

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL AREA SOCORORO OESTE DEL CONVENIO SOCORORO, OPERADO POR PETROUCV, EDO. ANZOÁTEGUI.**

Trabajo Especial de Grado  
presentado ante la ilustre  
Universidad Central de  
Venezuela para optar al  
título de Ingeniero Geólogo  
Por la Br. Erica Morales M.

Caracas, Noviembre 2002

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL AREA SOCORORO OESTE DEL CONVENIO SOCORORO, OPERADO POR PETROUCV, EDO. ANZOÁTEGUI.**

TUTOR ACADEMICO: Prof. Olga Rey  
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Anne Mezones

Caracas, Noviembre 2002

## AGRADECIMIENTOS

A Freddy y a Zoraida por ser las personas mas incondicionales del mundo, esta tesis es para ustedes dos. Gracias por esta maravillosa vida que me han dado.

A la Universidad Central de Venezuela, la casa que vence las sombras, por permitirme ser parte de ella.

A PDVSA por darme la posibilidad de desarrollarme profesionalmente, a toda la gente de PETRO-UCV, la Sra. Capello, el Ing. Patiño, el Ing. Salazar, la Sra. Lidia y a todos mis compañeros tesistas por el apoyo prestado. Un especial agradecimiento para la Ing. Maria Morales por prestarme su ayuda y su amistad.

A mi tutora académica la profesora Olga Rey por sus buenos y oportunos consejos durante el desarrollo de este trabajo así como por su apoyo e interés muchas gracias. A mi tutora industrial la Ing. Anne Mezones por el apoyo prestado.

A mis hermanas Elvia y Hery por soportarme y a Angel Manuel por ser mi sobrino favorito. A mis amigas de siempre Monica, Carolina y Mariel por tantos años de amistad, a Corina, Aried, Barbara, Oswaldo, Ququi, Delmiro, Adrianita, Jorhan, Carla, Orleth por tantos buenos momentos compartidos.

A Victor Manuel por su paciencia, comprensión y amor en estos años que llevamos juntos, mil gracias por todo, te quiero mucho.

Morales M. Erica

**INTERPRETACION ESTRATIGRAFICA DEL AREA  
SOCORORO OESTE DEL CONVENIO SOCORORO, OPERADO  
POR PETROUCV, EDO. ANZOATEGUI**

**Tutor Académico: Prof. Olga Rey. Tutor Industrial: Ing. Anne  
Mezones. Tesis. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de  
Ingeniería Geológica. Año 2002, 109pp.**

**Palabras Claves: Estratigrafía, Socororo, Oriente**

**RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo definir el marco estratigráfico del campo Socororo Oeste, utilizando los conceptos de estratigrafía genética secuencial.

Se correlacionaron 29 pozos dentro del área de estudio, la columna de interés penetrada por los pozos corresponde a la parte superior de la Formación Merecure y la Formación Oficina.

Se definieron seis unidades genéticas, tomando como límites de secuencias las capas de lignitos con mayor continuidad lateral, las cuales representan superficies de inundación en ambientes fluvio- deltaicos. Las secuencias se subdividieron en base a los patrones de empaquetamiento y se realizaron mapas de arena neta en cada subunidad para ver la disposición de los sistemas depositacionales.

El ambiente sedimentario en cada unidad genética fue interpretado a partir de los registros de pozos. En el área de estudio predominan los depósitos de canales distributarios, abanicos de rotura, depósitos de la llanura de inundación, que junto a la presencia recurrente de capas de carbón, sitúan la secuencia de estudio en un sistema de llanura deltaica.

La estructura del área está representada por un monoclinal de rumbo NO-SE y buzamiento aproximado de 3° hacia el NE atravesado por dos sistemas de fallas predominantes, más o menos perpendiculares entre sí. El sistema de fallas con orientación NO-SE juega un papel importante como barrera para los hidrocarburos en su proceso migratorio.

A partir de los nuevos mapas isópacos estructurales se realizaron los cálculos volumétricos del petróleo original en sitio (POES) de las arenas U2U yacimiento ES- 418 y U1M,L yacimiento ES- 417 con valores de 31349 MBP y 19342 MBP respectivamente.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE TABLAS .....	X
LISTA DE ANEXOS .....	XI
1. INTRODUCCION .....	1
1.1 GENERALIDADES.....	1
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3 AREA DE ESTUDIO .....	4
1.4 METODOLOGIA.....	6
1.4.1. Recolección y verificación de la información. ....	6
1.4.2 Correlación de topes oficiales .....	8
1.4.3. Análisis Estratigráfico .....	8
1.4.4 Análisis Estructural.....	14
1.5 TRABAJOS PREVIOS.....	14
1.5.1 Estudios realizados en la Cuenca Oriental de Venezuela.....	15
1.5.2 Estudios realizados en las unidades de estudio.....	16
1.4.3 Estudios realizados en el Área Mayor de Socororo .....	17
2. GEOLOGÍA REGIONAL.....	19
2.1 GENERALIDADES .....	19

2.1.1 Subcuenca de Guárico .....	21
2.1.2 Subcuenca de Maturín .....	22
2.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	25
2.3 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.....	31
2.3.1 Megasecuencia Pre-"Rift" .....	31
2.3.2 Megasecuencia "Rift" .....	31
2.3.3 Megasecuencia de Margen Pasivo .....	33
2.3.4 Megasecuencia de la Colisión Oblicua.....	36
2.4 ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	38
2.4.1 Formación Hato Viejo .....	38
2.4.1 Formación Carrizal.....	39
2.4.2 Grupo Temblador.....	40
2.4.3 Formación Merecure.....	43
2.4.4 Formación Oficina .....	45
2.4.5 Formación Freites .....	47
2.4.6 Formación Las Piedras.....	49
2.4.7 Formación Mesa.....	50
3. MODELO ESTRATIGRÁFICO .....	53
3.1 GENERALIDADES .....	53
3.2 ESTRATIGRAFÍA LOCAL .....	57
3.2.1 UNIDAD I .....	57
3.2.2 UNIDAD II .....	63
3.2.3 UNIDAD III .....	69

3.2.4 UNIDAD IV .....	72
3.2.5 UNIDAD V .....	76
3.4.6 UNIDAD VI .....	81
4. MODELO ESTRUCTURAL .....	87
4.1 GENERALIDADES .....	87
4.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL .....	89
5. ARENAS PROSPECTIVAS .....	94
5.1 GENERALIDADES .....	94
5.2 MAPAS DE YACIMIENTO .....	95
5.2.1 Arena U2U, Yacimiento ES- 418 .....	95
5.2.2 Arena U1M,L yacimiento ES 417 .....	99
CONCLUSIONES .....	103
RECOMENDACIONES.....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	107
ANEXOS	



## ÍNDICE DE FIGURAS

▪ Figura 1.1 Ubicación de área de estudio .....	4
▪ Figura 1.2 Mapa del Área Mayor de Socororo.....	5
▪ Figura 1.3 Levantamiento 2D y cubo sísmico en el Área Mayor Socororo.....	7
▪ Figura 1.4 Registro tipo del pozo ES 437.....	9
▪ Figura 1.5 Mapa base de las secciones estratigráficas en el Campo Socororo Oeste.....	11
▪ Figura 1.6 Sección estratigráfica N° 1 .....	12
▪ Figura 1.7 Sección estratigráfica N° 6 .....	13
▪ Figura 2.1 Ubicación de la Cuenca Oriental de Venezuela .....	19
▪ Figura 2.2 Corte geológico conceptual norte- sur desde el cinturón de deformación del Caribe en Curazao hasta el Río Orinoco .....	21
▪ Figura 2.3 Corte geológico conceptual noroeste- sureste desde la plataforma Margarita- Los Testigos hasta el Río Orinoco .....	22
▪ Figura 2.4 Cuadro de correlación estratigráfica de la Cuenca Oriental de Venezuela .....	24
▪ Figura 2.5 Cuatro estados del desarrollo del límite de la placa Caribe desde el Eoceno hasta el presente, asociado con la migración de la placa Caribe hacia el este .....	27
▪ Figura 2.6 Principales elementos estructurales de la Cuenca Oriental de Venezuela .....	29
▪ Figura 2.7 Perfil sísmico e interpretación estructural de la secuencia jurásica- cretácica .....	32

▪ Figura 2.8 Cronoestratigrafía general, fases tectónicas y límites de secuencias mayores en la Cuenca Oriental de Venezuela .....	33
▪ Figura 2.9 Expresión sísmica de la megasecuencia de margen pasivo limitada en la base por la discordancia pre-cretácica y en el tope por la discordancia basal del "foredeep" .....	35
▪ Figura 2.10 Corte geológico mostrando la configuración general de las unidades terciarias, así como superficies estratigráficas importantes, en la Cuenca Oriental de Venezuela .....	37
▪ Figura 2.11 Columna estratigráfica generalizada y registro tipo del Área Mayor Socororo .....	52
▪ Figura 3.1 Patrones de empaquetamiento en un set de parasecuencias.	55
▪ Figura 3.2 Sección tipo de la Unidad I .....	58
▪ Figura 3.3 Mapa de arena neta sub unidad I-A .....	60
▪ Figura 3.4 Mapa de arena neta sub unidad I-B .....	62
• Figura 3.5 Sección tipo de la Unidad II .....	64
▪ Figura 3.6 Mapa de arena neta sub unidad II-A .....	66
▪ Figura 3.7 Mapa de arena neta sub unidad II-B .....	68
▪ Figura 3.8 Sección tipo de la Unidad III .....	70
▪ Figura 3.9 Mapa de arena neta sub unidad III .....	71
▪ Figura 3.10 Sección tipo de la Unidad IV .....	73
▪ Figura 3.11 Mapa de arena neta sub unidad IV-A .....	75
▪ Figura 3.12 Mapa de arena neta sub unidad IV-B .....	77
▪ Figura 3.13 Sección tipo de la Unidad V .....	78
▪ Figura 3.14 Mapa de arena neta sub unidad V .....	80
▪ Figura 3.15 Sección tipo de la Unidad VI .....	82

▪ Figura 3.16 Mapa de arena neta sub unidad VI-A .....	84
▪ Figura 3.17 Mapa de arena neta sub unidad VI-B .....	86
▪ Figura 4.1 Estructura regional del área de estudio .....	88
▪ Figura 4.2 Mapa estructural al tope de Merecure U2 .....	90
▪ Figura 4.3 Mapa estructural al tope de Oficina T .....	91
▪ Figura 4.4 Mapa estructural al tope de Oficina P2 .....	93
▪ Fig. 5.1 Mapa isópaco estructural arena U2U yacimiento ES 418 .....	98
▪ Fig. 5.2 Mapa isópaco estructural arena U1M,L yacimiento ES 417 .....	102

## INDICE DE TABLAS

▪ Tabla 1.1 Unidades genéticas de la sección en estudio .....	10
▪ Tabla 1.2 Resumen de los cálculos planimétricos de la arena U2U yacimiento ES 418 .....	97
▪ Tabla 1.3 Resumen de los cálculos planimétricos de la arena U1M,L yacimiento ES 417 .....	100

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Sumario de las características petrofísicas de la arena U2U yacimiento ES 418.
- Anexo 2. Sumario de las características petrofísicas de la arena U1M,L yacimiento ES 417.
- Anexo 3. Sección estratigráfica N° 1.
- Anexo 4. Sección estratigráfica N° 4.
- Anexo 5. Sección estratigráfica N° 5.
- Anexo 6. Sección estratigráfica N° 6.
- Anexo 7 Mapa estructural al tope de Merecure U2U.

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 GENERALIDADES

El Área Mayor de Socororo está conformada por los campos Socororo, Cachicamo y Caricari, estos campos fueron descubiertos a inicios de la década de los cuarenta y en ellos se perforaron un total de 93 pozos. Esta área forma parte del grupo de campos inactivos o de baja producción que están siendo reactivados mediante la figura de Convenios Operativos.

Este convenio forma parte de la creciente relación entre PDVSA y universidades nacionales orientada a facilitar a estudiantes y profesores la oportunidad de practicar en el campo el conocimiento adquirido en las aulas, permitiendo una formación más integral. Igualmente se contribuirá a la generación de recursos propios por parte de la universidad, mediante el desarrollo de proyectos rentables de explotación de hidrocarburos.

Actualmente el campo mantiene una producción cercana a los 200 barriles diarios a través de 2 pozos activos. Mediante la reactivación de 20 pozos y la perforación de 42 pozos nuevos, se estima elevar esa producción a 12 mil barriles diarios en el mediano plazo, así como lograr incrementar la producción a lo largo de los 20 años de vida del convenio que permitirá recuperar las

reservas estimadas en 50 millones de barriles netos de petróleo (50 MMBNP) y 85 MMPCN de gas.

En esta región las arenas prospectivas se concentran mayoritariamente en las formaciones Merecure y Oficina, ambas de origen fluvio-deltaico y de edad Oligoceno y Mioceno respectivamente; presentándose los yacimientos en general dentro de trampas estructurales, y en algunos casos dentro de trampas combinadas estructurales y estratigráficas.

La característica común en el área para las arenas contentivas de hidrocarburos viene a ser la lenticularidad recurrente, así como también el poco espesor que desarrollan, lo cual históricamente ha complicado el desarrollo del área en general.

Dada la importancia de establecer un modelo geológico en el Area Mayor de Socororo que permita un mejor y más eficiente plan de producción, se ha propuesto como trabajo especial de grado, definir el marco estratigráfico del campo Socororo Oeste, que sirva como fundamento para el futuro desarrollo del modelo geológico del área.

Adicionalmente se cumple con el último requisito para optar al título de Ingeniero Geólogo.

## **1.2 OBJETIVO GENERAL**

Definición del marco estratigráfico del Area Socororo Oeste para las formaciones Merecure y Oficina, a partir de correlación de registros de pozo, utilizando los conceptos de estratigrafía genética secuencial.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Definir las superficies de correlación en 29 pozos, según esquema establecido.
- ✓ Elaboración de secciones geológicas que permitan ver la continuidad de los cuerpos arenosos.
- ✓ Evaluación petrofísica de pozos en el área de estudio y posterior integración.
- ✓ Generación de mapas de arena neta que permitan definir tendencias en los sistemas depositacionales.
- ✓ Generación de mapas isópacos-estructurales para las arenas yacimientos U2U ES 418 y U1,ML ES 417 y estimación del petróleo original en sitio de estos intervalos.

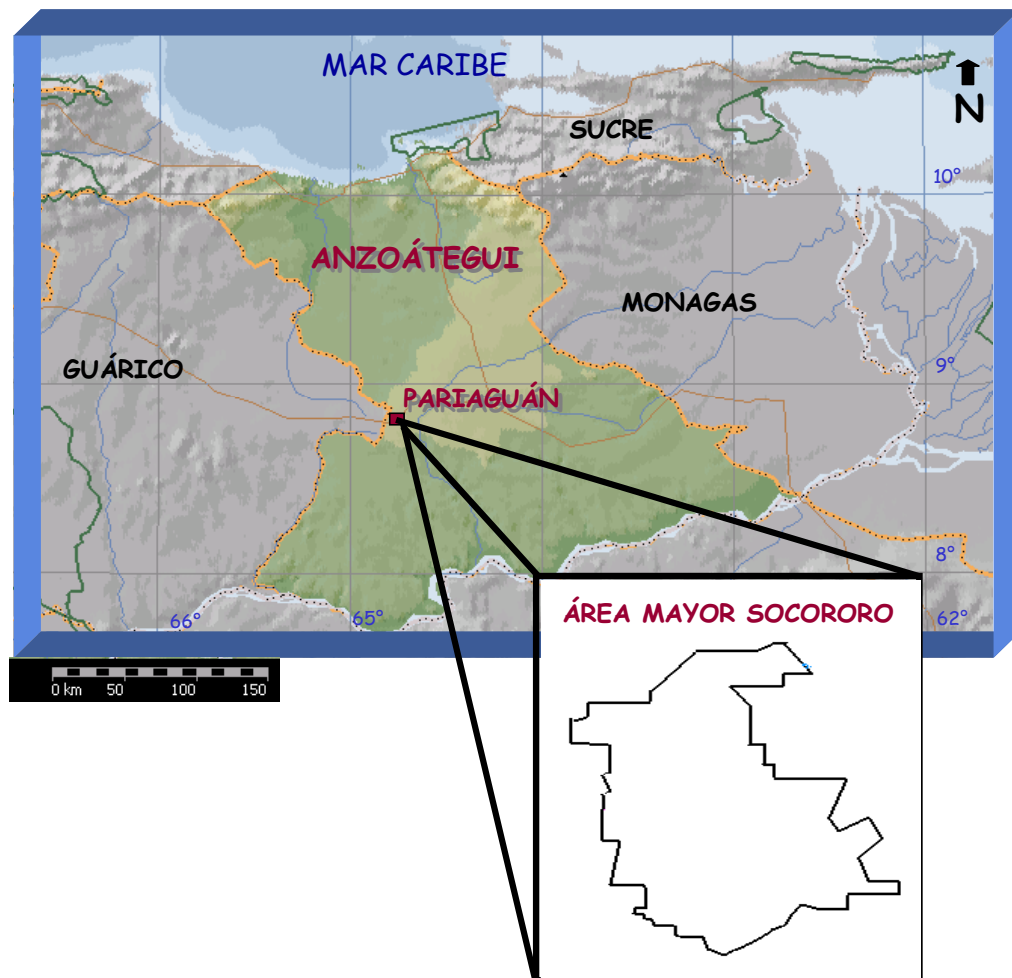


### 1.3 AREA DE ESTUDIO

El Area Mayor de Socororo se encuentra ubicada al este de la ciudad de Pariguán, en el municipio Miranda, estado Anzoátegui (Fig. 1.1), específicamente entre las coordenadas:

Latitud  $8^{\circ} 43' 00''$  y  $8^{\circ} 53' 53''$  Norte

Longitud  $64^{\circ} 30' 56''$  y  $64^{\circ} 42' 06''$  Oeste



*Fig. 1.1 Ubicación del área de estudio*

Esta área es un bloque irregular de unos 270 km<sup>2</sup> de superficie, y comprende los campos petroleros de Socororo, Cachicamo y Caricari (Fig. 1.2) Los mismos se encuentran ubicados geológicamente en la parte suroeste del flanco sur de la Cuenca Oriental de Venezuela.

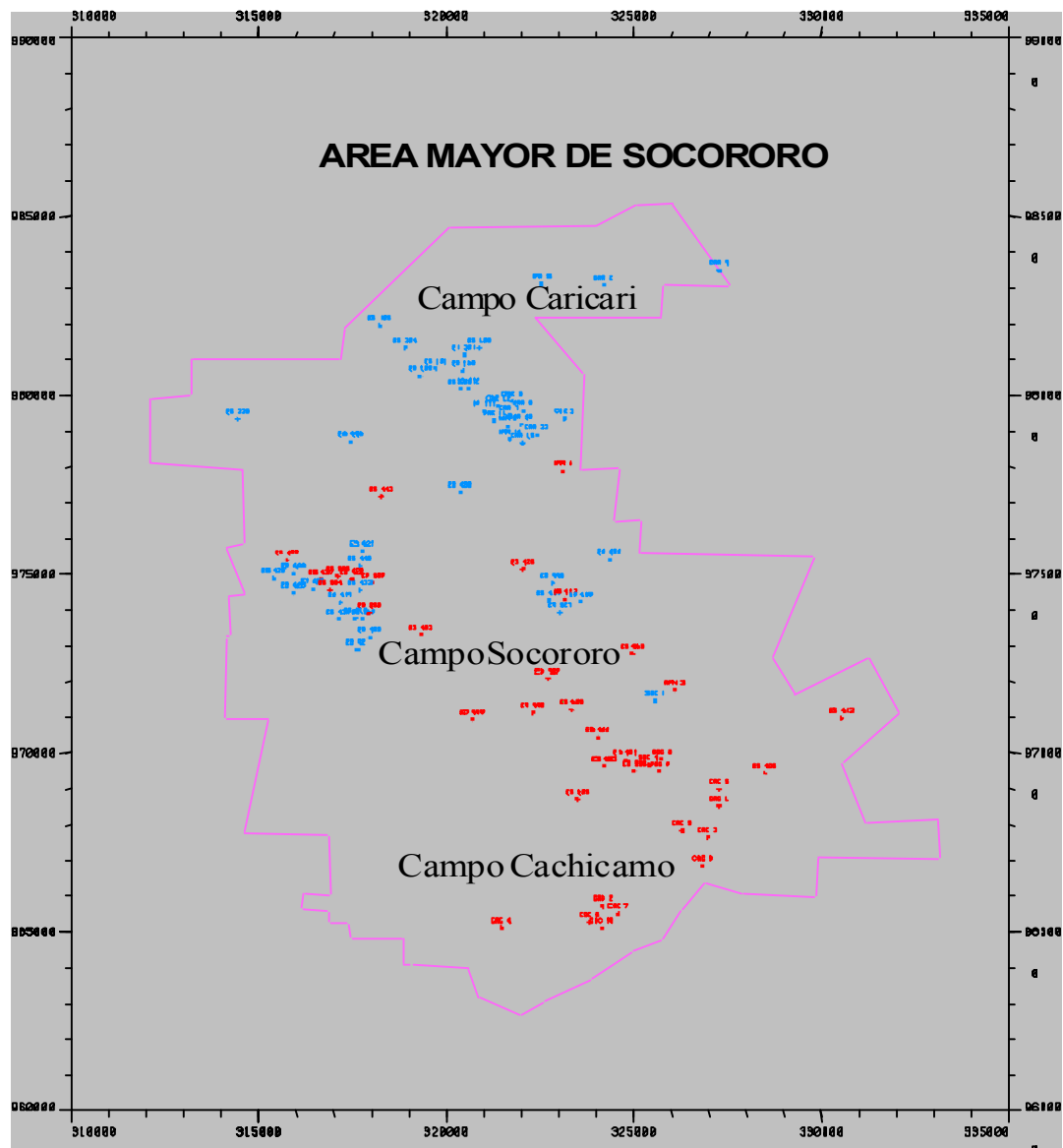


Fig. 1.2 Mapa del Área Mayor de Socororo

## **1.4 METODOLOGIA**

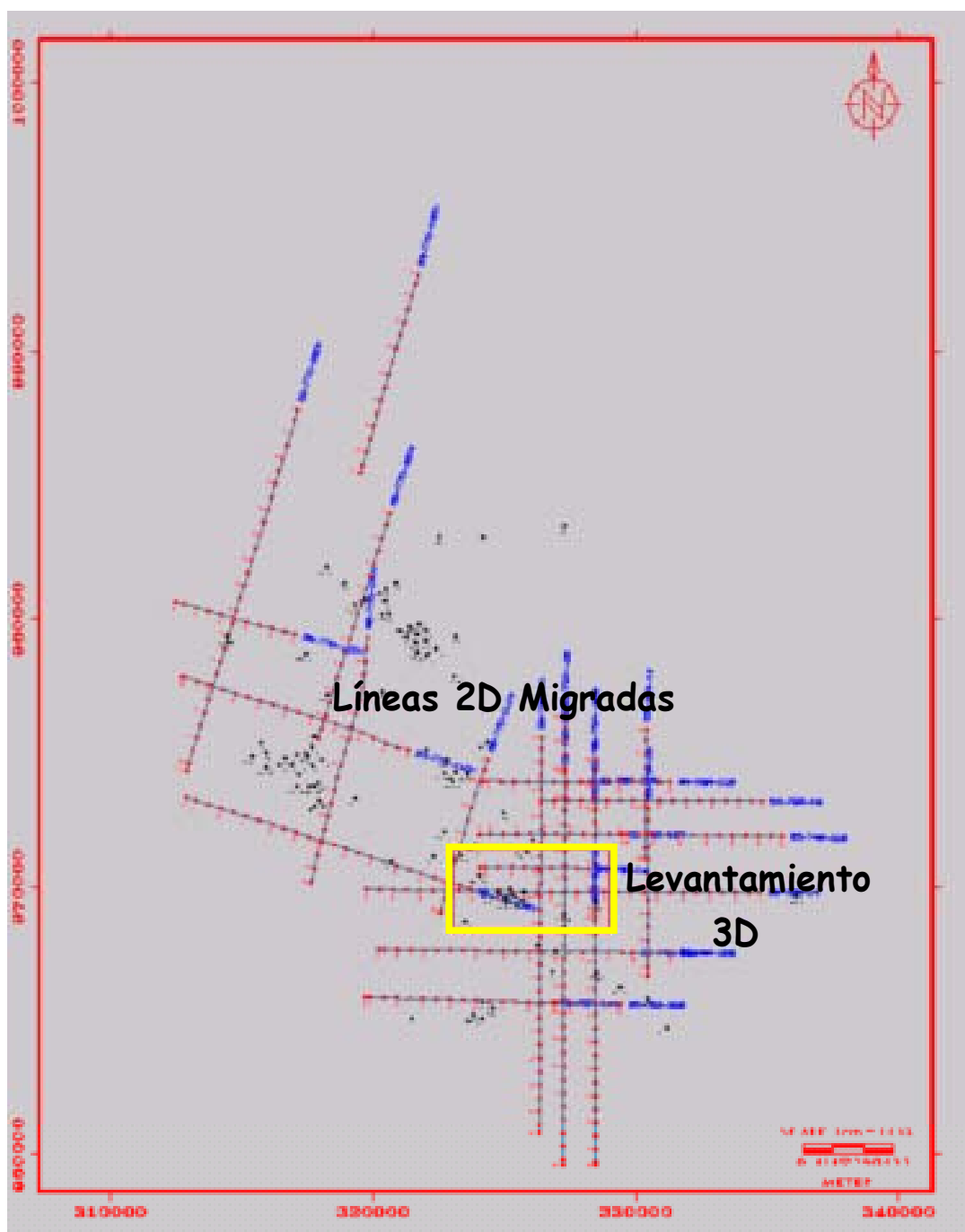
### **1.4.1. Recolección y verificación de la información.**

La primera etapa del trabajo consistió en la recopilación de la información existente y disponible relacionada con la geología del área de estudio (registros de pozos, trabajos previos).

Los registros eléctricos, así como la data obtenida durante la perforación de cada uno de los pozos del área fueron cargados en la base de datos de la plataforma de trabajo "GEOFRAME", version 4.0.2. Los registros cargados corresponden a las curvas de gamma ray (GR), potencial espontáneo (SP), resistividad (ILD, MD), densidad (RHOB) y neutron (NPHI), estos dos últimos no se encontraban presentes en todos los pozos.

Los pozos pertenecientes al área Socororo Oeste son los siguientes: ES 417, ES 418, ES 419, ES 420, ES 421, ES 422, ES 423, ES 424, ES 425, ES 426, ES 427, ES 428, ES 429, ES 431, ES 432, ES 433, ES 434, ES 435, ES 436, ES 437, ES 438, ES 439, ES 440, ES 441, ES 442, ES 444, ES 445, ES 449, ES 450.

Por último se efectuó la recopilación de las líneas sísmicas 2D existentes en los diferentes levantamientos del área mayor de Socororo (Fig. 1.3). Se cargaron las líneas sísmicas migradas 2D y 3D al sistema, así como la desviación de los pozos ES 419, ES 445, ES 449 y ES 450.



*Fig. 1.3 Levantamientos 2D y cubo sísmico en el  
Área Mayor Socororo*

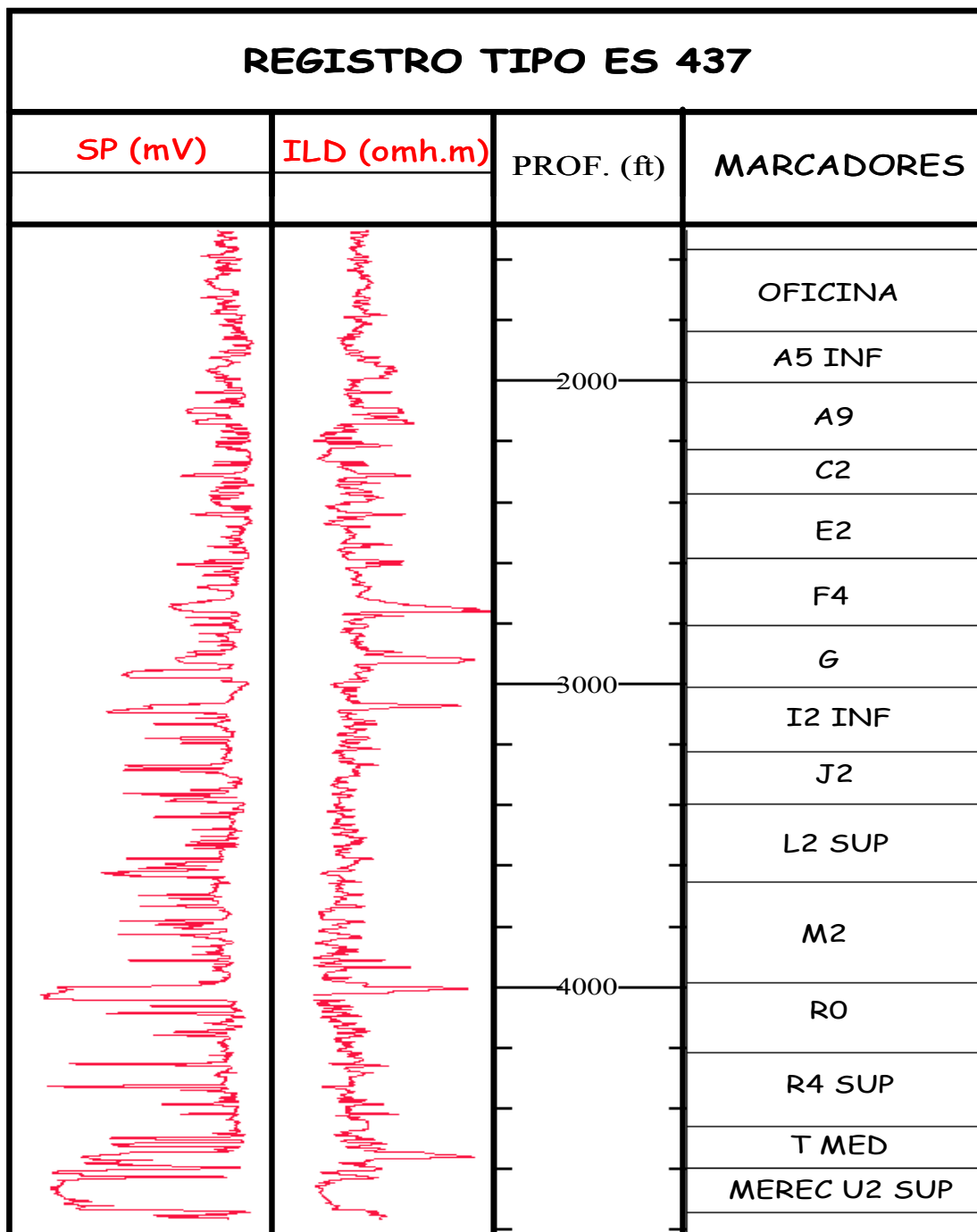
#### **1.4.2 Correlación de topes oficiales**

Se correlacionaron 51 topes oficiales en 29 pozos. La columna estratigráfica de interés penetrada por los pozos comprende la parte superior de la Formación Merecure y la Formación Oficina. Para la correlación se utilizó como registro tipo el pozo ES 437 (Fig. 1.4).

