



SUBDIRECCIÓN TÉCNICA

**LOCALIZACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS
CUENCA LLANOS ORIENTALES**

**CONTRATO No. 055 de 2007
LOCALIZACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS EN CADA UNA DE LAS
SIGUIENTES CUENCAS: CHOCÓ, CESAR-RANCHERÍA, SINÚ (ZONA SUR),
CAUCA-PATÍA, LLANOS ORIENTALES Y CAGUÁN**

PRESENTADO POR:



GEOCONSULT LTDA

ENERO DE 2008

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABLAS	4
INTRODUCCIÓN	5
1. OBJETIVO	6
2. LOCALIZACIÓN.....	7
3. INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y GEOFÍSICA UTILIZADA	9
4. DEFINICIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO REGIONAL	11
4.1 EVOLUCIÓN DE LA CUENCA	11
4.2. PRINCIPALES RASGOS ESTRUCTURALES.....	14
4.3 ESTRATIGRAFÍA Y ELEMENTOS DEL SISTEMA PETROLÍFERO	16
4.3.1 Paleozoico Inferior.....	18
4.3.2 Cretácico.	18
4.3.2.1 Formación Une (Cenomaniano).....	18
4.3.2.2 Formación Gacheta (Turoniano- Coniaciano).	18
4.3.2.3 Formación Guadalupe (Coniaciano Superior -Maastrichtiano Inferior).....	19
4.3.3 Terciario.....	19
4.3.3.1 Formación Barco (Paleoceno Temprano).	19
4.3.3.2 Formación Cuervos (Paleoceno Medio- Eoceno Inferior).....	19
4.3.3.3 Formación Mirador (Eoceno Inferior-Eoceno Tardío).	19
4.3.3.4 Formación Carbonera (Eoceno Medio? - Oligoceno Inferior).	19
4.3.3.5 Formación León - León Shale (Oligoceno Tardío (?)-Mioceno).....	19
4.4 SISTEMA PETROLIFERO	20
4.4.1 Roca Generadora.....	20
4.4.2 Roca Almacenadora.	20
4.4.3 Roca Sello.	21
5. INTERPRETACIÓN SÍSMICO-ESTRUCTURAL.....	22
6. RECOMENDACIÓN PARA LA PERFORACIÓN DE POZOS	
ESTRATIGRÁFICOS	24
6.1 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-1	24
6.2 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-2	34
6.3 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-3	38
6.4 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-4	40
7. PROGRAMA DE PERFORACION	46
7.1 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-1	46
7.2 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-2	48
7.3 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-3	50
7.4 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-4	51
8. CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFIA.....	54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización de la Cuenca Llanos Orientales	7
Figura 2. Cuenca Llanos orientales, vías de comunicación	8
Figura 3. Cuenca Llanos Orientales. Trenes de producción y principales campos petrolíferos	10
Figura 4. Información sísmica disponible Cuenca Llanos Orientales	10
Figura 5. Historia Tectónica regional, Cuenca Llanos Orientales	12
Figura 6. Evolución tectónica regional, estructuras resultantes	13
Figura 7. Principales rasgos estructurales, Cuenca Llanos Orientales	15
Figura 8. Nomenclatura Estratigráfica	16
Figura 9. Columna estratigráfica Cuenca Llanos Orientales	17
Figura 10. Localización de los pozos estratigráficos recomendados	25
Figura 11. Pozo Estratigráfico Llanos-1. Sección sísmica RO-1980-01	26
Figura 12. Limite de depositación Unidades C7 a C1 y localización de los pozos Estratigráficos Cuenca Llanos Orientales	28
Figura 13. Limite de depositación Formación Mirador y localización de los pozos Estratigráficos Cuenca Llanos Orientales	29
Figura 14. Limite de depositación de formaciones Cretácicas y localización de los pozos estratigráficos Cuenca Llanos Orientales	30
Figura 15. Limite de depositación del Paleozoico y localización de los pozos Estratigráficos Cuenca Llanos Orientales	31
Figura 16. Pozo Estratigráfico Llanos-2. Línea sísmica VI-92-6400	35
Figura 17. Sección sísmica RT-89-03	41
Figura 18. Localización de los pozos estratigráficos, cuenca Llanos Orientales	45
Figura 19. Estado Mecánico y prognosis Pozo Llanos Estratigráfico-1	48

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Prognosis de litologías a encontrar en el pozo Llanos Estratigráfico 1	32
Tabla 2. Prognosis Pozo Llanos Estratigráfico-1	33
Tabla 3. Prognosis de litologías a encontrar en el pozo Llanos Estratigráfico 2	36
Tabla 4. Prognosis Pozo Llanos Estratigráfico-2	37
Tabla 5. Prognosis de litologías a encontrar en el pozo Llanos Estratigráfico 3	38
Tabla 6. Prognosis Pozo Llanos Estratigráfico-3	39
Tabla 7. Prognosis de litologías a encontrar en el pozo Llanos Estratigráfico 4	42
Tabla 8. Prognosis Pozo Llanos Estratigráfico-4	43
Tabla 9. Coordenadas de los puntos seleccionados para pozos estratigráficos en la Cuenca Llanos Orientales	44

INTRODUCCIÓN

Casi cuarenta años después de haberse iniciado la exploración en los valles del río Magdalena en tierras del norte de Colombia, Shell Condor en 1944, inició el proceso de exploración en los Llanos Orientales con la perforación del pozo exploratorio San Martín-1. Posteriormente se perforaron los pozos Chafurray-1, Chaviva-1 y Vorágine-1 que mostraron la presencia de crudos pesados sin lograr establecer producción comercial, esfuerzo que se continuó por veinticinco años más, incluyendo adquisición de datos sísmicos en diferentes sectores y la perforación de pozos exploratorios y estratigráficos, aportando al conocimiento de la cuenca pero sin descubrimientos económicos.

Veinticinco años después de haberse iniciado la exploración en los Llanos, en 1969 Chevron perforó el primer pozo descubridor de un campo comercial, el pozo Castilla-1, dos kilómetros al norte del sitio donde se perforó el primer pozo exploratorio San Martín-1. Durante las décadas de los 70's y 80's la inversión agresiva por parte de las compañías internacionales, deja como resultado el hallazgo de los campos: Rubiales, Castilla, Caño Limón, Apiay, La Gloria y Tocaría y se descubren posteriormente campos de menor tamaño en el sector central, al occidente del río Meta principalmente. A la fecha han sido perforados cerca de 270 pozos exploratorios y descubiertos alrededor de 64 campos petrolíferos, excluyendo la zona del Piedemonte.

Geológicamente la cuenca de los Llanos Orientales está compuesta por sedimentos del Paleozoico Superior, Cretácico y Terciario, que descansan sobre el basamento ígneo-metamórfico del Escudo Guayanés. El proceso exploratorio ha sido orientado principalmente a la búsqueda de hidrocarburos en trampas estructurales, sin embargo los diferentes autores coinciden en afirmar que al oriente de la faja explorada en la actualidad, podrían existir importantes acumulaciones en trampas estratigráficas, o inclusive en sedimentos paleozoicos que no han sido debidamente estudiados.

1. OBJETIVO

La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en su calidad de administradora del recurso hidrocarburífero del país, visualizó la necesidad de adquirir información de subsuelo que le sirva como materia prima del proceso exploratorio, parte de la cual consiste en la perforación pozos estratigráficos en cuencas sedimentarias que se consideran de bajo nivel exploratorio, buscando obtener muestras de roca que le permitan mediante análisis exhaustivos, adquirir la mayor información geológica de los procesos evolutivos de la cuenca y del sistema petrolífero (roca fuente, almacenadoras y rocas sello).

En el presente documento se relaciona el análisis que la compañía Geoconsult realizó para la ANH en la Cuenca Llanos Orientales en desarrollo del proyecto “Localización de pozos estratigráficos”.

2. LOCALIZACIÓN

La Cuenca de los Llanos Orientales (**Figura 1**), es la mayor de las cuencas sedimentarias de Colombia. Está comprendida entre las estribaciones de la Cordillera de Los Andes al oeste y el Escudo de la Guayana por el este. Su extensión norte a sur va desde la frontera colombo venezolana (río Arauca) hasta las estribaciones de la Serranía de la Macarena y el Arco del Guaviare.

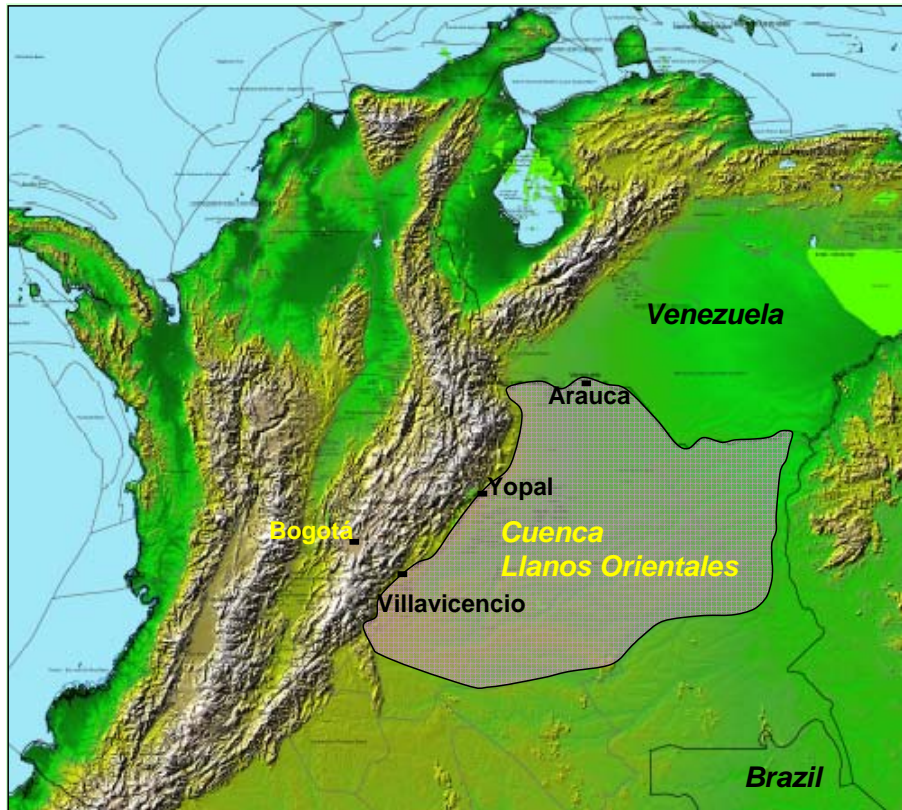


Figura 1. Localización de la Cuenca Llanos Orientales.

Por su gran extensión, su accesibilidad en términos generales es difícil por vía terrestre, estando comunicada con el centro del país, por algunas carreteras que desde la Cordillera Oriental bajan a los Llanos, haciéndose mas difícil su comunicación al oriente, por no existir puentes sobre los grandes ríos. En la **Figura 2**, se observan las principales vías de comunicación en la región.

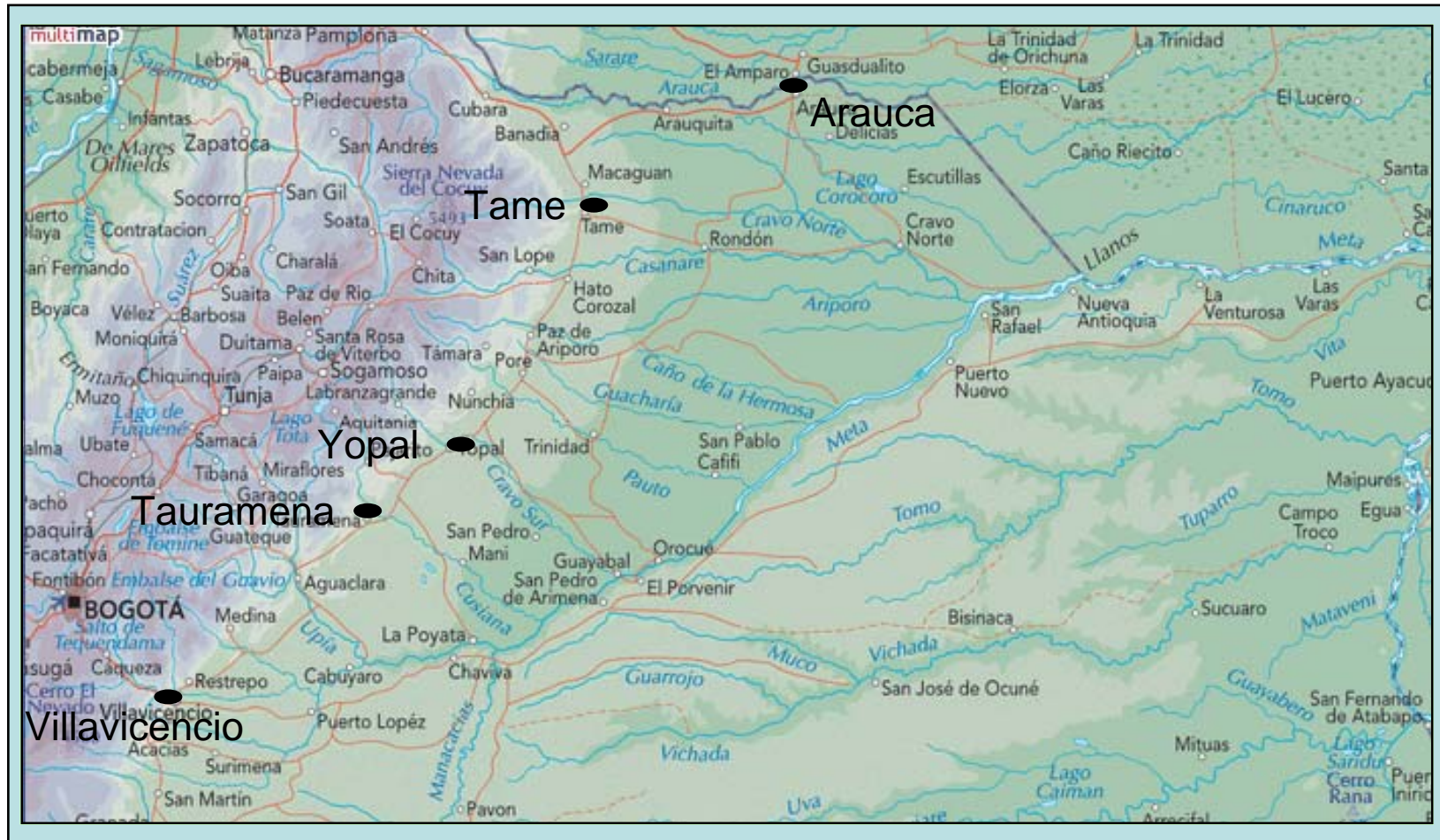


Figura 2. Cuenca Llanos orientales, vías de comunicación. Fuente: www.multimap.com

3. INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y GEOFÍSICA UTILIZADA

Diferentes compañías que han explorado la cuenca de los Llanos Orientales, han dejado no solo conocimiento sino una importante base de datos de subsuelo, principalmente del sector occidental, en donde se han realizado los principales descubrimientos de hidrocarburos. La cuenca tiene cerca de 1,360 pozos perforados, más de 87,000 kilómetros de sísmica 2D, sísmica 3D sobre los principales campos y en ella se han descubierto cerca de 64 campos de hidrocarburos que se encuentran distribuidos geográficamente en trenes de producción como se muestra en la **Figura 3**.

