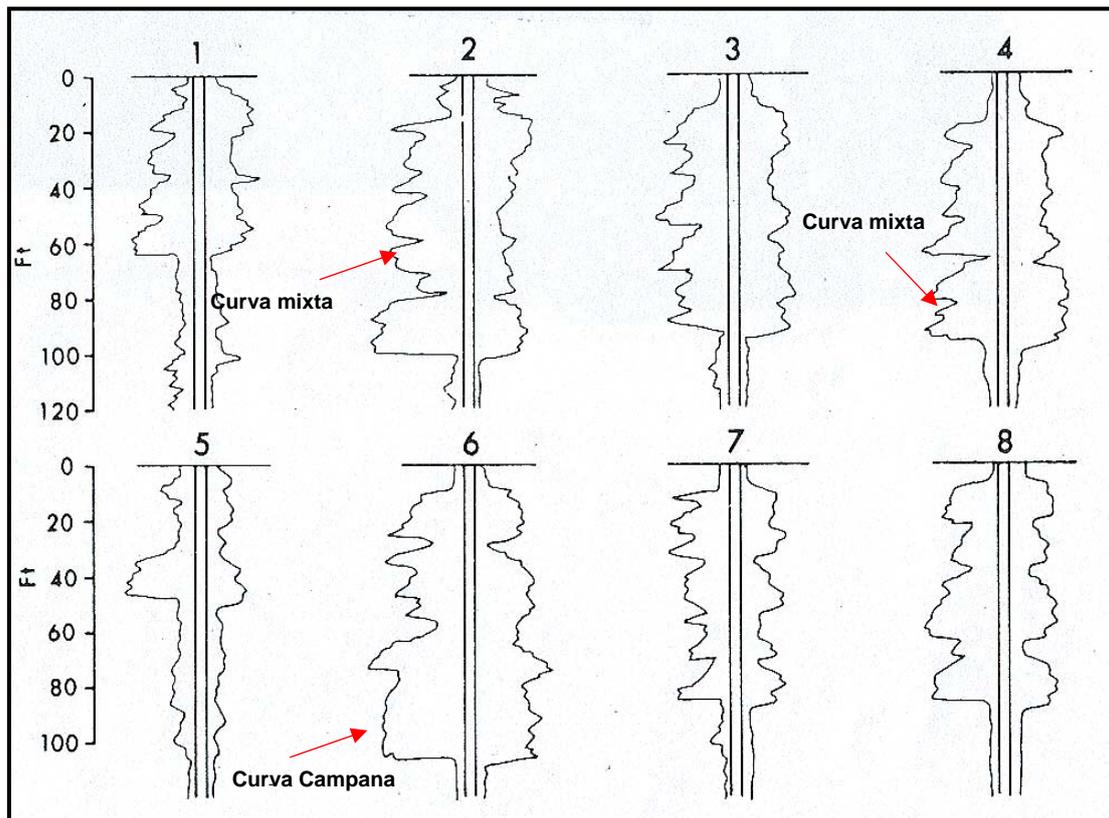
**Figura 27.** Depósitos de un canal entrelazado y su llanura aluvial. Tomado y modificado de:

Universidad de Sonora, Departamento de Geología 2005. *Ríos entrelazados*.

<http://www.geologia.uson.mx/academicos/grijalva/ambientesfluviales/sistemaderiostrenzados.htm>



**Figura 28.** Partes de un canal entrelazado. Tomado y modificado de:  
University Exeter, Department of Geography 2005.  
<http://www.ex.ac.uk/geography/modules/GEO1202/1-Introduction.pdf>



**Figura 29.** Diferentes respuestas de la curva SP para los canales entrelazados. Tomado y modificado de CANT (1990)

Según la ilustración 29 propuesta por CANT (1990) la respuesta eléctrica más común en los canales entrelazados estudiados en esta investigación fue la respuesta 6 y 2.

### 7.1.2. Depósitos de llanura aluvial –fluvial

Según la CREOLE PETROLEUM CORPORATION (1976), en VELÁSQUEZ (2002) los depósitos de la llanura aluvial constituyen los *sedimentos más finos* de los sistemas fluviales transportados en suspensión por los canales (Anexo 2; Figura 27, 28). Estos depósitos; están constituidos por arcillas sin embargo pueden encontrarse intercalados con capas de areniscas y lutitas que constituyen los sedimentos más gruesos de estos depósitos (Miall, 1987), pudiéndose correlacionar estos depósitos las facies LH que se definieron en este estudio (Anexo 2; Figura 22); también se presentan en estas llanuras sedimentos ricos en materia orgánica y carbón (Miall, 1987) correlacionables con la facies Li definida en este estudio (Figura 21).

A través de la combinación de las facies y electrofacies sedimentarias puntualizadas en el capítulo y sección anterior se interpreta que la asociación B está posiblemente significando un subambiente de llanura aluvial-fluvial donde los cuerpos arenosos de la facies LH, representan muy probablemente *depósitos de canales secundarios* que pudieron estar activos en períodos de inundaciones mientras que las facies más finas: L y Li *los depósitos de los sistemas fluviales que fueron transportados en suspensión* (CANT, 1987) ( Anexo 2, Figuras 35, 36, 39).

Los registros eléctricos, SP y GR, muestran una forma de embudo para este subambiente tal como se puede observar a través de las curvas eléctricas de la asociación B (Anexo 2; Figura 22).

Los depósitos de la llanura aluvial-fluvial se encuentran cubriendo la mayor parte de las unidades de Guárico Oriental, formaciones Chaguaramas superior y hacia los campos de Sanvi-Güere se encuentra, tanto en menor proporción como en menor espesor, a lo largo de la Formación Merecure y está prácticamente ausente en la Formación Oficina (Anexo 2); esta distribución es evidenciada por medio de la asociación B en el Anexo.

El contacto superior es erosivo con los depósitos de los canales entrelazados; mientras que el contacto inferior es transicional con estos mismos depósitos o con el de los canales distributarios (Anexo 2).

Todas estas características permiten interpretar la sucesión B, definida en el capítulo anterior, como *depósitos de llanuras aluvial-fluvial*.

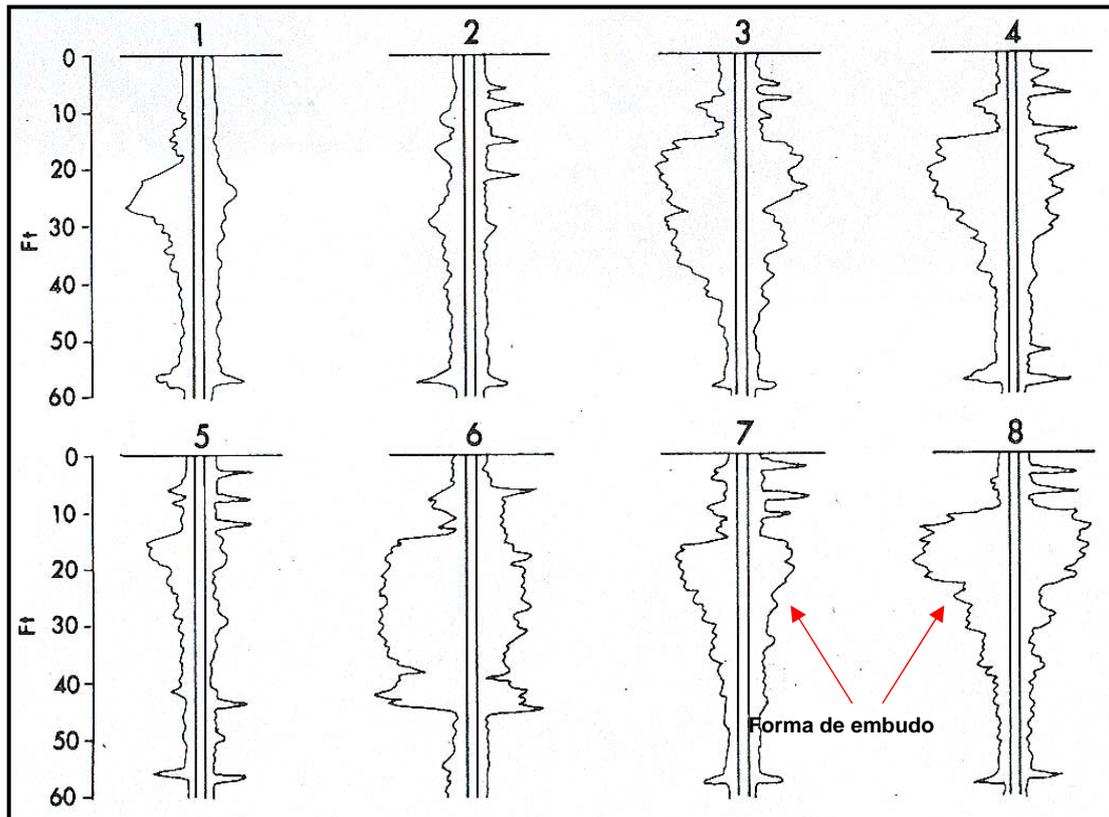


Figura 30. Diferentes modelos de respuestas de la curva SP para las llanuras aluviales. Tomado y modificado de CANT (1990)

Según el la ilustración 30 propuesta por CANT (1990) la respuesta eléctrica más común en las llanuras aluviales-fluviales estudiados en esta investigación fue la respuesta 5 y 7.

