



SUBDIRECCIÓN TÉCNICA

LOCALIZACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS CUENCA CESAR-RANCHERIA

**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

DICIEMBRE 12 DE 2007

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 | 8 |
| 4. DEFINICIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO REGIONAL..... | 10 |
| 4.1 EVOLUCIÓN DE LA CUENCA..... | 11 |
| 4.2 PRINCIPALES RASGOS ESTRUCTURALES | 12 |
| 4.3 ESTRATIGRAFÍA Y ELEMENTOS DEL SISTEMA PETROLÍFERO..... | 15 |
| 5. INTERPRETACIÓN SÍSMICO-ESTRUCTURAL | 21 |
| 5.1 SECUENCIAS SÍSMICAS | 23 |
| 6. RECOMENDACIÓN PARA LA PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS | 25 |
| 6.1 POZO ESTRATIGRÁFICO 1 | 27 |
| 7. PROGRAMA DE PERFORACION | 30 |
| 7.1 POZO CR - ESTRATIGRÁFICO 1 | 30 |
| 8. INCERTIDUMBRES | 33 |
| 9. CONCLUSIONES..... | 34 |
| BIBLIOGRAFIA | 35 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Localización de la Cuenca Cesar-Ranchería | 7 |
| Figura 2. Información sísmica y de pozos disponible, Cuenca Cesar Ranchería | 9 |
| Figura 3. Mapa geológico del norte de Colombia, mostrando la ubicación de la Cuenca Cesar Ranchería | 10 |
| Figura 4. Evolución geológica regional, Cuenca Cesar | 11 |
| Figura 5. Evolución geológica regional, Cuenca Ranchería | 12 |
| Figura 6. Mapa de estructuras Plioceno-Pleistoceno, Cuenca Cesar-Ranchería | 13 |
| Figura 7. Corte estructural, subcuenca Cesar | 14 |
| Figura 8. Línea sísmica CV-79-03, interpretación de estructuras en la cuenca | 14 |
| Figura 9. Columna estratigráfica, cuencas Cesar y Ranchería | 16 |
| Figura 10. Localización de cuerpos arrecifales? y pozo CR Estratigráfico-1 | 22 |
| Figura 11. Distribución areal de estructuras arrecifales? | 23 |
| Figura 12. Sección sísmica CV-79-03 | 23 |
| Figura 13. Sección sísmica CV 89-1885 | 24 |
| Figura 14. Sección sísmica CV 79-11 | 24 |
| Figura 15. Sección Sísmica CV – 89 - 2065 y discordancias asociadas | 25 |
| Figura 16. Sección Sísmica CR – 79 – 004 y discordancias asociadas | 26 |
| Figura 17. Sección Sísmica CR – 79 – 008 | 26 |
| Figura 18. Localización pozo CR Estratigráfico 1, sobre la sección sísmica CR 79-004 | 28 |
| Figura 19. Estado Mecánico y Prognosis Pozo CR - Estratigráfico-1 | 32 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Prognosis pozo CR Estratigráfico 1 | 28 |
| Tabla 2. Coordenadas pozo CR Estratigráfico-1 | 29 |

INTRODUCCIÓN

Cesar-Ranchería es una cuenca que por muchos años ha despertado el interés de las compañías exploradoras, principalmente por su cercanía con el Valle Medio del Magdalena, cuenca en la que se descubrió el primer campo gigante de hidrocarburos en Colombia y también por su cercanía con el Golfo de Maracaibo, ampliamente reconocido por sus yacimientos petrolíferos.

La actividad exploratoria se ha realizado en periodos intermitentes en la Cuenca Cesar Ranchería: Tropical Oil Company realizó las primeras campañas de campo que permitieron definir la presencia de estructuras prospectivas que fueron perforadas sin éxito con los pozos El Paso-1, Papayal-1, El Paso-2 y Cerrejón-1 en la década de los 40's. Intercol posteriormente en los 50's perforó los pozos El Paso-3, El Paso-4, Río Maracas-1 y Los Venados-1, de los cuales en el Paso-3 se recuperaron hidrocarburos de 41° API, se clasificó como productor no comercial de aceite y fue abandonado en 1954. Phillips y ECOPEPETROL en la década de los 80's renuevan su interés y se perforan los pozos Cesar A-1X, Cesar F-1X, Cesar H-1X, El Molino-1 y 1X que confirman la prospectividad con frecuentes manifestaciones de gas y aceite durante la perforación. COPLEX en 1997 perfora el pozo Compae-1 que fue clasificado como productor de gas, la única producción comercial de hidrocarburos en yacimientos convencionales registrada en esta cuenca.

En décadas recientes la cuenca ha despertado un segundo interés, el de la acumulación de gas en yacimientos no convencionales, experiencia emulada con el descubrimiento y explotación de los yacimientos de gas metano asociado al carbón (GAC) en Alabama, Estados Unidos. Dicho interés fue inicialmente mostrado por Geomet que perforó los pozos Patilla en la década del 90 y recientemente por DRUMMOND que ha perforado 13 pozos estratigráficos para la evaluación del GAC en los sinclinales El Descanso y Boquerón y en el sector conocido como La Loma, a profundidades entre 800 y 1820 pies y adelanta un programa de perforación exploratoria, un programa piloto que abarca la perforación de 13 pozos adicionales.

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 de 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, almacenadora y roca sello).

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

2. LOCALIZACIÓN

La Cuenca Cesar Ranchería se encuentra localizada al noreste de Colombia, en los departamentos de Guajira y Cesar, en el margen occidental del golfo de Maracaibo del vecino país, Venezuela (**Figura 1**). La cuenca se encuentra delimitada al noreste por la Sierra Nevada de Santa Marta, al oriente por la Serranía de Perijá que lo separa del Golfo de Maracaibo, al norte por la Falla de Oca que la separa de la Cuenca Guajira y al sur por la Falla de Santa Marta-Bucaramanga.

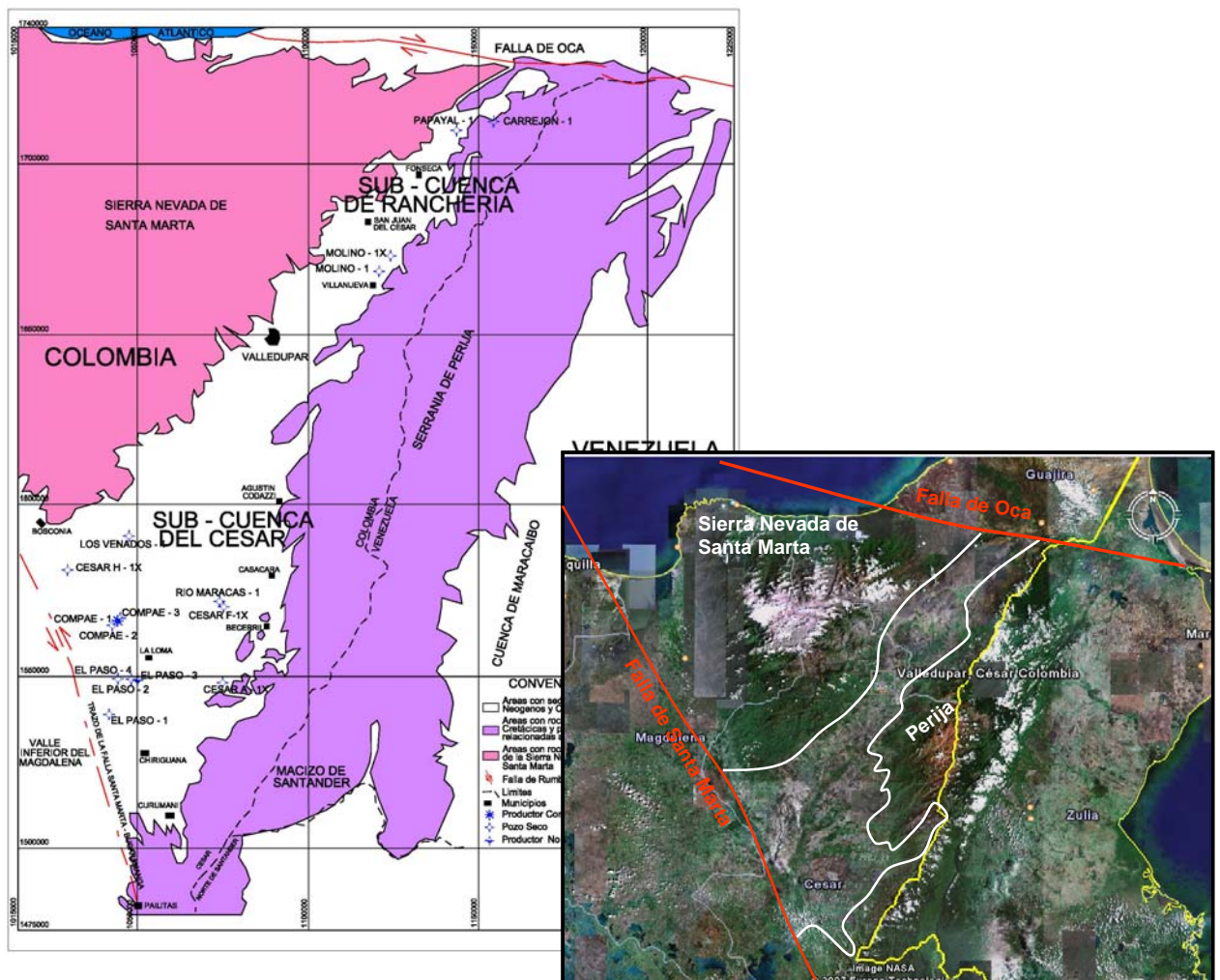


Figura 1. Localización de la cuenca Cesar Ranchería. Imagen: Google Earth

3. INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y GEOFÍSICA UTILIZADA

Para la recomendación de la localización de los pozos estratigráficos en este sector, se contó con una amplia base de datos de estudios geológicos realizados en la cuenca, información de los pozos perforados en el área y de las líneas sísmicas obtenidas tanto por ECOPETROL, la ANH como por otras operadoras. En la **Figura 2** se muestra la distribución de las diferentes campañas sísmicas registradas, que en total se acercan a los 4,000 Km. de sísmica 2D, obtenidos a partir del año 1979. No obstante, se considera que en términos generales la Cuenca Cesar-Ranchería tiene un buen cubrimiento sísmico. La subcuenca del Cesar ha sido estudiada en mayor profundidad que la subcuenca de Ranchería, tanto en cubrimiento sísmico como en pozos perforados.

Adicionalmente a las evaluaciones locales de geología de superficie y de levantamientos sísmicos se han realizado diferentes estudios regionales: HISPANOIL (1987), ECOPETROL-ICP (1989), INTERA BIOS (1995), ECOPETROL-GEOPETROCOL (1998) y DRUMMOND (2005), con el fin de identificar áreas prospectivas y prospectos perforables, los cuales además de caracterizar geoquímicamente las rocas generadoras incluyen la evaluación geológica y geofísica de la cuenca, sintetizan la evolución tectonoestratigráfica desde una perspectiva global y presentan análisis estructurales con la interpretación de los pozos perforados en la cuenca, información que fue utilizada para la presente evaluación.

