

Universidad  
Industrial de  
Santander



GRUPO DE  
INVESTIGACION EN  
GEOLOGIA DE  
HIDROCARBUROS Y  
CARBONES



# **PROSPECTIVIDAD DE LA CUENCA CESAR RANCHERÍA**

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS

**INFORME REALIZADO PARA LA ANH POR EL GRUPO DE INVESTIGACION EN GEOLOGIA DE HIDROCARBUROS Y CARBONES SEGÚN CONTRATO INTERADMINSITRATIVO 027 DE 2007 INVENTARIO INTERPRETACION Y EVALUACION INTEGRAL DE LA INFORMACION GEOLOGICA GEOFISICA Y GEOQUIMICA ADQUIRIDA POR LA ANH EN LA CUENCA CESAR RANCHERÍA Y EL AREA ESPECIAL CESAR**

## **EQUIPO DE TRABAJO:**

**Director: Mario García González, Ph.D.**

**Codirector: Ricardo Mier Umaña, Esp.**

### **Geólogos:**

**Andrea F. Arias R.**

**Yeny M. Cortes P.**

**Mario A. Moreno C.**

**Oscar M. Salazar C.**

**Miguel F. Jiménez J.**

## CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1-1</b>
<b>2. INFORMACIÓN CONSULTADA</b>	<b>2-1</b>
<b>3. BASE DE DATOS</b>	<b>3-1</b>
<b>4. LOCALIZACIÓN, GEOLOGÍA GENERAL Y ESTRUCTURAL</b>	<b>4-1</b>
Localización Geográfica	4-1
Ubicación Geológica	4-2
Geología General	4-3
Estratigrafía	4-4
Geología Estructural	4-7
Evolución tectónica regional	4-8
<b>5. ESTRATIGRAFIA</b>	<b>5-1</b>
Secuencias	5-4
Evolución sedimentológica	5-4
Correlaciones	5-7
Potencial de hidrocarburos	5-16
Secciones cronoestratigráficas	5-23
<b>6. ACTIVIDAD EXPLORATORIA</b>	<b>6-1</b>
<b>7. INFORMACIÓN GRAVIMÉTRICA</b>	<b>7-1</b>
<b>8. INFORMACIÓN SÍSMICA</b>	<b>8-1</b>
Programas Sísmicos Lanzados en la Cuenca Cesar – Ranchería	8-1
Evaluación de los Programas Sísmicos y Modelos Geológicos y Exploratorios Planteados	8-7
Imágenes de Líneas Sísmicas	8-14
<b>9. INFORMACIÓN DE POZOS</b>	<b>9-1</b>
<b>10. INFORMACIÓN GEOQUÍMICA</b>	<b>10-1</b>
Calidad y Cantidad de la Materia Orgánica	10-1
Geoquímica de Superficie	10-8
Información Geoquímica de Pozos Perforados	10-12
<b>11. INTERPRETACIÓN SÍSMICA</b>	<b>11-1</b>
Líneas sísmicas usadas e interpretadas en cada Subcuenca	11-2
Horizontes Cartografiados	11-3
Características de los Horizontes sísmicos interpretados	11-4
Mapas elaborados	11-5
Mapas estructurales Tope del Basamento	11-6
Mapas estructurales Tope Formación La Quinta	11-13

<b>Mapas Estructurales Tope Formación La Luna</b>	<b>11-19</b>
<b>Mapas Estructurales Tope Formación Barco – Cuervos (Cerrejón)</b>	<b>11-25</b>
<b>Prospectos</b>	<b>11-29</b>
<b>Subcuenca Ranchería</b>	<b>11-29</b>
<b>Gas Metano Asociado a Carbón Crudo</b>	<b>11-30 11-31</b>
<b>Subcuenca Cesar</b>	<b>11-32</b>
<b>Gas Metano Asociado a Carbón Crudo</b>	<b>11-33 11-34</b>
<b>12. PETROFÍSICA</b>	<b>12-1</b>
<b>13. MODELAMIENTO GEOQUÍMICO</b>	<b>13-1</b>
<b>Historia de subsidencia</b>	<b>13-1</b>
<b>Historia Termal de la Cuenca</b>	<b>13-2</b>
<b>Método Cinético</b>	<b>13-6</b>
<b>Resultados</b>	<b>13-7</b>
<b>14. EVALUACIÓN FINAL</b>	<b>14-1</b>
<b>15. ANEXOS</b>	<b>A-1</b>
<b>A. Anexo Bioestratigráfico</b>	<b>A-1</b>
<b>B. Anexo Sensores remotos</b>	<b>B-1</b>
<b>C. Anexo Parámetros sísmicos</b>	<b>C-1</b>
<b>D. Anexo Bases de datos sísmica</b>	<b>D-1</b>

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 4.1.</b> Mapa de localización Cuenca Cesar-Ranchería	4-1
<b>Figura 4.2.</b> Marco tectónico regional	4-2
<b>Figura 4.3.</b> Mapa geológico regional	4-3
<b>Figura 4.4.</b> Columnas estratigráficas Subcuenca Cesar y Subcuenca Ranchería	4-6
<b>Figura 4.5</b> Bloque 3D, geometría tridimensional y cinemática de subducción actual	4-7
<b>Figura 4.6</b> Evolución tectónica. Jurasico Medio	4-8
<b>Figura 4.7</b> Evolución tectónica Cretáceo Temprano	4-9
<b>Figura 4.8</b> Evolución tectónica Cretáceo Tardío	4-10
<b>Figura 4.9</b> Evolución tectónica Paleoceno	4-11
<b>Figura 4.10</b> Evolución tectónica Eoceno Inferior	4-12
<b>Figura 4.11</b> Evolución tectónica Oligoceno	4-13
<b>Figura 4.12</b> Evolución tectónica Mioceno	4-13
<b>Figura 4.13</b> Evolución tectónica actual	4-14
<b>Figura 4.14.</b> Contexto tectónico regional	4-17
<b>Figura 4.15.</b> Evolución estructural Cuenca Cesar–Ranchería	4-18
<b>Figura 4.16.</b> Corte estructural paralelo a la línea sísmica CV-1-79	4-19
<b>Figura 4.17.</b> Corte estructural paralelo a la línea sísmica CV-5-79	4-20
<b>Figura 4.18.</b> Corte estructural paralelo a las líneas sísmicas CR-79-008 y CP-88-1820	4-21
<b>Figura 4.19.</b> Mapa geológico de Colombia .Plancha 5-04	4-22
<b>Figura 5.1.</b> Mapa geológico de la Cuenca Cesar-Ranchería	5-2
<b>Figura 5.2.</b> Columna estratigráfica Cesar-Ranchería	5-3
<b>Figura 5.3.</b> Columna estratigráfica Paleozoico Cesar-Ranchería	5-6
<b>Figura 5.4.</b> Columna estratigráfica de la Formación Río Negro	5-9
<b>Figura 5.5.</b> Columna estratigráfica del Grupo Cogollo	5-11
<b>Figura 5.6.</b> Unidades estratigráficas de las cuencas Cesar, Ranchería y Maracaibo	5-15
<b>Figura 5.7.</b> Columna estratigráfica Terciario Cesar-Ranchería	5-17
<b>Figura 5.8.</b> Columna estratigráfica Formación Cerrejón	5-18
<b>Figura 5.9.</b> Columnas estratigráficas de los pozos WRV -04752 (superior) y WRV-04774 (inferior) con las superficies de máxima inundación (msf) y de regresión (LHS) en la Formación Cerrejón y los ciclos respectivos de nivel base	5-19
<b>Figura 5.10.</b> Columna estratigráfica de la Formación Cuesta	5-22
<b>Figura 5.11.</b> Columna estratigráfica de la Subcuenca del Cesar indicando las secuencias en que se dividió estratigráficamente esta cuenca	5-25

<b>Figura 5.12.</b> Columna estratigráfica de la Subcuenca Ranchería indicando las secuencias en que se dividió estratigráficamente esta cuenca	<b>5-26</b>
<b>Figura 5.13.</b> Superficies de máxima inundación (smi) y erosión (sr) de la Cuenca Cesar Ranchería y sus respectivos ciclos en el nivel base	<b>5-28</b>
<b>Figura 5.14.</b> Mapa geológico de la cuenca Cesar Ranchería	<b>5-30</b>
<b>Figura 5.15.</b> Evolución sedimentológica en el Triásico Jurásico	<b>5-31</b>
<b>Figura 5.16.</b> Evolución sedimentológica en el Neocomiano Barremiano	<b>5-32</b>
<b>Figura 5.17.</b> Evolución sedimentológica en el Neocomiano Barremiano	<b>5-33</b>
<b>Figura 5.18.</b> Evolución sedimentológica en el Aptiano Albiano	<b>5-36</b>
<b>Figura 5.19.</b> Evolución sedimentológica en el Aptiano Albiano	<b>5-37</b>
<b>Figura 5.20.</b> Evolución sedimentológica en el Cenomaniano Santoniano	<b>5-38</b>
<b>Figura 5.21.</b> Evolución sedimentológica en el Cenomaniano Santoniano	<b>5-39</b>
<b>Figura 5.22.</b> Evolución sedimentológica en el Campaniano Daniano	<b>5-40</b>
<b>Figura 5.23.</b> Evolución sedimentológica en el Paleoceno	<b>5-41</b>
<b>Figura 5.24.</b> Evolución sedimentológica en el Eoceno	<b>5-42</b>
<b>Figura 5.25.</b> Evolución sedimentológica en el Mioceno Plioceno	<b>5-44</b>
<b>Figura 5.26.</b> Evolución sedimentológica en el Neógeno	<b>5-45</b>
<b>Figura 5.27.</b> Correlación estratigráfica entre las subcuencas Cesar, Ranchería, Concesión Barco y Cuenca Maracaibo	<b>5-46</b>
<b>Figura 5.28.</b> Sedimentación Formación Apón	<b>5-47</b>
<b>Figura 5.29.</b> Sedimentación Miembro Machiques	<b>5-48</b>
<b>Figura 5.30.</b> Sedimentación Formación Lisura	<b>5-48</b>
<b>Figura 5.31.</b> Sedimentación Formación Maraca y Capacho	<b>5-49</b>
<b>Figura 5.32.</b> Sedimentación Formación La Luna	<b>5-49</b>
<b>Figura 5.33.</b> Distribución Litoestratigráfica de las unidades presentes en las Subcuenca Cesar y Ranchería	<b>5-51</b>
<b>Figura 5.34.</b> Tabla de correlación estratigráfica de las cuencas Cesar, Ranchería, Catatumbo, Magdalena Medio y Perijá	<b>5-52</b>
<b>Figura 5.35.</b> Columna estratigráfica Cuenca Cesar-Ranchería	<b>5-55</b>
<b>Figura 5.36.</b> Mapa de ubicación de las secciones cronoestratigráficas en la Subcuenca del Cesar	<b>5-57</b>
<b>Figura 5.37.</b> Sección cronoestratigráfica sección sísmica A-A'	<b>5-58</b>
<b>Figura 5.38.</b> Sección cronoestratigráfica sección sísmica B-B'	<b>5-59</b>
<b>Figura 5.39.</b> Mapa de Localización, Secciones cronoestratigráficas Subcuenca del Ranchería	<b>5-60</b>
<b>Figura 5.40.</b> Sección cronoestratigráfica sección sísmica A-A'. Subcuenca del Ranchería	<b>5-62</b>
<b>Figura 5.41.</b> Sección cronoestratigráfica sección sísmica B-B'. Subcuenca del Ranchería.	<b>5-63</b>
<b>Figura 5.42.</b> Sección cronoestratigráfica sección sísmica B-B'. Subcuenca Ranchería	<b>5-64</b>
<b>Figura 6.1</b> Perforación pozo El Paso 1	<b>6-1</b>
<b>Figura 6.2</b> Perforación pozo El Paso 2	<b>6-3</b>

<b>Figura 6.3</b> Perforación pozo Río Maracas 1	<b>6-4</b>
<b>Figura 6.4</b> Perforación pozo El Paso 3	<b>6-5</b>
<b>Figura 6.5.</b> Perforación pozo El Paso 4	<b>6-6</b>
<b>Figura 6.6.</b> Perforación pozo Los Venados 1	<b>6-7</b>
<b>Figura 6.7.</b> Perforación pozo Molino1	<b>6-8</b>
<b>Figura 6.8.</b> Perforación pozo Cesar A1X	<b>6-9</b>
<b>Figura 6.9.</b> Perforación pozo Cesar F-1X	<b>6-10</b>
<b>Figura 6.10.</b> Perforación pozo Cesar H-1X	<b>6-11</b>
<b>Figura 6.11.</b> Perforación pozo Compae 1	<b>6-12</b>
<b>Figura 7.1.</b> Interpretación gravimétrica del mapa de anomalías de Bouger Cuenca Cesar-Ranchería	<b>7-1</b>
<b>Figura 7.2.</b> Interpretación aerogravimétrica Cesar-Ranchería residual controlado base del Cretácico	<b>7-3</b>
<b>Figura 7.3.</b> Interpretación aerogravimétrica Cesar-Ranchería Interpretación estructural base del Cretácico	<b>7-4</b>
<b>Figura 7.4.</b> Interpretación aerogravimétrica Cesar-Ranchería residual controlado base del Terciario	<b>7-5</b>
<b>Figura 7.5.</b> Mapa de estaciones con información gravimétrica	<b>7-6</b>
<b>Figura 7.6.</b> Distribución de los valores de anomalía gravimétrica	<b>7-8</b>
<b>Figura 8.1</b> Sección sísmica CR – 88 – 1620E	<b>8-10</b>
<b>Figura 8.2</b> Sección sísmica CV – 88 – 1670	<b>8-12</b>
<b>Figura 9.1.</b> Mapa localización pozos Cuenca Cesar – Ranchería	<b>9.2</b>
<b>Figura 10.1.</b> Diagrama de %COT Vs PG (Ilustrando el potencial de generación actual de las rocas analizadas en la Cuenca Cesar-Ranchería)	<b>10-2</b>
<b>Figura 10.2. A.</b> Diagrama IH Vs T <sub>máx</sub> , se observan los valores bajos de IH por efecto de la alta madurez alcanzada, especialmente por las rocas cretácicas. B. Correlación de los datos de T <sub>máx</sub> Vs %Ro	<b>10-3</b>
<b>Figura 10.3. A.</b> Diagrama de IO (Índice de Hidrógeno en mg CO <sub>2</sub> /gr COT) Vs IH (Índice de hidrógeno en mg/gr COT). B. diagrama triangular con los porcentajes de materia orgánica Amorfa, liptinita y vitrinita + inertinita	<b>10-4</b>
<b>Figura 10.4.</b> Cromatografía de la fracción de saturados de extractos de las formaciones Los Cuervos (parte superior) y La Luna (parte inferior)	<b>10-6</b>
<b>Figura 10.5.</b> Mapa de clases y de contornos de Metano en la Serranía de Perijá	<b>10-9</b>
<b>Figura 10.6.</b> Mapa de clases y contornos de Etano en la Serranía de Perijá	<b>10-10</b>
<b>Figura 10.7.</b> Mapa de áreas de interés sobre el mapa geológico.	<b>10-11</b>
<b>Figura 10.8.</b> Datos de %Ro vs Profundidad para el pozo Cesar A-1X	<b>10-13</b>
<b>Figura 11.1</b> Horizontes sísmicos. Subcuenca del Ranchería	<b>11-2</b>
<b>Figura 11.2</b> Horizontes sísmicos. Subcuenca del Cesar	<b>11-4</b>
<b>Figura 11.3</b> Mapa estructural en tiempo del basamento. Subcuenca del Ranchería	<b>11-6</b>



<b>Figura 11.4</b>	Mapa estructural en tiempo del basamento. Subcuenca del Cesar	<b>11-7</b>
<b>Figura 11.5</b>	Mapa estructural en tiempo del basamento. Serranía del Perijá	<b>11-8</b>
<b>Figura 11.6</b>	Mapa estructural en profundidad del basamento. Subcuenca del Ranchería	<b>11-9</b>
<b>Figura 11.7</b>	Mapa estructural en profundidad, basamento. Subcuenca del Cesar	<b>11-10</b>
<b>Figura 11.8</b>	Mapa estructural en profundidad del basamento. Serranía del Perijá	<b>11-11</b>
<b>Figura 11.9</b>	Mapa estructural en tiempo tope Formación. La Quinta. Subcuenca del Ranchería	<b>11-13</b>
<b>Figura 11.10</b>	Mapa estructural en tiempo tope Formación La Quinta. Subcuenca del Cesar	<b>11-14</b>
<b>Figura 11.11</b>	Mapa estructural en tiempo tope Formación. La Quinta. Serranía del Perijá	<b>11-15</b>
<b>Figura 11.12</b>	Mapa estructural en profundidad tope Formación. La Quinta. Subcuenca del Ranchería	<b>11-16</b>
<b>Figura 11.13</b>	Mapa estructural en profundidad tope Formación. La Quinta. Subcuenca del Ranchería	<b>11-17</b>
<b>Figura 11.14</b>	Mapa estructural en profundidad tope Formación. La Quinta. Subcuenca del Ranchería	<b>11-18</b>
<b>Figura 11.15</b>	Mapa estructural en tiempo tope Formación La Luna. Subcuenca del Ranchería	<b>11-19</b>
<b>Figura 11.16</b>	Mapa estructural en tiempo tope Formación La Luna. Subcuenca del Cesar	<b>11-20</b>
<b>Figura 11.17</b>	Mapa estructural en tiempo tope Formación La Luna. Serranía del Perijá	<b>11-21</b>
<b>Figura 11.18</b>	Mapa estructural en profundidad tope Formación La Luna. Subcuenca Ranchería	<b>11-22</b>
<b>Figura 11.19</b>	Mapa estructural en profundidad tope Formación La Luna. Subcuenca del Cesar	<b>11-23</b>
<b>Figura 11.20</b>	Mapa estructural en tiempo tope Formación La Luna. Serranía del Perijá	<b>11-24</b>
<b>Figura 11.21</b>	Mapa estructural en tiempo tope Formación Cerrejón. Subcuenca del Ranchería	<b>11-25</b>
<b>Figura 11.22</b>	Mapa estructural en tiempo tope Formación Barco - Cuervos. Subcuenca del Cesar	<b>11-26</b>
<b>Figura 11.23</b>	Mapa estructural en profundidad tope Formación Cerrejón. Subcuenca del Cesa	<b>11-27</b>
<b>Figura 11.24</b>	Mapa estructural en profundidad tope Fm. Barco – Cuervos. Subcuenca del Cesar	<b>11-28</b>
<b>Figura 11.25.</b>	Áreas prospectivas para gas metano asociado a Carbón. Subcuenca del Ranchería	<b>11-29</b>
<b>Figura 11.26.</b>	Áreas prospectivas para crudo. Subcuenca del Ranchería	<b>11-30</b>
<b>Figura 11.27</b>	Áreas prospectivas para Gas Metano Asociado a Carbón. Subcuenca del Cesar	<b>11-32</b>

<b>Figura 11.28</b> Áreas prospectivas para crudo. Subcuenca del Cesar	<b>11-33</b>
<b>Figura 12.1.</b> Petrofísica (GR, Caliper, Archie, Res, Indonesian)	<b>12-12</b>
<b>Figura 12.2.</b> Petrofísica (GR, Sw, Porosidades)	<b>12-13</b>
<b>Figura 12.3.</b> Petrofísica (GR, Caliper, Res, Archie, Indonesian)	<b>12-18</b>
<b>Figura 12.4.</b> Petrofísica (GR, Sw, Porosidades)	<b>12-19</b>
<b>Figura 12.5.</b> Petrofísica (GR, Caliper, Res, Archie, Indonesian)	<b>12-24</b>
<b>Figura 12.6.</b> Petrofísica (GR, Sw, Porosidades)	<b>12-25</b>
<b>Figura 12.7.</b> Petrofísica (GR, Caliper, Res, Archie, Indonesian)	<b>12-34</b>
<b>Figura 12.8.</b> Petrofísica (GR, Sw, Porosidades)	<b>12-35</b>
<b>Figura 12.9.</b> Petrofísica (GR, Caliper, Res, Archie, Indonesian)	<b>12-40</b>
<b>Figura 12.10.</b> Petrofísica (GR, Sw, Porosidades)	<b>12-41</b>
<b>Figura 12.11.</b> Petrofísica (GR, Caliper, Res, Archie, Indonesian)	<b>12-46</b>
<b>Figura 12.12.</b> Petrofísica (GR, Sw, Porosidades)	<b>12-47</b>
<b>Figura 13.1.</b> Diagrama de soterramiento para el pozo El Paso-3, los círculos en rojo muestran los eventos erosivos de la Subcuenca del Cesar	<b>13-1</b>
<b>Figura 13.2.</b> Diagrama de soterramiento para el pozo Molino-1X, los círculos en rojo muestran los eventos erosivos de la Subcuenca Ranchería	<b>13-2</b>
<b>Figura 13.3.</b> Gradiente geotérmico calculado a partir de los datos de BHT tomados de pozos en la Subcuenca del Cesar	<b>13-4</b>
<b>Figura 13.4.</b> Variación del flujo de calor con respecto al tiempo en la Subcuenca del Cesar	<b>13-4</b>
<b>Figura 13.5.</b> Gradiente geotérmico calculado a partir de los datos de BHT tomados de pozos en la Subcuenca del Ranchería	<b>13-5</b>
<b>Figura 13.6.</b> Variación del flujo de calor con respecto al tiempo en la Subcuenca del Ranchería	<b>13-5</b>
<b>Figura 13.7.</b> Modelo cinético usado para la Formación Cuervos (Subcuenca Cesar) y Cerrejón. (Subcuenca Ranchería)	<b>13-6</b>
<b>Figura 13.8.</b> Modelo cinético usado para la Formación La Luna. A. Curva de generación de hidrocarburos	<b>13-7</b>
<b>Figura 13.9.</b> Modelo cinético usado para el Grupo Cogollo. A. Curva de generación de hidrocarburos	<b>13-7</b>
<b>Figura 13.10.</b> Modelamiento geoquímico 2D para la línea CR-88-1200	<b>13-8</b>
<b>Figura 13.11.</b> Modelamiento geoquímico 2D para la línea CR-88-1200, se ilustra las principales acumulaciones de hidrocarburos	<b>13-8</b>
<b>Figura 13.12.</b> Modelamiento geoquímico 2D para la línea CR-89-1100, se ilustra las rutas de migración y acumulación de hidrocarburos	<b>13-9</b>
<b>Figura 13.13.</b> Modelamiento geoquímico 2D para la línea CR-89-1100, se ilustra las principales acumulaciones de hidrocarburos	<b>13-10</b>
<b>Figura B.1.</b> Esquema de distribución de planchas topográficas IGAC a escala 1:25.000 en las áreas del proyecto. Coordenadas planas origen Bogotá.	<b>B-2</b>

<b>Figura B.2.</b> Mapa índice de las fotografías aéreas empleadas para la fotointerpretación geológica en el área norte del proyecto. Coordenadas planas origen Bogotá.	<b>B-4</b>
<b>Figura B.2.</b> Cubrimiento de imágenes de satélite: Imagen TM, Falso Radar y Anaglifo. Coordenadas planas origen Bogotá.	<b>B-5</b>
<b>Figura B. 3.</b> Información geológica preliminar.	<b>B-6</b>