## 7.2. Ambiente fluvio-deltaico

### 7.2.1. Depósitos de canales distributarios

Según CANT (1990.) los canales distributarios de los ambientes fluvio-deltaicos están caracterizados por un solo cauce que divaga por una gran llanura deltaica cargando en suspensión sedimentos finos; hasta desarrollar en su desembocadura sistemas deltaicos donde los descargan; este tipo de río origina *depósitos de barras de meandro o barras de punto (point bar)*, *lagos laterales* y *depósitos de desborde*, producidas por la acción conjunta del canal y la inundación periódica de la llanura deltaica (Figura 31, 32).

Según MIALL (1987) las *barras de meandro* se desarrollan en la porción cóncava del río, al disminuir la energía del canal; el tamaño de grano del sedimento que transporta el canal depende de la litología disponible en la superficie erosiva del mismo; por lo general la granulometría es variable y por consiguiente los granos se depositan de manera grano decreciente (Figura 35).

Los *depósitos de desborde* se generan cuando las aguas de la corriente principal rompen los *diques* que las confinaban formando *abanicos de rotura*; Otras veces el río cambia su curso se desvía migrando lateralmente buscando cotas más bajas en la llanura deltaica y abandonando su propio canal generando uno nuevo, este fenómeno es conocido como avulsión, y puede causar acreción vertical en estos sistemas (CANT, 1990) (Figura 31, 32).

Los *depósitos de lago lateral* consisten en sedimentos finos, arcillas y lodos, que han sido introducidos a los lagos laterales del canal durante las épocas de inundaciones; son comúnmente laminados, y pueden llegar a presentar restos de plantas (Figura 31).

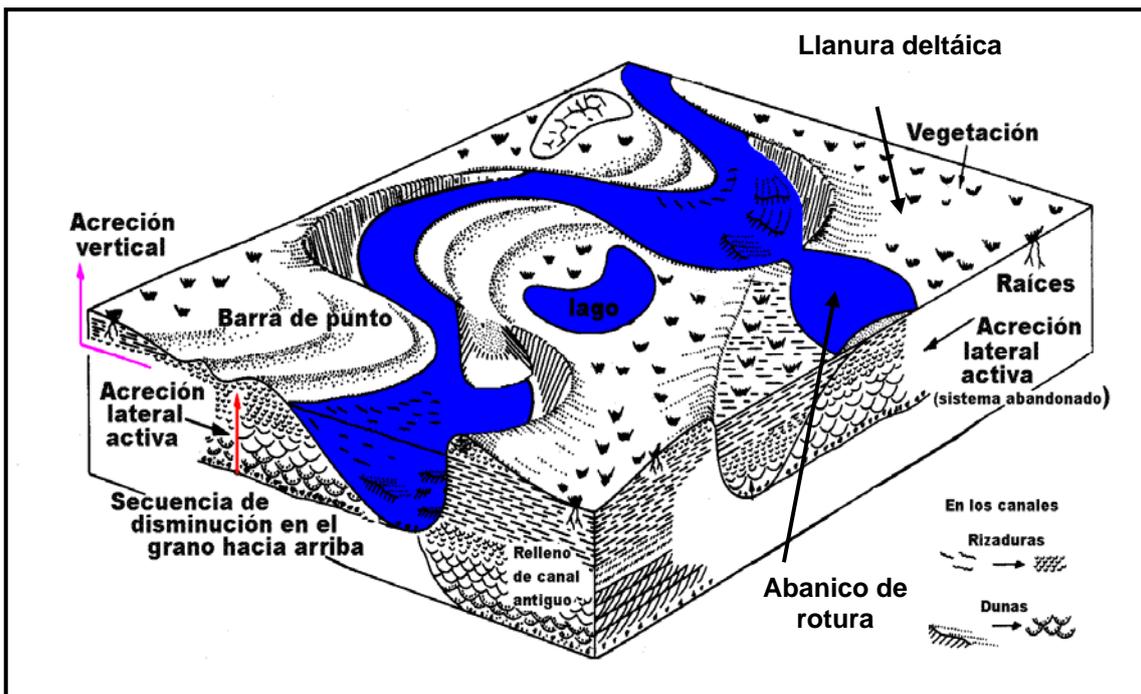
A través de la combinación de las facies y electrofacies sedimentarias puntualizadas en el capítulo y sección anterior se interpreta que la asociación C está posiblemente significando un subambiente de canales distributarios donde los cuerpos de arenas de grano grueso facies Acvc, Am, Afm, representan muy probablemente depósitos de canales distributarios, *barra de meandro*. Los cuerpos de granos más finos facies: LH, L y Li, suprayacentes a los más de los de granos más gruesos, reflejan muy probablemente el relleno de la llanura deltaica con sus respectivos depósitos arenosos de canales secundarios que pudieron estar activos en períodos de inundaciones. (Anexo 2; Figuras 35, 37, 40). Los registros eléctricos, SP y GR, generalmente tienen forma de campana tal como se puede observar a través de las curvas eléctricas de la asociación C; donde el porcentaje de facies de granos fino es mayor o igual a la cantidad de facies arenosas (Anexo, Figura 24).

Los depósitos de canales se encuentran distribuidos en mayor proporción en la Unidad de Sanvi-Güere (Anexo 2): hacia la parte media y tope de la Formación Merecure y hacia la base y tope de la Formación Oficina. En la unidad de Guárico

oriental se halla en ocasiones a lo largo de la sección inferior de la Formación Chaguaramas. Los espesores varían entre 26 y 45' (8 a 14 m, aproximadamente) para la Formación Oficina, entre 16 y 79' (5 a 24 m, aproximadamente) para la Formación Merecure y entre 26 a 63' (8a 19 m, aproximadamente) para la tercera Formación Chaguaramas; esta distribución es evidenciada por medio de la asociación C en el Anexo.

El contacto superior es transicional con los depósitos de la llanura deltáica mientras que su contacto inferior es abrupto erosivo sobre estos mismos depósitos o sobre los la llanura aluvial-fluvial (Anexo 2).

Todas estas características permiten interpretar la sucesión C, definida en el capítulo anterior, como *depósitos de canales interdistributarios*.



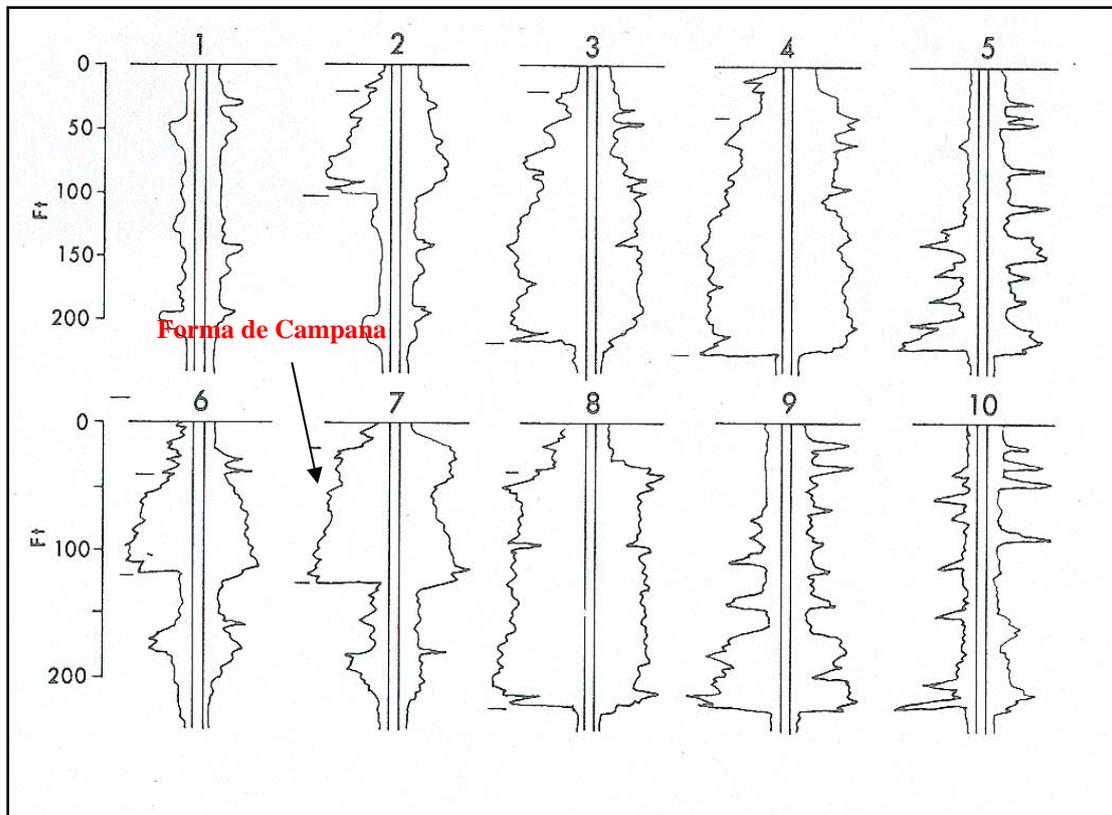
**Figura 31.** Características morfológicas de un canal distributivo, mostrando los depósitos y llanura deltáica. Tomado y modificado de:

Universidad de Sonora, Departamento de Geología 2005.

<http://www.geologia.uson.mx/academicos/grijalva/ambientesfluviales/sistemaderiosmeandricos.htm>



**Figura 32.** Canal distributivo, mostrando un proceso de avulsión y la bahía interdistributaria. Tomado y modificado de: <http://www.ex.ac.uk/geography/modules/GEO1202/1-Introduction.pdf>



**Figura 33.** Diferentes modelos de respuestas de la curva SP en formas de campanas para los canales distributivos. Tomado y modificado de CANT (1990)

Según el la ilustración 33 propuesta por CANT (1990) la respuesta eléctrica más común en los depósitos de canales distributarios estudiados en esta investigación fue la respuesta 6 y 7.

#### 7.2.2. *Depósitos de llanura deltaica:*

Según MIALL (1987) la llanura deltaica se puede dividir en dos zonas:

- La llanura deltaica superior, la cual sólo puede ser alcanzada por mareas muy altas, es una llanura aluvial arcillosa dominada por los aportes fluviales, cubierta vegetación y cortada sólo por canales distributarios.
- La zona distal, invadida por casi todas las mareas, es una llanura mareal cubierta por manglares y cortada por distributarios rectilíneos y canales de marea muy sinuosos.

La llanura deltaica (Figuras 31, 32) es rica en materia orgánica y restos vegetales, sin estratificación aparente, está caracterizada por casi ausencia de cuerpos arenosos debido al hecho de que la energía de la corriente de crecida se diluye en el agua marina que sube en los distributarios durante las mareas altas MIALL (1987).

Mediante la combinación de las facies y electrofacies sedimentarias observadas en los perfiles eléctricos puntualizadas en el capítulo y sección anterior se interpreta que la asociación D está posiblemente significando un subambiente de llanura deltaica (Figura 35, 37, 40) donde los cuerpos arenosos de las facies LH, representan muy probablemente *depósitos de canales secundarios* que pudieron estar activos en períodos de inundaciones, mientras que las facies más finas L y Li los sedimentos más finos de los sistemas fluviales transportados en suspensión por los canales que rellenan la llanura (CANT,1990); todos estos depósitos finos pueden presentar, localmente, niveles calcáreos que estarían denotando viablemente alguna influencia marina en ciertos períodos de marea alta (Miall,1987); también se presentan sedimentos ricos en materia orgánica y carbón (Miall,1987) correlacionables con la facies Li definida en este estudio. Los registros eléctricos, SP y GR, muestran una forma de embudo para las facies LH tal como se puede observar a través de las curvas eléctricas de la asociación

D; mientras que para las facies más finas de estas curvas son líneas relativamente rectas indicando bajos valores de SP o altos valores de GR (Anexo 2; Figura 24).

Los depósitos de estos subambientes están constituidos por arcillas de grano muy fino a medio, sin embargo pueden encontrarse intercalados con capas de areniscas y lutitas que constituyen las facies heterolíticas (Miall, 1987) las cuales se correlacionan con la facies LH definidas en este estudio. También se presentan sedimentos ricos en materia orgánica y carbón (Miall, 1987) correlacionables con la facies Li definida también en este estudio. Además, sus depósitos pueden presentar, localmente, niveles calcáreos que estarían denotando la influencia marina en ciertos periodos (Miall, 1987), lo cual se observa circunstancialmente en las facies definidas en el presente estudio.

Es importante aclarar que las curvas que tienen bajo SP y alto GR (Anexo 2) pudiesen indicar al mismo tiempo ambientes marinos, ciénagas, prodeltas o llanuras deltaicas, entre otros; estos tienen que ser discriminados sobre la base de otros criterios como por ejemplo, tomar en cuenta la relación de éstos ambientes con los que se encuentren adyacentes, lateral y verticalmente; además realizando en lo posible comparaciones entre sus datos bioestratigráficos. En el caso particular del presente trabajo de investigación se ha utilizado como criterio para distinguir estas ambigüedades la proporción de lignitos que se observan en los registros de densidad asociados a los ambientes de llanura deltaica (Anexo 2).

Los depósitos de la llanura deltaica se encuentran cubriendo la mayor parte de la unidad de Sanvi-Güere en las formaciones Oficina y Merecure.; mientras que hacia los campos de Guárico oriental se encuentra, tanto en menor proporción como en menor espesor, en la sección inferior de la Formación Chaguaramas y en la base y tope de la Formación Roblecito; esta distribución es evidenciada por medio de la asociación D en el Anexo 2.

El contacto superior es erosivo con los depósitos de los canales distributarios, mientras que se inferior es transicional con los depósitos de estos mismos canales o con los de los canales entrelazados (Anexo 2).

Todas estas características permiten interpretar la sucesión D, definida en el capítulo anterior, como *depósitos llanura deltaica*.

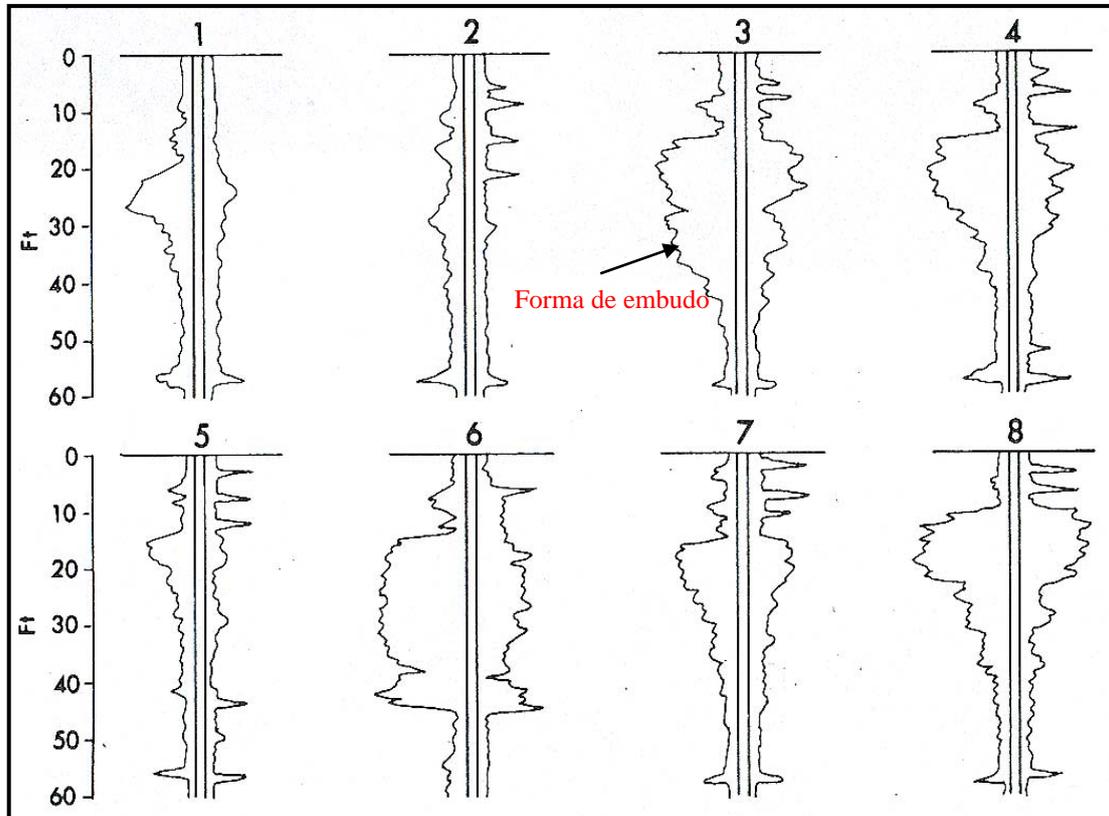


Figura 34. Diferentes modelos de respuestas de la curva SP para las llanuras deltáicas. Tomado y modificado de CANT (1990)

Según el la ilustración 34 propuesta por CANT (1990) la respuesta eléctrica más común en las llanuras deltaicas estudiados en esta investigación fue la respuesta 5 y 7.