Los diferentes autores coinciden en afirmar que la Cuenca Cesar Ranchería reúne las condiciones geológicas generales que la hacen prospectiva desde el punto de vista de generación, expulsión y acumulación de hidrocarburos, pero que deben acometerse estudios orientados a cada una de las subcuencas que la componen (subcuenca del Cesar y subcuenca de Ranchería), dado que son geológica y geoquímicamente diferentes.

Con el fin de caracterizar en detalle las rocas acumuladoras y generadoras DRUMMOND perforó recientemente siete pozos estratigráficos para yacimientos convencionales: Diablito-1E, Los Cerezos-1E, El Descanso-6E, Barco-1E, Verdesia-1E y 2E y La Luna-3E, a profundidades que fluctúan entre 930 y 2,300 pies, con los cuales se caracterizaron en detalle las formaciones Aguas Blancas, La Luna, Barco y Cuervos. Dichos resultados debidamente incorporados en los estudios de evaluación regional aportarán datos valiosos para los futuros trabajos exploratorios en la cuenca.

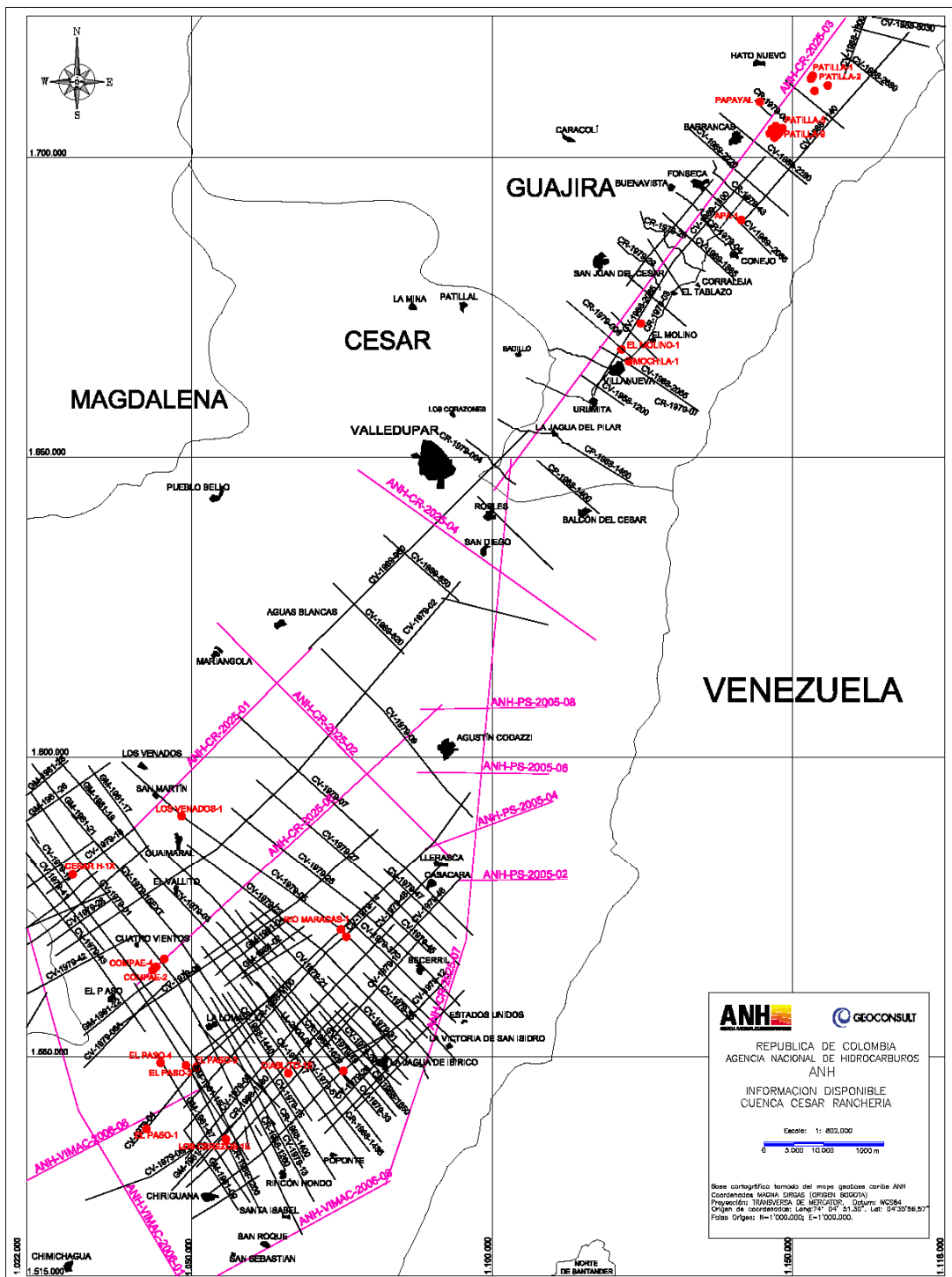


Figura 2. Información sísmica y de pozos disponible, Cuenca Cesar Ranchería. En color magenta sísmica obtenida por la ANH.

4. DEFINICIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO REGIONAL

La Cuenca Cesar Ranchería forma parte junto con la Sierra Nevada de Santa Marta, la Serranía de Perijá (**Figura 3**), los Andes de Mérida, el Macizo de Santander y la Cuenca de Maracaibo de un bloque que tiene un movimiento relativo hacia el noreste con relación a la placa Sudamericana, como parte de una historia geológica compleja que ha sido motivo de innumerables estudios a nivel mundial por ser una pieza muy importante de la tectónica de placas que dió origen a la actual configuración de los continentes.

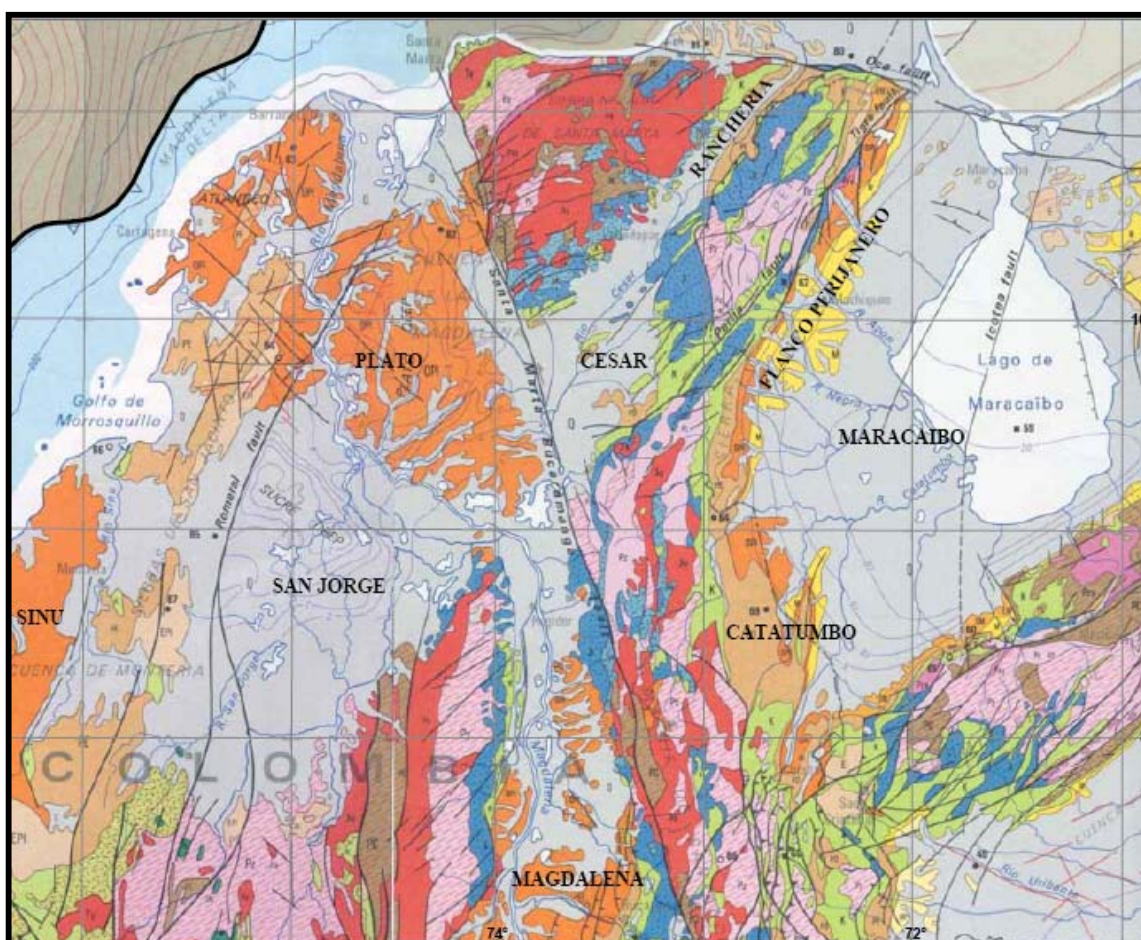


Figura 3. Mapa geológico del norte de Colombia mostrando la ubicación de la Cuenca Cesar Ranchería. Tomado de BEICIP, 2001.

4.1 EVOLUCIÓN DE LA CUENCA

La evolución de los terrenos de Cesar Ranchería como cuenca de sedimentos está directamente relacionada con movimientos que se dieron en diferentes estadios de evolución tectónica que se inician en el Siluriano-Devoniano Inferior y que dejan como registro una cuenca extensional Jurásico-Cretácico Temprano invertida, plegada y fallada, particularmente durante la Orogenia Andina del Cenozoico (Geopetrocol, 1998). Las **Figuras 4 y 5** muestran la evolución de las cuencas de Cesar y Ranchería de acuerdo con los conceptos de Intera (1995).

