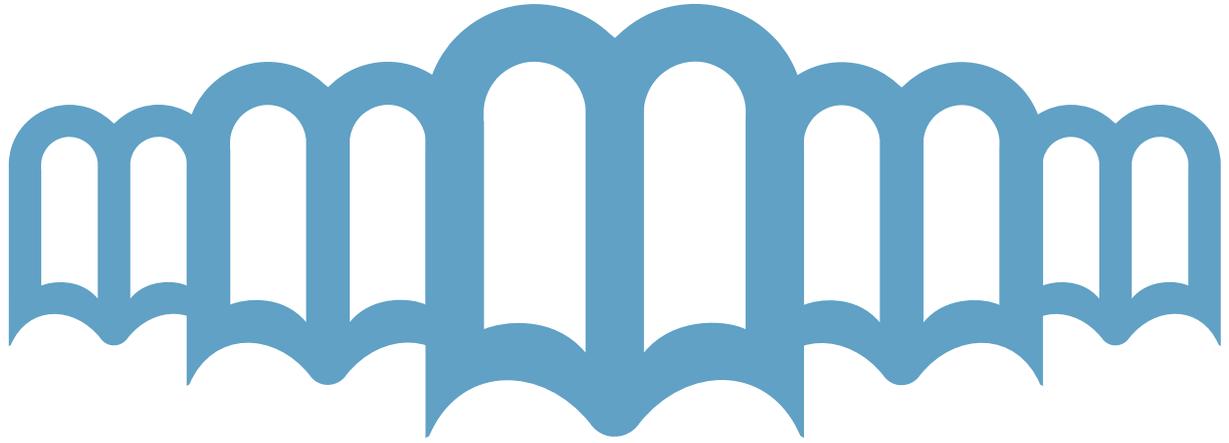


TESIS



**Modelo geológico estructural del yacimiento  
B-7-X07 area LL370 del campo Tía Juana Lago,  
Zulia Venezuela**

María Alicia Pirela Medina

## Página legal

Título de la obra: Modelo geológico estructural del Yacimiento B-7-X07 Area LL370 del campo Tia Juana Lago, Zulia Venezuela, 70pp.

Editorial Digital Universitaria de Moa, año.2015 -- ISBN:

1. Autor: María Alicia Pirela Medina
2. Institución: Instituto Superior Minero Metalúrgico " Dr. Antonio Núñez Jiménez"

Edición: Lic. Liliana Rojas Hidalgo

Corrección: Lic. Liliana Rojas Hidalgo

Digitalización. Lic. Liliana Rojas Hidalgo



Institución de los autores: ISMM " Dr. Antonio Núñez Jiménez"  
Editorial Digital Universitaria de Moa, año 2015

La Editorial Digital Universitaria de Moa publica bajo licencia Creative Commons de tipo Reconocimiento No Comercial Sin Obra Derivada, se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas.

La licencia completa puede consultarse en:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/legalcode>

Editorial Digital Universitaria

Instituto Superior Minero Metalúrgico

Ave Calixto García Íñiguez # 75, Rpto Caribe Moa 83329, Holguín Cuba

e-mail: [edum@ismm.edu.cu](mailto:edum@ismm.edu.cu)

Sitio Web: <http://www.ismm.edu.cu/edum>



**Instituto Superior Minero Metalúrgico**  
**“Dr. Antonio Núñez Jiménez”**  
**Facultad de Geología y Minería**  
**Departamento de Geología**

**MODELO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DEL YACIMIENTO B-7-X07 AREA  
LL370 DEL CAMPO TIA JUANA LAGO, ZULIA VENEZUELA**

Maestría en Geología, Mención Prospección y Exploración de Yacimientos de  
Petróleo y Gas. 8<sup>va</sup> Edición

**Autor: Ing. María Alicia Pirela Medina**  
**Tutor: Dr. Robert Ramírez**

**Julio, 2015**

## INDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	7
1.1 Introducción	7
1.2 Geología Regional	7
1.2.1 Evolución de la cuenca de Maracaibo	10
1.2.1.1 Periodo Pre-Jurásico	10
1.2.1.1.1 Sucesión mesozoica-cenozoica	11
1.2.1.2 Periodo Jurásico	14
1.2.1.3 Periodo Cretácico	15
1.2.1.3.1 Neocomiense-Barremiense	15
1.2.1.3.2 Aptiense	16
1.2.1.3.3 Cenomaniense superior- campaniense inferior	18
1.2.1.3.4 Campaniense superior- maastrichtiense tardío	19
1.2.1.3.5 Maastrichtiense superior- paleoceno inferior	22
1.2.1.4 Paleoceno superior- eoceno inferior	23
1.2.1.5 Eoceno medio	25
1.2.1.6 Eoceno superior- mioceno inferior	26
1.2.1.7 Mioceno medio- pleistoceno	28
1.2.2 Paleografía de la formación misoa	30
1.2.2.1 Primera etapa	30
1.2.2.2 Segunda etapa	31
1.2.2.3 Tercera etapa	32
1.2.2.4 Alto de Icotea	33
1.2.2.5 Dualidad estructural eocena	34
1.3 Marco estructural local	37
1.3.1 Modelo estructural área LL-370	37
1.3.2 Modelo estratigráfico área LL-370	38

1.3.3 Yacimiento B-7-X-07	41
1.4 Conclusiones	42
<b>CAPITULO II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>43</b>
2.1 Introducción	43
2.2 Metodología de la investigación	43
2.3 Conclusiones	55
<b>CAPÍTULO III. ELABORACIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL</b>	<b>56</b>
3.1 Introducción	56
3.2 Unidades geológicas para el modelo estructural	56
3.3 Mapa base de isoclinas	59
3.4 Modelo tridimensional del tope	61
3.5 Modelo estructural	64
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>66</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>67</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

N°		Pág.
1.1	Cuencas petrolíferas de Venezuela, basadas en la distribución de sus Provincias. Ubicación Geográfica de la cuenca de Maracaibo.	8
1.2	Ubicación del Bloque de Maracaibo.	9
1.3	Evolución geotectónica del occidente de Venezuela.	12
1.4	Evolución geotectónica del occidente de Venezuela	13
1.5	Esquema tectónico donde se muestra la distribución de grábenes Triásico-Jurásicos en la cuenca de Maracaibo	14
1.6	Distribución de facies sedimentarias dominantes durante el Neocomiense-Albiense (Cretácico Temprano) al Norte del cratón de Guayana	16
1.7	Paleogeografía de la secuencia depositacional K1 del Aptiense	17
1.8	Paleogeografía de la secuencia depositacional K2 del Albiense-Cenomaniense superior	18
1.9	Evolución del graben centro-occidental del Lago de Maracaibo.	20
1.10	Paleogeografía de la secuencia depositacional K6 (Campaniense superior- Maestrichtiense)	21
1.11	Sección transversal tectonoestratigráfica B-B' de la cuenca del Lago de Maracaibo	21
1.12	Paleogeografía de las secuencias depositacionales K7 y K8 del Maestrichtiense Superior-Paleoceno Inferior	22
1.13	Paleogeografía de secuencia depositacional T1 (Paleoceno superior- Eoceno inferior)	23
1.14	Desarrollo esquemático de fallas normales y lístricas en relación a las antefosas paleocenas y eocenas y el Alto Periférico	24
1.15	Mapa esquemático donde se evidencia el desarrollo de fallas normales con relación al "Alto Periférico".	25
1.16	Paleogeografía de las secuencias depositacionales T2 y T3 (Eoceno medio)	26
1.17	Paleogeografía de las secuencias depositacionales T4 y T5 (Eoceno Superior-Oligoceno)	27
1.18	Columna Estratigráfica Generalizada del subsuelo del Lago de Maracaibo	29
1.19	Paleogeografía del Paleoceno Tardío-Eoceno	31
1.20	Modelo Conceptual de los grábenes en área Lama-Sur	33

1.21	Esquema conceptual de la deformación producida por la subducción de la Placa del Caribe	36
1.22	Ubicación área LL-370	37
1.23	Columna Estratigráfica del área de estudio	41
1.24	Area LL-370. Yacimiento B-7-X-07	42
2.1	Metodología de la Investigación	44
2.2	Mapa estructural del yacimiento B-7-X-07	48
2.3	Creación de Sección. Ventana principal.	50
2.4	Programa Geography Discovery. Añadir pozos a sección.	51
2.5	Programa Geography Discovery. Añadir topes	51
2.6	Trazado de las Secciones Estratigráficas A y B	52
2.7	Sección Estratigráfica A	53
2.8	Sección estratigráfica B	54
2.9	Ventana principal programa Rockwords	55
3.1	Unidades geológicas seleccionadas para el modelo estructural.	56
3.2	Mapa base de isoclinas	60
3.3	Vista principal del tope estructural	62
3.4	Vista dos del tope estructural	62
3.5	Vista del espesor del yacimiento	63
3.6	Vista principal del modelo estructural	64
3.7	Vista dos del modelo estructural	65

## INDICE DE TABLAS

N°		Pág.
2.1	Pozos pertenecientes al yacimiento B-7-X-07	47
3.1	Formaciones atravesadas por cada Pozo	58

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día la optimización de la explotación de los yacimientos de hidrocarburos juega un papel importante en la economía mundial. Por esta razón, al identificarse la presencia de un yacimiento o una acumulación de hidrocarburo cuya explotación es económicamente rentable, se genera un plan de explotación con el objetivo de maximizar el factor de recobro de los yacimientos. Para optimizar el proceso de producción de hidrocarburos en los campos de petróleo, es necesario caracterizar correctamente el yacimiento, lo que involucra entender la estructura geológica del subsuelo y sus propiedades físicas, tal que, este conocimiento pueda ser incorporado en los modelos de simulación del yacimiento en los que se fundamentan las estrategias de explotación de los campos.

En este sentido, es indispensable caracterizar más eficientemente los yacimientos de petróleo y gas. Se debe realizar un estudio geológico confiable, sólido y específico de los yacimientos, que permitan mejorar el grado de certeza de los trabajos mayores y menores realizados en el mismo, evitando altos costos de los programas de exploración y enfocándose en el propósito de generar esquemas avanzados para la explotación de hidrocarburos.

Con el objetivo de aprovechar al máximo la acumulación de hidrocarburos y alcanzar las metas y la exigencia del mercado de la industria petrolera nacional e internacional, la industria petrolera Venezolana requiere disminuir el nivel de incertidumbre de las características geológicas de dichos yacimientos mediante una constante elaboración de modelos estáticos que permitan la aplicación de sucesivos planes de explotaciones.

Bajo esta perspectiva, el modelado de un yacimiento, es el paso final en el proceso de la caracterización de yacimientos, el cual consiste en la construcción de modelos geológicos múltiples de alta resolución, el escalamiento y la realización de las simulaciones del flujo.

El modelo geológico, constituye un compendio de las características y propiedades estáticas de un yacimiento. Consta de modelos más detallados de acuerdo con las diversas disciplinas de la geología, es decir un modelo geológico

consta de un modelo estructural, un modelo sedimentario-estratigráfico y un modelo litológico. Uno de los objetivos del modelo geológico es determinar la heterogeneidad del yacimiento e identificar su influencia en las propiedades petrofísicas de las rocas y en las características que tendrá el flujo de fluidos al momento de la producción de hidrocarburos.

En ese orden de ideas, específicamente, el modelo geológico estructural está relacionado con los esfuerzos y deformación que determinan el tipo y orientaciones de la estructura que forma el yacimiento, se refiere en concreto a la definición de la estructura geológica, y límites que presenta el yacimiento, es decir la arquitectura o esqueleto que lo conforma.

La importancia de la elaboración de un modelo geológico estructural radica, en que permite la descripción exacta de los yacimientos, establecer la geometría y la arquitectura del yacimiento, crear mapas estructurales (superficies) de los diferentes horizontes que delimitan la acumulación de hidrocarburos, (tope y base) y de las unidades de importancia geológica, y de esta forma detectar nuevas zonas de explotación, siendo todo lo antes mencionado el objetivo de este trabajo.

Tal como lo expresa Belousov (1979): La importancia de la geología estructural en el complejo de las disciplinas geológicas es muy grande. Sin un conocimiento correcto de la morfología de las formas estructurales es imposible efectuar un levantamiento geológico, ya que el geólogo, casi siempre, se ve obligado a restablecer el aspecto completo de las formas estructurales basándose en las observaciones fragmentarias de afloramientos aislados. Si el geólogo no sabe como enlazar dichos datos fragmentarios, su levantamiento será incompleto e incluso erróneo.

La realización del presente estudio parte de la necesidad de incrementar la capacidad de explotación de yacimiento por parte de la empresa Petróleos de Venezuela (PDVSA). La Unidad de Explotación Tía Juana Lago, tiene como objetivo primordial la caracterización de los yacimientos pertenecientes al campo Tía Juana Lago, generando planes de explotación que permitan incrementar el factor de recobro.

El yacimiento B-7-X.07 está ubicado en el área LL-370 de edad eoceno, Formación Misoa de la unidad de producción Tía Juana Lago, posee un petróleo original en sitio (POES) de 1 219 509 de barriles de petróleo, con un factor de recobro total estimado en 24,7 %, calculándose unas reservas recuperables de 300,731 MBN de barriles de petróleo, de las cuales se han producido 230,835 millones de barriles de petróleo, quedando unas reservas remanentes de 69.896MBN (Pdvsa, 2014).

En la actualidad no se cuenta con actualizaciones sobre el modelo geológico estructural del yacimiento B-7-X-07, área LL-370 que imposibilita el reconocimiento de los rasgos estructurales del mismo que aporten conocimientos sobre el área y sirva como una herramienta para los planes futuros de explotación. En este sentido, y sustentando esta situación, la empresa EXGEO (2005), presenta la clasificación e inventario de los mapas oficiales y realizados en B6-B9 tanto para las áreas LL-370/LL-453; donde específicamente para la unidad B-7-X del área LL-370 muestra los mapas oficiales tanto isópaco como estructural sin actualizaciones con los pozos desde el año 2005 hasta la actualidad.

**Problema de investigación:** Insuficiente información sobre los rasgos estructurales del yacimiento B-7-X-07, requiriendo de la actualización del modelo geológico estructural y de esta manera sirva como herramienta para los planes de explotación del yacimiento.

El **objeto** de investigación está centrado en: Yacimiento B-7-X-07 del área LL-370.

**Campo de acción** en el que se desarrolla la investigación es el modelo geológico estructural.

**Objetivo general:**

Actualizar el modelo geológico estructural del yacimiento B-7-X-07, área LL-370 del campo Tía Juana por medio de análisis de secciones, datos de pozos, que aporte información sobre la estructura del yacimiento favoreciendo al logro de planes de explotación efectivos y racionales.

### **Objetivos específicos:**

1. Estudiar la información existente del yacimiento B-7-X-07, relacionada con las secciones, límites y estructura.
2. Analizar los datos correspondientes a topes, bases y coordenadas del yacimiento B-7-X-07 mediante la integración de información de pozos.
3. Interpretar el modelo geológico estructural del yacimiento a partir del estudio y análisis de la información fragmentaria del yacimiento.

La **hipótesis** de la presente investigación es: Si se estudia la información existente del yacimiento B-7-X-07, relacionada con las secciones, límites y estructura; se analizan los datos correspondientes a topes, bases y coordenadas del yacimiento B-7-X-07 y la integración de información de nuevos pozos, se podrá actualizar el modelo geológico estructural del yacimiento B-7-X 07, de manera suministre información valiosa sobre las características estructurales del yacimiento y permita lograr planes más adecuados para su explotación efectiva y racional.

### **Tareas**

Para el cumplimiento de los objetivos es necesario realizar las siguientes actividades:

1. Realizar una recopilación e inventariado de la información existente sobre el área en estudio y la revisión, análisis y validación de la misma.
2. Elaborar un listado contentivo de 34 pozos del yacimiento B-7-X-07 del Área LL-370, en el cual se especificarán las parcelas donde se encuentran, profundidad total, topes, bases, coordenadas.
3. Ejecutar el uso del paquete computacional (ROCKWELL) para la realización del modelo estructural.
4. Procesar la información geológica, a través del empleo de la metodología propuesta.

5. Visualizar, analizar y debatir los resultados obtenidos en el procesamiento, para presentar un modelo geológico estructural del yacimiento lo más completo posible.

## **Métodos**

Los métodos que se emplearon para la obtención de la data requerida en el desarrollo de la investigación, fueron el análisis documental y el análisis de contenido. El primero de estos fue empleado para la compilación de información de carácter técnica referida a los aspectos teóricos a desarrollar en el contenido de la investigación basándose en la documentación bibliográfica, mientras que el análisis de contenido se usó para recabar información puntualizada (datos y características) que se localizan dentro del contenido de informes, carpetas y reportes generados, programas, software, tanto de actividades operacionales, como de bases de datos electrónicas pertenecientes a PDVSA. Además fue utilizado el método inductivo-deductivo para la deducción lógica necesaria para obtener un modelo geológico lo más completo posible a partir de la información existente.

La investigación fue desarrollada bajo un enfoque documental, de campo no experimental, a su vez, la información es analizada de forma cualitativa sobre la información obtenida de observaciones, antecedentes basado en el área de estudio.

## **Resultados esperados.**

Con el desarrollo de la investigación se espera obtener una interpretación de las características geológicas del yacimiento B-7-X-07, a través del análisis generado por los datos estructurales, secciones o cortes realizados sobre el modelo geológico estructural del área.

Para la elaboración de este trabajo fue necesaria la revisión y validación de la información geológica del área en estudio, luego obtener resultados actualizados que serán utilizados para la continuidad de un estudio integrado del yacimiento.

La intención es analizar una serie de propiedades intrínsecas del yacimiento, lo cual será de gran ayuda para el reconocimiento y mejor ubicación de las zonas prospectivas tomando en cuenta aspectos de carácter geológico, de esta forma generar nuevos planes que permitan la explotación efectiva de los hidrocarburos en este yacimiento.

La inclusión de un modelo geológico estructural, ofrecerá información actualizada del yacimiento B-7-X.07 de la formación Misoa del campo Tía Juana Lago, para definir y proponer nuevas localizaciones donde se encuentren las mejores propiedades, minimizando la incertidumbre y aumentando el porcentaje de éxito volumétrico de estos trabajos. Es de gran importancia el estudio e interpretación de la estructura presente en un área, puesto que generalmente ella será la causante principal de las acumulaciones de hidrocarburos en el subsuelo.

La investigación está estructurada de la siguiente forma: resumen, introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas.

En el Capítulo I. Se hace un resumen actualizado de las características geológicas regional y local del área de estudio partir de la información recopilada.

El Capítulo II. Contiene el método de trabajo empleado, se desarrolla una exhaustiva revisión de la información geológica del área LL-370, específicamente el yacimiento B-7-X-07.

En el Capítulo III se presentan los resultados obtenidos, luego de dar respuesta a los objetivos específicos planteados, así como su validación y análisis.

# **CAPÍTULO I: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN.**

## **1.1. Introducción**

El presente capítulo tiene como propósito realizar una revisión teórica sobre el área que representa el objeto de estudio, desde la perspectiva regional y local de modo que se exponga el ambiente geológico del área explicando los eventos suscitados en el mismo hasta la actualidad. Esta evaluación geológica constituye una de las etapas más importantes para el desarrollo de un estudio de yacimientos, el cual se lleva a cabo con el objeto de visualizar el escenario geológico de un área en particular. Esto, vinculado a la información de producción permite estimar el comportamiento de cada yacimiento y a su vez proponer el mejor plan de explotación para aplicar en el área. Guerrero y Saavedra (2009).

## **1.2. Marco Regional**

La cuenca petrolífera del lago de Maracaibo está situada al noroeste de Venezuela (Figura 1.1). Está restringida a territorio venezolano, se extiende sobre toda el área ocupada por las aguas del lago y los terrenos planos o suavemente ondulados que la circundan y que de modo general, pueden delimitarse al oeste-noroeste por el piedemonte de la Sierra de Perijá; al oeste-suroeste por la frontera colombiana hasta un punto sobre el río Guaramito, 12,5 Km al oeste de la población de La Fría; al sureste por el piedemonte andino hacia el río Motatán, ligeramente al este del cruce de Agua Viva; al este-noreste por la zona de piedemonte occidental de la Serranía de Trujillo y una línea imaginaria dirigida al norte hasta encontrar la frontera de los estados Zulia y Falcón, donde puede observarse un pequeño saliente hacia el este en la región de Quirós y en su parte norte, por la línea geológica de la falla de Oca.



Figura 1.1. Cuencas petrolíferas de Venezuela, basadas en la distribución de sus Provincias. Ubicación Geográfica de la cuenca de Maracaibo.

Estructuralmente hablando la cuenca de Maracaibo está enmarcada por tres alineamientos orogénicos: La Sierra de Perijá al oeste, Los Andes de Mérida al sureste y la Serranía de Trujillo al este, el marco se completa con el sistema de falla de Oca en el norte que aparentemente separa la cuenca Petrolífera de Maracaibo con la cuenca del Golfo de Venezuela.

Además de estos elementos, dicha cuenca se encuentra limitada por tres sistemas de fallas que se ubican aproximadamente de manera triangular, integrada por el sistema de Falla de Boconó al este y sureste, el sistema de la Falla de Santa Marta al oeste y suroeste y el sistema de Falla de Oca hacia el norte (Figura 1. 2). La extensión es de aproximadamente 50 000 Km<sup>2</sup>, corresponde políticamente en su mayor parte al estado Zulia y extensiones menores a los estados Táchira, Mérida y Trujillo. Geográficamente la cuenca de Maracaibo está parcialmente incluida dentro de la hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo. Geológicamente, según Halbauty et al (González de Juana et al, 1980), pertenece al tipo intermontano siguiendo el rumbo.

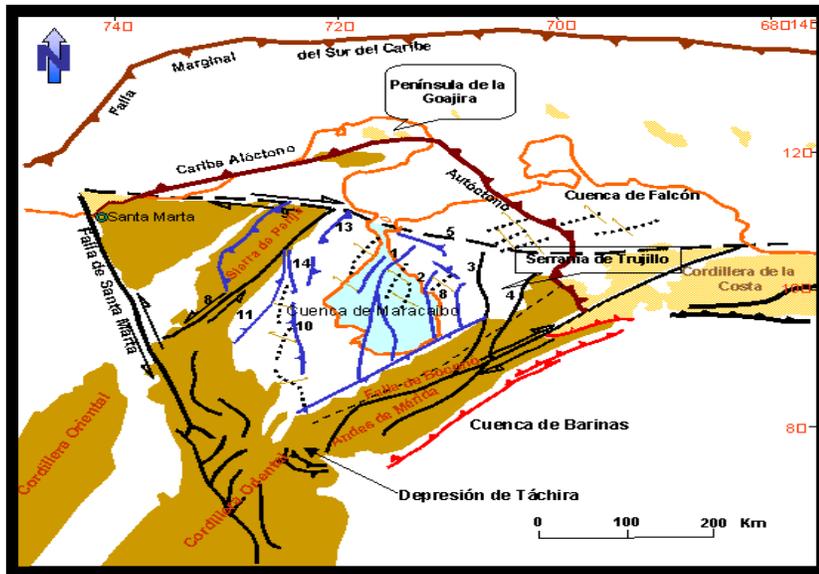


Figura 1.2. Ubicación del Bloque de Maracaibo.