### 7.3. Ambiente marino

Según CANT (1990) los ambientes marinos: nerítico medio a externo se caracterizan generalmente por baja influencia terrígena, sedimentos con bajos contenidos de materia orgánica y espesos depósitos de grano muy fino, constituidos por arcillas sin intercalaciones importantes de areniscas, por lo tanto son muy escasas las facies heterolíticas. Estas arcillas se correlacionan con la facies L definida en esta investigación; estos depósitos pueden presentar, localmente, niveles calcáreos que estarían revelando la influencia marina (MIALL,1987).

Mediante la combinación de las facies y electrofacies sedimentarias observadas en los perfiles eléctricos puntualizadas en el capítulo y sección anterior se interpreta que la asociación E está posiblemente significando un subambiente nerítico medio a externo (Anexo 2), donde los cuerpos lutíticos se correlacionan con las facies LH y L. Los registros eléctricos, SP y GR (Anexo 2, Figura 38, 40), muestran una respuesta de curva en forma de línea “recta” para las facies LH y L tal como se puede observar a través de las curvas eléctricas de la asociación E (Anexo 2, Figura 26).

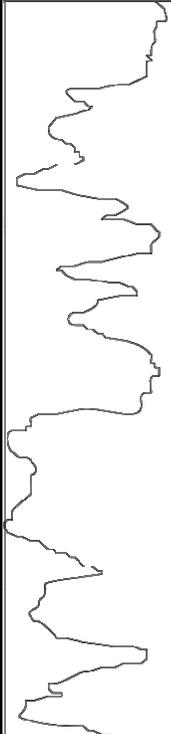
Los depósitos marinos se extienden en el área inferior basal de la unidad de Guárico oriental en los pozos P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8, hacia la unidad de Sanvi-Güere desaparecen al este del pozo P8 del campo Aníbal; por acuñamiento contra un alto estructural que pone en contacto estas rocas terciarias con rocas cretácicas; esta observación está apoyada en el trabajo de DAAL *et al.* (1989) ellos proponen este mismo truncamiento para la secuencia Oligocena que componen las formaciones Roblecito y La Pascua indicando que las mismas se acuñan por truncamiento hacia el este del campo Aníbal, contra una estructura positiva asociada al corrimiento de Anaco. La distribución aquí propuesta se evidenciada por medio de la asociación D en el Anexo.

El contacto superior es transicional con los depósitos de la llanura deltaica; mientras que el inferior es transicional con estos mismos depósitos y con los de de la llanura aluvial-fluvial (Anexo 2).

Todas estas características permiten interpretar la sucesión E, definida en el capítulo anterior, como *depósitos marinos*.

SP	Facies	Asociación	Prof	Curva	Ambiente
	LH	D	3610' 3620'	Embudo	Llanura deltaica
	Li		3672'		
	LH		3718'	Campana	
	Li		3739'		
	LH	3765'			
	Am	C	3765'	Embudo	Canal meandriforme
	Acvc		3781'		Llanura deltaica, llanura aluvial-fluvial
	LH	D	3818'		

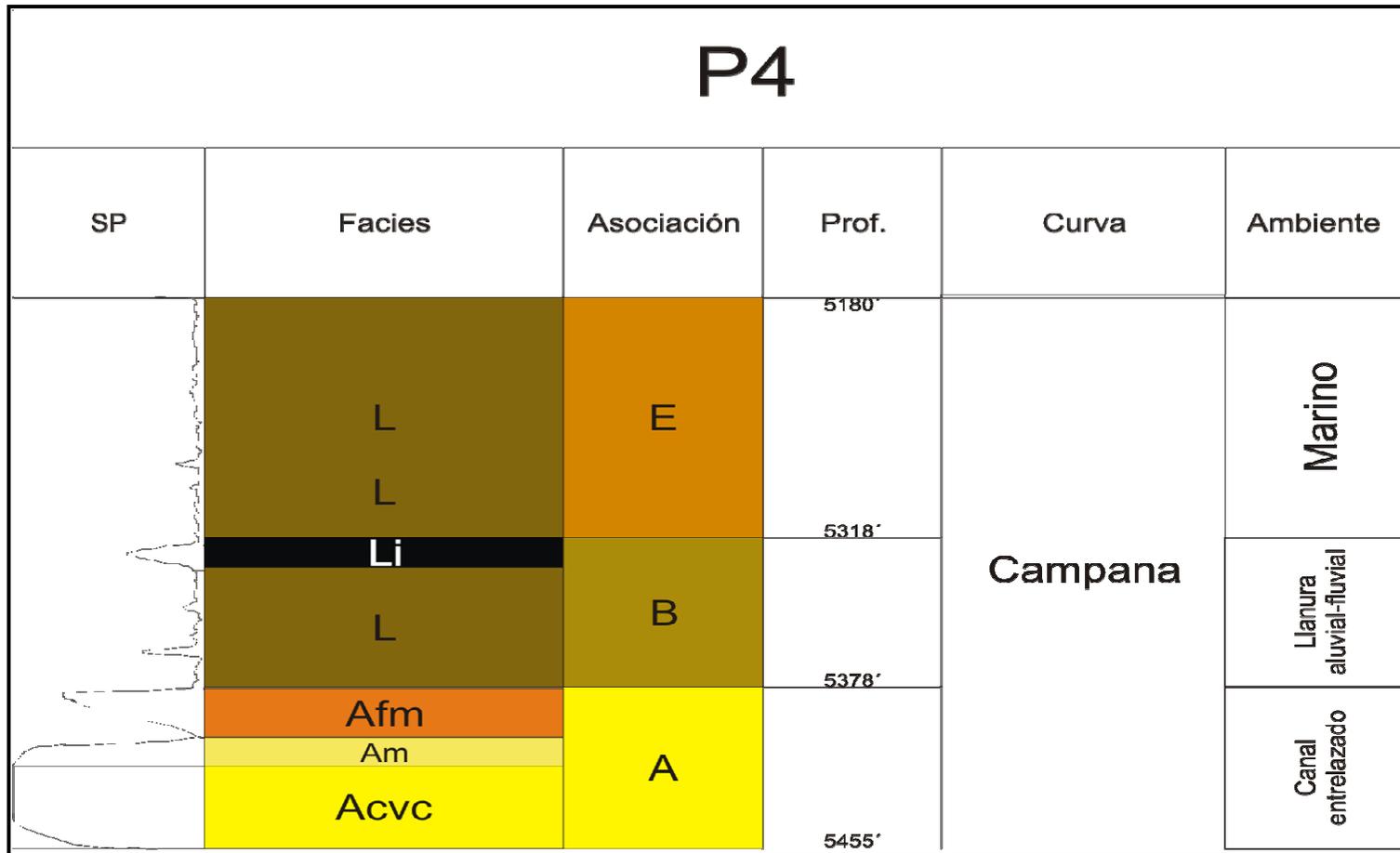
**Figura 35.** Registro Eléctrico Potencial Espontáneo y los ambientes sedimentarios de canal meandriforme, llanura deltáica, llanura aluvial fluvial que pueden ser interpretados a partir de estos registros y las facies relacionadas a los mismos. Los significados de las abreviaciones Acvc, Am, Afm, LH, L y Li se encuentran en el Capítulo de Descripción de Facies (La figura 35 está sin escala)

SP	Facies	Asociación	Prof	Curva	Ambientes
	L	B	3518'	Embudo	Llanura Aluvial-Fluvial
	LH				
	L				
	Am	A	3541'	Mixta	Canal entrelazado
	Acvc				
	Acvc				
	Acvc				
			3588'		
			3620'		
			3644'		