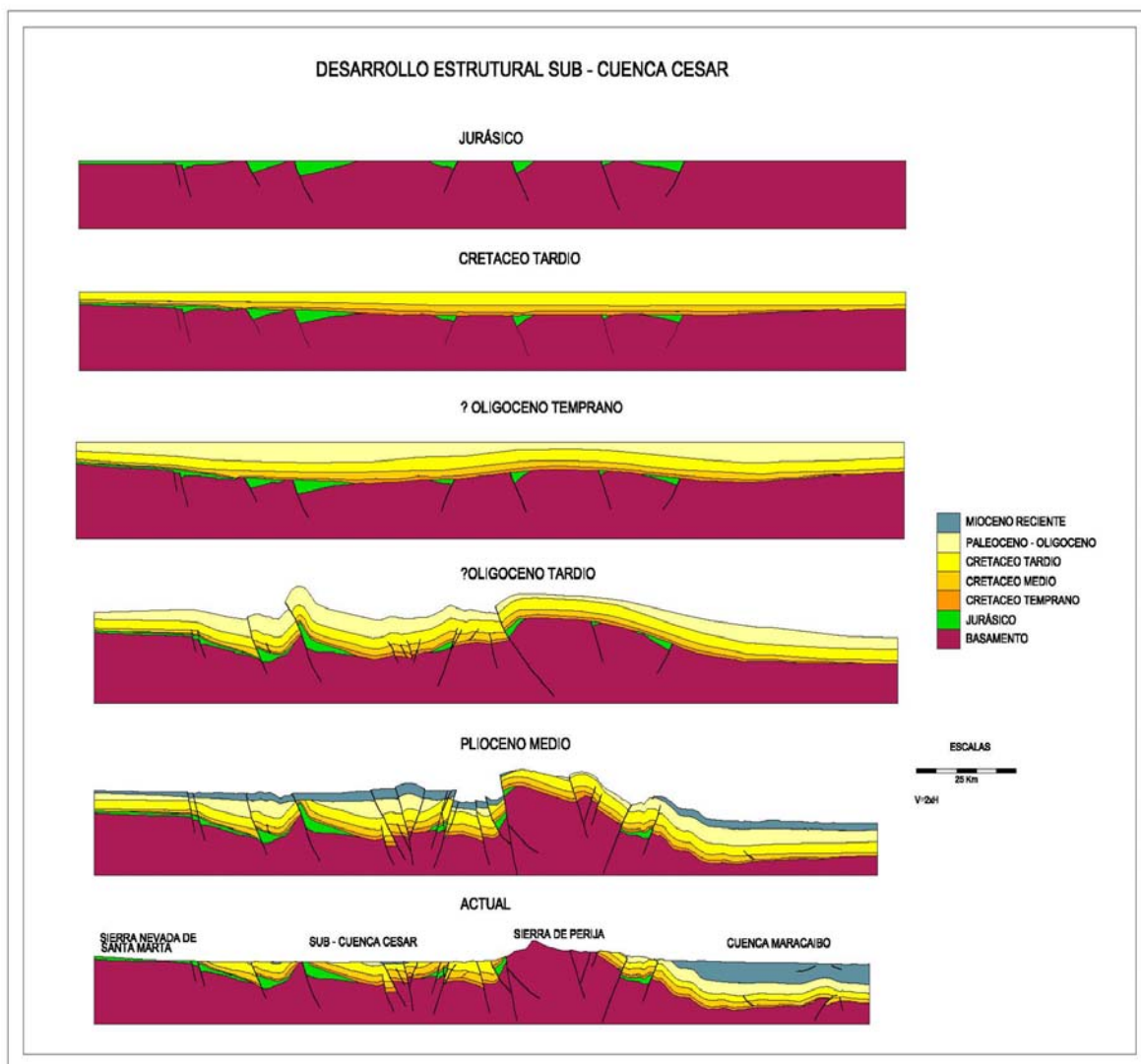


Figura 4. Evolución geológica regional, Cuenca Cesar. Fuente: Intera, 1995

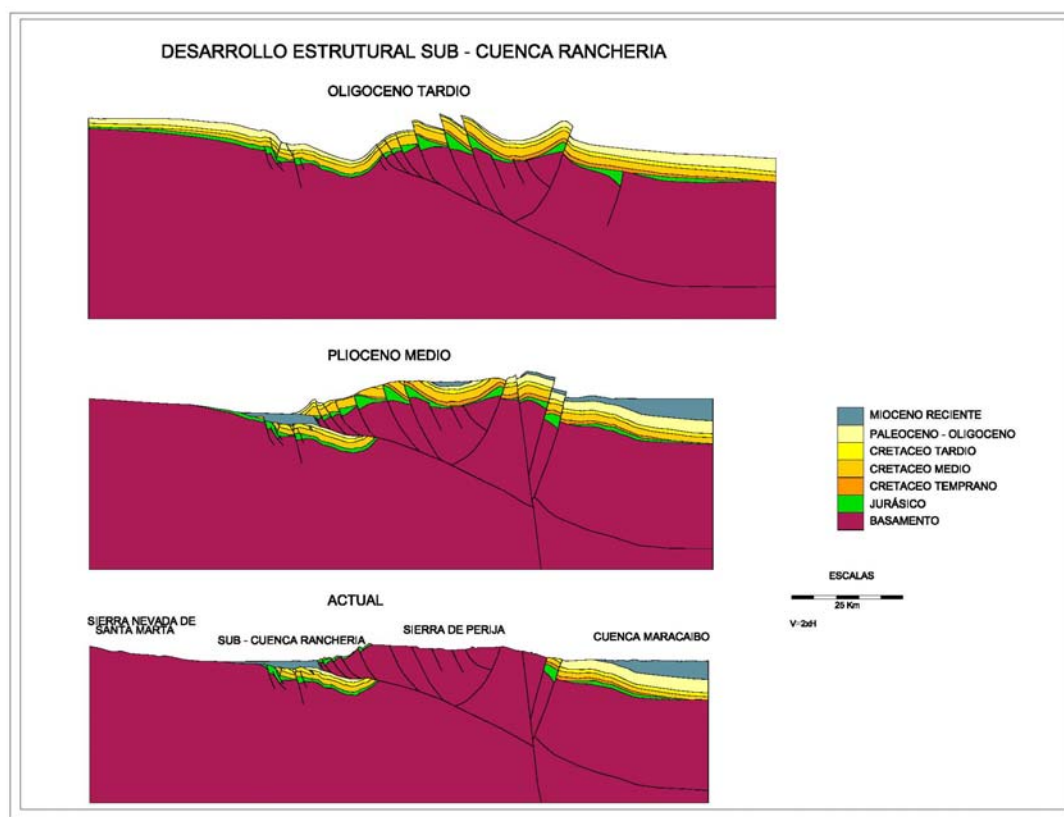


Figura 5. Evolución geológica regional, cuenca Ranchería. Fuente: Intera, 1995

4.2 PRINCIPALES RASGOS ESTRUCTURALES

El estilo estructural de la cuenca es compresivo principalmente, con una gran influencia de tectónica de rumbo. La **Figura 6** muestra las principales fallas y su distribución en la cuenca. Es evidente el fuerte desarrollo de escamas asociadas a estructuras duplex que involucran las rocas Cretácicas y Jurásicas a todo lo largo del frente de deformación occidental de la Serranía de Perijá (Geopetrocol, 1998). Adicionalmente, las unidades más dúctiles suprayacentes se ven afectadas por una tectónica tipo escama delgada que despegan de la Formación Molino (Drummond, 2007).

Las mayores estructuras presentes en la Cuenca Cesar Ranchería son principalmente anticlinales y sinclinales de orientación NE-SW, desarrollados como producto de una tectónica de cabalgamiento. En las **Figuras 7 y 8** se observa cómo dichas estructuras se somerizan hacia el NE, generando algunos altos internos como el alto de Verdesia, que constituye el límite entre la cuenca de Cesar al sur y de Ranchería al norte.

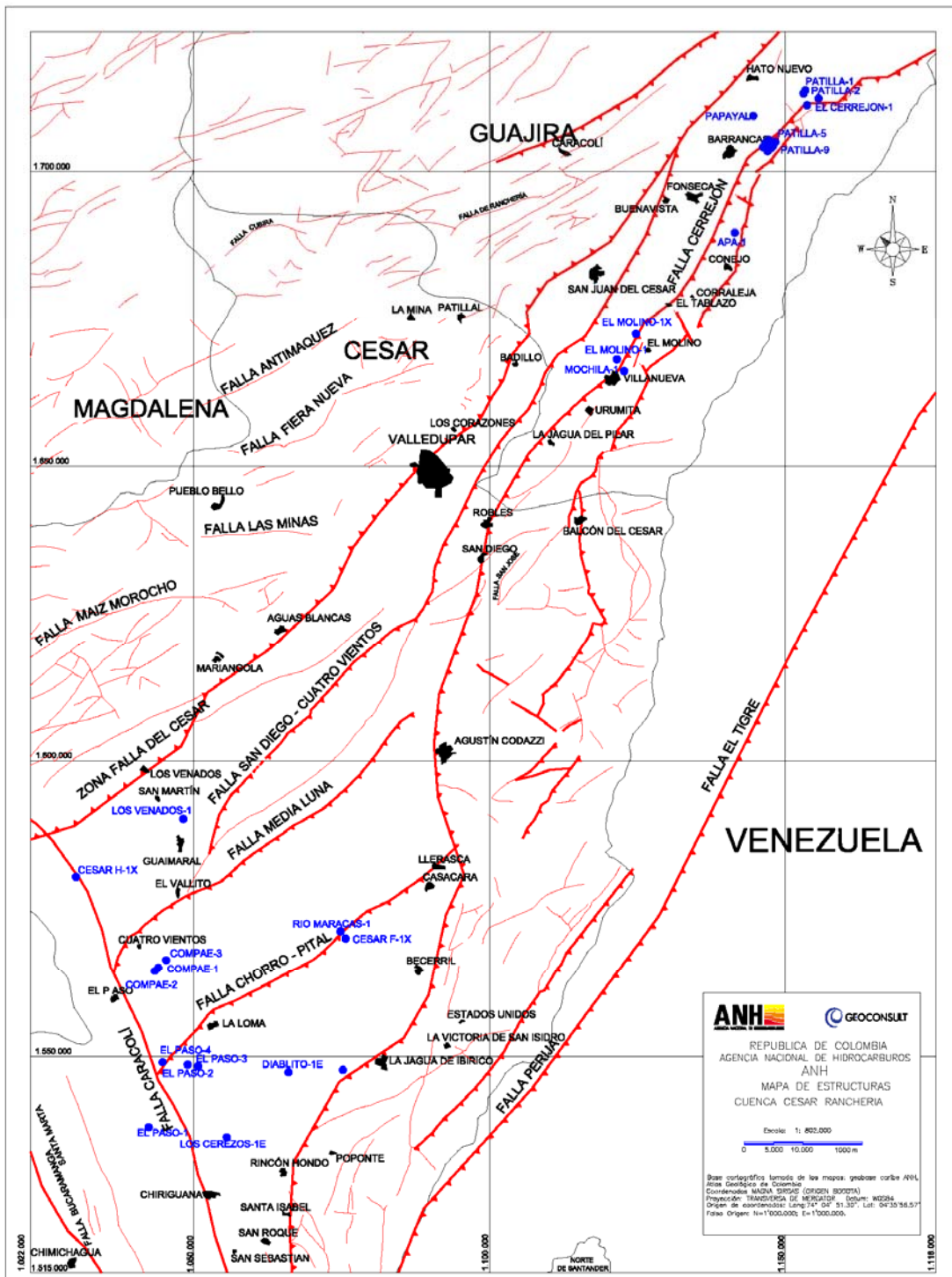


Figura 6. Mapa de estructuras Plioceno-Pleistoceno, Cuenca Cesar-Ranchería.