La cuenca de Maracaibo es la primera en importancia económica en Sur América y una de las más importantes a escala mundial. Dentro del perímetro delimitado se calcula un volumen total de sedimentos de  $250000 \text{ Km}^3$  sobre el basamento precretácico. La cuenca de Maracaibo es la cuenca petrolífera más importante de Venezuela. La roca madre por excelencia es la Formación La Luna, de edad Cretácico Tardío, cuyas facies se extendieron por toda Venezuela occidental hasta Colombia. Se han encontrado rocas madres de importancia secundaria en los Grupos Cogollo (Miembro Machiques de la Formación Apón) y Orocué (Formación Los Cuervos).

El petróleo fue generado, migrado y acumulado en diversos pulsos, siendo el más importante el ocurrido durante el levantamiento andino. Las principales rocas yacimiento clásticas son las formaciones Río Negro y Aguardiente (Cretácico), Grupo Orocué (Paleoceno), Mirador-Misoa (Eoceno), Lagunillas y La Rosa (Mioceno). Las calizas (fracturadas) del Grupo Cogollo (Cretácico Temprano) constituyen los yacimientos carbonáticos más relevantes, mientras que los sellos regionales más importantes son las formaciones Colón (Cretácico Tardío) y Paují (Eoceno). Localmente, constituyen sellos importantes el Miembro Machiques

(Formación Apón) y las lutitas espesas dentro de las formaciones ubicadas hacia el centro del Lago de Maracaibo, como Misoa, Lagunillas y La Rosa.

### **1.2.1. Evolución de la Cuenca de Maracaibo**

#### **1.2.1.1. Periodo Pre-Jurásico**

La historia geológica antes del Mesozoico Medio, aproximadamente Jurásico, en el Occidente de Venezuela, no está muy clara. Las rocas representativas de estos períodos se encuentran, por lo general, aflorando en ciertas áreas positivas, perturbadas varias veces por deformaciones tectónicas e intensamente erosionadas, lo cual complica la reconstrucción de dichos hechos. En el subsuelo, evidenciado por la perforación de algunos pozos, se encuentra un basamento ígneo-metamórfico directamente debajo de formaciones cretácicas.

Estos niveles estratigráficos son considerados por González de Juana et al., (1980) ser equivalentes a las formaciones paleozoicas en el área central de Los Andes. La presencia de rocas paleozoicas fosilíferas, en diversas áreas andinas, permite postular la presencia de formaciones paleozoicas sobre las plataformas, pero su distribución inicial es todavía hipotética. Igualmente sucede con las rocas representativas del Mesozoico Temprano (?) y Medio (Formación La Quinta).

Dichas formaciones pre-cretácicas afloran en diversas partes de Los Andes, en la Sierra de Perijá y en la Península de la Guajira; muchas de ellas se encuentran metamorfizadas. Se conocen algunas secciones de la Formación La Quinta en partes de la Plataforma de Maracaibo.

A continuación se presentan los eventos y características más importantes ocurridas dentro de los distintos períodos que conforman la evolución de la cuenca de Maracaibo. Son muchos los autores y variadas las teorías que describen este proceso, por lo cual se ha intentado hacer un resumen conciso de los principales fenómenos ocurridos dentro del marco estratigráfico, sedimentológico y tectónico. De esta manera se consideran eventos principales de este período pre-Jurásico los siguientes:

Evento tecto-termal, correlacionable a escala mundial con la Orogénesis Herciniana, el cual origina metamorfismo y plegamiento en la región de la actual Cordillera de Los Andes, emplazamiento de cuerpos ígneos, formación del Alto de Mérida.

Levantamiento de la región central del Lago de Maracaibo, precursor de la subsiguiente Plataforma de Maracaibo. El borde continental se levanta produciendo retirada general de los mares de Venezuela Occidental.

#### **1.2.1.1.1. Sucesión Mesozoica-Cenozoica**

Tomando como referencia principal la teoría de Parnaud et al., 1995, donde se identifican seis supersecuencias, limitadas por discordancias, se evidencia la dinámica evolutiva de las cuencas en el Mesozoico-Cenozoico, desde un proceso de extensión a uno de colisión. Dichas supersecuencias se resumen a continuación:

**Supersecuencia A:** fue depositada durante un episodio de apertura de la corteza del Jurásico.

**Supersecuencia B:** corresponde al margen pasivo subsiguiente, durante el Cretácico Temprano al Tardío.

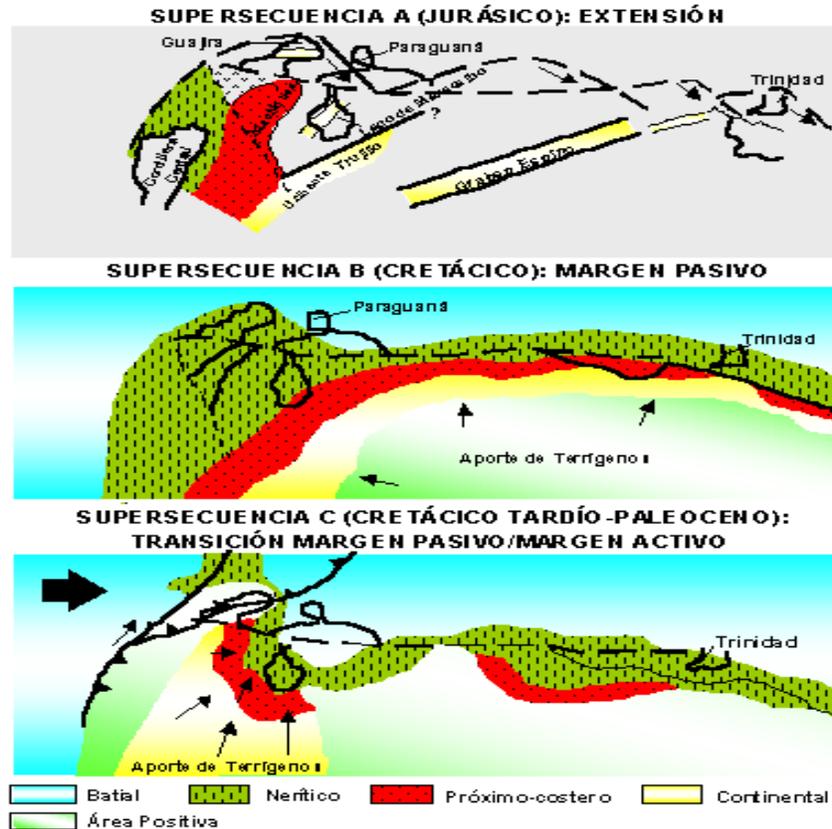


Figura 1.3. Evolución geotectónica del occidente de Venezuela. (Modificada después de Pindell y Erikson, 1993. Tomado de Parnaud et al., 1997.

La **supersecuencia C** marca la transición de un régimen compresivo en el Cretácico Tardío y Paleoceno Temprano. La compresión es el resultado de la colisión y obducción del arco volcánico pacífico al oeste con la placa Suramericana. (Figura 1.3)

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

La Supersecuencia E y F se atribuyen a las modificaciones de la cuenca antepaís debidas a la colisión en el Eoceno Tardío – Pleistoceno del Arco de Panamá. Los levantamientos de la Serranía de Perijá, del Macizo de Santander y de Los Andes de Mérida partitionaron la cuenca de antepaís generando así las actuales cuencas de Maracaibo y Barinas-Apure.

La clasificación de las supersecuencias y secuencias definidas por Parnaud et al., a lo largo del tiempo geológico, se puede observar gráficamente en el esquema estratigráfico de la figura 14.

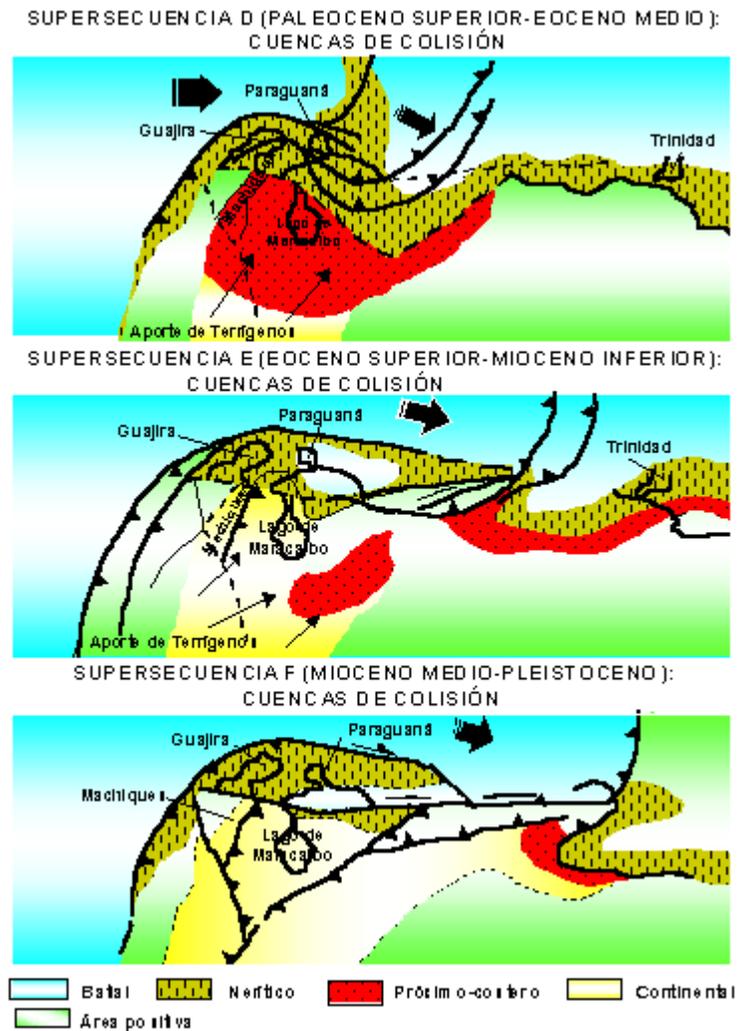


Figura. 1.4 Evolución geotectónica del occidente de Venezuela. (Modificada después de Pindell y Erikson, 1993; Tomado de Parnaud et al., 1997.

A continuación se puntualizan los eventos más relevantes que caracterizan a cada uno de los períodos que conforman a cada una de las supersecuencias.

## Supersecuencia A. Extensión

### 1.2.1.2. Jurásico

Se inicia una etapa de relajamiento y dos fases de rifting con sus capas rojas en la región de la cuenca de Maracaibo. El rifting jurásico se debe tanto a la apertura del Océano Atlántico, como la extensión de la zona de retroarco, al este de la Cordillera Central de Colombia.

Rifitng caracterizados por la formación preferencial de grábenes orientados NE-SO, limitados a la zona de Machiques (Perijá), centro del Lago (Urdaneta) y Uribante-San Lázaro (Andes). (Figura 1.5).

La Formación La Quinta constituye gran parte del sustratum de la cuenca de Maracaibo.

La cuenca se ve limitado por fallas normales con la misma dirección de la Falla La Icotea, evidenciando el régimen distensivo imperante el cual estuvo seguido por un intenso período de erosión.

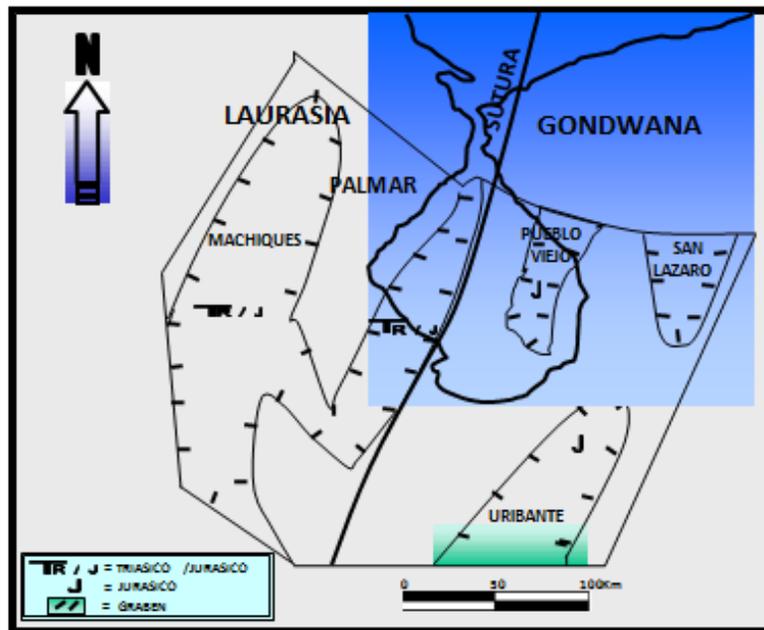


Figura 1.5. Esquema tectónico donde se muestra la distribución de grábenes Triásico-Jurásicos en la cuenca de Maracaibo. Tomado de Meléndez et al., 1996.

## **Supersecuencia B. margen Pasivo**

### **1.2.1.3. Cretácico**

Desarrollo del margen pasivo subsiguiente. La transgresión a comienzos de este período es correlacionable con los cambios eustáticos a escala global. El Carácter pasivo de este margen culmina con la colisión del Arco del Pacífico, y la Placa Suramericana y la subsidencia flexural de la cuenca antepaís.

#### **1.2.1.3.1. Neocomiense-Barremiense**

La transgresión del Cretácico Temprano tiene lugar sobre tres surcos marginales: Surco de Machiques en Perijá, Surco de Uribante en Táchira y el Surco de Barquisimeto en Trujillo, donde se deposita una espesa secuencia de sedimentos continentales

La sedimentación fue controlada en su inicio por el sistema de fallas de los grábenes jurásicos, como se puede evidenciar en los espesores de los clásticos arenosos de la Formación Río Negro (secuencia KO, según Hedberg 1931), los cuales varían desde más de dos kilómetros en el Surco de Machiques, hasta unos pocos metros en algunas localidades del Flanco Norandino. La subsidencia se estabilizó y el Grupo Cogollo (carbonático) se depositó en un extenso mar epicontinental transgresivo sobre Venezuela Occidental (Figura 1.6).

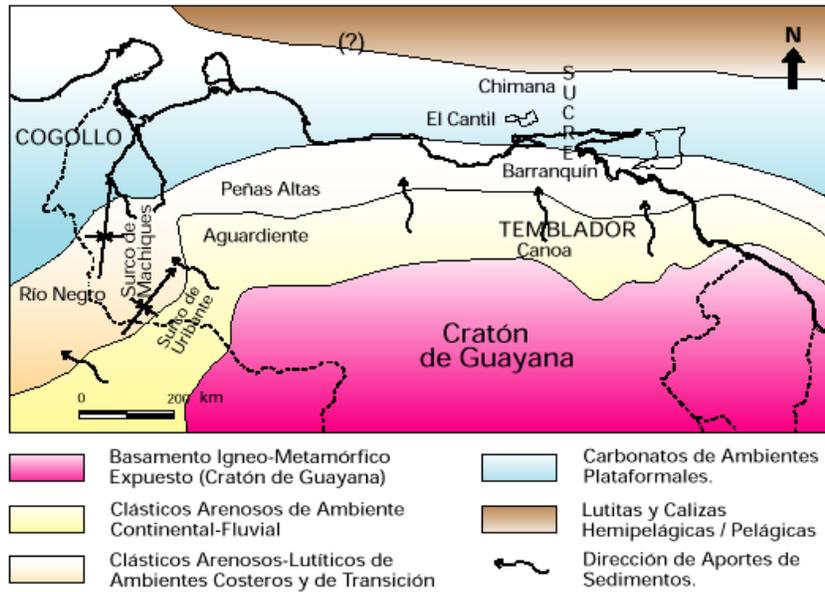


Figura 1.6. Distribución de facies sedimentarias dominantes durante el Neocomiense-Albiense (Cretácico Temprano) al Norte del cratón de Guayana. Se indican unidades típicas de dicha asociación de facies. Tomado de WEC, 1997.

### Aptiense

La sedimentación continental de la Formación Río Negro finalizó debido a la transgresión marina que inundó la plataforma cratónica de Guayana.

Sedimentación plataformal marino somero, correspondiente a la Formación Apón, (Secuencia K1, según Sutton 1946) con calizas nodulares con intercalaciones de lutitas negras, la cual está subdividida en cuatro miembros: Tibú, Guáimaros, Machiques y Piché. Al este, areniscas litorales forman la parte basal de la Formación Peñas Altas (Figura 1.7).

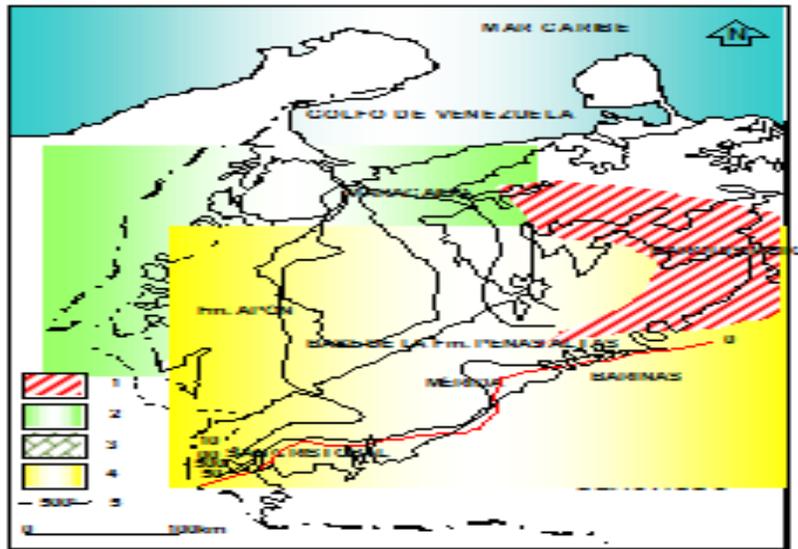


Figura 1.7. Paleogeografía de la secuencia depositacional K1 del Aptiense. Leyenda: 1, napas de Lara, posición actual; 2, Carbonatos y lutitas de plataforma media; 3, carbonatos y lutitas de plataforma; 4, clásticos próximo-costeros; 5, isópacas en pies. (Parnaud et al. 1995)

Durante el Albiense ocurrió la segunda transgresión marina importante, invadiendo todo el occidente de Venezuela.

Ocurre una amplia cobertura de la Plataforma de Maracaibo ya bien delimitada y sedimentación de calizas bioclásticas espesas, sobre la mayor parte de la cuenca, correspondientes a la Formación Lisure (Figura 1.8).

Durante el Albiense tardío, en todo el occidente de Venezuela se sedimentó una caliza poco espesa correspondiente a la Formación Maraca. Ambas formaciones constituyen lo que es la secuencia K2.

Colisión del arco volcánico del Pacífico contra la corteza continental de Sudamérica, donde se desarrolla una deformación flexural como producto de la compresión, cuyo levantamiento produjo exposición, restricción de sedimentación y erosión de la parte superior de la secuencia del Cenomaniense Temprano (hiato).

Seguidamente, una nueva transgresión inundó todo el occidente venezolano, posiblemente como resultado de una nueva fase de compresión y hundimiento flexural.

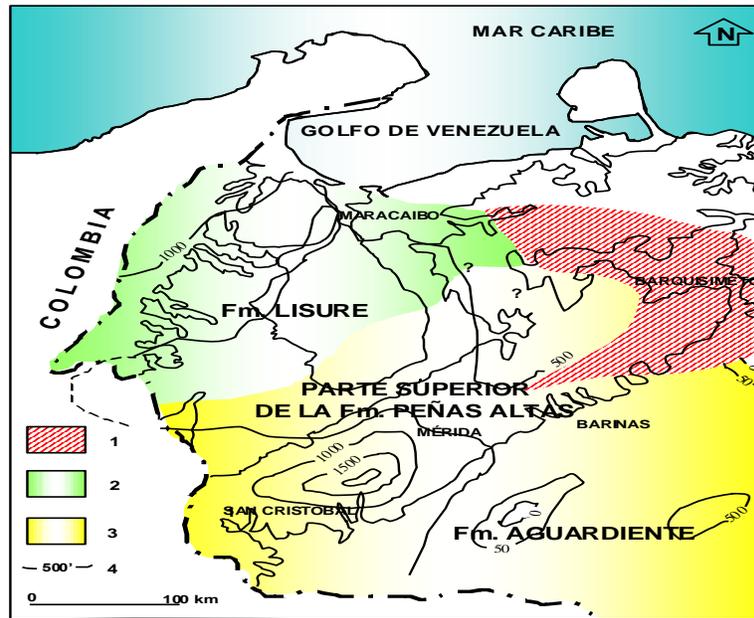


Figura 1.8. Paleogeografía de la secuencia depositacional K2 del Albiense-Cenomaniense superior. Leyenda: 1, Napas de Lara, posición actual; 2, carbonatos y lutitas de plataforma interna a media; 3, clásticos proximocosteros; 4, isópaca en pies. (Pamaud *et al.*, 1995).

### 1.2.1.3.3. Cenomaniense Superior-Campaniense Inferior

Período de máxima cobertura marina donde el tope de la Formación Maraca marca una extensa subsidencia regional.

Durante el Cenomaniense Tardío-Campaniense Temprano, producto del combamiento hacia bajo de la cuenca de antepaís se produjo una transgresión intermitente que dio origen a la depositación de tres secuencias retrogradacionales: K3, K4 y K5. Estas secuencias se presentan en la Sierra de Perijá y en el Lago de Maracaibo como la Formación La Luna, incluyendo el Miembro Tres Esquinas (Stainforth, 1962), cuyas capas son indicativas de un período de sedimentación reducida.

La cuenca se profundiza rápidamente desde un ambiente de plataforma interna hasta dominios batiales, reflejando posiblemente la migración del alto desde el Lago de Maracaibo hasta la cuenca Barinas-Apure.