**Figura 36.** Registro Eléctrico Potencial Espontáneo y los ambientes sedimentarios de canal entrelazado y la llanura aluvial-fluvial que pueden ser interpretados a partir de estos registros y las facies relacionadas a los mismos. Los significados de las abreviaciones Acvc, Am, Afm, LH, L y Li se encuentran en el Capítulo de Descripción de Facies (La figura 35 está sin escala)

Gamma ray	Facies	Asociación	Prof	Curva	Ambientes	
	LH	D	4026'	Embudo	Llanura deltaica	
	L	C	4121'	Campana	Canal meandriforme	
	Am		B		4168'	Llanura aluvial-fluvial
	Acvc	A		4236'		Canal entrelazado
	LH		D		4336'	Embudo
	Afm	C	4384'	Campana		Canal meandriforme
	Am				B	Llanura aluvial-fluvial
	Acvc					
	LH	A	Campana	Canal entrelazado		
	Afm					
	Am					
	Acvc					
	Acvc					

**Figura 37.** Registro Eléctrico Potencial Espontáneo y los ambientes sedimentarios de canal entrelazado, llanura aluvial-fluvial canales meandriformes y llanuras deltaicas que pueden ser interpretados a partir de estos registros y las facies relacionadas a los mismos. Los significados de las abreviaciones Acvc, Am, Afm, LH, L y Li se encuentran en el Capítulo de Descripción de Facies (La figura 35 está sin escala)



**Figura 38.** Registro Eléctrico Potencial Espontáneo y el ambiente sedimentario marino que pueden ser interpretado a partir de estos registros y las facies relacionadas a los mismos. Los significados de las abreviaciones Acvc, Am, Afm, LH, L y Li se encuentran en el Capítulo de Descripción de Facies (La figura 35 está sin escala)

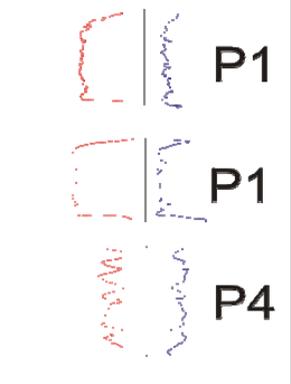
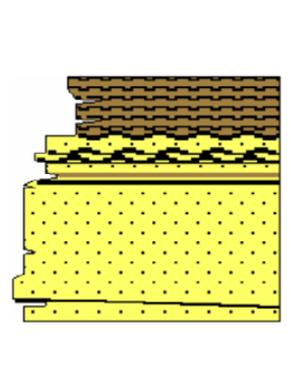
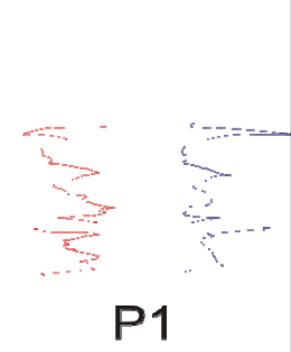
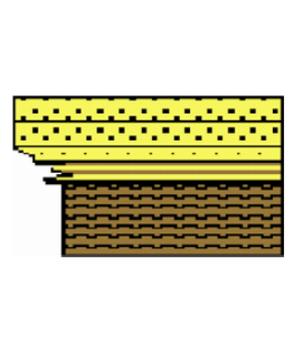
Unidades Sedimentarias	Perfiles de pozo		Litología gráfica	Asociac. facies	Características
	GR	REST			
Canales entrelazados			<b>A</b>	<p>Sucesión vertical grano decreciente. Facies de grano grueso a medio: Acvc, Am que pasan hacia el tope a facies arenosas más finas: Afm.</p> <p>Contacto inferior erosivo generalmente sobre los depósitos de la llanura aluvial-fluvial, contacto superior transicional con los depósitos de la llanura aluvial-fluvial</p>	
Llanura aluvial-fluvial			<b>B</b>	<p>Alternancia de lutitas heterolíticas de la facies LH con capas lutícas de la facies L y de la facies carbonosa LI.</p> <p>Contacto inferior transicional con los depósitos de los canales entrelazados o con los depósitos de los canales distributarios, contacto superior erosivo con los depósitos de los canales entrelazados</p>	

Figura 39. Resumen I de las unidades sedimentarias estudiadas relacionadas con los perfiles de pozos y las asociaciones de facies (La figura 39 está sin escala)

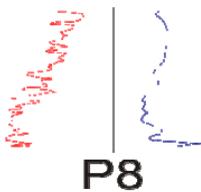
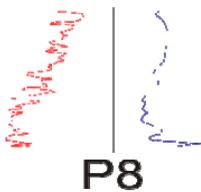
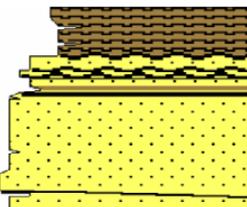
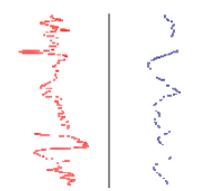
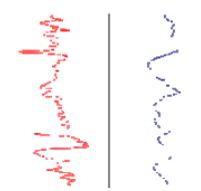
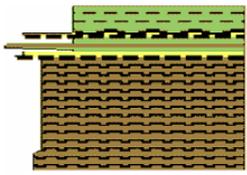
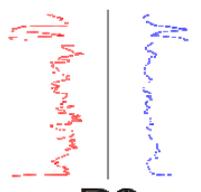
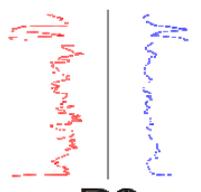
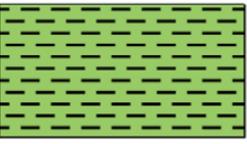
Unidades Sedimentarias	Perfiles de pozo		Litología gráfica	Asociac. facies	Características
	GR	REST			
Canales distributarios				<b>C</b>	<p>Sucesión vertical grano decreciente. Facies de grano grueso a medio: Acvc, Am. Hacia el tope el tamaño de grano de las areniscas disminuye a la facies: Afm.</p> <p>Contacto inferior erosivo sobre los depósitos de la llanura deltaica, contacto superior transicional con los depósitos de la llanura aluvial-fluvial</p>
Llanura deltaica				<b>D</b>	<p>Alternancia de lutitas heterolíticas de la facies LH con capas lutíticas de la facies L y de la facies carbonosa Li.</p> <p>Contacto inferior transicional generalmente con los depósitos de los canales distributarios y con los depósitos de los canales entrelazados, contacto superior erosivo con los depósitos de los canales distributarios.</p>
Marina				<b>E</b>	<p>Lutitas generalmente calcáreas con algunas intercalaciones de lutitas heterolíticas de la facies LH.</p> <p>Contacto inferior transicional generalmente con los depósitos de la llanura deltaica y con los de la llanura aluvial-fluvial, contacto superior transicional con los depósitos de la llanura deltaica.</p>

Figura 40. Resumen II de las unidades sedimentarias estudiadas relacionadas con los perfiles de pozos y las asociaciones de facies (La figura 39 está sin escala)

## **CAPÍTULO V**

### **TRANSICIÓN DE LAS FORMACIONES OLIGOMIOCENAS DE LA SUBCUENCA DE GUÁRICO A LA SUBCUENCA DE MATURÍN**

Este Capítulo está esbozado sobre la base de las descripciones de las asociaciones de facies y de los ambientes fluviales y fluvio-deltáicos

La regresión a fines del Cretácico marcó el inicio de la no depositación en el Sur de la Cuenca Oriental de Venezuela. Durante el Eoceno Tardío vuelve a acaecer un proceso de sedimentación en la misma debido a la transgresión marina que cubrió el borde Norte de Venezuela, como consecuencia de la colisión oblicua de la Placa Caribe con el borde Norte de la placa suramericana (Figura 10); erigiéndose de esta manera, un espacio disponible para todos los procesos sedimentarios que posteriormente sobrevendrán.

La interacción de las dos placas provocó un margen activo que se adentraba progresivamente hacia el Este de la placa suramericana, caracterizada de Norte a Sur por un frente de corrimientos; una fosa profunda o “foredeep” (Figura 14) y una antifosa o cuenca antepaís “foreland basin”; dichas estructuras geológicas se desplazaban hacia el Sureste en la medida que aumentaba la presión entre los dos bordes de placas. La carga aplicada por el cinturón de deformación sobre el “foredeep” fue aumentando continuamente, produciendo la flexión de la litósfera y el avance de la línea de costa hacia el continente suramericano, proceso geológico que dará lugar a la transgresión terciaria en el la Cuenca Oriental de Venezuela (OSTOS Y YORIS; en WEC 1997).