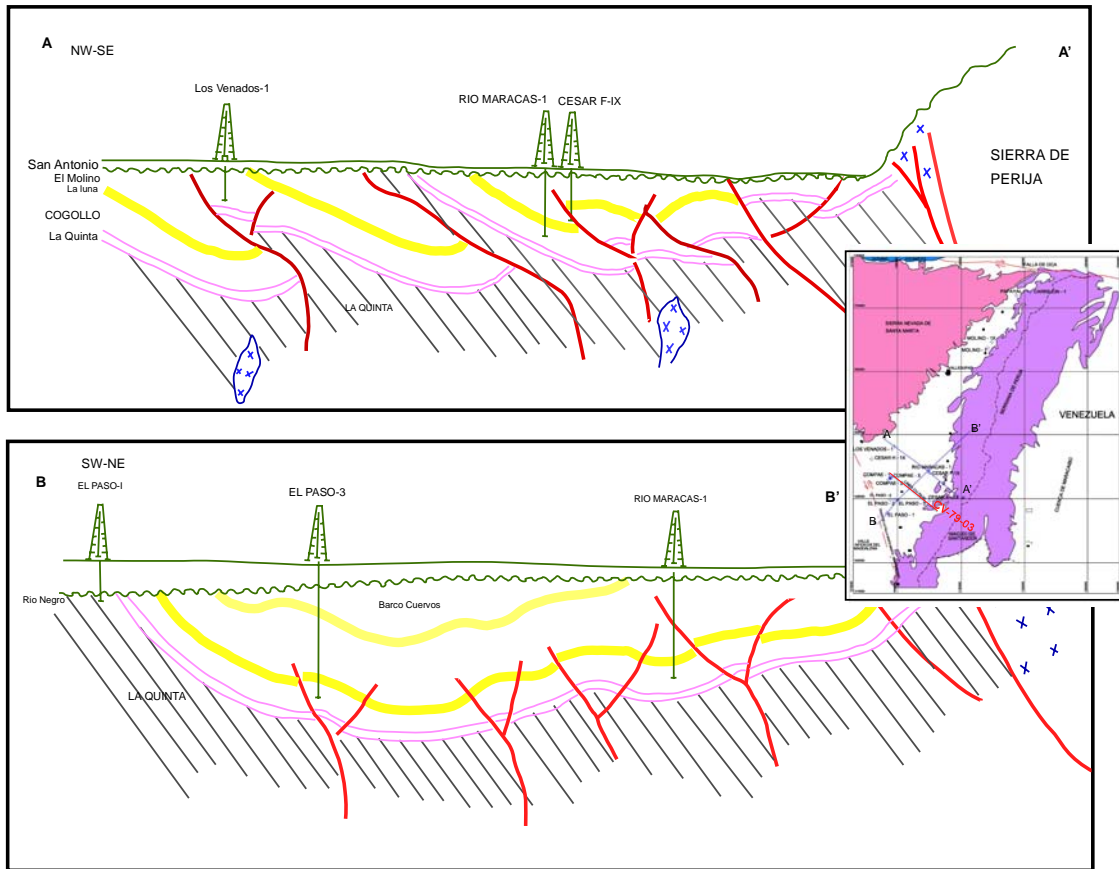


Figura 7. Corte estructural, subcuenca Cesar. Tomado de Hispanoil, 1987.

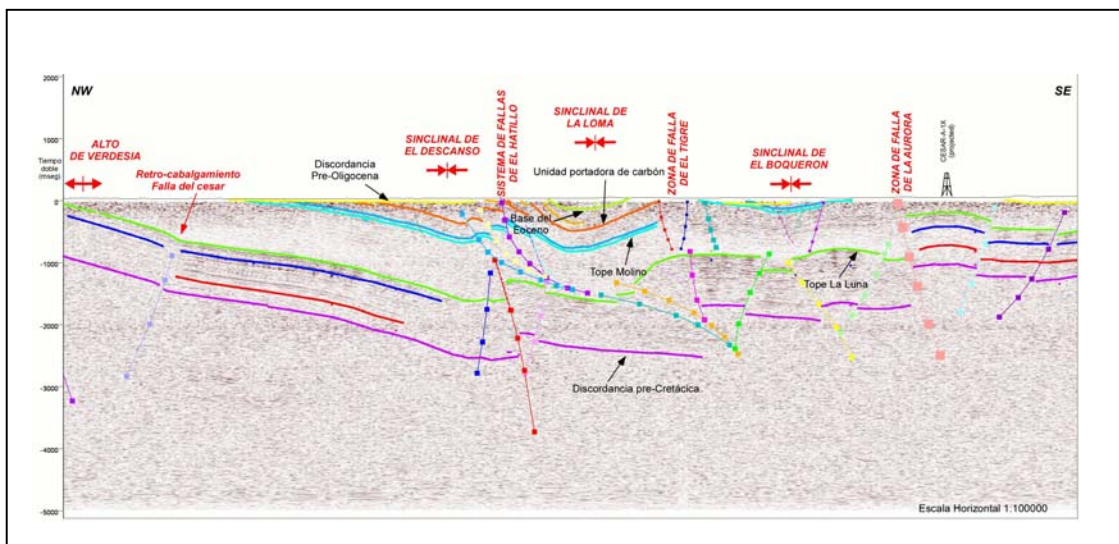


Figura 8. Línea sísmica CV-79-03 interpretación de estructuras en la cuenca (Drummond 2005). Para localización ver Figura 7.

4.3 ESTRATIGRAFÍA Y ELEMENTOS DEL SISTEMA PETROLÍFERO

A continuación se presenta la descripción de las unidades definidas para las cuencas Cesar y Ranchería de acuerdo con Geopetrocol, 1998. La **Figura 9** muestra la columna estratigráfica para la Cuenca Cesar - Ranchería.

GRANULITA LOS MANGOS (Precámbrico)

Neises granulíticos bandeados que están asociados con proporciones menores graníticas alternantes con anfibolitas piroxénicas y neises ultramáficos.

SERIES DE PERIJÁ (Cambriano-Silúrico)

Rocas metamórficas: filitas, esquistos, cuarcitas y filitas cuarzosas. Estas han sido identificadas en el río Manaure y a lo largo de la Serranía de Perijá.

GRUPO RÍO CACHIRÍ (Devoniano-Carbonífero)

Conglomerado basal que es suprayacido por una alternancia de areniscas ferruginosas y lutitas arenosas calcáreas. La parte superior está compuesta por una alternancia de shales de color gris claro a negro, areniscas arcillosas rojas, calizas y delgadas capas de chert.

FORMACION MANAURE (Pérmico)

En la base se encuentra un conglomerado compuesto por fragmentos de areniscas rojas, arenas y calizas. Al tope, calizas fosilíferas y areniscas calcáreas y arcillolitas verdosas. Los afloramientos de esta unidad se restringen a los alrededores de Manaure.

SECUENCIA LA MULA-CHIMICHAGUA (Triásico)

Cuerpos intrusivos e hipoabisales compuestos por una serie de granitodioritas, cuarzodioritas y riolitas, identificados en la Sierra Nevada de Santa Marta.

FORMACION LA QUINTA (Jurásico)

Sedimentos clásticos no marinos: limolitas, areniscas arcósicas y conglomerados asociados a dacitas, riolitas y material piroclástico, flujos de basaltos, tobas y aglomerados. Esta unidad se encuentra ampliamente distribuida en la cuenca y se han reportado afloramientos en la Serranía de Perijá, alrededores de Curumaní, Manaure y al noroccidente de San Juan del Cesar. La Formación La Quinta ha sido reconocida en pozos de las subcuencas Cesar y Ranchería.

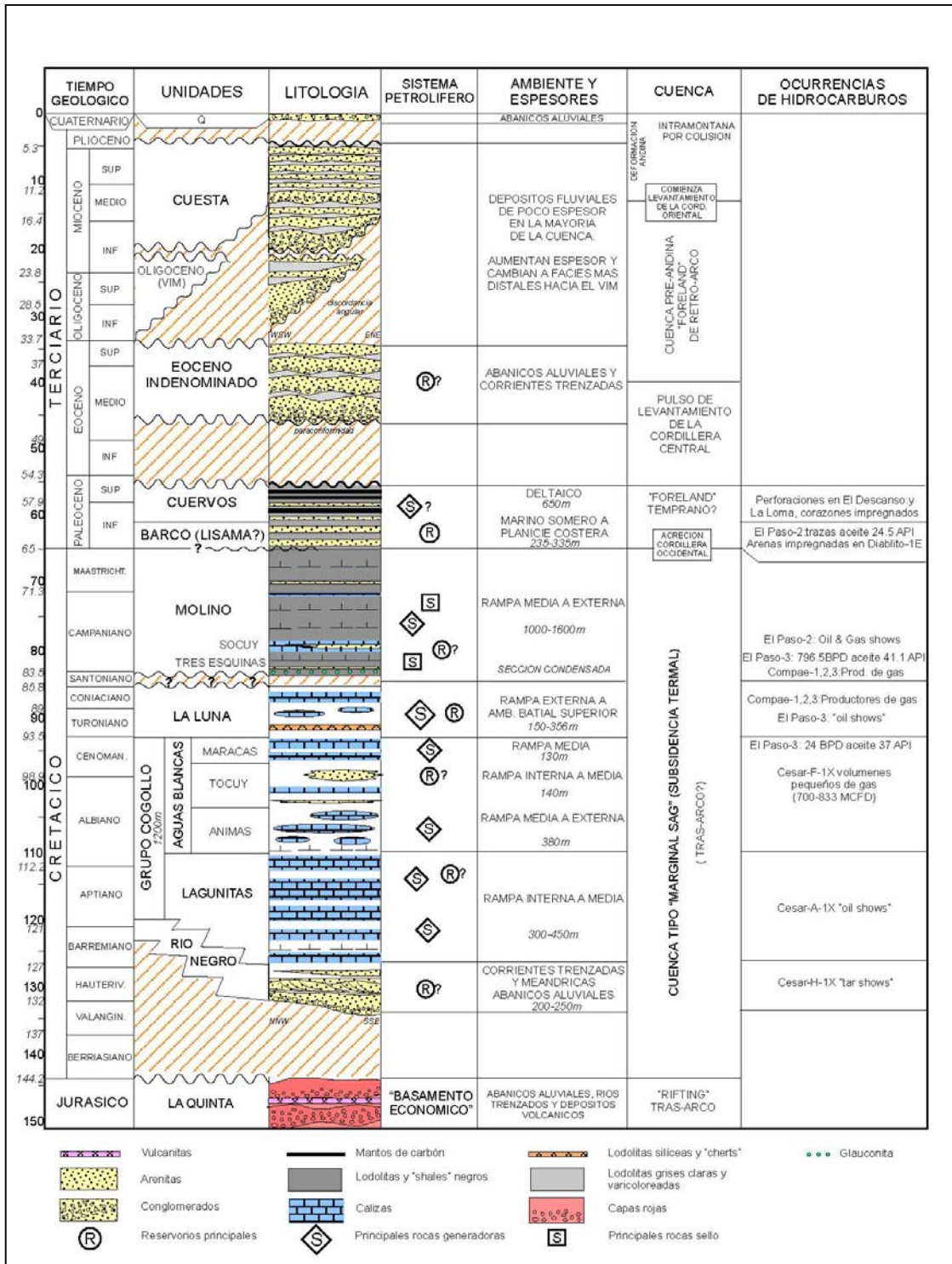


Figura 9. Columna estratigráfica Cuenca Cesar - Ranchería (Tomado de: Drummond, 2005)

FORMACION RÍO NEGRO (Cretácico-Neocomiano)

A la base conglomerado que incluye cantos de granulitos, rocas félsicas, areniscas y cuarzo lechoso, sobreyacido por una alternancia de areniscas conglomeráticas y conglomerados con intercalaciones de arcillolitas arenosas y limolitas, reportadas en el flanco occidental de la Serranía de Perijá y en algunos pozos de la cuenca de Cesar que la han perforado parcialmente. En la subcuenca de Ranchería las perforaciones que alcanzaron el Mesozoico Inferior atravesaron el Grupo Cogollo y luego la Formación La Quinta sin encontrar sedimentos de la Formación Río Negro.