Las capas de cenizas volcánicas en la base de la Formación La Luna sugieren la presencia de un arco volcánico Pacífico al oeste de Venezuela occidental.

### **Supersecuencia C. De Margen Pasivo a Margen Activo**

La evolución tectónica estuvo marcada por la fase de colisión entre el arco volcánico del Pacífico y la placa de Sudamérica. Esta colisión transformó el margen pasivo en un cinturón activo, creando una cuenca de antepaís acompañada de una antefosa al oeste (Perijá) y un alto en el área de Barinas. Esta transición se caracterizó por una regresión que dio lugar a tres secuencias depositacionales, K6, K7 y K8, correspondientes a las formaciones Colón, Mito Juan y Guasare, Pernaud et al., 1995.

#### **1.2.1.3.4. Campaniense Superior-Maastrichtiense Tardío**

Al oeste, la colisión del arco volcánico del Pacífico formó una antefosa dentro de la cual se depositaron las facies lutíticas de la Formación Colón (Pernaud et al., 1995), durante cuya depositación tuvo lugar una fase tensional, provocando la formación de un graben (Figura 1.9) en la zona situada entre los alineamientos de Lama-Icotea y Lama Este, debido presumiblemente al desarrollo de la Cordillera Oriental de Colombia (Figura 1.10).

Hacia el norte y noreste, se mantuvo el carácter de margen pasivo hasta el emplazamiento de las napas y el frente de corrimiento de Lara.

En el Cretácico más tardío, la carga de las napas que arrastraba la placa del Caribe, provocó la formación de una antefosa y por ende una cuenca flexural donde se depositaron las formaciones Mito Juan y Guasare.

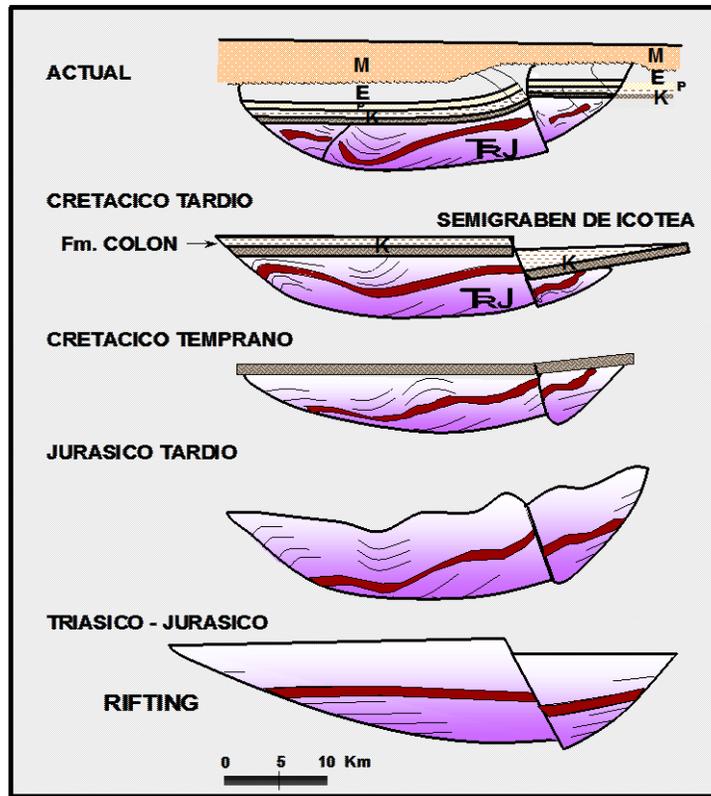


Figura 1.9. Evolución del graben centro-occidental del Lago de Maracaibo. Tomado de Bueno y Pinto, 1996.

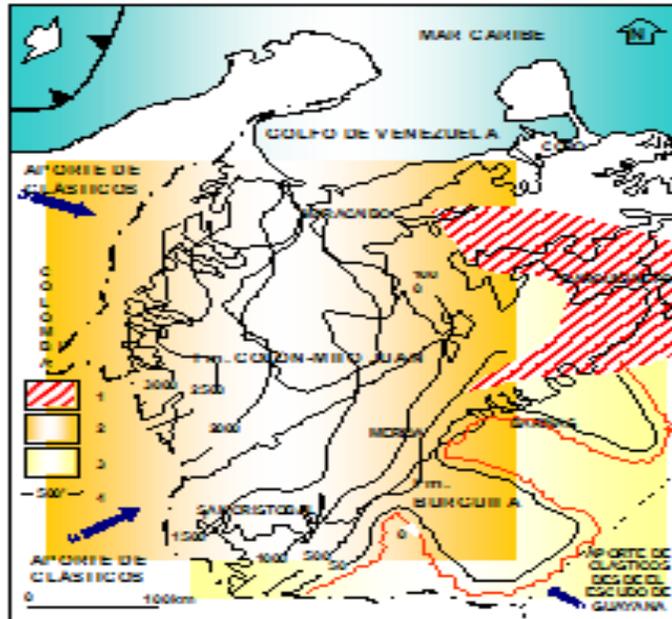


Figura 1.10. Paleogeografía de la secuencia depositacional K6 (Campaniense superior- Maestrichtiense). Leyenda: 1, napas de Lara, posición actual; 2, lutitas y escasas areniscas de plataforma externa; 3, clásticos de plataforma interna a media; 4, isópacas en pies. (Parnaud *et al.*, 1995).

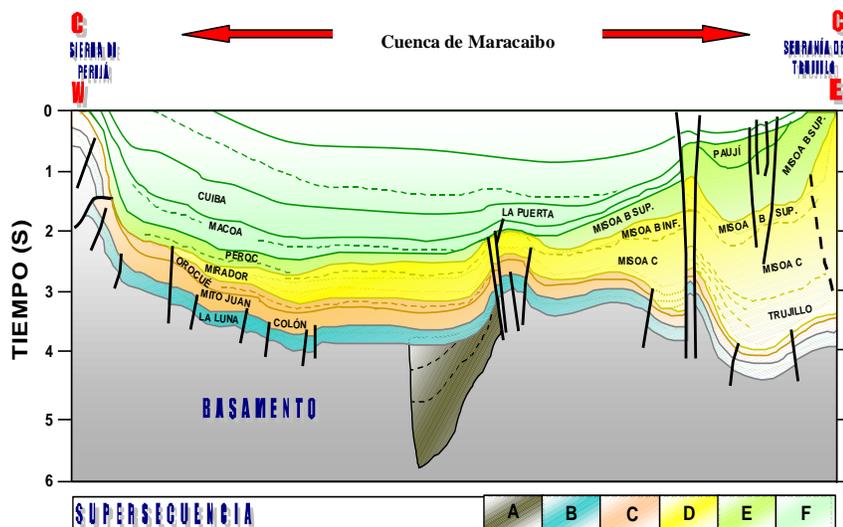


Figura 1.11. Sección transversal tectonoestratigráfica B-B' de la cuenca del Lago de Maracaibo. Tomado de Parnaud *et al.*, 1997).

### 1.2.1.3.5. Maastrichtiense Superior-Paleoceno Inferior

A partir del noreste ocurrió un nuevo episodio transgresivo que depositó dos secuencias de edad Paleoceno, K7 y K8. La secuencia inferior cubrió toda la zona de plataforma y muestra características marinas, mientras que la secuencia superior es esencialmente deltáica.

La cuña de plataforma (K7) abarca varias formaciones. En la cuenca del lago del Maracaibo la Formación Guasare (Garner, 1926) consiste de depósitos marino-somero. Al noreste del área del lago, se encuentran depósitos marinos más profundos pertenecientes a la Formación Trujillo (Hodson, 1926) (Figura 1.12), mientras que hacia el sur, la Formación Catatumbo (Notestein, 1944) está constituida por depósitos deltáicos.

Además, se inicia el fallamiento gravitacional de los alineamientos norte-sur de la parte central de la cuenca, produciéndose cambios en el patrón de isofacies entre la sedimentación del Cretácico y la sedimentación del Paleoceno, debido a que se pone de manifiesto el desarrollo de la cuenca antepaís y el emplazamiento de las Napas de Lara.

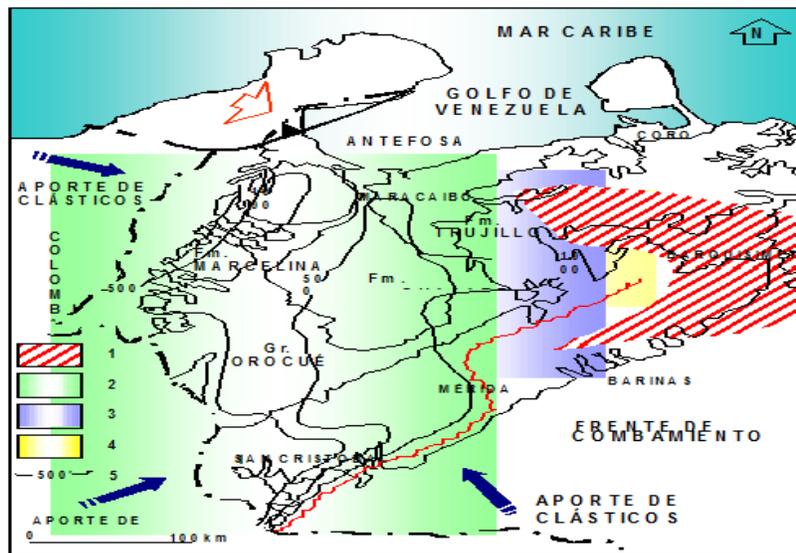


Figura 1.12. Paleogeografía de las secuencias depositacionales K7 y K8 del Maastrichtiense Superior-Paleoceno Inferior. Leyenda: 1, napas de Lara, posición actual; 2, clásticos continentales a deltáicos; 3, lutitas y carbonatos de plataforma interna a externa; 4, sedimentos batiales con turbiditas, lutitas y escasa areniscas; 5, isópacas en pies. (Parnaudet *aL*, 1995).

## Supersecuencia D. Cuencas de Colisión

### 1.2.1.4. Paleoceno Superior-Eoceno Inferior.

Las condiciones marino profundo hacia el norte de la cuenca permitieron la sedimentación de las turbiditas de nivel bajo y "flysch" de la Formación Trujillo y Formación Matatere.

Hacia el sur, persistió la acumulación continental con formación de un extenso sistema deltáico con vértice al suroeste y abanico hacia el noreste; con sedimentación fluvial al suroeste, fluvio-deltáica hacia la plataforma como es el caso de la Formación Mirador y la Formación Misoa (Garner, 1926).

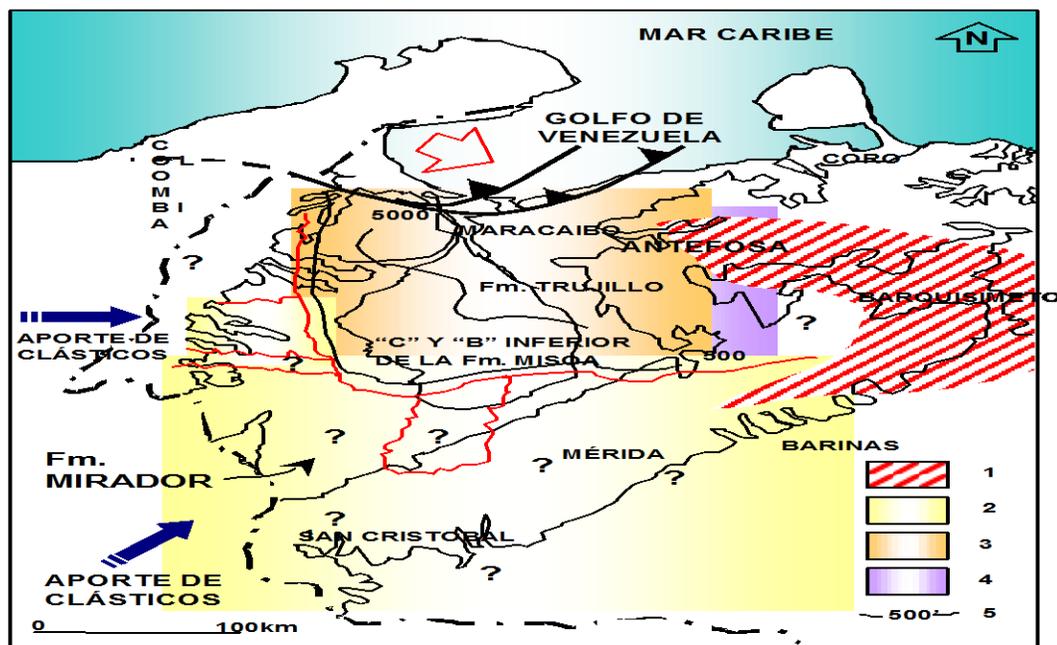


Figura 1.13. Paleogeografía de secuencia depositacional T1 (Paleoceno superior-Eoceno inferior). Leyenda: 1. Napas de Lara, posición actual; 2. clásticos continentales a deltaicos; 3. lutitas y areniscas de plataforma interna a externa; 4. sedimentos batiales con turbiditas, lutitas y escasas areniscas. Tomado de Parnaudet *al.*, 1995.

Durante el Eoceno persiste el sistema de compresión regional de Oeste a Este, sin embargo el elemento estructural que controlará la tectónica de la región nororiental es el emplazamiento de las Napas de Lara, las cuales comienzan su entrada en el Caribe y colisión con el continente durante el Paleoceno Tardío. El

emplazamiento de la Napas origina tres patrones estructurales (Figura 1.14 y 1.15):

Una antefosa en el Zulia Oriental y Nororiental, la cual persiste en el tiempo desde el Paleoceno Tardío hasta el Eoceno Medio.

Reactivación de la flexural o Alto Periférico en la zona central de la cuenca, el cual parece tener una orientación noroeste-sureste pasando desde el Alto de Mérida hasta el Alto del Palmar.

Desarrollo de Fallas normales con buzamiento hacia el nor-noreste, así como fallas pre-existentes reactivadas entre las cuales destacan las de Tigre/Cachirí, La Paz, Urdaneta Oeste, Urdaneta, Icotea y Pueblo Viejo.

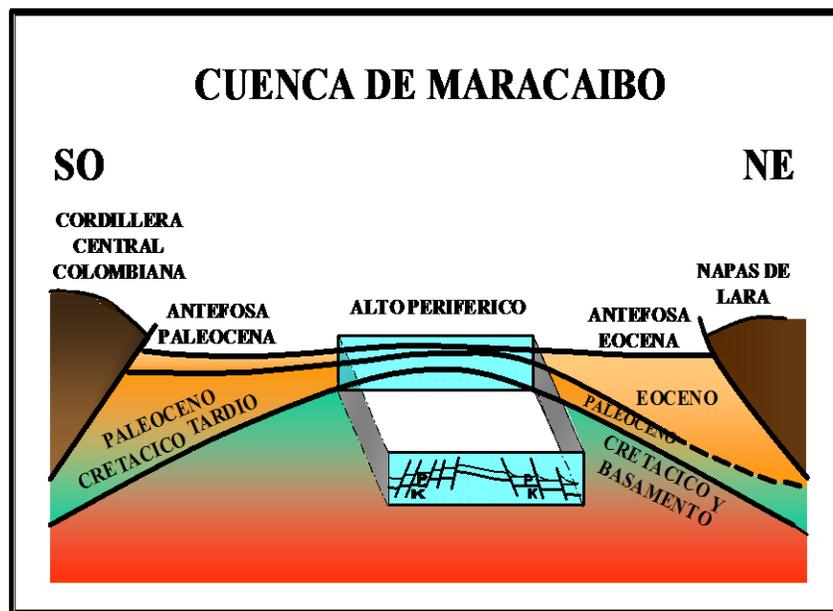


Figura 1.14. Desarrollo esquemático de fallas normales y lístricas en relación a las antefosas paleocenas y eocenas y el Alto Periférico. Tomado de Meléndez et al. , 1996.

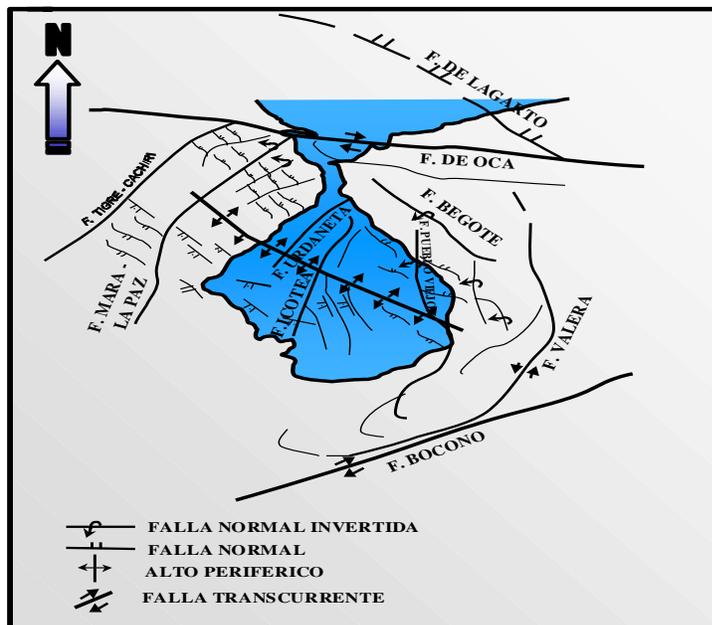


Figura 1.15. Mapa esquemático donde se evidencia el desarrollo de fallas normales con relación al “Alto Periférico”. Tomado de Meléndez et al., 1996.

#### 1.2.1.5. Eoceno Medio

El avance de las napas de Lara hacia el sur, provocó la subsidencia flexural; la compresión tectónica ejercida por las napas de Lara produjo una línea de bisagra a lo largo de la plataforma del Lago de Maracaibo, en el sector nororiental. Allí, la depositación de los sedimentos de plataforma somera de Misoa “B” superior, fue seguida por condiciones de aguas más profundas y las acumulaciones lutíticas de la Formación Paují (Tobler, et al., 1922) (Figura 1.16).

Durante el Eoceno temprano se desarrollaron algunas discordancias de importancia local: el límite de secuencia SB 51.5 (SB, límite de secuencia) y, otra cerca del límite Eoceno Medio-Eoceno Temprano, SB 49.5. Entre las discordancias del Eoceno Medio se encuentra la intra-eocena que es la más importante y coincide con el límite SB 44 y la cual se debe a las fuerzas compresivas del momento. Después de 44 m.a. el régimen tectónico volvió a ser esencialmente extensional. Las fallas más activas se encuentran en el Zulia Oriental donde se depositó una espesa secuencia durante el Eoceno Medio y

Tardío. Entre las discordancias de importancia local se incluyen el límite SB 42.5, SB 40.5 y SB 39.5.

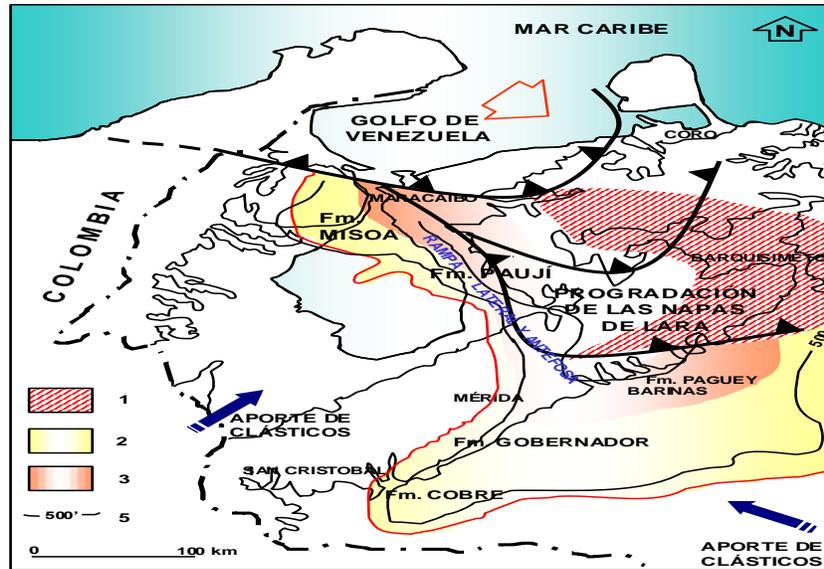


Figura 1.16. Paleogeografía de las secuencias depositacionales T2 y T3 (Eoceno medio). Leyenda: 1, napas de Lara, posición actual; 2, areniscas y lutitas de plataforma interna a media; 3, lutitas de plataforma externa a batiales; 4, isópacas en pies. (Modificado de Parnaud et al., 1995).

## Supersecuencia E. Cuencas de Colisión

### 1.2.1.6. Eoceno Superior-Mioceno Inferior

Se reconocen dos secuencias depositacionales (Figura 1.17). La primera, T4, fue depositada en dos dominios sedimentarios diferentes durante el Eoceno Tardío y Oligoceno Temprano. En la parte occidental se desarrolló un dominio deltáico alimentado desde Colombia (Formación Carbonera, Notestein, 1944). En la parte oriental de la cuenca se depositaron sedimentos en un ambiente marino. La base de esta secuencia inferior corresponde sísmicamente a una discordancia, que representa la erosión del Eoceno.

La segunda, T5, fue depositada en el Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano, durante una extensa inundación marina (Formación León, Notestein, 1944).

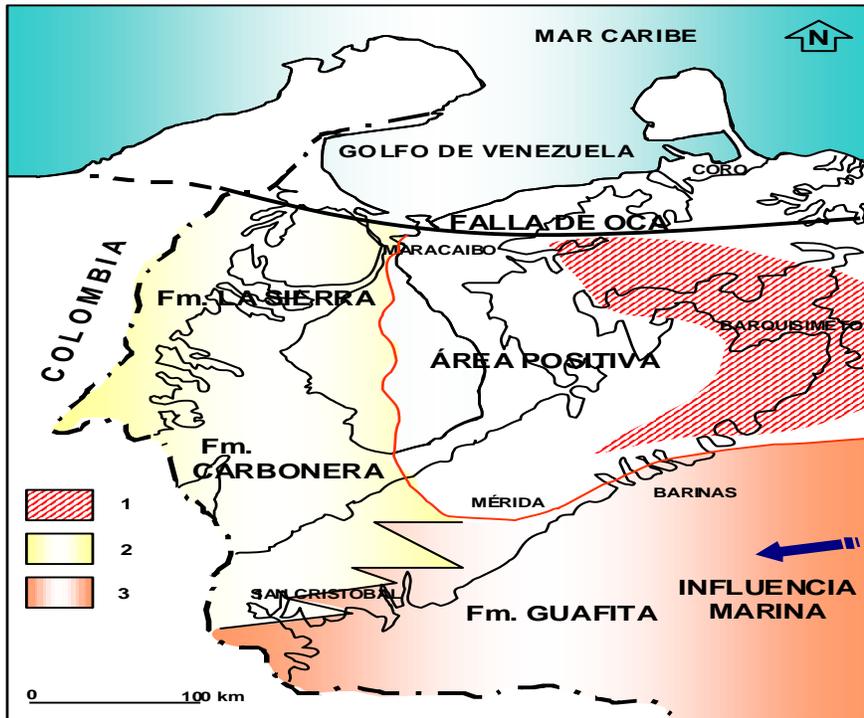


Figura 1.17. Paleogeografía de las secuencias depositacionales T4 y T5 (Eoceno Superior-Oligoceno). Leyenda: 1, napas de Lara, posición actual; 2, carbón, lutitas y areniscas lacustres a salobres; 3, areniscas y lutitas deltáicas con influencia marina. (Parnaud et al., 1995).