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 5.1.</b> Potencial petrolífero de las formaciones presentes en la Subcuenca del Cesar	<b>5-53</b>
<b>Tabla 5.2.</b> Potencial petrolífero de las formaciones presentes en la Subcuenca del Ranchería	<b>5-54</b>
<b>Tabla 8.1</b> Parámetros generales por programa sísmico. Subcuenca del Cesar	<b>8-2</b>
<b>Tabla 8.2.</b> Parámetros generales por programa sísmico. Subcuenca Ranchería	<b>8-2</b>
<b>Tabla 8.3.</b> Horizontes Cartografiados previamente en la Subcuenca del Cesar	<b>8-9</b>
<b>Tabla 8.4.</b> Áreas Prospectivas previas en la Subcuenca del Cesar	<b>8-11</b>
<b>Tabla 8.5.</b> Horizontes cartografiados previamente en la Subcuenca del Ranchería	<b>8-11</b>
<b>Tabla 8.6.</b> Áreas Prospectivas previas de la Subcuenca del Ranchería	<b>8-13</b>
<b>Tabla 9.1</b> Coordenadas de pozo, Cuenca Cesar-Ranchería	<b>9.3</b>
<b>Tabla 9.2.</b> Información Disponible de pozos Exploratorios Cuenca Cesar-Ranchería	<b>9.5</b>
<b>Tabla 9.3.</b> Resumen de la Información de pozos de la Subcuenca del Cesar	<b>9.7</b>
<b>Tabla 9. 4.</b> Resumen de la Información de pozos de la Subcuenca del Ranchería	<b>9.8</b>
<b>Tabla 9.5.</b> Inventario de existencias de las imágenes de pozo	<b>9.10</b>
<b>Tabla 9.6.</b> Topes y Espesores de Formación, Subcuenca Ranchería	<b>9.11</b>
<b>Tabla 9.7.</b> Topes y Espesores de Formación, Subcuenca Cesar	<b>9.12</b>
<b>Tabla 10.1.</b> Datos promedios de %TOC, TMAX y HI en la Serranía de Perijá	<b>10-1</b>
<b>Tabla 10.2.</b> Datos promedio de %Ro en rocas aflorantes en la Serranía de Perijá	<b>10-1</b>
<b>Tabla 10.3.</b> Síntesis geoquímica basándose en los promedios de las tablas 1, 2 y 3	<b>10-5</b>
<b>Tabla 10.4.</b> %Ro, %TOC, Tmax para la subcuenca Cesar	<b>10-12</b>
<b>Tabla 10.5.</b> %Ro, %TOC, Tmax para la subcuenca Ranchería	<b>10-13</b>
<b>Tabla 10.6.</b> Concentraciones de carbono total (TC) y Carbono orgánico total (TOC) efectuados sobre muestras de pozo	<b>10-14</b>
<b>Tabla 11.1</b> Parámetros de los programas sísmicos disponibles en la Subcuenca Cesar	<b>11-1</b>
<b>Tabla 11.2</b> Parámetros de los programas sísmicos disponibles en la Subcuenca Ranchería	<b>11-2</b>

<b>Tabla 13.1.</b> Eventos erosivos para la Subcuenca del Cesar	<b>13-1</b>
<b>Tabla 13.2.</b> Eventos erosivos para la Subcuenca del Ranchería	<b>13-2</b>
<b>Tabla A.1</b> Análisis bioestratigráfico de la formación Molino en la perforación del pozo Los Cerezos-1E dentro de la subcuenca de Cesar en el sector conocido como La Loma.	<b>A-3</b>
<b>Tabla A.2</b> Análisis bioestratigráfico de la Formación Molino en la perforación del pozo Diablito 1E, dentro de la Subcuenca del Cesar en el sector conocido como La Loma.	<b>A-4</b>
<b>Tabla A.3.</b> Características bioestratigráficas encontradas en el pozo Molino-1X.	<b>A-9</b>
<b>Tabla A.4.</b> Características bioestratigráficas encontradas en el pozo Molino-1.	<b>A-10</b>
<b>Tabla C.1.A.</b> Programa sísmico CV 79. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería.	<b>C-1</b>
<b>Tabla C.1.B.</b> Programa sísmico CV 80. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería.	<b>C-1</b>
<b>Tabla C.1.C.</b> Programa sísmico Gulf Mompos. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería.	<b>C-2</b>

## LISTADO DE DIAGRAMAS

**Diagrama 8.1 Diagrama de flujo del reprocesamiento**

**8-6**

## **ANEXOS**

**Anexo Bioestratigráfico**  
**Anexos Información sísmica**  
**Anexo Sensores remotos**  
**Resumen prospectividad**

**5-65**

**8-15**

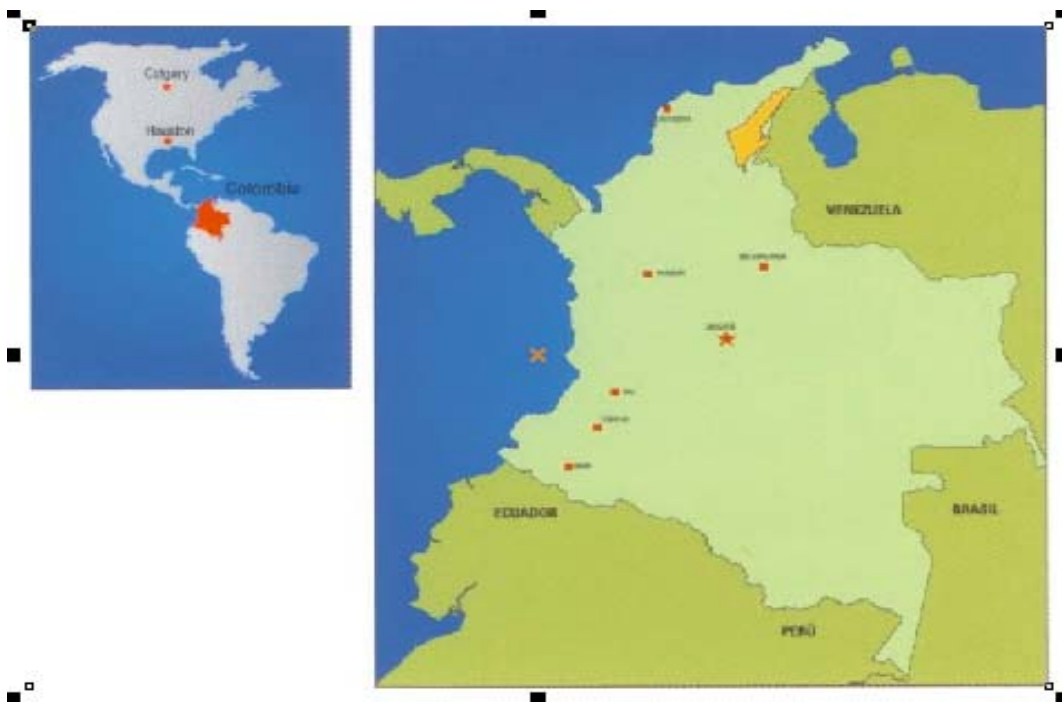
# PROSPECTIVITY OF THE CESAR-RANCHERÍA BASIN

## Executive summary

### Overview

The Cesar-Ranchería Basin is located in the northwest region of Colombia, covering an area of 11,630 Km<sup>2</sup>. Figure 1. This frontier basin has been explored since 1947 when several wildcat wells were drilled. Later in 1979 seismic exploration began. Today a total of 14 wells have been drilled in this basin, and 4 wells reported non commercial oil or gas productions from different formations. This area of the country has good access due to existing roads. Also an important gas pipe crosses the basin from north to south.

The non-conventional hydrocarbons reservoirs are the main exploration objectives in the Cesar-Ranchería basin. The main exploration plays are: the fractured limestones of the Luna and Cogollo Formations, and coal-bed methane reservoirs of the Cerrejón and Barco-Cuervos Formations in the Ranchería and Cesar Sub-basins

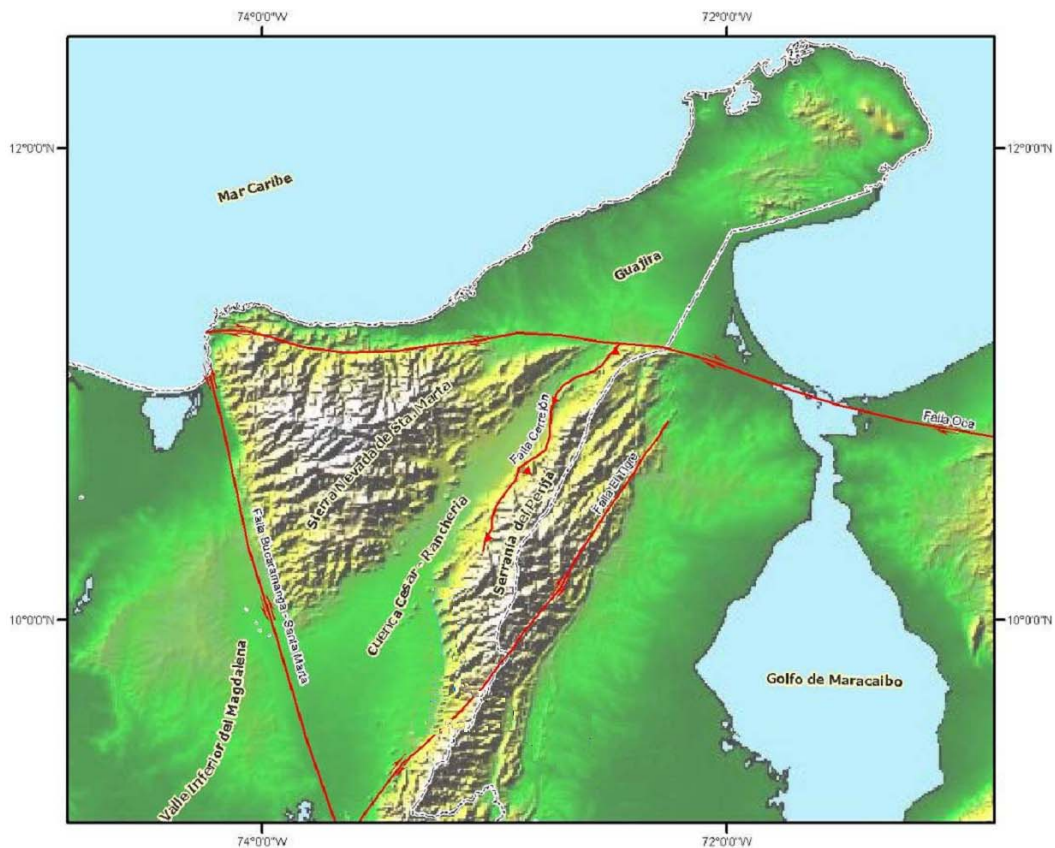


**Figure 1** Location of the Cesar-Ranchería basin

### Geology

The Cesar Ranchería Basin is bounded by the following regional faults: The north boundary is the Oca wrench fault. The east boundaries are the Cerrejón and Perijá thrust faults, which present an eastward dip. The southwest boundary is the Bucaramanga–Santa Marta wrench fault. The northwest boundary is the Sierra Nevada de Santa Marta Ridge. Figure 2.

This basin was part of the neighboring Maracaibo and Middle Magdalena basins during the Cretaceous.



**Figure 2** Tectonic boundaries of the Cesar-Ranchería basin

### **Stratigraphy**

The stratigraphic records ranges from Paleozoic to Holocene in age, see figure 3. The basement of the Cesar-Ranchería basin consists of igneous and metamorphic rocks with ages ranging from Precambrian to Paleozoic, which outcrop both in the Sierra Nevada de Santa Marta and Perijá ranges.

The Cachirí Formation of Devonian age is the oldest formation, following up is the Manaure Formation of Permian age that consists in transgressive marine sediments.

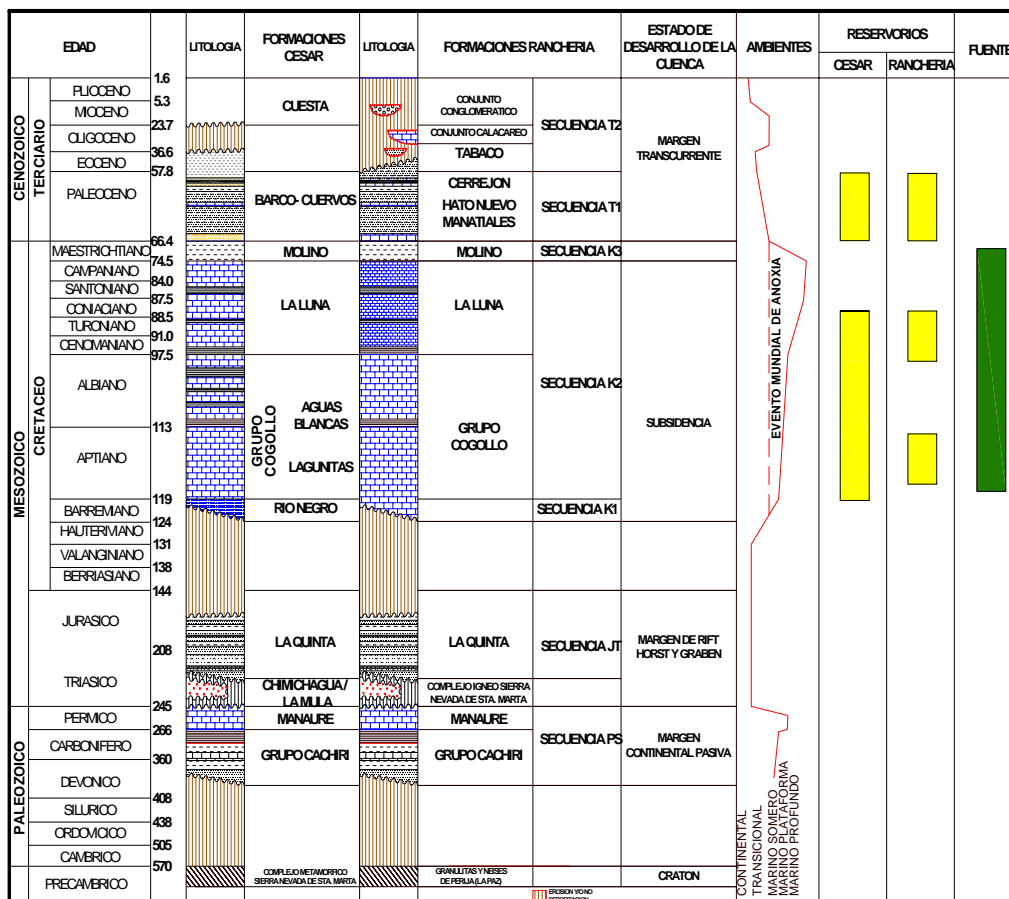
The Triassic and Jurassic formations consist of continental sediments including pyroclastic rocks deposited in a rifting phase. These sediments are denominated la Quinta Formation.

The Cretaceous Formations constitute a thick marine sequence that has been divided into four stratigraphic units: The Lagunitas Formation, the Cogollo Group, La Luna and the Molino Formations. These formations were deposited in marine environments and consist of organic-rich shales and limestones with



thin interbedding sandstone layers. The top of the La Luna Formation is an unconformity and above it is the Molino Formation of Maastrichtian age.

The Tertiary Formations are grouped into two sequences. The lower sequence presents the Barco-Cuervos Formation in the Cesar sub-basin and the Manantial and Cerrejón formations in the Ranchería sub-basin. Both the Barco-Cuervos and Cerrejón formations are coal-bearing formations. The Upper sequence consists of alluvial deposits.



**Figure 3, Stratigraphic Chart and Petroleum System of the Cesar-Ranchería Basin**

### Structural Geology

The Cesar –Ranchería Basin is foreland (intermontane) basin formed by northeast–southwest compressive forces that caused thrusting of the Perija range, at the west, over the Cesar-Ranchería basin during the Oligocene. Later tectonic movements imprinted wrench displacements to the previous thrust faults.

Major uplift events due reverse faulting took place in several phases. The first phase started on the Eocene, the second uplift happened during the Oligocene,

and the final configuration of the basin occurred during the Neogene. Figure 4 illustrates the reverse faulting trend at the south of the Cesar sub-basin.

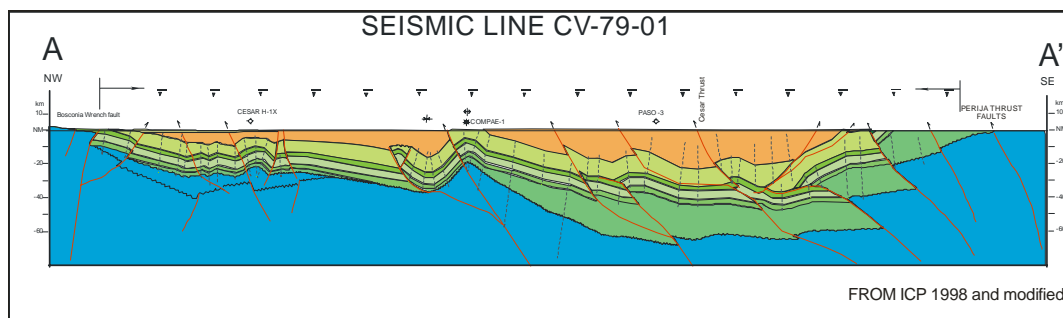
The present configuration of the Cesar-Ranchería basin results from two tectonic events. The first tectonic event is a compressive E-W stress that caused major uplifts such as the Perijá and Cerrejon. The second and later tectonic event is the right wind wrenching faulting that affected some of the thrust fault formed during the first event.

The major thrust faults and drags folds present a NNE-SSW trend. In the sub Ranchería basin, the main thrust faults are the Cesar-Ranchería and the Ranchería Fault, where both Cretaceous and Tertiary Formations are involved in these folded structures associated with these faults which are the main hydrocarbon prospects.

The East boundary of the Ranchería Sub-basin is the Cerrejon thrust fault. A sub-thrust hydrocarbon play was identified in this study and constitutes an important exploration target for oil and gas.

In the Cesar Sub-basin there are four parallel sub-thrust faults as follow: The Cesar-Ranchería fault that has been traced in both sub basins as a single thrust fault. Also there are three more thrust fault named as Cesar 1, 2 and 3 thrust faults.

The second and later structural style is the wrench faults that displaced some the thrust fault formed during the first tectonic event. This phenomenon indicates that some structural traps were Esther created or destroyed. The right wing wrench faulting system is clearly observed in the southern area of the Cesar sub-basin, on the other hand the thrusting fault system predominates in the Ranchería sub-basin.

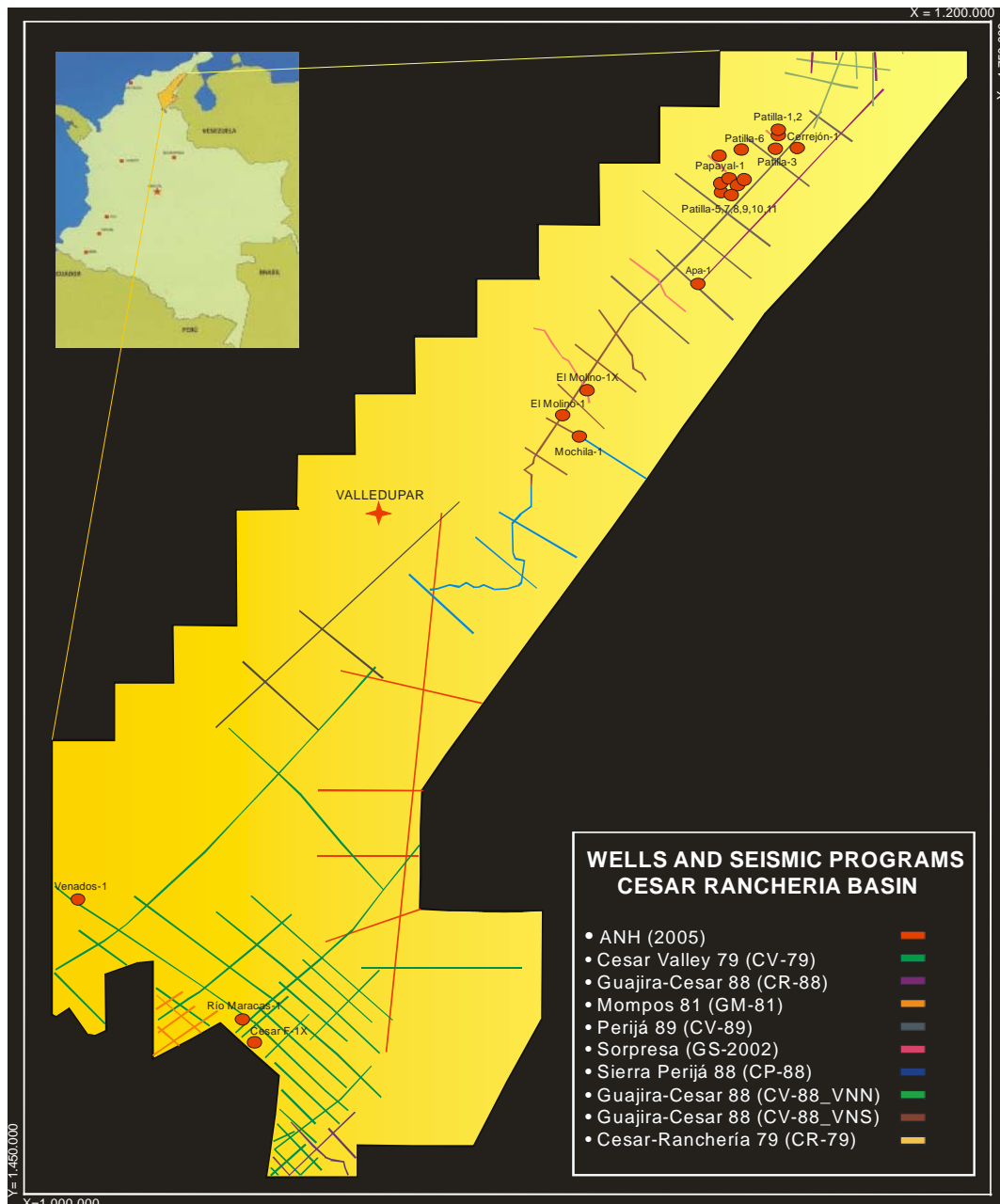


**Figure 4**, Cross section derived from seismic section CV-79-01 illustrating the Perija thrust fault system, which formed structural traps for hydrocarbons.

### Seismic programs

Ten seismic programs that total 3.580 Km have been shot in the Cesar-Ranchería Basin. The first seismic program started in 1979 and the most recent

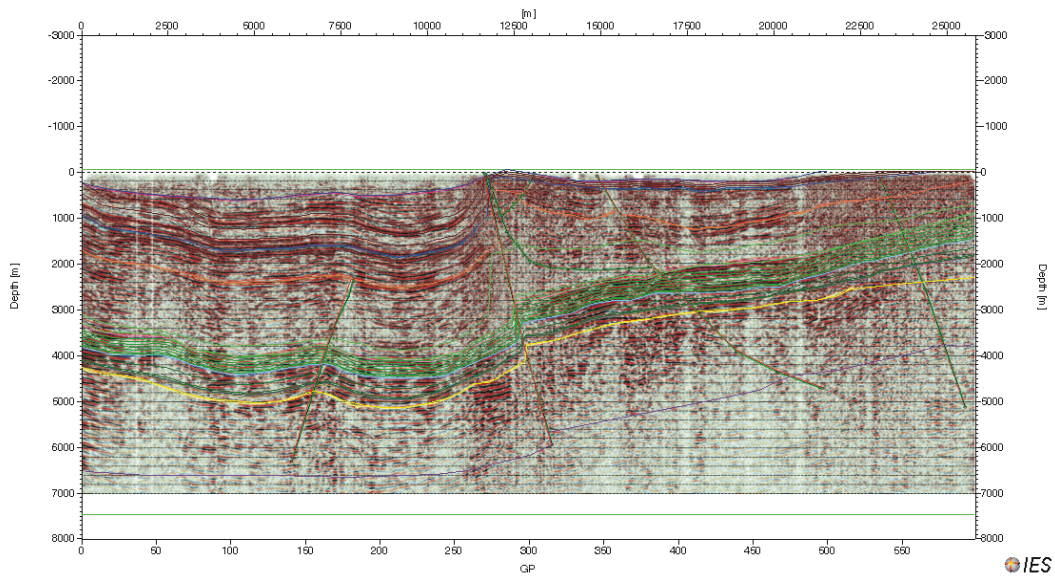
seismic program finished in 2005. Figure 5 shows the map with the location of seismic lines, wells and coverage of the seismic lines in this basin



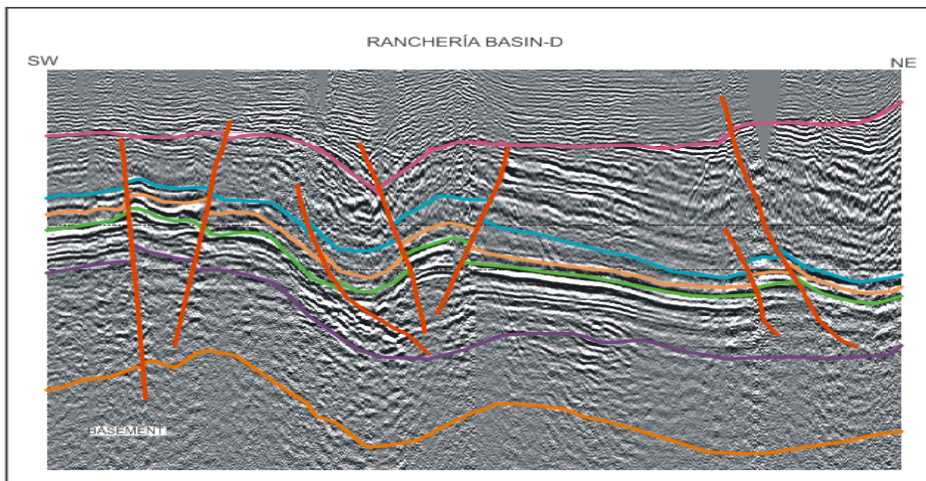
**Figure 5,** Map showing the location of seismic lines and wells in the Cesar-Ranchería Basin.