El cubrimiento sísmico de la cuenca se observa en la **Figura 4**, en donde se aprecia que los trabajos realizados se concentran principalmente en la franja occidental, que corre paralela a la Cordillera Oriental; muy pocos han sido los levantamientos sísmicos obtenidos en el sector oriental en donde los diferentes autores coinciden en afirmar que existen posibilidades de acumulación de hidrocarburos en trampas estratigráficas. Durante los últimos 15 años los esfuerzos de las diferentes compañías, han estado orientados a la adquisición de nueva información al occidente, en ambientes de alta deformación relacionados con los descubrimientos del piedemonte y a la definición de estructuras menores, ubicadas entre los trenes de producción previamente descubiertos, principalmente en los departamentos de Meta y Casanare.

Adicionalmente a las evaluaciones locales e innumerables levantamientos sísmicos se han realizado diferentes estudios regionales, entre otros: Cooper *et al.*, 1994; ECOPETROL, 1994; BEICIP–ECOPETROL, 1995; ECOPETROL, 1994, los cuales se han constituido en referente obligatorio de las diferentes evaluaciones que se realizan sobre la cuenca.

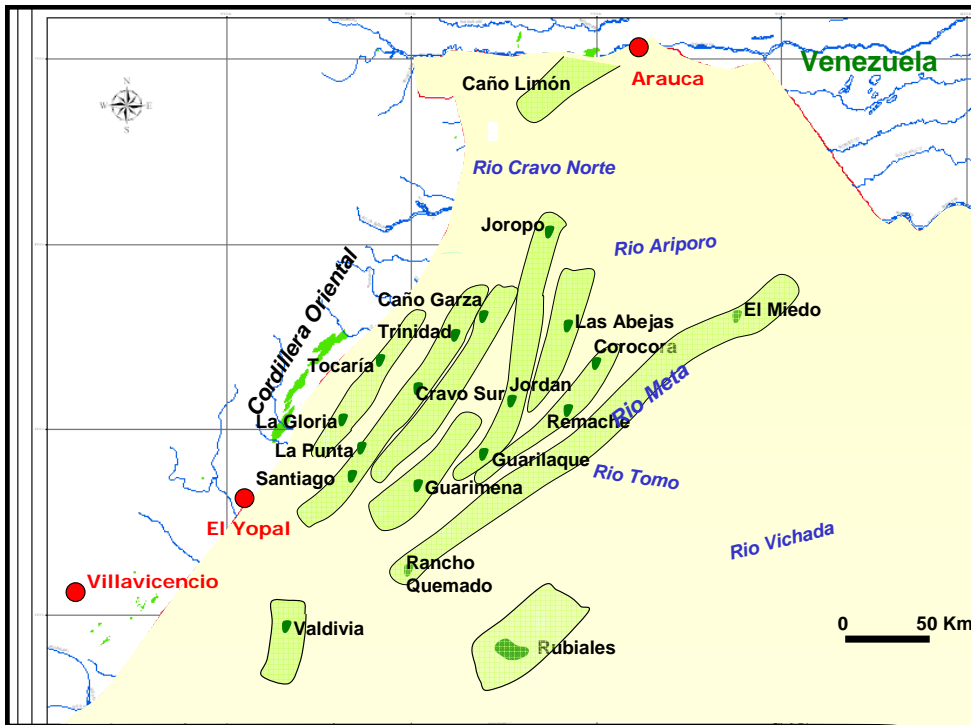


Figura 3. Cuenca Llanos Orientales. Trenes de producción y principales campos petrolíferos.

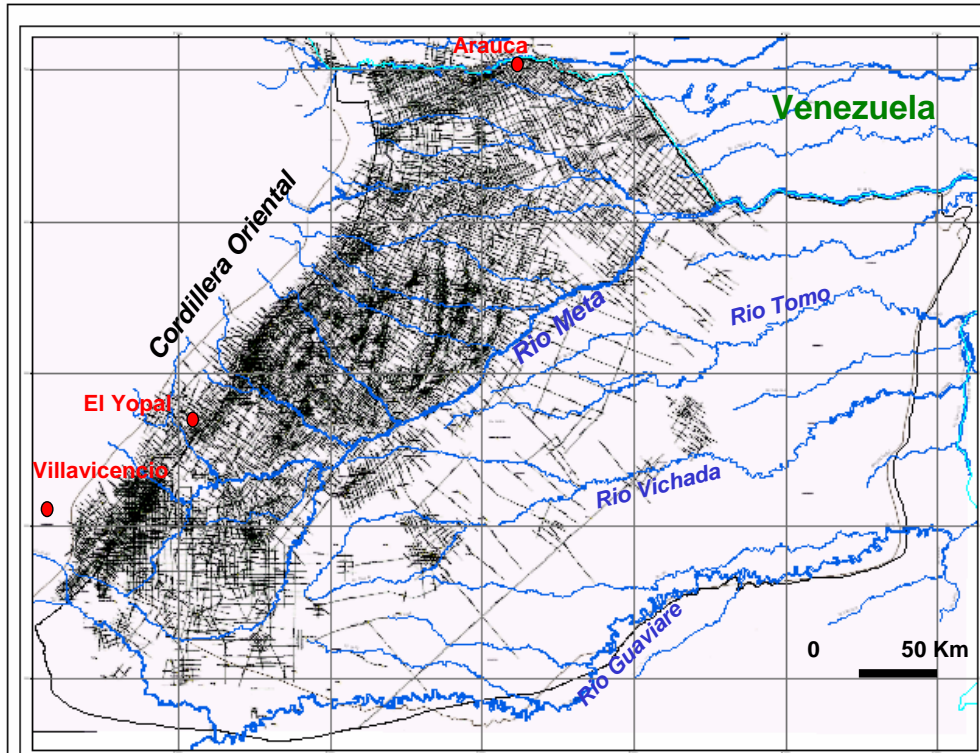


Figura 4. Información sísmica disponible Cuenca Llanos Orientales.

4. DEFINICIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO REGIONAL

La Cuenca Llanos Orientales está localizada al sureste de la Cordillera Oriental en la franja comprendida entre esta cordillera y el escudo de Guayana. Ha sido clasificada como una cuenca de antepaís (*foreland*) en la cual el depocentro se encuentra ubicado en el piedemonte de la cordillera. Sus estratos están compuestos por capas de sedimentos del Cretácico y Terciario que descansan sobre una depresión estructural del basamento ígneo-metamórfico del Escudo de la Guayana. Es fuertemente asimétrica en sección transversal, con su flanco occidental escarpado sobre rocas pre-Cretácicas andinas altamente deformadas y su flanco oriental de suave inclinación sobre las rocas cristalinas del escudo de la Guayana (ECOPETROL, 1976).

4.1 EVOLUCIÓN DE LA CUENCA

A comienzos del Paleozoico, debido a esfuerzos tensionales se comenzaron a formar cuencas limitadas por fallas normales al oeste del Meta y el centro de Arauca (Graben del Espino) donde fueron depositados sedimentos sobre el basamento ígneo-metamórfico del escudo de la Guyana. El área central del Casanare fue un alto donde no se depositaron grandes espesores, aunque fue también fue afectado por fallamiento normal.

Posteriormente, se presentó una inversión tectónica que levantó la cuenca y dio origen al fallamiento inverso y plegamiento en las zonas de mayor depositación Paleozoica. Este evento podría corresponder con la orogenia caledoniana (Irving, 1971), que hizo de la actual Cuenca de los Llanos un área emergida, sometida a peneplanización, con algunos episodios locales de depositación continental durante el Tria-Jurásico en el área noroeste de Arauca.

A finales del Cretácico comenzó una actividad tectónica en Arauca que originó las fallas de Caño Limón y La Yuca, llegando a su máximo durante el Oligoceno Inferior. La actividad de las fallas declinó hacia el Mioceno siendo prácticamente fosilizadas en el tiempo de depósito de la Formación León. Al final del Mioceno se inicia la Orogenia Andina levantando la Cordillera Oriental que forma el límite oeste de la Cuenca de los Llanos y reactivando las fallas normales de la parte central como fallas de alivio (ECOPETROL, 1994). En las **Figuras 5 y 6** se resumen los principales eventos que controlaron la conformación de la estructura y sedimentación en la cuenca de los Llanos Orientales.

EDAD	MARGEN DE PLACA	OROGENO	MOTOR	REGIMEN TECTONICO	CAMPO DE ESFUERZOS	ESTILO ESTRUCTURAL		CORDILLERAS				TIPO DE CUENCA	TECTONO SECUENCIAS
						CORDIL. OR	LLANOS	COSTA	OCC.	C.	OR.		
PLIO. RECIEN	COLISION	ANDINO S.S.	COLISION OBLIC. ARCO VOLCAN. DE PANAMA	COMPRESIVO	NNE SSO DIACRONO S-N	THICK SKINNED*	REACTIVACION TRENES PALEOZOICOS (ARAUCA)	SUBDUCCION			OROGENO	"FORELAND" ANDINO	MIGRACION FOREBULGE
MIOCENO.						THIN SKINNED*							
OLIGOCENO.	SUBDUCCION			QUIESCENTE									
EOCENO.													
PALEOCENO.	COLISION		COLISION OBLIC. ARCO VOLCAN. CORD. OCCID.	COMPRESIVO	NNE SSO DIACRONO S-N			SUBDUCCION	OROGENO		"FORELAND" PREANDINO	EROSION BASIN REBOUND?	
MAASTRICH. CAMPAN. SANTON. CONIAC. TURON. CENOM. ALB. APT. BARRE. HAUTE. VALANG. BERRIA.												SUBDUCCION DE LA PLACA PROTOPACIFICO	QUIESCENTE
JURASICO.	C O N V E R G E N T E		APERTURA PROTOCARIBE, SUBDUCCION PROTOPACIFICO	EXTENSIVO	NNE SSO	GRABEN		ARCO VOLCANICO			"BACK ARC"	RIFT	
TRIASICO.												REACTIVACION GRABENES (ARAUCA)	
PERMICO.	HERCINIANO			COMPRESIVO	?								
CARBON.				EXTENSIVO									
DEVONICO.	CALEDONIANO			COMPRESIVO	NE SSO	THIN SKINNED (META)	TRANSPRESIVO (ARAUCA)				"BACK ARC" ?		
SILURICO.				QUIESCENTE									
ORDOVICICO.				EXTENSIVO	ENE DSO	GRABEN (ARAUCA)							
CAMBRICO.													

Figura 5. Historia Tectónica regional, Cuenca Llanos Orientales. Tomada de: BEICP, 1995.



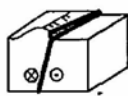
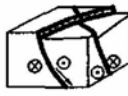


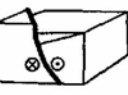
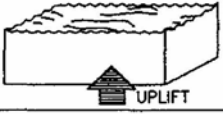
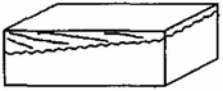
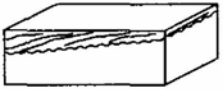
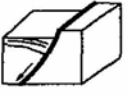









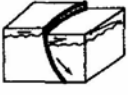

	PIEDEMONT CORD. ORIENT.	FOREDEEP	ARAUCA	CASANARE	META
MIOC. MEDIO RECIENTE					
OLIGOCENO					
EOCENO	 ↑ UPLIFT				
PALEOCENO					
CRET. SUP.					
CRET. INF					
TRIAS./JUR.					
PERM./CARB. SILURICO					
ORDO. TARDIO SILURICO					
CAMBRICO					

Figura 6. Evolución tectónica regional, estructuras resultantes. Cuenca Llanos Orientales. Tomada de BEICP, 1995.

4.2. PRINCIPALES RASGOS ESTRUCTURALES

En la cuenca de los Llanos Orientales se han identificado algunos rasgos principales, los cuales corresponden principalmente con altos de basamento que controlaron la depositación de los sedimentos Terciarios y Cretácicos. BEICIP (1986), con base en interpretación de registros eléctricos y gravimetría, elaboró el mapa de estructuras que se presenta en la **Figura 7**.

Como consecuencia de los procesos de evolución tectónica en la Cuenca de los Llanos a nivel regional, se reconocen diferentes estilos estructurales que se denominan en este trabajo: zona de Gravens, zona de Fallas Antitéticas, zona de Paleoaltos de Basamento y Plataforma Oriental (**Figura 7**). Al norte, el sector de Gravens se caracteriza por la presencia del Graven de Arauca limitado al sur por el paleoalto de Santa María.

El sector central se caracteriza por la presencia de Fallas Antitéticas, que han sido el principal objetivo exploratorio en la cuenca y donde se concentra la mayor cantidad de campos productores. La región del sur, se diferencia de las otras por la presencia de paleoaltos de basamento que controlan la sedimentación Paleozoica, Cretácica y Terciaria. Al oriente se observa una plataforma estable (**Figura 7**) representada en el Escudo de la Guayana, sobre la cual se encuentra la sedimentación de rocas del Eoceno (Formación Mirador) hasta el reciente y donde las trampas de hidrocarburos tienen un importante control estratigráfico e hidrodinámico (Campo Rubiales).