#### **1.4.3. Análisis Estratigráfico**

El análisis se realizó en la parte superior de la Formación Merecure (arenas U2) y la parte inferior y media de la Formación Oficina (arenas U1- G) del campo Socororo, aplicando los conceptos de estratigrafía genética secuencial propuestos por Galloway (1989).

Para la aplicación del modelo de estratigrafía genética es necesario dividir la secuencia en unidades, las cuales están limitadas por superficies de inundación marina o sus superficies correlativas. En el campo Socororo no se dispone de información de núcleos para un estudio bioestratigráfico detallado que permita identificar dichas superficies, igualmente no se dispone de dicha información en los campos cercanos al área de estudio. Sin embargo, la presencia recurrente de lignitos de gran continuidad y extensión en toda el área permiten dividir la secuencia en unidades genéticas (Hamilton y Tadros, 1994), ya que estos representan superficies de inundación en ambientes fluvio deltaicos.



*Fig. 1.4 Registro tipo del pozo ES 437*

Se seleccionaron siete marcadores dentro del área de estudio, los cuales corresponden a lignitos que presentan continuidad lateral. Estos marcadores fueron interpretados a partir de los registros GR/SP, resistividad (ILD) y densidad (RHOB).

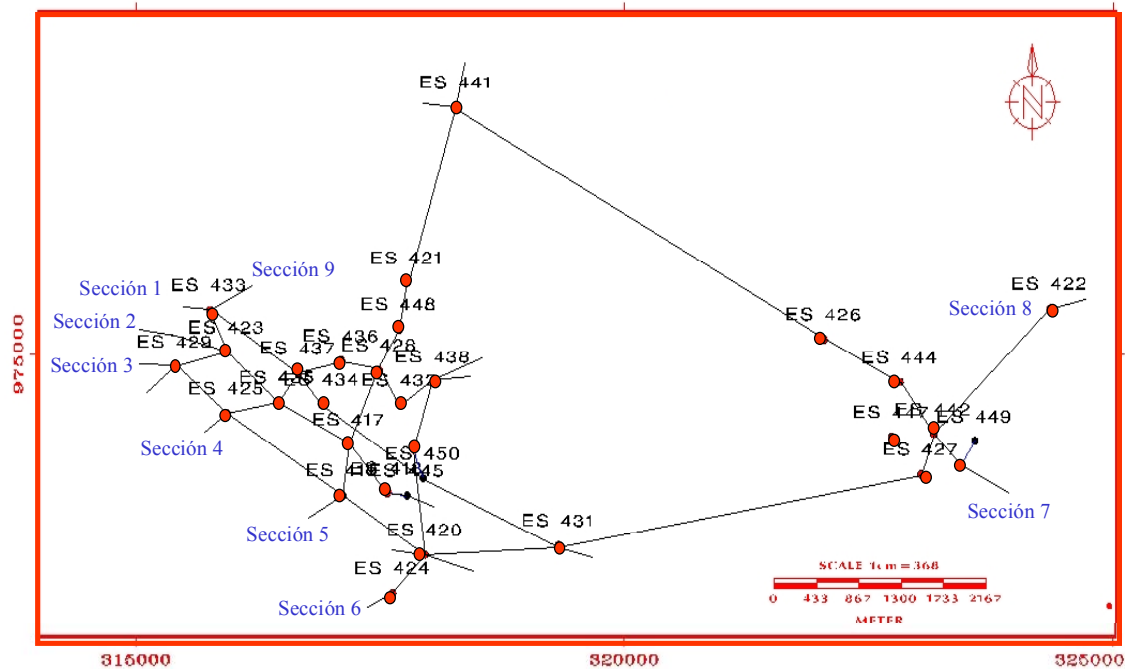
El intervalo se dividió en seis unidades, las cuales se identificaron con los números romanos I, II, III, IV, V, VI. En la tabla 1.1 se detallan los topes para cada unidad y las arenas que contienen.

*Tabla 1.1 Unidades genéticas de la sección en estudio*

UNIDAD	TOPE	ARENAS
I	OFIC S2	U2, U1, T, S5,S4,S3
II	OFIC RO	S1, R1-R4
III	OFIC M2	P3. P2, O, N1, M3
IV	OFIC J2	M1, L3-L0, K
V	OFIC I2-INF	J1, I
VI	OFIC G	H

Se elaboraron nueve secciones estratigráficas en el área (Fig. 1.5) la orientación de las secciones 1, 2, 3, 7 es en sentido noroeste-sureste (Fig. 1.6). Las otras cinco secciones con una orientación aproximada norte-sur (Fig. 1.7).

Las secciones permiten ver la continuidad espacial, forma de los cuerpos de arenas y la relación entre los mismos.



*Fig. 1.5 Mapa base de las secciones estratigráficas en el Campo Socororo Oeste*

Se elaboraron mapas isópacos de cada unidad genética a partir de los espesores de arena neta, los mismos son muy importantes en la definición de la tendencia de los sistemas depositacionales en cuanto a geometría, distribución y orientación de los cuerpos de arena presentes en cada una de las unidades.



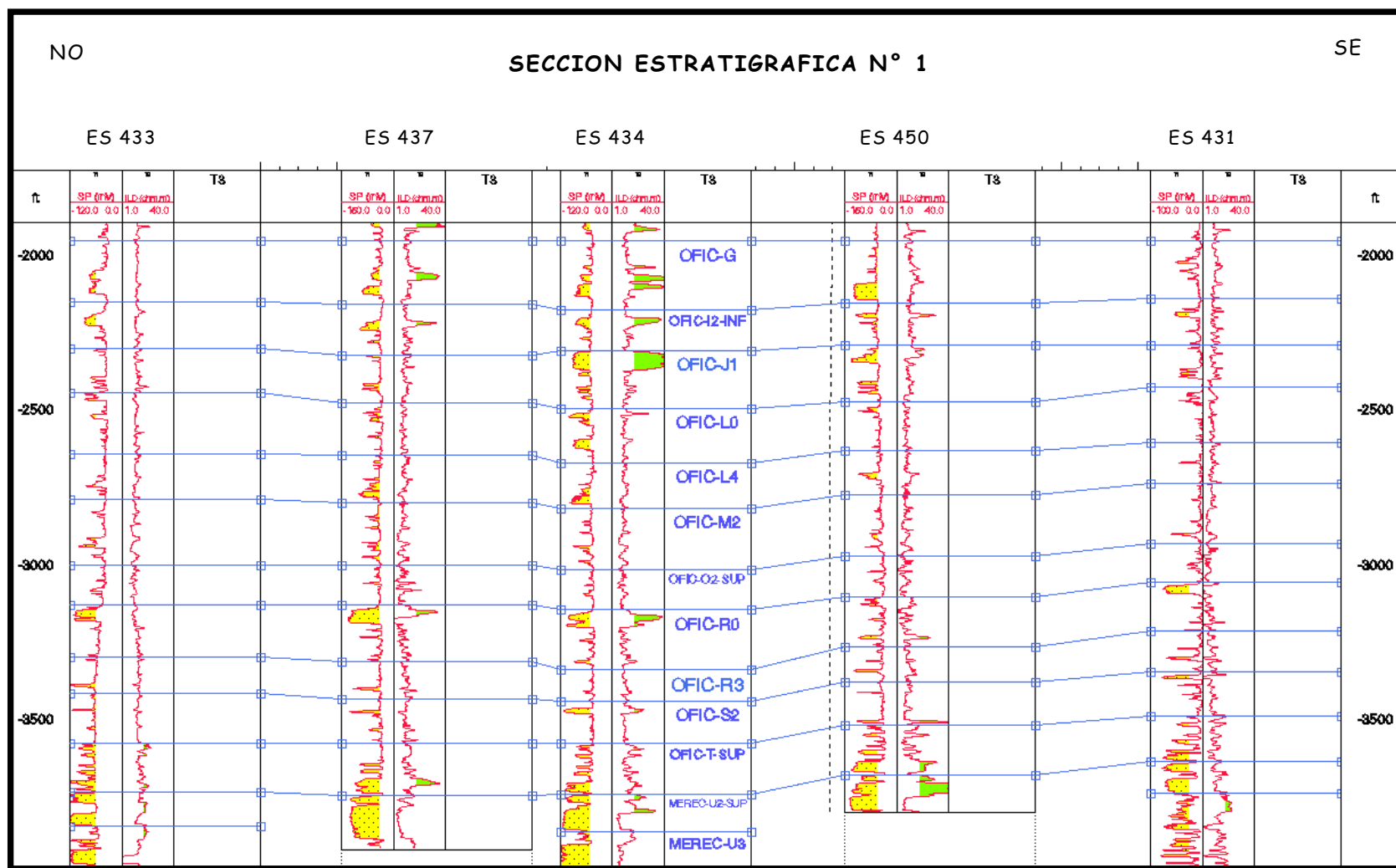


Fig. 1.6 Sección estratigráfica N° 1 NO-SE

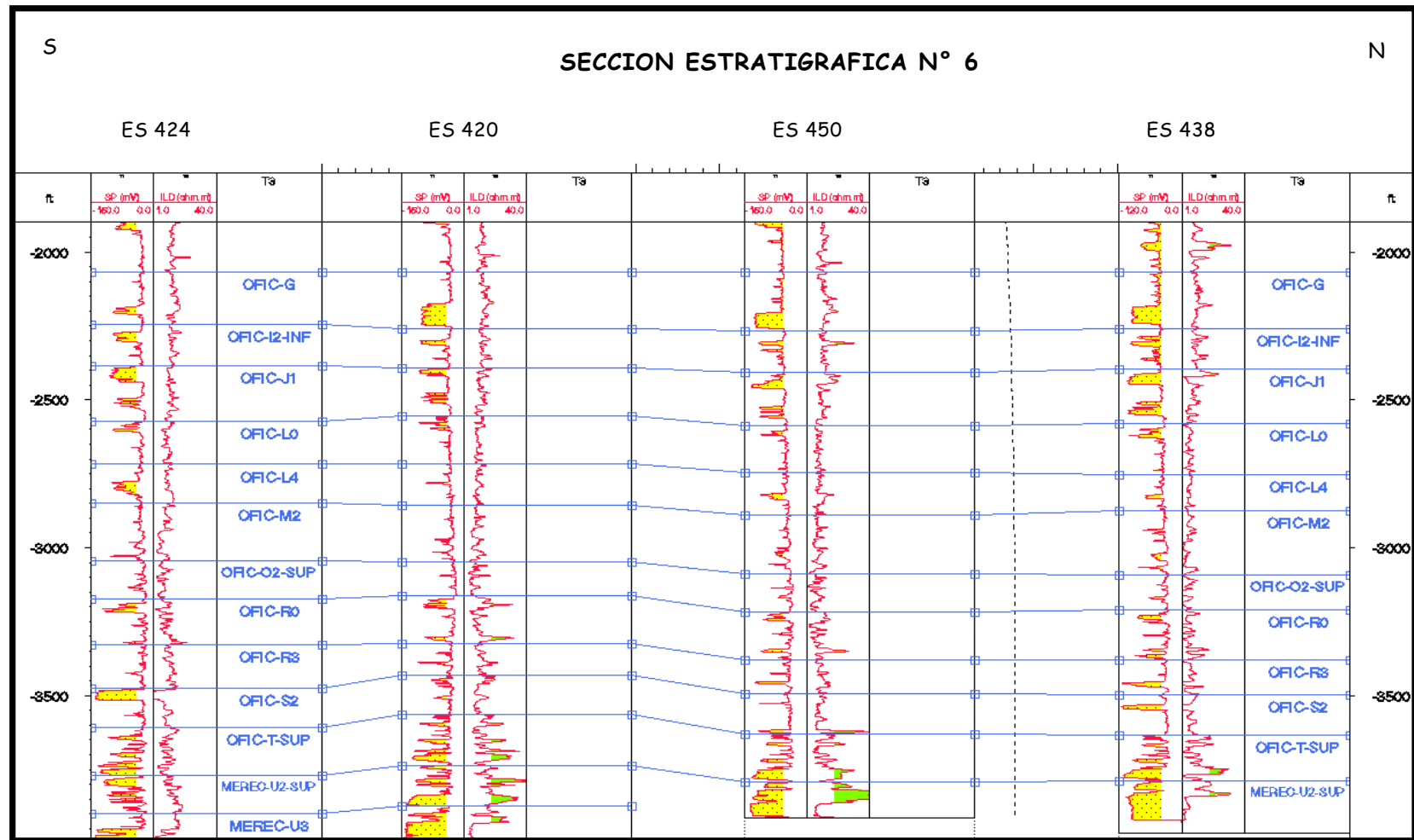


Fig. 1.7 Sección estratigráfica S-N

Se realizaron mapas isópacos estructurales para las arenas U2-U yacimiento ES- 418 y U1-M,L yacimiento ES- 417, tomando en cuenta la nueva correlación estratigráfica y los espesores de arena neta y arena neta petrolífera obtenidos de la nueva evaluación petrofísica cotejados con valores de producción en cada pozo. Se definieron contactos agua-petróleo y posteriormente se realizaron los cálculos volumétricos para los yacimientos antes mencionados.

#### **1.4.4 Análisis Estructural**

Para este análisis se hizo una revisión de los patrones de fallas interpretados en estudios anteriores y se corroboraron con la interpretación de la sísmica presente en el área, con el objeto de verificar su carácter sellante.

Por otra parte se realizaron mapas estructurales en los topes de las arenas MEREC U2, OFIC T y OFIC P2, lo cual permite ver el desarrollo de la estructura en profundidad.

#### **1.5 TRABAJOS PREVIOS**

Se hizo una revisión de los trabajos previos en tres etapas, la primera se refiere a los realizados en la Cuenca Oriental, la segunda etapa consistió en la revisión de los trabajos relacionados con las unidades de estudio

(formaciones Merecure y Oficina); y una última etapa relacionada con los trabajos realizados en el Área Mayor Socororo.

#### **1.5.1 Estudios realizados en la Cuenca Oriental de Venezuela**

✓ Gonzales de Juana *et al.*, (1980) realizaron una reconstrucción de la Cuenca Oriental de Venezuela durante el período Terciario, lo que incluye la historia geológica del proceso sedimentario y las características distintivas de las unidades litológicas presentes.

✓ Arnstein, *et al.*, (1985) realizaron una nueva revisión de la Cuenca Oriental en un gran número de pozos exploratorios de Guárico, Anzoátegui y Monagas. La correlación de estas secuencias contemporáneas permitió establecer las relaciones estratigráficas en diferentes áreas del subsuelo de la cuenca.

✓ Campos, *et al.*, (1985) realizaron una interpretación estratigráfica en el noreste de Anzoátegui integrando la información existente en el área definiendo los límites de las diferentes formaciones, así como también las edades y ambientes sedimentarios de las mismas.

✓ Muñoz, (1985) realizó un resumen geológico regional en la Cuenca Oriental con el fin de definir los rasgos estructurales mayores durante el Mioceno, así como también la interpretación sedimentológica y paleoambiental

de las unidades litoestratigráficas de la cuenca a partir de la correlación detallada y evaluación de los registros eléctricos de 411 pozos en los estados Guárico y Anzoátegui.

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

✓ Di Croce *et al.*, (1999) realizaron un análisis secuencial en la Cuenca Oriental con la finalidad de obtener una visión integrada de la estratigrafía del subsuelo de la zona costa adentro y costa afuera de la subcuenca de Maturín utilizando principalmente data sísmica, logrando definir cuatro etapas tectónicas mayores durante el Fanerozoico.

### **1.5.2 Estudios realizados en las unidades de estudio**

✓ Hedberg *et al.*, (1947) publicaron la primera descripción de la Formación Oficina, la cual explica las características de la unidad desde un punto de vista sedimentológico.

- ✓ Funkhouser *et al.* (1948) introducen el término Formación Merecure en el subsuelo de los campos petrolíferos de Anaco y describen sus características desde el punto de vista sedimentológico.
  
- ✓ De Sisto, (1960) publicaron una nomenclatura estratigráfica del subsuelo, basado en numerosas correlaciones de registros de pozos. Igualmente hace un estudio de la distribución geográfica de arena neta y de los lignitos presentes en la Formación Oficina en el Área Mayor de Oficina.
  
- ✓ Gonzalez de Juana *et al.*, (1980) hicieron una revisión de las características litoestratigráficas de las formaciones Oficina y Merecure adicionalmente señalan nuevas interpretaciones litológicas y ambientales basado en nuevas observaciones de dichos intervalos.
  
- ✓ Arnstein *et al.* (1985) analizaron los ciclos sedimentarios a través de las electrofacies y la bioestratigrafía logrando establecer la edad Oligoceno-Mioceno Temprano para la Formación Merecure, con la presencia de la "Zona *Ciperoensis*" en pozos del área de Anaco.

#### **1.4.3 Estudios realizados en el Área Mayor de Socororo**

- ✓ En 1998 CORPOMENE C.A., realizó el estudio denominado "Fase I del

Estudio de Reactivación del Area Mayor Socororo", el cual tuvo por objetivo principal analizar y determinar las características y condiciones de los campos Socororo, Cachicamo y Caricari tanto de sus yacimientos como de sus instalaciones, para determinar la viabilidad de reactivarlos.

✓ En la Fase II del Estudio de Reactivación del Area Mayor Socororo realizado por CORPOMENE, C.A., 1999., se hicieron algunos comentarios estratigráficos sobre la columna sedimentaria, limitándose a las formaciones Oficina y Merecure, por ser las únicas de interés comercial para la extracción de petróleo y/o gas.

✓ En el 2001, CORPOMENE, C.A., elaboró el informe de la fase III referente al "Plan de Desarrollo Optimizado", el cual contempla la aceleración de la explotación del Area Mayor Socororo mediante la utilización apropiada de nuevas tecnologías, estudio conceptual para el desarrollo del gas no asociado y desarrollo de nuevas estructuras geológicas del área.

✓ Goddelieette (2000) realizó una interpretación sísmica estructural de 400 km de líneas sísmicas 2D de la Formación Oficina, correspondientes a los levantamientos Socororo 1975 y 1979, Caricari 1975 y Lejara- Socororo 1979 en el Área Mayor de Oficina, estado Anzoátegui.

## 2. GEOLOGÍA REGIONAL

### 2.1 GENERALIDADES

La cuenca Oriental de Venezuela está situada en la zona centro este de Venezuela (Fig. 2.1) formando una depresión topográfica y estructural. Comprende los estados Guárico, Anzoátegui, Delta Amacuro y Monagas, así como la extensión meridional del estado Sucre prolongándose mar adentro hacia la Plataforma Deltana y el sur de Trinidad (González de Juana *et al.*, 1980)

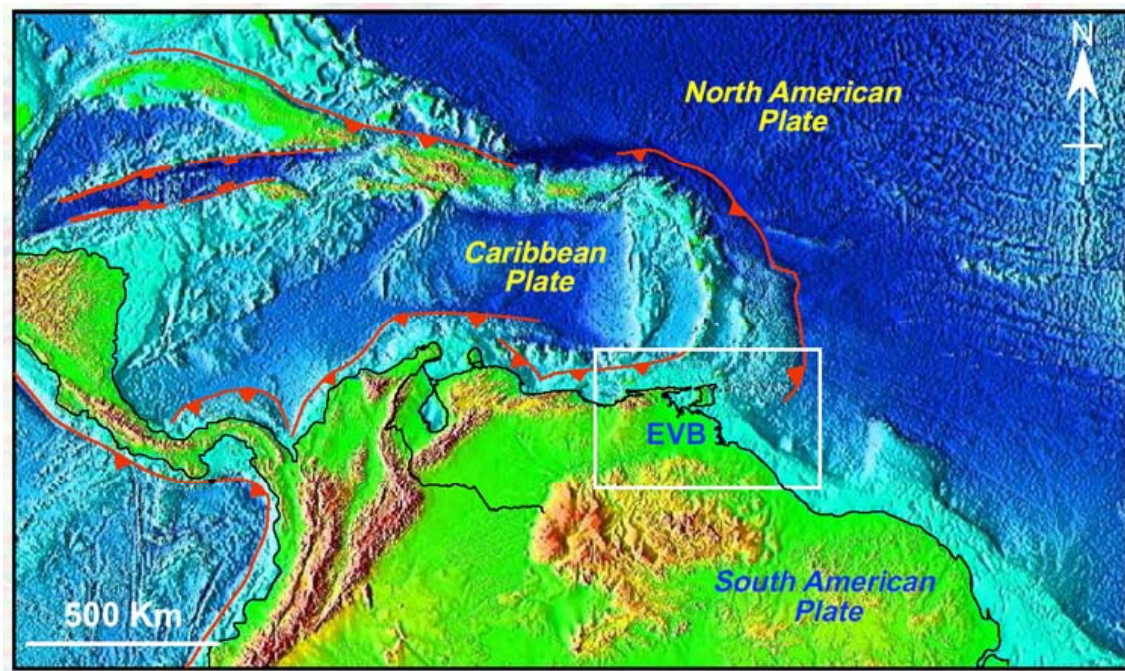


Fig. 2.1 Ubicación de la Cuenca Oriental de Venezuela

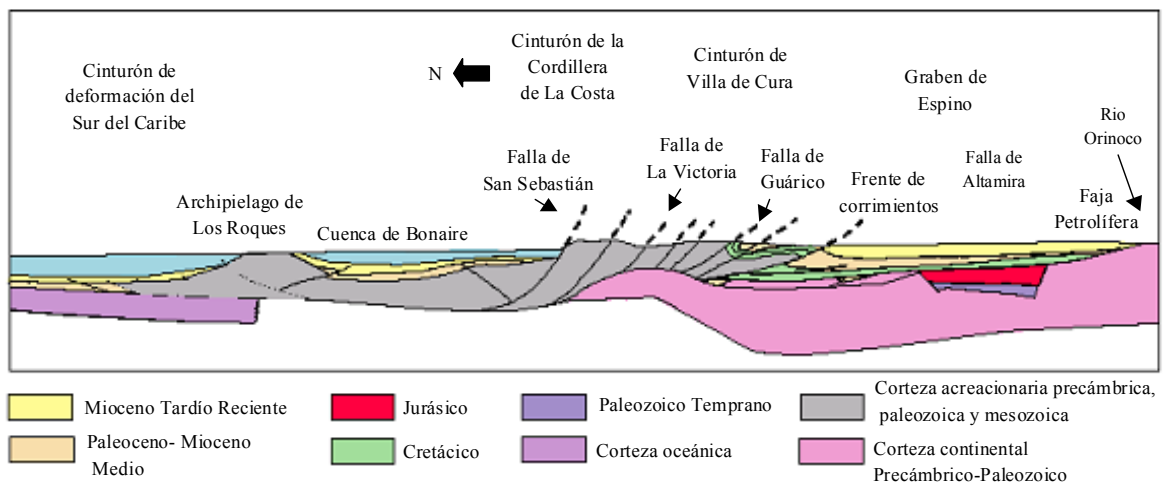


La Cuenca Oriental de Venezuela se encuentra limitada al norte por el cinturón de plegamiento y fallamiento de la Serranía del Interior y por la falla del Pilar. Al este por la plataforma del Delta del Orinoco, al oeste por el lineamiento de El Baúl y hacia el sur la cuenca se extiende hasta el río Orinoco (González de Juana *et al.*, 1980). Tiene una longitud aproximada de 800 Km en sentido este-oeste, un ancho promedio de 200 Km de norte a sur y un área total aproximada de 165.000 Km<sup>2</sup> de superficie, lo cual la hace la cuenca de mayor extensión superficial. También es importante en cuanto a reservas petrolíferas, ya que en ella se encuentran muchas acumulaciones comerciales importantes y la Faja Petrolífera del Orinoco (González de Juana *et al.*, 1980).

Esta cuenca es del tipo "foreland" o cuenca de antepaís y se desarrolló durante el Neógeno sobre el margen pasivo del Mesozoico tardío del cratón de Sur América (Parnaud *et al.*, 1995). Por razones prácticas ha sido subdividida en dos subcuencas. La subcuenca de Guárico al oeste y la subcuenca de Maturín al este. El límite que separa dichas subcuencas es el arco de Urica, el cual estuvo activo en forma intermitente durante el período Mioceno- Holoceno (González de Juana *et al.*, 1980).

### 2.1.1 Subcuenca de Guárico

Esta subdivisión comprende los campos del estado Guárico y norte del estado Anzoátegui. El flanco norte de la subcuenca se encuentra asociado al frente de deformación donde se ubica el sistema de fallas de Guárico, el cual sobrecarga rocas cretácicas y terciarias, produciendo un marco tectónico complejo (Fig. 2.2). Hacia el sur, la estructura es más sencilla, con evidencias de depresiones estructurales en las que se conservaron rocas jurásicas y paleozoicas, con un acúñamiento de las secuencias cretácicas y terciarias en la misma dirección (Schlumberger, 1997).

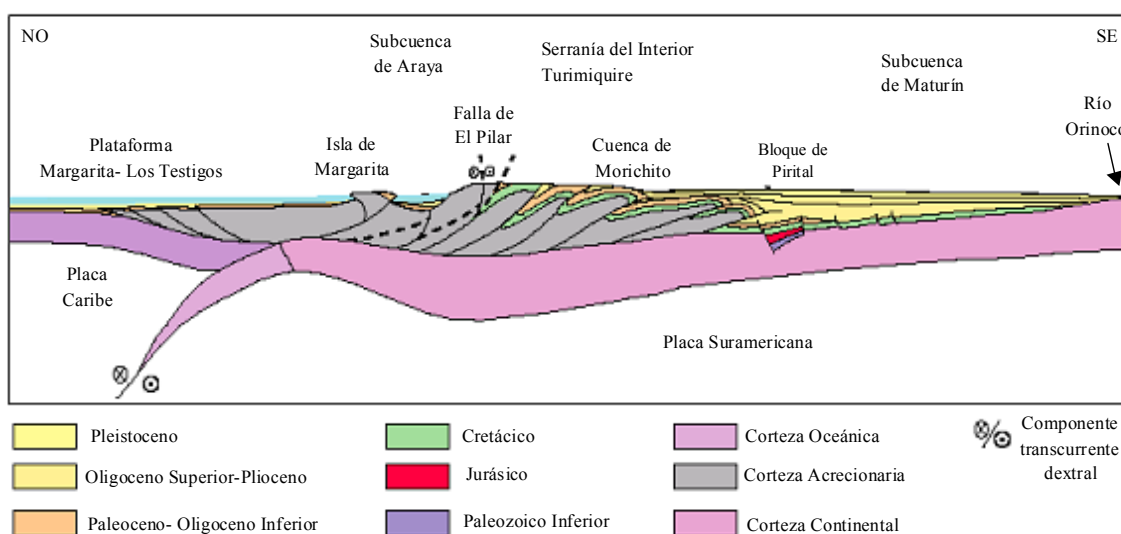


*Fig. 2.2 Corte geológico conceptual norte- sur desde el cinturón de deformación del Caribe en Curazao hasta el Río Orinoco*

*(Tomado de Schlumberger, 1997)*

### 2.1.2 Subcuenca de Maturín

La Subcuenca de Maturín constituye la principal unidad petrolífera de la Cuenca Oriental. Podría afirmarse que la deformación estructural y los acuíñamientos de las unidades estratigráficas hacia el sur definen dos dominios operacionales: uno al norte del Corrimiento de Pirital y otro al sur (Fig.2.3).