Durante el Eoceno Tardío ocurre un levantamiento generalizado de toda la cuenca, con fallamiento importante en los alineamientos longitudinales del lago y plegamiento orientados norte-sur.

Los levantamientos de la Sierra de Perijá y Los Andes de Mérida partitionaron la cuenca antepaís en las nuevas cuencas de Maracaibo y Barinas-Apure.

La subsiguiente erosión del Eoceno Medio produce la remoción casi total de la Formación Paují y Formación Mene Grande y la remoción parcial de la Formación Misoa en los alineamientos occidentales del Lago; en los bloques situados hacia el sur del Lago, la erosión de la Formación Misoa es total y afecta localmente a la Formación Guasare.

Prevalece un período de inversión de la cuenca eocena, de noreste a sur-suroeste, probablemente relacionado con el emplazamiento de las Napas de Lara, el cual es proceso de gran importancia en la evolución de la cuenca petrolífera.

La sedimentación de este período engrosa rápidamente hacia el sur demostrando progresiva flexura de la corteza como consecuencia del levantamiento andino predominantemente vertical. Durante este período se deposita la Formación Isnotú.

## **Supersecuencia F. Cuenca de Colisión**

### **1.2.1.7. Mioceno Medio-Pleistoceno**

Durante el Mioceno Medio, un tectonismo compresional a gran escala provocó el mayor levantamiento del Macizo de Santander, Sierra de Perijá y Cordillera de los Andes, lo que origina la separación final de las cuencas de Maracaibo y Barinas-Apure. La orogénesis de los Andes de Mérida culminó en el Plio-Pleistoceno.

Este evento de formación de montañas correlaciona con dos secuencias depositacionales, T6 y T7.

Mioceno Medio se caracteriza por una transgresión marina de considerable extensión pero de duración corta representada por las arenas de la Formación La Rosa (Liddle, 1928), y sobre la cual reposa de manera transicional las lutitas marinas de la Formación Lagunillas (Hedberg et al., 1937).

Las cuencas de Maracaibo y Falcón, se van rellorando con sedimentos de mayor influencia continental que corresponden a la Formación Onia, las cuales se encuentran bajo un régimen de compresión este-oeste.

El Lago de Maracaibo probablemente estuvo sometido a las oscilaciones en su nivel del agua como consecuencia de las glaciaciones que influenciaron las condiciones climáticas para ese período.

Hay una retirada de los mares y a sedimentación en su mayoría es continental, representada por los depósitos de la Formación El Milagro.

En la figura 1.18 se presenta la columna estratigráfica generalizada del subsuelo del Lago de Maracaibo.

DESCRIPCION LITOLOGICA	LITOLOGIA	UNIDADES GEOLOGICAS		EDAD
DEPOSITOS ALUVIONALES		DEPOSITOS ALUVIONALES		RECIENTE
ARENISCAS FRIABLES Y ARENAS NO CONSOLIDADAS CON ESTRATIFICACION CRUZADA DE GRAHO FINO A CONGLOMERADO		FORMACION EL MILAGRO		PLEISTO-CEÑO
ARCILLAS LIMOLITICAS GRIS CLARO Y PARDO		FORMACION OJIA		PLIOCEÑO
ARCILLAS ABIGARRADAS Y ARENISCAS MASIVAS CON ESTRATIFICACION CRUZADA BANDAS FERRUGINOSAS		FORMACION LA PUERTA		MIOCEÑO
ARENISCAS POCO CONSOLIDADAS, LUTITAS Y ALGUNOS LIGNITOS		BACHAQUERO	FORMACION LAGUILLAS	
ARENISCAS POCO CONSOLIDADAS, LUTITAS Y ALGUNOS LIGNITOS		LAGUNA		
LUTITAS Y ARENISCAS LIMOLITICAS INTERCALADAS		OJEDA		
ARENISCAS INTERCALADAS CON ARCILLAS Y LUTITAS CARBONACEAS ABIGARRADAS		LAGUILLAS INFERIOR		
LUTITAS GRUESAS MARINAS CON INTERCALACIONES LOCALES DE ARENAS		LUTITAS DE LA ROSA	FORMACION LA ROSA	
ARENA BASAL CON INTERCALACIONES DE ARCILLAS LAMINARES		SANTA BARBARA		
GRUESAS CAPAS DE LUTITAS FRECUENTEMENTE LIMOLITICA Y CARBONACEA INTERCALADAS CON ARENISCAS DURAS Y LIMOLITICAS		ARENA B1 - B6	FORMACION MISOA	EOCEÑO
ARENISCAS MASIVAS DE GRAHO FINO CON INTERCALACIONES DE LUTITAS		ARENA B6 - B9		
ARENISCAS DE COLOR BLANCO, MAL ESCOGIDAS Y LUTITAS GRIS OSCURO A NEGRO. ARENOSAS O LIMOLITICAS		ARENA C1 - C3		
ARENAS MASIVAS DE GRAHO FINO, BLANCAS Y GRISES CON ALGUNAS INTERCALACIONES DE LUTITAS GRISES A OSCURAS		ARENA C4 - C7		
CALIZAS ARENOSAS FOSILIFERAS Y ARENISCAS CALCAREAS INTERCALADAS CON ARENISCAS DE GRAHOS FINOS		FORMACION GUASARE		PALEO-CEÑO
ARENAS		FORMACION MITO JUAN		CRETACEO
LUTITAS MARINAS		LUTITAS DE COLON	FORMACION COLON	
CALIZAS FOSILIFERAS, ARENOSAS, INTERCALADAS CON ARCILLAS ARENOSAS Y LUTITAS CALCAREAS FRACTURADAS DE COLORES NEGROS, GRISES Y AZULADAS		FORMACION LA LUNA		
		MARACA	GRUPO COGOLLO	
		LISURE		
		APOH		
CONGLOMERADO BASAL		FORMACION RIO NEGRO		
BASAMENTO IGNEO - METAMORFICO				

Figura 1.18. Estratigrafía de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Meléndez et al, (1986)

## **1.2.2. Paleogeografía de la Formación Misoa**

La evolución de los rasgos paleogeográficos que caracterizaron la sedimentación de la Formación Misoa pueden agruparse en tres etapas, las cuales fueron mencionadas precedentemente según el esquema de Bot y Perdomo (1986) y expandidas por Lagazzi et al., (1996).

### **1.2.2.1. Primera Etapa**

La primera etapa que abarca desde el Paleoceno Tardío al Eoceno Temprano, tenía un escenario paleogeográfico caracterizado por una extensa penillanura asimétrica que abarcaba gran parte de la porción Noroccidental de Venezuela.

La porción Sur de esta penillanura, con un declive general al suroeste, formaba parte del antepaís (foreland) en evolución desde la Cordillera Oriental de Colombia, donde los sedimentos de la Formación Los Cuervos del Grupo Orocué, estaban siendo depositados en un ambiente de sedimentación parálico. La porción Norte de esta penillanura, que cubre el área del actual Lago de Maracaibo, estaba siendo plegada en el norte-noreste a lo largo de una "línea de bisagra" por la carga de las primeras napas.

El avance de las napas hacia el Suroeste (Figura 1.19) causa la migración de la "línea de bisagra", durante el Paleoceno Tardío al Eoceno Medio, progresivamente hacia el Suroeste, acentuando la simetría de la penillanura. En consecuencia, los carbonatos y clásticos de la Formación Guasare del Paleoceno Temprano, se erosionaron aportando sedimentos en el relleno de las primeras fosas tectónicas formadas al norte de la actual ciudad de Maracaibo.

Para finales de esta etapa, la erosión al sur del Lago de Maracaibo, alcanzó las lutitas de la Formación Colón del Maestrichtiense.

Una vez rellenas las fosas tectónicas, al final del Paleoceno Tardío - Eoceno muy Temprano, se inició la sedimentación de la Formación Misoa dentro de un sistema transgresivo de dirección general hacia el Sur, sobre una rampa desarrollada en la porción Norte de la penillanura. La transgresión avanzó hacia el sur como producto de la migración suave y progresiva de la rampa.

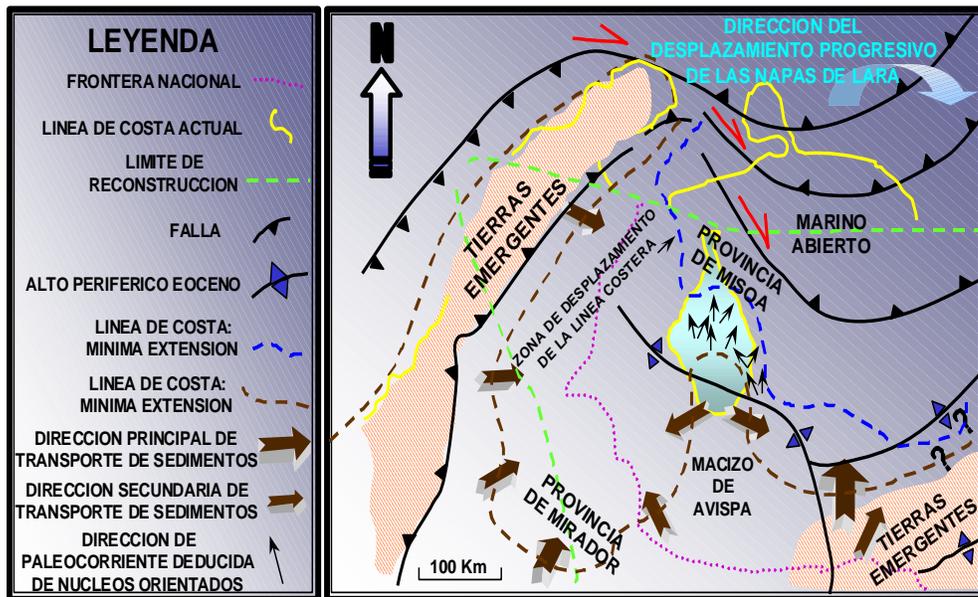


Figura 1.19. Paleogeografía del Paleoceno Tardío-Eoceno. (Lagazzi et al., 1996)

El máximo de la transgresión alcanza su extremo sur para finales del Eoceno Temprano, con ambientes característicos de plano deltáico alto. En este momento, en dirección Norte, se depositan sedimentos de ambientes que van desde plano deltáico bajo hasta marino nerítico al Norte de la ciudad de Maracaibo donde se localiza el depocentro (Figura 1.19).

Los sedimentos durante la primera etapa, Unidad Informal C ó secuencia sísmica C-1/7, se derivaron desde el Oeste y Suroeste del cinturón de plegamiento del antepaís colombiano y desde el sur y sureste del Flanco Norte del Macizo de Avispa. (Lagazzi et al., 1996)

### 1.2.2.2. Segunda Etapa

La segunda etapa (SB-49.5), abarca desde la parte final del Eoceno Temprano hasta principios del Eoceno Medio y está representada por un descenso relativo del nivel del mar, que retira la línea de costa hacia el NNE cerca del límite de los estados Falcón-Zulia, ocasionando la exposición de la mayor parte de la actual cuenca de Maracaibo a la erosión.

Se considera a este evento como el producto de un pulso tectónico relacionado con el avance progresivo de las napas hacia el Sureste en conjunto con una bajada relativa del nivel del mar. Debido a esto, la unidad informal C sufre una significativa erosión, permitiendo el desarrollo de valles cavados someros y muy amplios con orientación general NNE. Esta secuencia corresponde a la parte inferior de la Unidad Informal B. Parte de los sedimentos generados como producto de la erosión durante esta segunda etapa, probablemente formaron depósitos de abanicos turbidíticos en aguas relativamente profundas, al Noreste del Lago de Maracaibo (Formación Trujillo). (Lagazzi et al., 1996)

### **1.2.2.3. Tercera Etapa**

La tercera etapa, restringida al Eoceno Medio, se inició con el relleno de los valles cavados como producto del ascenso relativo del nivel del mar. Seguidamente, se desarrolló un sistema transgresivo muy similar a la primera etapa, pero de dirección Suroeste. La transgresión se desarrolló sobre una superficie que tiene forma de rampa y migra suave y progresivamente paralela a la "línea de bisagra" en dirección Sur y Suroeste.

La fuente de sedimentos se localiza durante casi todo el período al sur y sureste en el Escudo de Guayana, de donde los sedimentos se distribuyen en forma radial. Al final de esta tercera etapa, se pone en evidencia una posible fuente de sedimentos al oeste.

El depocentro para esta etapa se encontraba hacia el Noreste del Lago de Maracaibo. El máximo de la transgresión, al final del Eoceno Medio, alcanzó hasta el área del estado Barinas con sedimentos de ambientes de plano deltáico alto. En el área del Lago de Maracaibo, la sedimentación se inició con ambientes de plano deltáico alto hasta culminar con ambientes marinos someros. Durante esta etapa se depositó la parte superior de la Unidad Informal B. (Lagazzi et al., 1996)

#### 1.2.2.4. El Alto de Icotea

El Alto de Icotea es un elemento principal de todo el sistema estructural del Lago de Maracaibo, tanto por su longitud (no menor de 150Km) como por su pronunciado relieve. A pesar del grado de su deformación por las fallas del sistema norte-noreste, los elementos anticlinales son todavía bien visibles, en especial en el flanco oeste y en los declives norte y sur, tanto en las formaciones cretácicas como en las arenas "C" de la Formación Misoa del Eoceno. Constituye una estructura elongada de rumbo NNE, situada en la parte norcentral del Lago de Maracaibo, entre los alineamientos de Lama-Icotea y Lama Este. La estructura ocupa los bloques I, XIV, IX, así como parcialmente los bloques XXI y X de las asignaciones de la ex-Maraven. El alto está delineado al oeste por la depresión de Urdaneta, al este por la depresión de Centro Lago y al sur por la depresión de Lama Sur (Figura 1.20).

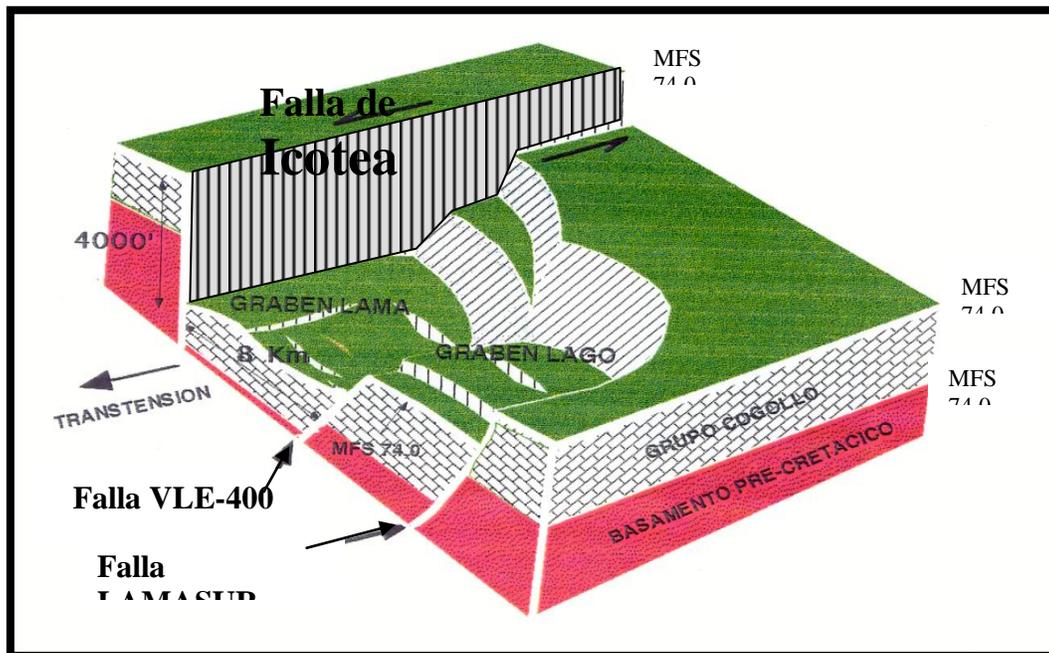


Figura 1.20. Modelo Conceptual de los grabenes en área Lama-Sur. Tomado de archivos de la empresa.

La llamada falla de Icotea es realmente un sistema complejo de fracturas que forman un alineamiento rectilíneo entre el antiguo Campo de Ambrosio, al noreste de Punta Icotea sobre la costa este del Lago de Maracaibo, hasta ligeramente al este de las bocas del río Catatumbo, sobre la costa occidental del mismo lago. Krause, 1971 (González de Juana, et al., 1980), la define como una falla transcurrente sinistral, de plano muy inclinado, cuyo desplazamiento vertical varía entre unos 3000 pies deprimido hacia el oeste en la zona norte, hasta unos 1600 pies, con el bloque deprimido hacia el este en la zona sur; Krause hace énfasis en el cambio gradual del desplazamiento vertical hacia el este y el oeste respectivamente, pasando por un punto cero en la zona central y deduce de ello la presencia de un movimiento rotacional.

En la zona crestral del sistema de fallas suele encontrarse una cuña deprimida en forma de “graben” en la cual se encuentran sedimentos extraordinariamente afectados por el sistema de fallas.

El sistema de fallas de Icotea se completa como otras fracturas longitudinales, subparalelas al alineamiento principal. En el flanco oriental se observa cierto grado de convergencia y algunas fracturas se arquean contra el alineamiento principal; en la zona de convergencia disminuye la magnitud del buzamiento, lo cual se considera como efecto de la transurrencia. Krause, menciona una serie de anticlinales “en echelon” subparalelos a la dirección de la falla. (Bastidas C., et al, 2000).

#### **1.2.2.5. Dualidad Estructural Eocena: fase tensional y rotación de bloques**

Durante el Eoceno se depositaron los sedimentos deltáicos de la Formación Misoa, la cual ha sido a su vez truncada por una superficie discordante. En el Alto de Icotea, parte del Miembro Informal Misoa C de edad Eoceno Temprano ha sido, mientras que el Miembro Misoa B (Eoceno Medio a Tardío) ha sido completamente erosionado a excepción de un remanente en el extremo Sur del Alto.

En el Eoceno Temprano, durante la depositación de la Formación Misoa, la Placa del Caribe migró gradualmente hacia el Sureste y con ella la antefosa (Lugo y Mann, 1993), la cual constituía el depocentro de la cuenca flexural. Para adecuarse a la nueva situación planteada, la antigua plataforma cretácica tuvo que combarse, creando para ello una serie de fallas normales escalonadas descendiendo hacia dicha antefosa. En forma sin sedimentaria, esas fallas estuvieron activas durante todo el Eoceno Temprano.

La flexura cortical creó además un posible alto periférico (Pestañan et al., 1996) de rumbo noroeste-sureste, que atraviesa la parte central del Bloque I, en una sección longitudinal paralela a la Falla de Icotea, donde previamente debe hacerse abstracción del basculamiento post-eoceno. Ese alto es tal vez demasiado grande para ser un simple alto periférico, motivo por el cual no se descarta la posibilidad de que sea el efecto de un cuerpo de subducción de la Placa del Caribe que de acuerdo con Van der Hilst y Mann (1994) se encuentra por debajo de la Cuenca de Maracaibo (Figura 1.21).

Esa cuenca flexural eocena, cuya deformación estructural fue tensional, con fallas normales de rumbo ONO-ESE, fue además objeto de otro tipo de deformación, ya que el empuje ejercido por la Placa del Caribe causó en la Cuenca de Maracaibo una rotación horaria. La reactivación de las antiguas estructuras jurásicas con movimientos transcurrentes sinestrales facilitó la rotación de bloques en forma similar a un estante de libros cuya plancha superior se desploma, o sea el mecanismo “bookshelf” (Mandl, 1987) (Figura 1.22). Dichas fallas transcurrentes de rumbo NNE, entre las que se encuentran las fallas de Lama-Icotea y Lama-Este eran más bien transcurrentes oblicuas o transpresivas (oblique slip) porque presentaban también una componente vertical inversa. Esta última cortó las rocas competentes del pre-Cretácico y Cretácico.

Pero al llegar a los sedimentos del Eoceno se convirtió en sistemas de Riedels sintéticos y antitéticos. Por consiguiente la deformación que ocurrió durante el eoceno se caracterizó por una dualidad estructural causada por una fase tensional y otra transpresional, las cuales ocurrieron al mismo tiempo. (Bastidas C., et al, 2000).

### Fase Compresiva e Inversión Estructural

Durante el Eoceno Medio y Tardío tuvieron lugar los primeros pulsos de levantamiento de Los Andes, lo cual repercutió en la Cuenca de Maracaibo bajo pulsos episódicos que causaron una deformación compresional, cuyo eje principal estuvo orientado en dirección ONO-ESE. Esta fase compresiva era intermitente, ya que luego de cada pulso episódico volvía a reinar el ambiente tensional. De esta manera se llevaron a cabo inversiones estructurales involucrando solo las estructuras perpendiculares al eje de compresión, o sea los alineamientos de Lama-Icotea y Lama-Este.