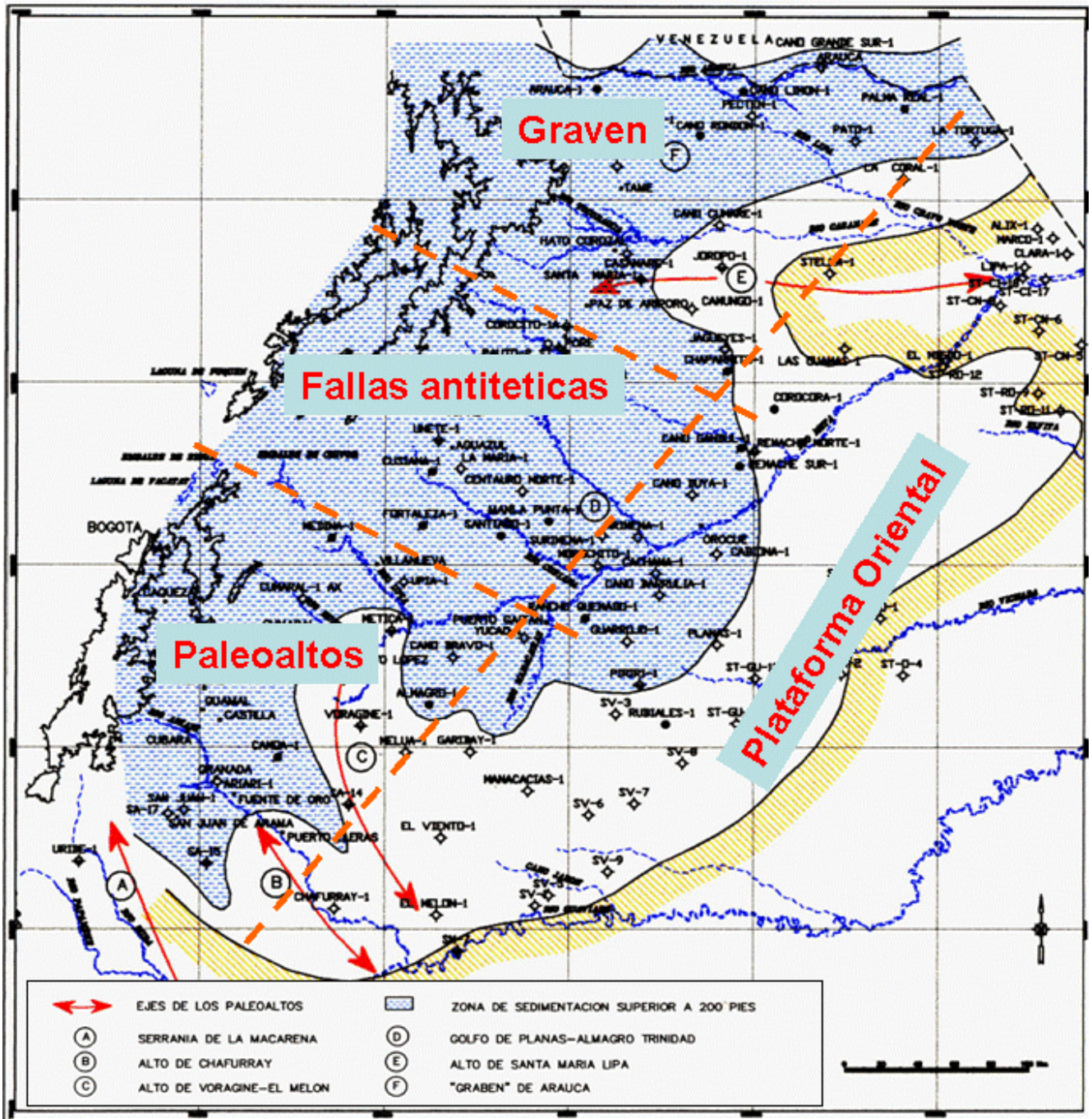


Figura 7. Principales rasgos estructurales, Cuenca Llanos Orientales. Modificado de BEICP, 1995.

4.3 ESTRATIGRAFÍA Y ELEMENTOS DEL SISTEMA PETROLÍFERO

La literatura sobre la estratigrafía de los Llanos Orientales muestra una amplia variedad de términos utilizados por las diferentes compañías petroleras, lo cual crea confusión cuando se trata de correlacionar eventos geológicos. En la **Figura 8** se hace referencia a los diferentes nombres que han recibido las unidades estratigráficas, incluyendo la nomenclatura adoptada por ECOPETROL en su esfuerzo por unificar criterios y terminología. La nomenclatura unificada se denomina en dicha figura como "Regional ECOPETROL". En la **Figura 9** se relaciona la columna estratigráfica de la cuenca.

PERIODO	EPOCA		META ECOPETROL	CASANARE ELF AQUITAINE	ARAUCA OCCIDENTAL	REGIONAL ECOPETROL		
	EDAD	EDAD						
TERCIARIO	MIOCENO	TEMPRANO	GUAYABO	LEON	GUAYABO	LEON		
		MEDIO	LEON		LEON			
	OLIGOCENO	TARDIO		ARENISCAS SUPERIORES	CARBONERA	C1	CARBONERA SUPERIOR	C1
				LUTITA E		C2		C2
				C1		C3		C3
				ARENISCAS CARBONERA		C4		C4
		TEMPRANO		C2		C5	C5	
				LUTITA E3		C6	C6	
				T1		C7	C7	
				LUTITA E4		C8	C8	
	EOCENO	TARDIO		MIRADOR	CARBONERA INFERIOR	SUPERIOR	CARBONERA	MIRADOR
					INFERIOR			
CRETACEO	PALEOCENO			LOS CUERVOS BARCO			LOS CUERVO BARCO	
	MAASTRICHTIA			GUADALUPE	K1		GUADALUPE	
	CAMPANIANO	GUADALUPE	K1	GACHETA	K2		GACHETA	
	SANTONIANO		K2	ARENISCAS INFERIORES	K3		UNE	
	CONIACIANO							
CENOMANIANO								
TRIASICO			PZ	PZ	PZ		PZ	

Figura 8. Nomenclatura Estratigráfica. Tomada de ECOPETROL, 1995.

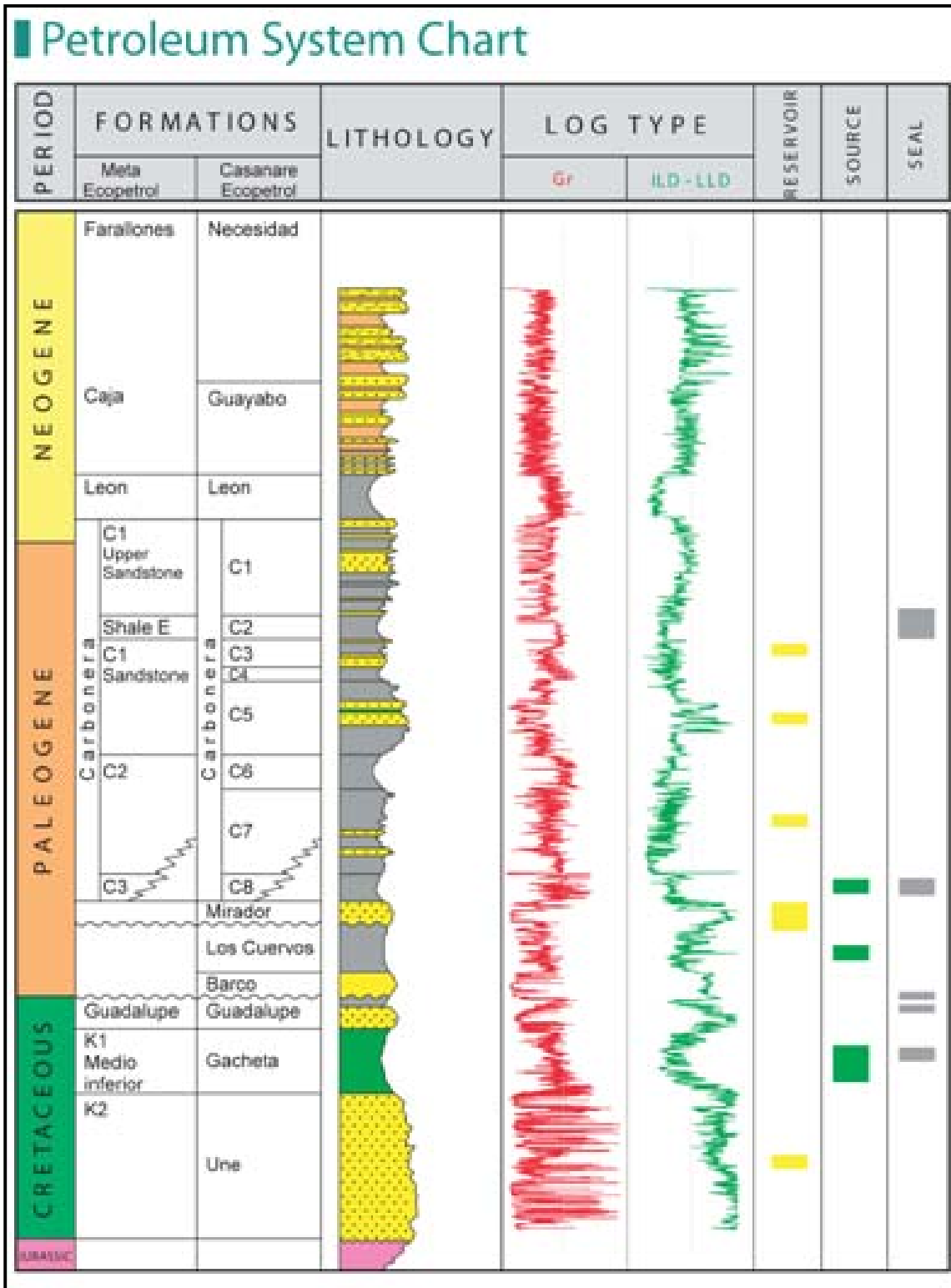


Figura 9. Columna estratigráfica Cuenca Llanos Orientales. Tomado de ANH, 2005.

4.3.1 Paleozoico Inferior. El Paleozoico consta de rocas metasedimentarias del Cambro–Ordovícico y rocas sedimentarias del Ordovícico y del Devónico. El Paleozoico ha sido perforado y datado en diferentes áreas de la cuenca, entre otros en los pozos Vorágine-1 y Negritos-1. Está compuesto por una secuencia de areniscas parcialmente calcáreas con una menor cantidad de lutitas pardas, pardo-rojizas y grises de composición silíceas y carbonosas con pirita y micas.

Con base en información palinológica y paleontológica se le asigna un ambiente marino somero. Los espesores de esta secuencia varían desde unos cientos de metros al oriente, hasta más de 2,000 metros en el piedemonte cordillerano al occidente. Los afloramientos del Paleozoico Inferior presentes en los Llanos, se encuentran ubicados en la vecindad noreste de la serranía de la Macarena.

4.3.2 Cretácico. Esta secuencia está limitada en la base por la inconformidad pre-Cretácica y hacia el tope por el pre-Eoceno superior. Está representado por una litología de clásticos mas o menos gruesos, localizados en la región oriental del Macizo de Quetame.

Las características sedimentarias permiten inferir como ambiente de sedimentación, marinos poco profundos que gradan a ambiente continental, ambientes de playa, llanuras deltaicas, llanuras de mares y ambientes lagunares (Henao, M.; Molina, D., 1981). Comprende las formaciones del Cretácico Superior (Une, Gacheta y Guadalupe).

Se presenta a continuación un resumen del registro litológico reportado por Liney, L.M. y Calderon, J.E. (1990) para las formaciones del Cretácico y del Terciario en la cuenca de los Llanos Orientales.

4.3.2.1 Formación Une (Cenomaniano). Esta formación definida en la región de Casanare se depositó inconformemente sobre los sedimentos del Paleozoico y en un área restringida, sobre el basamento cristalino Precámbrico. Consiste principalmente de areniscas cuarzosas con intercalaciones de limolitas carbonosas.

En la parte central de la cuenca, este horizonte está particularmente bien desarrollado, siendo su sección principalmente arenosa. El límite superior de la formación está indicado por el cambio litológico de areniscas masivas a lutitas, debido a un cambio de ambiente de sedimentación, de continental a marino somero.

4.3.2.2 Formación Gacheta (Turoniano- Coniaciano). Definida por Miller (1972, en ETAYO *et al.*, 1986) en el borde oriental de la Cordillera Oriental, es considerada como una secuencia de shales de color gris oscuro que contiene arenitas, las cuales aumentan en proporción hacia el oriente. Fue depositada en

un ambiente marino interno. Esta formación es considerada roca generadora en la Cuenca de los Llanos.

4.3.2.3 Formación Guadalupe (Coniaciano Superior -Maastrichtiano Inferior). La Formación Guadalupe fue redefinida por Pérez & Salazar como Grupo Guadalupe y lo dividen en las Formaciones: a) Formación Arenisca Dura, constituida por arenitas en bancos muy gruesos con interestratificaciones de limolitas, lodolitas, lodolitas silíceas y arcillositas; b) Formación Plaeners, consiste de arcillolitas y lodolitas silíceas; c) Formación Arenisca de Labor, formada por bancos gruesos de arenitas separados por capas muy delgadas de arcillolitas y d) formación Arenisca Tierna, consta de intercalaciones de bancos gruesos de arenitas y menos gruesos de lodolitas y arcillolitas hacia el techo.

4.3.3 Terciario

4.3.3.1 Formación Barco (Paleoceno Temprano). La Formación Barco reposa en forma concordante sobre rocas Cretácicas; consta de areniscas limpias masivas con delgadas intercalaciones de lutitas. Según Pérez *et al.*, (1984B), la Formación Barco es correlacionable en el borde oriental de la Cordillera oriental, con una unidad superior del Grupo Palmichal, mientras que Fabre (1984) la correlaciona con las Areniscas de Socha en la Sierra Nevada del Cocuy.

4.3.3.2 Formación Cuervos (Paleoceno Medio- Eoceno Inferior). Descansa en forma concordante sobre la Formación Barco y está compuesta predominantemente por lutitas; se correlaciona con la Formación Arcillas del Limbo y con las Arcillolitas de Socha.

4.3.3.3 Formación Mirador (Eoceno Inferior-Eoceno Tardío). Definida por Garner (1928) en Venezuela, consta de areniscas blancas de grano fino a medio, con delgadas intercalaciones de lutitas. Esta unidad es importante en la Cuenca de los Llanos como roca reservorio y sería correlacionable con la Formación Areniscas del Limbo y con las areniscas de la Formación Picacho, en la Cordillera Oriental.