El inicio del adelanto del mar hacia el Sur está representado en la Unidad de Guárico Oriental por las arenas basales de la Formación La Pascua, depositadas

inicialmente por antiguos canales fluviales (Anexo 2), para posteriormente acumularse en ambientes marinos marginales.

La transgresión se mantuvo, depositándose por encima y transicionalmente de la Formación La Pascua las lutitas (Anexo 1, 2) de la Formación Roblecito, en condiciones ambientales de nerítico medio durante el Eoceno Tardío, a nerítico externo en el Oligoceno Medio, con períodos de profundización y sedimentaciones batiales.

La secuencia transgresiva representada por las formaciones La Pascua y Roblecito durante el Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano aumenta de espesor hacia el Noreste del Guárico Oriental; por el contrario, disminuyen progresivamente su espesor desde la Unidad de Guárico Oriental hasta desaparecer al Este del pozo P7 (Anexo 1, 2) del campo Aníbal en la unidad de Sanvi-Güere; por el proceso de truncamiento contra un alto estructural que pone en contacto estas rocas terciarias con rocas cretácicas; observación apoyada en el trabajo de DAAL *et al.* (1989), quienes proponen este mismo truncamiento para la secuencia oligocena que componen las formaciones Roblecito y La Pascua e indica que se acuñan por truncamiento hacia el Este del campo Aníbal contra una estructura positiva asociada al corrimiento de Anaco. Esta distribución es evidenciada por medio de la asociación D (Anexo 2).

Tanto en la Unidad de Guárico Oriental como en la Unidad de Sanvi-Güere las areniscas de la Formación La Pascua se hallan levemente cementadas con cementos calcáreos y silíceos siendo generalmente son estériles. Mientras que la Formación Roblecito está constituida por lutitas grises a negras y muy pocos lignitos, intercalada ocasionalmente con capas de areniscas de grano fino a medio, localmente grueso.

Esta fase transgresiva finaliza durante el Oligoceno Tardío al desplazarse el frente de deformación hacia el Este, por lo tanto, las condiciones de sedimentación que estuvieron imperando hasta el momento comienzan a cambiar, ahora se caracterizan por depósitos de fases regresivas con más influencia continental, rellenando finalmente el espacio que estuvo una vez ocupado por los mares durante la transgresión. Esto se interpreta por los depósitos de la sección superior de la Formación Chaguaramas (Anexo 1, 2).

La Formación Chaguaramas se interpretó como un depósito de un ambiente fluvial durante el Oligoceno Temprano, a través de los depósitos de los canales entrelazados que se apilaban verticalmente en forma repetitiva, cubriendo la sección media y base de esta formación, que se encontraba rodeada de llanuras aluviales y pantanosas donde se desarrollaron ambientes paludales con grandes cantidades de bancos ligníticos, los cuales tipifican a la Formación Chaguaramas (Anexo 2). Posteriormente durante el Oligoceno Tardío–Mioceno las llanuras aluviales se hacen más extensas (Anexo 2), variando a planicies costeras con leves influencias marinas.

El descenso o ascenso del mar no se realiza en un único movimiento, por el contrario, suele estar acompañado en cualquier caso por combinaciones de pulsos regresivos-transgresivos o viceversa; es decir, dentro de una misma fase regresiva o transgresiva puede incluirse pequeños avances y retrocesos de la línea de costa, tal como ha sido reportado por GONZÁLEZ DE JUANA *et al* (1980). Éste hecho permite entender la influencia marina que en alguna oportunidad debió afectar la depositación de la Formación Chaguaramas.

Mientras que un proceso de sedimentación fluvial va originando la sección inferior de la Formación Chaguaramas, en la Unidad de Sanvi-Güere se estaba generando al mismo tiempo la Formación Merecure en un ambiente fluvial (Anexo 2). La asociaciones de facies y electrofacies sedimentarias sugieren la existencia de depósitos de canales entrelazados asociados a llanuras aluviales-fluviales para dicha formación, los cuales pudieron haber sido resultado del apilamiento vertical de un canal sobre otro, lo que daría origen a la agradación vertical y lateral que caracteriza a este tipo de depósito (Anexo 2). Más tarde, en el Oligoceno Tardío-Mioceno, durante la depositación de la sección superior de la Formación Chaguaramas, se deposita hacia la unidad de Sanvi-Güere en un ambiente fluvio-deltaico, la Formación Oficina (Anexo 2).

La Formación Oficina posiblemente se haya originado en un ambiente fluvio-deltaico como se puede interpretar a través de las asociaciones de facies y electrofacies sedimentarias (Anexo 2). En la Unidad de Sanvi-Güere este complejo puede estar representado por depósitos de canales distributarios relacionados con los depósitos de llanuras deltaicas (Anexo 2), en las cuales se acumularon grandes cantidades de lignitos pero en menor cantidad que en la Formación Chaguaramas. La razón por la cual pudo

haber existido tal diferencia en la proporción de lignitos puede ser atribuido a la paleogeografía que caracterizó a la Subcuenca de Guárico en los tiempos en que ésta se estaba rellenando con los depósitos de la Formación Chaguaramas. Esta paleogeografía era más plana que la de la región de la Subcuenca de Maturín, favoreciendo la proliferación de áreas pantanosas en la Unidad de Guárico Oriental.

El modelo de margen activo, explicado para el área de la Subcuenca de Guárico, igualmente es aplicable para la Subcuenca de Maturín, tal como ha sido descrito por diversos autores: GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), PARNAUD (*op cit*), DI CROCE *et al.* (1999), entre otros.

En el transcurso del Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano, la región oriental de la Cuenca actual de Oriente, finalmente es impactada por la acción de la compresión de la Placa Caribe con la Placa de Suramérica. El modelo geodinámico es el mismo que se registró para occidente, sólo que en oriente la compresión es de mayor magnitud y actúa por un tiempo más prolongado.

El levantamiento de la Serranía del Interior Oriental producto de la interacción entre las dos placas, originó la flexión de la litósfera en el área oriental, dando lugar al avance de la línea de costa hacia el sur en dirección al Escudo de Guayana. Durante la transgresión terciaria de la Subcuenca de Maturín se deposita en el “foreland basin” la Formación Merecure. El aporte sedimentario aquí es mayor que el espacio disponible para la sedimentación, por lo tanto, las facies de esta formación no presentan formas retrogradantes, como debería esperarse en los sistemas transgresivos; por el contrario, muestran depósitos progradantes (PARNAUD *et al.* 1995).

En el proceso de depositación de la Formación Oficina el mar continúa su ascenso hacia el Norte de Suramérica y hacia esta misma dirección se profundizan los ambientes con depósitos; mientras que hacia el Sur de la Cuenca, los ambientes se hacen marinos-marginales, hasta el punto de llegar a presentar características de depósitos netamente continentales (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980).

La transición de las formaciones oligomiocenas de la Unidad de Guárico Oriental a la Unidad de Sanvi-Güere se puede abreviar de la siguiente manera: las

formaciones La Pascua y Roblecito (Eoceno Tardío-Oligoceno Tardío) se acuñan lateralmente por truncamiento contra un alto estructural que pone en contacto discordante a estas rocas terciarias con rocas cretácicas (DAAL *et al.* 1989) (Anexo 1, 2).