The quality of the seismic lines shot in the Cesar-Ranchería basin is excellent, which allows an easy pick of the main horizons that are the following tops: basement, La Quinta Formation, La Luna Formation and Barco-Cuervos-Cerrejón Formations.

Figures 6 and 7 illustrate folded structures associated to thrust fault that created traps for oil and gas in the Cesar and Ranhería sub-basins.



**Figure 6.** Seismic line CR 88-1200 illustrating the stratigraphic units from basement to Tertiary, and structural traps.



**Figure 7,** Seismic line CV89-1100 illustrating the stratigraphic units from basement up Tertiary in the Ranhería sub-basin.

## **Petroleum System of the Cesar-Ranhería Basin**

### **Hydrocarbon Shows**

In the Cesar sub-basin, the El Paso-3 well drilled on 1954 presented a marginal oil production from the Molino Formation. The Cesar F-1X well drilled on 1980, showed gas production from the Aguas Blancas Formation.

In the Ranchería sub-basin the Molino-1X well showed non-commercial gas production from the Hato Nuevo Formation. The Papayal-1 well presented oil and gas shows in the La Luna and Lagunitas Formations. DST tests recovered oil crude samples with 27 to 42° API gravities. Tables 1 and 2 summarize the well information.

Hidrocarburos en la Formación Río Negro:

Pozos: Cesar H-1X (Brea) y Cesar A-1X (aceite y gas)

Hidrocarburos en la Formación Lagunitas:

Pozos: Compae-1 y Compae-4 (gas y aceite)

Hidrocarburos en la Formación Aguas Blancas:

Pozos Cesar A-1X, Cesar F-1X y Maracas 1

Hidrocarburos en la Formación La Luna:

Pozos: Compae-3 y Compae-4 (gas)

Hidrocarburos en la Formación Molino.

Pozos: Maracas-1, El Paso-3 y El Paso-4 (gas y aceite)

### **Petroleum Systems**

A Cretaceous-Cretaceous Petroleum system in the Cesar-Ranchería basin has been identified, where the source rock formation are the Cogollo Group, la Luna Formation and Molino Formation. The reservoir rocks are the sandstone of the Rio Negro Formation and the fractured limestone of the Cogollo and La Luna Formations. The regional seal rock is the Molino Formation shales.

The Tertiary-Tertiary petroleum system in the Cesar-Ranchería Basin presents an important coal-bearing sequence that constitute the main source rocks. This sequence is known as the Barco-Cuervos Formation in the Cesar sub-basin and Cerrejon Formation in the Ranchería sub-basin. These formations are both source as well as reservoir rocks, in both sub-basins.

The Barco-cuervos and Cerrejon formation have been identified as one of the most important coalbed methane areas of Colombia. In addition, the Eocene sandstone sequence has shown gas production in the Molino 1X well.

In the Cesar sub-basin the Eocene sandstone sequence, without a formal stratigraphic name, are correlated with the Misoa Formation in the Maracibo lake of Venezuela, which is an important oil reservoir. On the other hand, in the Ranchería sub-basin the Eocene sandstone sequence is known as the Tabaco Formation.

The seal rocks of the tertiary petroleum system are the shales of the Barco and Cerrejon Formations.

### **Source Rocks**

The Molino, La Luna and Aguas Blancas formations are the Cretaceous source rocks. These formations have excellent generation potential with kerogen types

II and III; TOC ranging between 1 and 4.5% and thermal maturity between 1 and 2% of vitrinite reflectance values see Figures 8, and 9.

### **Migration**

According to the geochemical modeling, the hydrocarbon migration started on the Oligocene and continued to the present time. Pathways of migration are thrust faults that cross the Cretaceous sequence with the overlying Tertiary sequence, see Figure 12B.

### **Reservoirs**

The main reservoirs are the fractured limestone of the la Luna Formation and Cogollo Group. These fractured reservoirs have shown both oil and gas marginal production during DST tests. According to the well information (from 14 wells), sandstone reservoirs are scarce.

The Lower Tertiary Cuervos and Cerrejón coal-bearing Formation contains thick coalbed methane (CBM) reservoirs.

### **Seal rocks**

Regional seals are the Molino, Cerrejón and Cuervos Formations that overlay the La Luna Formation. Local seals consist mainly of shaly beds interbedding with the fractured limestone of the la Luna and Cogollo Formations.

### **Hydrocarbon Traps**

According to the seismic profiles, the main hydrocarbon traps are folded structures associated with thrust-faults of the Cesar-Ranchería basin. On the other hand, the unconformity between the top of the la Luna and the Molino Formation as well as the angular unconformity between the Molino and The Cerrejón - Cuervos formations can be considered potential stratigraphic traps for oil and gas.

Syncline structures in the center of the Cesar and Ranchería sub-basins are the structural traps for coalbed methane.

**Table 1.** Well information summary in the Cesar Sub-Basin

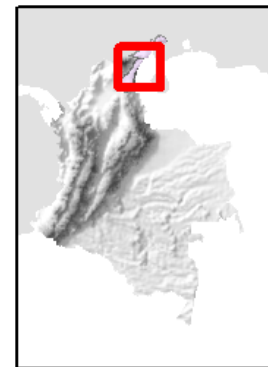
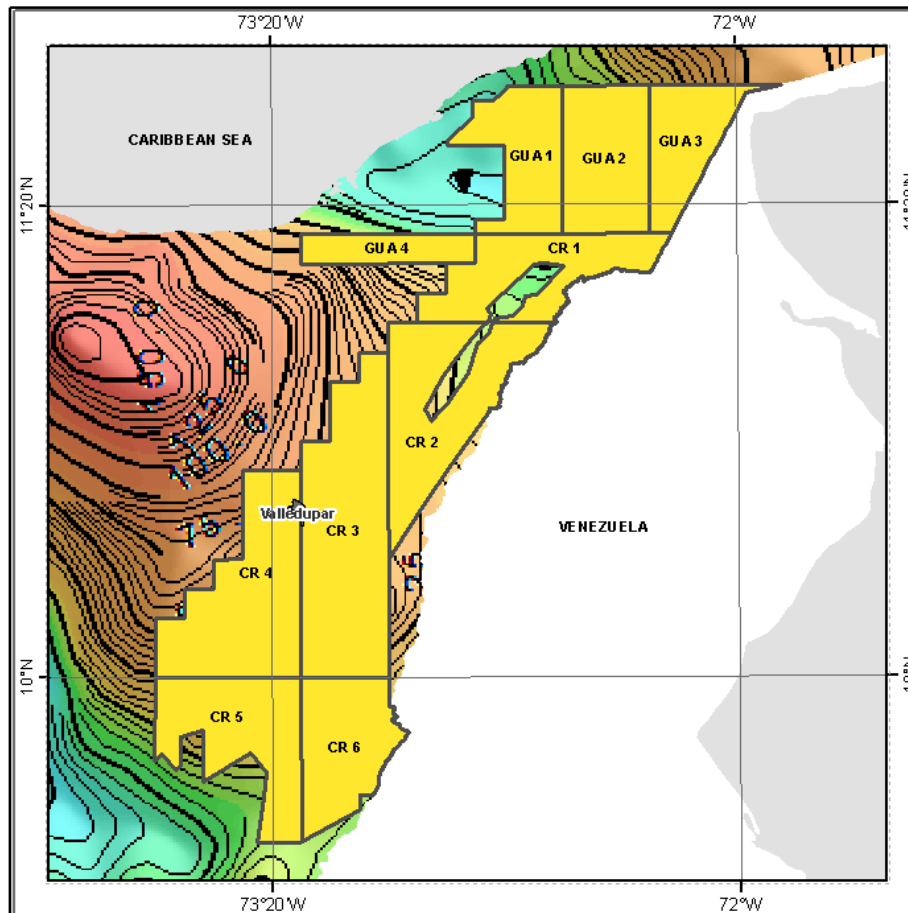
WELL	YEAR	DEPTH	FINAL FORMATION	FINAL STAGE	OBSERVACIONES
El Paso-1	16/12/47	2828´	La Quinta	dry	
El Paso-2	10/09/49	8783´	Molino	dry	Oil and gas show on Tertiary and Cretaceous Fms.
Rio Maracas-1	17/06/52	10218´	Aguas Blancas (las Animas)	dry	Abandoned well no hydrocarbons shows
El Paso-3	04/07/54	11609´	Aguas Blancas (las Animas)	Non commercial	Non commercial oil production from the Molino Fm.
El Paso-4	15/09/54	4252´	Molino	dry	
Los Venados-1	15/11/55	4110´	Girón	dry	
Cesar A-1X	02/08/80	5600´	La Quinta	dry	Oil and gas show from Cretaceous and Tertiary Fms.
Cesar F-1X	05/12/80	6543´	Lagunitas	Non commercial gas	Non commercial gas production from Aguas Blancas Fm.
Cesar H-1X	17/01/81	4220´	La Quinta	dry	Heavy oil in the Rio Negro Fm.
Compae-1	87	5173´	Río Negro	Oil and gas production	Oil and gas shows.
Diablito-1E	14/12/04	2301.8´	Molino	abandoned	
Cerezos-1E	03/02/05	2131´	Molino	abandoned	

**Table 2.** Well information summary in the Ranchería Sub-basin

WELL	YEAR	DEPTH	FINAL FORMATION	FINAL STAGE	OBSERVACIONES
Papayal-1	22/12/47	2577´	La Quinta	Dry	Oil samples from La Luna and Lagunitas Fms
Cerrejón-1	1949	7814´	La Quinta	Dry	
Molino-1	18/04/80	6060´	La Quinta	Dry	Oil show in Molino, La Luna Fm and Cogollo Group
Molino-1X	21/09/80	8788´	Girón	Dry	Non commercial gas production from Hato Nuevo Fm.
Mochila- 1	26/02/01	2353´	Tabaco	abandoned	
Patilla-2		3100´			No information

**Exploration blocks**

Six exploration blocks are proposed for future exploration programs. On each block an exploration program is suggested. These exploration programs includes seismic and well drilling activities, see Figure 10.



BLOCK	AREA (Ha)
CR 1	124.394
CR 2	170.921
CR 3	243.980
CR 4	193.559
CR 5	148.413
CR 6	119.512
GUA 1	106.265
GUA 2	125.832
GUA 3	89.764
GUA 4	50.321
<b>TOTAL</b>	<b>1.372.962</b>

SEISMIC	LINE	WELL
TOTAL	LENGTH (km)	TOTAL
339	4.118	17

**Figure 10** Exploration block in the Cesar-Ranchería basin.



## **CR1**

Exploration Targets: La Luna Formation and Cogollo Group

Exploration Program: 300 Km. of 2D seismic and 2 exploration wells for the La Luna Formation and Cogollo group.

## **CR2**

Exploration Targets: La Luna Formation and Cogollo Group; Cerrejón Formation for CBM

Exploration Program: 400 Km. of 2D seismic and 2 exploration wells for the La Luna Formation and Cogollo Group, 1 stratigraphic well; 1 well for CBM exploration in Cerrejón Formation.

## **CR3**

Exploration Targets: Rionegro, La Luna and Barco Formations,

Exploration Program: 300 Km. of 2D seismic, 2 exploration wells for the La Luna and Barco Formations, 1 stratigraphic well.

## **CR4**

Exploration Targets: Rionegro and La Luna Formations.

Exploration Program: 300 Km. of 2D seismic, 2 exploration wells for the La Luna Formation.

## **CR5**

Exploration Targets: La Luna Formation; Barco – Cuervos Formations for CBM.

Exploration Program: 400 Km. of 2D seismic, 2 exploration wells for the La Luna Formation and 1 well for CBM exploration in the Cuervos Formation.

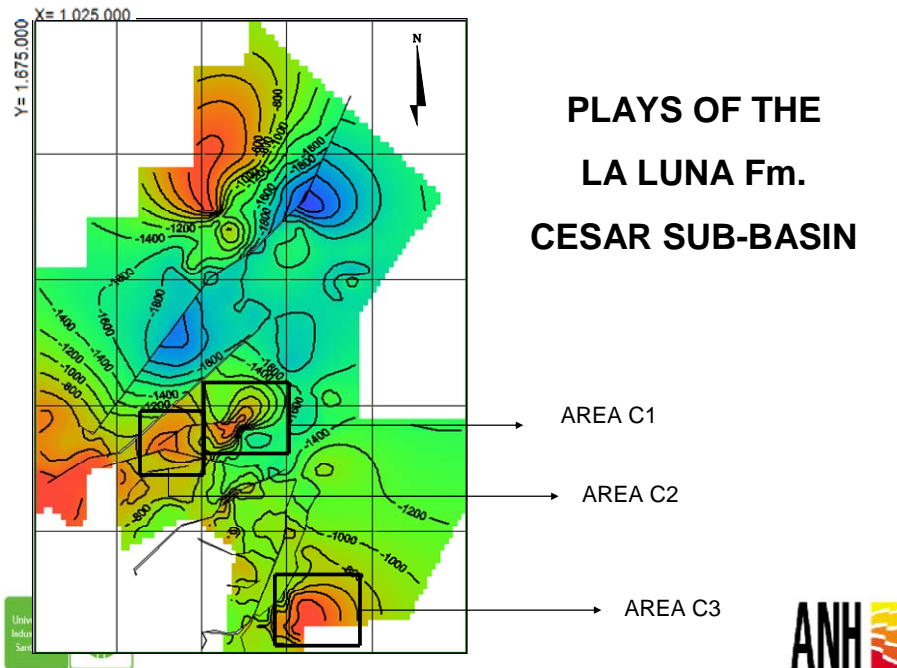
## **CR 6**

Exploration Targets: La Luna Formation and Cogollo Group.

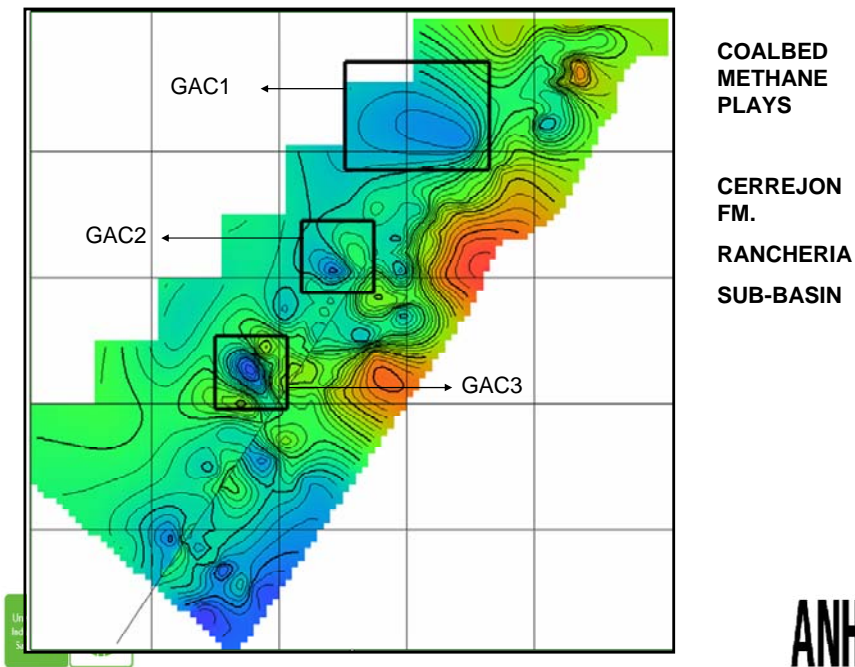
Exploration Program: 400 Km. of 2D seismic, 2 exploration wells for the la Luna and Cogollo Group, 1 stratigraphic well.

## Exploration Plays

Plays of the la Luna Formation are related to folds on the hanging wall of thrust faults. These structures were formed prior to the main phase of hydrocarbon generation and migration as indicated by the geochemical modeling. See Figure 11.



**Figure 11.** Exploration plays of the la Luna Formation in the Cesar sub-basin.

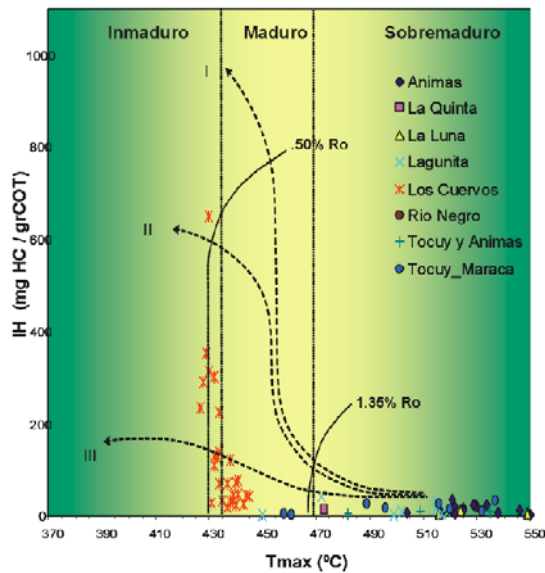


**Figure 12.** Exploration plays of the Cerrejon Formation in the Ranchería Sub-basin.

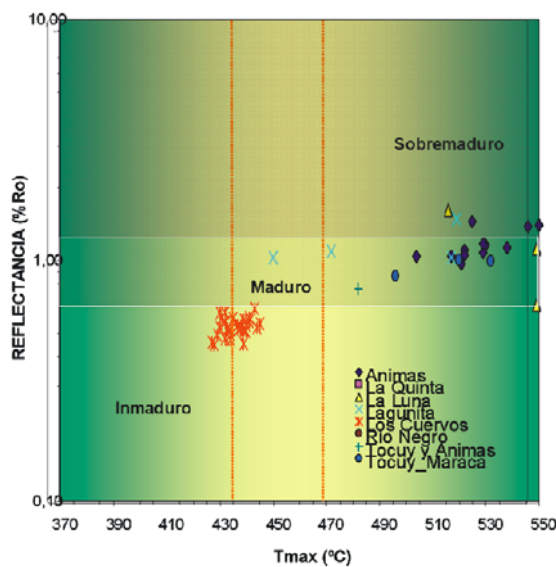
Coalbed methane plays were identified on synclines structures in the Cesar Ranchería basin see Figure 12. Geochemical modeling results shows a present day gas generation from the Cerrejón and Barco-Cuervos formation coals.

### Petroleum Geochemistry

Source rocks of the Cesar-Ranchería Basin include the excellent la Luna Formation in addition to other Cretaceous and Tertiary formations. Kerogen types identified in the source rocks formations are illustrated on Figure 8. On the other hand, the thermal maturity of the source rocks is on both oil generation and gas generation windows as indicated by figure 9.



**Figure 8.** Kerogens type II and III are present in the source rock formations as illustrated by the Tmax vs HI graph.



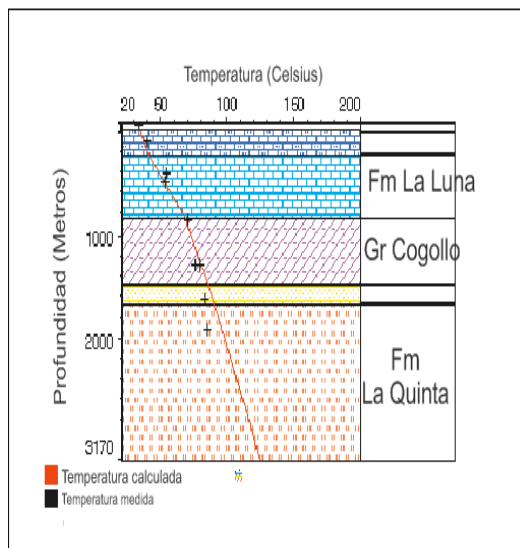
**Figure 9,** Source rocks thermal maturity ranges from 0.5 to 2% of vitrinite reflectance, where the Cerrejón and Cuervos Formations present the lowest

vitrinite reflectance values and the Lower Cretaceous sequence present the highest vitrinite reflectance values.

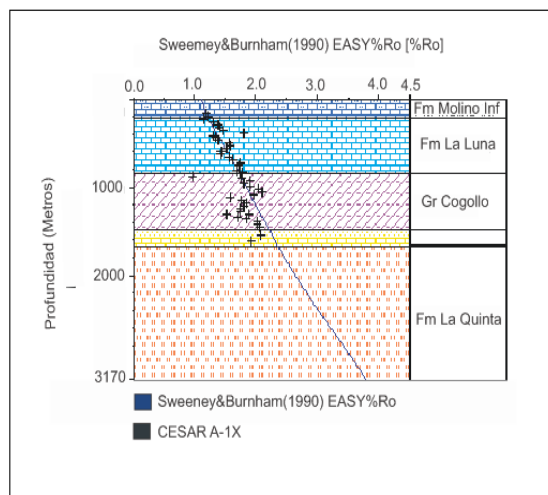
### 1D Geochemical Modeling

Thermal calibration of one 1D modeling was achieved combining BHT temperatures with the heat flow profile obtaining a match between calculated and BHT temperatures, as illustrated by the figure 11.

The thermal maturity model also achieved a match between the calculated and measured vitrinite reflectance values of the Cretaceous and Tertiary source rocks. Data from the Cesar A-1X well were used for this calibration, see Figure 12.



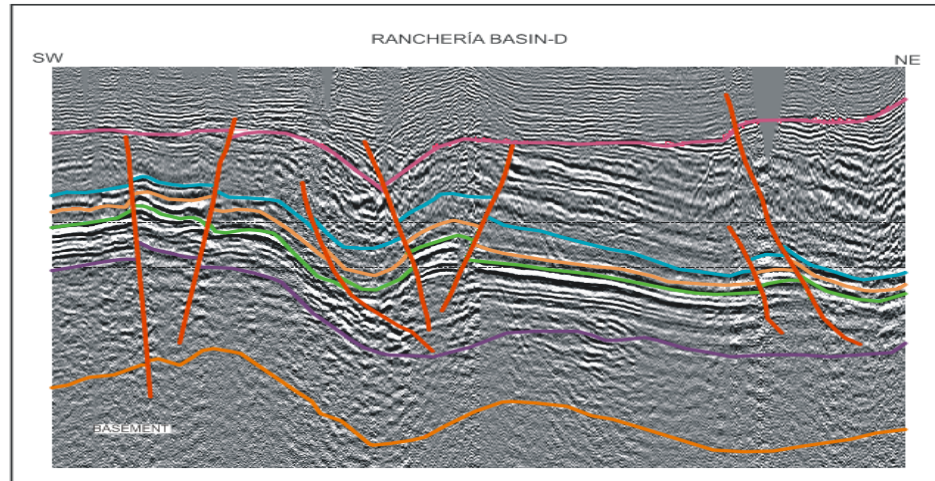
**Figure 11.** BHT data and calculated formation temperatures for the Cesar A-1X well.