GRUPO COGOLLO (Aptiano-Albiano)

Rocas Cretácicas marinas correspondientes a depósitos posteriores a la Formación Río Negro y anteriores a la Formación La Luna. En la cuenca Cesar-Ranchería se divide en formaciones Lagunitas y Aguas Blancas.

La Formación Lagunitas está compuesta principalmente por calizas masivas con intercalaciones delgadas de shales calcáreos y presenta una variación facial con aumento en el contenido detrítico en la subcuenca de Ranchería. Aflora en el flanco occidental de la Serranía de Perijá, en el borde occidental de la cuenca y en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta.

La Formación Aguas Blancas en la subcuenca Ranchería está conformada por calizas y en la subcuenca del Cesar se diferencian tres miembros: Animas, Tocuy y Maracas, los cuales presentan adicionalmente shales calcáreos, areniscas glauconíticas y calizas.

FORMACIÓN LA LUNA (Cenomaniano-Campaniano)

Alternancia de limolitas, arcillolitas, calizas bituminosas y lutitas negras carbonosas y calcáreas. Estas formaciones se encuentran ampliamente distribuidas en superficie en el flanco occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta y en el flanco occidental de la Serranía de Perijá, además de afloramientos aislados en el valle del río Cesar. La formación ha sido perforada por pozos en las subcuencas de Cesar y Ranchería.

FORMACIÓN MOLINO (Campaniano-Mastrichtiano)

Sucesión de lutitas calcáreas con intercalaciones de areniscas glauconíticas de grano fino, limolita y calizas. Informalmente se identifican dos miembros: Tres Esquinas y Socuy, compuestos por lutitas calcáreas y por calizas y margas. La Formación Molino ha sido perforada por pozos en la subcuenca Cesar y ha mostrado contener reservas económicas de gas en la subcuenca de Ranchería. Las exposiciones en superficie de esta formación son escasas, la única región donde se ha reportado es en la parte norte de la subcuenca de Ranchería, en los alrededores de las localidades El Molino y Hato Nuevo.

FORMACIÓN BARCO (Paleoceno)

Representa el inicio de la depositación de Terciario en la cuenca. Está compuesta por areniscas arcillosas con intercalaciones de arcillolitas carbonosas y delgadas capas de carbón. Los afloramientos de esta unidad son pocos y se restringen a la zona aledaña a La Jagua de Ibirico en el sector suroriental de la Cuenca del Cesar. Su distribución es irregular pues no se reporta en todos los pozos perforados en la cuenca.

FORMACIÓN LOS CUERVOS (Paleoceno)

Secuencia de lutitas carbonosas, limolitas carbonosas, areniscas de grano fino y mantos de carbón en espesores que alcanzan los cinco metros, mas frecuentes en el segmento inferior de esta unidad. Esta secuencia aflora solo en los alrededores de la población de La Jagua de Ibirico.

FORMACIÓN HATO NUEVO (Paleoceno)

Calizas micríticas con intercalaciones delgadas de areniscas y lutitas calcáreas. Aflora al suroriente de la población de Hato Nuevo y al suroriente de la subcuenca de Ranchería en un bloque limitado por la Falla del Cerrejón. Sus sedimentos están distribuidos solamente en la subcuenca de Ranchería y es correlacionable con la Formación Barco definida para la subcuenca del Cesar.

FORMACIÓN MANANTIALES (Paleoceno)

Areniscas calcáreas intercaladas con calizas. Incluye unas muy delgadas intercalaciones de lutitas grises. Esta unidad ha sido registrada solamente en la subcuenca de Ranchería y aflora al nororiente de San Juan del Cesar.

FORMACIÓN CERREJÓN (Paleoceno)

Intercalación de areniscas, lutitas y mantos de carbón que afloran en el Cerrejón con una distribución restringida en la subcuenca de Ranchería. Esta formación aflora en el sector más norte de la subcuenca de Ranchería y es correlacionable con la Formación Los Cuervos definida para la subcuenca del Cesar.

FORMACIÓN TABACO (Eoceno)

Areniscas cuarzosas friables y conglomerados compuestos por granos de chert principalmente, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas grises a blancas. Los únicos afloramientos conocidos están en la zona del Cerrejón y en ninguno de los pozos perforados en la cuenca del Cerrejón se ha reportado su presencia.

CONJUNTO CALCÁREO DE LA GUAJIRA (¿Eoceno Superior-Oligoceno?)

Esta unidad informal y la suprayacente Conjunto Conglomerático fueron definidas informalmente con base en las perforaciones de los pozos Molino-1 y Molino-1X, donde se identificaron rocas que no correspondían a ninguna de las unidades definidas previamente en la subcuenca de Ranchería. El contacto entre el Conjunto Calcáreo de la Guajira y el Conjunto Conglomerático que le suprayace

corresponde con una discordancia y se observan desarrollos arrecifales al norte de los pozos Molino. El Conjunto calcáreo está constituido por un conglomerado basal suprayacido por calizas micríticas y algunas intercalaciones de arcillolitas y areniscas desarrolladas en ambiente de plataforma con influencia mareal.

CONJUNTO CONGLOMERÁTICO (Mioceno Superior?)

Conglomerado compuesto por clastos de rocas ígneas que presenta ocasionalmente intercalaciones de arcillolitas. No se conocen afloramientos de esta unidad y como fue mencionada su definición está basada en la descripción de las rocas perforadas en los pozos El Molino. Los sedimentos del Conjunto Conglomerático suprayacen discordantemente a las rocas del Conjunto Calcáreo.

FORMACIÓN CUESTA (Mioceno Medio –Plioceno)

Esta unidad está compuesta por areniscas mal seleccionadas, poco consolidadas, intercaladas con conglomerados, limolitas y arcillolitas. Se han reportado afloramientos en la carretera Arjona- Chimichagua y en el área de La Loma y ha sido reportada durante la perforación de pozos en la cuenca del Cesar.

SISTEMA PETROLÍFERO

Estudios sistemáticos realizados por DRUMMOND, establecen que los mayores factores de riesgo para la acumulación de hidrocarburos son la presencia de roca reservorio, la existencia de trampas y el sincronismo entre los elementos y procesos de los sistemas petrolíferos. Se relacionan a continuación las unidades sedimentarias reconocidas por diferentes autores como los elementos del sistema petrolífero:

Roca Generadora: Las facies lodolíticas de la Formación La Luna y el Grupo Cogollo parecen constituir la roca fuente primordial del área. También hay indicios que las formaciones Molino y Río Negro pudieron aportar en el proceso de generación de hidrocarburos en la cuenca.

Roca Almacenadora: Se han considerado como potenciales rocas reservorio las calizas fracturadas y las arenitas localmente desarrolladas del Cretácico, así como las arenitas Paleocenas de la Formación Barco. La experiencia de DRUMMOND (2005) con los análisis de roca realizados recientemente muestra que las arenitas de la Formación Barco a pesar de las buenas porosidades, tienen una regular a pobre calidad como roca reservorio dada su baja permeabilidad. De otra parte, en estudios realizados en 2006 por la misma compañía sobre muestras de roca de las formaciones La Luna y Aguas Blancas, obtenidas en pozos estratigráficos, se concluye que las calizas de dichas formaciones no son buenas rocas almacenadoras y que la posibilidad que haya trampas con fracturamientos que favorezcan porosidad secundaria es muy baja (DRUMMOND, 2007).

Roca Sello: En la parte superior de la Formación Molino y en la parte superior e inferior de la Formación La Luna existen unidades con propiedades de roca sello. Se postula la teoría que en la subcuenca de Ranchería existan sellos efectivos en sedimentos Terciarios, relacionados con posibles acumulaciones en trampas estratigráficas.

5. INTERPRETACIÓN SÍSMICO-ESTRUCTURAL

La información utilizada para la elaboración del proyecto fue suministrada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos e integrada en el sistema de interpretación interactiva Geographix para los datos en formato SEG Y. La información sísmica suministrada en formato .Tiff se evaluó manualmente y la información geológica de superficie y cultural se monitoreó en AUTOCAD. Los datos sísmicos obtenidos por las diferentes campañas son de buena a regular calidad, permitiendo una confiable correlación de eventos sísmicos entre los bloques de fallas y en general en toda la cuenca.

Se evaluó información sísmica de los programas de mayor extensión y con mayor distribución en la cuenca, encontrándose un buen nivel de cubrimiento en toda la cuenca. Los principales programas sísmicos evaluados en el proyecto son: ANH Cesar Ranchería (ANH- CR2005), Cesar Ranchería 79 (CR-1979), Cesar Valley (CV-1979), Guajira Cesar 1988 (CR-1988), Guajira Cesar 1988 (CV-1988), Perijá 1989 (CV-1989) y Sierra Perijá 1988 (CP-1988). Adicionalmente, se evaluaron los objetivos exploratorios y los resultados de cerca de 20 pozos perforados, los cuales no presentaron diferencias importantes entre la prognosis y las unidades encontradas durante la perforación.

Los pozos A3 perforaron trampas estructurales convencionales, anticlinales asociados a fallas inversas. La densidad de información geológica es suficiente para determinar los principales rasgos estructurales y estratigráficos de la cuenca, de tal manera que las nuevas áreas de interés prospectivo por su menor tamaño, necesitarían adquirir información geológica y geofísica de detalle. Es posible considerar la Cuenca Cesar Ranchería más como un área con bajo potencial exploratorio que como una cuenca frontera.

Recientemente, la compañía Drummond perforó los pozos estratigráficos Verdesia 1E, Verdesia 2E y La Luna 3E para generar dos columnas típicas de la secuencia completa de la Formación La Luna y parte superior del Grupo Cogollo, en dos puntos distantes de la Cuenca del Cesar y, determinar espesores, litologías y calidad de las rocas. De los análisis practicados a los núcleos de roca obtenidos en estas perforaciones, se concluye que las formaciones La Luna y Aguas Blancas no son buenas rocas almacenadoras y que la posibilidad que haya trampas con fracturamiento secundario es muy baja.

La evaluación de información geológica y geofísica sugiere que no existen problemas estratigráficos importantes para las secuencias Cretácica y Terciaria y que los resultados negativos de los pozos exploratorios se deben principalmente a: 1-) Mala calidad de los reservorios, 2-) Sellos laterales y verticales deficientes, afectados por la fuerte actividad tectónica ocurrida en la cuenca y 3-) Presencia de

grandes fallas comunicadas con superficie que constituyen rutas para la migración de fluidos y su interacción con aguas meteóricas, que limitan la preservación de los hidrocarburos generados. Dado que a la fecha tanto los pozos exploratorios como los estratigráficos perforados en la cuenca han caracterizado razonablemente las rocas generadoras, sello y reservorio, la presente evaluación geológica y geofísica condujo a la búsqueda de unidades u horizontes de interés no explorados previamente.