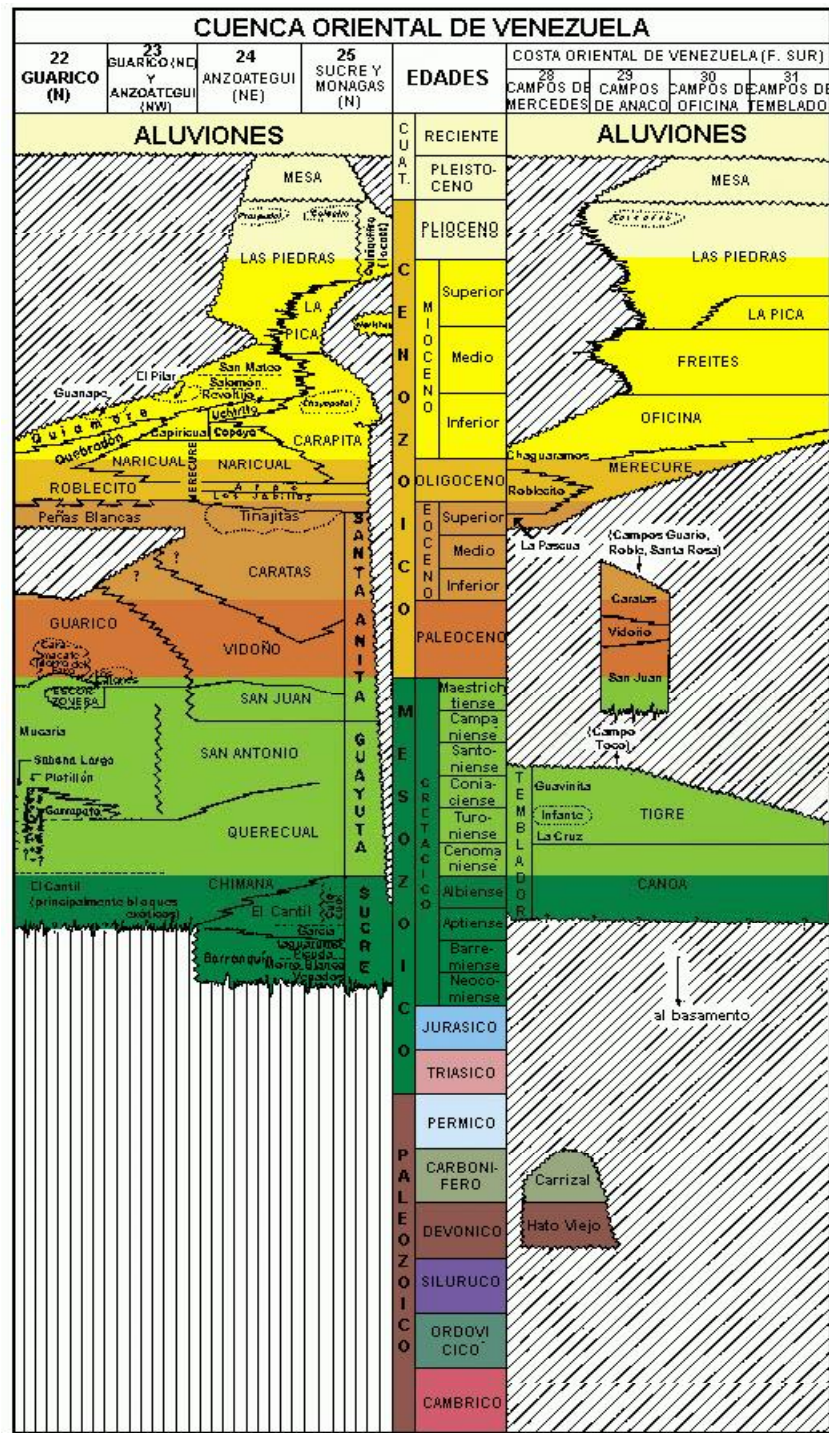
*Fig. 2.3 Corte geológico conceptual noroeste-sureste desde la Plataforma Margarita-Los Testigos hasta el Río Orinoco (Tomado de Schlumberger, 1997)*

La estratigrafía de la Serranía del Interior Oriental representa en buena parte la sedimentación del flanco norte de la subcuenca de Maturín (Fig. 2.4): una espesa y compleja secuencia sedimentaria que abarca desde el Cretácico Inferior hasta el Pleistoceno. El flanco sur, en cambio, presenta una estratigrafía más sencilla, semejante a la estratigrafía de la subcuenca de

Guárico en el subsuelo, con el Grupo Temblador en su parte inferior, como representante del Cretácico, y una sección terciaria suprayacente de edad fundamentalmente Oligoceno-Pleistoceno, en la que se alternan ambientes fluvio-deltaicos y marinos someros, hasta su relleno final de ambientes continentales (*Schlumberger, 1997*).

Hacia el sur de la Subcuenca de Maturín, en los campos de Oficina en Anzoátegui y sus equivalentes orientales en Monagas, los yacimientos importantes se encuentran en las formaciones Merecure y Oficina, con sellos de lutitas extensas. Dentro de estas mismas unidades la Formación Freites, suprayacente, también constituye un sello regional de gran importancia.

Los principales campos petrolíferos, de este a oeste y en el norte de Monagas son: los del Area Mayor de Oficina, Quiamare, Jusepín, El Furrial, Orocuál, Boquerón, Quiriquire y Pedernales. En su límite sur, la subcuenca también incluye la Faja del Orinoco, con yacimientos neógenos y roca madre cretácica, con migración distante a lo largo y a través de la discordancia entre los depósitos cretácicos-neógenos, entre el basamento y depósitos neógenos.



MODIFICADO DE: L.E.V., 1970

Fig. 2.4 Cuadro de correlación estratigráfica de la Cuenca oriental de Venezuela (Tomado de L.E.V, 1997)

## **2.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL**

La evolución geodinámica de la Cuenca Oriental de Venezuela puede ser dividida en cuatro episodios mayores (Eva *et al.*, 1989, citado en Parnaud *et al.*, 1995):

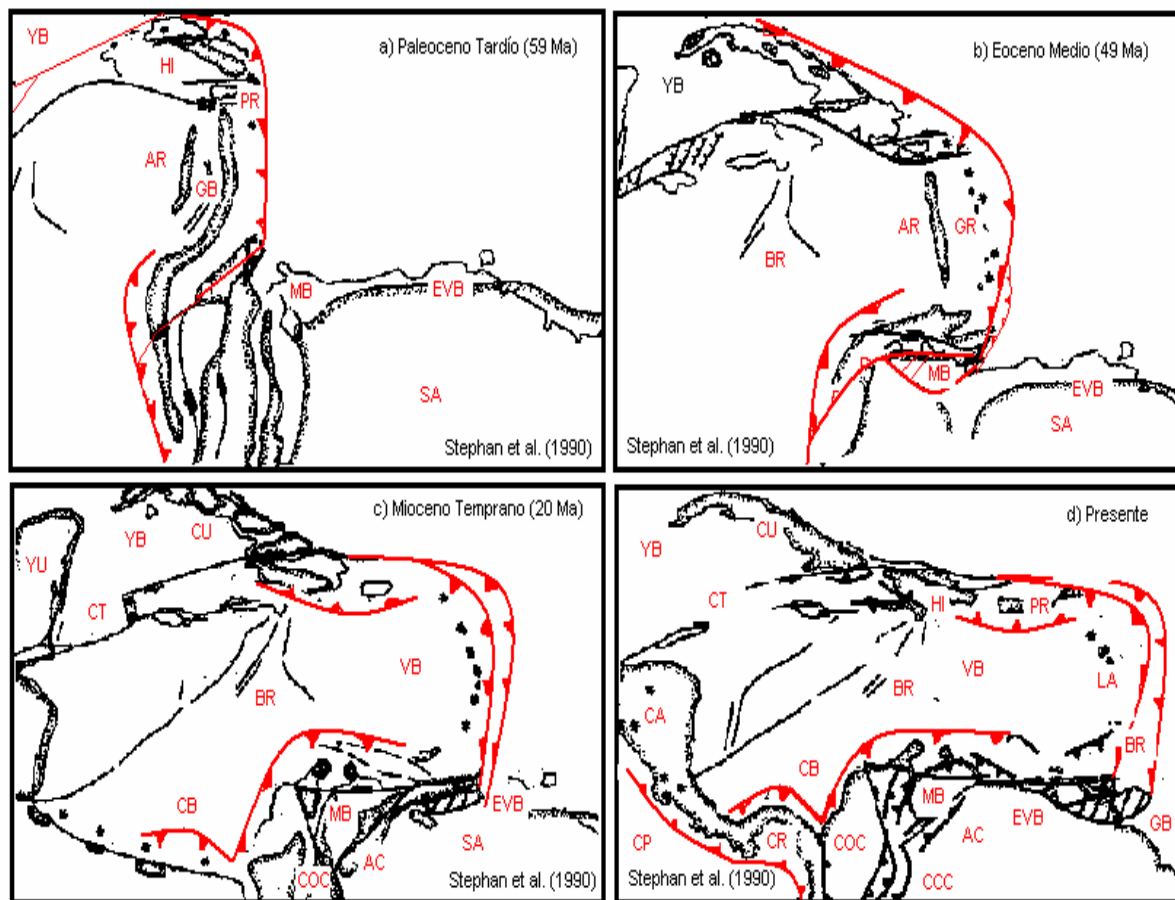
- ✓ Una fase pre- "rift" durante el Paleozoico.
- ✓ Una fase de separación y deriva durante el Jurásico y el Cretácico Temprano caracterizado por grábenes, la creación de corteza oceánica en el dominio Caribe y una discordancia regional.
- ✓ Un período de margen pasivo durante el Cretácico- Paleógeno.
- ✓ Una fase final durante la colisión oblicua en el Neógeno- Cuaternario que resultó en la formación de la actual Serranía del Interior y la transformación del margen pasivo a una cuenca de tipo "foreland" o antepais.

En la parte central de la cuenca oriental de Venezuela, sólo los dos últimos episodios de esta evolución geodinámica pueden ser reconocidas en pozos y afloramientos. A partir de la interpretación de la data sísmica en la cuenca de Trinidad y en la subcuenca de Guárico (Parnaud *et al.*, 1995).

Por otra parte Di Croce *et al.* (1999) reconocen tres etapas tectónicas mayores:

- ✓ La primera se refiere a la ruptura de Pangea desde el Triásico al Jurásico Tardío, siendo un rasgo típico de esta fase el Graben de Espino.
- ✓ Una segunda fase de margen pasivo la cual se desarrolla entre el Jurásico Tardío y el Oligoceno.
- ✓ Una última fase de margen colisional que comenzó en el oriente de Venezuela durante el Mioceno hasta el presente.

La geodinámica regional ha estado dominada por la colisión oblicua (transpresión) entre las placas del Caribe y Sur América (Fig. 2.5). Desde el Eoceno hasta el presente, la placa del Caribe ha migrado hacia el este. Esta migración ha causado diacronismo en la tectónica y sedimentación a lo largo de todo el borde norte de Venezuela, así como "strain partitioning" a lo largo del límite de placa (Stephan *et al.*, 1985; Passalacqua *et al.*, 1995, citados en Parnaud *et al.*, 1995).



*Fig. 2.5 Cuatro estados del desarrollo del límite de la placa Caribe desde el Eoceno hasta el presente, asociado con la migración de la placa Caribe hacia el este. Abreviaturas: AC= Cordillera Andina; AR= Alto de Aves; BR= Alto de Barbados; BR= Alto de Beata; CA= América Central; CB= Cuenca Colombiana; CCC= Cordillera Central de Colombia; CP= Placa de Cocos; CT= Fosa Caimán; CU= Cuba; GB= Cuenca de Grenada; GYB= Cuenca de Guyana; HI= La Española; LA= Antillas Menores; MB= Cuenca de Maracaibo; NP= Placa de Nazca; OCC= Cordillera Occidental de Colombia; PR= Puerto Rico; SA= Sur América; VB= Cuenca de Venezuela; YU= Yucatán; YB= Cuenca de Yucatán. (Tomado y Modificado de Di Croce et al., 1999).*



Según Barrios (1993), en el contexto de convergencia oblicua de placas, los modelos estructurales evidencian las tres familias de fallas, las dos primeras de tipo trascurrentes absorben la componente rumbo-deslizante de la transpresión, mientras que los corrimientos absorben la componente de convergencia. En la Fig. 2.6 se pueden observar las siguientes familias de fallas:

- ✓ Fallas trascurrentes dextrales con dirección este-oeste, como la falla de El Pilar, la cual se extiende por 700 Km desde la cuenca de Cariaco hasta el este de Trinidad.
- ✓ Fallas trascurrentes dextrales de rumbo N 40°- 50° O, como la falla de Urica con un desplazamiento aproximado de 40 Km; la falla de San Francisco, con desplazamiento cercana a 25 Km y activa hasta el Plioceno; y una falla que aún presenta actividad denominada Los Bajos.
- ✓ Corrimientos con fallas de rumbo N 60°- 70° E que forman el cinturón orogénico.

Según Parnaud *et al.*, (1995), dos diferentes provincias tectónicas han sido reconocidas. La provincia autóctona se extiende desde el eje de la cuenca hasta el río Orinoco. Esta provincia es extensional y se caracteriza por presentar fallamiento normal con tendencia N 60°-70° E y fallas transcurrentes.



*Fig. 2.6 Principales elementos estructurales de la Cuenca Oriental de Venezuela.*

*Abreviaturas: FEP= Falla El Pilar; FSF= Falla San Francisco; FP= Falla Piritál; FU= Falla de Urica; FLB= Falla Los Bajos; FD= Frente de deformación (Tomado de Hung, 1997)*

tes que son mas jóvenes hacia el sur. En la parte norte de la provincia se tienen fallas de "strike-slip" con tendencia N 70° O, las cuales afectan los depósitos cretácicos y paleógenos.

La provincia alóctona se extiende desde la falla de El Pilar hasta el eje de la cuenca correspondiente al sistema de vergencia sur. Su estilo estructural compresivo se caracteriza por lo siguiente:

✓ Una unidad tectónica delgada conformada por depósitos cretácico-terciarios que están separados de sus substratos a lo largo de un importante "decollement" en la interface Jurásico- Cretácico (evaporitas o carbones). Es probable que existe otro nivel de "decollement" dentro de la sucesión paleozoica- jurásica.

✓ El frente de deformación de la provincia aloctóna localmente corresponde a una zona triangular, con progresivo acuñaamiento de la Formación Carapita del "foredeep" por secuencias mesozoicas y paleógenas en la rampa anticlinal de El Furrial. Otra estructura triangular ocurre detrás del frente de deformación, a lo largo del alto de Piritál.

✓ Pliegues cilíndricos de escala kilométrica y asociados al corrimiento con tendencia N60° - 70°E, se encuentran principalmente en la rampa anticlinal, tal como en el área de El Furrial.

✓ Fallas transcurrentes dextrales con una dirección de N50°- 60°O (Urica, San Francisco y Los Bajos), separan la Serranía del Interior en áreas de evolución estructural diacrónica.

Una zona intermedia interpretada entre la provincia alóctona y autóctona muestra estilos estructurales tanto extensivos como compresivos.

## **2.3 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL**

Para Parnaud *et al.*, (1995), cuatro megasecuencias, limitadas por discordancias, evidencian la dinámica evolución de la cuenca oriental de Venezuela durante el tiempo geológico. Por otra parte Di Croce *et al.*, (1999) definen tres regímenes tectono-estratigráficos que controlan la estratigrafía en la Cuenca Oriental de Venezuela.

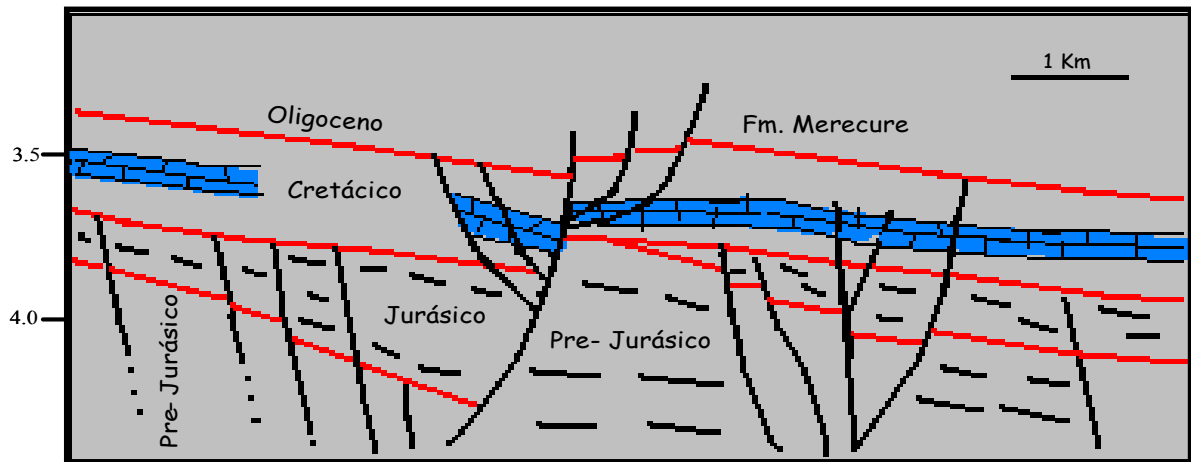
### **2.3.1 Megasecuencia Pre-“Rift”**

Esta megasecuencia se desarrolló durante el Paleozoico y ha sido identificada a partir de perfiles sísmicos. La misma se asocia con las formaciones Carrizal y Hato Viejo en la subcuenca de Guárico, la cual fue depositada en ambientes costeros a neríticos. La secuencia corresponde principalmente a areniscas de granulometría fina y mal escogidas, las cuales son ligeramente calcáreas y están intercaladas con conglomerados y lutitas verdes. El espesor aproximado de dicha secuencia es de 3000 - 5000 m (Parnaud *et al.*, 1995).

### **2.3.2 Megasecuencia “Rift”**

Esta megasecuencia se desarrolla durante el Jurásico Tardío al Cretácico Temprano y ha sido descrita como la Formación Ipire en el graben de Espino (L.E.V., 1997). Esta formación se depositó en un ambiente continental y está caracterizada principalmente por lutitas rojas intercaladas con mantos de basalto.

Esta megasecuencia se reconoce por sísmica (Fig. 2.7) en semi-grábenes y tiene un espesor aproximado de 3600 m.



*Fig. 2.7 Perfil sísmico e interpretación estructural de la secuencia jurásica-cretácica (Tomado de Parnaud et al., 1995).*

La apertura del Atlántico sur, produce una invasión del mar durante el Barremiense, cuyo reflejo es el inicio de la transgresión cretácica sobre el borde continental (González de Juana *et al.*, 1980).

Di Croce *et al.*, (1999), por conveniencia, designaron al reflector más bajo como SB-1 (tope del basamento) y la base del reflector local más divergente fue designado como SB-1.1 (Fig. 2.8). La relación entre estos dos límites de secuencia no puede ser observada sobre cualquier perfil simple y la interpretación propuesta es muy imprecisa. La base del Jurásico es designada como SB-2.

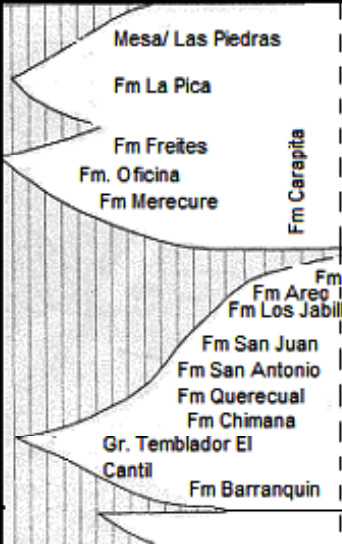
EDAD		FASE	ESTRATIGRAFIA		Offshore NW SE	ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL		
			FORELAND S	ONSHORE SERRANIA N		UNIDADES	SB	MFS
TERCIARIO	Q Pleistoceno	FOREDEEP			VIII	3.10		
	Plioceno				VII	3.7		
	Mioceno				VI		M2	
					V	3.4	M1	
						3.1		
	Oligoceno	POST-"RIFT"	MARGEN PASIVO	IV	SB-3			
	Eoceno				2.2	O1		
	Paleoceno			III	2.1	P1		
	Cretácico			II		K4 K3 K2		
Jurásico	"RIFTING"	PRE-"RIFTING"					K1	
Paleozoico					I	SB-2		
Precámbrico						SB-1		
				BASAMENTO CRISTALINO				

Fig. 2.8 Cronoestratigrafía general, fases tectónicas y límites de secuencias mayores en la Cuenca Oriental de Venezuela.

(Tomado y Modificado de Di Croce et al., 1999)

### 2.3.3 Megasecuencia de Margen Pasivo

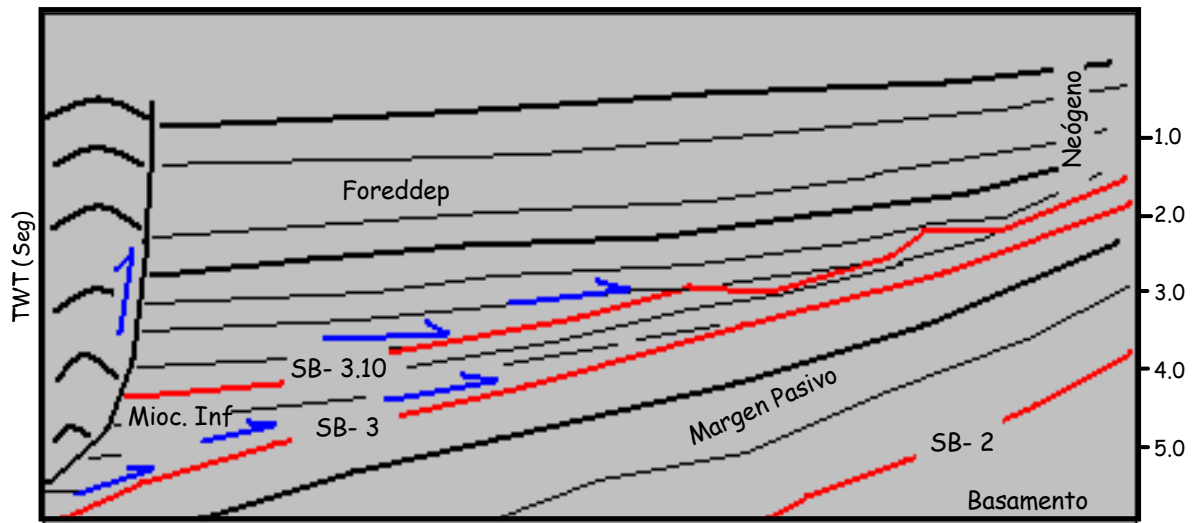
La megasecuencia de margen pasivo cubre el período Cretácico-Paleógeno y está caracterizada por tres fases transgresivas principales, las cuales se desarrollan de norte a sur y culminan durante el Turoniense, Paleoceno Temprano y Oligoceno respectivamente. Estos eventos corresponden a cambios eustáticos del nivel del mar (Vail *et al.*, 1977, citado en Parnaud *et al.*, 1995).

Según Di Croce *et al.*, (1999), los perfiles sísmicos permiten la subdivisión del margen pasivo en tres unidades estratigráficas (Fig. 2.8): **Unidad II** (Cretáceo), **Unidad III** (Paleoceno- Eoceno) y **Unidad IV** (Oligoceno).

**Unidad II ("offshore"):** sobre los perfiles de reflexión se observó que esta unidad está en "onlap" sobre el basamento y localmente sobre algún semi graben correspondiendo con el límite de secuencia SB-2, el cual se fusiona con el límite de secuencias SB-1 para formar una ruptura estratigráfica regional mayor, es decir, la discordancia pre-cretácica (Fig. 2.8). El tope de la unidad II está limitado por el límite de secuencia SB-2.1 (parte temprana del Paleoceno Tardío).

**Unidad II ("Onshore"):** Esta unidad consiste de una cuña que se espesa hacia el norte, la cual descansa discordante sobre el basamento pre-cámbrico (Fig. 2.9). La base se encuentra por debajo de la discordancia pre-cretácica SB-1/SB-2. En el tope la unidad está limitada por la superficie SB-3, la cual corresponde con una importante discordancia regional, la cual se conoce como la discordancia del "foredeep basal".

**Unidad III (Paleoceno Tardío- Eoceno):** Esta unidad es una sección delgada y condensada definida por dos reflectores fuertes con "onlap" sobre el límite de secuencia inferior SB-2.1, el tope es la superficie en "downlap" SB-2.2. En el área "offshore" los espesores de la secuencia se mantienen relativamente constantes (menos de 100 m) y pueden ser seguidos a través de toda esta área.



*Fig. 2.9 Expresión sísmica de la megasecuencia de margen pasivo limitada en la base por la discordancia pre-cretácica y en el tope por la discordancia basal del "foredeep" (Tomado y modificado de Di Croce et al., 1999).*

**Unidad IV (Oligoceno):** En la parte "offshore" es una cuña sedimentaria en "downlap" sobre el límite de secuencia SB-2.2. El tope de la unidad IV es el límite de secuencia SB-3, el cual está caracterizado por reflectores truncados y en "onlap". Este límite superior de la secuencia IV se correlaciona con una discordancia regional descrita como la "discordancia basal del foredeep" que separa la unidad tectono-estratigráfica del "foredeep" suprayacente de la unidad de margen pasivo infrayacente (Fig. 2.8).



#### 2.3.4 Megasecuencia de la Colisión Oblicua

La megasecuencia de margen pasivo termina en el Oligoceno cuando ocurre la colisión entre la placa del Caribe contra la Placa Sur Americana y la cuenca se transforma en una cuenca tipo "foreland" o antepais. La colisión oblicua migraba progresivamente hacia el este durante el Oligoceno Tardío al Mioceno Temprano (Parnaud *et al.*, 1995)

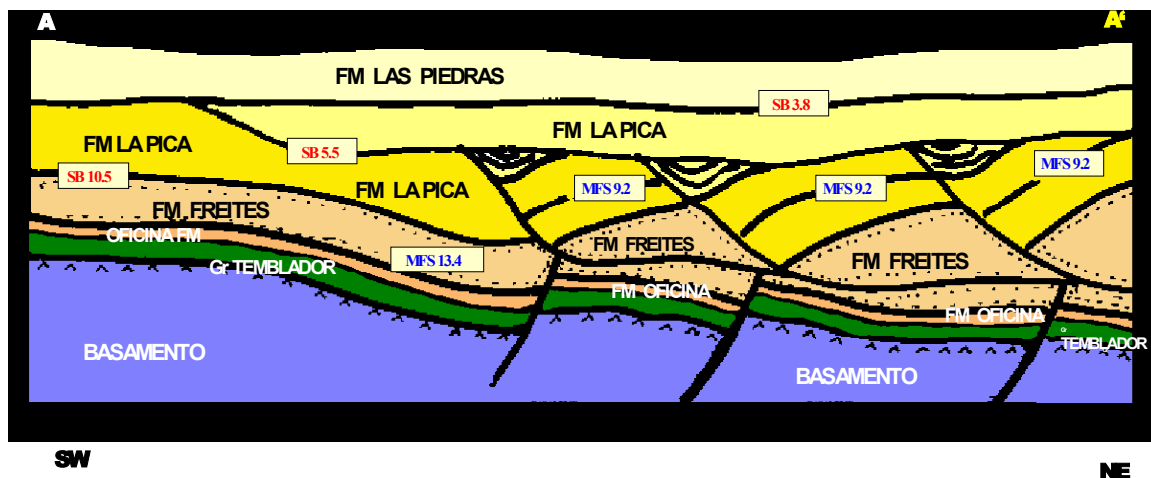
Para Di Croce *et al.*, (1999), la fase del "foredeep" se puede subdividir en cuatro subunidades estratigráficas (Fig. 2.8): **Unidad V** (Mioceno Inferior), **Unidad VI** (parte superior del Mioceno Inferior- Mioceno Medio), **Unidad VII** (Mioceno Superior) y **Unidad VIII** (Plio- Pleistoceno).

**Unidad V (Mioceno Inferior):** Esta unidad ha sido en general de carácter transgresivo y está limitada en su base por la discordancia basal del "foredeep" (Fig. 2.8), es decir SB-3 y en su tope por SB-3.3 de 16,5 Ma (Haq *et al.*, 1987, citado en Di Croce *et al.*, 1999). La zona "onshore" de esta unidad incluye parte de la Formación Merecure y la porción basal de la Formación Oficina.

**Unidad VI (parte superior del Mioceno Inferior- Mioceno Medio):** Esta unidad está limitada en su base por SB-3.3 (16,5 Ma) y en su tope por el SB-3.7 (10,5 Ma). La fase transgresiva comprende desde el Mioceno Inferior hasta la porción media del Mioceno. La fase regresiva comprende la porción superior de

Mioceno Medio y el SB-3.7 esta interpretado como el pico de la regresión para este ciclo. El Mioceno Medio (unidad VI) en el "onshore" corresponde a la Formación Freites (Fig. 2.10) (González de Juana et al., 1980).

**Unidad VII (Mioceno Superior):** La unidad en general es transgresiva y está limitada por dos importantes discordancias regionales, en su base por SB-3.7 y en su tope por SB-3.10. Esta unidad incluye la Formación La Pica en el "onshore" de la cuenca (Fig. 2.10) (Gonzalez de Juana et al., 1980). En el área "offshore" la unidad VII consiste de una secuencia deposicional simple caracterizada por depósitos de nivel bajo.



*Fig. 2.10 Corte Geológico mostrando la configuración general de las unidades terciarias, así como superficies estratigráficas importantes, en la Cuenca Oriental de Venezuela.*

**Unidad VIII (Plio- Pleistoceno):** En general el modelo regional de esta unidad está caracterizado por su configuración bien definida en forma de cuña. La unidad representa un régimen regresivo mostrando un cambio distintivo de facies laterales. Al menos tres secuencias depositacionales han sido interpretadas dentro de esta unidad.

## **2.4 ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El Área Mayor Socororo está integrada por los campos Socororo, Cachicamo y Caricari, se encuentra ubicada geológicamente en el flanco sur de la cuenca Oriental de Venezuela, al sur oeste del Área Mayor de Oficina. La columna estratigráfica penetrada por los pozos perforados en el área descansa sobre un basamento ígneo metamórfico, suprayacentes este se depositaron las formaciones Hato Viejo y Carrizal, Grupo Temblador, formaciones Merecure, Oficina, Freites, Las Piedras y Mesa (Fig. 2.11). La información que a continuación se presenta fue tomada del Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1997.

### **2.4.1 Formación Hato Viejo**

La localidad tipo se encuentra en el pozo Hato Viejo a unos 50 Km al sur de Pariaguán, estado Anzoátegui. El espesor máximo penetrado es de 90 pies.