4.3.3.4 Formación Carbonera (Eoceno Medio? - Oligoceno Inferior). Consta de rocas arcillo-limosas que alternan con rocas arenosas depositadas en ambientes que varían de marino transicional a continental; esta formación fue dividida en ocho unidades operacionales por la Compañía ELF AQUITAINE en el sector de Casanare; los niveles predominantemente arenosos desde C7 hasta C3 son productores en varios campos de dicho sector.

4.3.3.5 Formación León - León Shale (Oligoceno Tardío (?)-Mioceno). Se depositó en un ambiente marino a transicional y está compuesta por lutitas de color gris a gris verdoso, intercaladas con delgadas capas de areniscas con

láminas carbonáceas. Podría constituirse en roca sello hacia el oriente de la Cuenca. La Formación Guayabo asignada al Mioceno-Pleistoceno, corresponde con sedimentos tipo *molasa* de origen continental caracterizados por alternancia de arcillolitas, limolitas de color pardo rojizo.

4.4 SISTEMA PETROLIFERO

4.4.1 Roca Generadora. No se han encontrado acumulaciones económicas en sedimentos Pre-Cretácicos, aunque algunos pozos han tenido indicaciones menores de hidrocarburos (gas, petróleo y asfalto en unos 15 pozos según Sutherland, 1989). La calidad pobre de los posibles sedimentos almacenadores del Paleozoico y la poca preservación de hidrocarburos durante los extensos periodos de erosión pre-Cretácica son factores de alto riesgo (Halliburton, 2007).

Las lutitas tanto marinas como transicionales del Cretácico Tardío de la Formación Gachetá, son la principal roca fuente dentro de la cuenca (TOC 1 a 3%). Una roca fuente secundaria de origen principalmente continental (TOC 1 a 2%) en la Formación Carbonera, participó en las acumulaciones de aceite y gas. Adicionalmente existen otras dos (2) rocas fuente potenciales: Lutitas Devonianas con materia orgánica de origen mixto marino-continental (TOC 0.5 a 2%) y las lutitas del Paja-Cáqueza del Cretácico Inferior.

La generación y migración desde la roca fuente del Cretácico Superior en el occidente de la actual cuenca, ocurrió en el Eoceno Superior-Oligoceno, anterior a la Orogenia Andina. Un nuevo pulso de migración ocurrió después de la Orogenia Andina en el Mioceno-Pleistoceno. La mayoría del aceite generado tempranamente, debió haber migrado desde la cocina (Occidente) hacia el sector más oriental de la cuenca.

La vía de migración primaria no es conocida, pero probablemente ocurrió en las areniscas del Cretácico Superior. Parte de la carga de hidrocarburos en formaciones más recientes (Mirador, Carbonera) podría ser el resultado de la migración del aceite después de la Orogenia Andina y como consecuencia del fallamiento (BEICIP, 1995).

4.4.2 Roca Almacenadora. El principal reservorio en la Cuenca son las areniscas continentales de la Formación Mirador. También constituyen reservorios las areniscas del Cretácico Superior y de las formaciones Terciarias Barco y Carbonera (C1, C3, C5 y C7). Todos los reservorios tienen excelentes propiedades petrofísicas en el área de la plataforma (porosidades hasta del 20%).

Estas propiedades especialmente para el reservorio Mirador, se deterioran hacia el área del piedemonte (porosidades menores al 10%) en donde la destrucción

de la porosidad primaria es compensada por el desarrollo de la porosidad secundaria y el fracturamiento (BEICIP, 1995).

4.4.3 Roca Sello. Los sellos de tope de los reservorios Cretácicos son las lutitas de la Formación Gachetá y las lutitas interestratificadas de la Formación Guadalupe. Las areniscas de las Formaciones Mirador y Barco son selladas por las lutitas del miembro C8 de la Formación Carbonera. Los sellos para los reservorios en la Formación Carbonera los constituyen los niveles arcillosos C2, C4 y C6 (BEICIP, 1995).

5. INTERPRETACIÓN SÍSMICO-ESTRUCTURAL

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, la Cuenca de los Llanos Orientales está clasificada como una cuenca de tipo *Foreland*; al occidente la limita el Cinturón Plegado del Piedemonte Llanero y al oriente el escudo de la Guyana. Rocas cristalinas del basamento emergen en esta dirección controlando la depositación de sedimentos más jóvenes desde el Paleozoico hasta el reciente. Esta cuenca tiene quizás la más intensa historia exploratoria, lo que se traduce en una cantidad considerable de pozos perforados.

Como se observa en la **Figura 4** la información sísmica obtenida en la cuenca, en su mayoría está concentrada al occidente del río Meta, sector en el cual se han descubierto la mayoría de los campos de hidrocarburos. Se puede afirmar que en este sector la secuencia de estratos tanto del Cretácico como del Terciario está bien caracterizada y la exploración se concentra en la búsqueda de trampas estructurales. Al oriente del río Meta por el contrario, la expectativa de descubrimientos está en la presencia de trampas estratigráficas pero dado el bajo cubrimiento sísmico y el bajo nivel exploratorio en este sector, la secuencia de rocas reservorio sector, no está suficientemente caracterizada, no se conocen en detalle los cambios laterales de facies y por lo tanto no se conocen a la fecha los sectores con mayor prospectividad al oriente.

El sector oriental de los Llanos no solamente es el sitio ideal para obtener información detallada de los reservorios más jóvenes del Terciario, las secuencias arenosas del Carbonera unidades C7, C5, C3, sino que por ser el punto más somero de la cuenca en la cual se encuentra el Paleozoico, es la localización adecuada para corroborar las expectativas que sobre esta unidad existen sobre su calidad como roca reservorio.

La buena respuesta sísmica de la Cuenca de los Llanos Orientales permite hacer una asociación confiable entre las facies sísmicas y las formaciones crono-estratigráficas. Es así como se define de más joven a más antiguo en primera instancia una facies sísmica caracterizada por reflexiones continuas de baja amplitud, subparalelas a paralelas y en general con baja definición sísmica. Esta primera facies corresponde a la Formación Guayabo-Necesidad la cual corresponde a una serie de depósitos alternados de arenas, conglomerados y lutitas.

Esta facies sísmica termina con la entrada a lo que se ha denominado Formación León, que corresponde en términos generales a una secuencia de sedimentos más finos que la anterior, alternando arenas finas con lutitas en capas de poco espesor, finalizando a la base con un paquete de shale. Sísmicamente se observa con una respuesta escasa de reflexiones la cual contrasta claramente con las unidades supra e infrayacentes. Esta facies

permite reconocer con certeza tanto el tope de la Formación León hacia el tope, como el tope de la Formación Carbonera a la base. La facies sísmica de esta formación se caracteriza por tener un alto contenido de reflexiones, de amplitudes altas y de geometría paralelas a subparalelas, con buena definición sísmica debido a la alternancia de paquetes relativamente gruesos (decenas de pies) entre arenas y arcillas.

Hacia el oriente de la cuenca donde se incrementa el contenido de arenas y se pierden las arcillas, la respuesta sísmica se hace más homogénea sin tanto contenido de reflectores, inclusive involucrando en esta facies la posible presencia de arenas de la Formación Mirador (Eoceno Superior) y Formación Guadalupe (Cretácico Superior). Esta facies se limita a la base por la entrada a rocas mas antiguas sean estas del Paleozoico o basamento cristalino, correspondiente al escudo de la Guyana y las cuales se representan sísmicamente por una respuesta ausente de reflexiones.

Con estos criterios sísmicos y soportados por datos de algunos pozos perforados en el área, imágenes principalmente, se interpretaron las líneas sísmicas de los programas Río Tomo-1989 y Vichada-1992, sobre los cuales se ubicaron los pozos estratigráficos recomendados para su perforación.

6. RECOMENDACIÓN PARA LA PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS

Como fue mencionado en los capítulos anteriores, la mayor densidad de sísmica y pozos en la cuenca se encuentra concentrada al occidente del río Meta en los departamentos de Meta y Casanare, en donde se han descubierto la mayoría de los campos petrolíferos. Al oriente de esta franja, se le atribuye la mayor posibilidad de contener trampas estratigráficas. De acuerdo con esta visión, en este trabajo se recomienda la perforación los pozos estratigráficos en el sector oriental.

A pesar de que aquí no se encuentran los mayores espesores de las unidades cronoestratigráficas, es muy importante definir las características litológicas tanto de los reservorios como de los sellos en este extremo de la cuenca, para ser comparados con la parte central y así definir los cambios laterales de facies y ambientes de sedimentación. La información extraída de estos pozos estratigráficos podría ofrecer nuevos argumentos tendientes a disminuir el riesgo exploratorio en esta parte de la cuenca.

6.1 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-1

Se encuentra localizado en el sector de Rondón en las riveras del río Tomo a 180 Km. de su desembocadura en el río Orinoco (**Figura 10**) en el departamento del Vichada. En la línea RO-1980-01 (**Figura 11**) se interpreta la terminación *on-lap* de la Formación Guadalupe (Cretácico Superior) y la Formación Mirador (Eoceno Superior). Sobreyaciendo se encuentra la Formación Carbonera con sus miembros C7 a C1 y sobre esta, la Formación Guayabo Necesidad.

Este pozo empezará a perforar desde la Formación Guayabo/Necesidad la cual a pesar de que no es de interés exploratorio sí reviste gran importancia desde el punto de vista de evolución tectónica, ya que representa la sección molásica generada como resultado del último pulso y más fuerte del levantamiento de la Cordillera Oriental.

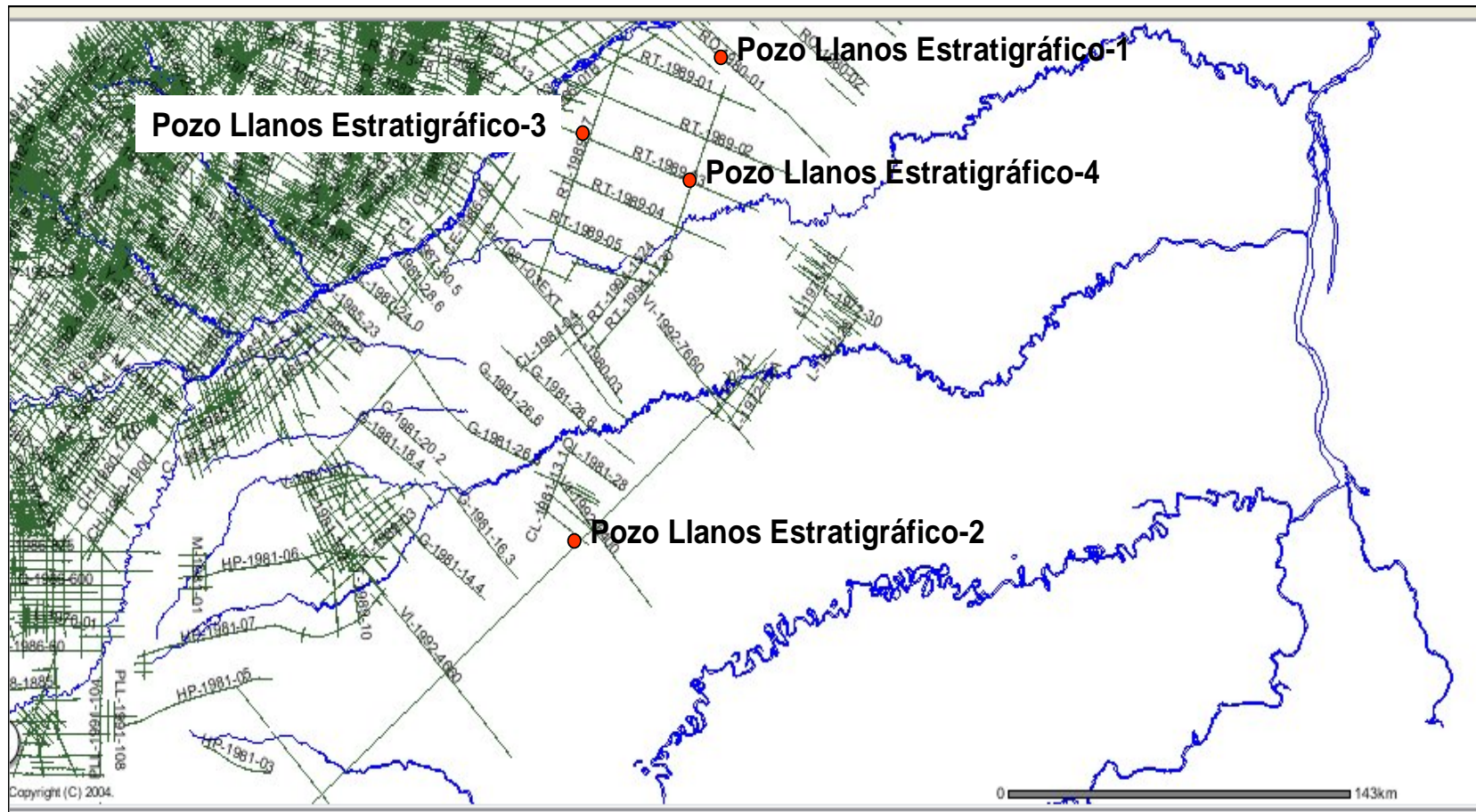


Figura 10. Localización de los pozos estratigráficos recomendados, Cuenca Llanos Orientales. Imagen: www.epis.com.co