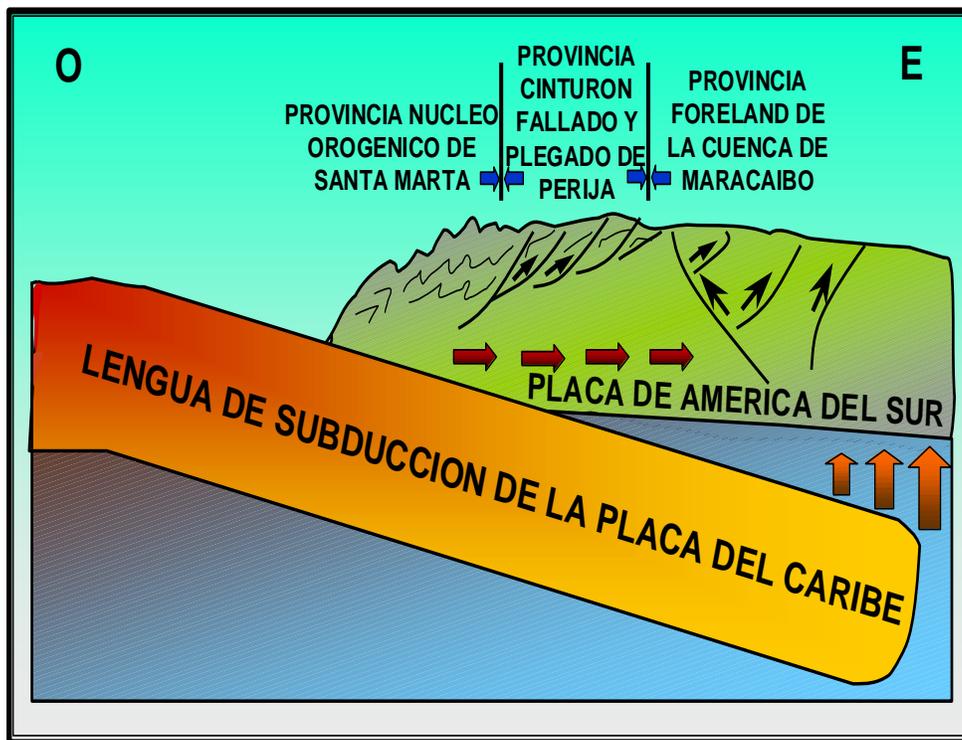


Figura 1.21. a) Esquema conceptual de la deformación producida por la subducción de la Placa del Caribe. Tomado de Bueno y Pinto, 1996.

Visto de otra manera, estas fallas inversas podrían ser simplemente el resultado de la inversión estructural del bloque situado entre los alineamientos de Lama-Icotea y Lama-Este, el cual constituía un graben durante el Cretácico Tardío (Bueno y Pinto, 1996).

Por consiguiente, la deformación que ocurrió durante el Eoceno se caracterizó por una dualidad estructural causada por una fase tensional y otra transpresional, las cuales ocurrieron prácticamente al mismo tiempo. Estudios demuestran que la inversión estructural empujó hacia el Este al bloque situado en el Flanco Oeste del alineamiento Lama-Icotea. Originalmente eso se llevó a cabo a lo largo de la Falla Lama-Icotea L, pero luego el despegue prefirió continuar a lo largo de una falla sintética o sea la Falla del Ático, con lo cual se dio por terminado al movimiento de la Falla de Icotea. La falla situada al Oeste de la Falla Lama-Icotea L es una falla de atajo que antes de la inversión puede haber sido una falla Riedel del sistema transpresional (Bueno y Pinto, 1996).

### 1.3. Marco estructural local

#### 1.3.1. Modelo Estructural de la Área LL 370

El área de estudio se encuentra en el Campo Costanero Bolívar, al centro-este de la Cuenca del Lago de Maracaibo, Edo. Zulia, Específicamente al suroeste del área Eoceno norte, tal como se muestra en la Figura 1.22.

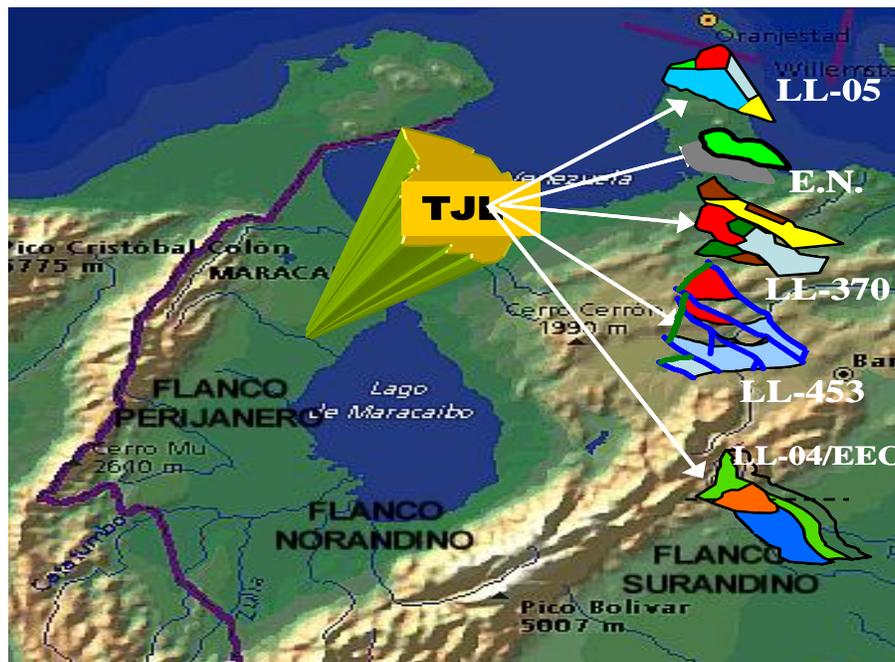


Figura 1.22. Ubicación área LL-370

El modelo estructural utilizado en este estudio, es el oficial definido por PDVSA E&P (2011) allí se observan dos familias principales de fallas que son comunes en gran parte de la cuenca del Lago de Maracaibo las cuales son: Fallas transcurrentes lateral izquierda con tendencias norte sur extensivas a nivel regional, como las fallas de Icotea y Pueblo Viejo que pasa justo al oeste y al sureste del área de estudio respectivamente (Lugo and Mann 1995).

Numerosas fallas normales con tendencias noroeste- sureste las cuales crean un terreno complejo tipo “horst y graben” en el Eoceno y en rocas más viejas, pero tiende a desvanecerse hacia arriba o llegar a estar dentro del Oligoceno – Mioceno en intervalo más joven, típicamente exhiben un desplazamiento normal, pero algunas tienen componente de desplazamiento transcurrente. Comúnmente estas fallas terminan y/o se desplazan por las fallas norte sur principales. Estas fallas de dirección noroeste – sureste y oeste - Este delimitan las el área LL-370 en el cual su comportamiento estructural está representada básicamente por un sólo yacimiento.

El Área LL-370 está conformada por 13 yacimientos pertenecientes a la Unidad de Explotación Tía Juana Lago, donde cada uno de estos tiene características diferentes, debido a la heterogeneidad que presenta cada yacimiento. Esta diferencia se puede visualizar en los diferentes valores de porosidad, permeabilidad, presión, además de la gravedad API del crudo. Los yacimientos de B-3 tienen componentes B-3 y B-4. Los yacimientos de B-5 tienen componente B-3, B-4 y B-5. Los yacimientos B-7 tienen componentes B-7 y B-8. Los yacimientos que han sido sometidos a proyectos de inyección de Gas y/o Agua son: B-3-X.07, B-5-X.06, B-6-X.10 (activo), B-6-X.85, B-7-X.07 (activo) y B-7-X.08 (activo).

### **1.3.2. Modelo Estratigráfico**

La secuencia estratigráfica en el área de estudio está constituida, de base a tope, por la **Formación Guasare** de edad Paleoceno se caracteriza por capas de calizas fosilíferas intercaladas entre areniscas y lutitas localmente glauconíticas o carbonáceas, se presentan lutitas y limolitas grises a parduzcas y areniscas

grises, calcáreas y glauconíticas. Durante el Paleoceno hubo un retroceso del mar hacia el Norte, se desarrollaron en las zonas de Perijá y Alturitas, ambientes variables de marino somero a deltaico, donde se depositaron las calizas de esta Formación.

Suprayacente de manera discordante se encuentra la **Formación Misoa** de edad Eoceno Inferior a Medio. De manera general, se define como una sección de areniscas cuarcíticas de color gris claro a marrón claro, dispuesta en capas gruesas e interestratificadas con capas de lutita micacea y en muchos casos carbonosas. La Formación Misoa representa ambientes de un complejo fluvio – deltaico, en los cuales se reconocen llanuras deltaicas, canales distributarios y el frente del delta.

La sección superior de la formación la integran las arenas "B" clasificadas informalmente en B-Superior (B-1 a B-5) y B-Inferior (B-6 a B-7); mientras que la sección inferior la conforman las arenas "C" con los intervalos C-Superior (C-1 a C-3) y C-Inferior (C-4 a C-7). Suprayacente y en contacto concordante se encuentra la **Formación Paují** de edad Eoceno Medio, caracterizada por una gruesa sección de lutitas de carácter marino que se depositó en aguas limpias y profundas, de talud superior y medio. Suprayacente en contacto discordante se encuentra la **Formación La Rosa** de edad Mioceno temprano, representa la fase transgresiva del Mioceno temprano, en la cual se depositaron principalmente lutitas arcillosas color verdoso, más o menos fosilíferas, con ciertas capas de arenisca.

El Miembro Santa Bárbara, representa la primera etapa de la invasión marina, los sedimentos y la escasa fauna de moluscos, son indicativos de aguas poco profundas. La lutita de La Formación La Rosa, suprayacente, corresponde a la máxima trasgresión de un mar poco profundo, que cubrió la mayor parte de la Cuenca de Maracaibo. La Arena Intermedia y la Arena La Rosa (miembros informales), representan el proceso regresivo subsiguiente, y se caracterizan por depósitos de barras de playa. Suprayacente encontramos las **formaciones Lagunillas y La Puerta** de edad Mioceno. Según Szenk (1959), la Formación Lagunillas se encuentra integrada por cinco miembros: Miembro Marlago, Miembro

Laguna, Miembro Urdaneta y Miembro Bachaquero. La formación consiste en areniscas poco consolidadas, arcillas, lutitas y algunos lignitos.

Las características individuales de los miembros reflejan el cambio de ambiente marino somero, a deltaico y fluvial (M.E.M, 1997). Finalmente se encuentran las formaciones Onia y El Milagro de edades Plioceno- Pleistoceno respectivamente.

La **Formación Onia** consiste de base a tope de areniscas y limolitas abigarradas, gris verdoso, de grano grueso a fino, arcillosas, micáceas y friables, localmente con capas calcáreas delgadas de color amarillo (M.E.M., 1997).

Corresponde a una secuencia de sedimentos jóvenes de carácter no marino en las partes sur y central de la Cuenca de Maracaibo y la **Formación El Milagro**, consiste de arenas friables muy micáceas, finas a gruesas, limos micáceos interestratificados con arcillas arenosas, y lentes lateríticos bien cementados, representa facies de aguas dulces y llanas, depositados a una distancia considerable del área fuente. Algunos autores consideran que el ambiente de sedimentación de la Formación El Milagro es fluvio-deltaico y lacustrino marginal depositados sobre un amplio plano costanero y de poco relieve, y estuvieron expuestos a la meteorización y anegamiento por lo menos tres veces durante el Cuaternario.

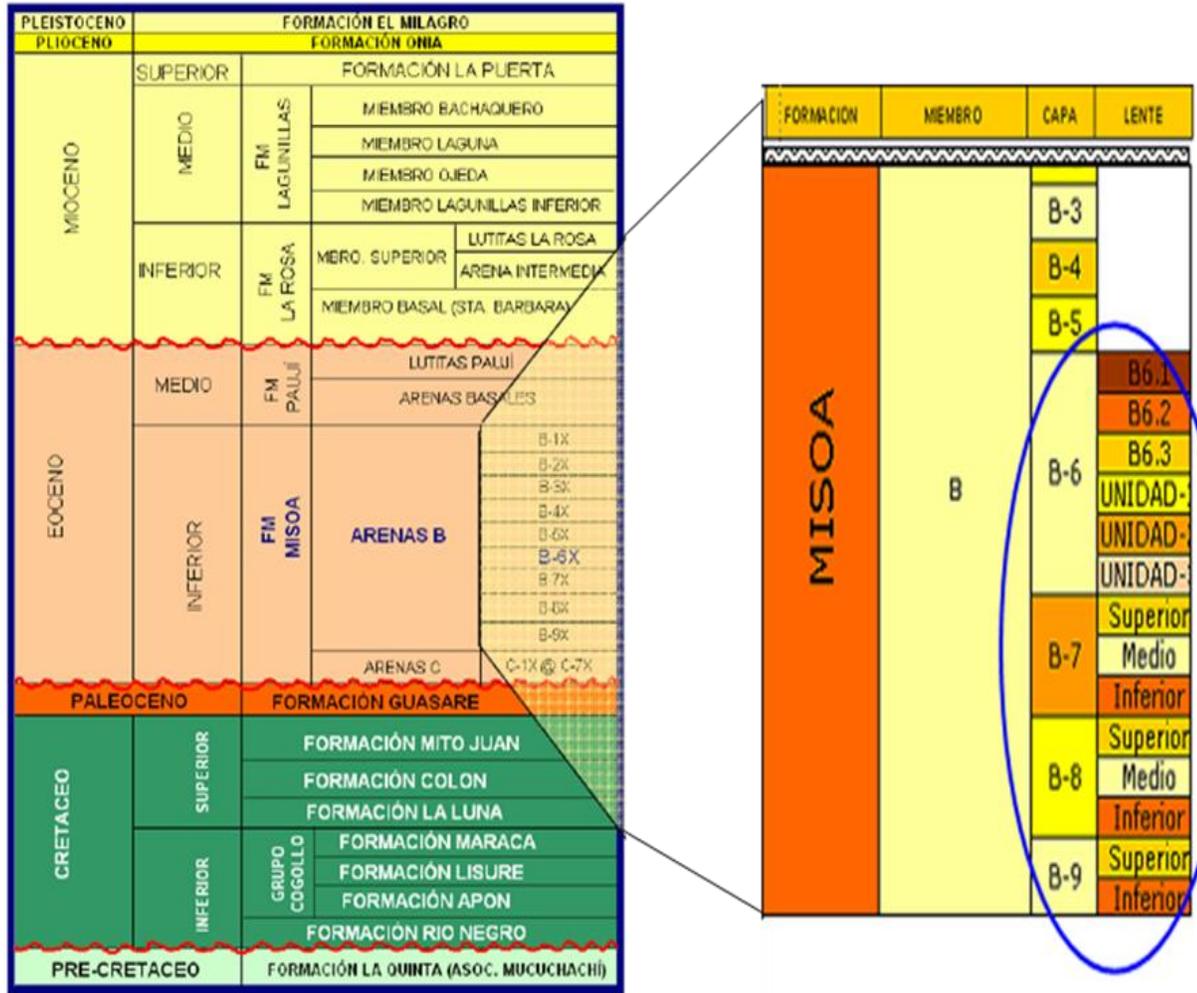


Figura 1.23. Columna Estratigráfica del área de estudio. Tomado de Chacín (2011).

### 1.3.3. Yacimiento B-7-X-07

El yacimiento B-7-X.07, fue descubierto en 1941 con la perforación del pozo LL 384, completándose en toda la vida productiva del yacimiento 93 pozos. De los cuales se tienen 18 inyectorios de agua.

Comprende las arenas B7, se encuentra limitado al norte por una falla normal de dirección noreste - suroeste, hacia el este por una falla normal de dirección noroeste sureste y un límite arbitrario que lo separa del yacimiento oficial B-7-X 08, al Sur por un contacto agua petróleo (CAP) y finalmente al suroeste -oeste con una falla normal de dirección noroeste-sureste.

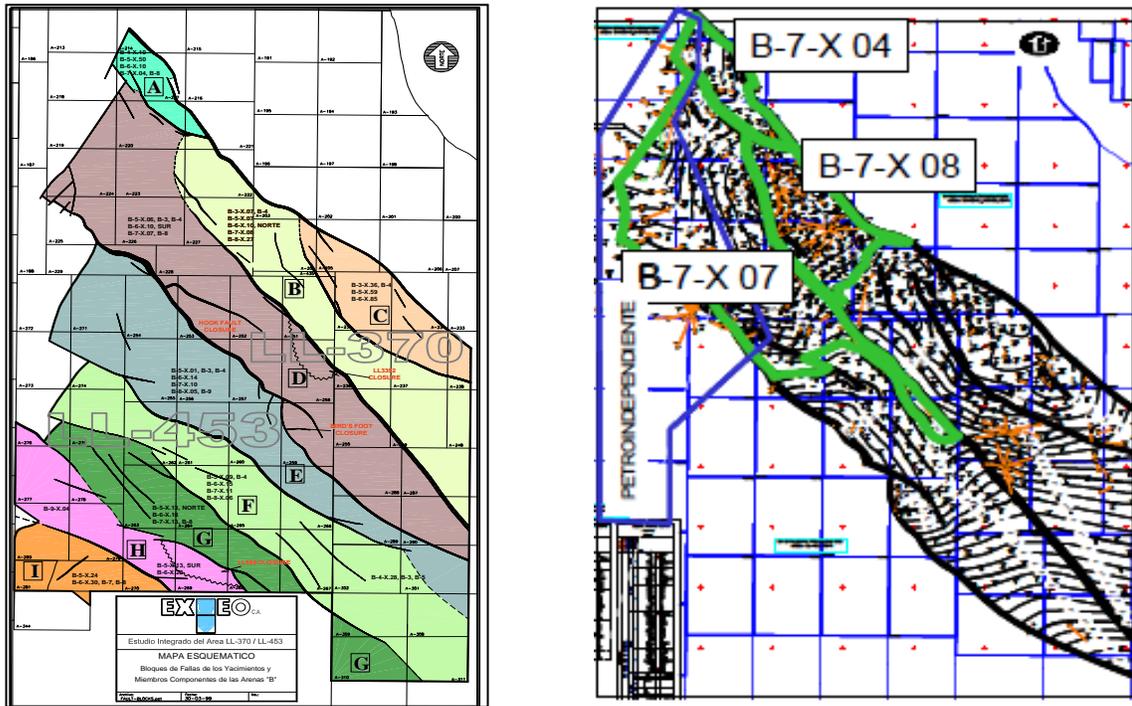


Figura 1.24. Area LL-370. Yacimiento B-7-X-07. Pdvsa (2014)

#### 1.4. Conclusiones

Las fallas normales que limitan el área LL-370, son producto de la evolución tectónica de la cuenca del Lago de Maracaibo, que permitió la formación de la estructura geológica y entrapamiento de los hidrocarburos en el subsuelo. La elaboración del modelo geológico estructural del yacimiento B-7-X-07, del área LL 370 Formación Misoa del campo Tía Juana Lago, permitirá definir nuevas localizaciones donde se encuentren las mejores propiedades geológicas, minimizando la incertidumbre y aumentando el porcentaje de éxito en la exploración racional y efectiva de yacimientos.

## **CAPITULO II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Introducción**

El desarrollo del análisis geológico implica la necesidad de caracterizar los fenómenos a estudiar, partiendo de su naturaleza, propiedades, trabajos previos, entre otros, es por ello que la investigación que se va a tomar como patrón para la realización de éste trabajo es de tipo exploratorio debido a que la zona presenta escasos estudios de exploración. En este sentido, en el presente capítulo se representa la metodología utilizada para darle validez a la elaboración e interpretación del modelo estructural del yacimiento B-7-X-07 del área LL-370 campo Tía Juana.

### **2.2 Metodología de la investigación**

Las técnicas que se emplearon para la obtención de la data requerida en el desarrollo de la investigación, fueron el análisis documental y el análisis de contenido.

El primero de estos fue empleado para la compilación de información de carácter técnica basándose en la documentación bibliográfica, mientras que el análisis de contenido se usó para recabar información puntualizada (datos y características) que se localizan dentro del contenido de informes, carpetas y reportes generados, programas, software, tanto de actividades operacionales, como de bases de datos electrónicas pertenecientes a PDVSA.

En el presente esquema se presenta la metodología empleada para la investigación.

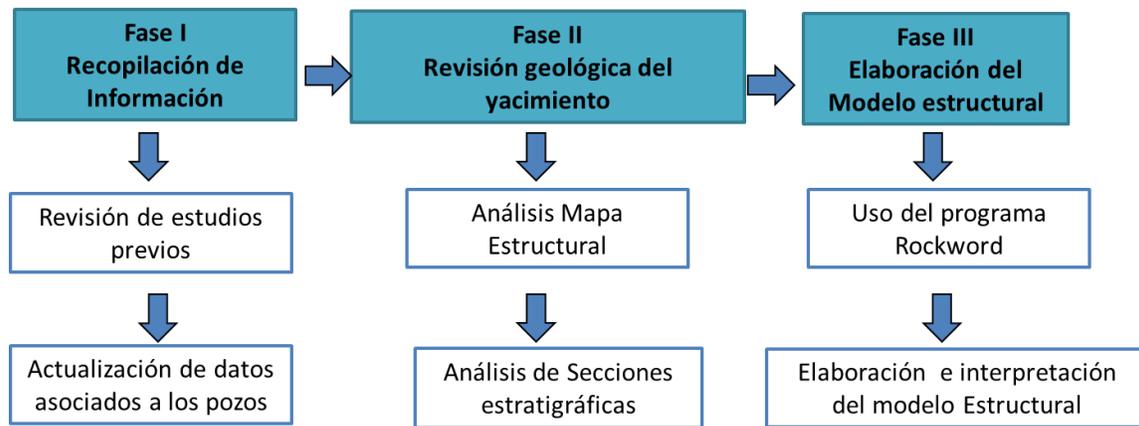


Figura 2.1. Metodología de la Investigación. Fuente: Pirela (2015)

## Fase I. Recopilación de Información

### 1. Revisión de estudios previos

De acuerdo, a la revisión de estudios anteriores realizados, se presentan investigaciones realizadas en el área. En este sentido, La empresa EXGEO (1999); culminó el estudio integrado de las áreas LL370/453, en el cual se elaboró un modelo estratigráfico grueso de los Miembros Inferiores de la Formación Misoa de Edad Eoceno. Debido a algunas incertidumbres planteadas respecto al modelo geológico, se decidió llevar a cabo un proyecto que contemplara la revisión del mismo con la finalidad de generar confianza en la interpretación existente para luego utilizarlo en el modelo de simulación.

Los objetivos primarios de la evaluación geológica constituían la revisión de la información sedimentológica disponible (núcleos, muestra de canal y estudios previos), con la finalidad de definir patrón estratigráfico para las correlaciones; Correlación estratigráfica de los pozos del área que penetraron las arenas B inferior de la Formación Misoa, para generar el modelo estratigráfico del área; evaluar los controles diagenéticos sobre la calidad del yacimiento; Integración de la información estratigráfica y estructural (Interpretación de fallas en pozos,

secciones estructurales, generación de mapas de trabajo para validar integración geológica).