La unidad esta constituida esencialmente por una arenisca de grano fino a grueso, colores gris-rosado, gris y gris oscuro, friable, dura, maciza y áspera, ligeramente calcárea y en partes muy micácea y pirítica.

La formación infrayace a la Formación Carrizal y suprayace discordantemente a las rocas precámbricas del escudo de Guayana. Hasta el presente, no hay mención de restos fósiles en esta formación. La edad ha sido modificada a Cámbrico temprano, de acuerdo al cambio en edad sufrido por la Formación Carrizal, suprayacente (De Giacomo, 1985; Sinanoglú, 1980).

#### **2.4.1 Formación Carrizal**

La sección tipo de la formación está en el pozo Carrizal 1, situado en el distrito Monagas del estado Anzoátegui, a unos 65 km al suroeste de Pariaguán, y a unos 40 km al sureste de Santa María de Ipire. En el pozo Carrizal 2X se han medido 1.827 m (5.975 pies), pero se supone que el espesor sea mucho mayor.

Está constituida principalmente por una espesa secuencia de arcilitas verdosas a gris oscuro, duras, masivas y densas. Contiene algunas capas de limolita y areniscas. Intercaladas y, generalmente hacia la base de la formación, se han observado cuerpos de arena. Las estructuras sedimentarias sugieren que estas litologías fueron depositadas bajo condiciones de ambiente marino (nerítico), en aguas someras y condiciones de corriente típicas de llanuras de marea.

El tope de la Formación Carrizal es siempre erosional, estando cubierto por sedimentos precretácicos, por el Grupo Temblador o por la Formación Oficina. En la base suprayace a la Formación Hato Viejo, con la cual guarda estrecha relación. Los únicos fósiles hallados en la Formación Carrizal son *acritarcos* a los cuales le han asignado una edad Cámbrico temprano.

#### **2.4.2 Grupo Temblador**

El nombre de Formación Temblador fue introducido para designar las capas del Cretácico presentes en el subsuelo en el sur de los estados Monagas y Anzoátegui. La unidad fue subdividida en un miembro inferior abigarrado y un miembro superior glauconítico.

Posteriormente se reestudió el Grupo Temblador y se introdujeron los nombres Canoa y Tigre, para reemplazar los términos de abigarrado inferior y glauconítico superior. La edad asignada corresponde a Aptiense?-Maastrichtiense.

##### **2.4.2.1 Formación Canoa**

La sección tipo se encuentra en el pozo Tigre-1, presentando 100 m de espesor. Según González de Juana, *et al.* (1980), varía de cero a varios cientos de metros. En el Campo Faja del Orinoco (área Machete), tiene un promedio de

90 m. La unidad se adelgaza hasta desaparecer al sur, hacia el escudo de Guayana, así como hacia el área de Hamaca.

Esta formación presenta una litología de conglomerados de grano fino y areniscas conglomeráticas, areniscas, limolitas y arcilitas generalmente moteadas con manchas grises, gris verdoso, amarillo, marrón, rojo, púrpura. Se encuentran también algunos intervalos de grano grueso, areniscas y limolitas blanquecinas, pulverulentas e intercalaciones de arcilita gris azulada, con restos de plantas.

El contacto inferior es marcadamente discordante sobre una superficie aparentemente plana, constituida por rocas ígneas y metamórficas del basamento, o localmente por las formaciones Hato Viejo y Carrizal. El contacto superior es transicional y marca un cambio de facies predominantemente continental (Formación Canoa), a facies predominantemente marinas suprayacentes (Miembro La Cruz de la Formación Tigre).

La presencia de conglomerados y restos de plantas, sugiere su depositación en ambientes continentales. De acuerdo a los palinomorfos le fue asignado una edad Aptiense-Albiense.

#### **2.4.2.2 Formación Tigre**

La sección tipo fue propuesta inicialmente en el pozo Tigre-1, intervalo 1769-1864 m (5805'-6117'), posteriormente fue modificado a 1779-1864 m (5836'-6117'). En la sección tipo el espesor es de 93 m.

En la región tipo, en Monagas meridional, la formación es una secuencia variable, irregularmente estratificada, de areniscas y limolitas de grano fino, glauconíticas de color gris a gris verdoso, areniscas gruesas friables y espesas, limolitas gris a gris verdoso y lutitas carbonosas y fosfáticas. Hay intercaladas en la sección calizas dolomíticas y dolomias en capas blanquecinas, delgadas, duras y con frecuencia fosilíferas y glauconíticas.

Su contacto inferior es diacrónico y transicional sobre los sedimentos continentales de la Formación Canoa. El contacto superior es discordante, de tipo erosional, por debajo de las formaciones La Pascua o Merecure, según la región de estudio. Este contacto corresponde a un hiato de considerable duración (González de Juana, *et al.*, 1980).

Los fósiles más comunes son amonites, foraminíferos, restos de peces, braquiópodos, especialmente abundantes en las lutitas intercaladas en las areniscas. En base a estudios de foraminíferos y nannoplancton se determinó la edad de la Formación Tigre como Turoniense-Maastrichtiense.

El ambiente sedimentario de la formación es generalmente profundo y de tipo talud, con el desarrollo de ambientes de plataforma hacia el sur de la región de

Guárico. La transición entre ambos ambientes, fue muy suave y con pocas diferencias. La plataforma presentaba variaciones en extensión, dando por origen variación en los espesores y texturas de las calizas.

#### **2.4.3 Formación Merecure**

La localidad tipo está en pozos no especificados del campo de Santa Ana, en la región de Anaco, estado Anzoátegui. Se menciona un espesor máximo de 520 m (1.900 pies), ilustrado en el registro eléctrico del pozo Guarío N° 3. En el campo Toco el espesor total es de 494 m (1.800 pies). La formación se adelgaza hacia el sur hasta acunarse, por debajo de la Formación Oficina, en los límites sur del Área Mayor de Oficina.

Para González de Juana *et al.*, (1980) la Formación Merecure, en el sentido moderno es el equivalente lateral arenoso del Grupo Merecure, definido en la Serranía del Interior, restringida al subsuelo de la cuenca de Venezuela oriental. La Formación Merecure es reconocida en el subsuelo de la subcuenca de Maturín, al sur del frente de deformación y en los campos de Anaco. Arnstein *et al.* (1985) analizaron los ciclos sedimentarios a través de las electrofacies y bioestratigrafía, y establecieron la edad Oligoceno-Mioceno Temprano para la Formación Merecure.



Más del 50% de la formación se compone de areniscas de color gris claro a oscuro, masivas, mal estratificadas y muy lenticulares, duras, de grano fino a grueso incluso conglomeráticas, con estratificación cruzada y una variabilidad infinita de porosidad y permeabilidad; el crecimiento secundario de cuarzo es común. Se separan por láminas e intervalos delgados de lutitas de color gris oscuro a negro, carbonáceas, irregularmente laminadas, algunas arcilitas ferruginosas y ocasionales lignitos. En general, la litología del subsuelo es similar a la del afloramiento.

Litológicamente la Formación Merecure es diacrónicamente correlativa del Grupo Merecure del flanco norte de la cuenca, pero la Formación Areo, integrante de este grupo, desapareció hacia el sur por acúñamiento, al perder las aguas la profundidad necesaria. Cronoestratigráficamente, las formaciones Merecure, Oficina y parte inferior de Freites, son correlativas de la Formación Carapita.

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

El tope de Merecure constituye un reflector regional en toda la cuenca, debido al contraste acústico entre las areniscas masivas (Merecure) y la alternancia de arenisca-lutita (Oficina).

*Arnstein et al., (1985)*, sugieren que la Formación Merecure, del flanco sur de la subcuenca de Maturín, es de edad Mioceno Medio, mientras que en la región noreste, la unidad equivalente es Oligoceno y está representada por las formaciones Los Jabillos, Areo y Naricual, a las cuales se le asignan una edad Oligoceno a Mioceno Temprano, sin mayores explicaciones.

*González de Juana et al. (1980)*, en base a consideraciones regionales, admitieron que la unidad se hace más joven hacia el sur. Por consideraciones regionales y su equivalencia lateral con el conjunto de las formaciones Los Jabillos, Areo y Naricual, proponen una edad Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano para la Formación Merecure, dejando abierta la posibilidad de que se haga más joven hacia el sur. Algunos autores indicaron la edad Mioceno Temprano para el intervalo Merecure-Oficina.

#### **2.4.4 Formación Oficina**

La sección tipo se encuentra en el pozo Oficina N° 1 (OG-1), ubicado en el distrito Freites, estado Anzoátegui. En el área tipo, el espesor de la Formación Oficina varía de 700 a 1500 m (2000 a 4000'). En los campos de Anaco el espesor de la Formación Oficina es de 2000 m (6550'), el cual disminuye hacia

cerro Pelado, por efectos de la erosión ocurrida antes de la sedimentación de la Formación Las Piedras.

La Formación Oficina se describe como una alternancia de lutitas grises, gris oscuro y gris marrón, intercaladas e interestratificadas con areniscas y limolitas de color claro y grano fino a grueso. Componentes menores, pero importantes de la unidad, son las capas delgadas de lignitos y lutitas ligníticas, arcilitas verde y gris claro, con esférulas de siderita, areniscas siderítico-glauconíticas y calizas delgadas con estructuras cono en cono. El material carbonoso es común, y en algunos pozos pueden encontrarse hasta 40 ó 50 capas de lignito, que varían desde pocos centímetros hasta 60 cm de espesor y que son de considerable valor en las correlaciones. En general, las areniscas se hacen más abundantes, de mayor espesor y de grano más grueso hacia la base de la formación.

El contacto inferior de la formación puede ser discordante sobre unidades cretácicas o más antiguas, así como también, concordante sobre la Formación Merecure. Arnstein *et al.* (1985) reconocen en el pozo SFV-9, al sur del corrimiento de Anaco, la existencia de una discordancia dentro de un intervalo asignado a la Formación Oficina; consideran que dicha discordancia, separa dos ciclos sedimentarios diferentes representativos del Mioceno Medio y del Oligoceno; proponen, además, que la Formación Oficina descansa concordantemente sobre la Formación Merecure en los pozos Mata 11-14 y Mata 5-174 de la subcuenca de Maturín.

Arnstein *et al.* (1985) mencionan que Oficina y Carapita superior, constituyen las unidades litoestratigráficas representativas del Mioceno Medio, al sur del corrimiento de Anaco (pozo SFV-9), mientras que la llamada Formación Oficina al norte de dicho corrimiento (campos de Anaco), pertenece a otro ciclo sedimentario y es de edad Mioceno Temprano, tal como ocurre en el pozo RZ-50S.

González de Juana *et al.* (1980), consideran que la Formación Oficina se sedimentó en un inmenso complejo fluvio-deltaico, donde son comunes las arenas lenticulares y de relleno de canales de ríos. Al norte del corrimiento de Anaco, la Formación Oficina se acumuló en condiciones marinas marginales a neríticas, con una mayor influencia marina en la parte media.

El ambiente sedimentario de la Formación Oficina en el norte del Área Mayor de Oficina, puede resumirse como repeticiones de ciclos caracterizados por transgresiones marinas, asociadas a caídas del nivel del mar y progradaciones de la plataforma.

#### **2.4.5 Formación Freitas**

La sección tipo es aquella penetrada por los pozos del campo Oficina, distrito Freitas del estado Anzoátegui. Se extiende, en el subsuelo, a través de todo el flanco sur de la subcuenca de Maturín casi hasta el río Orinoco. Los espesores

varían de 335 m a 610 m desde el campo Yopales hacia los campos de Guara Oeste, Nipa y Leona Norte.

En la localidad tipo se describen lutitas fósiles verdes a gris verdoso, con areniscas en el tope y la base, que permiten la subdivisión de la unidad en tres intervalos: un intervalo superior de unos 100 m, con capas delgadas de areniscas arcillosas de grano fino, de color blanco verdoso, algo glauconíticas y muy persistentes lateralmente. Un intervalo predominantemente lutítico, y un intervalo inferior de aproximadamente 100 m de lutitas intercaladas con areniscas verde-amarillentas, de grano medio a grueso, glauconíticas, calcáreas o sideríticas, muy fosilíferas.

La formación se vuelve más arenosa en cuanto más se adelgaza en el área Cerro Negro de la Faja Petrolífera del Orinoco. Las variaciones verticales en el contenido de arcilla, lutita, limo y siderita permiten una correlación extraordinaria, sobre la mayor parte del flanco sur de la cuenca, por variaciones en la curva de resistividad amplificada de los perfiles eléctricos.

La Formación Freitas suprayace concordantemente a la Formación Oficina en casi toda su extensión, excepto en el área de Anaco, donde se presenta una discordancia. Hacia el tope es concordante con la Formación Las Piedras suprayacente. La edad de la formación corresponde al Mioceno Medio, llegando posiblemente al Mioceno Tardío.

En la mayor parte de la cuenca, la Formación Freites representa en general un ambiente marino somero en su proporción inferior, pasando a ambientes de aguas algo más profundas en la parte media. La parte superior corresponde de nuevo a ambientes de aguas llanas.

#### **2.4.6 Formación Las Piedras**

La localidad tipo está en el Pozo Las Piedras N° 1, de la antigua concesionaria California Petroleum Corp., con espesores entre 275 y 1280 m. En la sección tipo, la formación tiene 1005 m de espesor, el cual aumenta hacia el eje de la cuenca de Maturín, hasta un máximo probable de 1370 m. Hacia los flancos de la cuenca, el espesor disminuye aproximadamente a la mitad.

En la localidad tipo, la Formación Las Piedras consiste de areniscas micáceas friables, de grano fino y colores gris claro a gris verdoso, interlaminadas con lutitas gris a verdoso, arcilitas sideríticas, grises, lutitas ligníticas y lignitos. También se encuentran algunas calizas arenosas duras y de color verde.

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

En general, la Formación Las Piedras carece de fósiles, los mismos se limitan a restos de peces y de plantas, algunos moluscos de agua dulce o salobre y algunos foraminíferos. González de Juana et al., (1980) le asignaron una edad Plioceno, basado en su posición estratigráfica discordante encima de la Formación Freitas. Los pocos fósiles y su relación estratigráfica indican la edad de Mioceno Tardío a Plioceno.

#### **2.4.7 Formación Mesa**

No se ha designado una sección tipo, debido a que la formación aflora en casi todas las mesas, con secciones representativas. En particular, se han mencionado las mesas de Guanipa (Anzoátegui), Tonoro y Santa Bárbara (Monagas), y los escarpados de Santa Rosa (Anzoátegui). El espesor de la Formación Mesa es muy variable, pero en términos generales disminuye de norte a sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvio-deltáica y aumenta de oeste a este, por el avance de los sedimentos deltaicos (González de Juana *et al.*, 1980).

La Formación Mesa se extiende por los llanos centro-orientales y orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas). Se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar, inmediatamente al sur del río Orinoco.

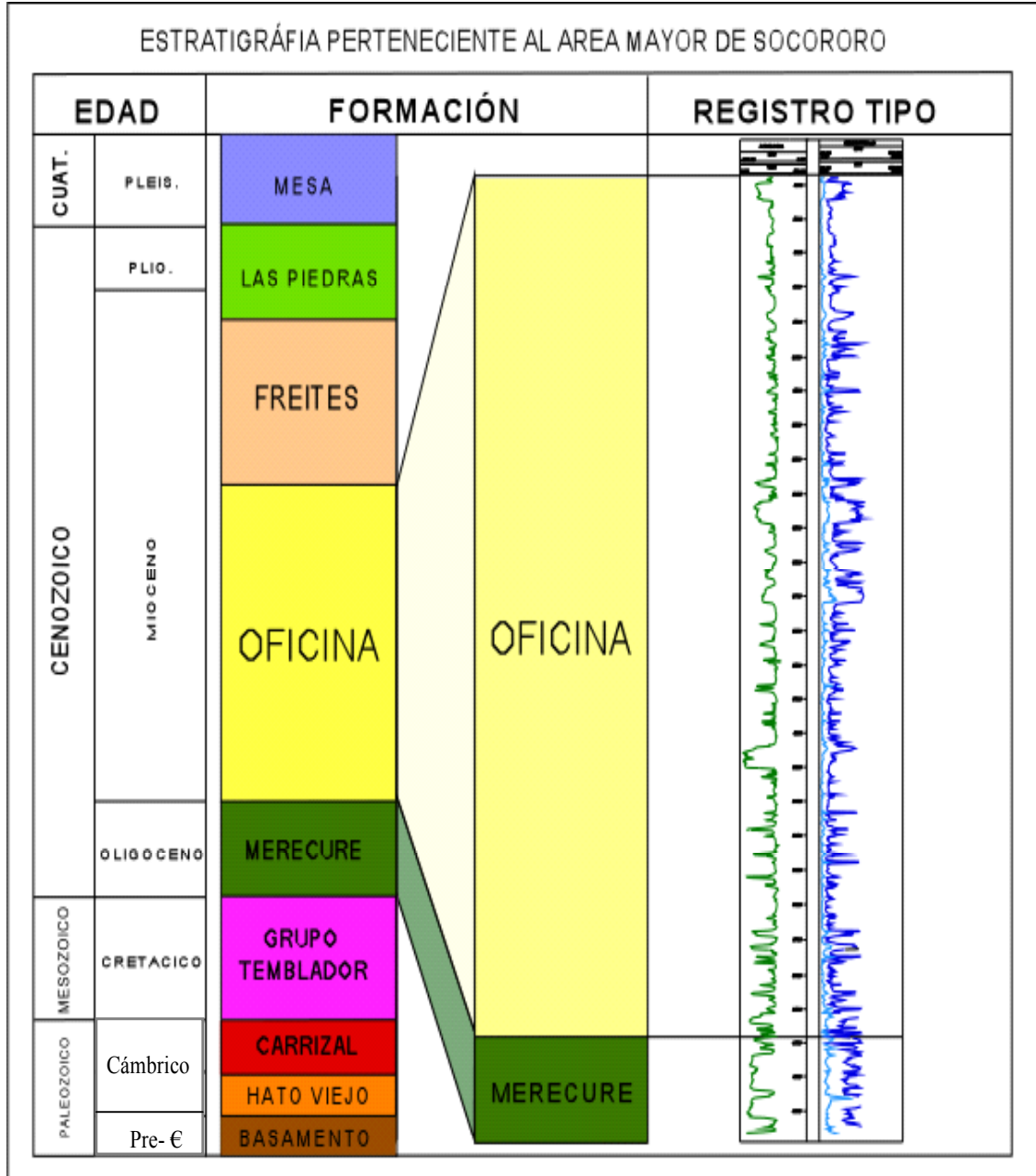
En los límites norte y sur de la Mesa de Guanipa la Formación Mesa consiste de arenas de grano grueso y gravas, con cemento ferruginoso y muy duras;

conglomerado rojo a casi negro, arenas blanco-amarillentas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita.

La formación suprayace en contacto concordante y transicional, a la Formación Las Piedras (Plioceno). En base a la relación transicional con esta formación, se ha postulado una edad Pleistoceno para la Formación Mesa.

La Formación Mesa es producto de una sedimentación fluvio-deltaica y paludal, resultado de un extenso delta que avanzaba hacia el este en la misma forma que avanza hoy el delta del río Orinoco. El mayor relieve de las cordilleras septentrionales desarrolló abanicos aluviales que aportaban a la sedimentación clásticos de grano más grueso, mientras que desde el sur el aporte principal era de arenas.





*Fig. 2.11 Columna estratigráfica generalizada y registro tipo del  
Área Mayor Socorororo*

### 3. MODELO ESTRATIGRÁFICO

#### 3.1 GENERALIDADES

Según Galloway (1989) una secuencia genética estratigráfica es el producto sedimentario de un episodio depositacional. Estos a su vez producen una unidad aloestratigráfica, limitada por superficies marinas de no deposición o erosión.

En otras palabras una secuencia genética consiste de depósitos en un arreglo tridimensional de sistemas depositacionales, limitadas por superficies de máxima inundación ("MFS") o sus superficies correlativas, que registran un período de relativa estabilidad tectónica y geomórfica (Galloway y Hobday, 1996)

Cada secuencia consiste de patrones progradacionales, aggradacionales y retrogradacionales o facies transgresivas. En general, los factores que van a determinar estos patrones son, el espacio disponible, los ascensos y descensos relativos del nivel del mar y la tasa de aporte de sedimentos. La Fig. 3.1 muestra los tres patrones de apilamiento de las secuencias y su expresión en un perfil eléctrico con respuestas de resistividad y potencial espontáneo.

En la fase progradacional sucesivas parasecuencias más jóvenes son depositadas

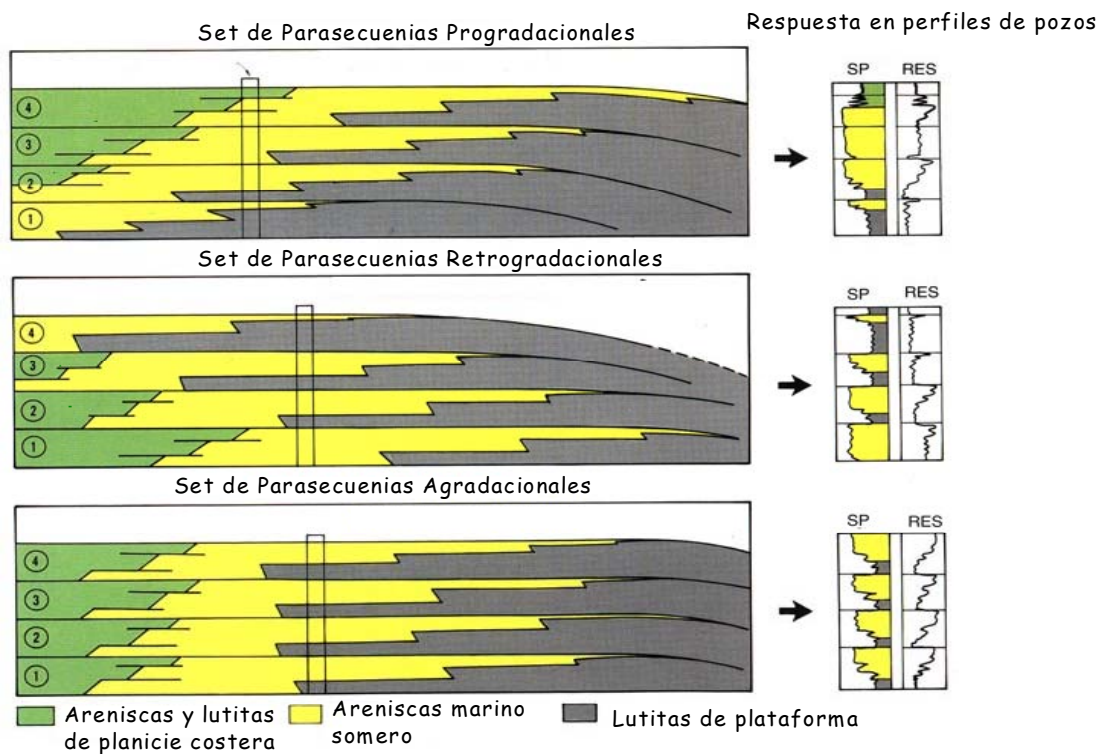
hacia la cuenca. En estos casos la tasa de depositación es mayor que el espacio para acomodar. La respuesta de la curva del potencial espontáneo muestra un aumento en el tamaño de grano hacia el tope.

En la fase retrogradacional sucesivas parasecuencias más jóvenes son depositadas hacia el continente. En patrones transgresivos, la tasa de depositación es menor que el espacio para acomodar. La respuesta de la curva del potencial espontáneo muestra una disminución del tamaño de grano hacia el tope. En las fases agradacionales sucesivas parasecuencias más jóvenes son depositadas una sobre otra, sin cambios laterales significativos. En este caso la tasa de depositación es aproximadamente igual al espacio para acomodar.

Por otra parte la utilización de unidades genéticas presenta una serie de ventajas frente al modelo propuesto por Vail et al., (1997), entre las que se encuentran:

- ✓ Las superficies producidas por inundaciones a nivel de cuenca, son fácilmente reconocibles en sísmica, debido a la geometría de los reflectores en "onlap", seguidos por reflectores en "downlap".
- ✓ Las superficies de máxima inundación ("MFS") son ricas en fósiles, siendo posible datarlas por medio de estudios biostratigráficos.

- ✓ Los principales cambios en la distribución paleogeográfica de los sistemas deposicionales en la cuenca están asociados a los eventos de transgresión.



*Fig. 3.1 Patrones de Empaquetamiento en un Set de Parasecuencias*

*(Tomado de Van Wagoner et al., 1990)*

La definición de los límites de las unidades genéticas en ambientes marinos son ampliamente reconocidos y fácilmente identificables como episodios de inundación, las superficies de máxima inundación marina y las superficies de condensación representan en estos ambientes intervalos de no deposición de

sedimentos terrígenos. Sin embargo la aplicación de estos conceptos, en ambientes no marinos es limitada. En casos donde estén ausentes las superficies de inundación marina, es necesaria la utilización de criterios diferentes para el reconocimiento de las secuencias.

Para Galloway y Hobday (1996) estas superficies no marinas pueden estar representadas por discordancias generadas por valles incisos y cadenas de drenajes, pero también pueden ser capas de turba o lignitos. Para estos autores los atributos físicos y químicos de estos horizontes pueden producir respuestas características en los registros, sin embargo, la continuidad lateral de los mismos es más difícil de reconocer que en las superficies análogas marinas, las cuales se forman bajo condiciones de mayor uniformidad.

La utilización de capas de lignitos de extensión regional como un tipo de límite de secuencias ha sido estudiado por autores como Hamilton y Tadros (1994), los cuales sugieren que la acumulación de la turba y su posterior preservación como lignito, solo puede ocurrir en ausencia significativa del aporte de sedimentos clásticos. Es decir, la formación de capas de lignitos de extensión regional requiere procesos capaces de interrumpir el aporte de sedimentos a gran escala y puede definir períodos de mayor reorganización en la tectónica o en el clima de la cuenca.

### **3.2 ESTRATIGRAFÍA LOCAL**

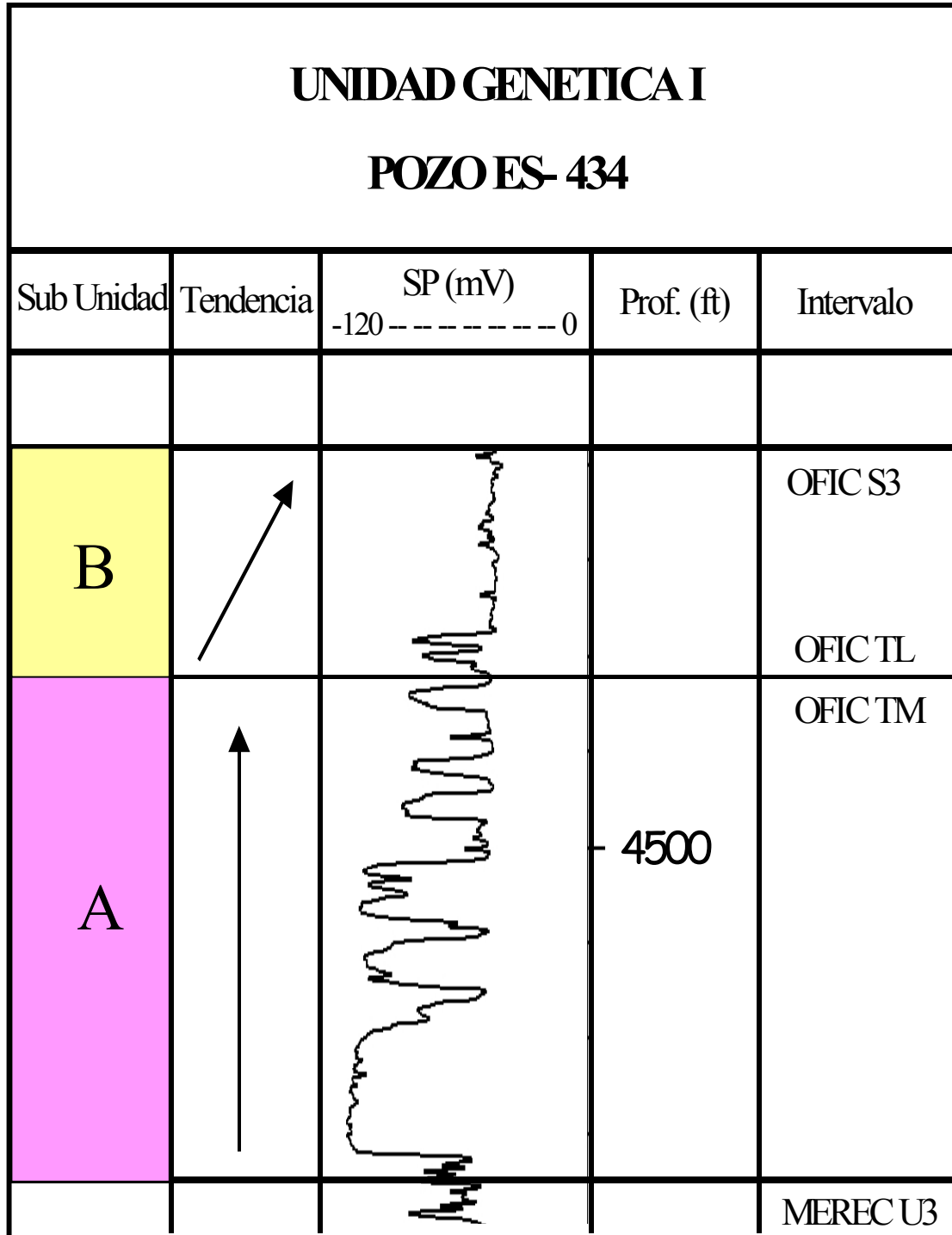
Se definieron seis unidades genéticas tomando como límites las capas de lignitos de mayor extensión y continuidad lateral. Las unidades se subdividieron en base a patrones de empaquetamiento y se identificaron con números romanos, los mismos se describen a continuación en orden estratigráfico ascendente:

#### **3.2.1 UNIDAD I**

Esta unidad se encuentra limitada por los lignitos que coinciden con los topes de los intervalos MEREC U3 y OFIC S3 (Fig.3.2), comprende las arenas U2, U1, T, S5, S4, S3. Se divide en dos subunidades las cuales se describen a continuación.