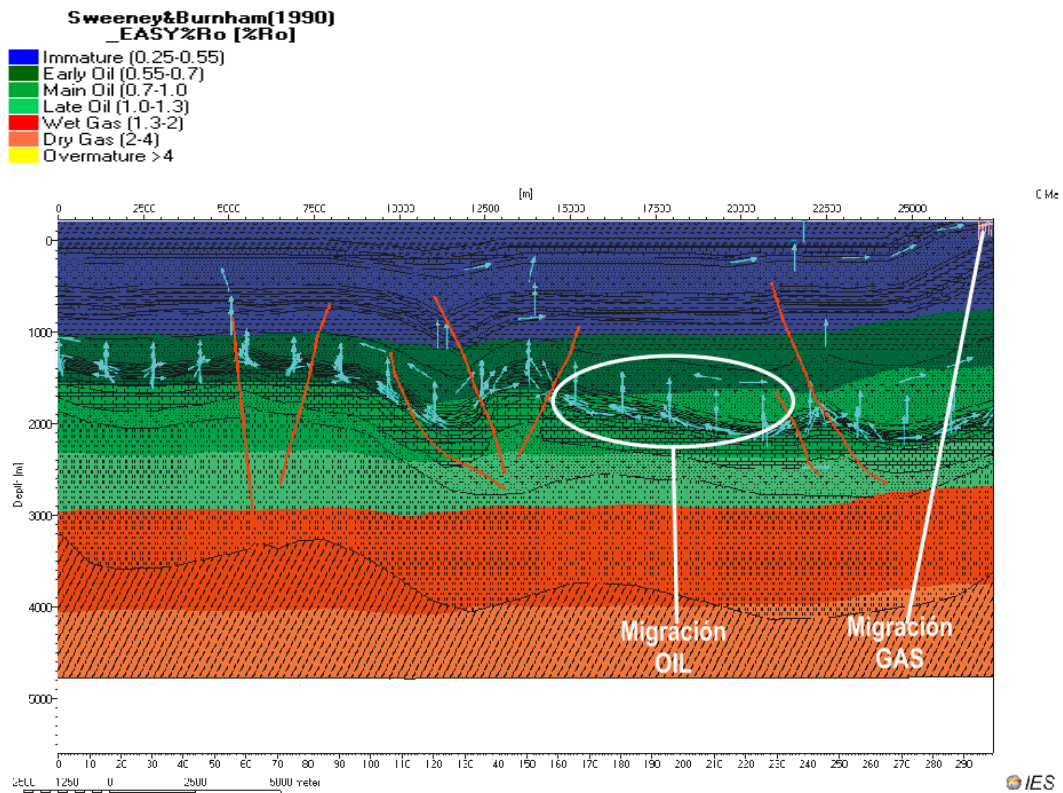
**Figure 12.** Vitrinite reflectance data and calculated reflectance for la Luna and Cogollo formations in the Cesar A-1X well.

## 2D Geochemical modeling

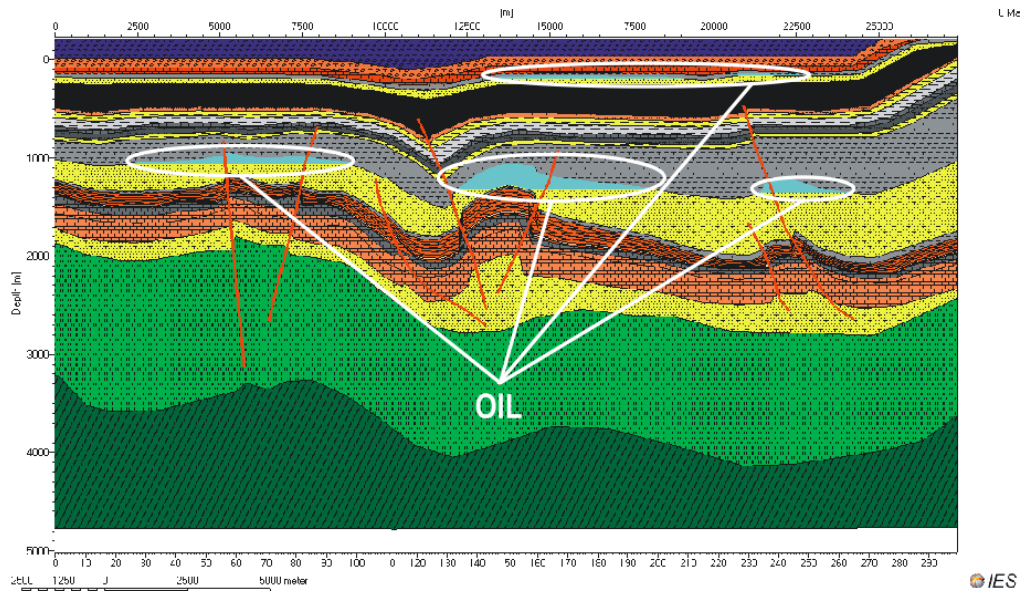
Thermal maturation and migration models were run using the information of seismic lines. Figures 12A, B and C, shows the seismic profile, the maturation and migration model and the hydrocarbon accumulation model respectively. These results coincide with the presence of hydrocarbon in the Molino 1 well.



**Figure 12A.** Seismic line CR, showing the hydrocarbon system in the Ranchería Sub-basin.



**Figure 12B.** 2D geochemical maturation and migration model derived from seismic line of Figure 12A.



**Figure 12C.** Hydrocarbon accumulation model obtained from the 2D geochemical modeling.

### HYDROCARBON RESOURCES

Hydrocarbon resources were calculated for the different plays identified in both sub-basins. The following hydrocarbon resources were calculated for three different scenarios where the pay zone thickness was changed, however the porosity and water saturation were keep constant The following results were obtained see tables 3 and 4 .

**Table 3.** Hydrocarbon resources, Cesar sub-basin.

Formación	Tipo de Hidrocarburo	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Barco-Cuervos	Gas Metano asociado a Carbón	0.10 BBbl (0.72 TCF)	0.23 BBbl (1.45 TCF)	0.49 BBbl (2.90 TCF)
Molino	Crudo y Gas	0.07 BBbl	0.25 BBbl	0.60 BBbl
La Luna	Crudo y Gas	0.33 BBbl	0.95 BBbl	1.98 BBbl
Grupo Cogollo	Crudo y Gas	0.20 BBbl	0.57 BBbl	1.19 BBbl
Río Negro	Crudo y Gas	0.29 BBbl	0.88 BBbl	1.69 BBbl
Total		0.99 BBbl	2.88 BBbl	5.95 BBbl

The hydrocarbon resources of the Ranchería sub-basin are included in table 2.

**Table 4.** Hydrocarbon resources Ranchería Sub-Basin

<b>Formación</b>	<b>Tipo de Hidrocarburos</b>	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>	<b>Escenario 3</b>
Barco-Cuervos	Gas Metano asociado a Carbón	0.30 BBbl (1.71 TCF)	0.59 BBbl (3.52 TCF)	1.16 BBbl (6.90 TCF)
Molino	Crudo y Gas	0.06 BBbl	0.21 BBbl	0.51 BBbl
La Luna	Crudo y Gas	0.37 BBbl	0.98 BBbl	1.99 BBbl
Grupo Cogollo	Crudo y Gas	0.22 BBbl	0.51 BBbl	1.01 BBbl
Total		0.95 BBbl	2.29 BBbl	4.67 BBbl

## **Conclusions**

The Cesar-Ranchería Basin presents an excellent potential for unconventional hydrocarbons reservoirs. The unconventional reservoirs are: 1) Fractured limestone of the la Luna and Cogollo formations for oil and gas, and 2) Coalbed methane reservoirs in the Barco-Cuervos and Cerrejón Formations.

Structural traps associated to thrust faults are the main prospects for oil and gas in the Cesar-Ranchería basin. In these traps, the cretaceous rocks have presented oil and gas shows and marginal gas production.

The calibrated 2D geochemical models indicate that the Cretaceous and Lower Tertiary source rocks have generated oil and gas in the Cesar-Ranchería basin.

Hydrocarbons reserves have been calculated obtaining the following: 1) In the Cesar sub-basin the possible oil reserves varies between 1 and 6 BBbl, and gas resources ranging between 0.7 and 2.9 TCF. 2) In the Ranchería sub-basin the hydrocarbon resources are: oil between 1 and 5 BBbl. The gas reserves vary between 1.7 to 7 TCF.

## **Geological and Petroleum Database of the Cesar Ranchería Basin**

The data base of the Cesar-Ranchería basin contains extensive information about tectonic and structural geology (38 documents), stratigraphy (31 documents), gravimetry (2 documents), geochemistry (10 documents), petroleum geology (22 documents), geophysics (4 documents) petrophysic (2 documents), photogeology (2 documents).

The seismic information includes: 18 documents about interpretation and 145 seismic lines that total 3580 km. Seismic files were loaded on a Geographix platform. Previous and recent seismic interpretations are also available in the data base

The information of the Cesar-Ranchería Basin was grouped in the following topics:

-Geological setting

- Stratigraphy
- Structural Geology
- Geophysical information
- Seismic interpretation
- Geochemical information
- Geochemical modeling
- Petrophysical information
- Hydrocarbon Plays

### HIGHLIGHTS

Basin	Cesar-Ranchería
Basin Type	Intermountain
Area	11.630 Km <sup>2</sup>
Wildcat wells	14
2D seismic lines	3580 Km.
Hydrocarbon Types	Oil (27° to 43° API), Gas (CBM)
Hydrocarbon source rock Formations	La Luna (Oil and gas) Molino (Oil and gas) Barco-Cuervos and Cerrejón (CBM)
Reservoir Rocks	La Luna Formation (Oil and Gas) Barco-Cuervos Formation (Gas) Cerrejón Formation (Gas)
Seal rocks	Molino Formation Barco Cuervos Formation Cerrejón Formation



## 1 INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se presenta el inventario y evaluación de la información geológica, geofísica y geoquímica, suministrada por la ANH en la Cuenca Cesar–Ranchería.

Inicialmente se presenta un capítulo denominado información consultada, donde se establece la información mas completa y relevante para los temas geológicos, geofísicos y geoquímicas, que fue utilizada en la elaboración de este informe.

El capítulo de información consultada se complementa con una base de datos, donde se presenta toda la información suministrada de la cuenca por la ANH, en orden cronológico, por autor y título del informe, con sus respectivos links que permiten conocer su contenido.

En un capítulo aparte se presentan todos los aspectos de la geología regional y de la cuenca, así como su evolución tectónica y estructural.

En el siguiente capítulo se describe detalladamente la estratigrafía de la cuenca, incluyendo su ambiente de depositación, su evolución sedimentológica y el potencial hidrocarburífero.

Definidos los aspectos geológicos regionales y locales, su evolución tectónica y estratigrafía, se establece un resumen cronológico de la actividad exploratoria en la cuenca, indicando los resultados obtenidos.

Posteriormente y en capítulos individuales se presenta de manera resumida la información gravimétrica, sísmica, de pozos y geoquímica, con que se cuenta en la cuenca.

Con base en la anterior información se elaboró una interpretación sísmica, incluidos los respectivos mapas estructurales de los horizontes seleccionados. En un capítulo aparte se presenta la información petrofísica con que se contó y la elaborada en dos pozos sobre tres formaciones de interés en cada una.

Con la interpretación sísmica, la información de pozos y la información geoquímica básica, se elaboró un modelo geoquímica 1D y 2D, para cada una de las subcuencas.

Finalmente se elaboró un capítulo denominado evaluación final, donde se integra toda la información anterior y se definen los prospectos con su

correspondiente cálculo de recursos, a partir de tres escenarios: bajo, normal y alto.

## 2 INFORMACION CONSULTADA

La base de datos sobre la Cuenca Cesar-Ranchería consta de 84 informes de los cuales se tiene el siguiente reporte sobre temas específicos.

- Estratigrafía: 31
- Estructural: 38
- Geología del petróleo: 22
- Geoquímica: 4
- Interpretación sísmica: 18
- Geofísica: 3
- Fotogeología: 1
- Petrofísica: 3
- Pozos: 2

La siguiente es la información mas completa y relevante utilizada en este informe para los temas geológicos, geofísicos y geoquímicas:

Geología general.

- Geopetrocol Ltda. 1998, Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería Tomo I, informe general.
- I.C.P. Informe Geológico 2413, Proyecto Cesar Ranchería, Tomo I.
- Q.R.C 2000 Contrato de Asociación IRACA, Informe Técnico Anual.

Evolución Tectónica y Estructural.

- Geopetrocol Ltda. 1998, Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería Tomo I, informe general.

- I.C.P. Informe Geológico 2413, Proyecto Cesar Ranchería, Tomo I. Beicip Franlab 2001. Análisis Integral Integrado Bloque Noreste Colombiano – Oeste Venezolano, Volumen I.
- Q.R.C 2000 Contrato de Asociación IRACA, Informe Técnico Anual.
- Evolución Estructural Cuenca Cesar-Catatumbo 1990.
- I.C.P 1990 Proyecto Cesar-Ranchería, Informe de Geofísica.

## Estratigrafía.

- Geological Field-Trips Colombia, 1980-1989. Colombian society of Petroleum Geologists and Geophysicists.
- Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo I, Informe general. GEOPETROCOL Ltda. Diciembre 1998.
- Interpretación Estructural área El Paso Subcuenca Cesar, ECOPETROL. 1990.
- Cartografía Geológica Cesar-Ranchería, Geoestudios, 2006
- Proyecto Cesar Ranchería. ECOPETROL. 1998
- Primer informe técnico anual. Contrato de asociación Iraca. QRC Colombia Ltda. 2001.
- Geología de la plancha 48, La Jagua de Ibirico memoria explicativa. Ingeominas. 2003.
- Petrografía y Geoquímica orgánica y su Aplicación a la Estratigrafía de Secuencias en la Formación Cerrejón, departamento de la Guajira. Layton R. Tesis de grado. UIS. 2006.

- Análisis estructural integrado del bloque Noreste Colombiano Oeste Venezolano, volumen 1. Beicip Franlab. 2001.
- Geologic Map of Colombia. Ariana Ltda Geólogos consultores.2004.
- Levantamiento Geológico de Superficie y Muestreo de Secciones Estratigráficas en las subcuencas recesar y Ranchería. Tecnopetrol, Geoconsult, Asesorias Geológicas Ltda. 1997.

## Bioestratigrafía.

- Estudio Bioestratigráfico de muestras de los pozos Molino-1X y Molino-1, Cuenca del Cesar Ranchería. BIOS S Ltda.1995.
- Current Well Report. El Paso 2. Tropical Oil Company. Paleontological Laboratory.1948.
- Current Well Report. Rio Maracas #1. Tropical Oil Company. Paleontological Laboratory.1952.

## Geofísica.

- El documento del proyecto Cesar Ranchería que ECOPETROL y el ICP llevaron a cabo en 1990, muestra una completa evaluación de la información geofísica, y trabajo con 2630 km de información sísmica, dividida en 5 programas diferentes.
- ECOPETROL, en su proyecto # 15, Interpretación Estructural del área El Paso, Subcuenca del Cesar, realizado por Baquero, Chamorro y Aya en septiembre de 1990, desarrolla una evaluación detallada de las zonas llamativas de la Cuenca Cesar-Ranchería, puesto que la categorización de las estructuras prospectivas del proyecto Cesar - Ranchería de ese mismo año, motivó a la Gerencia de Exploración a realizar este estudio en el área de mayor interés.
- El informe de Potencial Petrolífero de la Cuenca Cesar-Ranchería realizado por Geopetrocol en 1998, es la principal fuente de información y contiene un detallado análisis de la información sísmica y gravimétrica de la cuenca.

## Petrofísica

- Informe Geológico final Pozo: El Molino 1X. Informe Geológico 775. ECOPETROL. 1981.
- Propiedades Básicas de Roca Reporte Final para Drummond Ltda. Pozo: Diablito 1E. CORE LABORATORIES. 2005.
- Final Subsurface Report El Paso N° 2 – Cesar Valley Magdalena. Tropical Oil Company. 1949.
- Informe Petrofísico Cesar F-1X cuenca Cesar Ranchería. Pedro Díaz. 2005

## Pozos

- Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería, Tomo I, Informe general. GEOPETROCOL Ltda. 1998.
- Proyecto Cuencas Frontera. Cuenca Cesar Ranchería. Informe Recopilación de Información. ICP. 1994.
- [www.epis.com.co](http://www.epis.com.co)

## Geoquímica

- Estudio Geoquímico de Superficie Cuenca Cesar Ranchería y Sinú San Jacinto. HGA para ANH. 2006.
- Proyecto Cesar-Ranchería Informe Final. Tomo II Geoquímica. ICP. 1990.
- Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. Tomo I Informe General. ECOPETROL, GEOPETROCOL. 1998.
- Caracterización Geoquímica de Rocas y Crudos en las cuencas de Cesar - Ranchería, Sinú-San Jacinto, Chocó y área Soapaga (Cuenca Cordillera Oriental)

La anterior información, se complementa con una base de datos elaborada en una hoja Excel, donde se presenta toda la información suministrada de la cuenca por la ANH. En esta hoja es posible consultar la información por fecha, por autor, por título del informe, pudiéndose establecer rápidamente los temas de que trata y si se requiere ver el informe completo, tiene sus respectivos *links* para conocer su contenido.

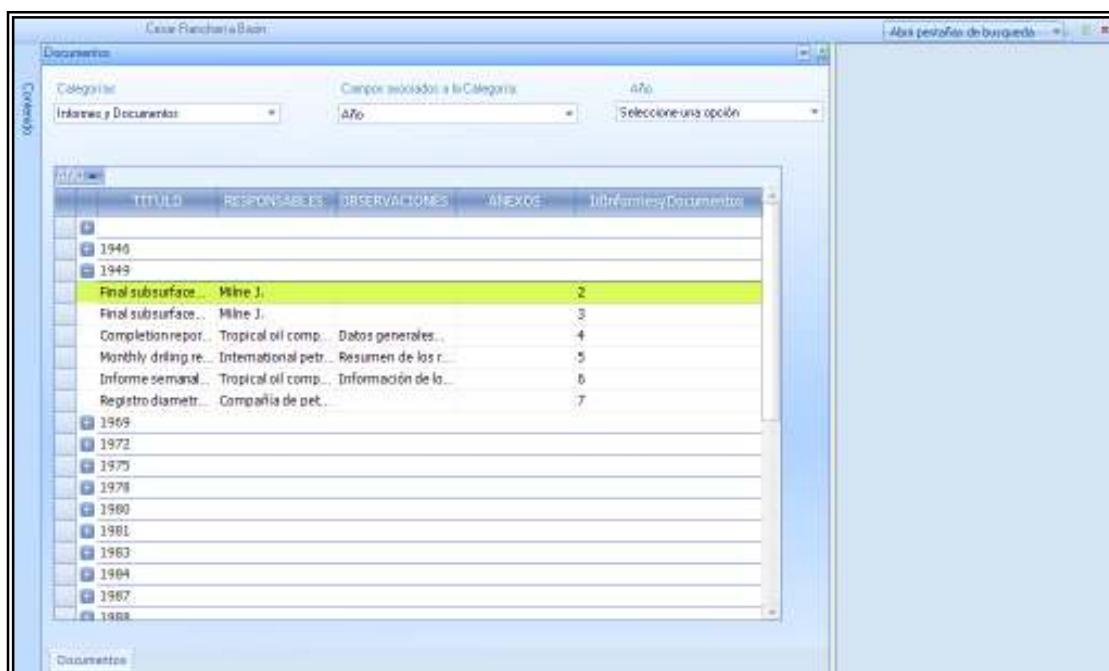
### 3 BASE DE DATOS

#### 3.1 BUSCADOR DE DOCUMENTOS CUENCA CESAR-RANCHERÍA

Este software es una herramienta con la que se pueden realizar búsquedas de archivos con información sobre la Cuenca Cesar-Ranchería, permitiendo a las personas tres métodos de búsqueda:

- 1) Un primer método de búsqueda se realiza, sobre una base de datos indexada, cuyos campos corresponden a un conjunto de metadatos indexando los documentos identificados en el proceso de levantamiento de información.

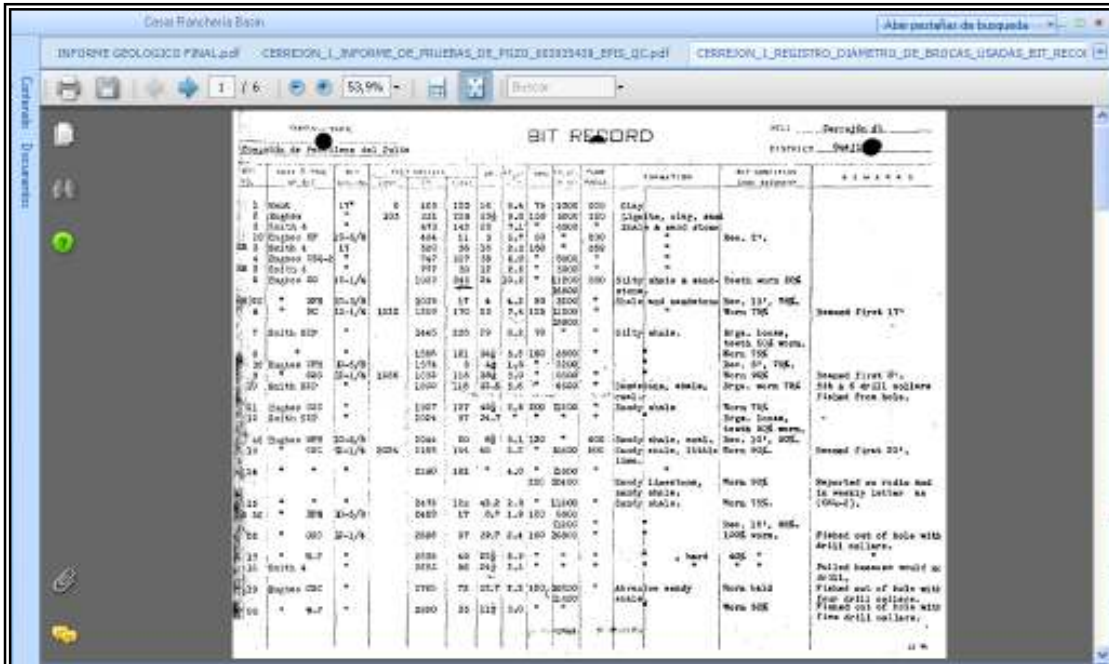
Este mecanismo le ofrece a quien lo consulta diferentes esquemas para ordenar la información, agruparla, y opcionalmente acceder a estos documentos o imágenes desde un esquema de consultas como el ofrecido en la **figura 3.1**.



**Figura 3.1.** Se muestra el esquema de consultas de la Base de Datos.

El usuario puede realizar búsquedas generales de documentos por temas como informes y documentos, estratigrafía, mapas y columnas y pozos. A su vez también puede realizar búsquedas específicas a partir de las búsquedas generales por temas como año de elaboración del documento, título del documento, responsables del documento y otros datos concernientes a las categorías generales de clasificación.

Una vez obtenida y agrupada la información de la búsqueda requerida, el usuario tendrá acceso a los documentos (imágenes, archivos en pdf, archivos de texto) con solo hacer doble clic sobre el registro escogido, permitiéndole observar la información en pestañas de documentos que se pueden desplazar y organizar espacialmente como muestra la siguiente figura:



The screenshot displays a 'BIT RECORD' table within a software application. The table has multiple columns including 'DEPTH', 'LITHOLOGY', 'WELL LOGS', and 'REMARKS'. The data is organized in a structured grid format, typical of a database query result. The interface includes a toolbar at the top with various icons and a search bar.