GEOPETROCOL en la evaluación realizada para ECOPEPETROL en 1998, reporta la presencia de *build ups* posiblemente crecimientos arrecifales, en dos puntos de la cuenca que los denomina áreas prospectivas Upar y Fonce, los cuales no afloran en superficie y no han sido reportados en perforaciones exploratorias. Se realizó un inventario de éstas y otras anomalías sísmicas de configuración similar a las reportadas por GEOPETROCOL, encontrando que presentan una orientación preferencial SW-NE a lo largo de la subcuenca Ranchería, **Figuras 10 y 11**, relacionados con una línea de costa del Terciario, que en condiciones especiales de temperatura, profundidad y energía, pueden compararse con arrecifes actuales.

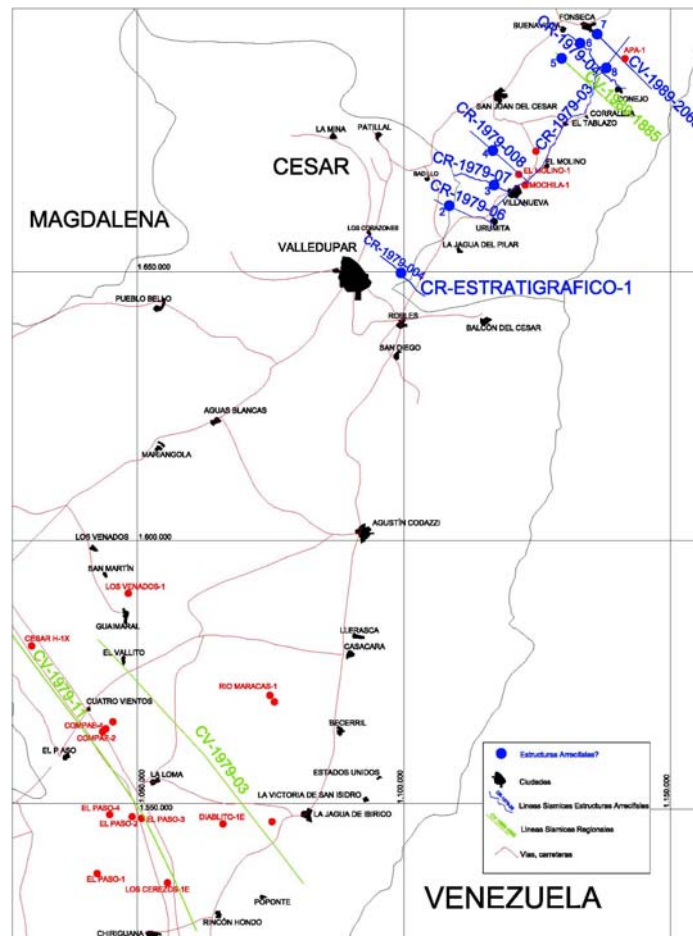


Figura 10. Localización de cuerpos arrecifales? y pozo CR Estratigráfico-1

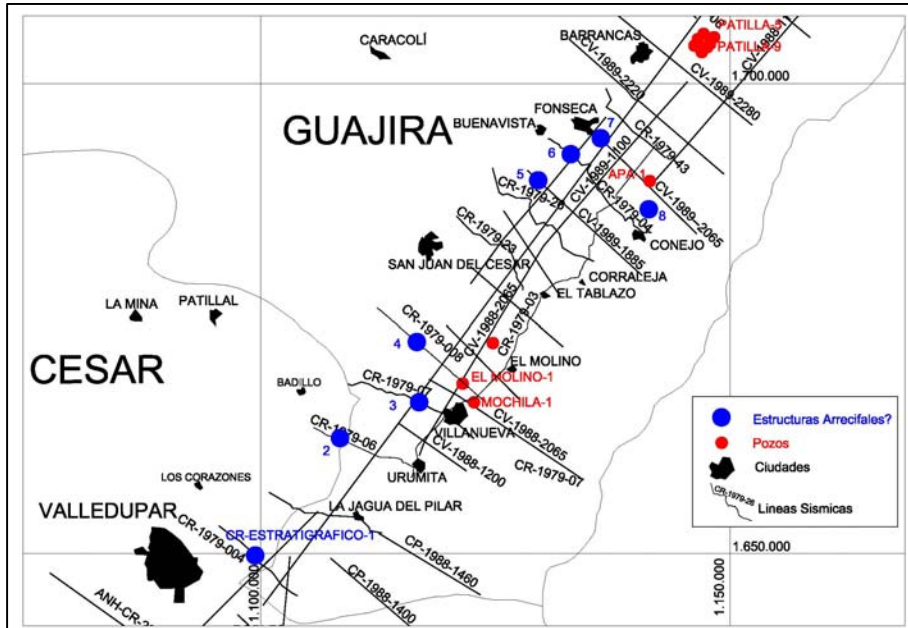


Figura 11. Distribución areal de estructuras arrecifales?.

5.1 SECUENCIAS SÍSMICAS

Se pueden definir en general cuatro secuencias sísmicas: Basamento, Discordancia Jurásico-Cretácico, Tope del Cretáceo, Discordancia Eoceno (Cretácico-Terciario) y Mioceno (Discordancia Terciario Inferior – Superior), ver **Figuras 12 a 14.**

Se presentan a continuación tres secciones NE-SE, representativas del estilo estructural de la cuenca Cesar Ranchería, observándose que los horizontes sísmicos y/o topes formacionales se pueden extrapolar para toda el área del proyecto.

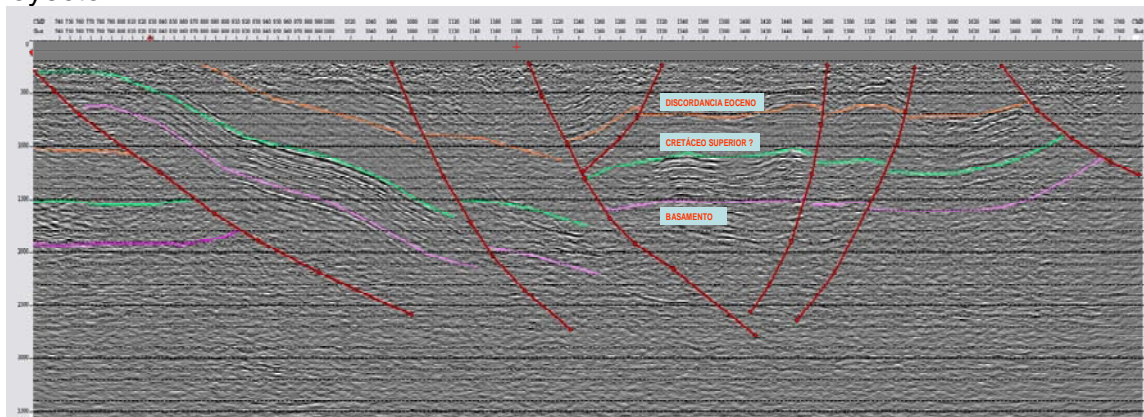


Figura 12. Sección sísmica CV-79-03. Para localización ver Figura 10.

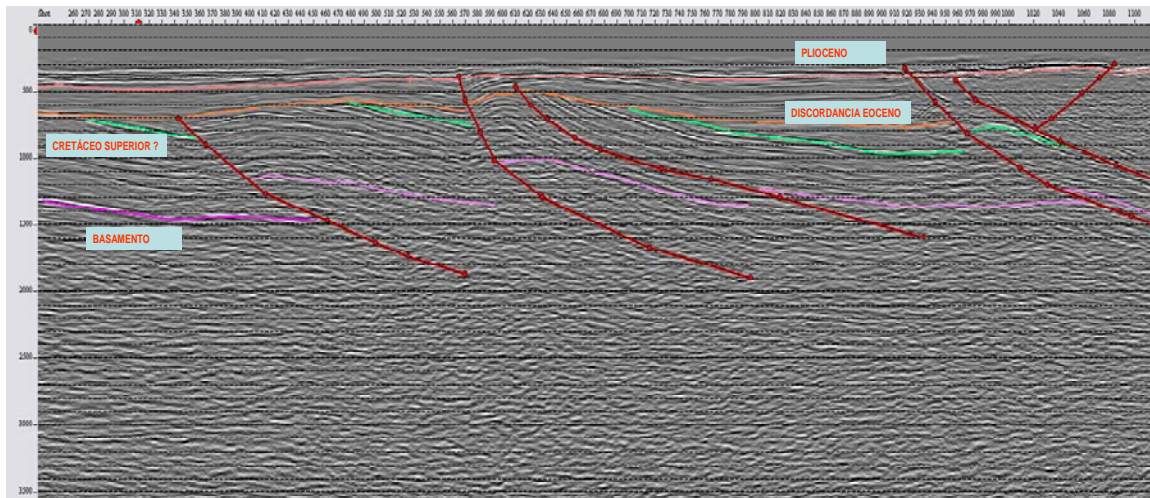


Figura 13. Sección sísmica CV 89-1885. Para localización ver Figura 10.

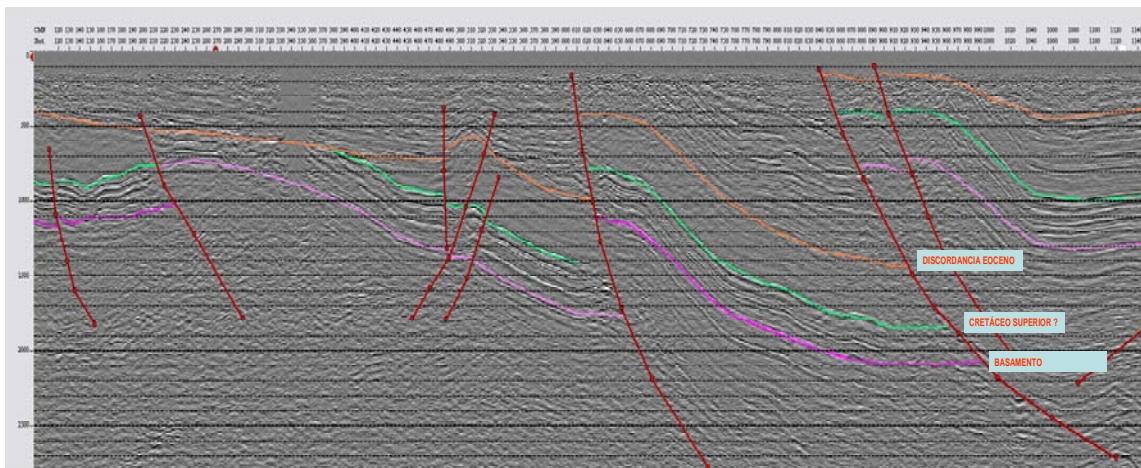


Figura 14. Sección sísmica CV 79-11. Para localización ver Figura 10.