##### **SUB-UNIDAD I-A**

Esta sub unidad abarca los intervalos MEREC U2U, U2M, U2L; OFIC U1U, U1M, U1L y OFIC TL, TM, se caracteriza por una alternancia de areniscas y lutitas. Las areniscas se observan en los registros con forma de bloque, apiladas verticalmente, alcanzando espesores de hasta 100 pies en la arena U2 y hasta 40 pies en la U1. En las secciones estratigráficas, estos cuerpos de areniscas presentan gran extensión y continuidad lateral, ya hacia el tope las capas de areniscas disminuyen de espesor. Las lutitas intercaladas entre las



*Fig. 3.2 Sección tipo de la Unidad I*

arenas tienen espesores que varían de 2 a 10 pies, en las secciones estratigráficas se observa la continuidad de estos cuerpos en la mayoría de los pozos estudiados.

A través de los registros eléctricos corridos en los pozos del área se interpreta un ambiente sedimentario para esta sub unidad como fluvial-deltaico, donde los cuerpos masivos de arenas representan un complejo de canales amalgamados o entrelazados, mientras que los cuerpos lutíticos representan el relleno de la llanura de inundación. Las capas de areniscas superiores son producto de canales secundarios activos en períodos de inundación. En general se observa un patrón agradacional para esta sub unidad, lo que implica que la tasa de sedimentación se mantuvo constante con respecto al espacio de acomodación.

En el mapa de arena neta (Fig. 3.3), se observa una configuración tipo canal donde el eje principal era en sentido suroeste-noreste, la cual se corrobora con lo observado en las secciones estratigráficas. Los mayores espesores de arena neta se encuentran en los pozos ES 437, ES 435, ES 434, ES 432.

### **SUB-UNIDAD I-B**

Esta sub unidad abarca los intervalos OFIC TL, OFIC S5, S4, S3, se caracteriza por la alternancia de lutitas y areniscas. Las areniscas se observan en los registros con forma de embudo con espesores de hasta 15 pies. En las



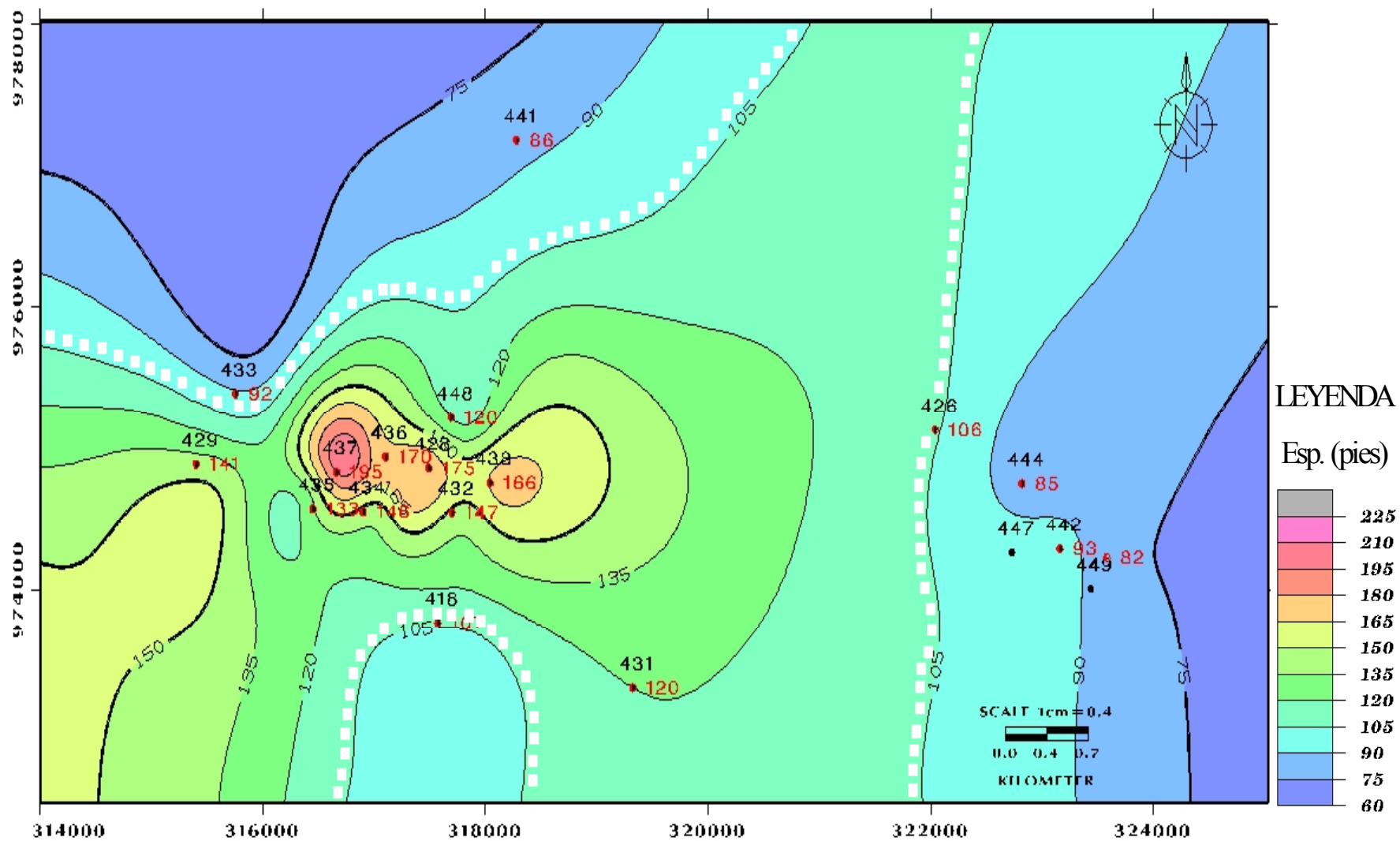


Fig. 3.3 Mapa de arena neta sub unidad I-A

secciones estratigráficas estos cuerpos de arenas aparecen de manera aislada y muy lenticulares. Las lutitas presentan espesores de hasta 25 pies, siendo continuas en las secciones estratigráficas.

El ambiente sedimentario interpretado a partir de los registros en esta sub unidad corresponde a una planicie deltaica donde se distinguen las áreas interdistributarias. Los lentes delgados de arenas representan canales secundarios activos en períodos de inundación y las lutitas los depósitos de inundación. En general se observa una tendencia retrogradacional en los perfiles de pozo, lo que implica que la tasa de sedimentación era menor que el espacio de acomodación para el momento de la depositación de esta sub unidad.

En el mapa de arena neta (Fig. 3.4), se puede observar un canal con una orientación general sur-norte el cual define un cauce rectilíneo. Los mayores espesores arena se encuentran en el pozo ES- 441 y ES 448 con valores de 41 y 33 pies respectivamente. En la parte este del mapa se puede observar el desarrollo de un pequeño canal que sale del área de estudio. Entre ambos se distingue una llanura interdistributaria.

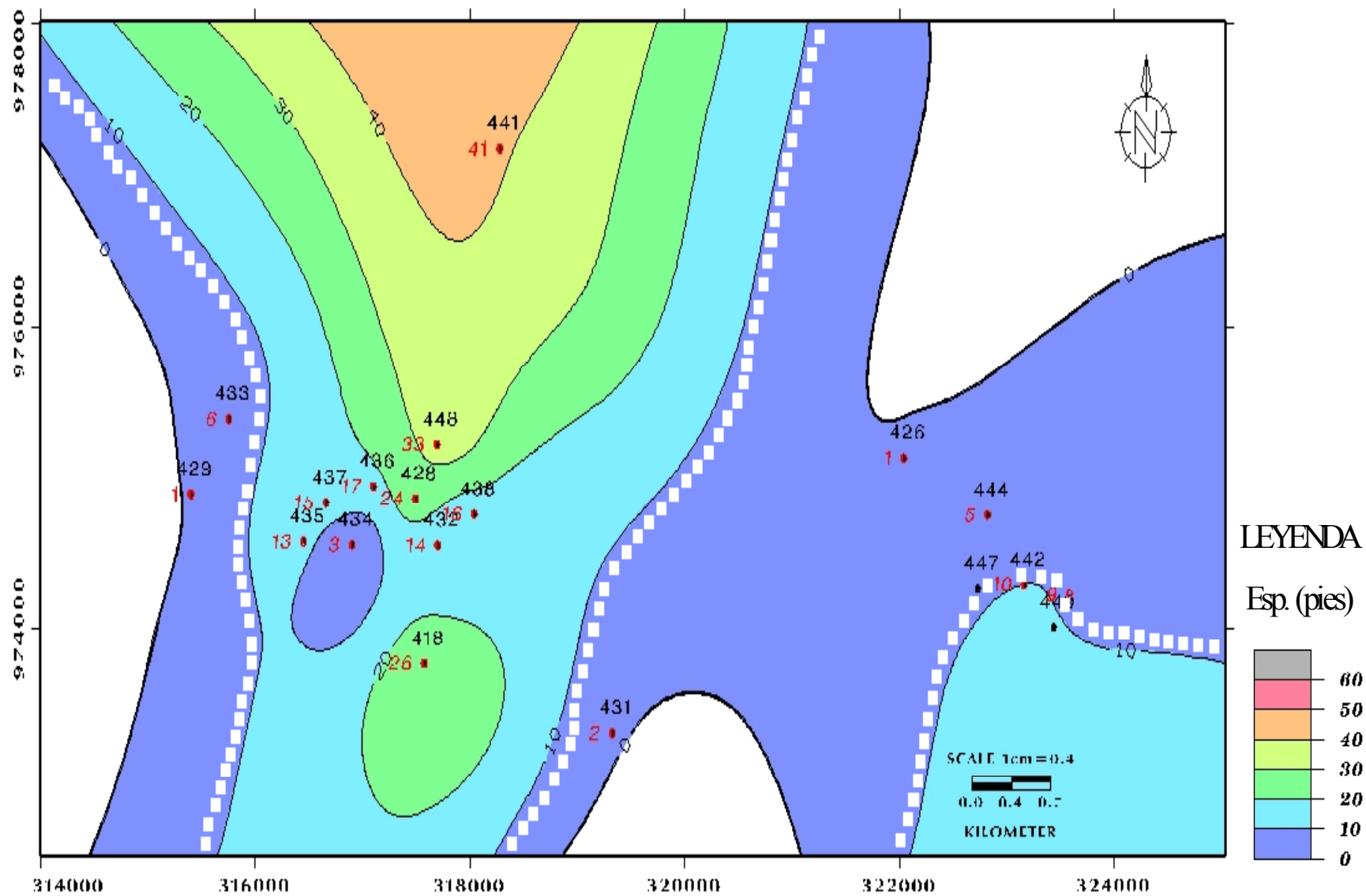


Fig. 3.4 Mapa de arena neta sub unidad I- B

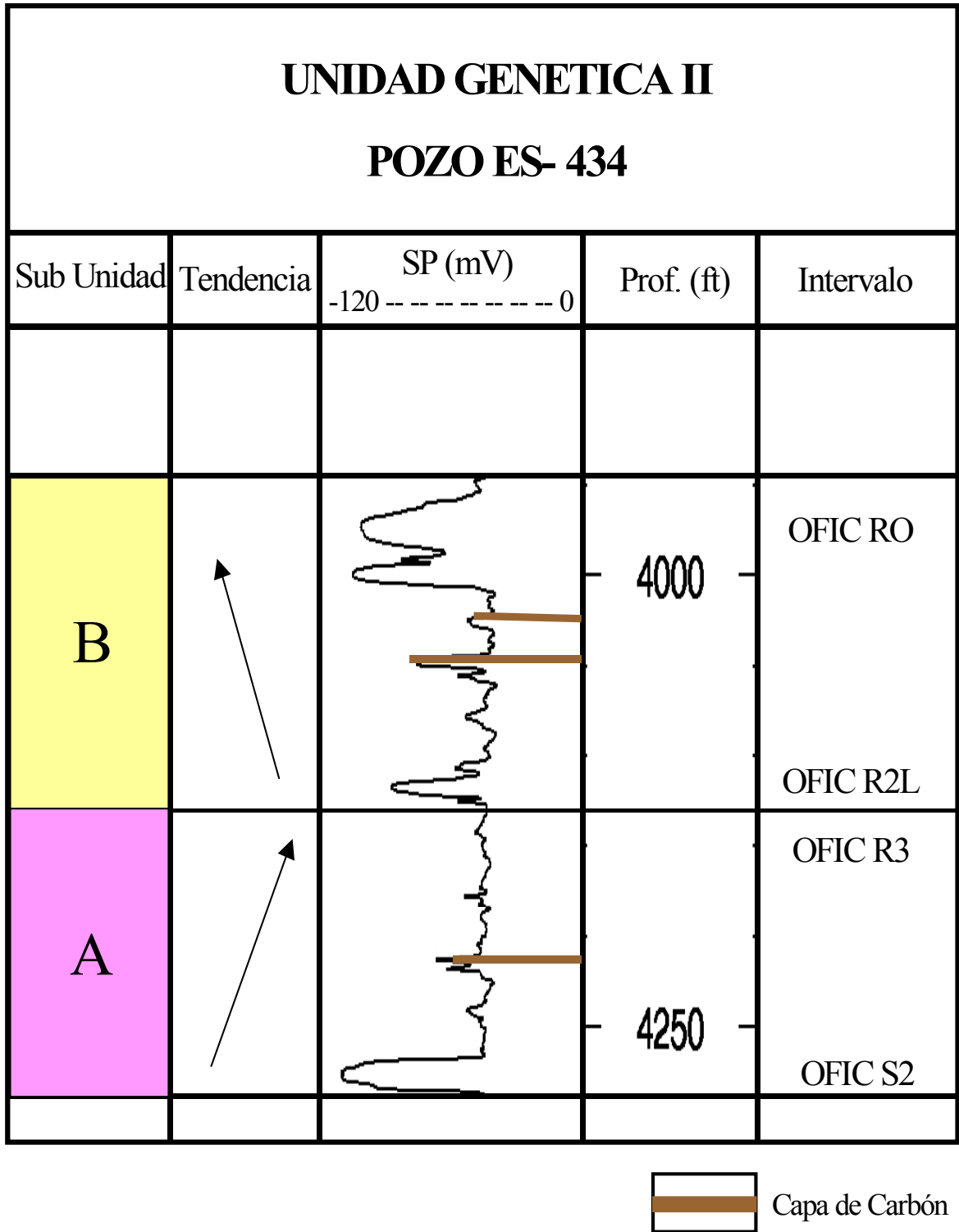
### **3.2.2 UNIDAD II**

Esta unidad se encuentra limitada por los lignitos que coinciden con los topes de los intervalos OFIC S3 y OFIC RO (Fig. 3.5), comprende las arenas S2, S1, R4, R3, R2, R1, R0. Se dividen en dos sub unidades las cuales se describen a continuación.

#### **SUB UNIDAD II- A**

Esta sub unidad abarca los intervalos OFIC S2, S1, R4L, R4U, R3, se caracteriza por una alternancia de lutitas y areniscas con esporádicas intercalaciones de carbón. Las areniscas se presentan en los registros con forma de embudo con espesores de hasta 10 pies, en los registros las arenas se presentan moderadamente lenticulares, por lo que la continuidad lateral es limitada. Las lutitas intercaladas alcanzan espesores de hasta 5 pies, observándose una tendencia ligeramente lenticular en las secciones estratigráficas. Las capas de lignitos empiezan a aparecer con mayor frecuencia a partir de esta sub unidad, presentando gran continuidad en los pozos estudiados.

El ambiente interpretado para esta sub unidad a partir de los registros es de llanura deltaica, en donde se distinguen canales distributarios de poca



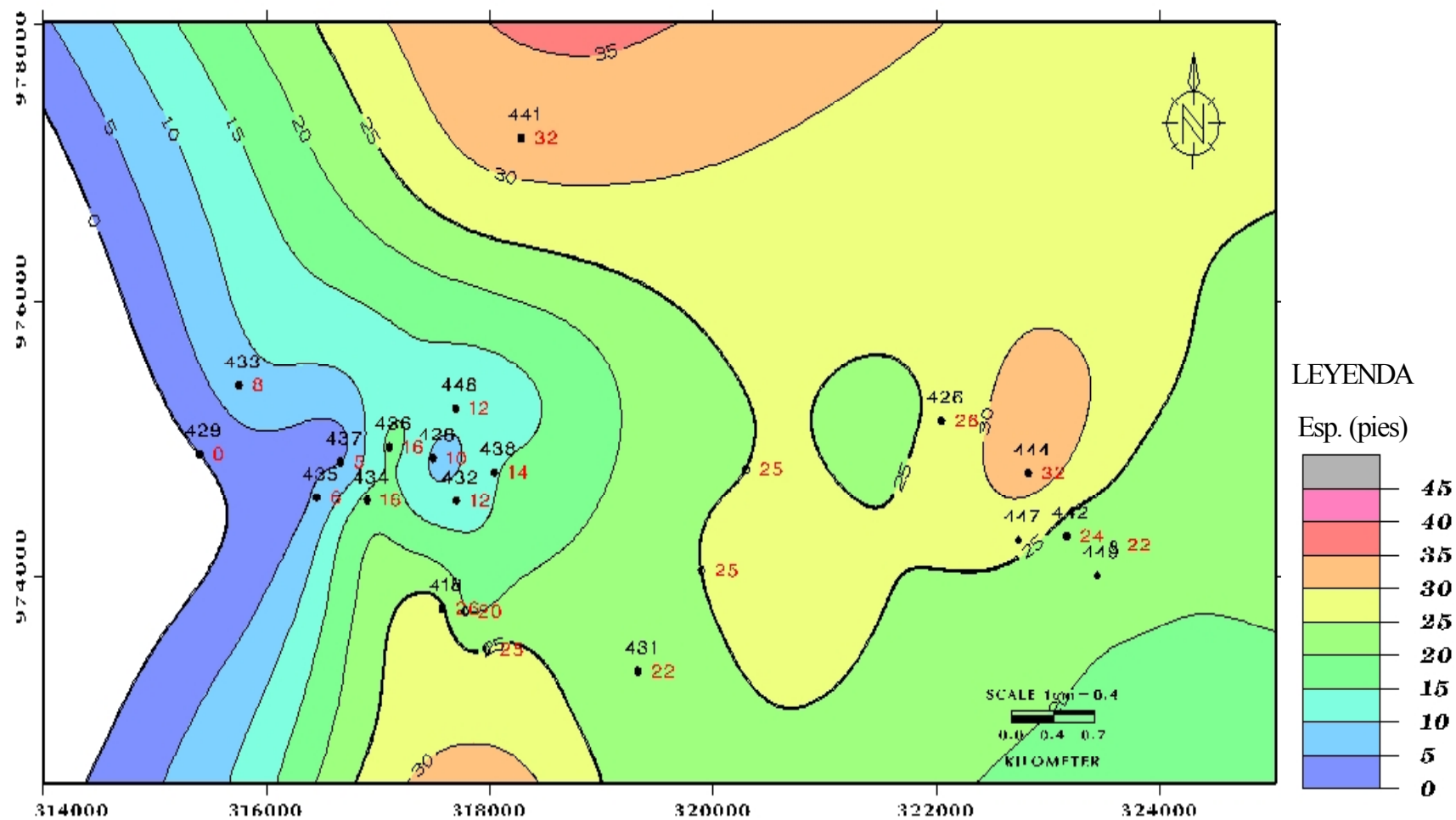
*Fig. 3.5 Sección tipo Unidad II*

envergadura, representado por arenas delgadas en forma de embudo y depósitos de la llanura de inundación representados por sedimentos de grano fino. La preservación de materia orgánica en forma de lignitos, sugieren la presencia de pantanos durante la depositación. En general se observa una tendencia retrogradacional en los perfiles de pozos, lo que implica que la tasa de sedimentación era menor que el espacio para acomodar.

En el mapa de arena neta (Fig. 3.6) no se distingue una paleomorfología distintiva dentro de la llanura deltaica. Se observa un posible canal hacia el suroeste, con una orientación general norte-sur. Hacia el norte y este del área se observa un aumento en los espesores, principalmente en los pozos ES 441 y ES 444 ambos con un valor de 32 pies, pero debido a la falta de información de pozos en esta área no se puede definir ninguna tendencia.

## **SUB UNIDAD II- B**

Esta sub unidad abarca los intervalos OFIC R2L, R2U, R1 y R0, se caracteriza por la alternancia de areniscas y lutitas con intercalaciones de lignitos. Las areniscas se presentan en los registros con forma de embudo de hasta 10 pies de espesor, o como cuerpos en forma de bloque de hasta 30 pies de espesor. En las secciones estratigráficas se observa lenticularidad en las arenas más delgadas, hacia el tope los espesores de arena aumentan y se observa u



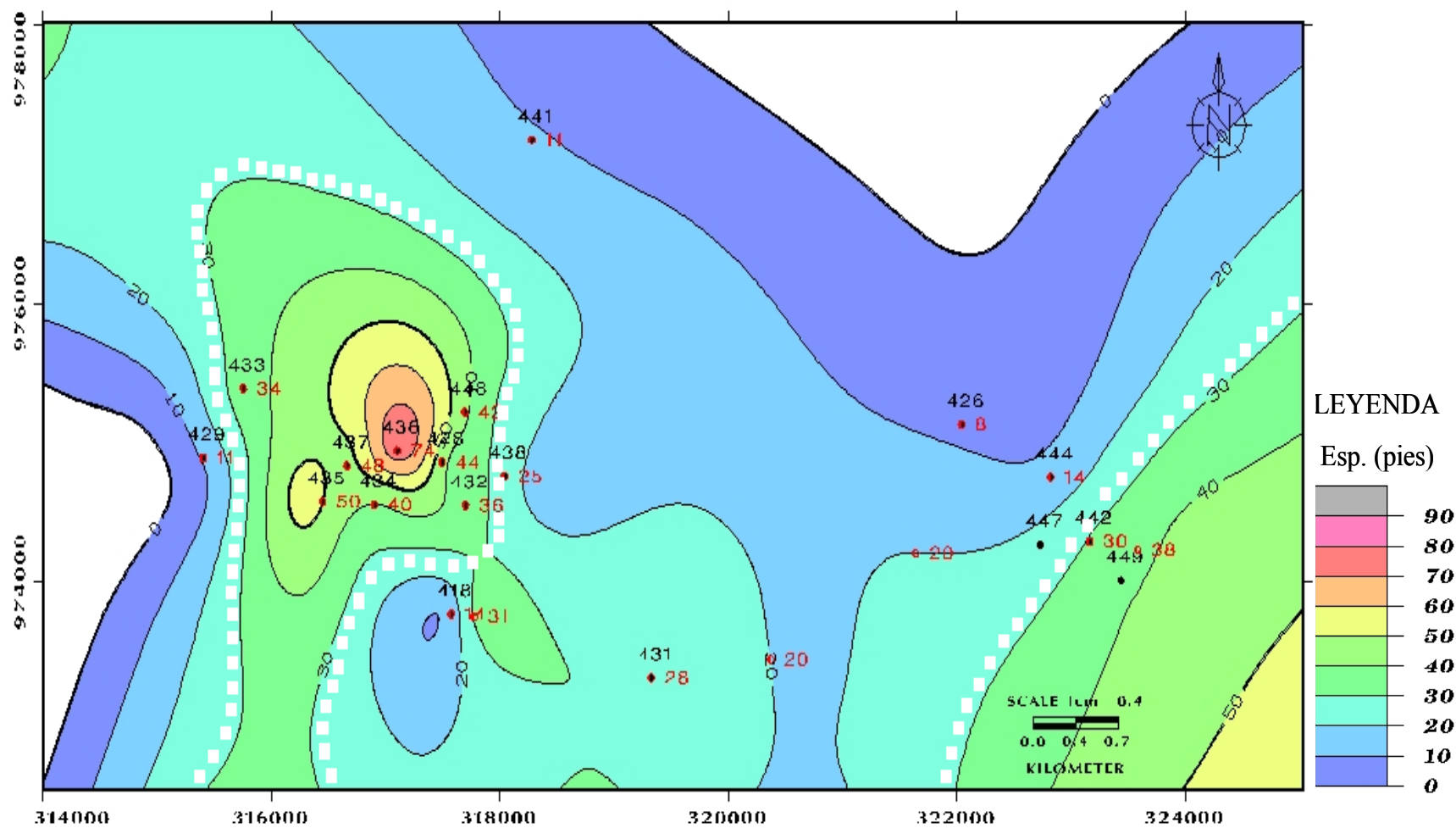
*Fig. 3.6 Mapa de arena neta sub unidad II-A*

buena continuidad lateral de los mismos. Las lutitas tienen espesores de hasta 8 pies, manteniendo una menor continuidad en las secciones estratigráficas. Las capas de carbón se encuentran a lo largo de toda la sub unidad en la base y en el tope de los cuerpos de arenas.

El ambiente sedimentario interpretado a partir de los registros de pozos corresponde a un sistema de llanura deltaica, donde se distinguen los canales distributarios como arenas en forma de bloque. Las áreas interdistributarias representadas por los depósitos de inundación y los abanicos de rotura por las arenas en forma de embudo. La preservación de materia orgánica en forma de lignitos, sugieren la presencia de pantanos durante la depositación. En general la tendencia que se observa en los perfiles de pozo es retrogradacional, lo que implica que la tasa de sedimentación es mayor que el espacio para acomodar.

En el mapa de arena neta (Fig. 3.7) se observan las tendencias de los cuerpos arenosos. Hacia el oeste del área se puede observar la geometría de un canal con una orientación aproximada norte-sur, con abanicos de rotura en los márgenes del mismo. Los mayores espesores de arena neta se encuentran en los pozos ES 436, ES 435 con valores de 74 y 36 pies respectivamente. Hacia el este del área se distingue lo que podría ser un meandro que sale del área de estudio.





*Fig. 3.7 Mapa de arena neta sub unidad II-B*

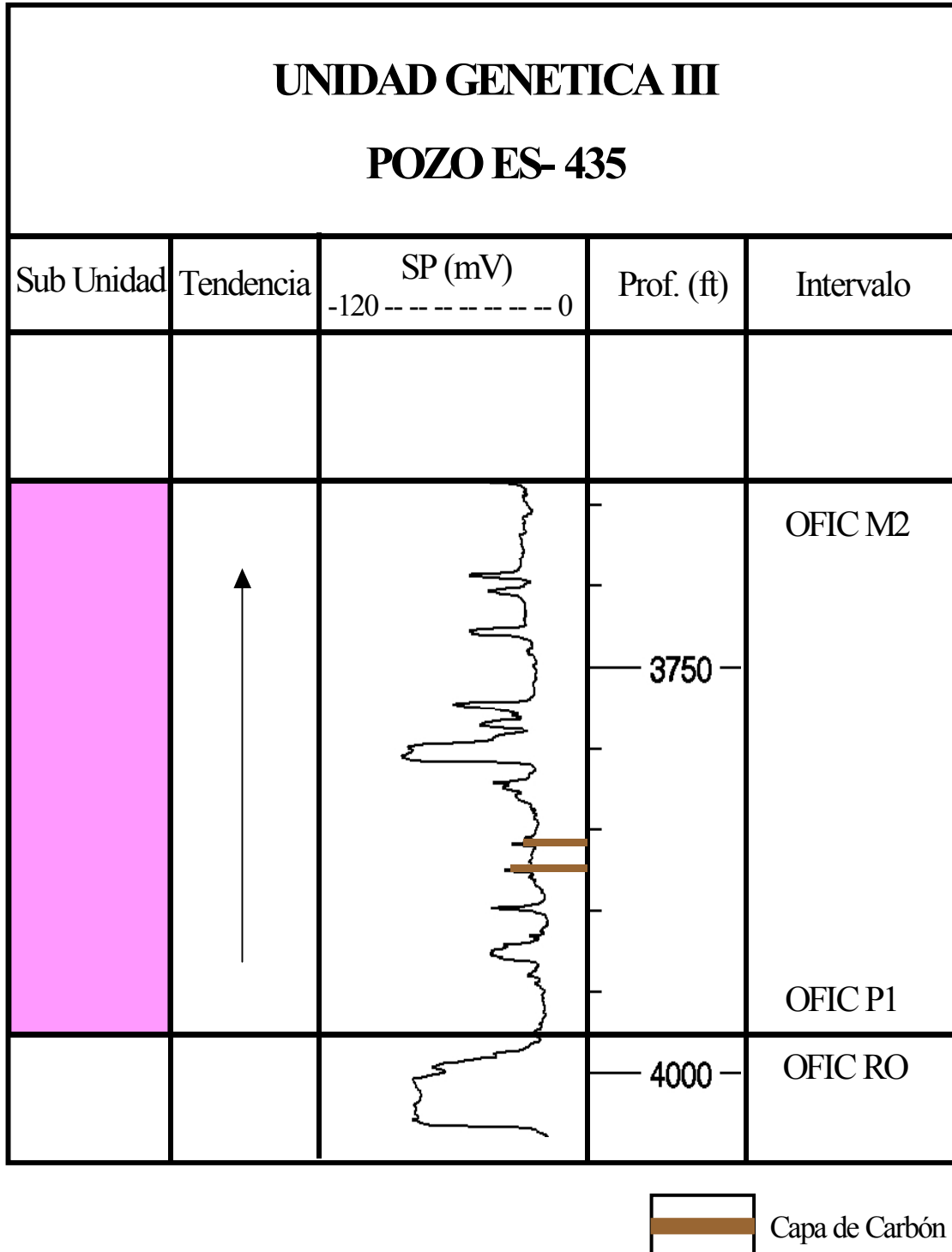
### 3.2.3 UNIDAD III

Esta unidad se encuentra limitada por los lignitos que coinciden con los topes OFIC RO y OFIC M2 (Fig. 3.8), comprende las arenas P1, P2, O1, O2, M1 y M2.