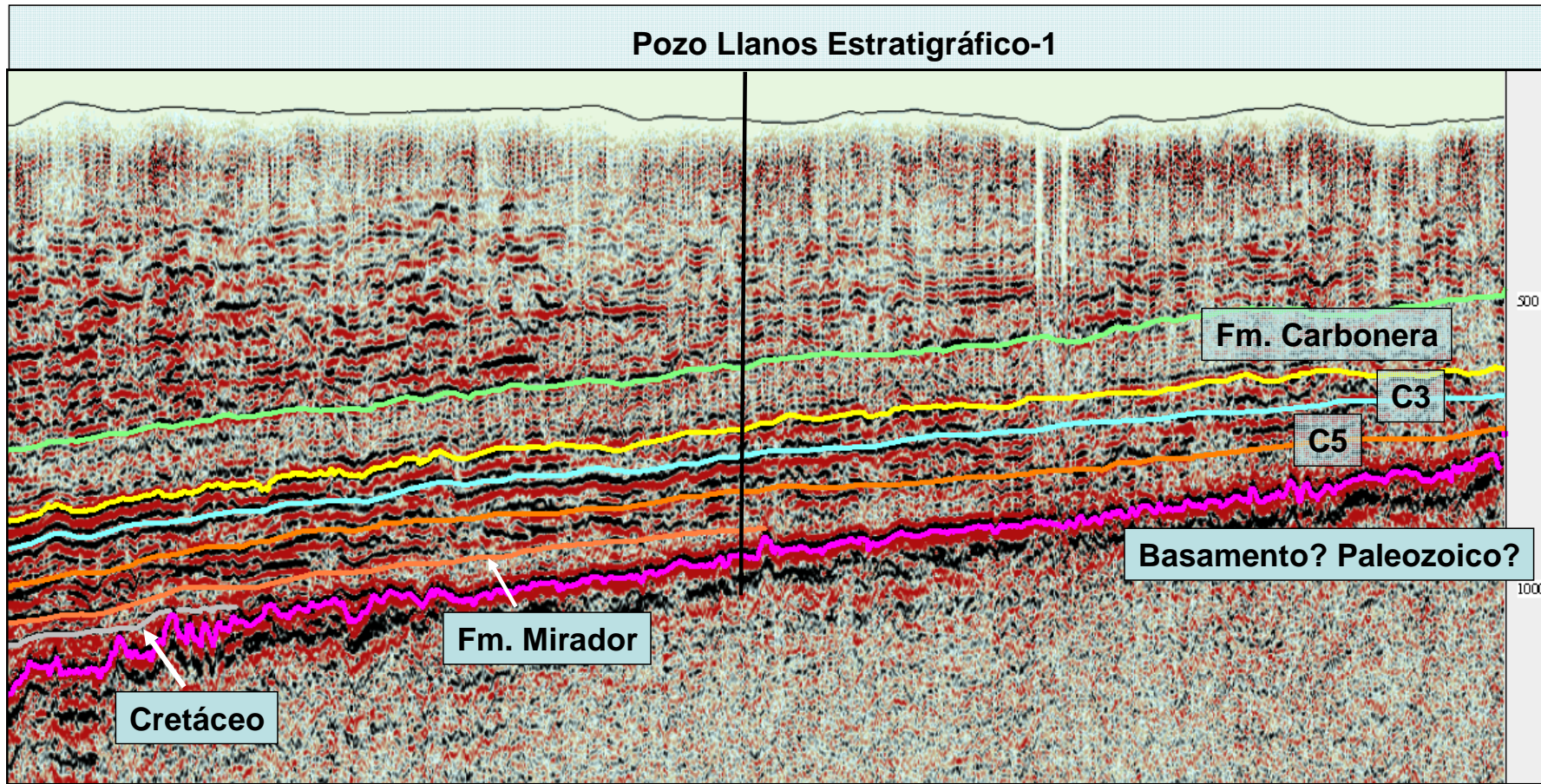


Figura 11. Pozo Llanos Estratigráfico-1. Sección sísmica RO-1980-01.

El paso a la Formación León es transicional pero el cambio debe ser detectado a través de un cuidadoso análisis de los ripios de perforación; se espera una sucesión de arenas gruesas, conglomeráticas a medias y finas hasta llegar a la parte inferior donde aparecerán unas lutitas basales (León Shale). Estas lutitas son el primer intervalo de sedimentos finos los cuales deben ser corazonadas y procesadas para análisis bioestratigráficos.

Finalizada esta secuencia se entra a la Formación Carbonera, encontrando en primera instancia un paquete de arenas medias a finas del miembro C1, a este le sigue un segundo intervalo de lutitas denominada E-shale o C2, de acuerdo a la nomenclatura que se consulte, y a la que se le debe dar igual tratamiento especial que al León Shale ya que es el ultimo intervalo de sedimento fino que se encontrará, hasta que aparezca el Paleozoico. A partir de aquí las unidades de la Fm. Carbonera (Oligoceno), Fm Mirador (Eoceno Superior), Fm. Guadalupe (Cretácico Superior) se presentarán como un apilamiento de arenas que las hace difícil de reconocer, con intercalaciones delgadas de arcillas. Por esto se requiere de un diseño de perforación cuidadoso, en el cual se evite contaminación y se disponga de tiempo suficiente para el retorno de muestras de zanja.

Por ultimo se encontrarán rocas pre-Cretácicas, sean estas del Paleozoico o del basamento cristalino, que se definirán durante la perforación ya que se ha postulado posibles espesores delgados del primero o meteorización del basamento que enmascara su condición de roca cristalina.

En las **Figuras 12 a 15**, se presentan los límites de depositación/erosión de las unidades cronoestratigráficas, sobre las cuales se observa la localización de los pozos estratigráficos propuestos. Un punto crítico durante la perforación será la definición del límite de las rocas Cretácicas ya que el pozo se ubicó justo en su límite, con el fin tomar la cantidad de muestra que permita esta definición.

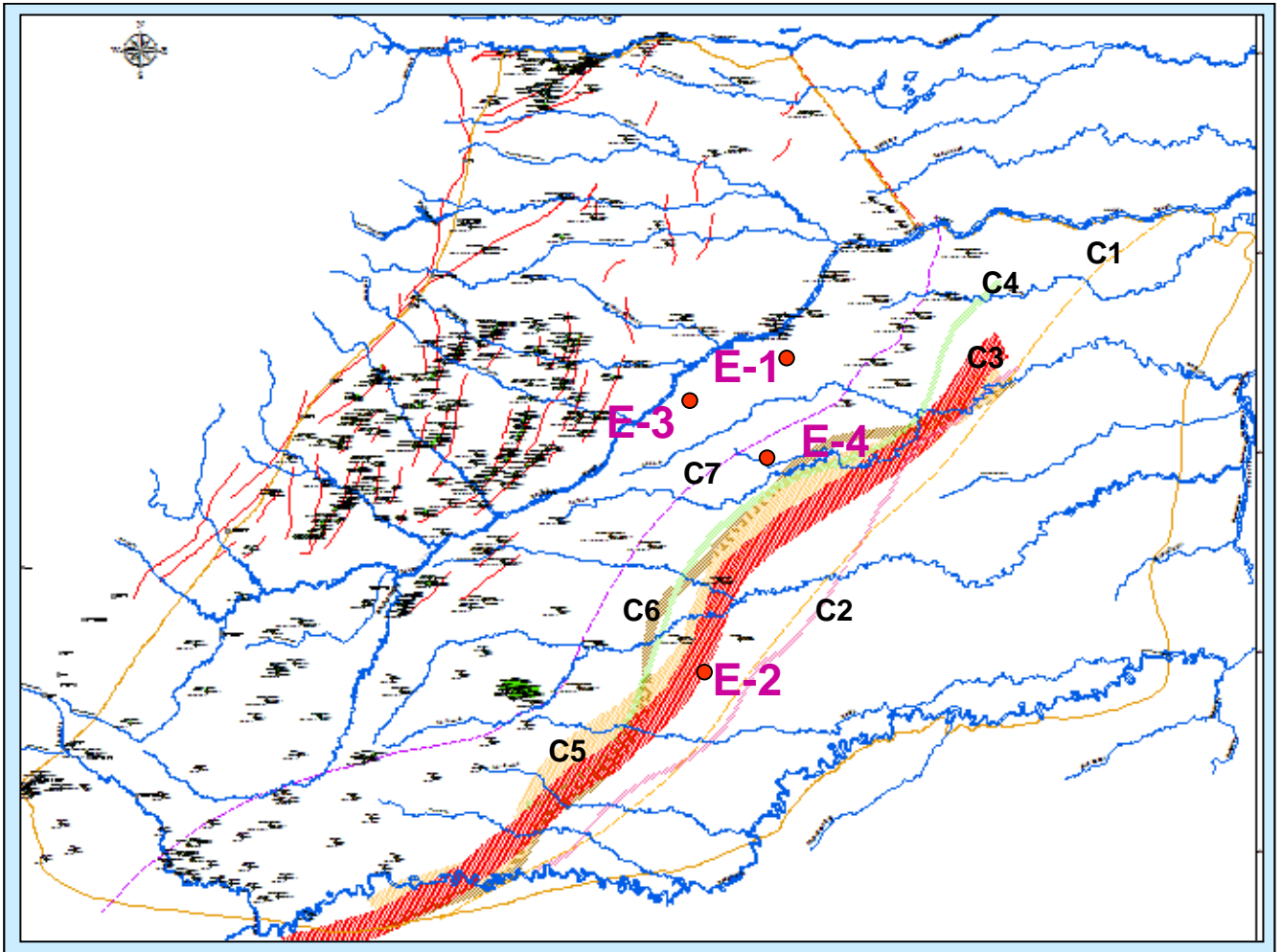
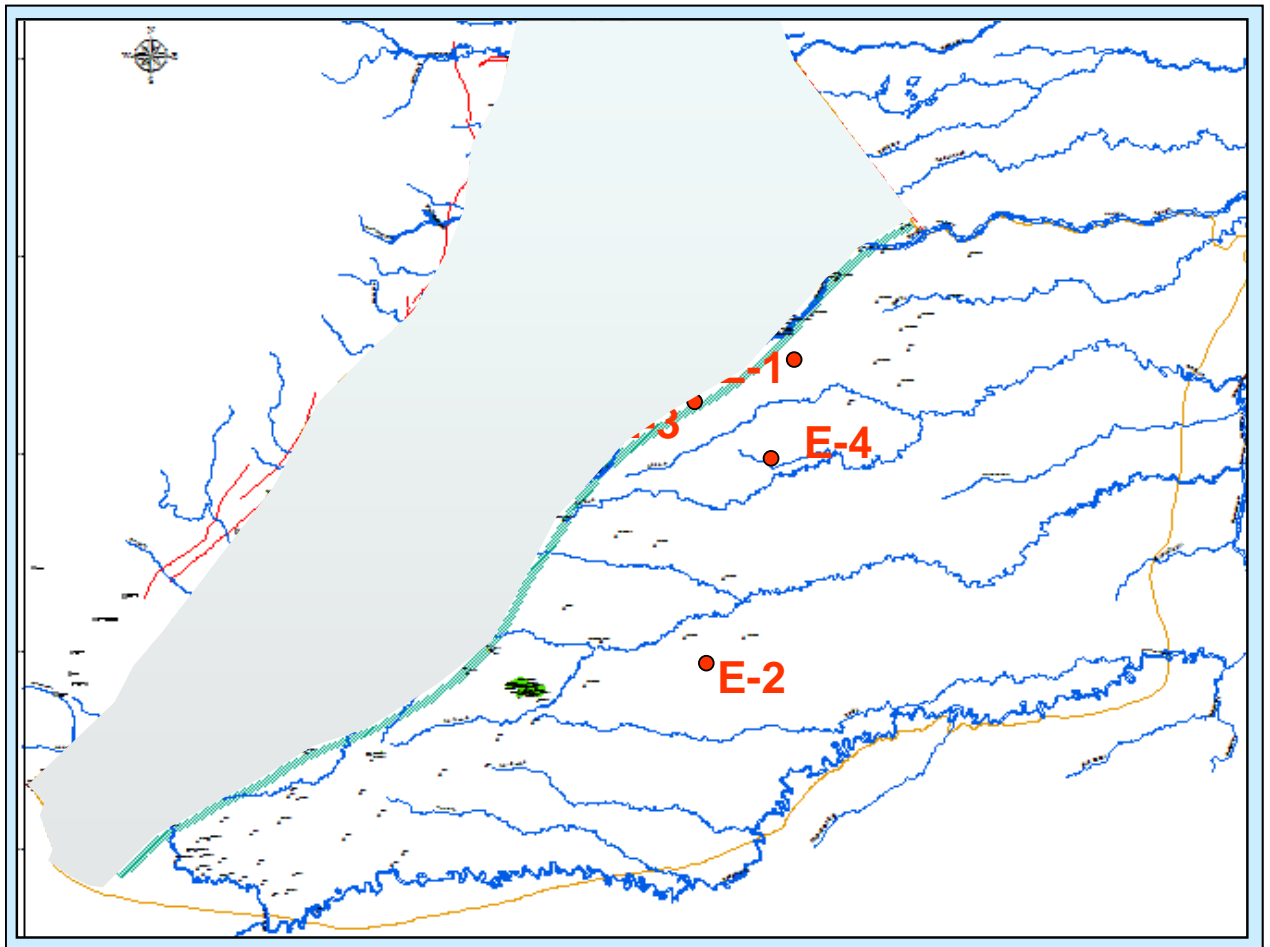


Figura 12. Limite de deposición Unidades C7 a C1 y localización de los pozos estratigráficos Cuenca Llanos Orientales. Modificado de: ECOPETROL, 1994.