6. RECOMENDACIÓN PARA LA PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS

Con base en el nivel de conocimiento de la cuenca se considera que la posibilidad de descubrir reservas importantes de hidrocarburos, explorando los reservorios Cretácicos y/o Terciarios en trampas tradicionalmente perforadas es baja. Se plantea la necesidad de caracterizar los sedimentos presentes en las estructuras posiblemente arrecifales interpretadas a partir de información sísmica en la secuencia Terciaria en la subcuenca de Ranchería. Se observaron 8 anomalías, que se muestran esquemáticamente en las **Figura 10 y 11**, las cuales presentan una orientación SW-NE.

Establecer si estas estructuras pertenecen a un solo cuerpo o plataforma de carbonatos y conocer su distribución areal implicaría la elaboración de estudios estratigráficos y estructurales detallados, a partir de información sísmica 3D. Sin embargo, dado que se encuentran a una profundidad en general menor de 3.000-3.500 pies de profundidad, se recomienda en primera instancia, la perforación de pozos estratigráficos para verificar su existencia y caracterizar litológicamente su composición, determinar sus características sedimentológicas, petrofísicas y cuantificar su calidad como roca reservorio.

En la columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Cesar Ranchería se describe calizas micríticas y calizas en las Formaciones Hato Nuevo y Manantiales, ambas de edad Paleoceno. Los pozos Molino-1 y Molino-1X identificaron rocas no reportadas previamente y las denominaron “Conjunto Calcáreo de la Guajira” constituido por “Calizas micríticas y algunas intercalaciones de arcillolitas y areniscas desarrolladas en ambiente de plataforma con influencia mareal”. Las **Figuras 15, 16 y 17** presentan las imágenes sísmicas de tres de las estructuras arrecifales? interpretadas, más evidentes.

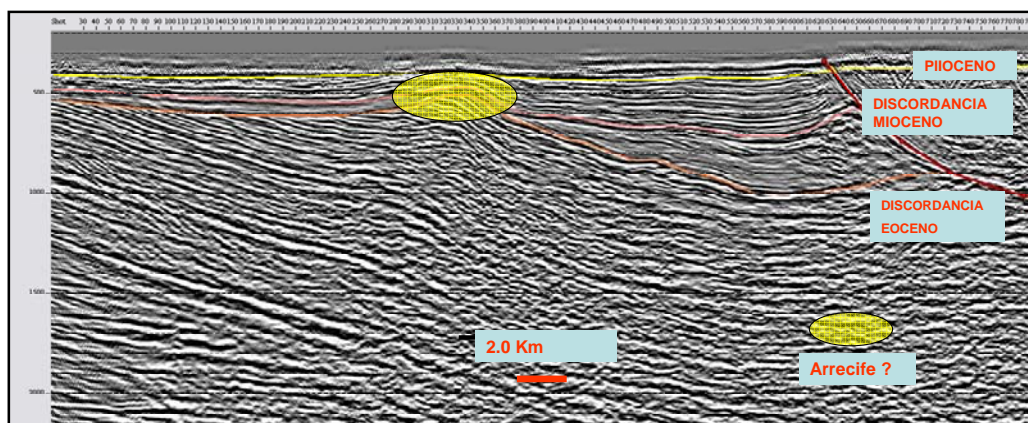


Figura 15. Sección Sísmica CV - 89 - 2065 y discordancias asociadas. Para localización, ver Figuras 10 y 11.

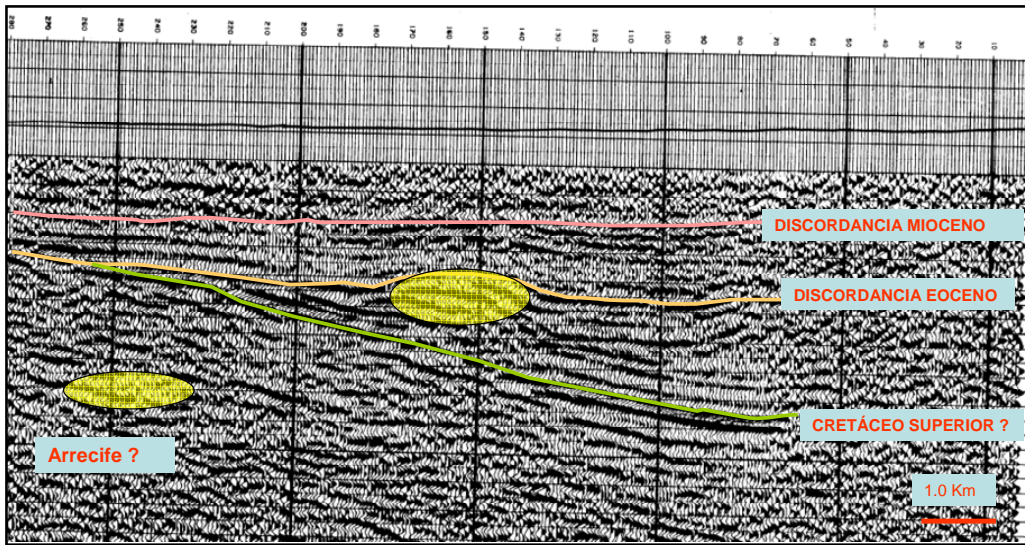


Figura 16. Sección Sísmica CR – 79 – 004 y discordancias asociadas. Para localización, ver Figuras 10 y 11.

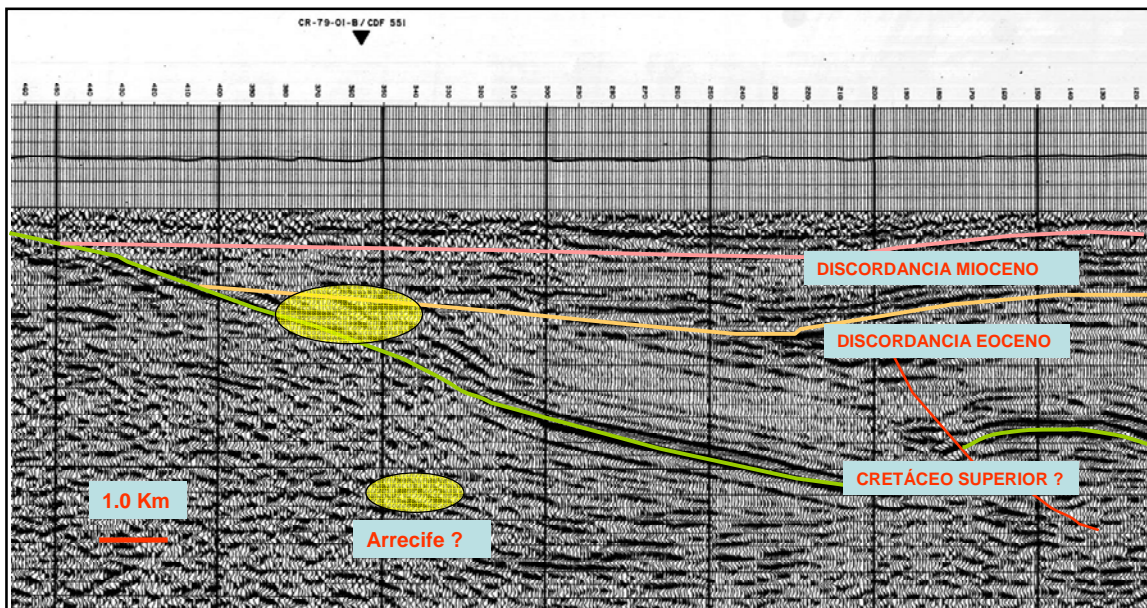


Figura 17. Sección Sísmica CR – 79 – 008. Para localización, ver Figuras 10 y 11.

6.1 POZO ESTRATIGRÁFICO 1

De las estructuras arrecifales? identificadas se realiza un estudio detallado para una perforación estratigráfica. No se evalúa el más somero por su proximidad a superficie, lo cual puede afectar sus características litológicas y petrofísicas.

El pozo CR-Estratigráfico 1 se localiza sobre la línea sísmica CR 79-004, SP 170, con coordenadas origen Bogotá (ver **Figura 14**)

NORTE 1.649.770
ESTE 1.099.447

Magna Sirgas

NORTE 1.649.774,5
ESTE 1.099.446,2

En el área no se encuentra perforación exploratoria, los pozos más cercanos son El Molino-1 y El Molino-1X, localizados aproximadamente a 22 Km, al noreste del pozo propuesto.

El pozo CR Estratigráfico 1, tiene como principal objetivo perforar una secuencia sedimentaria del Cretáceo Superior al Reciente.

Prognosis pozo CR Estratigráfico 1

Por la ausencia de datos de pozo y por no encontrarse analogías exploratorias relacionadas con la exploración de arrecifes en la Cuenca Cesar, se tomó como base las litologías descritas en la columna estratigráfica generalizada consignada en el presente informe.

Con base en estas descripciones litológicas y la interpretación sísmica de la línea CR79-004, **Figura 18**, el arrecife o estructura arrecifal propuesta, estaría localizada al tope de la discordancia del Eoceno y por correlación con la nomenclatura estratigráfica del área pertenecería al “Conjunto Conglomerático de la Guajira”, de edad ¿Eoceno Superior-Oligoceno?.

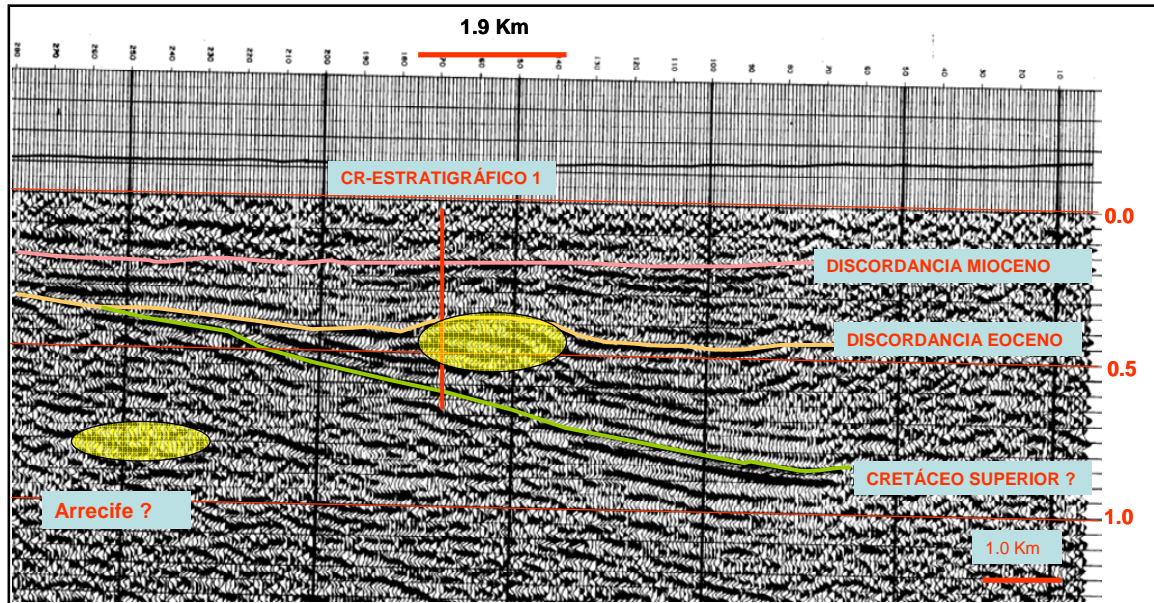


Figura 18. Localización pozo CR Estratigráfico 1, sobre la sección sísmica CR 79-004. Para localización, ver Figuras 10 y 11.