La sección inferior de la Formación Chaguaramas (Oligoceno Tardío-Mioceno) caracterizada en la Unidad de Guárico Oriental por una alternancia de areniscas lenticulares de grano grueso a muy grueso, que corresponden a un 90% de la Formación, con lutitas y numerosos lignitos, correspondientes a un 10% aproximadamente de la misma; esta sección inferior es equivalente en tiempo a la Formación Merecure (Oligoceno Tardío-Mioceno), la cual está constituida por paquetes espesos de areniscas de grano grueso a muy grueso, medio que gradan a fino hacia el tope, intercalados con lutitas. Mientras que la sección superior de la Formación Chaguaramas (Mioceno) está caracterizada principalmente por cuerpos lutíticos que corresponden a un 80% de la Formación, además presenta un 10% de lignitos, las lutitas son ocasionalmente calcáreas y se intercalan con areniscas lenticulares de grano grueso a muy grueso que corresponden a un 10% de esta Formación y se iguala en tiempo a la Formación Oficina (Mioceno) compuesta por una intercalación de lutitas, areniscas lenticulares y lignitos; las areniscas representan cerca del 10% total del espesor de la formación (Anexo 1, 2). Como se pudo observar, existe una correlación en tiempo entre las formaciones Oligomiocenas de la Unidad de Guárico Oriental con las de las formaciones oligomiocenas de la Unidad de Sanvi-Güere.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

1. La información de las muestras de canal no permitió definir de una manera absoluta y totalmente confiable la litología de las formaciones que fueron penetradas por cada pozo; sólo dieron una buena aproximación cuando fueron relacionadas y comparadas con las respuestas eléctricas los perfiles eléctricos.
2. Se observó que el estudio de núcleos de pequeños espesor y no podía dar una contribución de interés para este tipo de trabajo, en virtud de que los mismos fueron cortados con espesores de hasta 500 pies en donde se fueron encontrados algún yacimiento que ameritaba un estudio más exhaustivo para su exploración y explotación. Por lo tanto, resultaron muy pequeños para trabajos regionales como el que se presentó en esta investigación.
3. La definición clara, precisa y detallada de las facies y electrofacies sedimentaras facilitó la agrupación de las mismas en asociaciones de facies en la Unidad de Guárico Oriental y en la Unidad de Sanvi-Güere; aún cuando la información geológica de los pozos petroleros fue escasa.
4. Las asociaciones de facies definidas mediante la combinación de las facies y electrofacies sedimentarias permiten llegar a resultados coherentes dentro del contexto del marco regional de una zona en particular cuando se trabaja en áreas desprovistas de información paleontológica, de núcleos, de geoquímica, de petrofísica, tal como se dio a conocer en el presente entre otras.
5. La sección inferior de la Formación Chaguaramas está caracterizada por una alternancia de areniscas lenticulares de grano grueso a muy grueso, que corresponden a un 90% de la Formación, con lutitas y numerosos lignitos.

**6.** La sección superior de la Formación Chaguaramas está caracterizada principalmente por cuerpos lutíticos que corresponden a un 80% de la Formación, además presenta un 10% de lignitos, las lutitas son ocasionalmente calcáreas y se intercalan con areniscas lenticulares de grano grueso a muy grueso que corresponden a un 10% de esta Formación

**7.** La Formación Merecure está constituida por paquetes espesos de areniscas de grano grueso a muy grueso, medio que gradan a fino hacia el tope, intercalados con lutitas.

**8.** La Formación Oficina está compuesta por una intercalación de lutitas, areniscas lenticulares y lignitos; las areniscas representan cerca del 10% total del espesor de la formación

**9.** Las formaciones La Pascua y Roblecito disminuyen progresivamente su espesor desde la Unidad de Guárico Oriental hasta desaparecer al Este del pozo P7 (Anexo 1, 2) del campo Aníbal en la unidad de Sanvi-Güere; por el proceso de truncamiento contra un alto estructural que pone en contacto estas rocas terciarias con rocas cretácicas;

**10.** La sección inferior de la Formación Chaguaramas (Oligoceno Tardío-Mioceno) es equivalente en tiempo a la Formación Merecure (Oligoceno Tardío-Mioceno).

**11.** La sección superior de la Formación Chaguaramas (Mioceno) equivale en tiempo a la Formación Oficina (Mioceno).

**12.** La definición de asociaciones sedimentarias para las formaciones La Pascua, Roblecito, Chaguaramas, Merecure y Oficina; combinando las codificaciones de facies y las electrofacies sedimentarias planteadas, basándose en el marco geológico regional de la Cuenca Oriental de Venezuela permitió entender, dentro de la región de estudio y en forma general, los siguientes paleoambientales sedimentarios de estas formaciones:

**12.1** La Formación La Pascua se interpretó como depósitos de ambiente fluvial a marino marginal y la Formación Roblecito como depósitos de ambiente marino.

**12.2** La Formación Chaguaramas Inferior se interpretó como depósitos de canales entrelazados asociados con amplias llanuras aluviales. Mientras que la sección superior de esta misma Formación se interpretó como depósitos de ambientes paludales e intervalos ocasionalmente marinos.

**12.3** La Formación Merecure se interpretó como depósitos de canales entrelazados apilados entre sí asociados a angostas llanuras aluviales.

**12.4** La Formación Oficina se interpretó como depósitos de ambiente fluvio-deltaico con llanuras deltaicas y canales distributarios asociados entre sí.

**13.** Las correlaciones a larga distancia y muy regionales, como la que se presenta en este tipo de investigación en regiones estructuralmente complejas son peligrosas bajo cualquier condición; si no se dispone de herramientas bioestratigráficas, información de núcleos, datos geoquímicos, entre otros que permitan comparar la información y disminuir el riesgo de interpretaciones erróneas .

**14.** En este estudio regional no se pudieron ubicar en la sección estratigráfica (Anexo1) cada una de las facies definidas en los registros eléctricos; debido al tamaño de la escala utilizada, la cual fue la más apropiada para lograr tener dominio regional de 7500 pies, aproximadamente.

**15.** Se logró explicar la transición de las formaciones Oligomiocenas de la Subcuenca de Guárico a la Subcuenca de Maturín mediante las descripciones de las características litológicas, las definiciones de litofacies y electrofacies sedimentarias en las formaciones que integran la Unidad de Guárico Oriental y las formaciones de la Unidad de Sanvi-Güere.

**16.** Aún cuando la escala de trabajo no fue la más idónea, ella permitió tener un control regional de las variaciones litológicas y paleoambientales del área de estudio, principal objetivo de este Trabajo Especial de Grado.

**17.** La evidencia podrá ser escasa y poco concluyente pero es pertinente a un problema que aún se mantiene entre las unidades de Guárico Oriental y las de Sanvi-

Güere, debido a que se han estado realizando estudios muy regionales en estas zona descartándose informaciones de núcleos, bioestratigrafía o de registros de imágenes de los pozos que la tienen. Ciertamente, hay posibles interpretaciones alternas; se espera que, al poner en duda algunas ideas establecidas el presente estudio suministrará un estímulo para la investigación adicional.

## **CAPÍTULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

- 1.** Se recomienda utilizar la definición de facies y electrofacies propuesta en este trabajo en aquellas zonas que tengan poca información geológica.
- 2.** Se recomienda hacer estudios sedimentológicos y estratigráficos detallados en los intervalos que poseen información bioestratigráfica, de núcleos y de registros de imágenes con el fin de integrar y comparar la información obtenida con la propuesta en la presente investigación para así aclarar y afinar los ambientes de depositación de las formaciones oligomiocenas de la unidad de Guárico Oriental y de la Unidad de Sanvi-Güere.
- 3.** Se recomienda utilizar el software Geographics versión 4.0.2. sólo para elaborar secciones estratigráficas y sus respectivas correlaciones.
- 4.** Se recomienda utilizar el programa Corel Draw versión 12 para modelar la geometría de las cuencas, una vez elaboradas las correlaciones entre los pozos petroleros en una sección estratigráfica.
- 5.** Se recomienda hacer estudios petrofísicos de porosidad y permeabilidad para la determinación de la calidad de las rocas reservorios.
- 6.** Se recomienda realizar estudios de núcleos en los intervalos cercanos al tope de la lutita T para así afinar el límite entre las formaciones Merecure y Oficina.
- 7.** Se recomienda realizar un estudio sedimentológico y estratigráfico detallado entre los pozos P5 y P6 para tratar de definir seguramente la transición entre las unidades de Guárico Oriental (Formación Chaguaramas) y las Unidades de Sanvi-Güere (formaciones Merecure y Oficina).

## BIBLIOGRAFÍA

Abreviatura: UCV-G = Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Geólogo, inédito

ALLEN G. Y SEGURA F 1988. *Sedimentología de los Depósitos Clásticos*. Inédito. 133 p.

ARSTEIN R.; E. CABRERA; F. RUSSOMANNO Y H. SANCHEZ 1985. Revisión Estratigráfica de la Cuenca de Venezuela Oriental. *VI Congreso Geológico Venezolano*, 41–68 p.

ASHWORTH, P.; J. BEST; C. BRISTOW; G. KLASSENS Y J. RODEN 2000. *Morphological evolution and dynamics of a large, sand braid-bar, Jamuna River, Bangladesh*. *International Association of Sedimentologists*. 47: 533-555.

AUDEMARD F.; I. AZPIRITXAGA; P. BAUMANN; A. ISEA. Y M. LATREILLE M 1985. Marco Geológico del Terciario de la Faja Petrolífera del Orinoco, Venezuela. *VI Congreso Geológico Venezolano*, p. 70-108.

BLATT H.; G. MIDDLETON Y R. MURRAY 1972. *Origin of Sedimentary Rocks*. Prentice-Hall, New Jersey, USA; 634 p.