Este trabajo fue plenamente integrado con la evaluación geofísica, petrofísica y de ingeniería. La interpretación en conjunto de los datos de geología y sísmicos fue especialmente importante para resolver los controles estructurales y estratigráficos sobre la distribución del petróleo. Se requería detalles sobre las capas de los intervalos productores para las simulaciones de los yacimientos.

Otra contribución era mejorar la consistencia de la correlación estratigráfica, lo que representaba una tarea difícil para una formación con tan alta variabilidad de facies como la que presenta Misoa. Conceptos estratigráficos de secuencia resultaron útiles para tal fin. Una interpretación integral de las tendencias de facies, petrografía y las propiedades petrofísicas mejoró nuestra comprensión de la calidad del yacimiento.

La interpretación en conjunto de los datos sísmicos tridimensionales y geológicos, condujo a la elaboración de mejores mapas e interpretación más adecuada del estilo de fallas y su efecto en la geometría de trampas. en algunos casos, aspectos que previamente habían dibujado como fallas continuas pueden ser demostrados como discontinuos y en algunas partes como fallas en escalonamiento (*en echelón*), lo que ayuda explicar las variaciones laterales en las propiedades sellantes de algunas zonas de fallas.

De la misma forma, Chacin (2011) presentó el Modelo petrofísico para el yacimiento B-5-X.09, formación Misoa del campo Tía Juana Lago para definir y proponer nuevas localizaciones donde se encuentren las mejores propiedades petrofísicas, minimizando la incertidumbre y aumentando el porcentaje de éxito volumétrico de estos trabajos. Debido al grado de madurez del yacimiento y a la no disponibilidad de un modelo petrofísico confiable, se decidió la esta investigación que permita la estimación de las propiedades, un incremento en la certidumbre de perforación y los logros en materia de productividad. Para realizar el modelo petrofísico se utilizó la información de análisis de núcleos de los pozos

LL-0773 y LL-0848, así como análisis físico químicos de agua de formación provenientes de primeros pozos completados en el yacimiento.

Mediante el escalamiento núcleo - perfil se pudieron establecer los modelos petrofísicos; para el modelo de Arcillosidad (Vsh), Porosidad ( $\Phi$ ) a través de la generación del perfil sintético de densidad, Permeabilidad (K) y Saturación de agua ( $S_w$ ), ajustados a la condiciones del reservorio. También se elaboraron los mapas de isopropiedades, de capacidad de almacenamiento y eficiencia de flujo del yacimiento, todo esto para permitir visualizar la distribución de las mismas a lo largo del yacimiento y establecer las zonas de mejor calidad para un futuro plan de recuperación de reservas remanentes y explotación óptima del yacimiento en estudio.

## **2. Actualización y validación de los datos asociados a los pozos**

En esta etapa, se actualizaron los datos asociados a los 34 pozos pertenecientes al yacimiento, se realizó la migración de toda la data recopilada (coordenadas UTM de los pozos, desviaciones, topes estratigráficos, profundidades, entre otros) al paquete computarizado Rockwords 16. Finalizada la búsqueda se procedió a la validación de la información. Estos datos se muestran en la Tabla 2.1 que se muestra a continuación.

Tabla 2.1. Pozos pertenecientes al yacimiento B-7-X-07

N°	UWI	LAYER NAME	TOPE	BASE	ESTADO	ELEV MR	TOPES-MR	BASE-MR	COORDENADAS	
									NORTE	ESTE
1	005 1LL 418 0	B-7	5332	5603	Oficial MEM	19	5313	5584	231338	1127922
2	005 1LL 451 0	B-7	5072	5350	Oficial MEM	19	5053	5331	231094	1129986
3	005 1LL 457 0	B-7	5092	5325	Oficial MEM	19	5073	5306	230024	1128812
4	005 1LL 464 0	B-7	4900	5153	Oficial MEM	19	4881	5134	229666	1129294
5	005 1LL 563 0	B-7	4780	5034	Oficial MEM	19	4761	5015	229540	1130326
6	005 1LL 565 0	B-7	5008	5272	Oficial MEM	19	4989	5253	230498	1129916
7	005 1LL 694 0	B-7	4880	5128	Oficial MEM	19	4861	5109	229559	1127708
8	005 1LL 703 0	B-7	5096	5299	Oficial MEM	19	5077	5280	230404	1125714
9	005 1LL 717 0	B-7	5175	5400	Oficial MEM	19	5156	5381	230788	1127503
10	005 1LL 718 0	B-7	5164	5406	Oficial MEM	19	5145	5387	231023	1125445
11	005 1LL 721 0	B-7	5457	5717	Oficial MEM	19	5438	5698	230196	1124818
12	005 1LL 756 0	B-7	5320	5547	Oficial MEM	19	5301	5528	232067	1125442
13	005 1LL 768 0	B-7	4608	4860	Oficial MEM	19	4589	4841	229072	1129226
14	005 1LL 795 0	B-7	5246	5496	Oficial MEM	19	5227	5477	229837	1125298
15	005 1LL 968 0	B-7	5640	5858	Oficial MEM	19	5621	5839	233030	1123932
16	005 1LL 1033 0	B-7	5270	5513	Oficial MEM	19	5251	5494	230859	1128130
17	005 1LL 1168 0	B-7	5143	5382	Oficial MEM	21	5122	5361	229201	1125572
18	005 1LL 1247 0	B-7	5348	5615	Oficial MEM	21	5327	5594	231702	1127441
19	005 1LL 1257 0	B-7	5176	5435	Oficial MEM	21	5155	5414	230859	1129433
20	005 1LL 1336 0	B-7	5261	5493	Oficial MEM	31	5230	5462	229563	1125092
21	005 1LL 1370 0	B-7	5587	5660	Oficial MEM	31	5556	5629	231261	1124129
22	005 1LL 1605 0	B-7	5270	5370	Oficial MEM	33	5237	5337	230923	1128754
23	005 1LL 1611 0	B-7	5717	5902	Oficial MEM	33	5684	5869	233372	1123451
24	005 1LL 1862 0	B-7	5382	5600	Oficial MEM	33	5349	5567	231577	1128473
25	005 1LL 1863 0	B-7	5084	5350	Oficial MEM	33	5051	5317	230243	1129367
26	005 1LL 1874 0	B-7	5298	5536	Oficial MEM	33	5265	5503	231992	1126166
27	005 1LL 2705 0	B-7	5690	5896	Oficial MEM	33	5657	5863	233646	1123997
28	005 1LL 2934 0	B-7	5422	5650	Oficial MEM	33	5389	5617	232351	1125685
29	005 1LL 2941 0	B-7	5650	5924	Oficial MEM	33	5617	5891	232596	1123620
30	005 1LL 2954 0	B-7	5098	5378	Oficial MEM	33	5065	5345	230811	1126025
31	005 1LL 3120 0	B-7	5069	5400	Oficial MEM	33	5036	5367	230008	1125799
32	005 1LL 3188 0	B-7	5010	5340	Oficial MEM	33	4977	5307	230182	1126865
33	005 1LL 3554 Y	B-7	5570	5899	Oficial MEM	38	5532	5861	230883	1127896
34	005 1TJ 262 0	B-7	4783	4966	Oficial MEM	19	4764	4947	229834	1130816

Fuente: PDSA (2014).

Un total de 34 pozos representan el yacimiento B-7-X-07, se especifican topes y bases de cada pozo incluyendo la elevación de la Mesa rotaria., la totalidad de pozos pertenecen a las arena B7 de la formación misoa.

## Fase 2. Revisión geológica del yacimiento

En esta etapa, y en base a la información geológica recabada del yacimiento B-7-X-07 se muestra el mapa estructural del yacimiento, para su análisis, así como también de dos secciones estratigráficas.

### 1. Mapa Estructural

Definir la estructura del yacimiento corresponde a la etapa inicial de la modelación estructural del yacimiento, de manera que los resultados obtenidos del modelo puedan ser comparados con el mapa estructural oficial emitido por Pdvsa (2014). La figura 2.2 muestra el mapa estructural del yacimiento B-7-X-07.

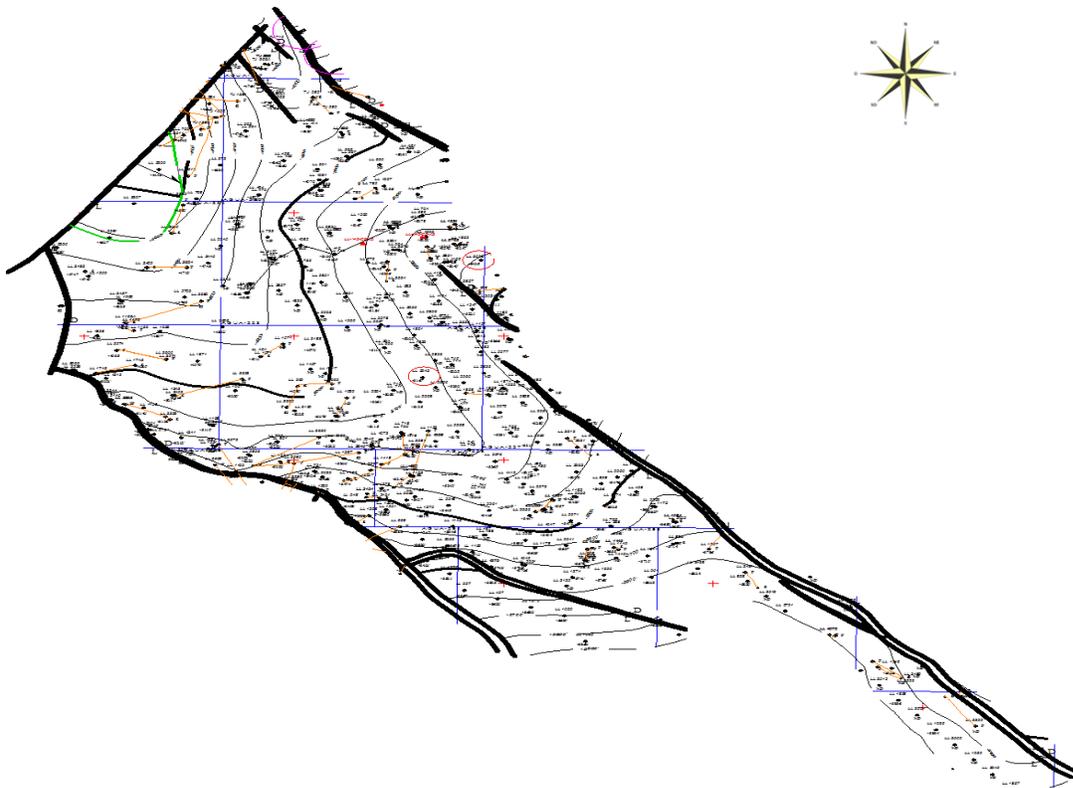


Figura 2.2. Mapa Estructural del yacimiento B-7-X-07. Fuente: Pdvsa (2014)

En sentidos generales, las curvas estructurales que definen el tope del yacimiento tienden a ser suaves, mostrando un buzamiento que aumenta ligeramente en el

mismo sentido NO-SE, va desde una profundidad de 4500´ al extremo norte, hasta 5900´ en el extremo sureste del yacimiento.

Las estructuras que controlan el yacimiento son mucho más evidentes en el mapa estructural. Dos fallas de gran extensión (con dirección NO-SE), delimitan el yacimiento al suroeste y noreste respectivamente; mientras que el límite noroeste está definido por una falla casi perpendicular (dirección SO-NE).

Por último, el límite sureste está definido por la curva estructural de -5900´. Definiendo así los límites del yacimiento.

Además de los rasgos estructurales ya descritos, dentro del yacimiento destaca la falla ubicada al sur, la cual es oblicua a las fallas principales, presentando un salto de 180´ aproximadamente.

En la zona norte, las fallas de corta extensión forman un pequeño Horst o alto estructural, el cual puede relacionarse con el comportamiento en "echelon" de la falla que bordea el noreste del yacimiento.

Desde un punto de vista general, el yacimiento se encuentra poco afectado por elementos estructurales, con las claras excepciones del alto estructural al norte, y la falla con 200 pies de salto ubicado al sur (la cual podría tener un comportamiento sellante, ya que el salto de falla es mucho mayor que los espesores en esta zona)

## **2. Análisis de Secciones estratigráficas**

Las secciones estratigráficas y estructurales se realizaron mediante la función X section, del software Geography Discovery. Procedimiento que se realiza, en primer lugar seleccionando los pozos deseados en cada sección. La figura 2.3 presenta la ventana principal del software Geography Discovery.

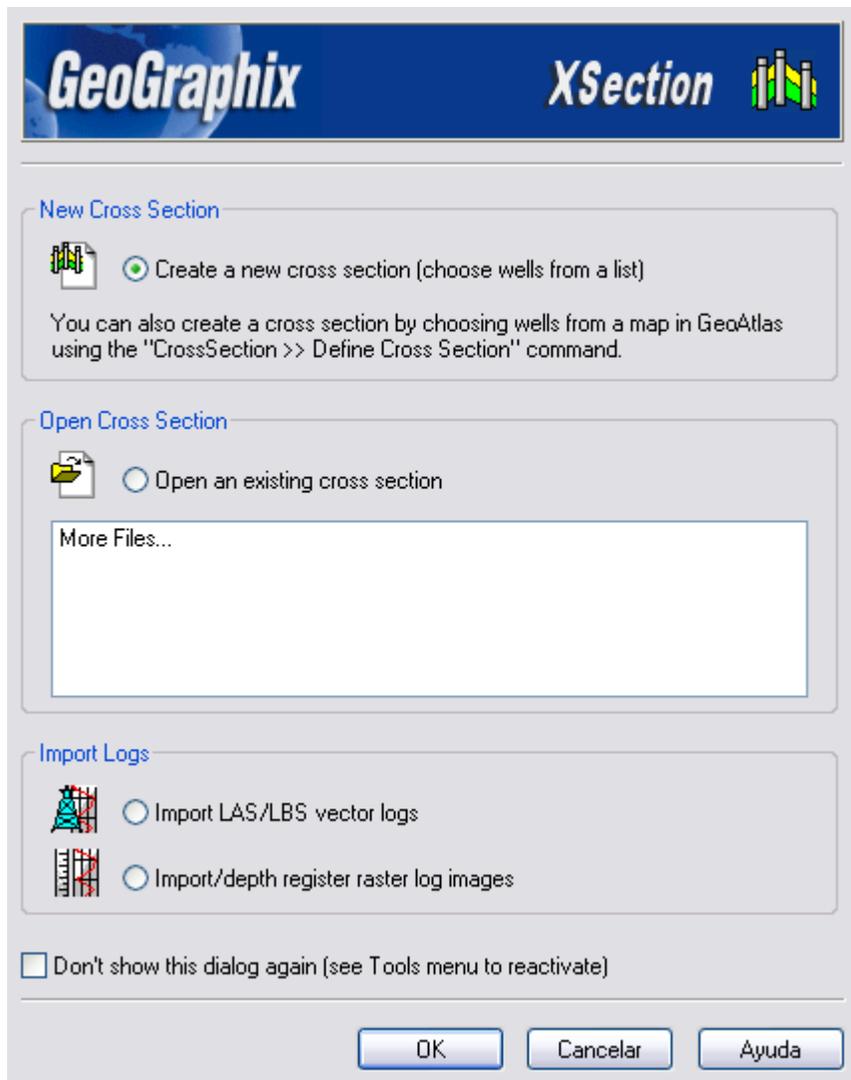


Figura 2.3. Creación de Sección. Ventana principal. Fuente: Pdvsa (2014)

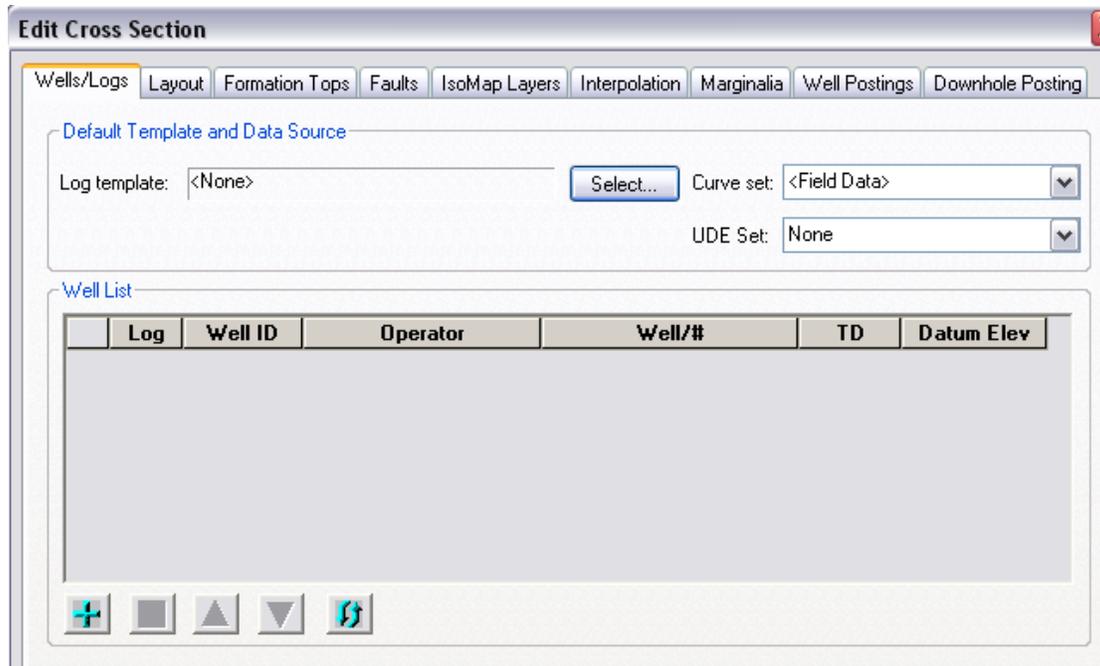


Figura 2.4 Añadir pozos a sección. Programa Geography Discovery. Fuente: Pdvsa (2014)

Luego de seleccionar los pozos para cada una de las secciones, se deben seleccionar los intervalos (formaciones o unidades) que desean mostrarse en las secciones (figura 2.5).

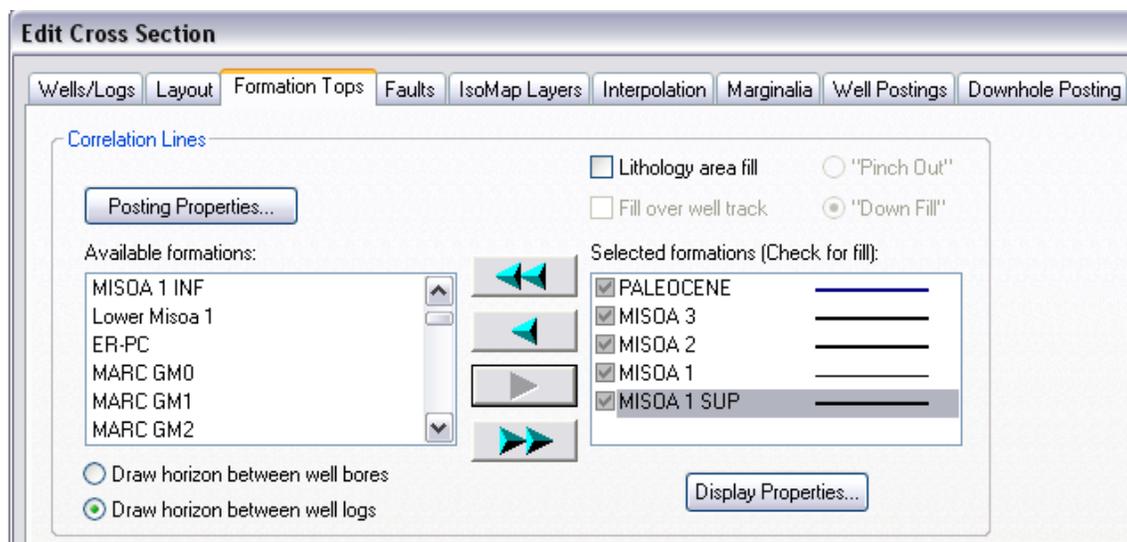


Figura 2.5. Añadir topes. Programa Geography Discovery. Fuente: Pdvsa (2014)

En caso que alguno de los pozos no cuente con la información de topes cargada, se debe realizar una correlación manual en base a los registros y pozos vecinos, es recomendable realizar esta correlación con la mayor cantidad de registros posible, correlacionando Litología (Gr y SP), además de comportamiento de fluidos y densidades (densidad, neutrón, resistividad).

Se realizaron dos secciones estratigráficas, una en dirección E-O (sección A), y la otra en dirección NO-SE (sección B), el trazado de cada una de estas secciones de muestran en la figura 2.6.