La unidad se caracteriza por una alternancia de areniscas y lutitas con escasas intercalaciones de carbones. Las areniscas presentan forma de embudo con espesores de hasta 20 pies. La característica principal observada en todas las secciones estratigráficas es la lenticularidad de las arenas, así como la poca continuidad lateral de las mismas. Las lutitas presentan espesores de hasta 25 pies, presentando una buena extensión lateral. Los carbones son más esporádicos pero son extensos lateralmente.

El ambiente interpretado para esta unidad es de planicie deltaica, en la zona interdistributaria, donde los cuerpos de arena representan canales secundarios aislados y las lutitas conforman los depósitos de la llanura de inundación. En general la tendencia que se observa en los perfiles de pozo es agradacional, lo que implica que la tasa de sedimentación se mantuvo relativamente constante con respecto al espacio de acomodación.

En la Fig. 3.9, el mapa de arena neta muestra la tendencia de un canal ubicado hacia el oeste con una orientación general sur norte, presenta un curso ligeramente meandriforme. Los mayores espesores se encuentran en los pozos ES 436, ES 437 y ES 435 con valores de 48, 44 y 41 pies respectivamente.



*Fig. 3.8 Sección tipo de la Unidad III*

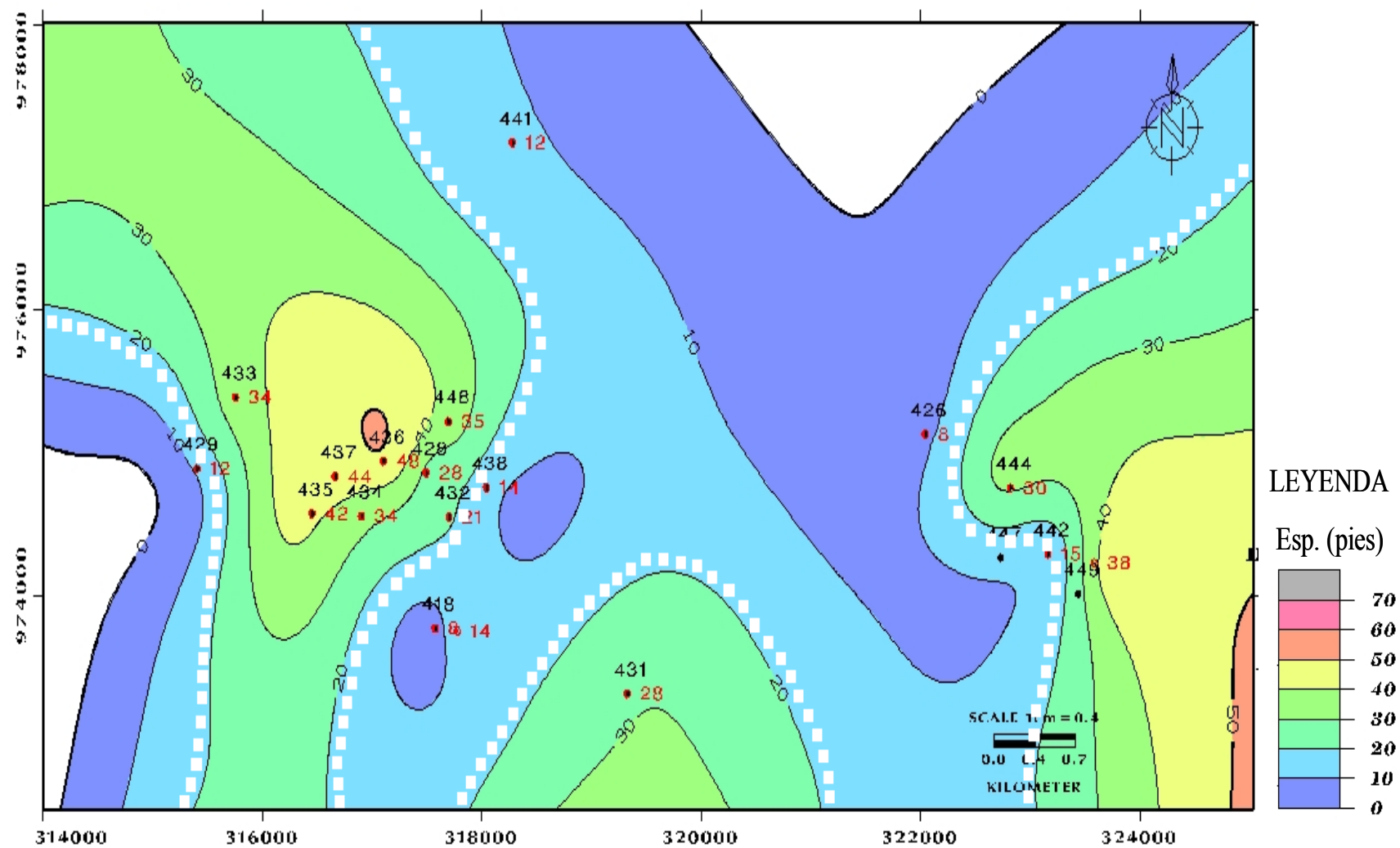


Fig. 3.9 Mapa de arena neta sub unidad III

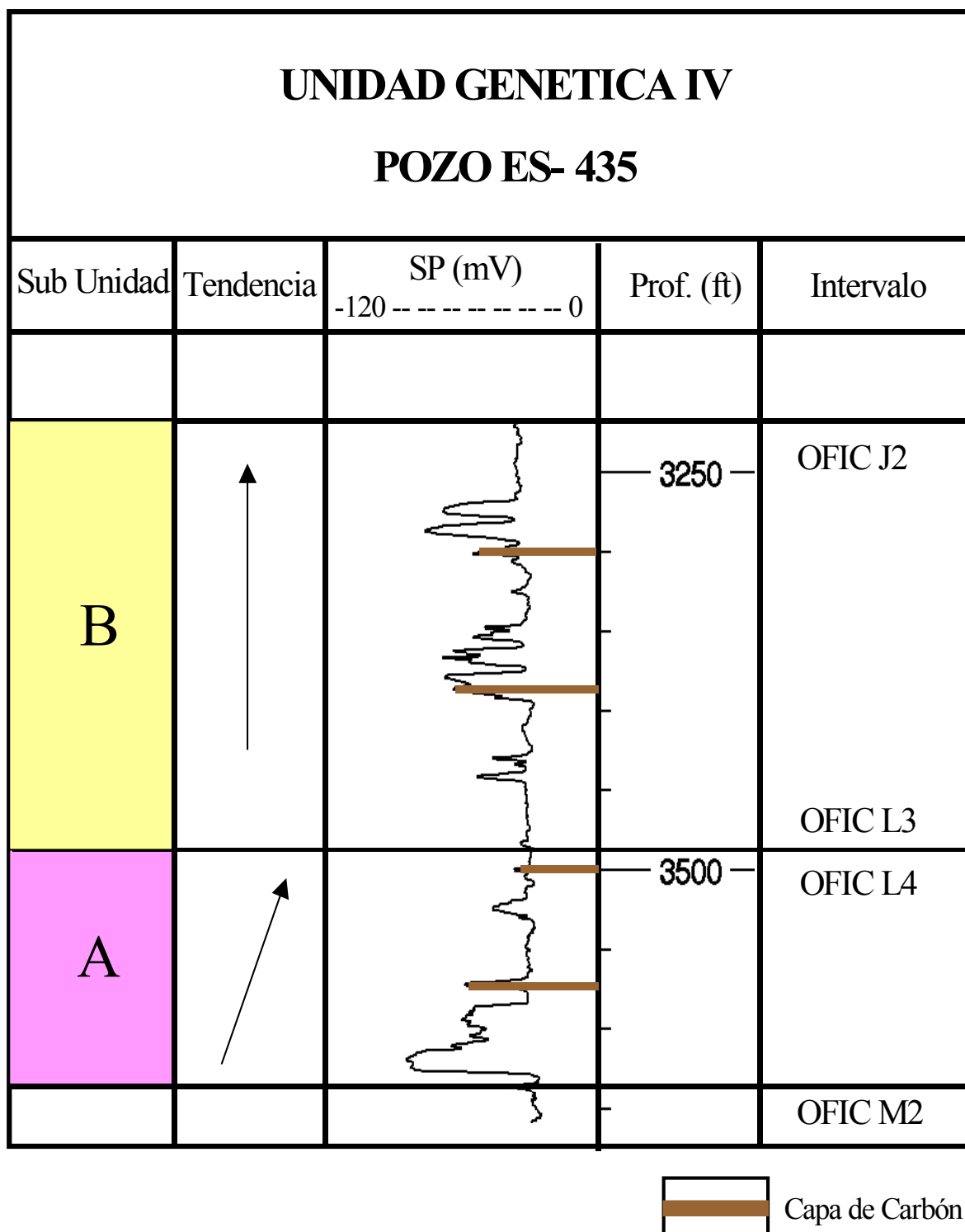
En la parte sur central del mapa se observa un canal de menor tamaño el cual sale del área de estudio, sin embargo se observa una orientación general sur-norte. Hacia el este del mapa se puede observar otro canal, cuya orientación es igualmente sur-norte y se sale del área de estudio. En esta área los mayores espesores se encuentran en los pozos ES 449 y ES 444 con valores de 37 y 30 pies respectivamente.

### **3.2.4 UNIDAD IV**

Esta unidad está limitada por los lignitos que coinciden con los topes OFIC M2 y OFIC J2, comprende las arenas M1, L4, L3, L2, L0, K y J2. Se divide en dos sub unidades las cuales se describen a continuación.

#### **SUB UNIDAD IV- A**

Esta sub unidad abarca los intervalos OFIC M1, L4, se caracteriza por la alternancia de areniscas y lutitas con intercalaciones de lignitos. Las arenas presentan forma de embudo con espesores de hasta 20 pies. En las secciones estratigráficas se puede observar la poca continuidad de estos cuerpos a lo largo del área de estudio. Las lutitas pueden alcanzar hasta 15 pies de espesor, presentándose como lentes irregulares y poco continuas.



*Fig. 3.10 Sección tipo de la Unidad IV*

El ambiente interpretado para esta sub unidad es de planicie deltaica, en donde los cuerpos de arena representan canales secundarios, y las lutitas conforman los depósitos de la llanura de inundación. La preservación de materia orgánica en forma de lignitos, sugieren la presencia de pantanos durante la depositación. En general la tendencia que se observa en los perfiles de pozo es retrogradacional, lo que implica que la tasa de sedimentación era menor que el espacio para acomodar.

En el mapa de arena neta (Fig. 3.11) se observa un canal distributivo con una orientación general sur- norte el cual presenta un cauce meandriforme. Los mayores espesores de arena se encuentran en la parte oeste, en los pozos ES- 436, ES- 441 y ES- 445 con valores de 63 y 36 pies respectivamente. Hacia el este se observa una extensa llanura de inundación.

#### **SUB UNIDAD IV-B**

Esta sub unidad abarca los intervalos OFIC L3, L2, L0, K y J2, se caracteriza por la alternancia de areniscas y lutitas con intercalaciones frecuentes de capas de carbón. Las arenas tienen forma de embudo con espesores de hasta 30 pies. En las secciones estratigráficas se puede observar como estos cuerpos están cortados por lutitas de hasta 5 pies de espesor de gran continuidad en el área de estudio. No se observan arenas en forma de bloques. Las capas de carbones se encuentran hacia la base de las arenas.

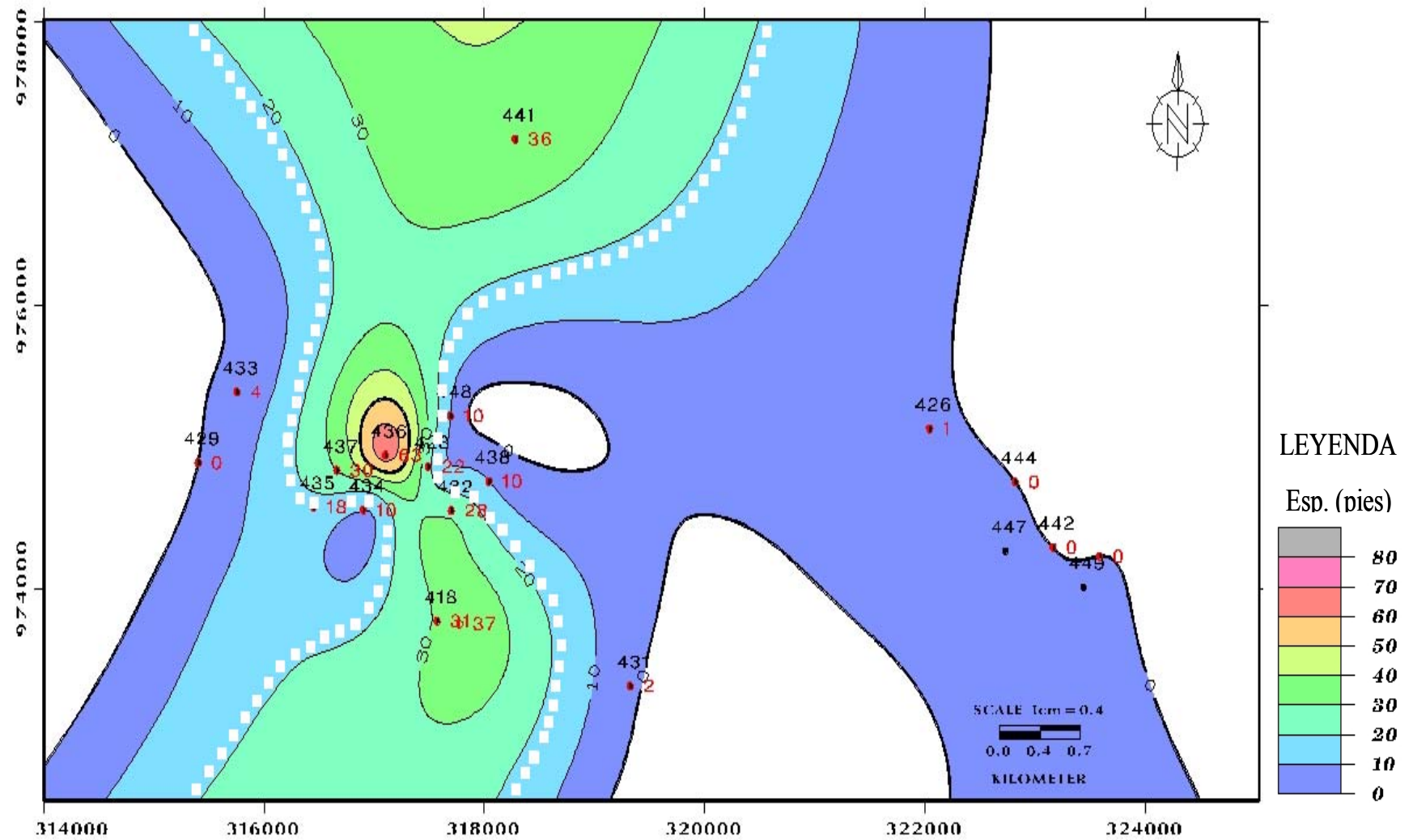


Fig. 3.11 Mapa de arena neta sub unidad IV-A



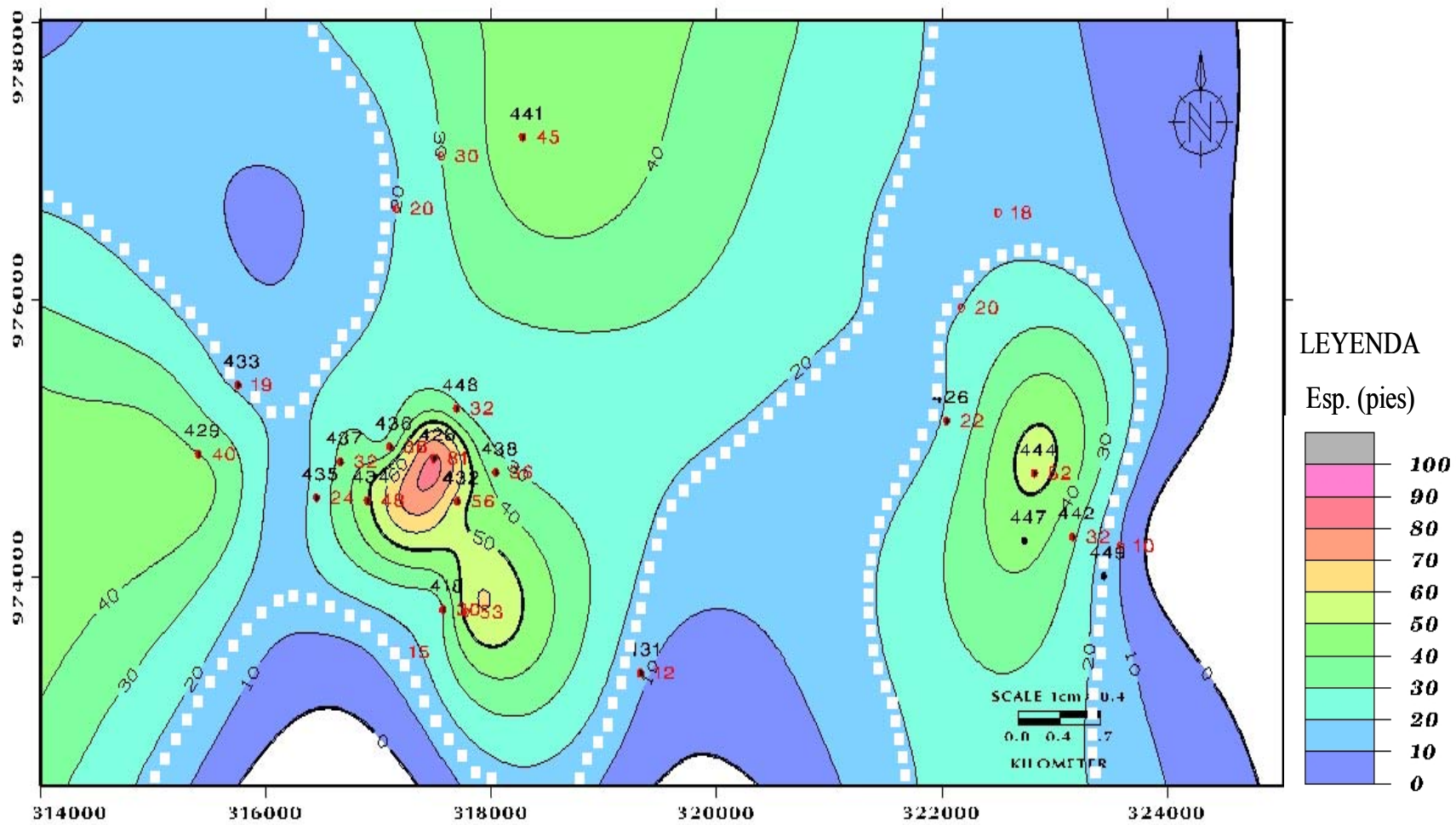
El ambiente interpretado para esta sub unidad corresponde a un sistema de llanura deltaica. Las arenas representan canales distributarios y abanicos de rotura, mientras que los depósitos de grano fino corresponden a depósitos de la llanura de inundación. Los depósitos de carbón sugieren la presencia de pantanos donde fue propicia la preservación de la materia orgánica. En general la tendencia que se observa en los perfiles de pozo es un patrón mixto, donde la tasa de sedimentación se mantuvo constante o ligeramente superior al espacio para acomodar.

En el mapa de arena neta (Fig. 3.12), se puede distinguir un canal ubicado en la parte oeste con una orientación general suroeste-norte, el cual presenta un cauce meandriforme. Los mayores espesores de arena se encuentran en los pozos ES 432, ES 445 con valores de 56 y 53 pies respectivamente.

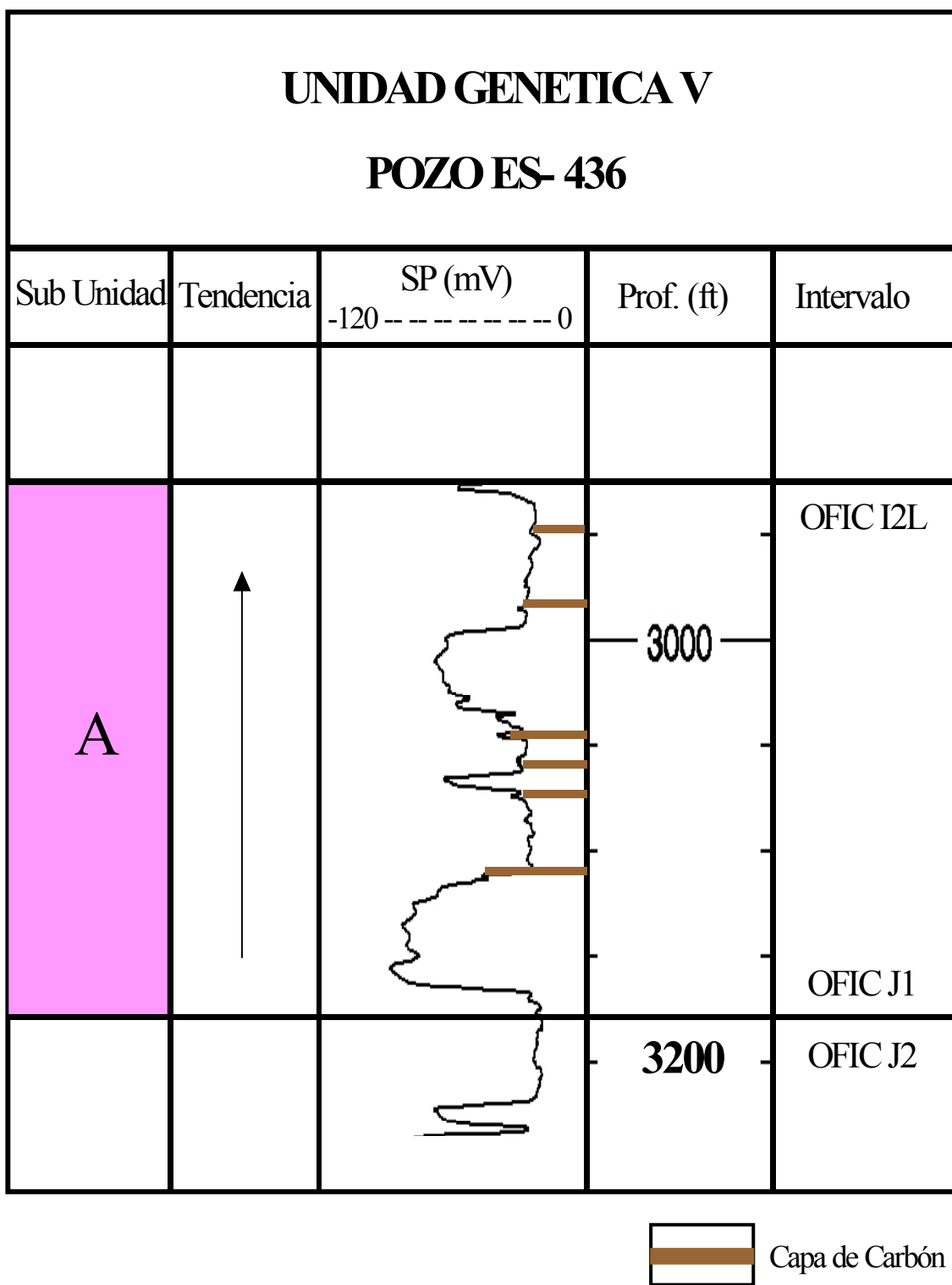
Hacia el este del área se observa un segundo canal de menor tamaño, con una orientación sur norte y un cauce rectilíneo. Los mayores espesores se encuentran en los pozos ES 444 y Es 442 con valores de 52 y 32 pies respectivamente.

### **3.2.5 UNIDAD V**

Esta unidad esta limitada por los lignitos que coinciden con los topes OFIC J2 y OFIC I2L y comprende las arenas J1, I6 y I2L.



*Fig. 3.12 Mapa de arena neta sub unidad IV-B*



*Fig. 3.13 Secuencia tipo Unidad V*

Esta unidad se caracteriza por la alternancia de areniscas y lutitas con intercalaciones de carbón. Las arenas en su mayoría presentan forma tabular con espesores de hasta 40 pies. En las secciones estratigráficas se puede observar una buena continuidad de estos cuerpos, intercalados con cuerpos de arenas más delgadas y lenticulares. Las lutitas pueden alcanzar hasta 10 pies de espesor, siendo continuas en las secciones estratigráficas. Los carbones son frecuentes en toda la unidad y presentan una buena continuidad lateral.

El ambiente interpretado para esta sub unidad a partir de los registros es de fluvial deltaico, en donde se distinguen los canales distributarios definidos por arenas con forma tabulares, las áreas interdistributarias representadas por las areniscas delgadas y lenticulares, y los depósitos de lutitas de la llanura de inundación. Igualmente la preservación de materia orgánica en forma de lignitos, sugieren la presencia de pantanos durante la depositación. En general la tendencia que se observa en los perfiles de pozo es agradacional, lo que implica que la tasa de sedimentación se mantuvo relativamente constante con respecto al espacio de acomodación.

En el mapa de arena neta (Fig. 3.14), se puede observar una configuración tipo canal ubicado al oeste del área con una orientación este oeste. Los mayores espesores de arena se encuentran en los pozos ES 436, ES 436 y ES 428 con valores de 93, 80 y 68 pies respectivamente. Hacia la parte este se distingue

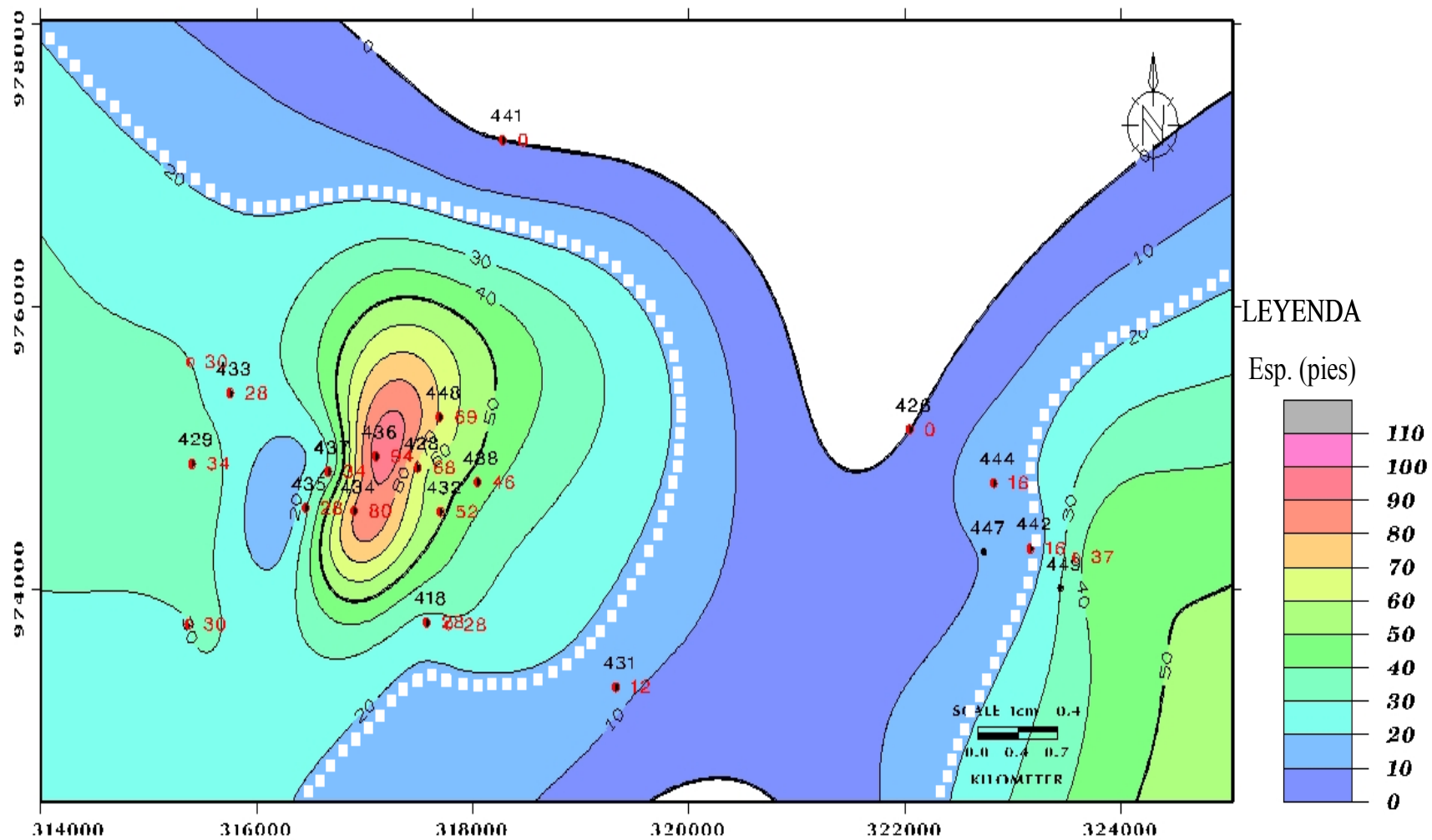


Fig. 3.14 Mapa de arena neta sub unidad V

lo que podría ser un canal con orientación sur norte el cual se sale del área de estudio. Los mayores espesores de arena para esta área se encuentran en los pozos ES 449 y ES 429 con valores de 37 y 34 pies respectivamente.