**Figura 13. Limite de deposición Formación Mirador y localización de los pozos estratigráficos Cuenca Llanos Orientales.
Modificado de: ECOPETROL, 1994.**

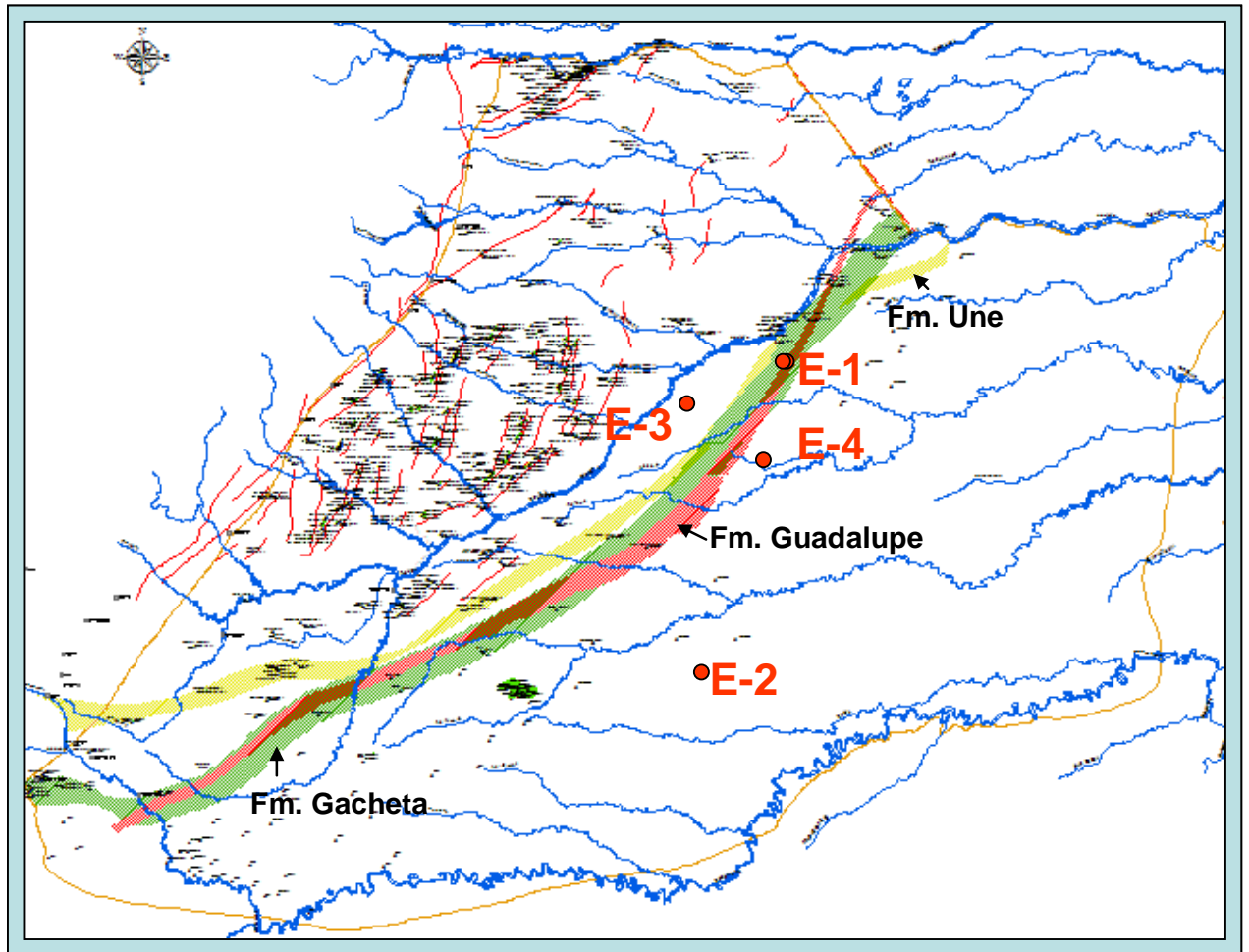


Figura 14. Limite de deposición de formaciones Cretácicas y localización de los pozos estratigráficos Cuenca Llanos Orientales. Modificado de: ECOPETROL, 1994.

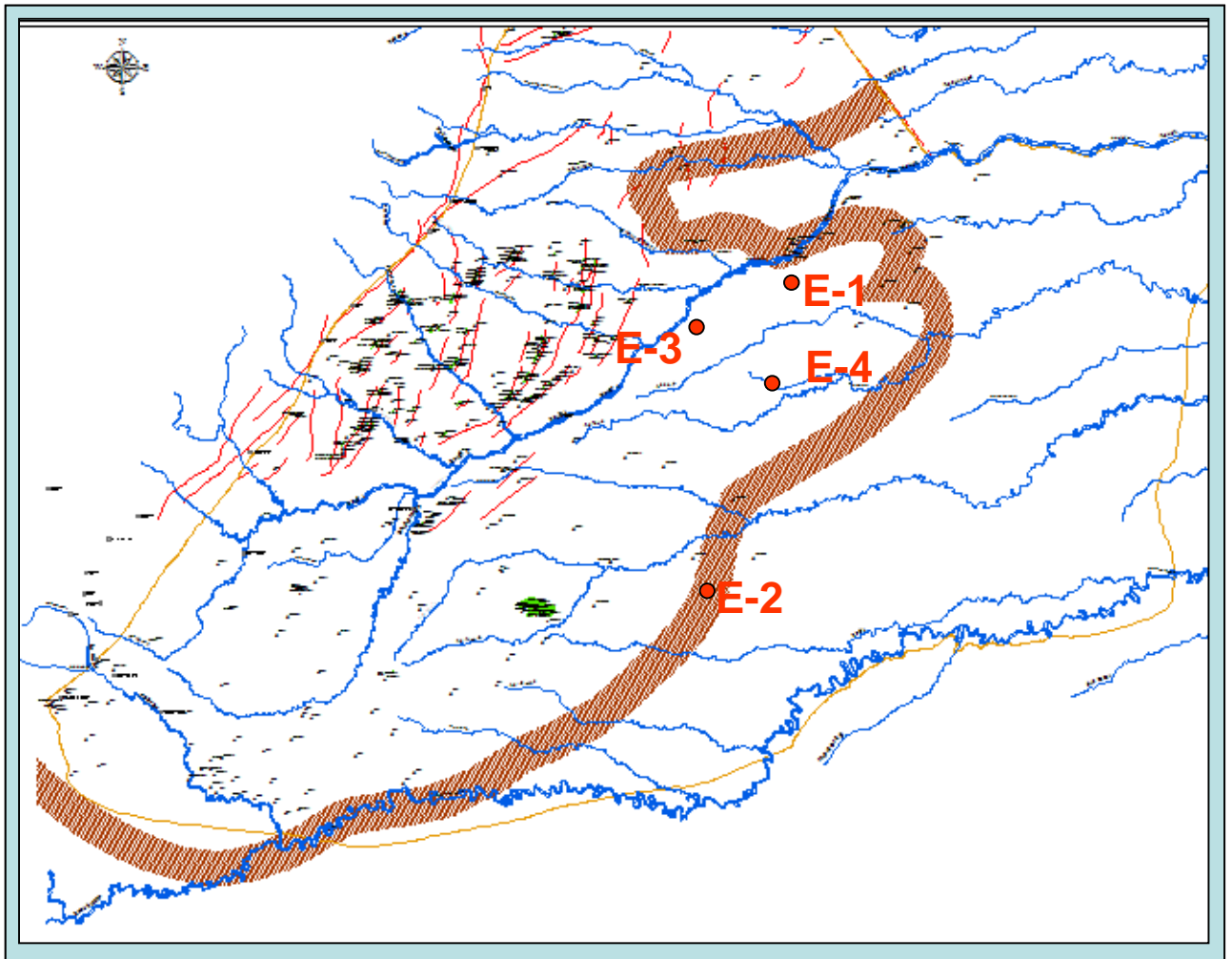


Figura 15. Limite de deposición del Paleozoico y localización de los pozos estratigráficos Cuenca Llanos Orientales. Modificado de: ECOPETROL, 1994.

Una prognosis estimada para el pozo Llanos Estratigráfico-1 se presenta en las **Tablas 1 y 2:**

Secuencias Sísmicas (discordancias)	Formación	Tope (pies)	Litología a encontrar
Cuaternario / Plioceno	Q	Superficie	Terrazas y depósitos aluviales
	Guayabo Necesidad		Secuencia de areniscas media a gruesas, conglomerados y lutitas. Poca consolidación de los sedimentos.
Mioceno Medio	Fm. León	650	Desaparecen los conglomerados la arenas es mas fina y aumenta el contenido de lutitas intercaladas.
	León shale	1150	Sección lutítica
Oligoceno	Fm. Carbonera	1400	Apilamiento de areniscas medias a finas con esporádicos niveles lutíticos, difícil separación de los miembros de la Fm. Se reconoce el miembro C1 por ser el primer nivel de arena y que lo separa de los infrayacente el miembro lutítico C2, a partir de aquí el amalgamamiento de arenas complica la definición de los otros miembros.
Eoceno Superior	Fm. Mirador	NA	Ausente
Cretáceo Superior	Fm Guadalupe Gacheta Une	1900	Apilamiento de arenas consolidadas, de buena selección y redondez
Basamento?, Pz?		2100	Lutitas o paleosuelos, rocas duras por definir.
Profundidad final		2200	

Tabla 1. Prognosis de litologías a encontrar en el pozo Llanos Estratigráfico 1

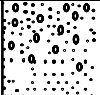
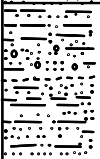
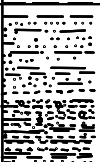
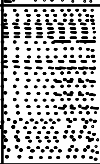
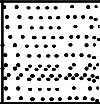
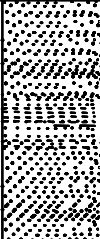
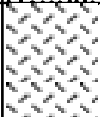
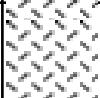
Edad	Formación	Tope (pies)		Tiempo Doble (ms)
Cuaternario / Plioceno	Q	Superficie		0
	Guayabo Necesidad			50
Mioceno Medio	Fm. Leon	650		1050
	Leon shale	1150		
Oligoceno	Fm. Carbonera	1400		1200
Eoceno Superior	Fm. Mirador	NA		
Cretáceo Superior	Fm Guadalupe	1900		1400
	Gacheta Une			
Basamento?, Pz?		2100		1450
Profundidad final		2200		1480

Tabla 2. Prognosis pozo Llanos Estratigráfico 1

6.2 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-2

Localizado en el sector de Orocué al sur del pozo estratigráfico STO-4, sobre la línea sísmica VI-92-1100, 200 m al sur del cruce con la línea VI-92-6400 (**Figura 16**).

Este pozo tiene como un objetivo adicional, además de definir qué unidades estratigráficas alcanzan este punto de la cuenca, el de identificar los tipos de sedimentos, ambiente y edad de los depósitos adicionales que cubren la paleotopografía pre-existente o espacio de acomodación adicional creada por fallas de crecimiento (**Figura 16**).

Se iniciará la perforación en sedimentos de la Fm Guayabo / Necesidad que constituyen una sucesión de areniscas de grano medio a fino intercaladas con niveles conglomeráticos y algunos otros niveles de lutitas. Pasa gradualmente a la Fm. León siendo mayor la cantidad de arenas finas, desapareciendo los niveles de conglomerado, finalizando en un paquete de lutitas denominadas como León Shale.

Una vez se ha perforado este intervalo se entra al miembro C1 de la Fm. Carbonera, un paquete de areniscas medias a finas de poco espesor que terminan con un intervalo de lutitas correspondientes al E-shale. Como en el caso del Estratigráfico 1, estas lutitas junto a las de la Fm León deben ser estudiadas biostratigráficamente para definir ambientes de depositación respecto a la línea de costa así como edades de sedimentos. A partir de este intervalo se espera encontrar un apilamiento de arenas correspondientes a los niveles C3, C5 y posiblemente C7 de la Fm. Carbonera.

De las **Figuras 12 a 15**, limite de depositación/erosión de las unidades cronoestratigráficas, se observa que con la perforación de este pozo se verificarán los límites tanto de la Fm. Carbonera (principal reservorio en esta área) como del Paleozoico. La recomendación de este pozo, como los anteriores es la de corazonar toda la sección desde superficie.

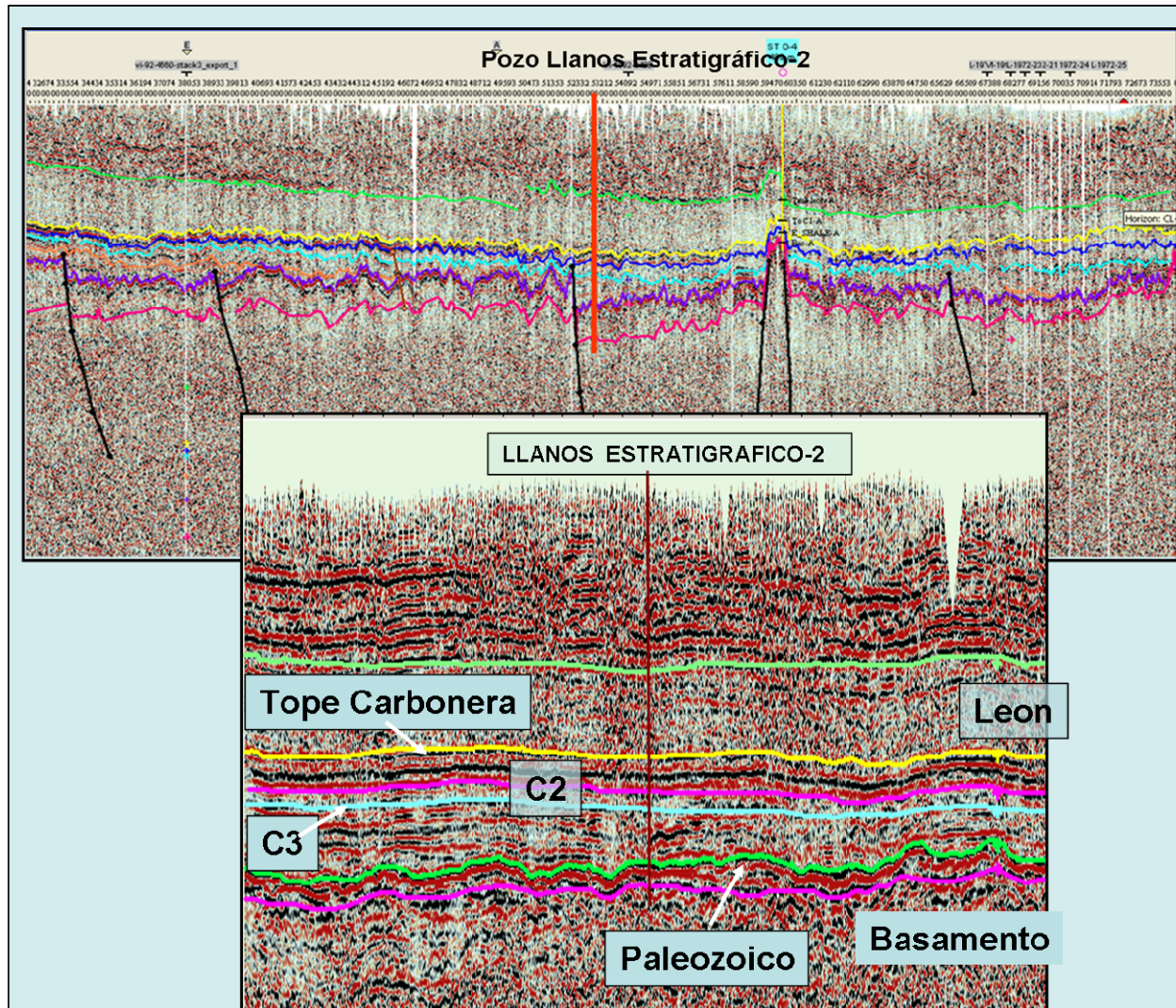


Figura 16. Pozo Llanos Estratigráfico -2. Línea sísmica VI-92-6400

Una prognosis estimada para el pozo Llanos Estratigráfico-2, se presenta en las **Tablas 3 y 4:**