DEPTH	LITHOLOGY	WELL LOGS	REMARKS
0	CLAY	...	...
1	CLAY	...	...
2	CLAY	...	...
3	CLAY	...	...
4	CLAY	...	...
5	CLAY	...	...
6	CLAY	...	...
7	CLAY	...	...
8	CLAY	...	...
9	CLAY	...	...
10	CLAY	...	...
11	CLAY	...	...
12	CLAY	...	...
13	CLAY	...	...
14	CLAY	...	...
15	CLAY	...	...
16	CLAY	...	...
17	CLAY	...	...
18	CLAY	...	...
19	CLAY	...	...
20	CLAY	...	...
21	CLAY	...	...
22	CLAY	...	...
23	CLAY	...	...
24	CLAY	...	...
25	CLAY	...	...
26	CLAY	...	...
27	CLAY	...	...
28	CLAY	...	...
29	CLAY	...	...
30	CLAY	...	...
31	CLAY	...	...
32	CLAY	...	...

**Figura 3.2.** Muestra la organización de la información en la Base de Datos.

- 2) El buscador de contenido es una herramienta estilo Google, el cual busca en los 32 Gb de información disponibles, archivos cuyo contenido coincida con una palabra ó grupo de palabras especificadas. La búsqueda se realiza sobre documentos de Microsoft Office, archivos comprimidos como lo son archivos ZIP y RAR, archivos de texto, documentos en PDF y nombres de imágenes entre otros.



Para iniciar una búsqueda se ingresa la palabra requerida ó grupo de palabras (más de una palabra es necesario utilizar los conectores correspondientes) y se oprime la tecla Enter ó se presiona el botón Buscar, lo cual despliega una lista con los archivos que contienen alguna coincidencia con el texto buscado; a continuación con un doble clic sobre uno de los archivos encontrados, el buscador permite su visualización.

Si la búsqueda devuelve más de 15 archivos se activarán los botones de navegación atrás, siguiente, primero y último para desplazarse a través de la lista. Ver **figura 3.3**.



**Figura 3.3.** Interfaz de búsqueda de documentos, informes y graficas de la base de datos.

- 3) El tercer mecanismo de búsqueda, es la ubicación de documentos asociados con un elemento espacial georeferenciado (pozos y líneas sísmicas). El usuario realizando un simple click sobre el nombre del pozo o el nombre de la línea de su interés, puede acceder a los documentos, informes y gráficas asociados, como se observa en la **figura 3.4**.

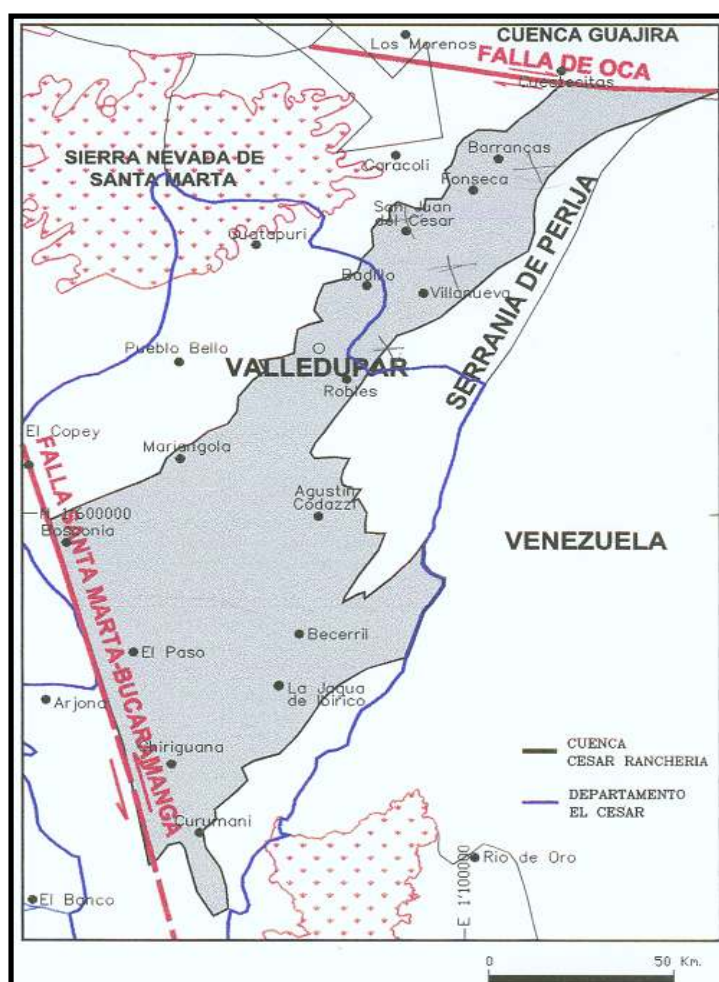


**Figura 3.4.** Mecanismo de búsqueda de información correspondiente a pozos y líneas sísmicas.

## 4 LOCALIZACIÓN, GEOLOGÍA GENERAL, EVOLUCIÓN TECTÓNICA Y ESTRUCTURAL CUENCA CESAR-RANCHERÍA.

### 4.1 Localización geográfica

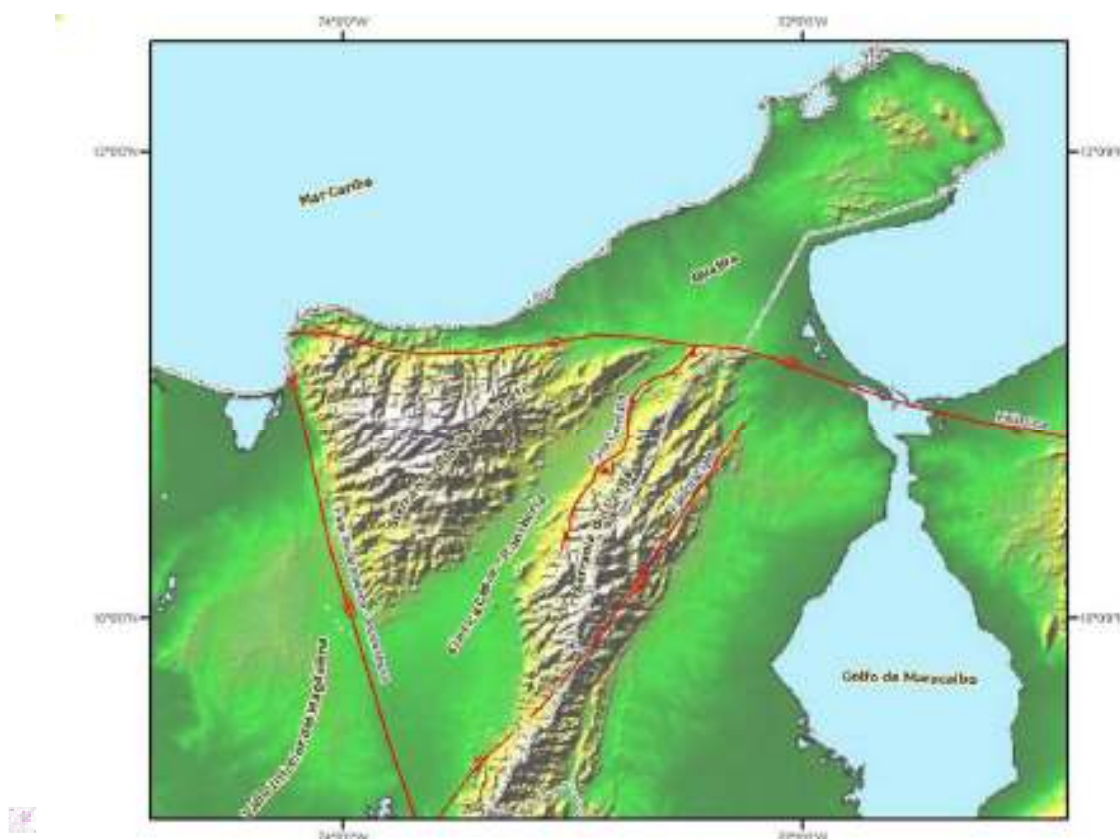
La cuenca Cesar–Ranchería se encuentra ubicada en el extremo noreste de la República de Colombia, a lo largo de la frontera con Venezuela. Geográficamente forma parte de los departamentos del Cesar y de la Guajira y tiene un área aproximada de 11.630 Km<sup>2</sup>. (Ver **figura 4.1**).



**Figura 4.1.** Mapa de localización Cuenca Cesar-Ranchería. (ECOPETROL 1998).

**4.2 Ubicación geológica.**

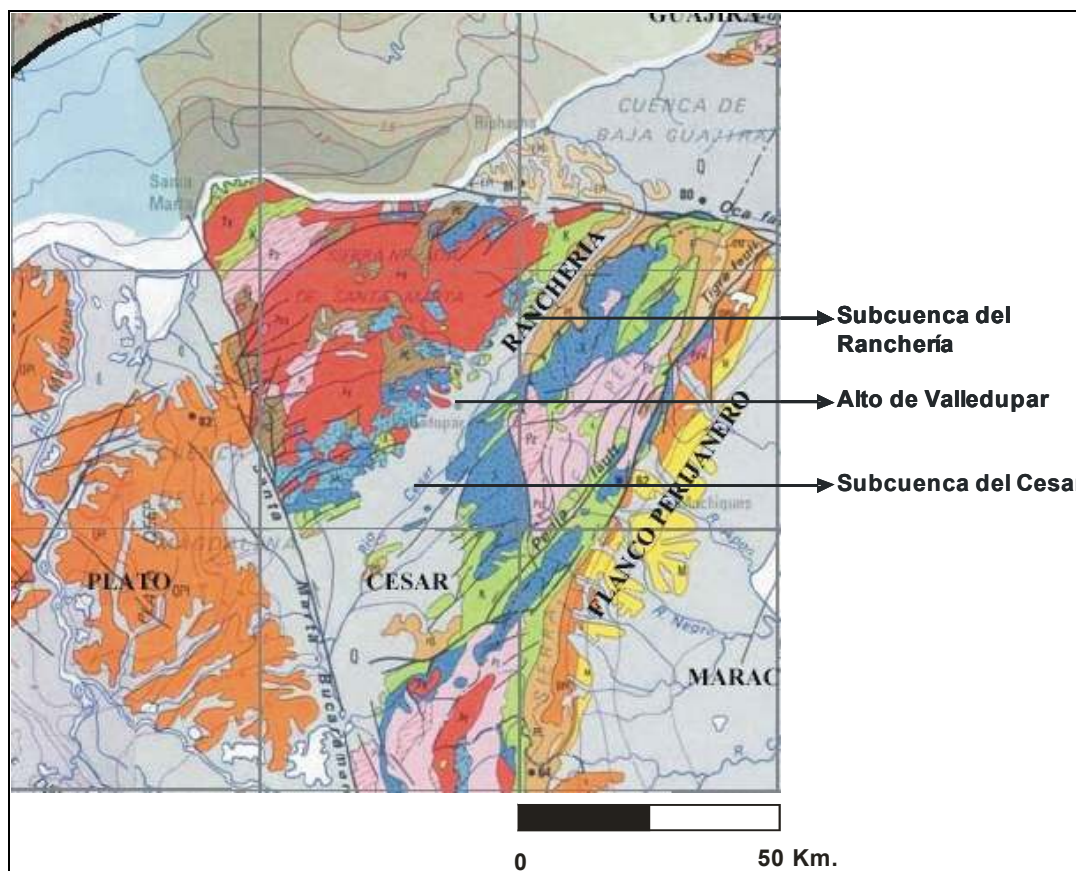
La Cuenca Cesar–Ranchería está ubicada entre el Macizo de Santa Marta al Noroeste y la Serranía del Perijá al Este – Noreste, en cuyo margen occidental se encuentran localizadas las fallas de Cerrejón y Perijá. La Falla de Oca al norte y la Falla de Bucaramanga – Santa Marta al Occidente. (Ver **figura 4.2**).



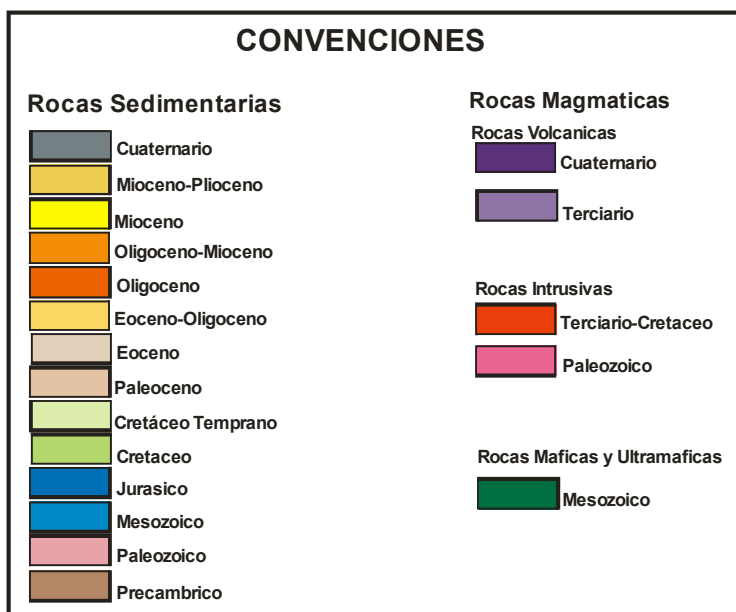
**Figura 4.2.** Marco tectónico Regional. Ingeominas 1999.

**4.3 Geología General.**

La Cuenca Cesar-Ranchería corresponde a una depresión intra montaña, está ubicada en dirección principal Suroccidente – Nororiente. Es posible dividirla en las subcuencas Cesar y Ranchería, las cuales están separadas por el Alto de Valledupar, localizado cerca al punto medio de la cuenca. La parte más amplia hacia el Suroccidente corresponde a la Subcuenca del Cesar y la parte mas angosta hacia el Nororiente corresponde a la subcuenca del Ranchería. (Ver **figura 4.3**)



**Figura 4.3.** Mapa geológico regional. Tomado de potencial petrolífero Cuenca Cesar- Ranchería, Geopetrocol LTDA 1998.



Por sus características sedimentarias y estratigráficas, la Cuenca Cesar–Ranchería se ha considerado como parte integral de la Cuenca de Maracaibo de Venezuela y una extensión hacia el noreste de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena en Colombia.

#### **4.4. Estratigrafía.**

Neises y granitos precámbricos, rocas metamórficas e ígneas, rocas vulcanosedimentarios paleozoicos y sedimentos marinos y continentales del Paleozoico Superior conforman la mayor parte de la Serranía de Perijá y Sierra Nevada de Santa Marta y constituyen el basamento tectónico de la Cuenca de Cesar-Ranchería.

La historia del depósito post-Paleozoico de la cuenca esta representada por una gruesa columna sedimentaria que sobrepasa los 6000 metros de espesor.

El Devónico está representado por los sedimentos que conforman el Grupo Río Cachiri y la Formación Manaure, de edad Pérmico. (Trumpy, 1943), depositados en un ambiente marino transgresivo.

Las rocas del Triásico y Jurásico corresponden a depósitos acumulados en grandes fosas, formadas dentro de un marco tectónico extensional en ambientes continentales, donde se depositaron las formaciones La Quinta, Girón y Motema.

En el Cretácico temprano, se inicia un proceso generalizado de transgresión marina, que alcanza su mayor extensión en el Cenomaniano-Santoniano (Zambrano, 1972).

La base de la secuencia cretácica en el área está representada por la Formación Río Negro, la cual es suprayacida por una gruesa sucesión de calizas, lutitas carbonosas y en menor proporción areniscas, correspondientes a las formaciones Lagunitas, Aguas Blancas y La Luna.

Luego de la depositación de la Formación La Luna se presenta un periodo de “no – depósito”, que está definido por una inconformidad existente entre la Formación La Luna y las rocas suprayacentes. (Ver **figura 4.4**)

La depositación de lutitas negras en un ambiente marino de poca profundidad, durante el Campaniano–Daniano, está representado por la Formación Molino, que alcanza espesores de 1500 a 3000 pies en la Cuenca Cesar-Ranchería.

A partir de la Formación Molino, se presentan características estratigráficas diferentes en cada una de las subcuencas Cesar y Ranchería.

En la Subcuenca del Ranchería, se presentan las formaciones Hato Nuevo y Manantial, las cuales son depósitos detríticos intercalados con sedimentos finos,

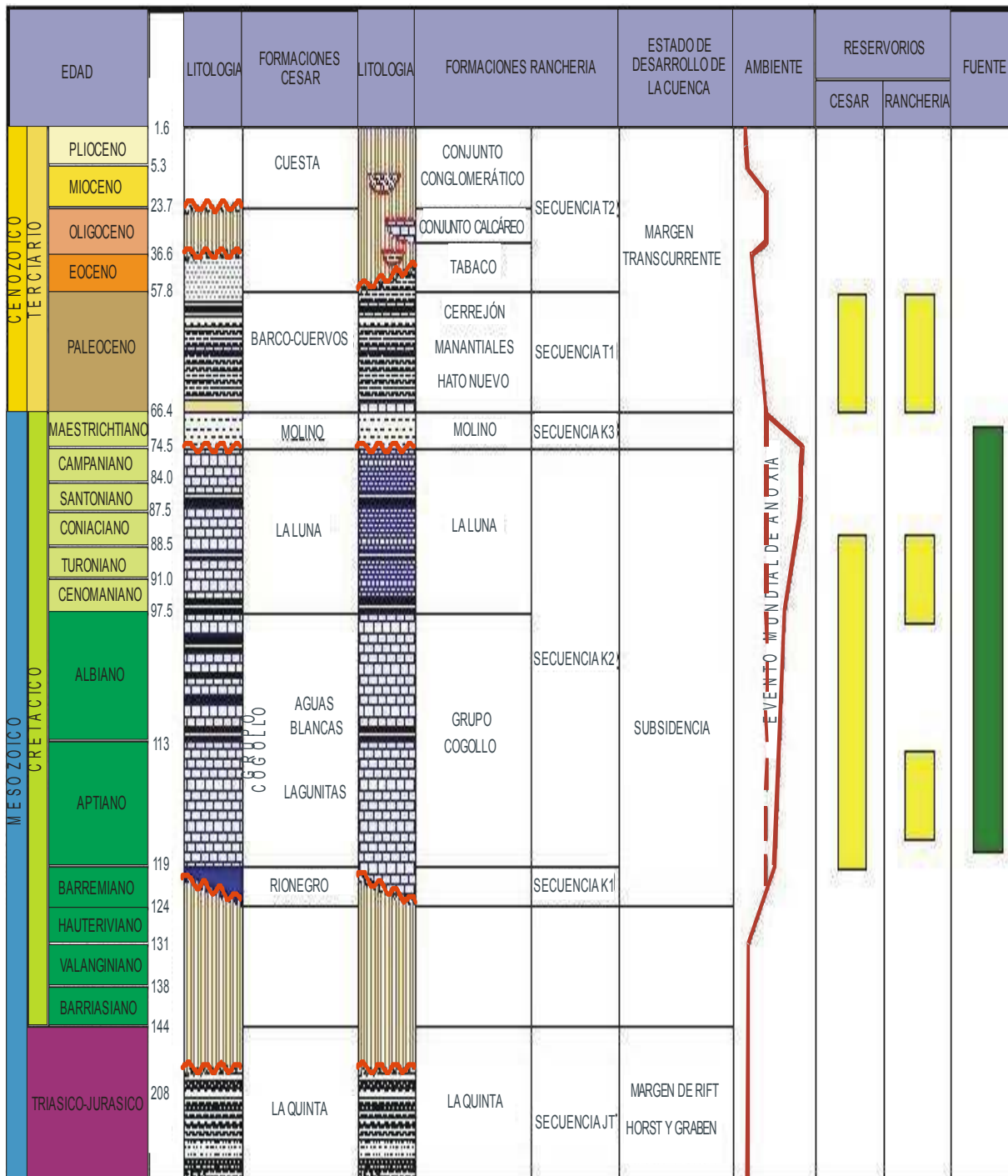
como las calizas lumaquéticas, areniscas arcillosas y lutitas. Mientras que la intercalación de arcillolitas, lutitas, capas de carbón y areniscas definen la unidad Barco - Cuervos pertenecientes a la subcuenca del Cesar

Es importante anotar que en la Cuenca Cesar–Ranchería no se han encontrado depósitos del Eoceno mientras que en la actual Cuenca de Maracaibo si existe un buen registro de este período.

Estructuralmente se ha podido definir un primer levantamiento durante el Eoceno, lo que explicaría la ausencia de rocas de esta edad en la cuenca del Cesar. Durante el Oligoceno temprano se define un segundo levantamiento de la Serranía de Perijá, que daría continuación a los procesos iniciados durante el Eoceno.

De igual forma, se plantea el desarrollo de una fase compresional en el Oligoceno Superior, que causó la inversión de las fallas generadas durante las fases extensionales, así como procesos de plegamiento posteriores evitaron que se tuviera un registro litológico importante de este periodo en la Cuenca Cesar-Ranchería, este proceso de levantamiento de la serranía culminó durante el Neógeno.

Finalmente se presenta la columna estratigráfica generalizada del área incluyendo edad, nombre de las Formaciones, espesor, contactos, sección estratigráfica, breve descripción litológica y sistema petrolífero (roca generadora y fuente). (Ver **figura 4.4**)



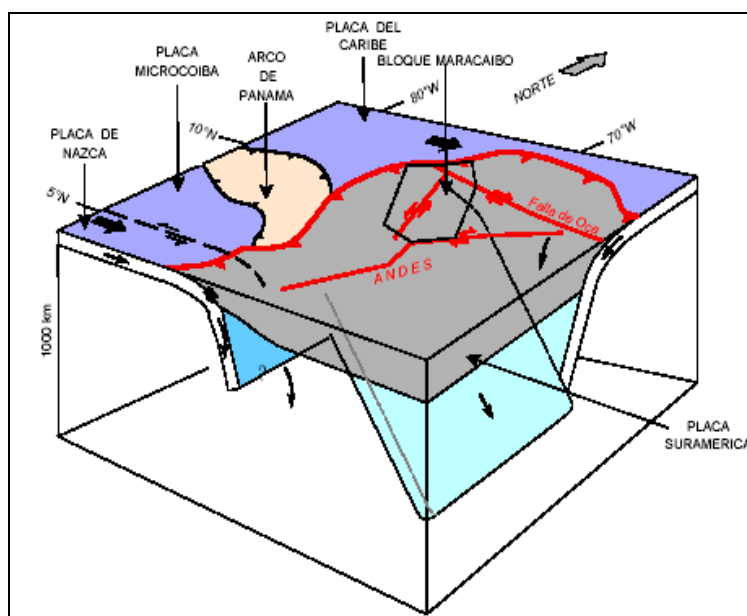
**Figura 4.4.** Columnas estratigraficas Subcuenca del Cesar y Subcuenca del Rancheria. Tomado y Modificado ICP 1990. Unraveling the hydrocarbon Potential of a fold thrust belt.



#### 4.5. Geología Estructural.

La geología estructural regional de la cuenca se encuentra completamente descrita en el informe de la Gerencia de Estudios Regionales de ECOPETROL, 1998. Titulado “Potencial Petrolífero de la Cuenca Cesar–Ranchería”, el puede ser consultado en la base de datos anexa a este informe. Por esta razón, en este aparte se presenta un resumen que incluye la información más relevante.

La subducción y subcabalgamiento de la Placa del Caribe bajo el continente Suramericano generó un esfuerzo compresivo hacia el Sureste, mientras la colisión y underthrusting del borde Norte del Macizo de Santander por el movimiento andino hacia el Noreste. Sumado al efecto de barrera ejercido por el Escudo de Guyana ubicado al Sureste, generaron un esfuerzo compresivo en dirección Norte. (Ver **figura 4.5**).



**Figura 4.5** Bloque 3D, geometría tridimensional y cinemática de subducción actual. (Modificado de Taboada et, al 2000).