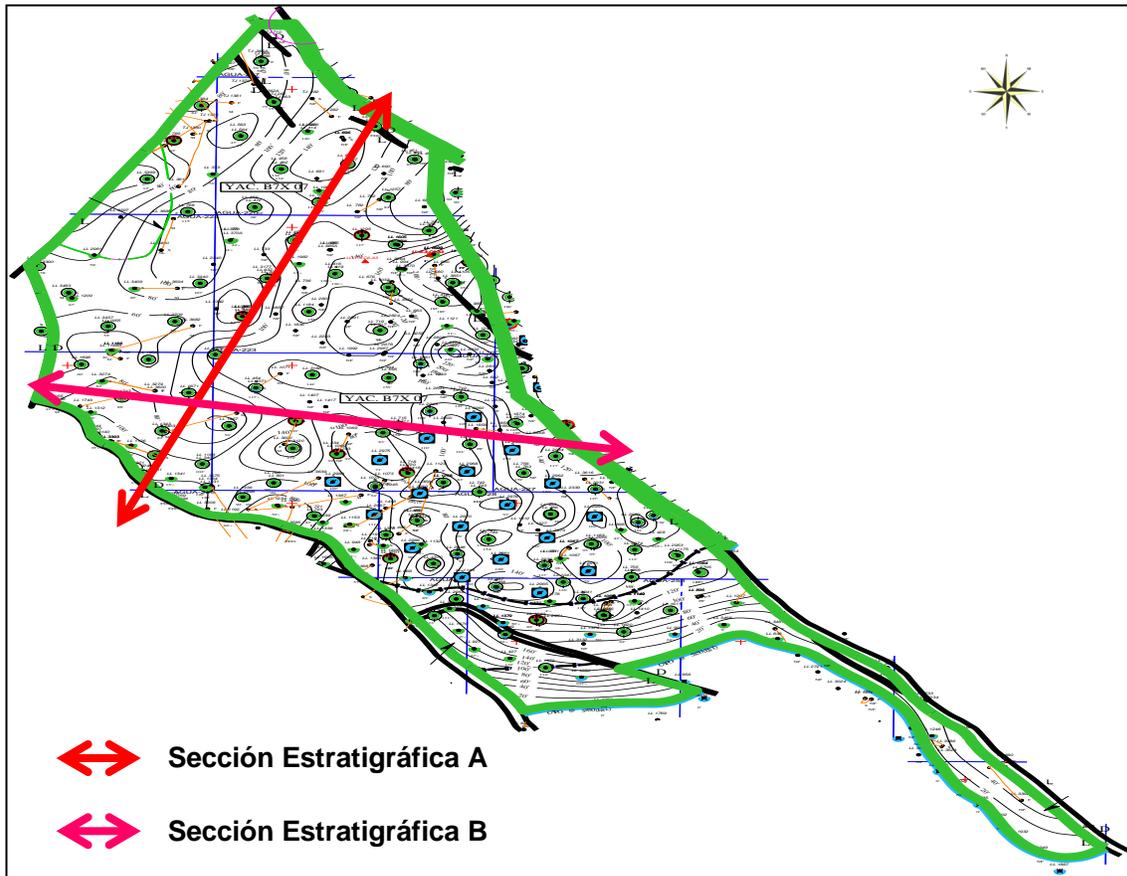


Figura 2.6. Trazado de las Secciones Estratigráficas A y B. Fuente: Pdvsa (2014)



En los paquetes inferiores, el comportamiento es ligeramente diferente, no se observa el engrosamiento de las arenas, siendo más evidente el cambio de posición, respondiendo la sedimentación al buzamiento de las capas, probablemente controlado por el paleo relieve de la plataforma donde se depositaron estos cuerpos sedimentarios.

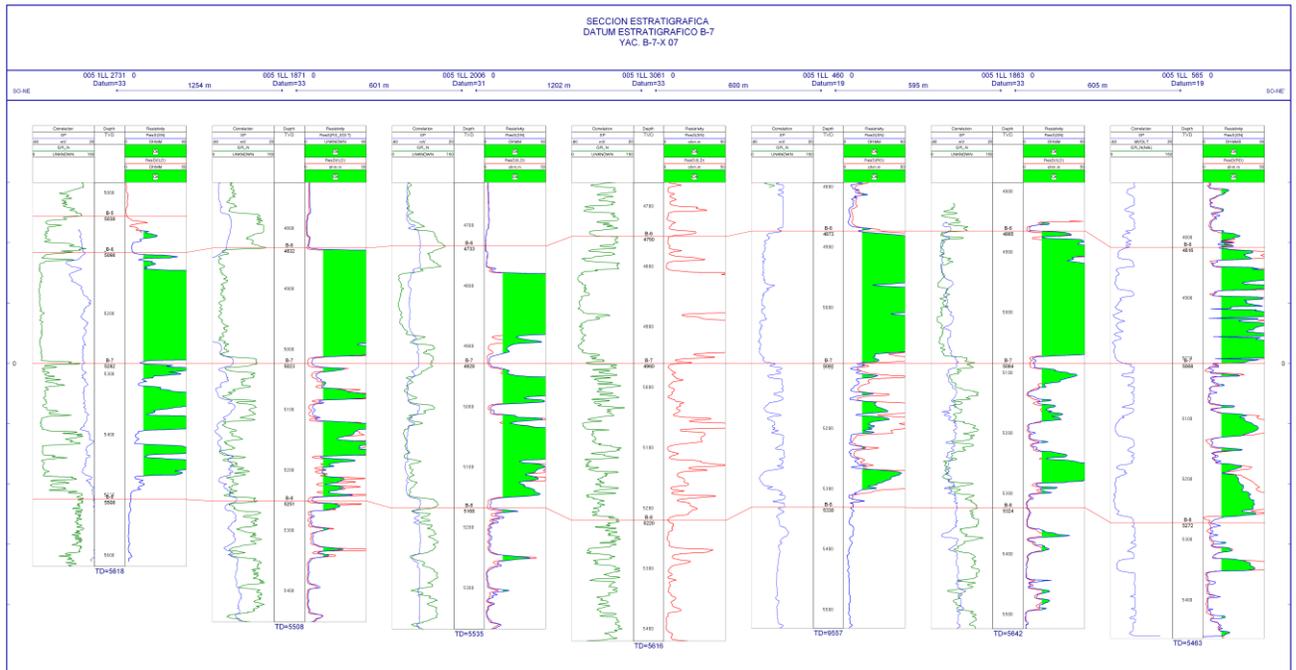


Figura 2.8. Sección estratigráfica B. Fuente: Pdvsa (2014)

Es recomendable realizar una sección en dirección NO-SE con la mayor cantidad de pozos posibles, siguiendo así la estructura.

### Fase III: Elaboración del Modelo geológico.

En esta fase se incluyeron dentro del programa RockWords el total de 34 pozos asociados al yacimiento, coordenadas, profundidades del tope a la base, así como también la litología. Se compararán los mapas oficiales junto a un modelo tridimensional del tope del yacimiento. Finalmente se interpretaran los resultados obtenidos de la elaboración del modelo.

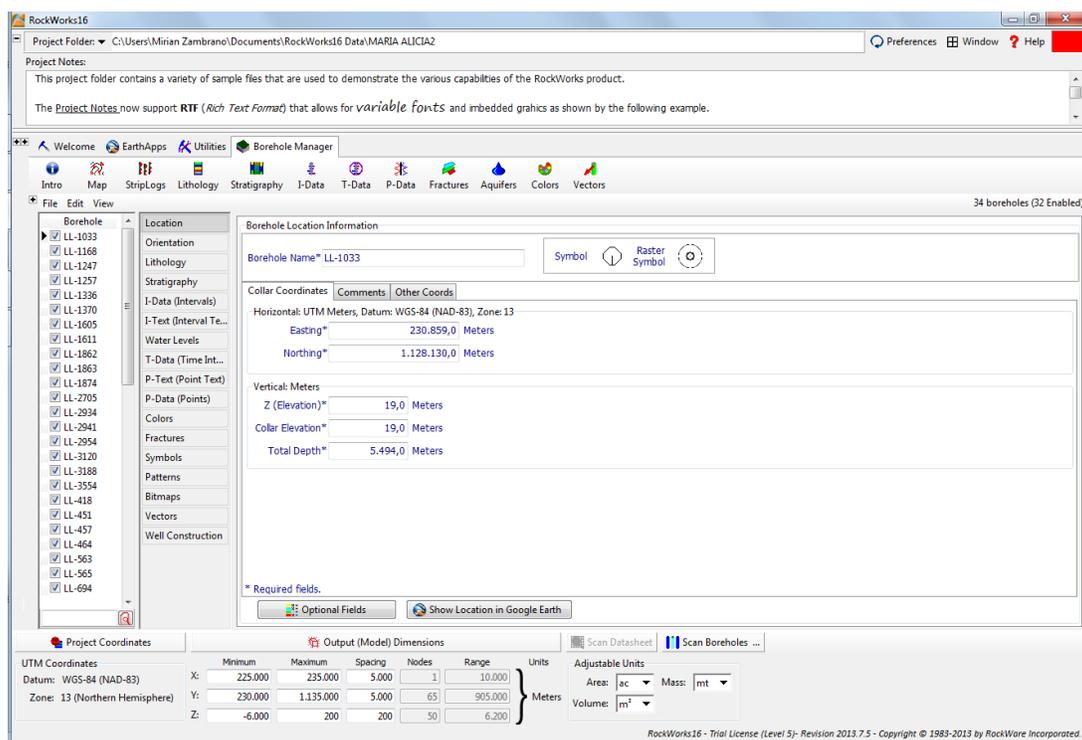


Figura 2.9. Ventana principal programa RockWords 16. Fuente: Pirela (2015)

## 2.3. Conclusiones

El desarrollo del modelo geológico estructural del yacimiento B-7-X-07 del área LL-370 campo Tía Juana conllevó a la propuesta de la metodología de investigación, destinada a la consecución del logro de objetivos propuestos. Esta, se desarrolló en tres fases, a saber: una primera fase dedicada a la revisión de documentos, trabajos realizados dentro del área objeto de estudio, seguidamente en la segunda fase se hizo un análisis geológico del yacimiento donde se describe el mapa estructural, así como también la elaboración de dos secciones (estructural y estratigráfica). La tercera fase determina el procedimiento realizado para la elaboración del modelo estructural y su interpretación, detallado en el capítulo III de la investigación.

# CAPÍTULO III. ELABORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL

## 3.1. Introducción

Para realizar la interpretación del modelo geológico estructural del yacimiento B-7-X-07 del área LL-370 Campo Tía Juana Lago fue necesario primordialmente la recolección de datos pertenecientes al yacimiento, pozos, áreas, parcelas, con el objetivo de realizar el modelo estructural y de esta forma definir la estructura, del mismo. Además de la revisión de referencias documentales, es decir previos trabajos realizados en el área, para así conocer cómo han evolucionado las interpretaciones sobre la misma, junto con la descripción del mapa estructural oficial. En este capítulo se presentan los principales resultados obtenidos.

## 3.2. Unidades geológicas para el modelo estructural

Para la realización del modelo estructural se tomaron los datos de los 34 pozos que perforados, los cuales se encuentran asociados al yacimiento B-7-X-07 del área LL-370. Donde se consideró como tope el miembro Santa Bárbara, perteneciente a la formación la Rosa, la discordancia del Eoceno y la las arenas B pertenecientes a la formación Misoa como base B-7, como se refleja en la figura 3.1 que se muestra a continuación:

Descripción Litologica	Litología	Unidades Geologica	Formacion	Edad
Lutitas gruesas marinas con intercalaciones locales de arenas		Lutitas La Rosa	La Rosa	Mioceno
Arena basal con intercalaciones de arcillas laminares		Santa Barbara	la Rosa	
Gruesas capas de lutitas frecuentemente limolítica y carbonacea intercaladas con		Arena B1 - B6	Misoa	Eoceno
Areniscas masivas de grano fino con intercalaciones de lutitas				

**Legenda:**

Descripción	Simbología
Discordancia del Mioceno	

Figura 3.1. Unidades geológicas seleccionadas para el modelo estructural.  
Fuente: Pirela M., 2015.

En la siguiente tabla 3.1 se refleja información utilizada, a partir de datos oficiales incluidas en la base de datos de PDVSA en cuanto a los topes y bases coordinadas y la formación atravesada, la profundidad total del modelo está a 5891´ representada por el pozo LL-294.

Tabla 3.1. Formaciones atravesadas por cada Pozo

UWI	LAYER NAME	TOPES-MR	BASE-MR	UWI	LAYER NAME	TOPES-MR	BASE-MR
005 1LL 418 0	LA ROSA	4274	4426	005 1LL 1336 0	LA ROSA	4833	4974
005 1LL 418 0	SANTA BARBARA	4416	4426	005 1LL 1336 0	DISCORDANCIA	4974	4974
005 1LL 418 0	DISCORDANCIA	4426	4426	005 1LL 1336 0	B-5	4974	5038
005 1LL 418 0	B-4	4426	4581	005 1LL 1336 0	B-6	5038	5230
005 1LL 418 0	B-5	4581	5101	005 1LL 1336 0	B-7	5230	5462
005 1LL 418 0	B-6	5101	5313	005 1LL 1370 0	LA ROSA	4739	4869
005 1LL 418 0	B-7	5313	5584	005 1LL 1370 0	DISCORDANCIA	4869	4869
005 1LL 451 0	LA ROSA	4064	4224	005 1LL 1370 0	B-5	4869	5319
005 1LL 451 0	SANTA BARBARA	4209	4224	005 1LL 1370 0	B-6	5319	5556
005 1LL 451 0	DISCORDANCIA	4224	4224	005 1LL 1370 0	B-7	5556	5629
005 1LL 451 0	B-4	4224	4311	005 1LL 1605 0	LA ROSA	4175	4395
005 1LL 451 0	B-5	4311	4847	005 1LL 1605 0	DISCORDANCIA	4395	4395
005 1LL 451 0	B-6	4847	5053	005 1LL 1605 0	B-5	4395	5029
005 1LL 451 0	B-7	5053	5331	005 1LL 1605 0	B-6	5029	5237
005 1LL 457 0	LA ROSA	4289	4461	005 1LL 1605 0	B-7	5237	5337
005 1LL 457 0	DISCORDANCIA	4461	4461	005 1LL 1611 0	LA ROSA	4647	4745
005 1LL 457 0	B-5	4461	4854	005 1LL 1611 0	DISCORDANCIA	4745	4745
005 1LL 457 0	B-6	4854	5073	005 1LL 1611 0	B-4	4745	5013
005 1LL 457 0	B-7	5073	5306	005 1LL 1611 0	B-5	5013	5497
005 1LL 464 0	LA ROSA	4368	4438	005 1LL 1611 0	B-6	5497	5684
005 1LL 464 0	DISCORDANCIA	4438	4438	005 1LL 1611 0	B-7	5684	5869
005 1LL 464 0	B-5	4438	4667	005 1LL 1862 0	LA ROSA	4217	4377
005 1LL 464 0	B-6	4667	4881	005 1LL 1862 0	DISCORDANCIA	4377	4377
005 1LL 464 0	B-7	4881	5134	005 1LL 1862 0	B-4	4377	4607
005 1LL 563 0	LA ROSA	4173	4344	005 1LL 1862 0	B-5	4607	5172
005 1LL 563 0	SANTA BARBARA	4331	4344	005 1LL 1862 0	B-6	5172	5349
005 1LL 563 0	DISCORDANCIA	4344	4344	005 1LL 1862 0	B-7	5349	5567
005 1LL 563 0	B-5	4344	4583	005 1LL 1863 0	LA ROSA	4207	4379
005 1LL 563 0	B-6	4583	4761	005 1LL 1863 0	DISCORDANCIA	4379	4379
005 1LL 563 0	B-7	4761	5015	005 1LL 1863 0	B-5	4379	4832
005 1LL 565 0	LA ROSA	4131	4301	005 1LL 1863 0	B-6	4832	5051
005 1LL 565 0	SANTA BARBARA	4285	4301	005 1LL 1863 0	B-7	5051	5317
005 1LL 565 0	DISCORDANCIA	4301	4301	005 1LL 1874 0	LA ROSA	4417	4567
005 1LL 565 0	B-5	4301	4797	005 1LL 1874 0	DISCORDANCIA	4567	4567
005 1LL 565 0	B-6	4797	4989	005 1LL 1874 0	B-5	4567	5057
005 1LL 565 0	B-7	4989	5253	005 1LL 1874 0	B-6	5057	5265
005 1LL 694 0	LA ROSA	4469	4621	005 1LL 1874 0	B-7	5265	5503
005 1LL 694 0	DISCORDANCIA	4621	4621	005 1LL 2705 0	LA ROSA	4554	4647
005 1LL 694 0	B-5	4621	4682	005 1LL 2705 0	DISCORDANCIA	4647	4647
005 1LL 694 0	B-6	4682	4861	005 1LL 2705 0	B-4	4647	4947
005 1LL 694 0	B-7	4861	5109	005 1LL 2705 0	B-5	4947	5467
005 1LL 703 0	LA ROSA	4654	4783	005 1LL 2705 0	B-6	5467	5657
005 1LL 703 0	DISCORDANCIA	4783	4783	005 1LL 2705 0	B-7	5657	5863
005 1LL 703 0	B-5	4783	4882	005 1LL 2934 0	LA ROSA	4453	4570
005 1LL 703 0	B-6	4882	5077	005 1LL 2934 0	DISCORDANCIA	4570	4570
005 1LL 703 0	B-7	5077	5280	005 1LL 2934 0	B-4	4570	4670
005 1LL 717 0	LA ROSA	4391	4538	005 1LL 2934 0	B-5	4670	5111
005 1LL 717 0	DISCORDANCIA	4538	4538	005 1LL 2934 0	B-6	5111	5389
005 1LL 717 0	B-5	4538	4963	005 1LL 2934 0	B-7	5389	5617
005 1LL 717 0	B-6	4963	5156	005 1LL 2941 0	LA ROSA	4663	4782
005 1LL 717 0	B-7	5156	5381	005 1LL 2941 0	DISCORDANCIA	4782	4782
005 1LL 718 0	LA ROSA	4611	4756	005 1LL 2941 0	B-4	4782	4870
005 1LL 718 0	DISCORDANCIA	4756	4756	005 1LL 2941 0	B-5	4870	5392
005 1LL 718 0	B-5	4756	4942	005 1LL 2941 0	B-6	5392	5617
005 1LL 718 0	B-6	4942	5145	005 1LL 2941 0	B-7	5617	5891
005 1LL 718 0	B-7	5145	5387	005 1LL 2954 0	LA ROSA	4581	4709
005 1LL 721 0	LA ROSA	4769	4929	005 1LL 2954 0	DISCORDANCIA	4709	4709
005 1LL 721 0	DISCORDANCIA	4929	4929	005 1LL 2954 0	B-5	4709	4853
005 1LL 721 0	B-5	4929	5231	005 1LL 2954 0	B-6	4853	5065
005 1LL 721 0	B-6	5231	5438	005 1LL 2954 0	B-7	5065	5345
005 1LL 721 0	B-7	5438	5698	005 1LL 3120 0	B-6	4845	5036
005 1LL 768 0	LA ROSA	4344	4496	005 1LL 3120 0	B-7	5036	5367
005 1LL 768 0	DISCORDANCIA	4496	4496	005 1LL 3120 0	B-8	5367	5631
005 1LL 768 0	B-6	4496	4589	005 1LL 3120 0	B-9	5631	5732
005 1LL 768 0	B-7	4589	4841	005 1LL 3188 0	LA ROSA	4502	4677
005 1LL 795 0	LA ROSA	4761	4908	005 1LL 3188 0	DISCORDANCIA	4677	4677
005 1LL 795 0	DISCORDANCIA	4908	4908	005 1LL 3188 0	B-5	4677	4787
005 1LL 795 0	B-6	5040	5227	005 1LL 3188 0	B-6	4787	4977

005 1LL 795 0	B-7	5227	5477	005 1LL 3188 0	B-7	4977	5307
005 1LL 968 0	LA ROSA	4621	4712	005 1LL 3554 Y	LA ROSA	4362	4487
005 1LL 968 0	DISCORDANCIA	4712	4712	005 1LL 3554 Y	DISCORDANCIA	4482	4482
005 1LL 968 0	B-4	4712	4893	005 1LL 3554 Y	B-4	4482	4642
005 1LL 968 0	B-5	4893	5386	005 1LL 3554 Y	B-5	4642	5153
005 1LL 968 0	B-6	5386	5621	005 1LL 3554 Y	B-6	5153	5532
005 1LL 968 0	B-7	5621	5839	005 1LL 3554 Y	B-7	5532	5861
005 1LL 1033 0	LA ROSA	4363	4464	005 1TJ 262 0	LA ROSA	4091	4270
005 1LL 1033 0	DISCORDANCIA	4464	4464	005 1TJ 262 0	SANTA BARBARA	4254	4270
005 1LL 1033 0	B-4	4464	4601	005 1TJ 262 0	DISCORDANCIA	4270	4270
005 1LL 1033 0	B-5	4601	5084	005 1TJ 262 0	B-5	4270	4641
005 1LL 1033 0	B-6	5084	5251	005 1TJ 262 0	B-6	4641	4764
005 1LL 1033 0	B-7	5251	5494	005 1TJ 262 0	B-7	4764	4947
005 1LL 1168 0	LA ROSA	4786	4949	005 1LL 1257 0	LA ROSA	4149	4319
005 1LL 1168 0	DISCORDANCIA	4949	4949	005 1LL 1257 0	DISCORDANCIA	4319	4319
005 1LL 1168 0	B-6	4949	5122	005 1LL 1257 0	B-4	4319	4403
005 1LL 1168 0	B-7	5122	5361	005 1LL 1257 0	B-5	4403	4929
005 1LL 1247 0	LA ROSA	4306	4449	005 1LL 1257 0	B-6	4929	5155
005 1LL 1247 0	DISCORDANCIA	4449	4449	005 1LL 756 0	LA ROSA	4503	4635
005 1LL 1247 0	B-4	4449	4754	005 1LL 756 0	SANTA BARBARA	4611	4635
005 1LL 1247 0	B-5	4754	5152	005 1LL 756 0	DISCORDANCIA	4635	4635
005 1LL 1247 0	B-6	5152	5327	005 1LL 756 0	B-5	4635	5078
005 1LL 1247 0	B-7	5327	5594	005 1LL 756 0	B-6	5078	5301
005 1LL 1257 0	LA ROSA	4149	4319	005 1LL 756 0	B-7	5301	5528
005 1LL 1257 0	DISCORDANCIA	4319	4319				
005 1LL 1257 0	B-4	4319	4403				
005 1LL 1257 0	B-5	4403	4929				
005 1LL 1257 0	B-6	4929	5155				
005 1LL 1257 0	B-7	5155	5414				

Fuente: Pirela M. (2015).

### 3.3. Mapa base de isolíneas

La información registrada de los pozos 34 pozos que conformaron el estudio permitió crear la base de datos a través de la herramienta rockwell 16, en la que se introdujo todas las variables descrita en la tabla 3.1, en la primera fase fue necesario asignar el nombre por pozo, su coordenada, su profundidad y elevación para luego actualizar las unidades en la que se reflejaran los datos bajo el sistema inglés. Así mismo se cargó los intervalos de profundidad de cada una de las unidades geológicas para configurar el mapa base estructural del yacimiento B-7-X-07 que se muestra en la figura 3.2 donde se muestra la distribución de los pozos y sus contornos.