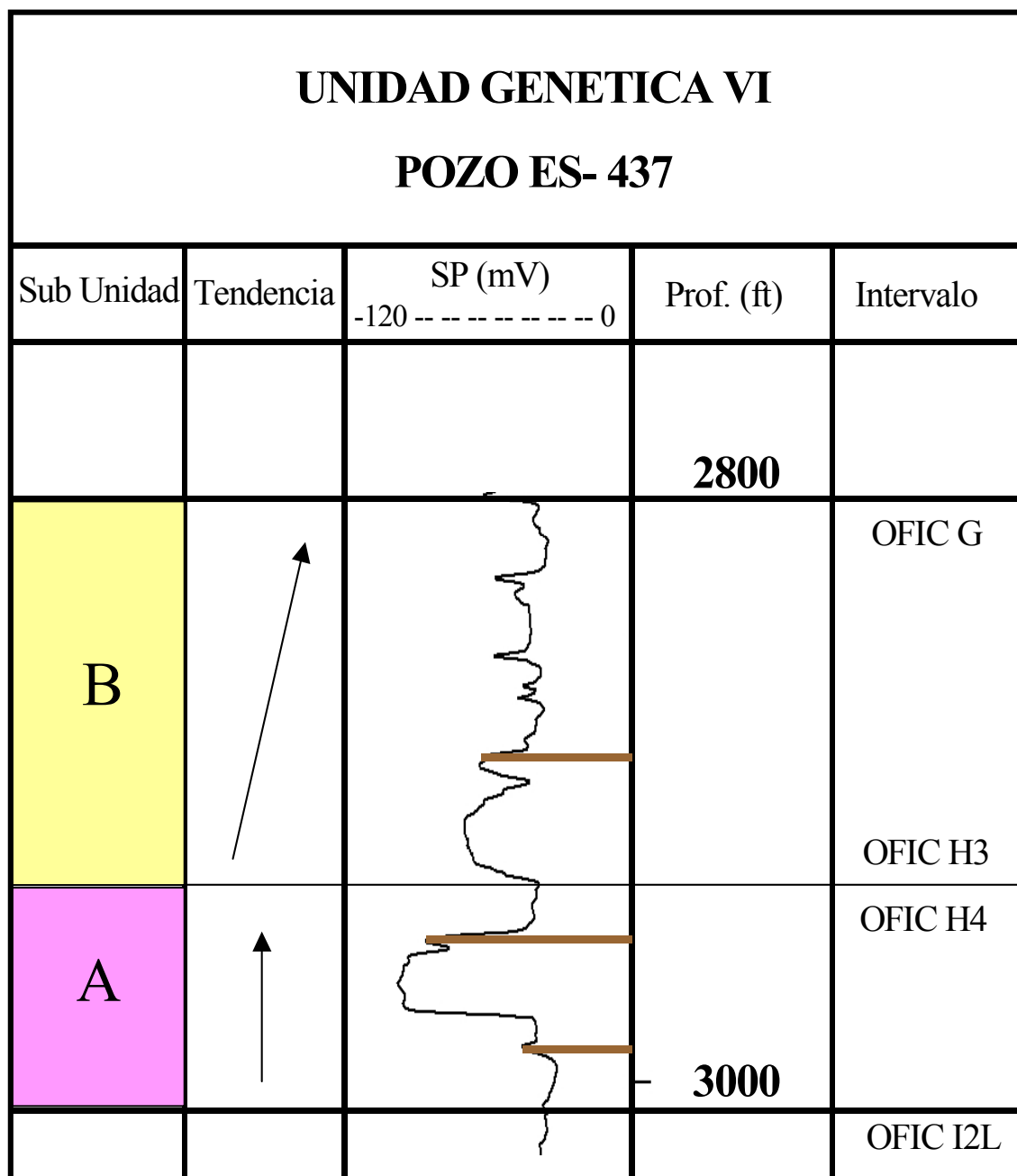
### **3.4.6 UNIDAD VI**

Esta unidad se encuentra limitada por los lignitos que coinciden con los topes OFIC I2L y OFIC G, comprende las arenas H y G. Se divide en dos subunidades las cuales se describen a continuación.

#### **SUB UNIDAD VI- A**

Esta sub unidad abarca los intervalos OFIC I2U Y H4, se caracteriza por la alternancia de areniscas y lutitas con intercalaciones de carbón. Las areniscas en los registros presentan forma tabular, con espesores de hasta 40 pies. En las secciones estratigráficas se puede observar buena continuidad lateral dentro del área de estudio. Las lutitas presentan espesores de hasta 5 pies, siendo igualmente continuas en todas las secciones. Las capas de carbón son frecuentes y presentan buena continuidad lateral.

El ambiente interpretado para esta sub unidad a partir de los registros de pozos es de llanura deltaica donde se distinguen los canales distributarios como arenas tabulares y las áreas interdistributarias representadas por los



Capa de Carbón

*Fig. 3.15 Secuencia tipo Unidad VI*

sedimentos de grano fino de los depósitos de inundación. La preservación de materia orgánica en forma de lignitos, sugieren la presencia de pantanos durante la depositación. En general la tendencia que se observa en los perfiles de pozo es agradacional, lo que implica que la tasa de sedimentación se mantuvo relativamente constante con respecto al espacio para acomodar.

En el mapa de arena neta (Fig. 3.16) se observa un canal con orientación general suroeste-norte, que presenta un cauce ligeramente meandriforme. Los mayores espesores de arena se encuentran en los pozos ES 445, ES 438 y ES 428 con valores 55, 53 y 50 pies respectivamente.

Hacia el este se observa un pequeño canal o lo que podría ser también un meandro con una orientación general sur-norte el cual se sale del área de estudio. Los mayores espesores de arena neta en esta área se encuentran en los pozos ES 444 y ES 449 con valores de 20 y 15 pies respectivamente.

## **SUB UNIDAD VI- B**

Esta sub unidad abarca los intervalos OFIC H3, H2, H1 y G, se caracteriza por la alternancia de lutitas y areniscas. Las areniscas en los registros se presentan como cuerpos delgados e irregulares con espesores de hasta 10 pies. En las secciones estratigráficas se puede observar la lenticularidad de las mismas.



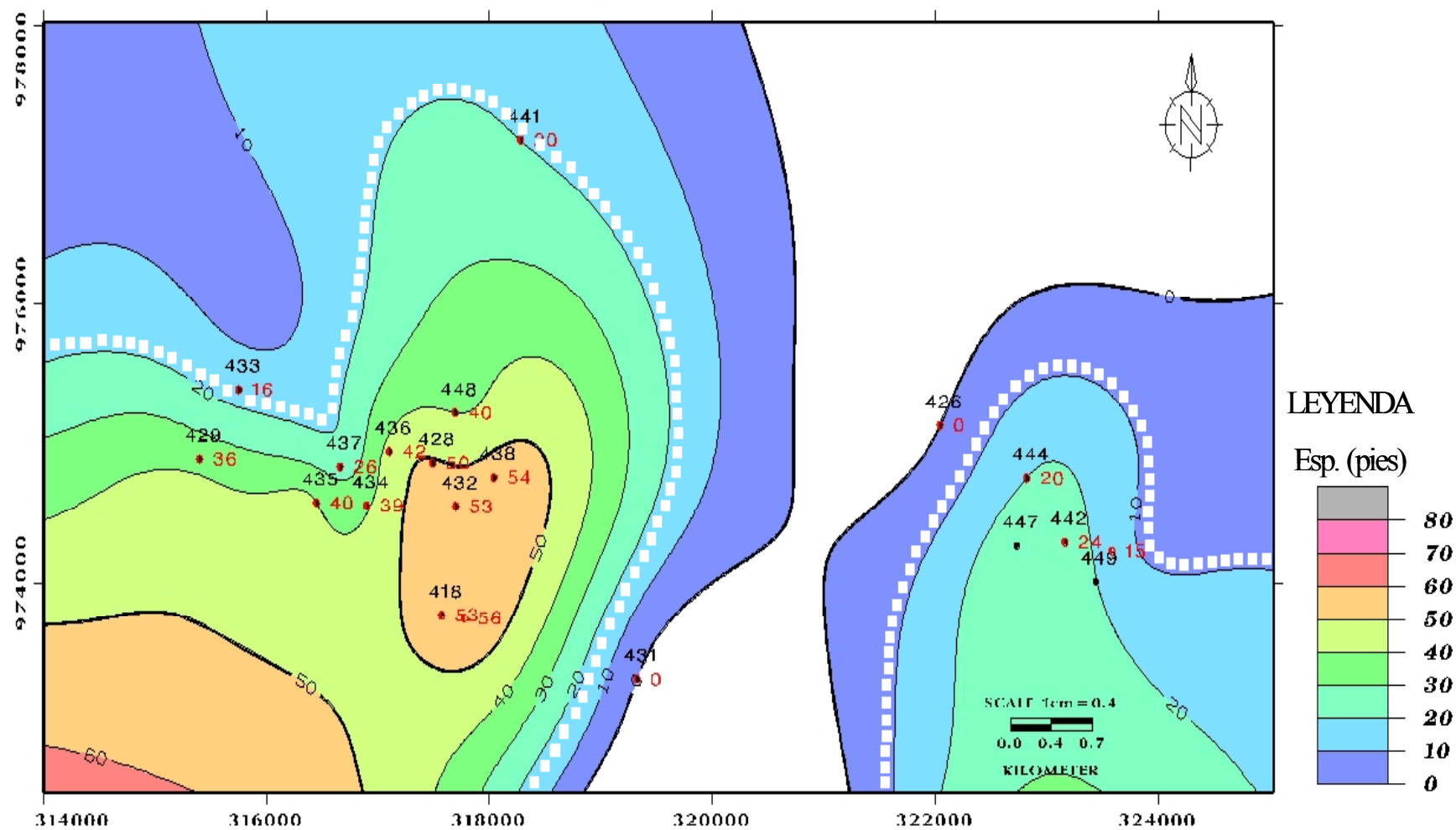


Fig 3.16 Mapa de arena neta sub unidad VI-A

Las lutitas presentan espesores de hasta 20 pies y en las secciones estratigráficas se observan con mayor continuidad. En esta sub unidad los lignitos no son muy frecuentes.

El ambiente sedimentario interpretado para esta sub unidad corresponde a un sistema de llanura deltaica, principalmente en la zona interdistributaria, donde las arenas representan canales secundarios y las lutitas los depósitos de la llanura de inundación. En general la tendencia que se observa en los perfiles de pozo es retrogradacional, lo que implica que la tasa de sedimentación era menor que el espacio para acomodar.

En el mapa de arena neta (Fig. 3.17) no se distingue una configuración distintiva, sin embargo se observa una orientación general sur-noroeste de un posible canal, con abanicos de rotura asociados a él. Los mayores espesores de arena se encuentran en los pozos ES- 448, ES- 436 con valores de 60 y 55 pies respectivamente.

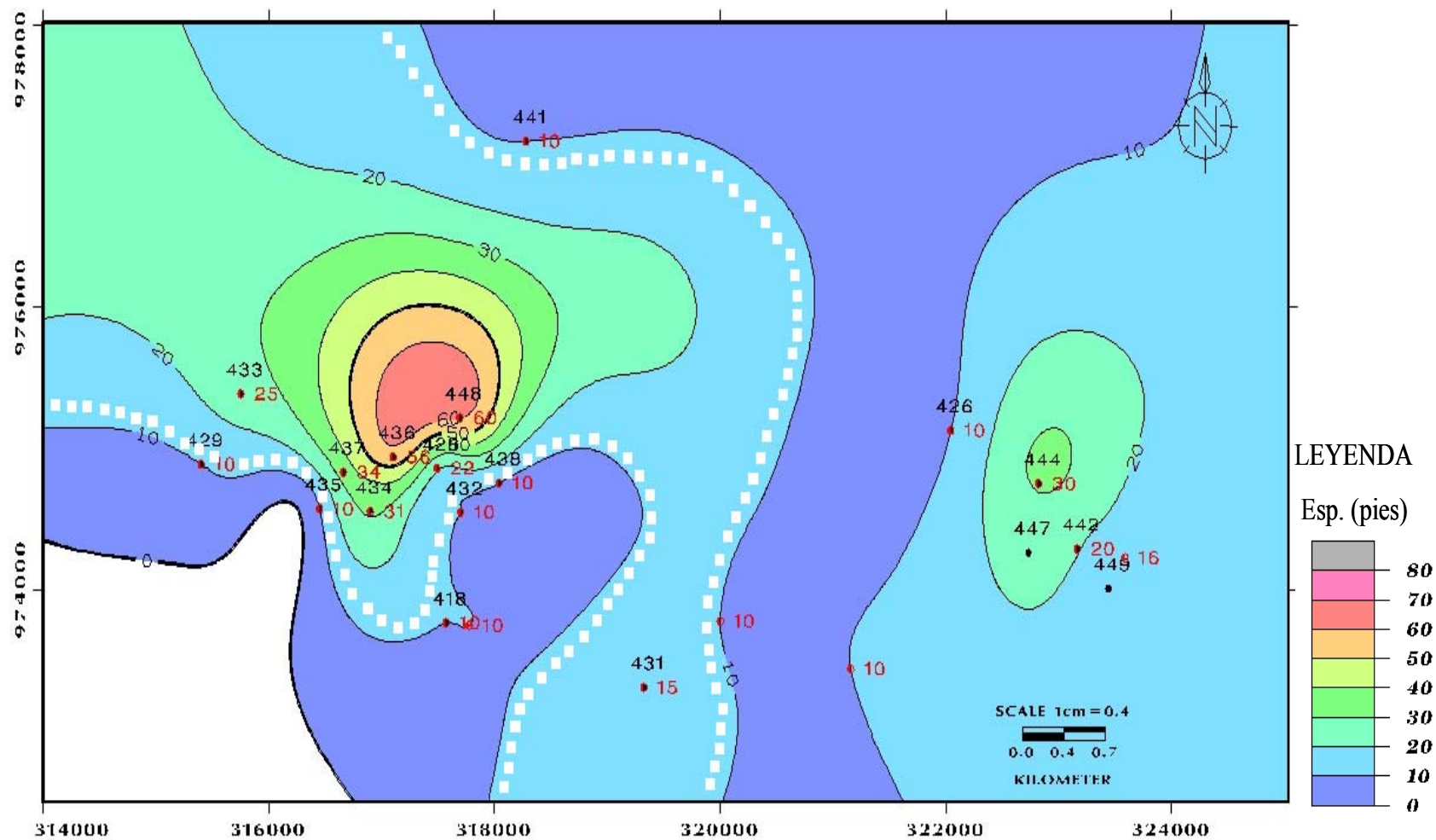


Fig. 3.17 Mapa arena neta sub unidad VI-B

## 4. MODELO ESTRUCTURAL

### 4.1 GENERALIDADES

La estructura del área Mayor de Oficina se caracteriza por la presencia de homoclinales suaves inclinados hacia el norte-noreste, cortados por alineamiento de fallas normales con rumbo entre este-oeste franco y este-noreste, algunas de las cuales buzcan y presentan desplazamientos hacia el norte y otras hacia el sur. Algunas fallas se encuentran bifurcadas o unidas a otras fallas convergentes. La magnitud de buzamiento promedio es 34 grados.

El plegamiento es muy suave y suele consistir en arqueamientos semi-anticlinales más o menos alargados contra los planos de falla, declives confinados entre planos de falla divergentes y homoclinales oblicuos a una falla longitudinal, cortados y desplazados por fallas transversales. En menor frecuencia se han observado sinclinales de arrastre en el lado deprimido de fallas longitudinales con buzamiento sur, esto pareciera ser consecuencia del movimiento y reajuste entre fallas.

En sección transversal (Fig. 4.1), se puede observar en sentido noroeste - sureste como varía el régimen tectónico asociado a la cuenca, desde régimen compresivo para el margen profundo de la cuenca, hasta régimen extensivo para el margen pasivo de la misma.

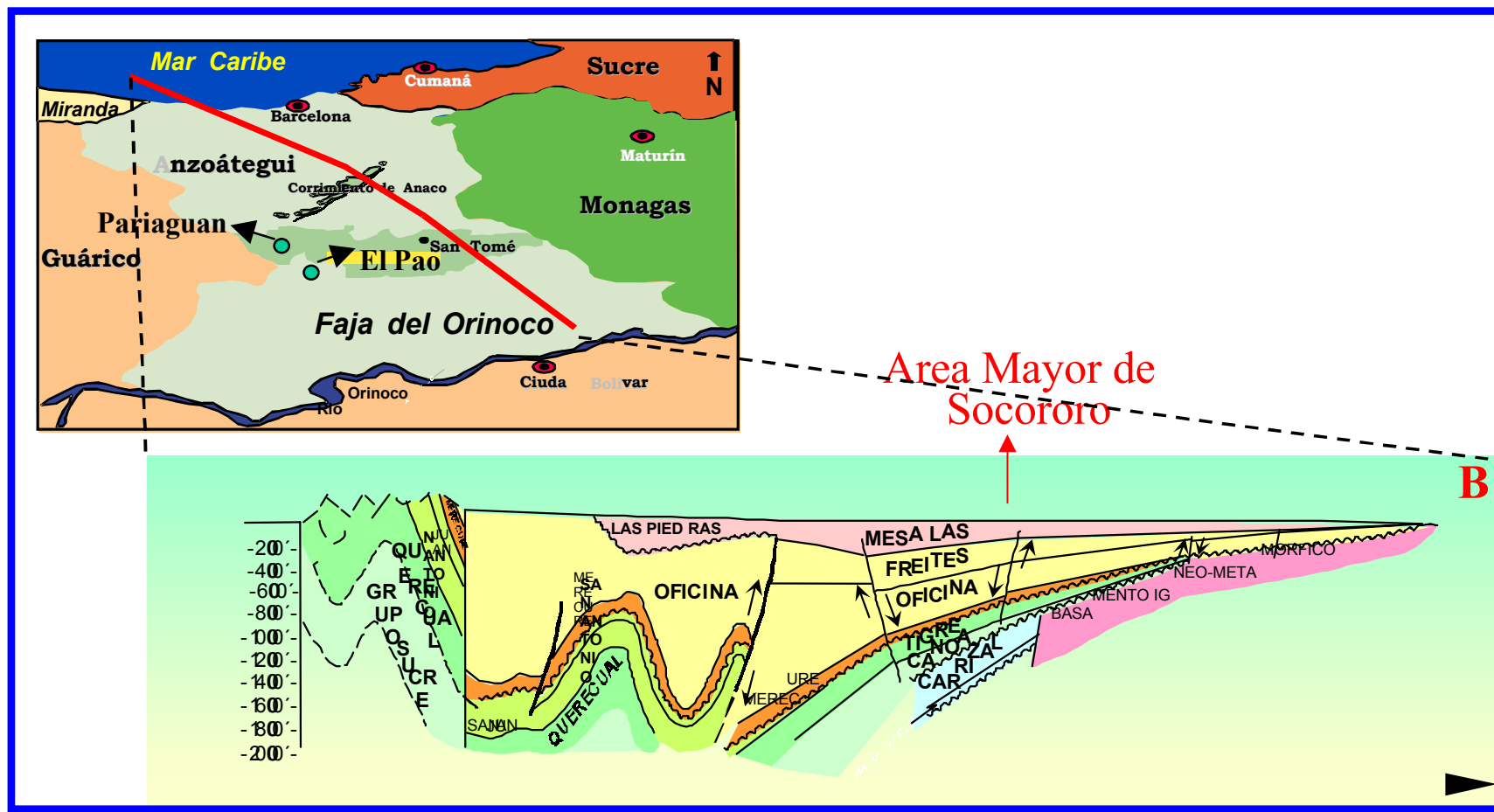


Fig. 4.1 Estructura regional del área de estudio

## **4.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL**

Los rasgos estructurales del Área Mayor de Socororo son los mismos que se encuentran en los campos cercanos y en general en todo el flanco sur de la cuenca y consisten en un monoclinal de rumbo NO-SE y buzamiento aproximado de 3° hacia el NE atravesado por dos sistemas de fallas predominantes, más o menos perpendiculares entre sí.

El primero de estos sistemas de fallas tiene un rumbo NO-SE paralelo al rumbo de las capas y por lo general las fallas son de tipo normal y buzan hacia el sur. El salto de estas fallas varía entre 25'-100' y predominan los saltos del orden de los 40'.

El segundo sistema de fallas tiene un rumbo NE-SO y las fallas buzan indistintamente hacia el este y hacia el oeste. En este sistema se encuentra la falla principal de Cachicamo, la cual puede considerarse como el elemento estructural más importante en los tres campos por la magnitud de su salto, de 100' a 180'. En las otras fallas de este sistema el salto varía entre 20' y 70'.

En las figuras 4.2, 4.3, y 4.4 se tienen los mapas estructurales al tope de tres arenas de interés, los cuales se obtuvieron a partir de la integración de los datos 2D y 3D. Varias de las fallas interpretadas en el 3D presentan

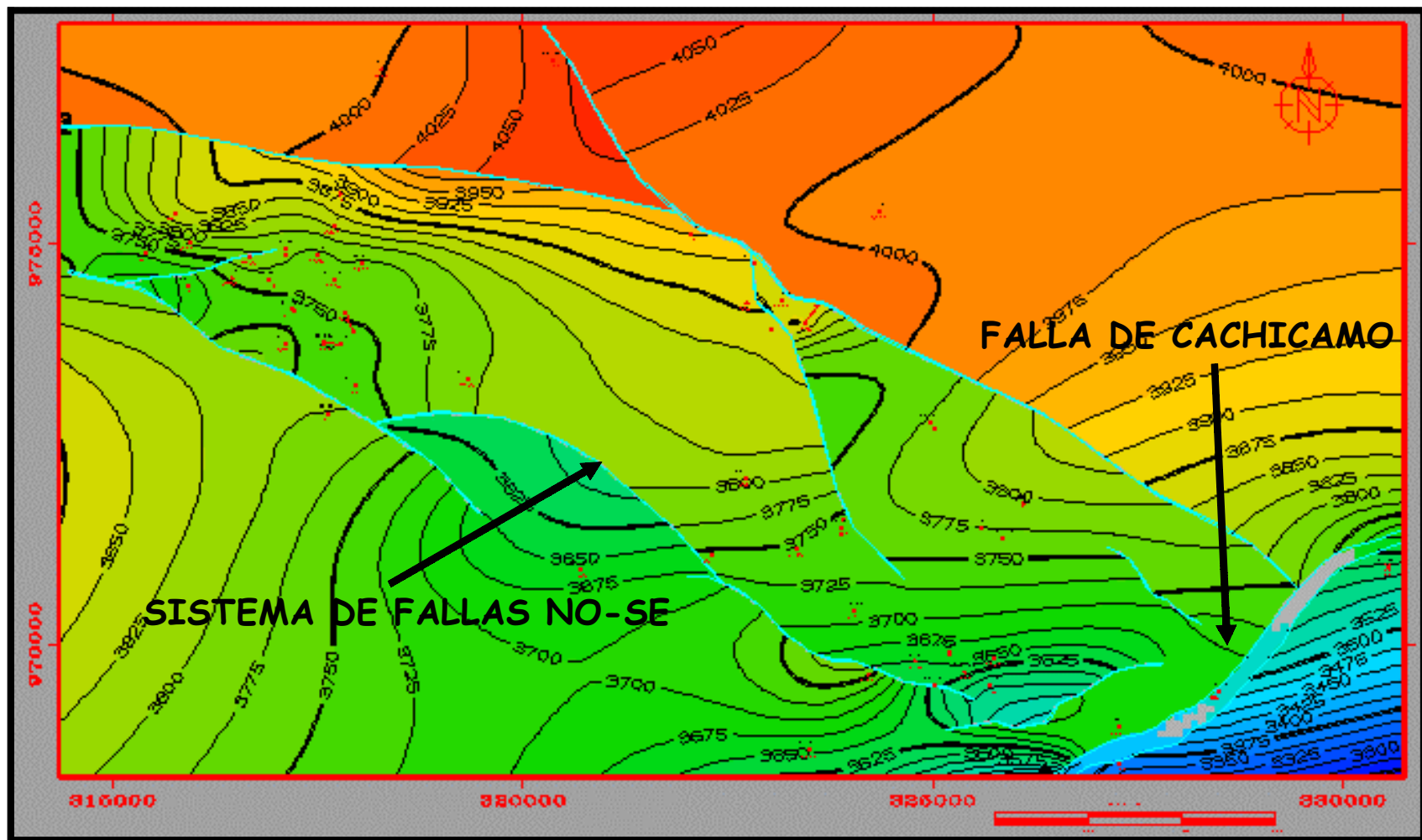
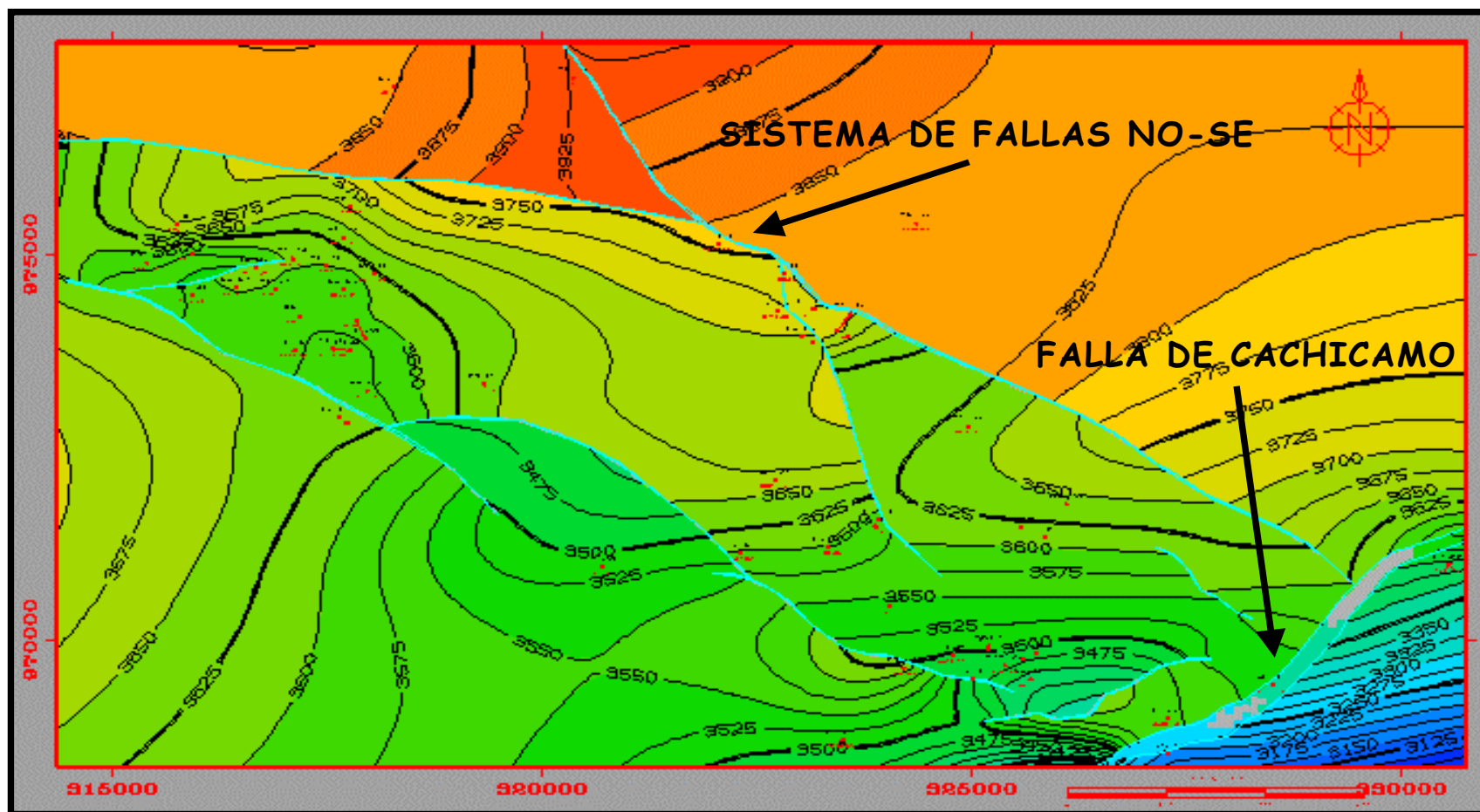


Fig. 4.2 Mapa estructural al tope de Merecure U2U



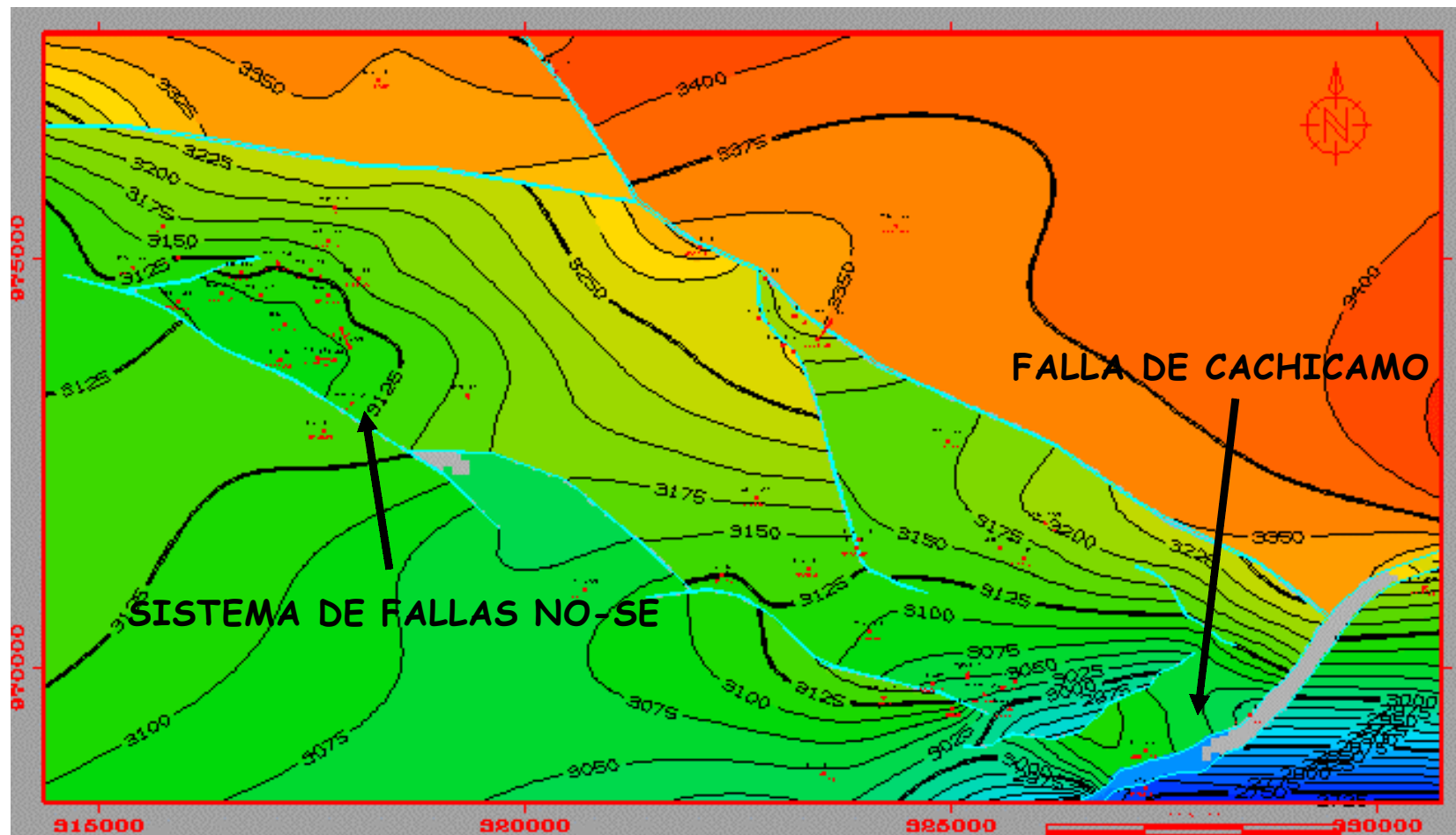
*Fig. 4.3 Mapa estructural al tope de Oficina TU*



continuidad en toda el área de Socororo. Igualmente se puede ver como se mantiene el monoclinal plegado de rumbo NO-SE buzando hacia el NE.