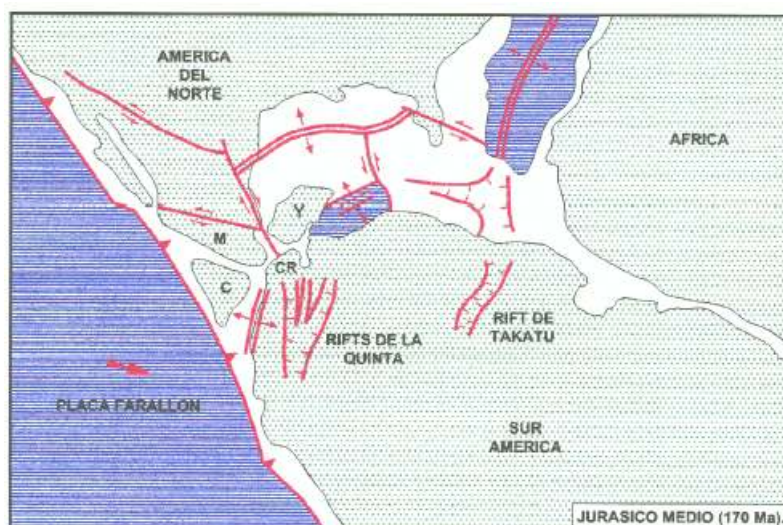
#### 4.6. Evolución Tectónica Regional.

Durante el Precámbrico la zona occidental de Suramérica estuvo caracterizada por eventos de acreción de la corteza continental al núcleo de los escudos Brasileiro y Guyanés.

Para el Paleozoico Inferior (Cámbrico–Ordovícico) se ha planteado el desarrollo de un margen estable en la zona pericratónica, con desarrollo de procesos de sedimentación. Estos depósitos fueron afectados por la orogenia Caledoniana, la cual causó metamorfismo en el borde occidental.

Durante el Paleozoico Superior, como resultado de una extensión oceánica durante el tiempo Devónico–Carbonífero Superior en el sector Noroccidental de Suramérica, se desarrollaron depósitos de ambiente marino. Los sedimentos correspondientes a este periodo de tiempo fueron afectados por las fases orogénicas Hercínicas y que además causó el cierre de esta estructura de depósito.

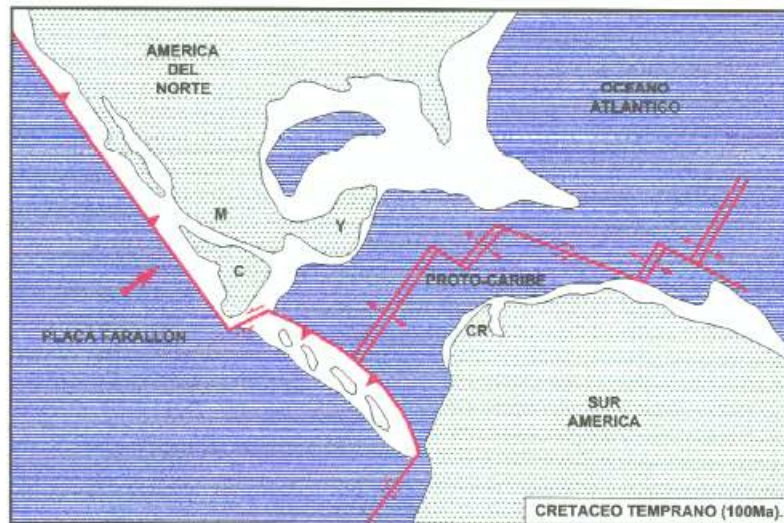
El suceso tectónico que dominó el Mesozoico Temprano, fue la fragmentación del supercontinente Pangea, lo cual significó la separación entre Norte y Sur América, con la formación de un Proto–Caribe activo por la presencia de un centro de expansión oceánica entre Norte y Suramérica. Este proceso generó bloques continentales en la zona de separación, los cuales corresponden a México, Yucatán y Chortis. El ambiente extensional permitió la formación de fosas continentales que sirvieron de áreas de depósito durante el Triásico y el Jurásico para formaciones como la Quinta y Girón. (Ver **figura 4.6**).



**Figura 4.6** Evolución tectónica. Jurásico Medio. Tomado de INTERA\_ BLOSS (1995).

De manera simultánea, se presentó actividad extensional en el Proto–Atlántico, iniciando así la separación entre América del Norte y África y en las placas occidentales del pacífico, como la denominada Placa Farallón que subduce bajo el continente Suramericano en dirección sureste.

Para el Cretáceo Temprano la costa noroccidental de Suramérica se encontraba mas alejada de dicho centro de expansión, evolucionando entonces los ambientes de depósito de una cuenca extensional a un margen pasivo. Durante este periodo y debido a un levantamiento global en el nivel del mar, el área de depósito se extendió mas al sur, cubriendo entonces la zona que hoy corresponde a las cuencas de Barinas–Apure, Maracaibo, Cesar-Ranchería, Cordillera Oriental, Llanos, Valle medio y alto del Magdalena. (Ver **figura 4.7**).

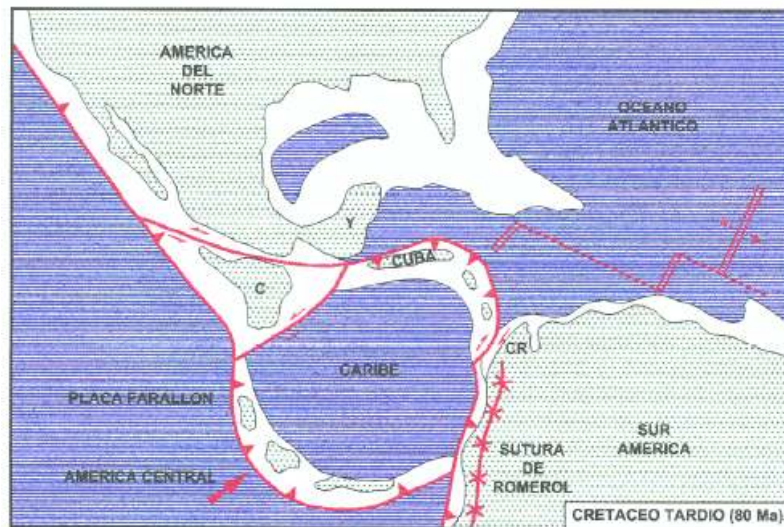


**Figura 4.7** Evolución tectónica Cretáceo Temprano. Tomado de INTERA\_ BIOS (1995).

El bloque de la Sierra Nevada de Santa Marta estaba parcialmente sumergido durante la transgresión Cretácica y representó una zona de aporte sedimentario durante este periodo.

Se puede resaltar, adicionalmente, que en el Cretáceo temprano, Berriasiano (Rabinowitz, 1982), se presentaron las primeras etapas de deriva y rotación de Suramérica respecto a África. Luego el proceso evolucionó hacia una clara separación y deriva entre los continentes en el Cretáceo medio, aproximadamente Albiano, deriva que permanece activa en el presente.

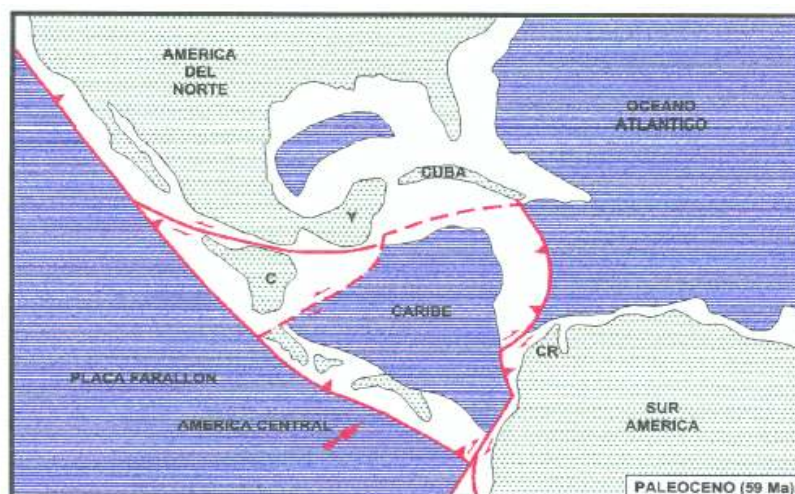
En el Cretáceo tardío se independizó totalmente la Placa Caribe por la ruptura suroccidental en la placa de farallón a lo largo del Arco Magmático de Panamá – Costa Rica, permitiendo la subducción de la Placa Farallón bajo la recién formada nueva Placa Caribe. (Ver **figura 4.8**).



**Figura 4.8** Evolución tectónica Cretáceo Tardío. Tomado de INTERA\_ BLOSS (1995).

Como resultado del movimiento de la placa Caribe hacia el Nororiente, su borde suroriental, choco oblicuamente contra Suramérica, iniciando así un cambio de ambientes de depósitos marinos someros hacia ambientes transicionales en el Maestrichtiano–Daniano.

El movimiento de la Placa Caribe hacia el Nororiente continuó durante el Paleoceno. Además la configuración tectónica pasó de un borde pasivo predominante hasta el Cretáceo tardío a un régimen convergente y compresivo. (Ver **figura 4.9**).

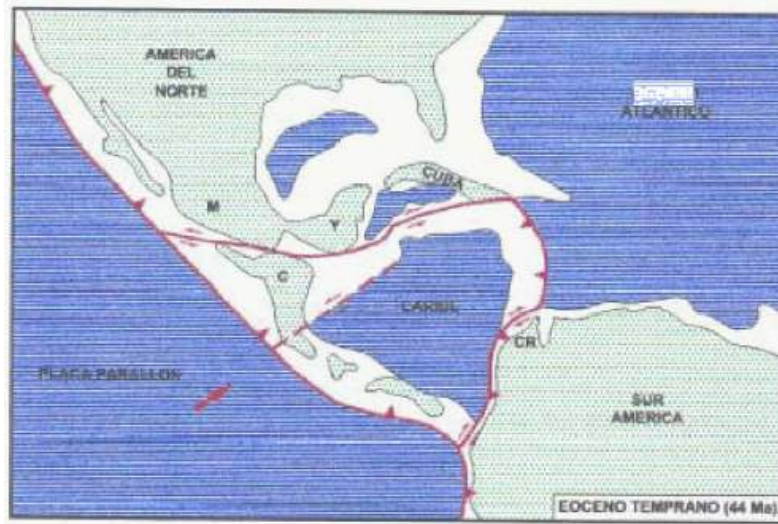


**Figura 4.9** Evolución tectónica Paleoceno. Tomado de INTERA\_ BLOSS (1995).

Durante el Paleoceno–Eoceno Inferior, continuó en el continente el régimen de subsidencia y depositación que produjo un grueso paquete de sedimentos clásticos en la Cuenca del Cesar y en el extremo norte de Suramérica. (Ver **figura 4.10**).

La actividad tectónica sucedida luego de la depositación de estos sedimentos esta expresada por la existencia de una discordancia en los sedimentos del Eoceno (53 m.a.), presente en la erosión de las crestas de los anticlinales de la Cuenca de Maracaibo. El desarrollo de estos anticlinales y la subsecuente erosión de sus cuestas parecen coincidir con el inicio del tectonismo compresional en dirección Noroccidente-Suroriente, el cual produjo anticlinales orientados del Nororiente al Suroccidente.

En la Subcuenca del Cesar esta discordancia esta documentada por la erosión que removió la secuencia clástica del Eoceno Inferior y que continuó hasta el Mioceno Inferior. (Ver **figura 4.10**).



**Figura 4.10** Evolución tectónica Eoceno Inferior. Tomado de INTERA\_ BLOSS (1995).

En el Eoceno superior-Oligoceno, durante la Orogenia del Eoceno Inferior al Eoceno Superior, la subducción o movimiento de transgresión de la Placa del Caribe con respecto a Suramérica está apenas comenzando.

Las subcuencas de Cesar y Ranchería continuaron siendo parte de la Cuenca de Maracaibo hasta este tiempo, presentando levantamiento local asociado al Arco Mocoa–Totumo.

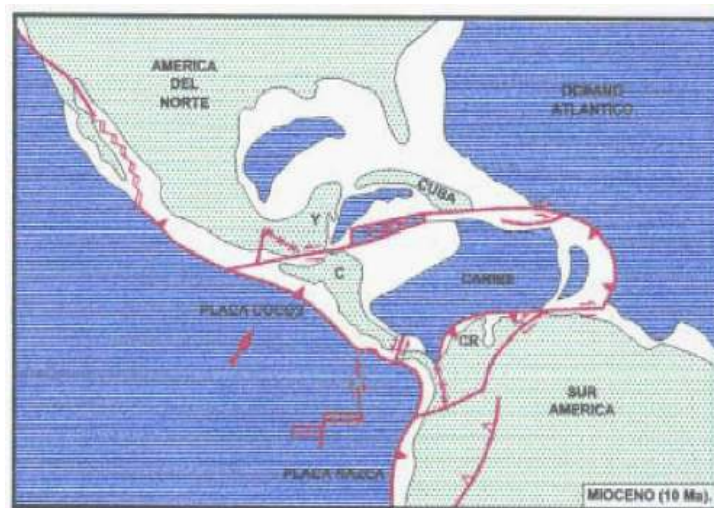
Durante el Oligoceno, tanto al oriente como occidente de la Subcuenca del Cesar se desarrollan fallas de cabalgamiento y pliegues. Mas adelante en el Oligoceno

Superior (25 m.a.) por causa de la intensa compresión a nivel regional, el primer bloque de basamento es levantado, evento que es primordial para el desarrollo de las trampas en la Cuenca de Maracaibo. (Ver **figura 4.11**).



**Figura 4.11** Evolución tectónica Oligoceno. Tomado de INTERA\_BIOSS (1995).

Durante el Mioceno–Plioceno desde el punto de vista tectónico, el evento más influyente en el área de Cesar – Ranchería, es el levantamiento de la Serranía de Perijá, presentando fallamiento de bloques durante el Mioceno Superior y el Plioceno. De manera simultánea con este tectonismo sucede sedimentación sobre la discordancia generada por estos eventos tectónicos y la Subcuenca del Cesar es rápidamente sedimentada con material proveniente de los altos ubicados hacia el noroccidente y suroriente. (Ver **figura 4.12**).



**Figura 4.12** Evolución tectónica Mioceno. Tomado de INTERA\_BIOSS (1995).

En el presente los efectos de compresión continúan siendo causados por la interacción de las placas del Caribe y Suramérica, a medida que la deformación del bloque Maracaibo continúa. El moderado pero continuo levantamiento de la Sierra Nevada de Santa Marta y de la Serranía de Perijá hace que estas sigan siendo fuentes de aporte de sedimentos para las áreas de Cesar y Ranchería, mientras que la Falla de Perijá crea separación de tipo transcurrente / transpresivo en el bloque de Maracaibo. (Ver **figura 4.13**).



**Figura 4.13** Evolución tectónica actual. Tomado de INTERA\_ BLOSS (1995).

#### **4.7 Aspectos tectónicos Cuenca Cesar – Ranchería.**

La formación de las subcuencas Cesar y Ranchería incluye factores provenientes del Caribe hacia el Norte, el Macizo de Santander hacia el Sur, el área del Magdalena hacia el Occidente y el levantamiento de la Serranía de Perijá hacia el Oriente.

La subducción y subcabalgamiento de la Placa del Caribe bajo las Cuencas de Cesar y Ranchería y Suramérica generan una compresión en sentido Suroriente. El máximo esfuerzo se presenta con el levantamiento de la Sierra Nevada de Santa Marta, que como respuesta se ha movido y aún se está moviendo hacia el Oriente. Por lo tanto uno de los mayores esfuerzos compresivos esta dirigido hacia el Suroriente.

La colisión y subcabalgamiento que afecta al Macizo de Santander en combinación con el efecto de barrera ejercido por el Cratón de Guyana al Sur y Oriente, producen movimiento y compresión en dirección Norte que afecta la Cuenca Cesar–Ranchería, especialmente sobre el sector sur de la subcuenca del Cesar.

Además se considera un proceso de subsidencia del área del Valle Inferior del Magdalena, debido al movimiento y rotación de los bloques regionales y en especial de la Sierra Nevada de Santa Marta. Este movimiento conlleva un esfuerzo con componente tensional, que se manifiesta en la deformación del sector occidental de la Subcuenca del Cesar. Esta situación creó depósitos de mayores espesores en la cuenca limítrofe del Valle Inferior del Magdalena.

El levantamiento de la Serranía del Perijá, originó la división del Bloque de Maracaibo, la cual presenta en su margen occidental un patrón de sobrecabalgamiento, indicando que la compresión ha sido el factor predominante, durante y posterior a su formación.

Esta serranía sirvió de barrera a la compresión en dirección Suroriente, generada por la Placa del Caribe y el movimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta a través de la Falla de Oca. (Ver **figura 4.14**).

Las principales fallas que limitan el Bloque de Maracaibo, falla de Oca, Boconó y Santa Marta, tienen movimiento de rumbo y fueron activadas durante el Paleógeno, siendo determinantes en la deformación de este bloque incluyendo la cuenca de Cesar – Ranchería.

La Falla de Oca es de tipo wrench – transcurrente, dextro lateral y marca el límite norte de la subcuenca de Ranchería, se considera una falla de gran actividad con un desplazamiento de 180 kilómetros. Su movimiento está relacionado con el empuje de la Placa Caribe que subduce al continente.

Los esfuerzos de la Falla de Oca y la Placa Caribe han originado una rotación dextral de la región occidental del Bloque de Maracaibo, incluyendo la Sierra Nevada de Santa Marta y la Cuenca Cesar–Ranchería.

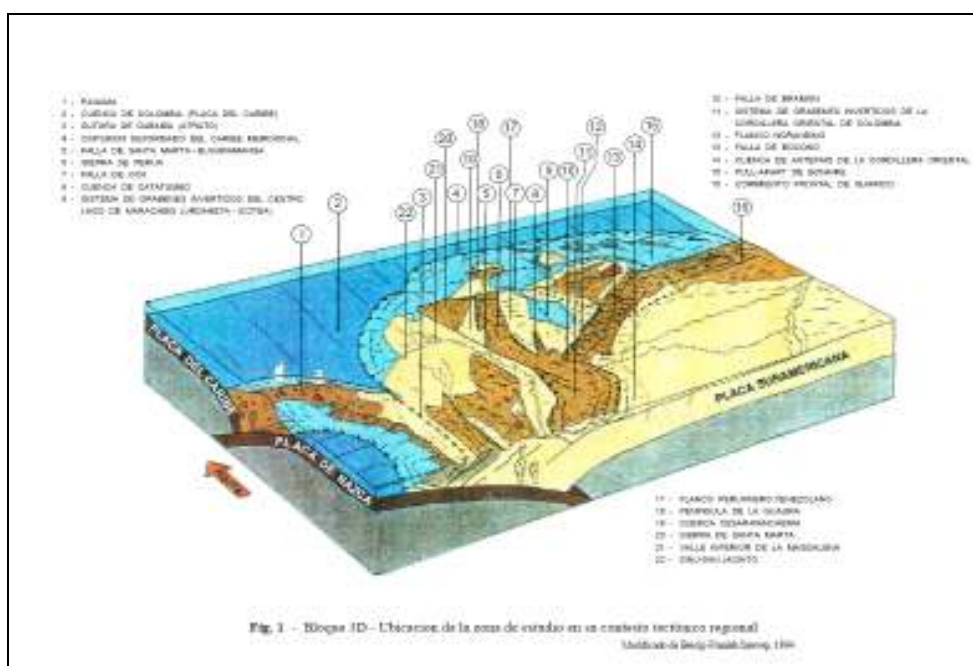
La Falla de Santa Marta, que sirve de límite sur – occidental a la Cuenca de Cesar – Ranchería, es de tipo transcurrente, sinistral, con un desplazamiento de 40 kilómetros y se relaciona hacia el oriente con la Falla de Boconó.

El Bloque Maracaibo, internamente presenta un fallamiento regional, responsable de su división en la Cuenca de Cesar–Ranchería, la Serranía del Perijá y la Cuenca de Maracaibo. Este fallamiento está representado por las fallas de Cerrejón y de Perijá o Villanueva.

La Falla de Cerrejón sirve de límite a la Subcuenca de Ranchería y se considera el elemento estructural que permitió el levantamiento de la Serranía del Perijá. En términos generales se considera un pliegue propagado por una falla, que afloró y se convirtió en un cabalgamiento con vergencia al oeste.



La Falla de Perijá, es de tipo transcurrente y dextral y limita a la Subcuenca del Cesar. Su origen se plantea como la acción de un esfuerzo derivado del empuje de la Falla de Oca al oriente y del Macizo de Santander al norte, cuyo resultado es un cabalgamiento tipo subcabalgamiento en la subcuenca de Ranchería y de tipo transcurrente en la subcuenca del Cesar.



**Figura 4.14.** Contexto tectónico regional. Modificado de Beicip – Franlab intevep 1994.

El Sinclinal de la Jagua. Tiene una dirección NE-SW y se puede seguir en superficie por más de 25 Km.

Alto de Verdesia. Es una estructura anticlinal asociada a la rampa frontal del Sistema de Fallas de Verdesia.

Sistema de Fallas de Verdesia. Es caracterizado por ser un sistema imbricado con propagación hacia el Oeste, constituido por dos estructuras imbricadas con apretados cierres estructurales que involucran la secuencia Cretácica

Sistema de Fallas de Bosconia. Este sistema de fallas tiene convergencia hacia el Este, con desplazamiento corto, e involucran el basamento pre-Jurásico.

Anticlinal de Becerril. Es un pliegue anticlinal con vergencia hacia el Este, desarrollado por propagación de falla. Expone en superficie los depósitos de las Formaciones Aguas Blancas y la Luna.

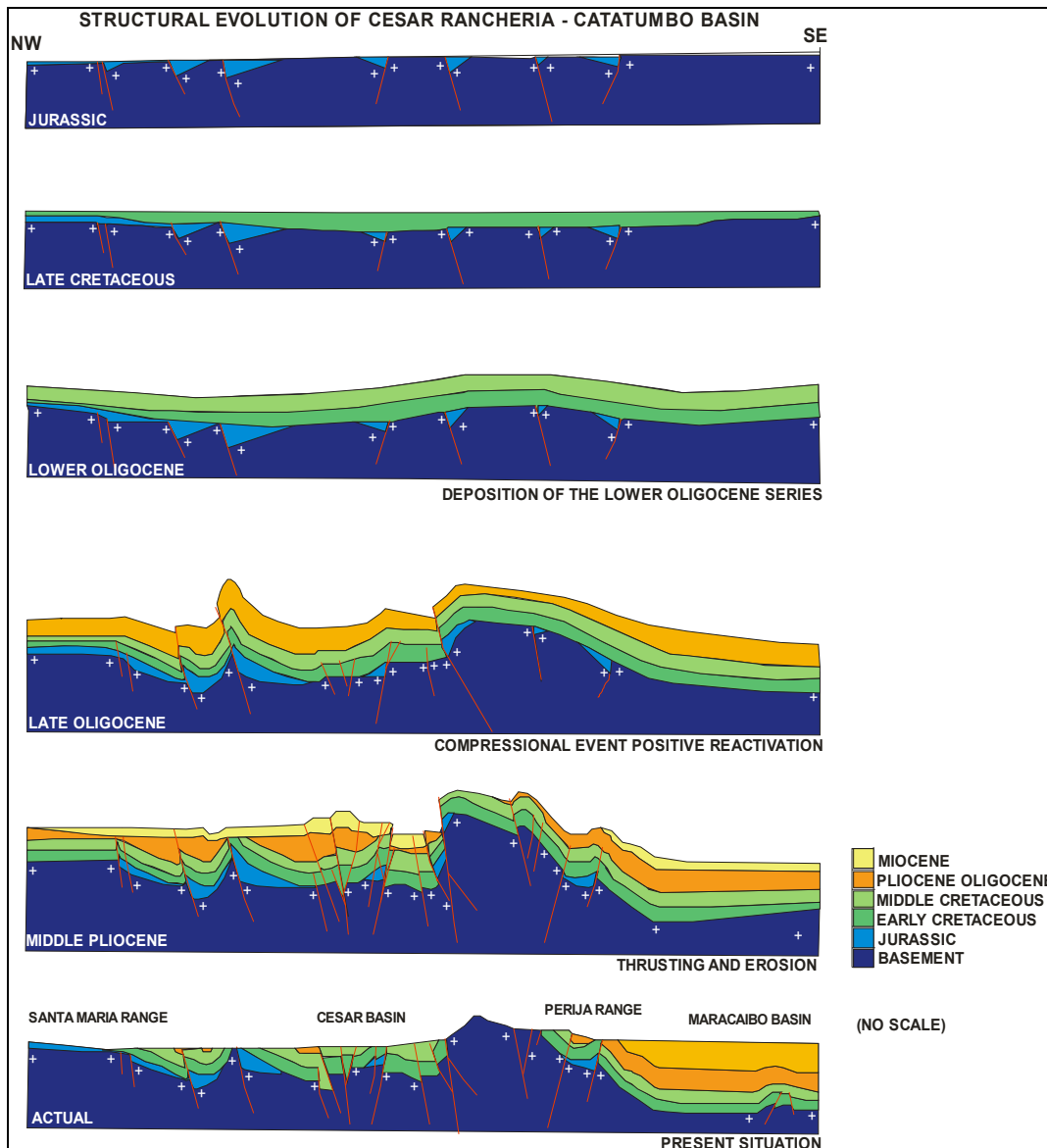
Sinclinal de los Venados. Forma parte del flanco occidental del Alto de Verdesia y tiene vergencia hacia el Este. El flanco occidental de esta estructura es cortado por el Sistema de Fallas de Verdesia.