La estructura de interés solamente reconocida en la dirección NE–SW, tiene aproximadamente 1.9 km de extensión y un relieve en tiempo de 30 milisegundos.

La **Tabla 1**, presenta las profundidades estimadas o marcadores geológicos a encontrar durante la perforación del pozo CR-Estratigráfico-1

| Unidad Cronoestratigráfica | Formación/unidad litoestratigráfica | Tiempo doble (mseg) | V. Intervalo (Pies/seg) | Tope (Pies) |
|-------------------------------------|---|---------------------|-------------------------|-------------|
| Cuaternario | Superficie | 0 | 6.500 | 0 |
| Mioceno | Conjunto Conglomerático/Fm Cuesta | 0.175 | 6.500 | 570 |
| Discordancia Eoceno/tope Paleoceno? | Conjunto Calcáreo de la Guajira/ Fm Manantiales?/ Fm Hato Nuevo | 0.375 | 10.000 | 1.220 |
| Profundidad Final | TD | 0.550 | | 3.000 |

Tabla 1. Prognosis pozo CR Estratigráfico 1

Las coordenadas del punto seleccionado para el pozo estratigráfico en la Cuenca Cesar - Ranchería se muestran en la **Tabla 2**. Se encuentra con la respectiva corrección en el Sistema Magna Sirgas adoptado oficialmente por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

| ITEM | COORDENADAS ESTABLECIDAS EN GEOGRAPHIX | | CORDENADAS GAUSS-KRÜGER CORREGIDAS EN MAGNA SIRGAS (m) | | COORDENADAS ELIPSOIDALES EN EL SISTEMA MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTA | |
|---------------------------|--|---------|--|-----------|---|----------------|
| | NORTE | ESTE | NORTE | ESTE | LATITUD | LONGITUD |
| CR ESTRATIGRAFICO 1 | 1649770 | 1099447 | 1649774,5 | 1099446,2 | 10° 28' 12,7" | -73° 10' 09,0" |

Tabla 2. Coordenadas pozo CR Estratigrafico-1.

7. PROGRAMA DE PERFORACION

7.1 POZO CR - ESTRATIGRÁFICO 1

TAMAÑO DEL HUECO

| INTERVALO | DIMENSION |
|--------------|-----------|
| 0 – 40 ´ | 26” |
| 40 – 150´ | 17 1/2 “ |
| 150 – 1550´ | 12 1/4 ” |
| 1550 – 3000´ | 8 1/2 “ |

Tomar corazones y/o muestras de pared en los siguientes intervalos: Conjunto Calcáreo de la Guajira/ Fm Manatilaes? 7 Fm Hato Nuevo.

Tomar registros de pozos:

Corrida-1 de 0 – 150´
Induction log o Similar

Corrida-2 de 150´ - 1550´
Induction log o Similar

Corrida 3 de 1550´ - 3000´
Induction log o similar, GR, Sónico, Densidad-Neutrón, Velocidad, Dipmeter, VSP-CHECK SHOT, Desviación.

REVESTIMIENTOS

Conductor

Para estabilizar infraestructura de pozo, controlar formaciones no consolidadas.

| Tamaño | Peso | Grado | Unión | Intervalo |
|--------|------|-------|-------|-----------|
| 20” | 94 | H-40 | BUT | 0 – 40´ |

Accesorios
Zapato Guía.

Superficie

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

| Tamaño | Peso | Grado | Unión | Intervalo |
|---------|------|-------|-------|-----------|
| 13 3/8” | 61 | N-80 | STC | 0 – 150´ |

Accesorios

Zapato Guía, collar flotador, centralizador

Intermedio

Para proteger el hueco en zonas de discordancias detectadas.

| Tamaño | Peso | Grado | Unión | Intervalo |
|--------|------|-------|-------|-----------|
| 9 5/8" | 47 | N-80 | BUT | 0 – 1550´ |

Accesorios

Zapato Guía, collar flotador, centralizadores

Liner

Asentar Liner para proteger derrumbes y condiciones de inestabilidad en el pozo, según las condiciones de la perforación y registros.

CEMENTACIONES

| Revest | Tamaño | Hueco | Sacos | Clase | Tope |
|------------|---------|---------|--------|-------|------------|
| Conductor | 20" | 26" | 50 sx | A | Superficie |
| Superficie | 13 3/8" | 17 1/2" | 200 sx | C | Superficie |
| Intermedio | 9 5/8" | 12 1/4" | 800 sx | G | Superficie |
| | | 8 1/2" | | | |

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

LODO DE PERFORACIÓN

Usar lodo base agua bentonita hasta asentar revestimiento conductor y superficial con bajo contenido de sólidos y 9 lbs/galón.

Después de asentar revestimiento de 13 3/8 usar lodo base agua-bentonita bajo en sólidos hasta 3500 pies con las siguientes propiedades:

| | |
|------------|---------------|
| Densidad | 5.5 Lbs/galón |
| Viscosidad | 20 seg max |
| Filtrado | < 5 cc |

Perforar hueco de 8 1/2" con lodo las siguientes propiedades con 3% de aceite en volumen e inhibidores de hinchamiento de arcilla:

| | |
|------------|-------------|
| Densidad | 6 Lbs/galón |
| Viscosidad | 30 seg max |
| Filtrado | < 5 cc |

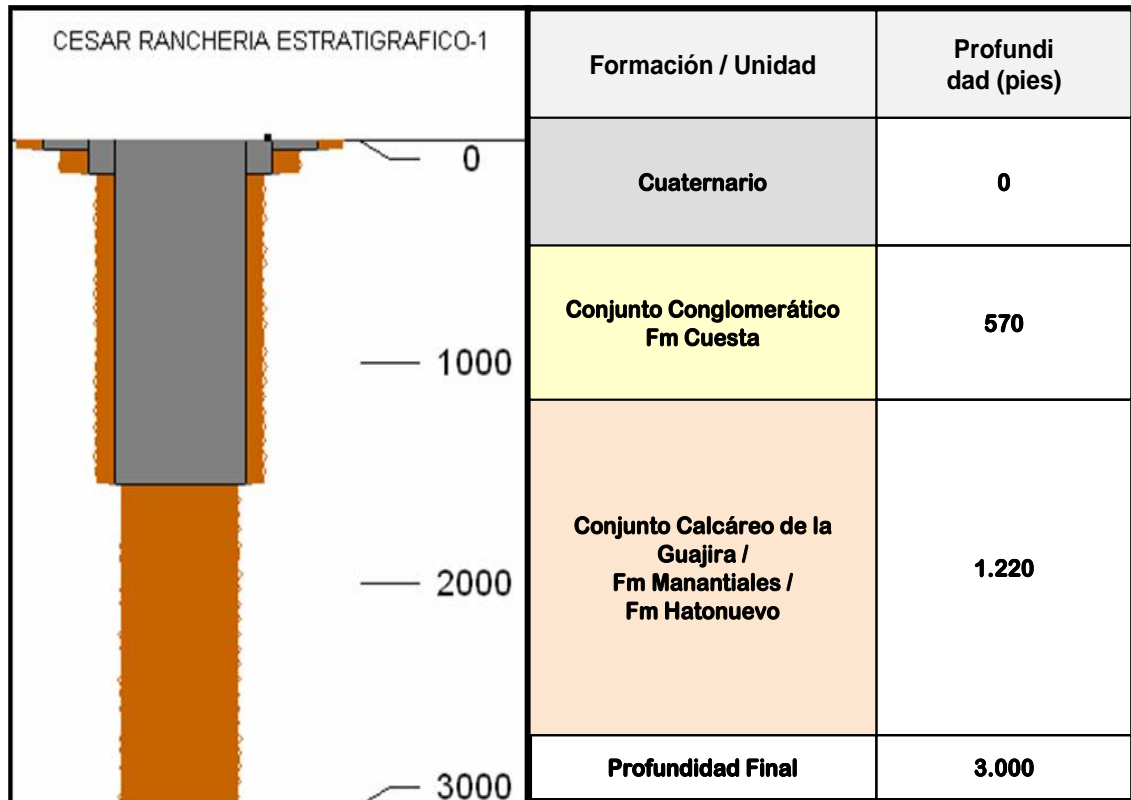


Figura 19. Estado Mecánico y Prognosis Pozo CR- Estratigráfico 1.

8. INCERTIDUMBRES

Las incertidumbres para la perforación del pozo CR Estratigráfico-1, están relacionadas con:

- Verificación que la estructura arrecifal interpretada corresponda a esta denominación.
- Continuidad de las estructuras y distribución areal, que permita diseñar estudios de detalle: adquisición sísmica adicional y perforación exploratoria para precisar su potencial.
- Conversión tiempo – profundidad: las velocidades calculadas para diseñar la prognosis del pozo fueron estimadas con base en datos lejanos al área de estudio.
- Muy bajo nivel de exploración de este tipo de estructuras en Colombia que permita establecer analogías confiables en su identificación y evaluación.
- Dado que las estructuras arrecifales reconocidas en la cuenca Cesar Ranchería, están muy someras, sus características litológicas y petrofísicas originales podrían haber sido afectadas.

9. CONCLUSIONES

La evaluación regional de información geológica y geofísica para recomendar la perforación estratigráfica por parte de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, permite plantear lo siguiente:

- a. El cubrimiento sísmico es suficiente para una evaluación de prospectividad de la cuenca.
- b. La perforación exploratoria, junto con la cartografía geológica de superficie no establecen grandes problemas estratigráficos. Las unidades Terciarias y Cretácicas son regionales y se pueden correlacionar y seguir por toda la cuenca.
- c. Los pozos perforados han evaluado trampas estructurales sin encontrar a la fecha reservas importantes de hidrocarburos.
- d. El pozo Molino-1 reporta la existencia de estructuras arrecifales que no han sido objetivos de exploración en la cuenca.
- e. El presente reporte sustenta la necesidad de recuperar con taladro, información de roca de una de las estructuras arrecifales sugeridas, con el fin de estudiar calidad de reservorio y roca sello en estas estructuras.

BIBLIOGRAFIA

BEICIP FRANLAB, 2001. Análisis estructural integrado del bloque noreste colombiano-oeste venezolano integral. Para: ECOPETROL. 103 p.

DRUMMOND, 2005. Reporte final de exploración Fase 1. Contrato La Loma. 102 p.

DRUMMOND, 2007. Resumen de algunos aspectos estructurales y estratigráficos del Bloque La Loma, Subcuenca Cesar. 43 p.

ECOPETROL, Instituto Colombiano del Petróleo, 1990. Proyecto Cesar Ranchería. Tomo I. 162 p.

ECOPETROL, Instituto Colombiano del Petróleo, 1994. Proyecto cuencas Frontera. Cuenca Cesar Ranchería, Recopilación de Información. 49 p.

GEOPETROCOL, 1998. Potencial Petrolífero, Cuenca Cesar Ranchería. Para: ECOPETROL. 269 p.

HISpanoIL, 1987. Nota Técnica Cesar Ranchería (NE de Colombia). 29 p.