Secuencias sísmicas (discordancias)	Formación	Tope (pies)	Litología a encontrar
Cuaternario / Plioceno	Q	Superficie	Terrazas y depósitos aluviales
	Guayabo Necesidad		Secuencia de areniscas media a gruesas, conglomerados y lutitas. Poca consolidación de los sedimentos.
Mioceno Medio	Fm. León	1050	Arenas fina a media, niveles de lutitas intercaladas.
	León shale	1280	Sección lutítica
Oligoceno	Fm. Carbonera	1600	Apilamiento de areniscas medias a finas con muy escasos niveles lutíticos, difícil separación de los miembros de la Fm. Se reconoce el miembro C1 por ser el primer nivel de arena y que lo separa de los infrayacente el miembro lutítico C2, a partir de aquí el amalgamamiento de arenas complica la definición de los otros miembros.
Eoceno Superior	Fm. Mirador	NA	Ausente
Cretáceo Superior	Fm Guadalupe Gacheta Une	NA	Ausente
Paleozoico	Fm Pz	2000	Desconocida
Basamento?, Pz?		2350	Paleosuelos?, rocas duras, por definir.
Profundidad final		2500	

Tabla 3. Prognosis de litologías a encontrar en el Pozo Llanos Estratigráfico-2





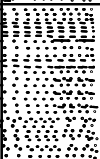
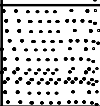
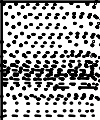
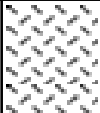
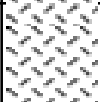
Edad	Formación	Tope (pies)		Tiempo Doble (ms)
Cuaternario / Plioceno	Q	Superficie		0
	Guayabo Necesidad			50
Mioceno Medio	Fm. Leon	1050		250
	Leon shale	1280		280
Oligoceno	Fm. Carbonera	1600		475
Eoceno Superior	Fm. Mirador	NA		
Cretáceo Superior	Fm Guadalupe Gacheta Une	NA		
Paleozoico	Pz	2000	?	580
Basamento		2350		690
Profundidad final		2500		730

Tabla 4. Prognosis Pozo Llanos Estratigráfico-2

6.3 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-3

Localizado en el sector de Orocué, sobre la línea sísmica RT-89-03, en el cruce con la línea RT-89-07, de la campana sísmica Río Tomo 89. Este pozo definirá la presencia de todas las unidades estratigráficas de acuerdo a los mapas de las **Figuras 12 a 15**.

Una prognosis del pozo Llanos Estratigráfico-3, se presenta en las **Tablas 5 y 6**.

Secuencias sísmicas (discordancias)	Formación	Tope (pies)	Litología a encontrar
Cuaternario / Plioceno	Q	Superficie	Terrazas y depósitos aluviales
	Guayabo Necesidad		Secuencia de areniscas media a gruesas, conglomerados y lutitas. Poca consolidación de los sedimentos.
Mioceno Medio	Fm. León	1700	Desaparecen los conglomerados la arenas es mas fina y aumenta el contenido de lutitas intercaladas. Sección lutítica
	León shale	1870	
Oligoceno	Fm. Carbonera	1920	Apilamiento de areniscas medias a finas con esporádicos niveles lutíticos, difícil separación de los miembros de la Fm. Se reconoce el miembro C1 por ser el primer nivel de arena y que lo separa de los infrayacente el miembro lutítico C2, a partir de aquí el amalgamamiento de arenas complica la definición de los otros miembros.
Eoceno Superior	Fm. Mirador	2000	Arenisca blanca, cuarzosa, grano fino a conglomerática, intercalaciones de arcillas.
Cretáceo Superior	Fm Guadalupe Gacheta Une	2200?	Apilamiento de arenas consolidadas, de buena selección y redondez
Basamento?, Pz?		2380	Lutitas o paleosuelos, por definir.
Profundidad final		2500	

Tabla 5. Prognosis Pozo Llanos Estratigráfico-3.










Edad	Formación	Tope (pies)		Tiempo Doble (ms)
Cuaternario / Plioceno	Q	Superficie		0
	Guayabo Necesidad			50
Mioceno Medio	Fm. Leon	1700		855
	Leon shale	1870		920
Oligoceno	Fm. Carbonera	1920		990
Eoceno Superior	Fm. Mirador	2000		1195
Cretáceo Superior	Fm Guadalupe Gacheta Une	2200?		1270
Paleozoico	Pz	2300	?	1350
Basamento		2380		1400
Profundidad final		2500		1410

Tabla 6. Prognosis Pozo Llanos Estratigráfico-3.

La **Figura 17** ilustra la sección sísmica RT-89-03 donde se observa claramente las terminaciones *onlap* de las formaciones Mirador (Eoceno Superior) y Guadalupe (Cretáceo Superior). Igualmente se observan los cambios laterales de facies de las formaciones Carbonera y León, representada en menor cantidad y continuidad de reflectores sísmicos. Puesto que el pozo está localizado en el cruce con la línea RT-89-07, es posible identificar e interpretar las facies en sentido norte-sur.

6.4 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-4

Este pozo está diseñado como una extensión al oriente del Estratigráfico-3. Quiere decir, como se ilustra en la **Figura 17** que al ser correlacionado con este ultimo, se podrán correlacionar no solo las unidades litoestratigráficas sino establecer los cambios de facies de estas, a medida que se somerizó la cuenca. De esta manera se podrá establecer con datos reales la posible posición de la línea de costa para estas edades.

El pozo se localiza en el cruce de las líneas RR-89-03 y RT-89-08, que como en el caso anterior permitirá extender la interpretación en sentido norte-sur.

Cabe resaltar que los pozos anteriores, cubrirán un sector del oriente de la cuenca que no contaba con perforación alguna, aportando información clave de primera mano.

Por estar mas al oriente, el pozo Llanos Estratigráfico-4 perforará formaciones mas jóvenes que Oligoceno o sea Carbonera, León y Guayabo/Necesidad, con menores espesores que el pozo Llanos Estratigráfico-3 y estructuralmente mas alto. En La **Tabla 7** se presenta una prognosis de este pozo.

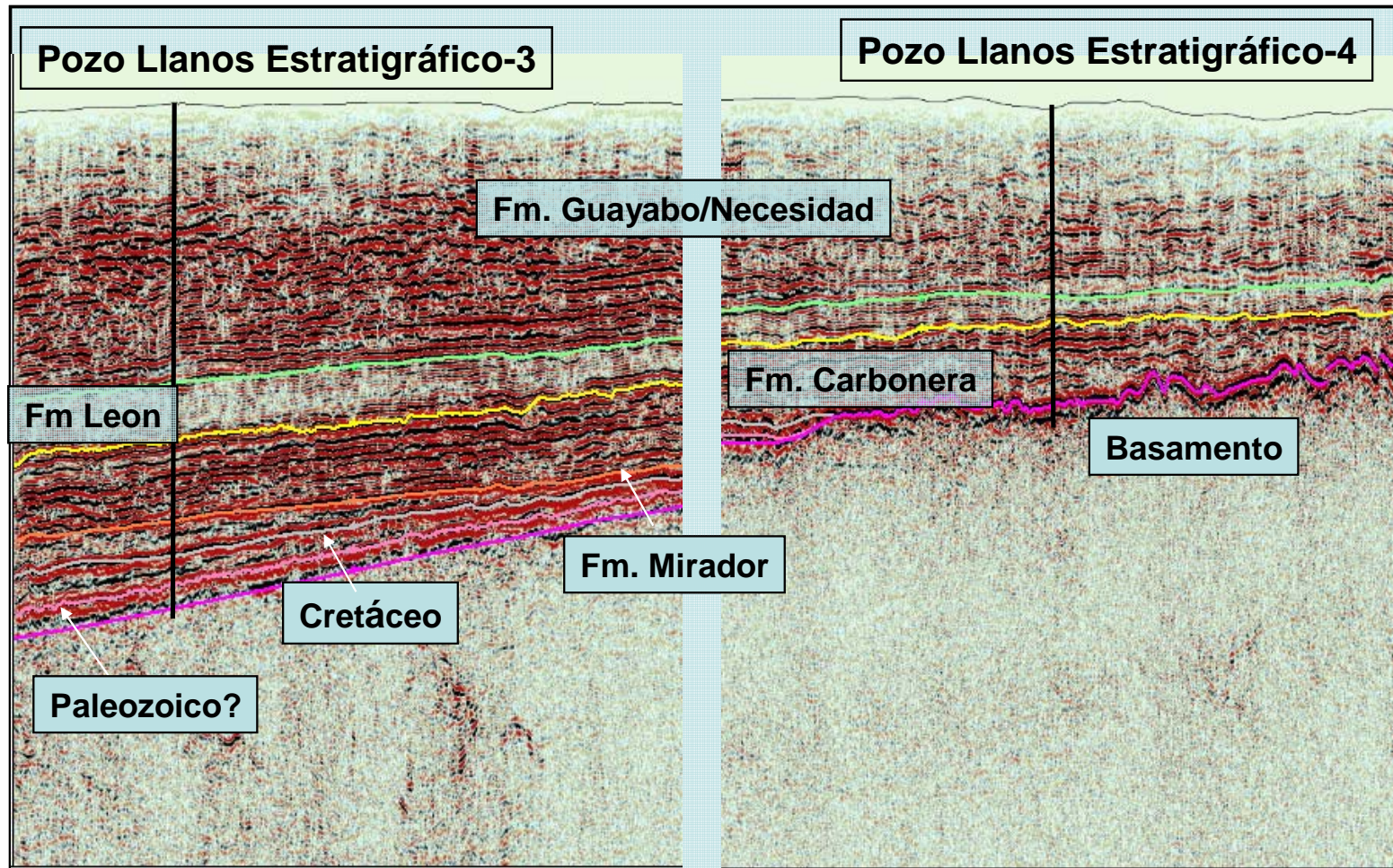


Figura 17. Sección sísmica RT-89-03.

Secuencias sísmicas (discordancias)	Formación	Tope (pies)	Litología a encontrar
Cuaternario / Plioceno	Q	Superficie	Terrazas y depósitos aluviales
	Guayabo Necesidad		Secuencia de areniscas media a gruesas, conglomerados y lutitas. Poca consolidación de los sedimentos.
Mioceno Medio	Fm. León	1300	Desaparecen los conglomerados la arenas es mas fina y aumenta el contenido de lutitas intercaladas.
	León shale	1450	Sección lutítica
Oligoceno	Fm. Carbonera	1850	Apilamiento de areniscas medias a finas con esporádicos niveles lutíticos, difícil separación de los miembros de la Fm. Se reconoce el miembro C1 por ser el primer nivel de arena y que lo separa de los infrayacente el miembro lutítico C2, a partir de aquí el amalgamamiento de arenas complica la definición de los otros miembros.
Eoceno Superior	Fm. Mirador	NA	
Cretáceo Superior	Fm Guadalupe Gacheta Une	NA	
Basamento		2000	Rocas cristalinas del escudo de la Guyana, posiblemente alteradas por meteorización.
Profundidad final		2100	

Tabla 7. Prognosis de litologías a perforar en el Pozo Llanos Estratigráfico-4





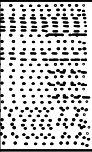

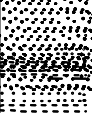


Edad	Formación	Tope (pies)		Tiempo Doble (ms)
Cuaternario / Plioceno	Q	Superficie		0
	Guayabo Necesidad			50
Mioceno Medio	Fm. Leon	1300		650
	Leon shale	1450		280
Oligoceno	Fm. Carbonera	1850		710
Eoceno Superior	Fm. Mirador	NA		
Cretáceo Superior	Fm Guadalupe Gacheta Une	NA		
Paleozoico	Pz	NA	?	
Basamento		2000		920
Profundidad final		2100		1000

Tabla 8. Prognosis Pozo Llanos Estratigráfico-4

Las coordenadas de los puntos seleccionados para pozos estratigráficos en la Cuenca Llanos Orientales se muestran en la **Tabla 9** Se encuentran con la respectiva corrección en el Sistema Magna Sirgas adoptado oficialmente por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

ITEM	COORDENADAS ESTABLECIDAS EN GEOGRAPHIX, ORIGEN 3° OESTE		COORDENADAS GAUSS-KRÜGER REFERENCIADAS EN MAGNA SIRGAS A ORIGEN 3° OESTE		COORDENADAS ELIPSOIDALES EN EL SISTEMA MAGNA SIRGAS, ORIGEN 3° OESTE		CORDENADAS GAUSS-KRÜGER REFERENCIADAS EN MAGNA SIRGAS A ORIGEN BOGOTÁ CENTRAL		COORDENADAS ELIPSOIDALES EN EL SISTEMA MAGNA SIRGAS, ORIGEN BOGOTA CENTRAL	
	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD
ESTRATIGRAFICO 1	1077089	1136525	1077083,7	1136535,6	05° 17' 31,4"	-69° 50' 45,1"	1078549,6	1469492,2	05° 17' 31,4"	-69° 50' 45,1"
ESTRATIGRAFICO 2	915408	1051780	915404,6	1051789,3	03° 49' 51,8"	-70° 36' 40,5"	916169,8	1385240,4	03° 49' 51,8"	-70° 36' 40,5"
ESTRATIGRAFICO 3	1064895	1057467	1064890,7	1057477,8	05° 10' 58,1"	-70° 33' 32,7"	1065950,8	1390322,2	05° 10' 58,1"	-70° 33' 32,7"
ESTRATIGRAFICO 4	1048680	1100845	1048675,3	1100855,4	05° 02' 08,7"	-70° 10' 05,0"	1049905,8	1433863,1	05° 02' 08,7"	-70° 10' 05,0"

Tabla 9. Coordenadas de los puntos seleccionados para pozos estratigráficos en la Cuenca Llanos Orientales para la ANH, proyecto pozos estratigráficos
OBSERVACIÓN: las coordenadas Gauss-Krüger transformadas al sistema Magna Sirgas sólo muestran una cifra decimal de exactitud.