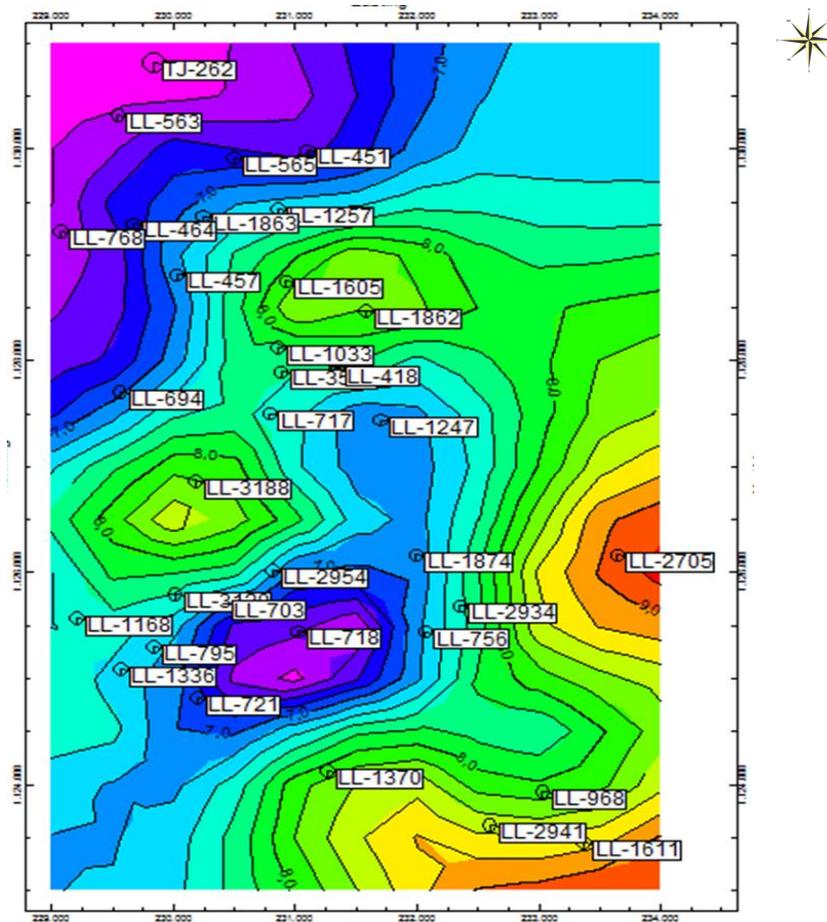


Figura 3.2. Mapa base de isólinas, base del yacimiento generado por el programa Rockwords.

Según los análisis obtenidos del yacimiento, al observar detalladamente el mapa base de contornos se hace evidente la existencia de una variabilidad de espesores en toda el área analizada.

En el mismo pueden distinguirse dos comportamientos claramente diferenciados, las curvas tienden a ser paralelas y relativamente frecuentes en las zonas ubicadas en el extremo sur del área en estudio, mientras que en el área norte, estas tienden a ser más espaciadas, y a poseer morfologías más suaves y "concéntricas".

El comportamiento de las curvas de isólinas, viene dado, en primer lugar, por la influencia de la falla ubicada al sur, lo cual puede estar cortando de manera relativamente brusca la continuidad de esta arena, mientras que por otra parte,

este tipo de depósitos tiende a acuñarse a los bordes del yacimiento. Los límites norte, este y oeste, poseen mayores espesores que al sur.

Por otra parte, en la zona central del yacimiento, tienen menores espesores, con la clara excepción de una zona, ubicada al noreste del yacimiento, caracterizada por presentar curvas de isótopos concéntricas y con mayor espaciado, lo que implica un aumento en los espesores.

Este espesor, relativamente anómalo en la zona pudiera tener su origen en dos causas, la primera una mayor subsidencia local, lo que permitió que existiera un mayor espacio de acomodación, dando como resultado mayor espesor de sedimentos; o por otra parte, pudiera ser indicio de una falla, que permitiera la repetición de este estrato.

De acuerdo a lo reflejado en el mapa base de isótopos conforme a los espesores, las zonas más prospectivas se encuentran al noroeste y hacia el suroeste del mismo, esto puede estar asociado a la composición y propiedades de las arenas lo cual permite una mayor acumulación de material orgánico.

### **3.4. Modelo Tridimensional del tope del yacimiento**

A partir de lo anteriormente descrito se procedió a digitalizar los mapas estructurales e isótopos, con el fin de generar un modelo 3D del tope, en el cual se pueda apreciar las características físicas del yacimiento, específicamente su buzamiento, el cambio de pendientes, así como el salto de falla.

En primer lugar, en las Figuras 3.3 y 3.4 se observan un modelo basado en los datos estructurales, topes y mapa estructural.

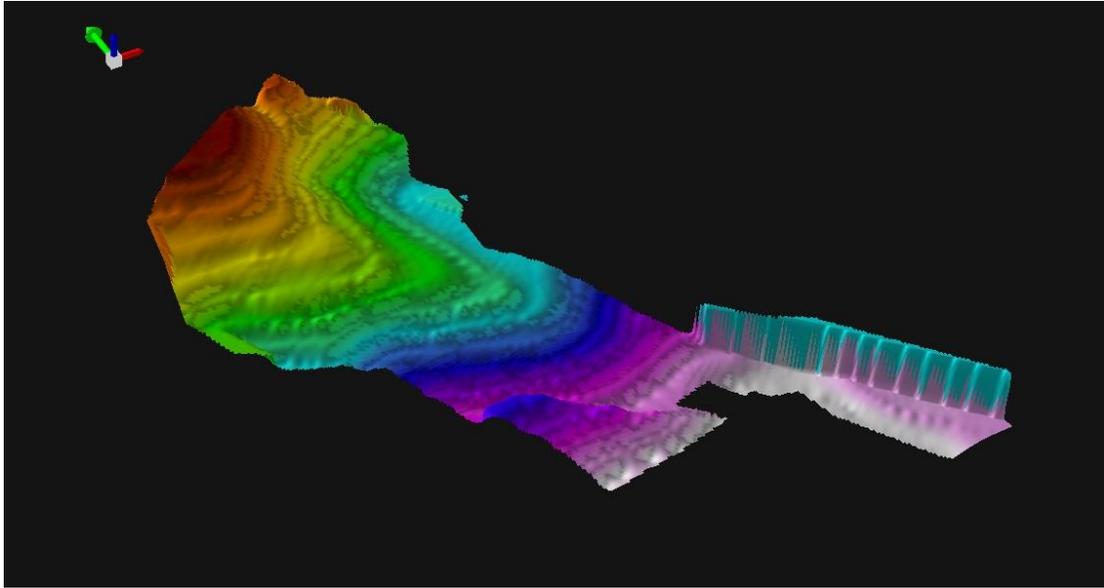


Figura 3.3. Vista del tope estructural del Yacimiento (Norte línea verde).

En la figura 3.4 es más evidente el cambio brusco de la superficie, correspondiente al salto producido por la falla (Círculo Rojo).

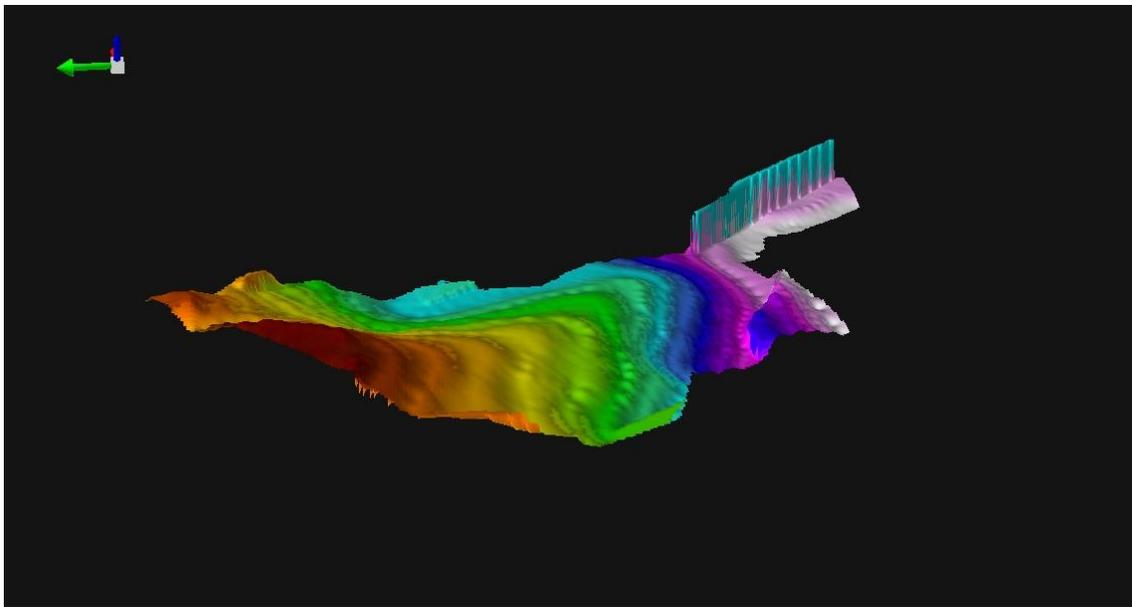


Figura 3.4. Vista dos del tope estructural del Yacimiento (Norte línea verde).

Además de esto, usando los datos de espesores y el mapa isòpaco, se generó un modelo, en el cual, además de observarse la topografía, se puede apreciar el espesor del yacimiento, y su variación (Figura 3.5).

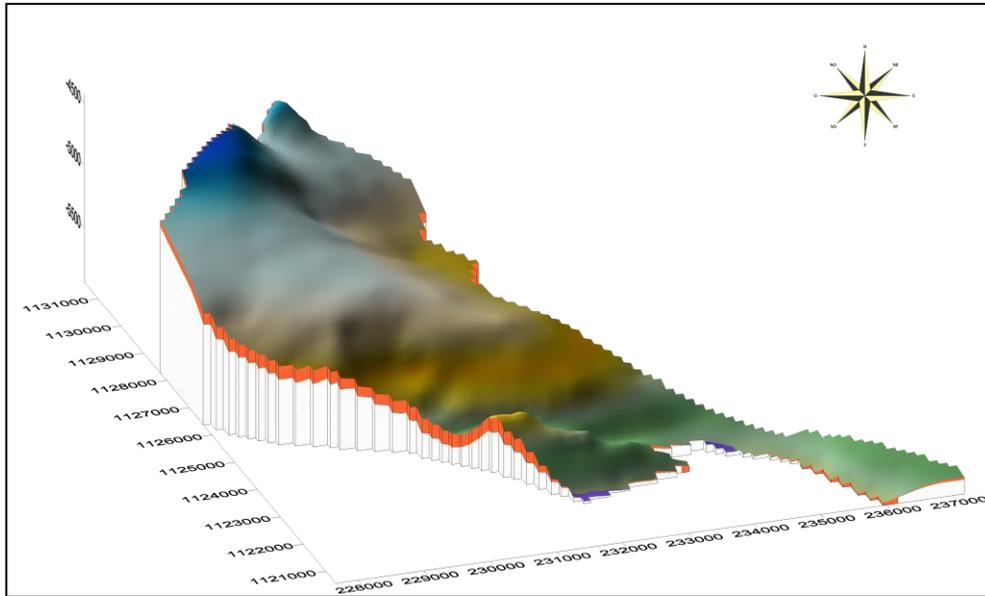


Figura 3.5. Vista del espesor del yacimiento.

El buzamiento general del yacimiento es de bajo grado, en dirección SE, lo cual permite una buena segregación gravitacional del hidrocarburo, así como un buen seguimiento de las facies y electro facies a lo largo de todas la arenas presentes. Para obtener mayor precisión en cuanto a la interpretación de las unidades geológicas se generó a través de Rockwell 16 un modelo estructural en tres dimensiones del yacimiento el cual se muestra en la figura 3.6.

### 3.5. Modelo estructural

La figura 3.6 muestra el modelo estructural elaborado a partir de los datos analizados en el programa Rockwords.

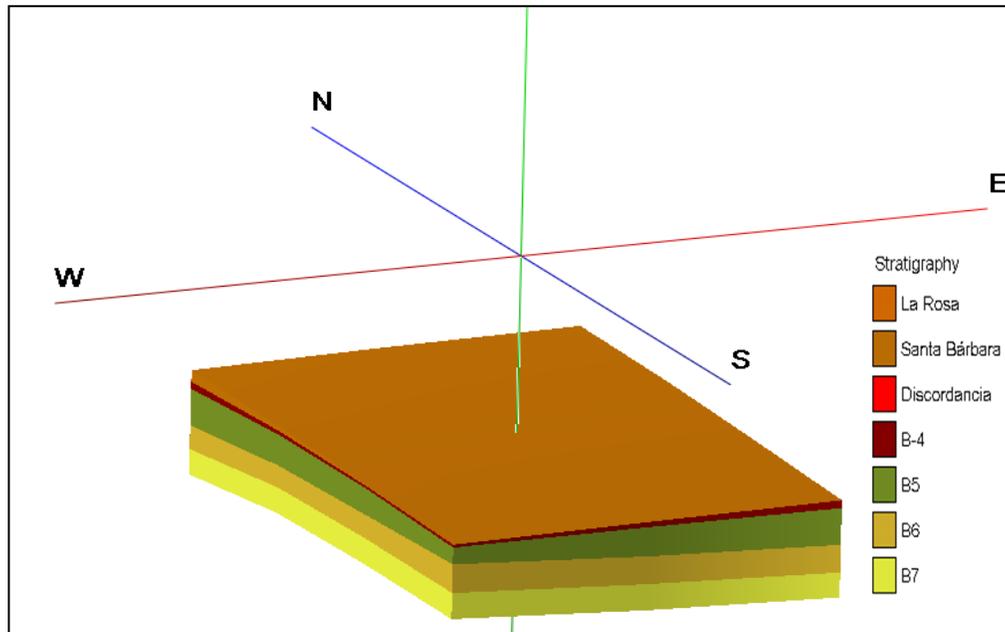


Figura 3.6. Vista principal del modelo estructural. Fuente: Pirela M, 2015.

La vista reflejada por el modelo muestra claramente las características físicas del yacimiento, se muestra la litología de cada formación, además de la discordancia presente a lo largo del yacimiento. Observándose un acuífero en sentido suroeste, las variaciones mayores se dan en los bordes del yacimiento, los cuales están influenciados por las fallas que lo delimitan (mapa estructural).

En la siguiente vista (Figura 3.7) se evidencia que el yacimiento se trata de un anticlinal con buzamiento al noroeste- sureste, con ligera inclinación. Sin embargo a pesar de ello las características del yacimiento permiten la acumulación de hidrocarburos y la producción del mismo.

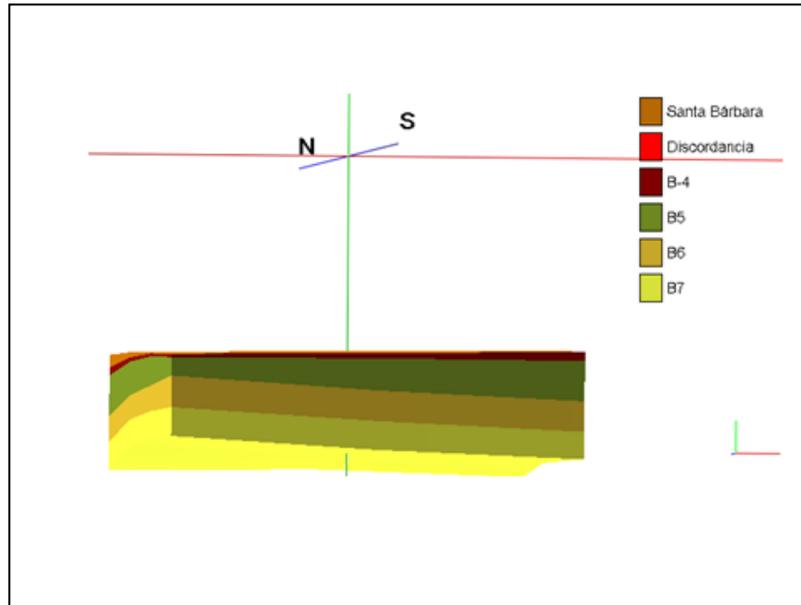


Figura 3.7. Vista 2 del modelo estructural. Fuente Pirela M., 2015.

Una vez elaborado el modelo estructural y concordante a la revisión de los mapas oficiales del yacimiento, la interpretación de las características físicas y la revisión documental de la producción del mismo se puede inferir que la mejor zona donde existe una importancia geológica es en sentido nor-oeste hacia el sur-este, específicamente en la zona central del yacimiento representada por los pozos LL 2954/703/795/1336/1168/721, los cuales han sido explotados produciendo petróleo con 23 Api aproximadamente.

## CONCLUSIONES

1. Se realizó la revisión documental donde se obtuvo información sustancial del mapa estructural así como también de las secciones tanto estructurales como estratigráficas del yacimiento.
2. Se realizó la recopilación y actualización de la data de 34 pozos pertenecientes, profundidades, topes y bases así como también las coordenadas.
3. El modelo estructural muestra claramente la geometría del yacimiento la cual está representada por un anticlinal con un ligero buzamiento en sentido no-se. Se percibe un acuñamiento en dirección sur. La interpretación en base al modelo estructural permitió identificar los pozos LL2954/ LL-703/ LL-795/ LL-13367 LL-1168 / LL-721 los cuales cuentan con las mejores condiciones para el aprovechamiento de hidrocarburos, esto interpretado de manera geológica y con revisión de producción destacando que la mejor zona se encuentra en sentido nor-oeste, sur-oeste del yacimiento.

## RECOMENDACIONES

Este tipo de trabajo se puede ver enormemente influenciado por la calidad de los datos e interpretaciones realizadas, es por ello que en los siguientes párrafos se enumeran las recomendaciones que se creen pertinentes.

1. Integrar todos los datos acumulados durante esta investigación en una base de datos geográficos, lo cual permitirá un mejor y más fácil acceso a los datos necesarios, así como se agilizaría el análisis espacial y temporal.
2. Realizar actualizaciones periódicas del modelo estructural que permita definir las mejores áreas de interés geológico.
3. El uso de secciones sísmicas permitirá, en primer lugar verificar los rasgos estructurales, así como corroborar la geometría del yacimiento. Dando lugar a la creación de un modelo estratigráfico.
4. Realizar el modelo petrofísico para el yacimiento que permita visualizar mapas de Iso-propiedades, reconocer zonas de bajas permeabilidades, porosidad, espesores de arena neta petrolífera para indicar las zonas más prospectivas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastidas, C., D. Bone Y E. M. García. (2000). Sedimentation Rates And Metal Content Of Sediments In A Venezuelan Coral Reef.
- Belousov (1979). Geología estructural. Editorial Moscu MIR. URSS.
- Bot y Perdomo (1986). Análisis sismoestratigráfico del Eoceno y Evolución tectónica en la cuenca del Lago de Maracaibo. Lagoven. Departamento de Geología, Gerencia de Estudios Regionales.
- Bueno y Pinto, 1996. Interpretación estructural y caracterización mediante atributos sísmicos en el cretáceo del Bloque IX. Memorias VII Congreso Venezolano de Geofísica.
- Comisión Venezolana de estratigrafía y terminología (1998). Léxico estratigráfico de Venezuela.
- Chacín, A. (2011) LUZ. Modelo petrofísico para el yacimiento B-5-X.09, formación Misoa del campo Tía Juana Lago.
- EXGEO (1999). Estudio integrado de las áreas LL370/453.
- Fuentes, N. (2009). Revisión del Modelo Estratigráfico de las Arenas B\_6 – B\_9 del Área LL370/453.
- Garner, A. H., (1926). Suggested nomenclature and correlation of geological formations in Venezuela. Amer. Inst. Min. Metall.
- González de Juana et al. (1980). Geología de Venezuela y sus Cuencas Petrolíferas Ediciones Foninvet Tomo I.
- Guerrero y Saavedra (2009). ULA . Evaluación geológica del Yacimiento VLA-0006 del miembro Santa Bárbara de la Formación La Rosa (Mioceno), orientada a nuevas oportunidades de desarrollo en el área 6/9/21 del Bloque I, Lago de Maracaibo.
- Hedberg et al., (1937). Sinopsis de las formaciones geológicas en la parte occidental de la Cuenca de Maracaibo, Bol. Geol. y Min.

- Hodson, (1926). Venezuelan and Caribbean Turrnellas, with a list of Venezuelan type stratigraphic localities. Bull. Amer. Paleont.
- Krause, (1971). Bathymetry, geomagnetism and tectonics of the Caribbean Sea North of Colombia. Geological Society of America Memoir.
- Lagazzi et al., (1996). Una visión integrada de la Formación Misoa del Eoceno, cuenca de Maracaibo, Venezuela, Maraven S.A. Exploración y Producción. Caracas.
- Liddle, R. A., 1928. The Geology of Venezuela and Trinidad. J. P. MacGowan, Forth Worth, Texas.
- Lugo y Mann, (1993). Colisión oblicua y formación de una cuenca Foreland durante el Paleoceno Tardío al Eoceno medio. Cuenca de Maracaibo. Actas de las secciones Científicas VII, Congreso Latinoamericano de Geología.
- Mandl, G. (1987). Tectonic deformation by rotating parallel faults: The "bookshelf" mechanism. Tectonophysics, Vol. 141, pp. 277-216.
- Meléndez et al., (1996). El Eoceno en la Cuenca de Maracaibo. Facies sedimentaria y Paleogeografía. Maraven S,A.
- Molero, M. (2006) LUZ. Estudio sedimentológico de las Arenas B de La Formación Misoa.
- Notestein, F. B. (1944). Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America, Geol. Soc.
- Parnaud et al., (1997). Petroleum geology of the central part of the eastern Venezuelan Basin.
- Pestman, N. et al., (1996). Influencia tectónica y de fluctuaciones del mar en sistemas fluviales, con ejemplos del Eoceno en la Cuenca de Maracaibo, Venezuela. V Simposio Bolivariano: Exploración petrolera en las cuencas sub-andinas, Puerto La Cruz.
- Pindell y Erikson, (1993). Mesozoic passive margin of northern South América. Fuente: Salfity, J. A. (Ed.) Cretaceous tectonics in the Andes.

Editor: Wiesbaden, FRG, Vieweg Publishing, Earth Evolution Sciences, International Monograph Series.

Salazar y otros (2012). Revisión de Reservas por reinterpretación geológica y parámetros de yacimientos entre PDVSA EyP Occidente y la Empresa Mixta Petroindependiente.

Soto, I. (2014). "Factores Geológicos que influyen en la continuidad espacial del flujo de inyección de agua en las unidades del yacimiento LGITJ - 0102"

Stainforth, (1962). La Formación Carapita de Venezuela Oriental, IV Congreso Geológico Venezolano (Caracas); Bol. Geol.; Pub. Esp. 5.

Sutton, F.A (1946). "Geology of the Maracaibo basin", Venezuelan; Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.

Szenk, B. J., 1959. The Lagunillas Formation in Central Lake Maracaibo. Boletín Informativo. Asoc. Ven. Geol., Min. y Petról., Bol. Inform. Caracas.

Van der Hilst, R. D. and P. Mann, 1994, Tectonic implications of tomographic images of subducted lithosphere beneath northwestern South America, Geology.