Falla Espíritu Santo. Es una falla de cabalgamiento con una dirección regional N 25° E y se extiende 300 km.

Se considera que la interacción de estos elementos tectónicos, ha generado la configuración actual de la cuenca Cesar–Ranchería.

El desarrollo de la Cuenca Cesar–Ranchería se puede resumir desde el post-Triásico en los siguientes pasos:

1. El fallamiento extensional Jurásico con formación de rift, localizado en el Cesar, en los sectores occidentales de Ranchería y en la Sierra de Perijá.
2. Una subsidencia térmica ocurrida durante el Cretáceo temprano a medio, desarrollando una espesa mega secuencia “post-rift”, separada del margen pasivo del proto-Caribe por el Bloque de la Sierra Nevada de Santa Marta, desarrollada durante el Mesozoico.
3. En el Oligoceno se presenta compresión y cabalgamiento dentro de la Cuenca Cesar-Ranchería y en margen oeste de la Serranía de Perijá. Una consecuencia es el cabalgamiento de la Formación Cerrejón.
4. Fallamiento de rumbo durante el Plioceno y desarrollo de las Fallas de Santa Marta y Oca. En general la reactivación de fallas y erosión masiva de todos los elementos estructurales caracterizan la historia del Plioceno en la región. (Ver **figura 4.15**).



**Figura 4.15.** Evolución estructural Cuenca Cesar – Ranchería. Tomado del informe cuencas Catatumbo, Cesar – Ranchería 1990.

Kellogg, J, (1984), resume la configuración actual de la Cuenca como “el resultado de una tectónica compresional y transpresional asociada a la convergencia tectónica a lo largo del margen sur del Caribe y el sector norte de los Andes durante el Cenozoico”.

Además reconoce para la Serranía del Perijá y áreas adyacentes las siguientes cuatro fases tectónicas Cenozoicas, asociadas a inconformidades.

Fase Tectónica. Eoceno temprano  
 Orogenia Caribe. Eoceno medio  
 Fase Tectónica. Oligoceno tardío  
 Orogenia Andina. Mioceno Tardío – Reciente.  
 Solo las dos últimas fases pueden ser identificadas en la Cuenca Cesar-Ranchería, debido al gran proceso erosivo que se dio durante el final del Mioceno.

Igualmente elabora tres secciones regionales balanceadas, con el fin de identificar la distribución de los diferentes depósitos sedimentarios y los principales rasgos estructurales que afectan la Cuenca Cesar-Ranchería.

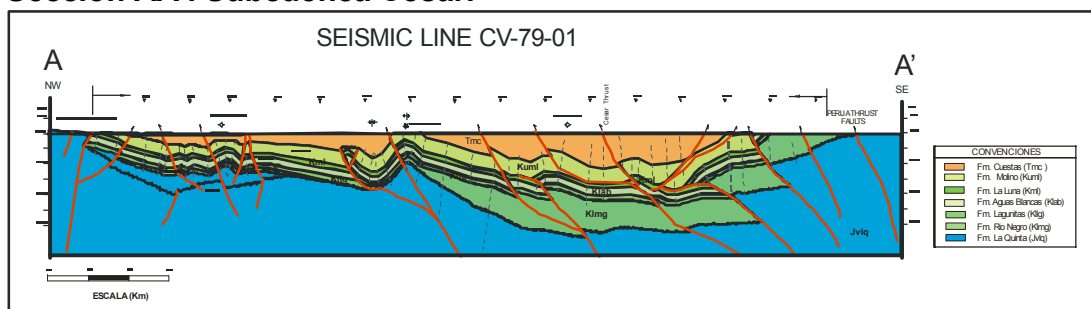
Un resumen de los resultados de este trabajo se presenta a continuación:

La interpretación regional sugiere que hacia el SE, el Sistema de Fallas de Perijá consiste de un sistema imbricado con transporte tectónico hacia el occidente, que involucran el basamento pre-Jurásico y marcan el límite de los depósitos sedimentarios de la Formación Río Negro. Las Fallas típicamente despegan con un alto ángulo en la secuencia Jurasica, transportan tectónicamente hacia el Oeste con rampa en el Cretácico y despegue de bajo ángulo a la base de la Formación Molino. Hacia el Oeste las estructuras más frontales y estructuralmente mas bajas son progresivamente de menor ángulo.

En el costado oeste de la sección existe un remanente de depósitos sedimentarios de la formación La Quinta, que están rellenoando una antigua depresión constituida por bloques de basamento pre-Jurásico, controlados por fallas normales.

El extremo más occidental de la sección es caracterizado por el Sistema de Fallas de Bosconia. Un sistema de fallas que convergen hacia el Este, de corto desplazamiento que involucra el basamento Pre-Jurasico. (Ver **figura 4.16**).

**Sección AA'. Subcuenca Cesar.**



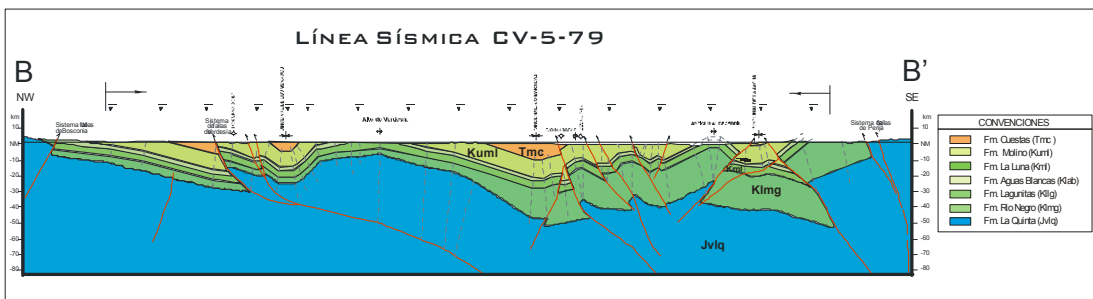
**Figura 4.16.**Corte estructural paralelo a la línea sísmica CV-1-79. Tomado y modificado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería. ECOPETROL, Geopetrocol. 1998.

En contraste a la sección AA', en el sector ubicado entre el Sistema de Fallas de Perijá y el Alto de Verdesia existe una zona altamente estructurada, caracterizada como una estructura de "Pop- Up", controlada por fallas de doble vergencia a partir de una zona axial levantada que involucra la secuencia Cretácica, el flanco oriental de la estructura está caracterizado por el anticlinal de Becerril, desarrollado por propagación de falla, entre el sistema de fallas de Perijá y el Anticlinal de Becerril existe una zona con toda la secuencia Cretácica en su núcleo.

El flanco occidental es controlado por fallas con convergencia al oeste que típicamente desarrollan pliegues anticlinales por propagación de falla.

En el extremo occidental de la sección, la secuencia Cretácica forma un Monoclinal inclinado hacia el este afectado por el Sistema de Fallas de Bosconia en el occidente. (Ver **figura 4.17**).

**Sección BB'. Subcuenca Cesar.**



**Figura 4.17.** Corte estructural paralelo a la línea sísmica CV-5-79. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Rancheria. ECOPETROL, Geopetrocol. 1998.

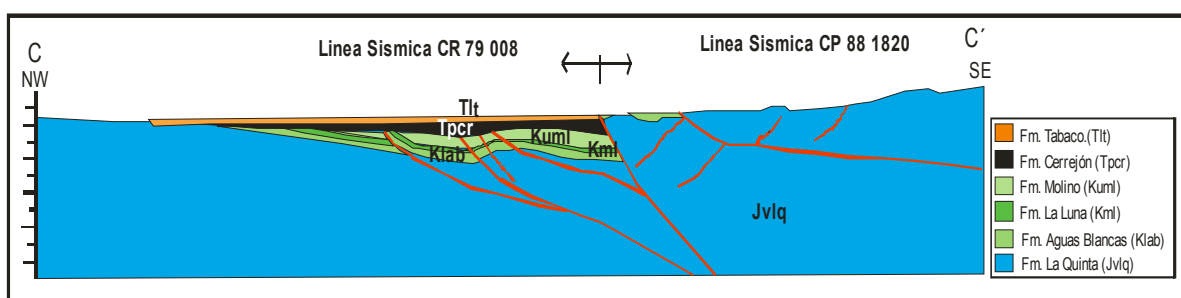
La interpretación sugiere que el margen oriental de la sección CC' esta caracterizado por la sobreposición de dos estilos estructurales diferentes, que incluyen: Un cabalgamiento de bajo ángulo, con transporte tectónico hacia el oeste, el cual corresponde a la proyección más sur del cabalgamiento de la Formación Cerrejón. El segundo estilo estructural presente esta caracterizado por la reactivación de antiguas fallas normales que controlaban el margen occidental de un semigraben Jurásico.

Hacia el occidente de la Falla de Villa Nueva la evidencia sísmica indica la presencia de una serie de fallas con convergencia hacia el occidente, a manera de "Short Cut" asociados a la estructura de inversión de la Falla de Villa Nueva.

En el sector mas occidental de la sección, los depósitos mas recientes de la cuenca cubren progresivamente el basamento Pre-Jurasico y forman un Monoclinal inclinado hacia el este.

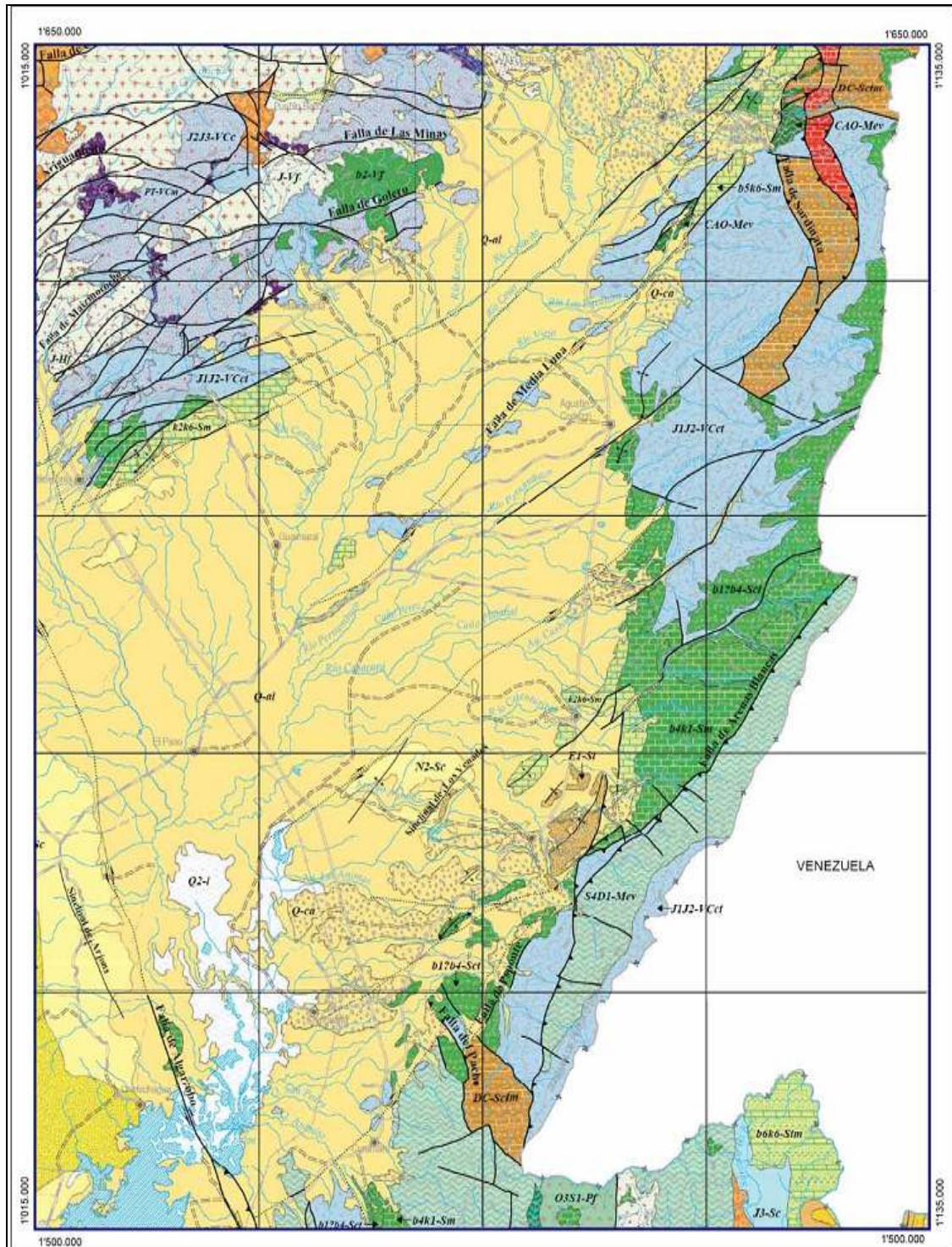
El estudio de Kellogg concluye en la cuenca existe un buen potencial de trampas estructurales y estratigráficas asociadas a diferentes plays, estructuras de “pop up” controladas por fallas de doble vergencia, que involucran la secuencia Cretácea y Terciaria, quedando por definir el sincronismo y la calidad de los sellos.

**Sección CC'. Subcuenca Ranchería.**



**Figura 4.18.** Corte estructural paralelo a las líneas sísmica CR-79-008 y CP-88-1820. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería. ECOPETROL, Geopetrocol. 1998.

Se presenta un efecto tectónico particular con el sistema de Fallas del Perijá, ya que en la Subcuenca del Ranchería tienen un comportamiento netamente de cabalgamiento, y en la Subcuenca del Cesar se observan ,no como un sistema de fallas de cabalgamientos, sino como un sistema de fallas transcurrentes influenciadas por el sistema regional de Fallas Espíritu Santo – Murrucucù, como se puede observar con la Falla de Media Luna , la cual es clasificada como falla de rumbo en el mapa geológico de Colombia, plancha 5-04, tomado de ingeominas 2007. (Ver figura 4.19).



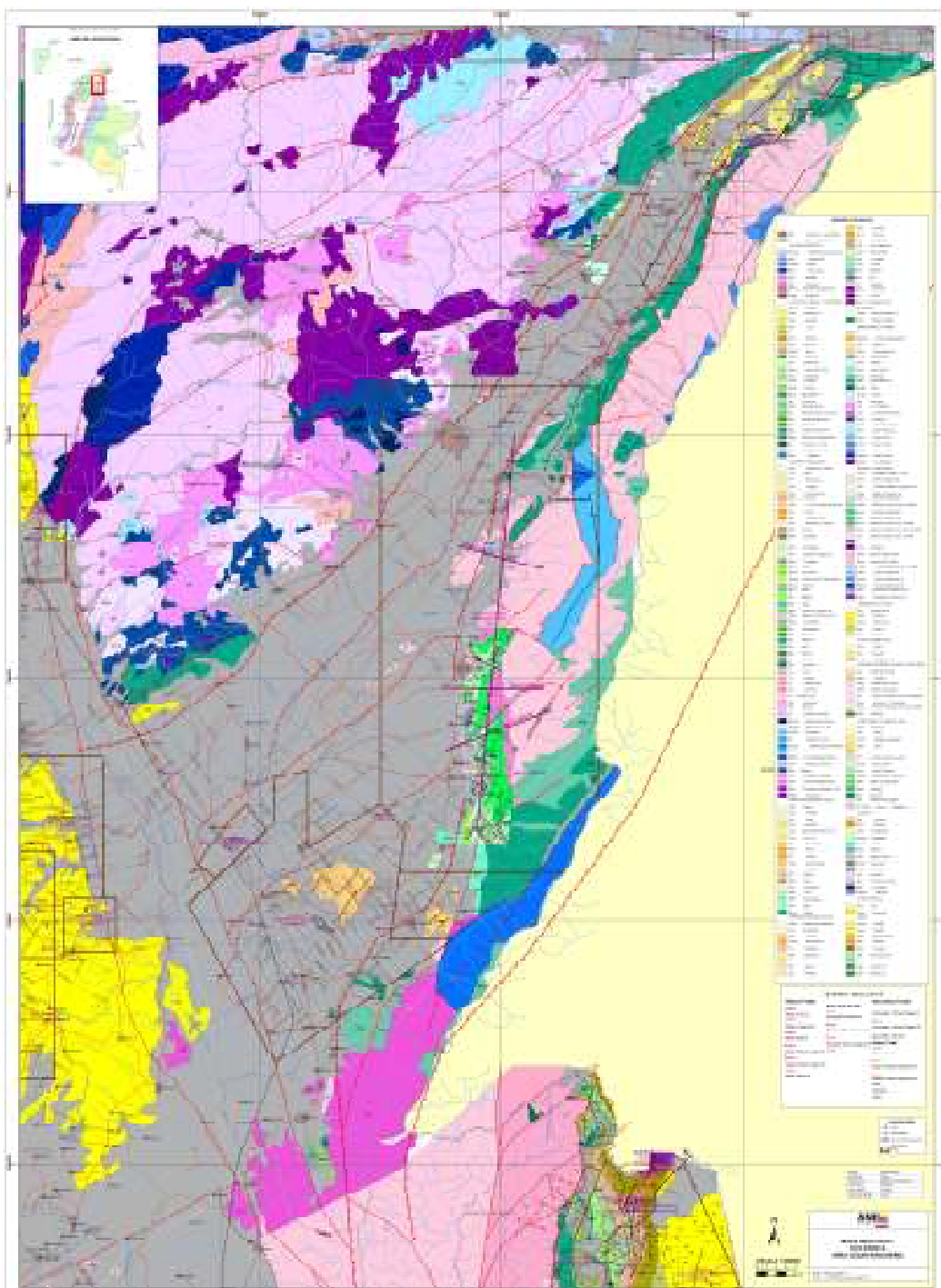
**Figura 4.19.** Mapa geológico de Colombia .Plancha 5-04. Tomado de Ingeominas 2007.

## 5 ESTRATIGRAFIA CUENCA CESAR RANCHERIA

Las unidades de roca presentes en la Cuenca Cesar Ranchería abarcan desde el Precámbrico hasta depósitos recientes (**Figura 5.1**). En este capítulo se describen las unidades presentes en la cuenca, haciendo referencia a su edad, espesores, contactos, ambiente de depósito y correlación. Además se realiza un análisis general de secuencias, indicando los principales eventos de caída y subida del nivel base en la cuenca. Con la anterior información se establece la evolución sedimentológica de la cuenca.

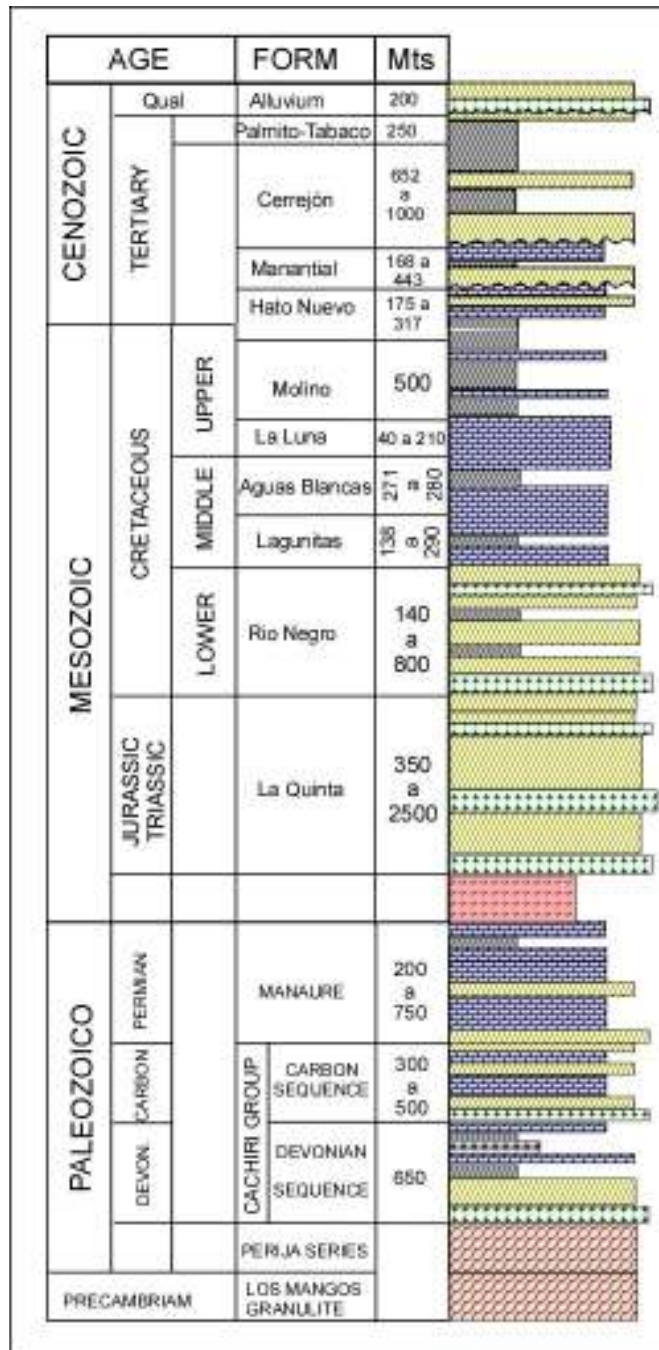
Finalmente dado el interés hidrocarburífero en el área se presenta un resumen de las características de las formaciones en términos de su contenido de materia orgánica, potencial de generación, potencial de acumulación, sellos y posibles tipos de hidrocarburos generados y se anexa una relación de la fauna encontrada y descrita en los pozos Molino 1 y Molino 1X.





**Figura 5.1.** Mapa geológico de la Cuenca Cesar - Ranchería. Tomado de archivos Agencia Nacional de Hidrocarburos. 2007

Las características de las unidades de roca presentes en la cuenca, iniciando desde el Precámbrico, se describen a continuación, tomando como referencia se utiliza la columna estratigráfica generalizada mostrada en la **figura 5.2**.



**Figura 5.2.** Columna estratigráfica generalizada Cuenca Cesar-Ranchería. Modificado de Geological Field-Trips Colombia, 1980-1989. Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists.

## Precámbrico.

### Granulita de los Mangos (pEm)

**Referencia:** Tschanz (1969).

**Descripción:** Neisses granulítico y en menor proporción bandas graníticas alternantes con anfibolitas piroxénicas, mármoles y neisses ultramáficos, alcanzando las facies anfibolita alta a granulita baja. (**Figura 5.3**)

**Edad:** 750 y 1300 m.a. (Proyecto Cesar Ranchería, informe final geología, 1990).

**Contactos:** El contacto con la unidad suprayacente es incierto pero se ha postulado como discordante.

**Sección Tipo:** Tomada sobre los ríos Guatapurí y los Mangos.

## Paleozoico

### Serie de Perijá (OE).

**Referencia:** Tschanz (1969).

**Descripción:** Están constituidas por rocas metamórficas de baja presión y/o baja presión y alta temperatura (Cáceres, 1980) entre las que se destacan filitas, esquistos cloríticos y sericíticos, cuarcitas y filitas cuarzosas. Las rocas sedimentarias que dieron origen a esta sucesión metamórfica fueron depositadas en un ambiente miogeosinclinal sobre plataforma cratónica. (**Figura 5.3**).