BOGGS S. 1995. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. Prentice Hall, New Jersey, USA, 774 p.

BRIDGE J. Y R. TYER 2001. Interpreting the dimensions of ancient fluvial channel bars, channels, and channel belt from wireline-logs and cores. *The American Association Petroleum Geologists*. Tulsa, Oklahoma, USA

BUATOIS L.; J. MACEACHEN Y G. PERBERTON 1997. *Criterios icnológicos para el reconocimiento y la interpretación de discontinuidades erosivas*. *Bol., Soc. Venezolana de Geól.*, 22 (1): 7–32.

BUATOIS L. Y M. MÁNGANO 2000. Aplicaciones de la icnología en prospección de hidrocarburos y caracterización de reservorios. *Boletín de Informaciones Petroleras*, p. 64–85.

\_\_\_\_\_ 1986. " *Carpeta del pozo P1* ". Informe interno. Teikoku oil de Sanvi Güere. Anzoátegui.

- \_\_\_\_\_ 1986. " *Carpeta del pozo P6* ". Informe interno. Teikoku oil de Sanvi Güere. Anzoátegui
- \_\_\_\_\_ 1988. " *Carpeta del pozo P11* ". Informe interno. Teikoku oil de Sanvi Güere. Anzoátegui
- BRIDGE, J. Y R. TYER. 2001. Interpreting the dimensions of ancient fluvial channel bars, channels, and channel belt from wireline-logs and cores. *The American Assotiation Petroleum Geologists*. Tulsa, Oklahoma, USA.
- BUATOIS L.; J. MACEACHEN Y G. PERBERTON 1997. Criterios icnológicos para el reconocimiento y la interpretación de discontinuidades erosivas. *Bol., Soc. Venezolana de Geól.*, 22 (1): 7–32.
- BUATOIS L. Y M. MÁNGANO 2000. Aplicaciones de la icnología en prospección de hidrocarburos y caracterización de reservorios. *Boletín de Informaciones Petroleras*, p. 64–85.
- CANT D. 1990. *Fluvial Facies Model and Their Application*. Alberta Geological Survey. Edmonton. Canada. p. 115 – 149.
- CONTRERAS C.; H. GAMERO; A. MIZOBE Y P. PIETER 2000. *Borehole Electrical Images as a reservoir characterization tool in the Merecure Formation, Guarico 13 Field, Eastern Venezuela*. Schlumberger, DS & ID, Caracas; Teikoku Oil de Sanvi / Güere, San Tome, Venezuela, p. 620 – 640.
- CORRALES I. Y J. ROSELL 1977. *Estratigrafía*. Editorial Rueda, Madrid, España, 718 p.
- CREOLE PETROLEUM CORPORATION Y EXXON PRODUCTION RESEARCH COMPANY 1976. *Manual de Facies Clásticas*. Editado por D.C. Swason-EPRCo. USA.
- CUETO N 2002. *Palinofacies y paleoambientes del Mioceno Temprano-Medio en la zona de Tácata, Estado Anzoátegui*. UCV-G, 343 p.
- DE SISTO J 1960. Revised *type section of the Oficina Formation*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., *Bol. Inform.*, 3 (12); p. 334 – 336.
- DE SISTO J 1961. *Stratigraphic relationships a long the southern shelf area of eastern Venezuela basin, east of greater Oficina fields*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., *Bol. Inform.*, 4 (3); p. 95–105.

- DI CROCE J.; A. W. BALLY Y P. VAIL 1999. *Sequence Stratigraphy of the Eastern Venezuela Basin. Caribbean Basins. Sedimentary Basins of the World*. Elsevier ScienceB.V., Amsterdam, p. 419–476.
- DUTTON S.; S. HAMLIN; R. SEGGIE; N. TYLER Y J. YEH 1995. *Flow – Unit characterization and recovery optimization of a Braid–Delta sandstone reservoir, Tirrawarra Oil Field, South Australia*. The University of Texas at Austin, Report of investigations, Texas. 231: 44 p.
- ERLICH R. Y S. BARRET 1990. *Cenozoic plate tectonic history of the northernVenezuela–Trinidad area. Tectonics*, v. 9, No. 1; p. 161–184.
- FRIEDMAN G. Y J. SANDERS 1979. *Principles of Sedimentology*. John Wiley & Sons, New York; 792 p.
- GALLOWAY .E. Y D. HOBDAV 1996. *Terrigenous Clastic Depositional Systems*. Springer Verlag. New York, USA, 489 p.
- GONZALEZ DE JUANA J; J. ITURRALDE Y X. PICARD 1980. *Geología de Venezuela y sus cuencas petrolíferas*. Ediciones Foninves, Caracas.1031 p.
- GOODALL T.; N. MOLLE Y T. RONNINGSLAND 1998. *The integration of electrical image logs with core data for improved sedimentological interpretation*. Core-log Integration, Geological Society, London, Special Publications, 136, p.237–248.
- KRUMBEIN W. Y L. SLOSS 1969. *Estratigrafía y Sedimentación. SegundaEdición*, U.T.E.H.A., México, 778 p.
- LÉXICO ESTRATIGRÁFICA DE VENEZUELA, TOMO I Y II 1997. *Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Geología, Boletín de Geología, Caracas, Venezuela, Publicación especial 12: 828 p.*
- LUTHI S 2001. *Geological Well Logs*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 373 p.
- MÉNDEZ O 1985. *Historia Geológica Graficada de la Cuenca Oriental de Venezuela. Memoria VI Congreso Geológico Venezolano*; p 1–26.
- MIALL A 1984. *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. Springer–Verlag, New York, USA; 490 p.

- MIALL A. Y N. TYLER 1991. *The three-dimensional Facies Architecture of terrigenous Clastic Sediments and its Implications for Hydrocarbon Discovery and Recovery*. Society for Sedimentary Geology. *Concepts in Sedimentology and Paleontology*, Vol. 3. Tulsa Oklahoma, USA. 309 p.
- MIALL A. 1997. *The Geology of Fluvial Deposits*. Springer-Verlag, New York, USA; 479 p.
- PARNAUD F.; Y. GOUS; J. PASCUAL; TRUSKOWSKII.; O. GALLANGO Y PASSALACQUA H 1995. *Petroleum Geology of the Central Part of the Eastern Venezuela Basin*. AAPG memoria 62, p. 741-756.
- PETTIJOHN F 1970. *Rocas Sedimentarias*. Editorial Eudeba. Buenos Aires, Argentina, 731 p.
- PETTIJOHN F.; P. POTTER Y R. SIEVER 1972. *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag, New York; 618 p.
- REINECK, H. E. Y I.B. SINGH 1980. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, USA; 549 p.
- SCHOLLE P. Y D. SPEARING 1992. Sandstone Depositional Environments. *The American Assotiation Petroleum Geologists*. Tulsa, Oklahoma, USA; 410 p.
- OSTOS M. & F. YORIS 1997. *Geología de Venezuela*. En SCHLUMBERGER 1997. *Well Evaluation Conference (WEC)*. Caracas, Venezuela.
- VARELA E 2004. *Estudio sedimentológico de las capas rojas en el área del Machete, estado Guárico*. UCV-G, 178 p.
- VELÁSQUEZ D 2002. *Estudio de facies de las unidades estratigráficas informales B-C-D en la Formación Oficina y su relación con los perfiles eléctricos de imagen, Campo Sincor, Zuata, Edo. Anzoátegui*. UCV-G, 183 p.
- VILLEGAS L 1985. Geología Regional en la Cuenca Oriental. *VI Congreso Geológico Venezolano*, p. 3643-3670.
- WALKER R. Y N. JAMES 1992. Facies models. *Geological association of Canada publications*. Canada; 409 p.

**Referencias electrónicas (Internet):**

Comite Interfilial de Estratigrafía y Nomenclatura 2005. Léxico Estratigráfico de Venezuela. PDVSA–Intevep; [http:// www.pdv.com/lexico](http://www.pdv.com/lexico), (15-05-2005).

Universidad de Sonora, Departamento de Geología 2005. *Ríos entrelazados*. [http://www.geologia.uson.mx/academicos/grijalva/ambientesfluviales/sistemaderios\\_trenzados.htm](http://www.geologia.uson.mx/academicos/grijalva/ambientesfluviales/sistemaderios_trenzados.htm), (01-06-2005)

University Exeter, Department of Geography 2005. (Sistemas fluviales) <http://www.ex.ac.uk/geography/modules/GEO1202/1-Introduction.pdf>. (01-06-005).

# ANEXOS