En los mapas se pueden observar los dos sistemas de fallas principales que delimitan la estructura principal del campo. Las fallas de rumbo NO-SE y buzamiento hacia el sur tienen una gran continuidad en toda el área. La falla Cachicamo se puede ver en la parte sur con un rumbo casi perpendicular a las anteriores.

Desde el punto de vista de las acumulaciones de hidrocarburos descubiertas en estos campos, el sistema de fallas paralelo al rumbo de las capas juega un papel fundamental por cuanto constituye la barrera buzamiento arriba para los hidrocarburos en su proceso migratorio.



*Fig. 4.4 Mapa estructural al tope de Oficina P2*

## **5. ARENAS PROSPECTIVAS**

### **5.1 GENERALIDADES**

Se revisaron dos yacimientos dentro del campo Socororo Oeste que corresponden a las arenas U2U yacimiento ES- 418 y U1M,L yacimiento ES- 417 por ser estos los de mayor importancia histórica como productores de hidrocarburos. A partir de los mapas de yacimiento realizados se interpretaron los contactos entre fluidos así como la estimación volumétrica del petróleo original en sitio.

Los mapas de yacimiento para las arenas antes mencionadas se realizaron a partir de los datos petrofísicos contabilizando los espesores de arena neta y arena neta petrolífera en cada uno de los pozos que conforman dichos yacimientos tomando en cuenta los siguientes criterios:

La arena neta (AN) es aquella arena considerada buen receptor de fluidos, tanto de agua como de hidrocarburos, para los pozos con registro de resistividad, densidad/neutrón, SPC y GR. La arena neta es definida por el volumen de arcilla (Vsh) presente en la misma así como por la porosidad. Se seleccionó un corte de 50% de Vsh y un corte de porosidad del 10% para contar las arenas de las formaciones Merecure y Oficina.

La arena neta petrolífera (ANP) incluye todas las arenas que indiquen una saturación de hidrocarburos que pueda ser producida y completada, con mínimo o cero cortes de agua. Para los pozos con registros de resistividad, densidad/neutrón y SPC la ANP fue contabilizada utilizando cortes de porosidad mayor o igual a un 10%, la saturación de agua menor o igual a un 50% y un volumen de arcilla menor o igual a un 50% para las arenas evaluadas de las formaciones Oficina y Merecure.

## **5.2 MAPAS DE YACIMIENTO**

### **5.2.1 Arena U2U, Yac. ES- 418**

Esta arena presenta un espesor promedio de 19 pies, con valores que oscilan entre los 10 pies en el pozo ES 419 hasta 28 pies en el pozo ES 438. La arena neta petrolífera presenta un valor promedio de 15 pies con valores que oscilan entre los 10 pies en el pozo ES 419 hasta 27 pies en el pozo ES 425.

Para este intervalo los valores de arcillosidad son relativamente bajos con un promedio de 20% de Vsh y valores que oscilan entre los 12% en los pozos ES 437 y ES 428 hasta 30% en el pozo ES 435. En general se puede considerar este intervalo como una arena relativamente limpia a partir de lo observado en los registros eléctricos donde se observan pocas entradas de lutitas. Esto genera un efecto importante en la porosidad la cual presenta valores que oscilan entre 20 y 30% en la gran mayoría de los pozos que conforman el yacimiento.

En el mapa de yacimiento (Fig. 5.1), se puede observar que el mismo se encuentra limitado por fallas normales y por el contacto agua petróleo al norte el cual se encuentra a una profundidad de -3788'.

El cálculo del POES se realizó planimetreando el mapa de arena neta petrolífera dando como resultado un POES de 19.342.250 barriles de petróleo, lo que representa un incremento de 8 MMBP en el POES con respecto a la información del libro de reservas. Se utilizó la siguiente fórmula y los cálculos se especifican en la tabla 1.2

$$\text{POES} = 7758 \times V \times \emptyset \times (1 - S_w) / B_{oi}$$

donde:

7758: Constante

V: Volúmen de la arena

$\emptyset$ : Porosidad de la arena

(1-S<sub>w</sub>): Saturación de petróleo

B<sub>oi</sub>: Factor volumétrico del petróleo

**Tabla 1.2 Resumen de los cálculos planimétricos de la arena U2U  
yacimiento ES 418**

<b>Por Isópacas</b>	<b>Vol.(planimetría)</b>	<b>V.(acres-pie)</b>	<b>Sw</b>	<b>N (BN)</b>
20-25	6.975	3830.112	0.2	5665604.073
30-25	5.5	3020.16		4467501.42
15-20	7	3843.84		5685910.898
<15	3.375	1853.28		2741421.326
25-30	0.4125	226.512		335062.6065
25-30	0.55	302.016		446750.142
			Nt=	19342250.47

**Vol= 13075.92 acres- pies**

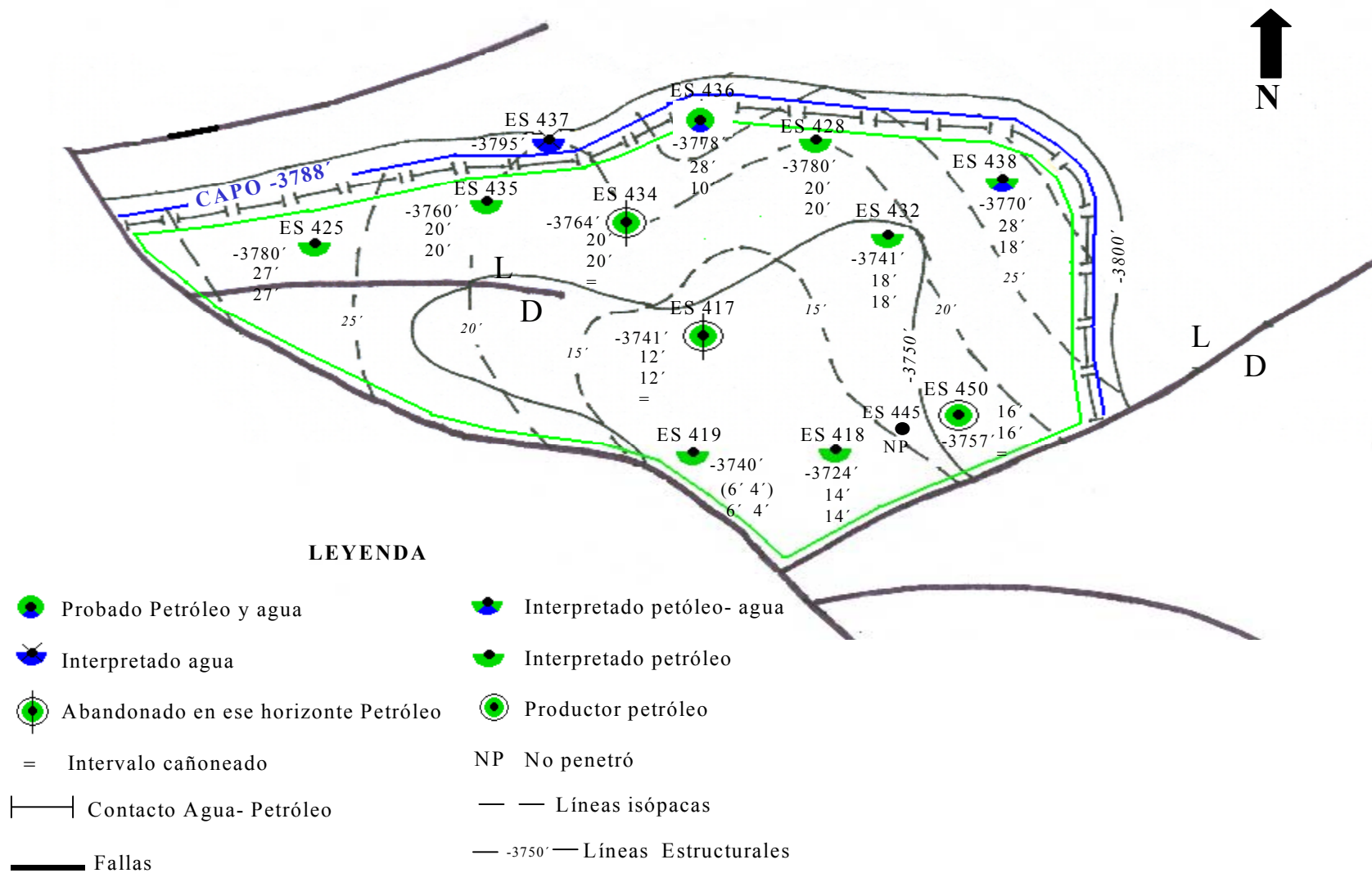
**Ø= 0.26**

**1-Sw= 0.8**

**Boi= 1.131**

**POES=  $7758 \times \text{Vol} \times \text{Ø} \times (1-Sw)/\text{Boi}$**

**POES= 19342250.5 BP**



*Fig. 5.1 Mapa isópaco estructural arena U2U yacimiento ES- 418*

### **5.2.2 Arena U1M,L yacimiento ES 417**

Esta arena presenta un espesor promedio neto de 35 pies, con valores que oscilan entre los 22 pies en el pozo ES 432 hasta 50 pies en el pozo ES 425. La arena neta petrolífera presenta un valor promedio de 24 pies con valores que oscilan entre los 10 pies en el pozo ES 437 hasta 40 pies en el pozo ES 418.

Para este intervalo los valores de arcillosidad aumentan con respecto a la arena U2U con un promedio de 23% de Vsh y valores que oscilan entre los 12% en el pozo ES 418 hasta 43% en el pozo ES 435. Esta arena se observa en los registros eléctricos como dos o tres lentes separados por intervalos lutíticos, sin embargo en la gran mayoría de los pozos que conforman el yacimiento se observa coalescencia, es por esto que se agruparon la U1M y U1L como un solo yacimiento. La porosidad se mantiene relativamente alta, con valores que oscilan entre 19% en el pozo ES 432 y 36% en el pozo ES 428.

En el mapa de yacimiento (Fig. 5.2), se puede observar que el mismo se encuentra limitado por fallas normales y por el contacto agua petróleo al norte el cual se encuentra a una profundidad de -3750'. Por otra parte se puede observar dentro del mapa una zona de transición que separa el yacimiento del acuífero. Dentro de la zona de transición se tienen saturaciones de agua que varían desde 20% hasta 85%. Con estos valores se calcularon las cuñas de agua



que existen dentro del yacimiento y posteriormente se restaron al valor del POES.

El cálculo del POES se realizó planimetreando el mapa de arena neta petrolífera dando como resultado un valor de 31349704 BP utilizando la ecuación anterior. Los cálculos se especifican en la tabla 1.3.

**Tabla 1.3 Resumen de los cálculos planimétrico de la arena U1M,L  
yacimiento ES 417**

<b>Cuña izquierda</b>	<b>Vol.(planimetría)</b>	<b>V.(acres-pie)</b>	<b>Sw</b>	<b>N (BN)</b>
40-50	1.125	617.76	0.85	168706.8135
50-60	0.88	483.2256	0.4	527864.8742
60-65	0.325	178.464	0.2	259933.4608
<b>Cuña derecha</b>	<b>Vol.(planimetría)</b>	<b>V.(acres-pie)</b>	<b>Sw</b>	<b>N (BN)</b>
30-40	0.525	288.288	0.75	131216.4105
40	0.315	172.9728	0.25	236189.5389
			N+1=	1323911.098
<b>Por Isopácas</b>	<b>Vol.(planimetría)</b>	<b>V.(acres-pie)</b>	<b>Sw</b>	<b>N (BN)</b>
30-40	9.1	4996.992	0.2	7278136.902
30-30	11.5	6314.88		9197645.536
40-30	10.5	5765.76		8397850.272
50-40	5.85	3212.352		4678802.294
60-50	0.48785	267.888192		390180.1195
60-65	0.104	57.10848		83178.70745
			N+2=	31349704.83

**Vol= 22355.67 acres- pies**

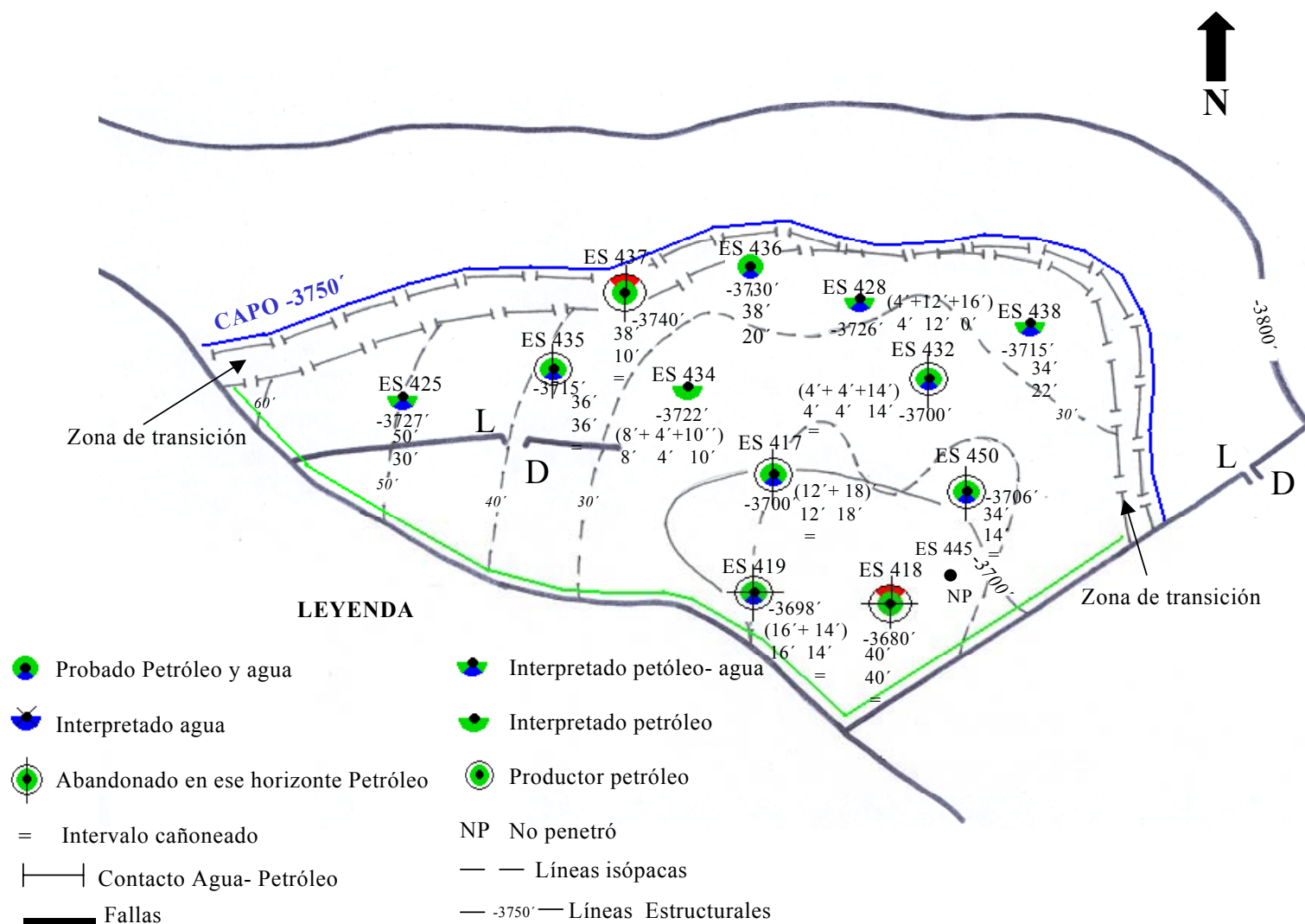
**$\emptyset$ = 0.26**

**1- Sw= 0.8**

**Boi= 1.107**

**POES=  $7758 \times \text{Vol} \times \emptyset \times (1-\text{Sw})/\text{Boi}$**

**POES= 31349704.83 BP**



*Fig. 5.2 Mapa isópaco estructural arena U1M,L yacimiento ES 417*

## CONCLUSIONES

- Se definió un modelo geológico para las formaciones Merecure y Oficina en el Área Socororo Oeste, lo que permitió agrupar en seis unidades genéticas designadas con los números I, II, III, IV, V, VI la sección de interés.
- Los límites de dichas unidades corresponden a las capas de lignitos de mayor extensión. Estos lignitos coinciden con los topes de los intervalos S2, R0, M2, J2, I2L y G.
- Se subdividieron las unidades genéticas en base a los patrones de empaquetamiento. La Formación Merecure se caracteriza por presentar tendencias principalmente agradacionales, mientras que la Formación Oficina se caracteriza por presentar tendencias progradacionales y retrogradacionales.
- Los ambientes sedimentarios se interpretaron a partir de los registros de pozos. La Formación Merecure se interpreta como un ambiente de sedimentación fluvial, donde predominan las arenas tipo canales amalgamados y entrelazados. La Formación Oficina se interpreta como un ambiente de sedimentación de llanura deltaica, donde predominan las arenas tipo canales distributarios y abanicos de rotura, mientras que los sedimentos finos representan los depósitos de la llanura de inundación.

- Las capas de lignito representan una característica importante dentro de la Formación Oficina, estos sugieren la existencia de pantanos durante la sedimentación de las mismas. Los lignitos son mas frecuentes en la parte inferior de la formación y van disminuyendo hacia la parte superior. En los registros eléctricos se observan con espesores de hasta dos pies.
- En general se observa a través de los mapas de arena neta de las unidades genéticas que los espesores de arena aumentan de sur a norte y de suroeste a noreste, lo que sugiere una fuente de sedimentos ubicada al sur y al suroeste.
- A partir de la nueva interpretación geológica de las arenas yacimiento U2U y U1M,L se generaron mapas de yacimiento definiéndose los contactos agua-petróleo a una profundidad de -3788' y -3750' respectivamente.
- El POES en la arena U2U Yac. ES 418 incrementó de 11 a 19 MMBP como resultado de la nueva interpretación geológica.
- El POES en la arena U1M,L Yac. ES 417 incrementó de 22 a 31 MMBP como resultado de la nueva interpretación geológica.
- De acuerdo con el análisis estructural el área corresponde a un monoclinal de rumbo noroeste- sureste y buzamiento de 3° hacia el noreste.

Atravesado por dos sistemas de fallas normales aproximadamente perpendiculares entre sí.

- La barrera principal en la acumulación de los hidrocarburos en el área corresponde al sistema de fallas con orientación noroeste- sureste.

## RECOMENDACIONES

- Extender la interpretación estratigráfica siguiendo los criterios establecidos en este estudio al resto del Área Mayor de Socororo.
- Corte de núcleos continuos en la parte inferior de la Formación Oficina y parte superior de la Formación Merecure, incluyendo lutitas para una mejor caracterización de los yacimientos (definición de la arquitectura de las facies presentes, sellos, unidades de flujo).
- Aplicación de nuevas tecnologías en delineación de yacimientos para obtener un modelo estructural-estratigráfico mas detallado, que permita la reducción de incertidumbre en la ubicación de nuevas áreas de interés.
- Adquirir sísmica 3D en el área de estudio cuidando los parámetros de adquisición y procesamiento a nivel estratigráfico. Igualmente ubicar y cargar las líneas 2D existentes en el área y considerar su reprocesamiento a nivel estratigráfico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ✓ ARSTEIN, R., CABRERA, E., RUSSOMANNO, F y SANCHEZ, H (1.985) *Revisión Estratigráfica de la Cuenca de Venezuela Oriental.* "VI Congreso Geológico Venezolano, Tomo I, 41 - 68 p.
- ✓ BARRIOS, F. (1993) *Sequence stratigraphy of the Monagas Area, Cuenca Oriental de Venezuela.* Informe Técnico, Archivos de Geología, Lagoven.
- ✓ CAMPOS, V., CABRERA, S. y LANDER, R. (1985) Estratigrafía de noreste de Anzoátegui. VI Congreso Geológico Venezolano, Tomo I, 156-200p.
- ✓ CORPOMENE C.A. (1.998) *Fase I del Estudio de Reactivación del Area Mayor Socororo.* Informe Técnico, 106 p.
- ✓ CORPOMENE C.A. (1.999) *Estudio de Reactivación del Area Mayor Socororo- Fase II.* Informe Técnico, 84 p.
- ✓ CORPOMENE C.A. (2001) *Plan de Desarrollo Optimizado -Fase III.* Informe Técnico, 90 p.



- ✓ Comité Interfilial de Estratigrafía y Nomenclatura (2000). *"Léxico Estratigráfico de Venezuela"*. PDVSA - Intevep; <http://www.pdv.com/lexico>.
- ✓ CRAMEZ, C. y AUDEMARD, F. (1990) *Glosario de estratigrafía secuencial*. Centro científico y técnico total París, Francia.
- ✓ DE SISTO, J. (1960) *Distribución geográfica de arena neta en la Formación Oficina en el Área de Gran Oficina en Venezuela Oriental*. III Congreso Geológico Venezolano, Tomo III, 939- 942p.
- ✓ DE SISTO, J. (1960) *Distribución geográfica de nueve lignitos y arenas asociadas en la Formación Oficina en el Área Mayor de Oficina en Venezuela Oriental*. III Congreso Geológico Venezolano, Tomo III, 943- 947p.
- ✓ DI CROCE, J. (1989) *Análisis sedimentológico de la Formación San Juan en la Cuenca Oriental de Venezuela (Estados Anzoátegui y Monagas)*. Magister Tesis, Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- ✓ DI CROCE, J., BALLY, A. and VAIL, P. (1999) *Sequence stratigraphy of the Eastern Venezuelan Basin*. En Mann, P. (ed) Caribbean Basins. Sedimentary Basins of the world, 4. Elsevier Science B.V., Amsterdam. 419-476 p.

- ✓ FUNKHOUSER, H., SASS, L. Y HEDBERG, H. (1948) "*Santa Ana, San Joaquín, Guárico and Santa Rosa oilfields (Anaco fields), central Anzoátegui, Venezuela.*" American Association of Petroleum Geologist, Bulletin V: 32, No. 10: 1851- 1908 p.
- ✓ GALLOWAY, W. (1989) *Genetic Stratigraphic Sequences in Basin Analysis I: Architecture and Genesis of Flooding- Surface Bounded Depositional Units.* American Association of Petroleum Geologist, Bulletin V: 73, No. 2, 125 -142 p.
- ✓ GALLOWAY, W. and HOBDA, D. (1996) **Terrigenous Clastic Depositional Systems. Applications to Fossil Fuel and Groundwater Resources.** Segunda Edición. Springer, New York. 490p.
- ✓ GODDELIEETTE, A. (2000) *Interpretación sísmica estructural interactiva 2D del Proyecto Socororo a partir de datos reprocesados.* Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Inédito. 78p.
- ✓ GONZALEZ DE JUANA, C., ITURRALDE, J. y PICARD, X. (1.980) *Geología de Venezuela y sus cuencas petrolíferas.* Ediciones Foninves, Caracas.1031 p.

- ✓ HAMILTON, D. Y TADROS, N. (1994) **Utility of Coal Seams as Genetic Stratigraphic Sequence Boundaries in Nonmarine Basins: An Example from the Gunnedah Basin, Australia**. American Association of Petroleum Geologist, Bulletin, V. 78, No. 2: 267-286 p.
- ✓ HEDBERG, H., SASS, L. y FUNKHOUSER, H. (1947) "Oil fields of the greater Oficina area, central Anzoátegui, Venezuela". American Association of Petroleum Geologist, Bulletin, V. 31, No. 12: 1089- 2169 p.
- ✓ HUNG, E. (1997) **Foredeep and thrust belt interpretation of the Maturín sub-basin, eastern Venezuela Basin**, Master Thesis. Rice University, Houston, Texas, 125p.
- ✓ M.E.M Dirección General de Servigiomin (1997) **"Léxico Estratigráfico de Venezuela"** Tomo I, II. Tercera edición. Dirección de Geología. Boletín de Geología. Publicación especial N° 12.
- ✓ MITCHUM, R. (1997) **Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 1: Glossary of terms used in seismic stratigraphy**. En PAYTON, C. (ed). Seismic stratigraphy- applications to hydrocarbon exploration. : American Association of Petroleum Geologist, Mem. N° 26: 205- 212p.

- ✓ MUÑOZ, N. (1985) *Estudio geológico integrado de la Cuenca Oriental de Venezuela Resumen*. Publicada por S.A. Meneven, filial de Petróleos de Venezuela S.A. Caracas, 271p.
  
- ✓ PARNAUD, F., GOU, Y., PASCUAL, J., TRUSKOWSKI, I., GALLANGO, O. and PASSALCQUA, H. (1995). *Petroleum Geology of the Central Part of the Eastern Venezuelan Basin*. In: TANKARD, A., SUAREZ, R. y WELSINK, H. Petroleum basins of South America. (Eds.). American Association of Petroleum Geologist, Memoir 62, p. 741-756
  
- ✓ SCHULUMBERGER (1997) "*Evaluación de pozos (WEC)*" Capítulo I. Cuencas petrolíferas. Versión Multimedia (CD).
  
- ✓ VAN WAGONER, J., MITCHUM, R., CAMPION, K. and RAHMANIAN, V. (1990) *Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores, and Outcrops: Concepts for High- Resolution Correlation of Time and Facies*. America Association of Petroleum Geologist, Methods in Exploration Series, No. 7. 52 p.
  
- ✓ VAIL, P., MITCHUM., R and THOMPSON, S. (1997) *Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap*. En: PAYTON, C. (ed.). Seismic stratigraphy- applications to hydrocarborn exploration. AAPG, Mem. N° 26: 63-97p.

# ANEXOS

**Apéndice A.1. Sumario de las características petrofísicas de la  
arena U2U yacimiento ES 418**

TOPE (Pies)	AN (Pies)	ANP (Pies)	PHI (%)	VCL (%)	POZO
-3741	12	12	20	25	ES 417
-3724	14	14	24	39	ES 418
-3740	10	10	22	30	ES 419
-3780	27	27	20	26	ES 425
-3780	20	20	30	12	ES 428
-3741	18	18	25	14	ES 432
-3764	20	20	25	19	ES 434
-3760	20	20	25	30	ES 435
-3778	28	10	23	19	ES 436
-3793	20	0	24	12	ES 437
-3770	28	18	28	16	ES 438
-3757	16	16	20	15	ES 450

**Apéndice A.2. Sumario de las características petrofísicas  
de la arena U1M,L, yacimiento ES 417**

TOPE (Pies)	AN (Pies)	ANP (Pies)	PHI (%)	VCL (%)	POZO
-3700	30	30	25	20	ES 417
-3680	40	40	27	12	ES 418
-3698	30	30	18	25	ES 419
-3727	50	30	20	20	ES 425
-3726	32	16	36	18	ES 428
-3700	22	22	19	25	ES 432
-3722	22	22	21	20	ES 434
-3711	36	36	20	43	ES 435
-3730	38	20	22	24	ES 436
-3740	38	10	19	22	ES 437
- 3715	34	22	28	20	ES 438
-3706	34	14	19	22	ES 450