7. PROGRAMA DE PERFORACION

7.1 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-1

TAMAÑO DEL HUECO

INTERVALO	DIMENSION BROCA
0 – 40´	17 1/2"
40 – 300´	12 1/4"
300 – 2200´	8 1/2"

Tomar corazones en todo el pozo

REGISTROS DE POZO

CORRIDA	TIPO DE REGISTRO
Corrida-1 de 40´ - 300´	Resistivos, SGR, Sónico, Densidad - Neutrón, Dip (SHDT), VSP, CHECK SHOT, Desviación, FMI.
Corrida-2 de 250´ - 2200´	

REVESTIMIENTOS

Conductor

Para estabilizar infraestructura de pozo, controlar formaciones no consolidadas.

Tamaño	Peso	Grado	Unión	Intervalo
16"	94	H-40	BUT	0 – 40´

Accesorios

Zapato Guía.

Superficie

Para prevenir contaminación de acuíferos, conectar equipos de cabeza de pozo y prevenir pérdidas de circulación.

Tamaño	Peso	Grado	Unión	Intervalo
9 5/8"	40	J-55	BUT	0 – 300´

Accesorios

Zapato Guía, collar flotador, centralizador

CEMENTACIONES

Revestimiento	Tamaño	Hueco	Sacos	Clase	Tope
Conductor	13 $\frac{3}{8}$ "	17 $\frac{1}{2}$ "	40	A	Superf
Superficie	9 $\frac{5}{8}$ "	12 $\frac{1}{4}$ "	150	C	Superf
		8 $\frac{1}{2}$ "	A definir según registros		

Usar aditivos para controlar la pérdida de circulación y de filtrado.

LODO DE PERFORACION

Usar lodo base bentonita hasta asentar revestimiento conductor y superficial con bajo contenido de sólidos y 7 lbs/galón.

Después de asentar revestimiento de 13 $\frac{3}{8}$ usar lodo base bentonita mas inhibidores de hinchamiento de arcilla y cloruro de potasio hasta 300´ con las siguientes propiedades:

Densidad 7 Lbs/galón
 Viscosidad 20 seg max
 Filtrado < 5 cc

Perforar hueco de 8 $\frac{1}{2}$ " con lodo con inhibidor de hinchamiento de arcilla:

Densidad 10 Lbs/galón
 Viscosidad 30 seg max
 Filtrado < 3 cc

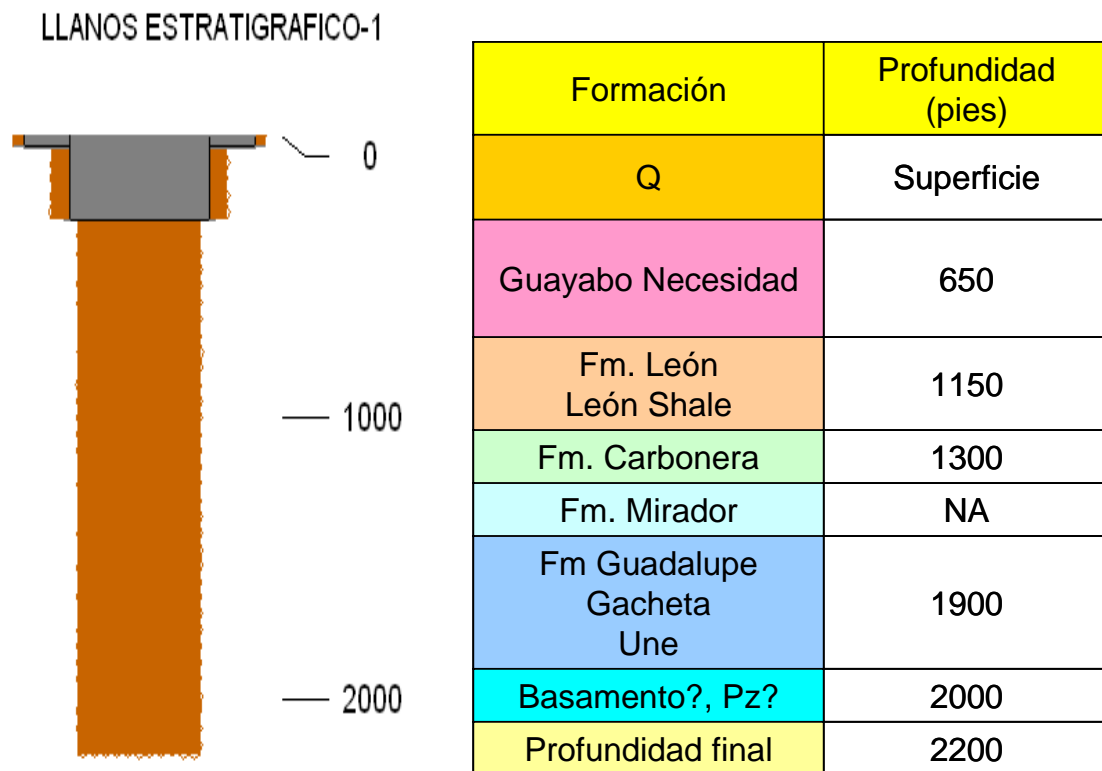


Figura 19. Estado Mecánico y Prognosis Pozo Llanos Estratigráfico-1

7.2 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-2

TAMAÑO DEL HUECO

INTERVALO	DIMENSION BROCA
0 – 40´	17 1/2"
40 – 300´	12 1/4"
300 – 2200´	8 1/2"

Tomar corazones en todo el pozo

REGISTROS DE POZO

CORRIDA	TIPO DE REGISTRO
Corrida-1 de 40´ - 300´	Resistivos, SGR, Sónico, Densidad - Neutrón, Dip (SHDT), VSP, CHECK SHOT, Desviación, FMI.
Corrida-2 de 250´ - 2200´	

REVESTIMIENTOS

Conductor

Para estabilizar infraestructura de pozo, controlar formaciones no consolidadas.

Tamaño	Peso	Grado	Unión	Intervalo
16"	94	H-40	BUT	0 – 40´

Accesorios

Zapato Guía.

Superficie

Para prevenir contaminación de acuíferos, conectar equipos de cabeza de pozo y prevenir pérdidas de circulación.

Tamaño	Peso	Grado	Unión	Intervalo
9 5/8"	40	J-55	BUT	0 – 300´

Accesorios

Zapato Guía, collar flotador, centralizador

CEMENTACIONES

Revestimiento	Tamaño	Hueco	Sacos	Clase	Tope
Conductor	13 3/8"	17 1/2"	40	A	Superf
Superficie	9 5/8"	12 1/4"	150	C	Superf
		8 1/2"	A definir según registros		

Usar aditivos para controlar la pérdida de circulación y de filtrado.

LODO DE PERFORACION

Usar lodo base bentonita hasta asentar revestimiento conductor y superficial con bajo contenido de sólidos y 7 lbs/galón.

Después de asentar revestimiento de 13 3/8 usar lodo base bentonita mas inhibidores de hinchamiento de arcilla y cloruro de potasio hasta 300´ con las siguientes propiedades:

Densidad	7 Lbs/galón
Viscosidad	20 seg max
Filtrado	< 5 cc

Perforar hueco de 8 1/2" con lodo con inhibidor de hinchamiento de arcilla:

Densidad	10 Lbs/galón
Viscosidad	30 seg max
Filtrado	< 3 cc

7.3 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-3

TAMAÑO DEL HUECO

INTERVALO	DIMENSION BROCA
0 – 40´	17 1/2"
40 – 300´	12 1/4"
300 – 2650´	8 1/2"

Tomar corazones en todo el pozo

REGISTROS DE POZO

CORRIDA	TIPO DE REGISTRO
Corrida-1 de 40´ - 300´	Resistivos, SGR, Sónico, Densidad - Neutrón, Dip (SHDT), VSP, CHECK SHOT, Desviación, FMI.
Corrida-2 de 250´ - 2650´	

REVESTIMIENTOS

Conductor

Para estabilizar infraestructura de pozo, controlar formaciones no consolidadas.

Tamaño	Peso	Grado	Unión	Intervalo
16"	94	H-40	BUT	0 – 40´

Accesorios

Zapato Guía.

Superficie

Para prevenir contaminación de acuíferos, conectar equipos de cabeza de pozo y prevenir pérdidas de circulación.

Tamaño	Peso	Grado	Unión	Intervalo
9 5/8"	40	J-55	BUT	0 – 300´

Accesorios

Zapato Guía, collar flotador, centralizador

CEMENTACIONES

Revestimiento	Tamaño	Hueco	Sacos	Clase	Tope
Conductor	13 3/8"	17 1/2"	40	A	Superf
Superficie	9 5/8"	12 1/4"	150	C	Superf
		8 1/2"	A definir según registros		

Usar aditivos para controlar la pérdida de circulación y de filtrado.

LODO DE PERFORACION

Usar lodo base bentonita hasta asentar revestimiento conductor y superficial con bajo contenido de sólidos y 7 lbs/galón.

Después de asentar revestimiento de 13 3/8 usar lodo base bentonita mas inhibidores de hinchamiento de arcilla y cloruro de potasio hasta 300´ con las siguientes propiedades:

Densidad 7 Lbs/galón
 Viscosidad 20 seg max
 Filtrado < 5 cc

Perforar hueco de 8 1/2" con lodo con inhibidor de hinchamiento de arcilla:

Densidad 10 Lbs/galón
 Viscosidad 30 seg max
 Filtrado < 3 cc

7.4 POZO LLANOS ESTRATIGRÁFICO-4

TAMAÑO DEL HUECO

INTERVALO	DIMENSION BROCA
0 – 40´	17 1/2"
40 – 300´	12 1/4"
300 – 2000´	8 1/2"

Tomar corazones en todo el pozo

REGISTROS DE POZO

CORRIDA	TIPO DE REGISTRO
Corrida-1 de 40´ - 300´	Resistivos, SGR, Sónico, Densidad - Neutrón, Dip (SHDT), VSP, CHECK SHOT, Desviación, FMI.
Corrida-2 de 250´ - 2000´	

REVESTIMIENTOS

Conductor

Para estabilizar infraestructura de pozo, controlar formaciones no consolidadas.

Tamaño	Peso	Grado Unión	Intervalo
16"	94	H-40 BUT	0 – 40´

Accesorios
Zapato Guía.

Superficie
Para prevenir contaminación de acuíferos, conectar equipos de cabeza de pozo y prevenir pérdidas de circulación.

Tamaño	Peso	Grado	Unión	Intervalo
9 5/8"	40	J-55	BUT	0 – 300'

Accesorios
Zapato Guía, collar flotador, centralizador

CEMENTACIONES

Revestimiento	Tamaño	Hueco	Sacos	Clase	Tope
Conductor	13 3/8"	17 1/2"	40	A	Superf
Superficie	9 5/8"	12 1/4"	150	C	Superf
		8 1/2"	A definir según registros		

Usar aditivos para controlar la pérdida de circulación y de filtrado.

LODO DE PERFORACION

Usar lodo base bentonita hasta asentar revestimiento conductor y superficial con bajo contenido de sólidos y 7 lbs/galón.

Después de asentar revestimiento de 13 3/8 usar lodo base bentonita mas inhibidores de hinchamiento de arcilla y cloruro de potasio hasta 300' con las siguientes propiedades:

Densidad	7 Lbs/galón
Viscosidad	20 seg max
Filtrado	< 5 cc

Perforar hueco de 8 1/2" con lodo con inhibidor de hinchamiento de arcilla:

Densidad	10 Lbs/galón
Viscosidad	30 seg max
Filtrado	< 3 cc

8. CONCLUSIONES

- Geológicamente la Cuenca de los Llanos Orientales está compuesta por sedimentos del Paleozoico Superior, Cretácico y Terciario, que descansan sobre el basamento ígneo-metamórfico del Escudo Guayanés, en una plataforma que se hace más somera y menos deformada hacia el oriente.
- El proceso exploratorio en los Llanos Orientales ha sido orientado principalmente a la búsqueda de hidrocarburos en trampas estructurales en el sector occidental, en donde se han realizado los principales descubrimientos de hidrocarburos, sin embargo los diferentes autores coinciden en afirmar que al oriente de la faja explorada en la actualidad, podrían existir importantes acumulaciones en trampas estratigráficas.
- El sector oriental de los Llanos no solamente es el sitio ideal para obtener información detallada de los reservorios mas jóvenes del Terciario, las secuencias arenosas del Carbonera unidades C7, C5, C3, sino que por ser el punto más somero de la cuenca en la cual se encuentra el Paleozoico, es la localización adecuada para corroborar las expectativas que sobre esta unidad existen sobre su calidad como roca reservorio.
- Al oriente de esta franja, se le atribuye la mayor posibilidad de contener trampas estratigráficas. De acuerdo con esta visión, en este trabajo se recomienda la perforación de cuatro (4) pozos estratigráficos relativamente someros en el sector oriental, que permitirían obtener información detallada de roca para la caracterización de las unidades jóvenes del Terciario y la posibilidad de conformar yacimientos de hidrocarburos.

BIBLIOGRAFIA

ANH, 2005. Llanos Foreland Basin. I Colombia Oil and Gas Conference. Folleto. Bogotá, D. C

BEICIP, 1995. Cuenca de los Llanos Orientales, Estudio Geológico Regional. Vols I y II. Para: ECOPETROL. 202 p. Bogotá, D.C.

COOPER, M.A. et al. 1994. Basin development and tectonic history of the Eastern cordillera and Llanos Basin, Colombia. Reporte técnico. BP Exploration, Bogotá, D. C.

ECOPETROL, 1976. Cuenca de los Llanos Orientales, Potencial Petrolífero. 44p. Bogotá, D.C.

ECOPETROL, 1981. Posibilidades de atrapamiento estratigráfico en la cuenca de los Llanos Orientales. 61 p. Bogotá, D.C.

ECOPETROL, 1985. Cuenca Llanos Orientales, exploración petrolera en la Subcuenca Apiay-Ariari. 128 p. Bogotá, D.C.

ECOPETROL, 1994. Cuenca Llanos Orientales, Proyecto NELL, Fase II, Arauca-Casanare. 71 P. Bogotá, D.C.

HENAO, M. Y MOLINA, D. 1981. Evolución geológica de los Llanos Orientales de Colombia, Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia. Medellín Antioquia..

LINEY, L.M.; CALDERON, J.E., 1990. Correlación sísmico-estratigráfica Regional en la Cuenca de los Llanos Orientales. Tesis de grado Universidad Nacional de Colombia. 82 P. Bogotá, D.C.

ROBERTSON RESEARCH, 1985. Colombia Petroleum Geology – A Basin by Basin Evaluation. 820 p. Houston, Texas.