**Edad:** Cámbrico – Ordovícico (Forero 1970).

**Contactos:** Cubierta discordantemente por formaciones del Devónico.

### Grupo Cachirí (CD), Formación Manaure (P).

De acuerdo con la propuesta presentada en el informe de Intera – Bios, 1995, en el Grupo Cachirí se incluyen estratos correspondientes al Devónico, diferenciándolos de capas superiores correspondientes al Carbonífero identificadas por Forero, A. 1970.

## Secuencia Devónica.

**Referencia:** Forero (1970).

**Descripción:** hacia la base (**Figura 5.3**), está constituido por un conglomerado basal con guijos de composición cuarzosa. Su parte media se caracteriza por una secuencia alternante de areniscas ferruginosas, areniscas arcilomicáceas y lutitas arenocalcáreas. El tope lo constituye una alternancia de rocas clásticas calcáreas, en donde se destacan shales gris claros o negros, areniscas arcillosas rojas y calizas cristalinas.

**Edad:** Devónico Inferior – Devónico Superior.(Trumpy , 1943).

**Espesor:** 1100 m (Forero).

**Sección Tipo:** Tomada en el río Cachirí en Venezuela

**Contactos:** Discordantes con la series Perijá y la Formación La Quinta.

**Ambiente de Depósito:** Ambiente marino de plataforma interior.

**Correlación:** Formaciones caño del oeste y campo chico (Venezuela).

**Potencial como Reservorio:** Moderado a bajo. La porosidad visual observada es muy baja. (Proyecto Cesar Ranchería. ECOPETROL. 1998)

**Bioestratigrafía:** en la parte basal se presentan diferentes tipos de organismos tales como braquiópodos, corales, crinoideos y trilobites de los cuales presentan mayor valor bioestratigráfico, según Trumpy (1943), Miller & Williams (1945) y Forero (1970): *Acrospirifer olssoni*; *Spirifer Kingi*; *Leptaena boyaca*; *Fenestella venezuelansis*, los cuales indican una edad Devonico Inferior alto a medio. En la parte superior del Grupo Cachirí se reconocen braquiópodos y pelecípodos identificados por Forero (1970) como: *Neospirifer latus*; *Compositasubtilita*; *Phricodrotis planoconvexa*; *Pecten sp.*, que permiten asignar una edad Pensilvaniano medio superior (carbonífero superior), las cuales se denominan rocas del Carbonífero.

### Secuencia del Carbonífero.

**Referencia:** Forero, A. 1970. (Figura 5.3)

**Descripción.** En la base presenta un conglomerado basal seguido de bancos gruesos de arenas rojizas. Hacia la parte superior se observan margas y calizas de color gris a negro, intercaladas con arcillolitas rojas.

**Edad:** presenta un abundante registro fósil, a partir del cual Forero, A. (1970), le asigna una edad Carbonífero, Pensilvaniano.

**Espesor:** En la región de Manaure alcanza los 300 metros y en la Serranía del Perijá alcanza los 500 metros.

**Contactos:** de acuerdo a Forero, esta unidad suprayace inconformemente las rocas de la secuencia Devónica. Igual situación se presenta en su contacto superior con la Formación Manaure.

**Ambiente de depósito:** plataforma marina interior a exterior.

**Potencial como reservorio:** moderado a bajo, dadas las bajas porosidades establecidas visualmente.

**Correlación:** se puede correlacionar en la Cuenca de Maracaibo con la Formación Mucuchachí. En Colombia podría correlacionarse con las formaciones Bocas y Gachalá.

**Formación Manaure**

**Referencia:** Forero (1970).

**Descripción:** constituida por areniscas, areniscas calcáreas, margas arenosas, calizas fosilíferas y calizas silicificadas con nódulos de chert. (**Figura 3**).

**Edad:** Pérmico.

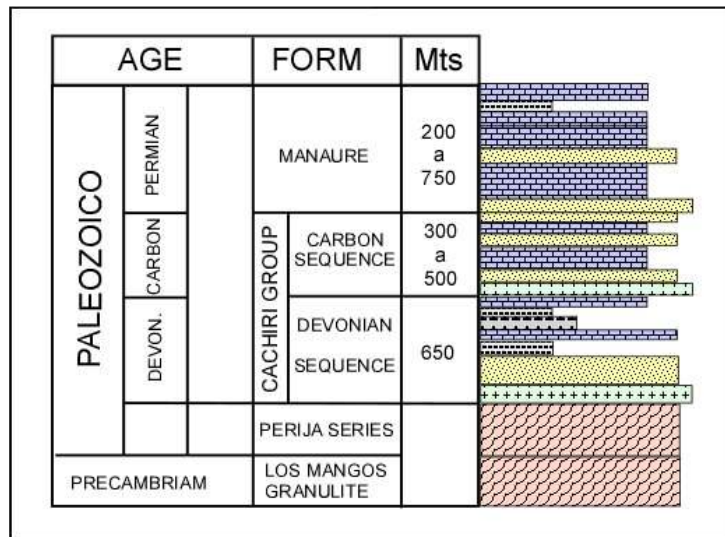
**Espesor:** Se ha estimado un espesor de 800 m en el sector de Manaure.

**Contactos:** Inconforme con los depósitos infrayacentes y discordante angular con la Formación La Quinta.

**Ambiente de Depósito:** una plataforma marina tropical intermedia a exterior. (Cartografía Geológica Cuenca Cesar-Ranchería, Geoestudios, 2006).

**Correlación:** correlaciona con la parte superior de la Formación Cerro Azul de Venezuela. (Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería, Tomo I, Informe general. GEOPETROCOL Ltda. Diciembre 1998)

**Potencial como Reservorio:** Moderado a bajo. (*Proyecto Cesar Ranchería. ECOPEL. 1998*)



**Figura 5.3.** Columna estratigráfica Paleozoico Cesar Ranchería. Modificado de Geological Field-Trips Colombia, 1980-1989. Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists.

## Mesozoico.

### Triásico – Jurásico.

#### Secuencia Vulcano – Sedimentaria de la Sierra Nevada.

**Referencia:** Tschanz et all (1969)

**Descripción:** conjunto de rocas Vulcano - sedimentarias incluidas en una unidad conformada por; limonitas volcanogénicas, wacas, grauwacas rojas, rocas volcánicas espilíticas y keratofídicas, tobas, brechas, rocas basálticas, cuarcitas y mármoles.

**Edad:** Triásico – Jurásico, según correlaciones.

**Sección tipo:** afloramientos en el sector oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta.

**Contactos:** el espesor y la relación estratigráfica no han sido establecidos con precisión. Infrayace inconformemente la Formación La Quinta.

**Correlación:** pueden correlacionarse con una serie de vulcanitas que afloran en el flanco oriental de la Serranía del Perijá denominadas Formación la G.

#### Secuencia La Mula – Chimichagua.

Dentro de esta secuencia se incluyen granitos, granodioritas y riolitas, identificados en la Sierra Nevada de Santa Marta y que según Intera – Bioss, 1995, podrían corresponder con algunos cuerpos aflorantes en la Serranía del Perijá.

Dataciones sobre algunas de estas rocas aflorantes al nororiente de La Paz, indican edades entre 1165 – 175 ma. (Jurásico)

#### Formación La Quinta (Jrq).

**Referencia:** Kunding (1938).

**Descripción:** Se compone de depósitos clásticos no marinos, asociados a rocas vulcanoclásticas, areniscas arcósicas, limolitas abigarradas y conglomerados color rojo, cuyas clastos varían de ígneos a metamórficos o procedentes de la misma formación; hacia la parte media de la sección se presentan cenizas félsicas, flujos andesíticos basálticos y brechas. (**Figura 5.2**)

**Edad:** Triásico tardío – Jurásico tardío (Maze, 1984) y Jurásico tardío. (Bonaparte, 1979)

**Espesor:** en la Cuenca Cesar–Ranchería aflora parcialmente, pero en la sección tipo, en La Grita, Venezuela, alcanza 2.300 metros.

**Sección Tipo:** La Grita, Venezuela.

**Contactos:** reposa discordante sobre las rocas paleozoicas y es suprayacida discordantemente por rocas cretácicas.

**Ambiente de Depósito:** Continental fluvial (Informe Proyecto Cesar-Ranchería, ECOPETROL, 1989).

**Potencial como reservorio:** moderado, debido a su contacto discordante con la Formación Río Negro, presencia de niveles arenosos y arcillosos, porosidades en areniscas del 3% - 12%.

**Correlación:** con las formaciones Girón y Saldaña en Colombia.

## Cretácico.

### Formación Río Negro (Kir).

**Referencia:** Hedberg y Sass (1931).

**Descripción:** presenta un conglomerado basal, con cantos de composición metamórfica, ígnea y sedimentaria. Continúa con una alternancia de areniscas conglomeráticas y conglomerados con intercalaciones de arcillositas arenosas y limonitas grises. Además presenta en capas gruesas a muy gruesas, abundante estratificación cruzada a diversas escalas. (**Figura 5.4**).

**Edad:** Barremiano inferior. Sutton (1946).

**Espesor:** presenta 1.600 metros en la localidad tipo y en pozos exploratorios en la Cuenca Cesar – Ranchería, espesores parciales de 200 metros.

**Sección Tipo:** Río Negro, distrito Perijá, estado Zulia, Venezuela. Sus afloramientos en la cuenca, están restringidos a la Subcuenca del Cesar. En la Subcuenca del Ranchería, en los pozos se pasa directamente del Grupo Cogollo a la Formación La Quinta.

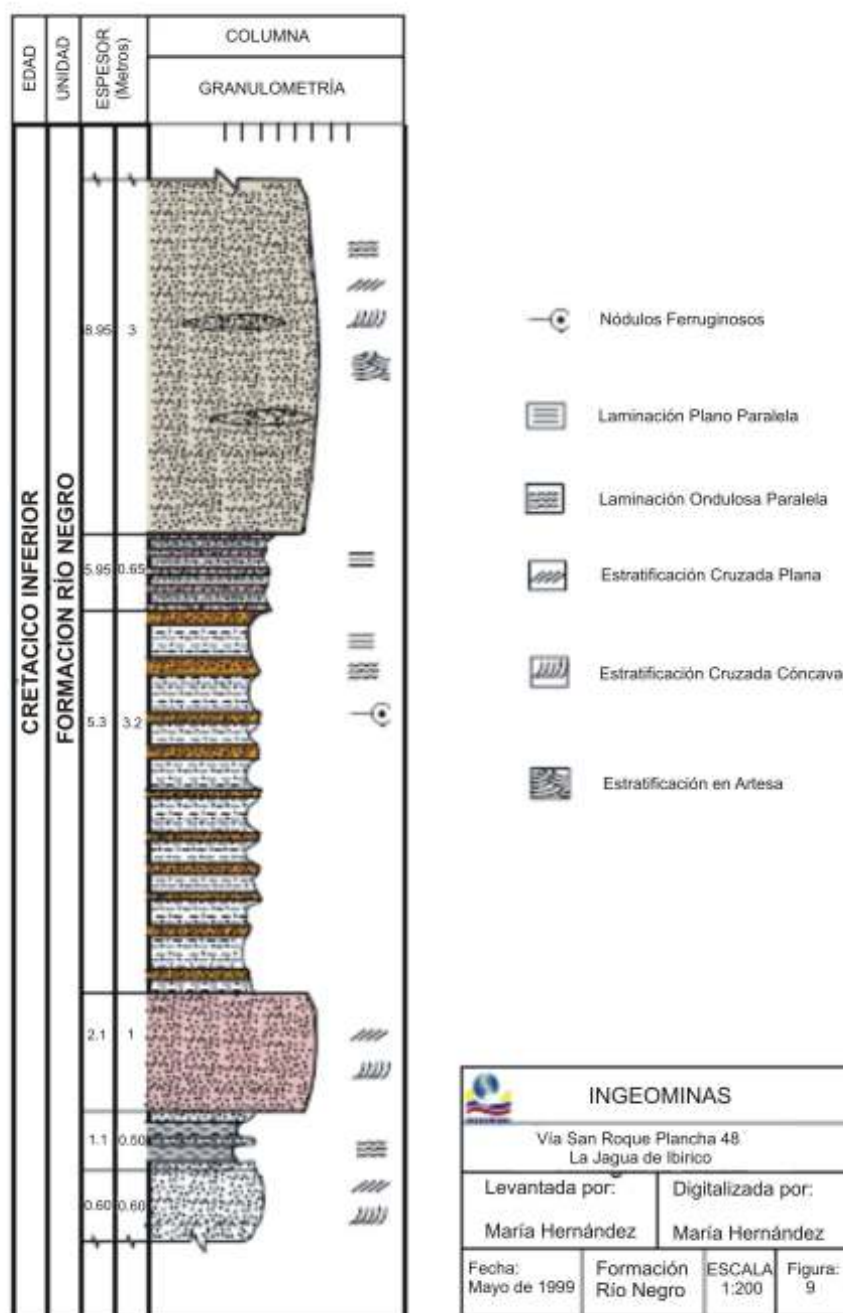
**Contactos:** Contacto inferior es discordante y el superior con la Formación Lagunitas es concordante.

**Ambiente de Depósito:** Abanicos aluviales, los cuales drenaban de altos de basamento.

**Correlación:** Correlaciona con la Formación Tambor, del Valle Medio del Magdalena y con la parte basal de la Formación Uribante del área del catatumbo.

**Potencial como Reservorio:** Regulares debido a la mala - regular selección del tamaño de grano, el alto grado de diagénesis y la presencia de arcillas inciden en una baja porosidad.

**Bioestratigrafía:** Dataciones palinológicas le asignan a la Formación Río Negro una edad Neocomiano, la que concuerda en parte con la datación de Sutton (1946) que le asignó una edad Barremiano Inferior



**Figura 5.4.** Columna estratigráfica de la Formación Río Negro. Geología de la plancha 48, La Jagua de Ibirico memoria explicativa. Ingeominas. 2003.



### Grupo Cogollo (Kic).

Las rocas que conforman este grupo corresponden a los depósitos posteriores a la Formación Río Negro y anteriores a la Formación La Luna. (**Figura 5.5**) De acuerdo con la zona de estudio, se ha dividido de la siguiente manera:

Área del Catatumbo, dividida en: Apón – Aguardiente – Capacho. (Sutton, 1946)

Área de Maracaibo dividida en: Machiques – Lisure – Maracas. (Rod y Maync, 1954)

En la Cuenca Cesar–Ranchería se divide en las formaciones Lagunitas y Aguas Blancas, que corresponden al Cogollo Inferior y Superior de Miller (1962)

Además el desarrollo de este grupo es diferente en la subcuenca del Cesar y en la subcuenca del Ranchería, dado que en esta última la formación Aguas Blancas, está compuesta principalmente por calizas, lo cual hace difícil diferenciarla de la Formación Lagunitas. Por esta razón es más práctico tratarlo como el Grupo Cogollo en la Subcuenca del Ranchería.

### Formación Lagunitas:

**Referencia:** Lill y Nugent (1950). Mediciones sobre la sección tipo.

**Descripción:** Calizas masivas fosilíferas con intercalaciones de shales calcáreos negros. Se hace más detrítica en la Subcuenca de Ranchería.

**Edad:** a partir de estudios bioestratigráficos en el Pozo Molino -1x y Molino -1, se le asigna edad Aptiano–Albiano. Se plantea que en la parte sur de la cuenca, su edad varía de Barremiano – Albiano y en la parte Norte Aptiano–Albiano.

**Espesor:** 2.020 m en la zona de Cerrejón. Gallo et al. 1974. El máximo espesor reportado fue en el pozo Cesar A–1X con 346 metros.

**Contactos:** su contacto inferior es discordante con la Formación La Quinta en la Subcuenca de Ranchería y concordante a transicional con la Formación Río Negro en la subcuenca del Cesar.

**Ambiente de Depósito:** Ambiente de plataforma interna. (Cartografía Geológica Cesar Ranchería, Geoestudios, 2006).

**Correlación:** Correlaciona con la formación Rosablanca, en el Valle Medio del Magdalena, con la Formación Tibú, en la cuenca del Catatumbo y con la Formación Guaimaros en la Cuenca de Maracaibo.

**Potencial como Reservorio:** Almacenador mediante porosidad secundaria. La porosidad de las calizas del Grupo Cogollo, se estima entre 3% - 9% según registros y de 2.6% en promedio para las fracturas. (Proyecto Cesar Ranchería. ECOPELROL. 1998).

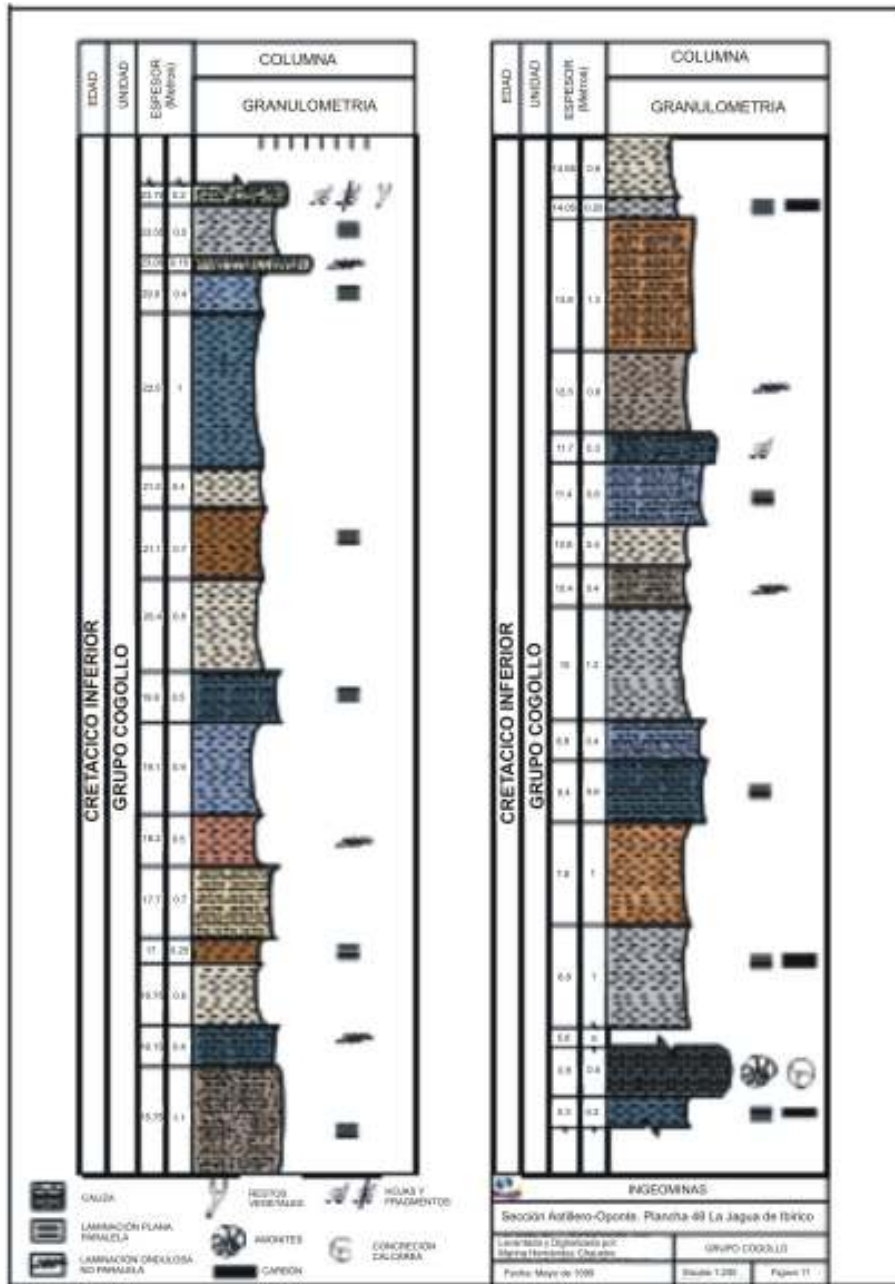


Figura 5.5. Columna estratigráfica del Grupo Cogollo. Geología de la plancha 48, La Jagua de Ibirico memoria explicativa. Ingeominas. 2003

### Formación Aguas Blancas:

**Referencia:** Durham (1946) y Lill & Nugent (1950)

Descripción: la Subcuenca del Ranchería está conformada por calizas, mientras que en la Subcuenca del Cesar, se diferencian tres miembros de base a techo:

**Miembro Ánimas:** Es una secuencia conformada por shales negros carbonosos, calcáreos, con abundante materia orgánica, hacia la base de estos se encuentran concreciones calcáreas. Con los shales se intercalan calizas negras, micríticas, duras, localmente fosilíferas (bivalvos), carbonosas. (**Figura 5.5**).

**Miembro Tocuy:** compuesto por areniscas glauconíticas de grano medio a grueso, con intercalaciones de calizas arenosas y lutitas negras, expuestas en el Río Casacará. Según la columna levantada en la quebrada Ánimas, por Técnica – ICP, 1990, hacia la base esta compuesto por limolitas arenosas colores gris oscuro, levemente calcáreos, algo fisiles, las cuales gradan localmente a areniscas de grano fino. (Proyecto Cesar-Ranchería, informe final geología, 1990).

**Miembro Maracas:** caracterizado por la presencia de calizas lumaquéllicas (pelecípodos y gasterópodos), masivas. Muy similar a las calizas de la Formación Lagunitas.

**Edad:** Cenomaniano (Dueñas, 1995). Según estudio bioestratigráfico de los pozos molino- 1 y molino- 1X.

**Espesor:** máximo 750 metros, en la Subcuenca del Cesar. En el área de Cerrejón 265 metros. (Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería,

**Contactos:** Concordantes con las formaciones La Luna y Lagunitas.

**Ambiente de Deposito:** Ambiente de plataforma. (Cartografía Geológica Cesar Ranchería, Geoestudios, 2006).

**Correlación:** Correlaciona con unidades de la Cuenca Catatumbo así: Miembro Animas con la Formación Mercedes, el Miembro Tocuy con la Formación Aguardiente y el Miembro Maracas con la Formación Cogollo.. (Primer informe técnico anual. Contrato de asociación Iraca. QRC Colombia Ltda. 2001).

**Potencial como Reservorio:** como almacenador evidenciado por la presencia de gas en el pozo Cesar F- 1X. (*Proyecto Cesar Ranchería. ECOPEPETROL. 1998*)

**Bioestratigrafía:** La datación del Grupo Cogollo indica que la parte mas basal de este comienza en el Aptiano Barremiano como lo ilustra la fauna documentada por Renz (1977), entre la cual se encuentran especímenes tales como: *Ostrea scyfax*, *Exogyra* *Toxaster sp* y *Choffatella decipiens*. Suprayaciendo a estos, se encuentran *Chelonicerias*, *Pseudosaynella* y *Dufrenoya* los cuales indican como edad el Aptiano Superior (Durham, 1950). Sobre estos, se encuentran *Turrulitas*, *Acanthoceras*, *Montelliceras* ? *Calvoceras* ?. *Orbitolina conica texana*, que señalan como edad de terminación para la depositación del Grupo Cogollo al Cenomaniano.

### Formación La Luna (Ksl).

**Referencia:** Gardner (1926)

**Descripción:** Secuencia alternante de limolitas, arcillolitas, lutitas negras carbonosas y calcáreas, calizas bituminosas, capas de chert, concreciones y nódulos de diversos tamaños. Las lodolitas son predominantes hacia la base de la formación al igual que las capas de chert mientras que las calizas son comunes en la parte superior. (**Figura 5.6**).

**Edad:** A partir de fósiles en la Subcuenca del Cesar sería Turoniano Temprano – Coniaciano y de información bioestratigráfica del pozo Molino -1X, en la Subcuenca del Ranchería se determinó Turoniano – Santoniano temprano.

**Espesor:** Entre 250 y 350 m, observados en los pozos Cesar A- 1X y el Paso- 3.

**Contactos:** Concordante con el Grupo Cogollo, Formación Aguas Blancas y transicional con el Grupo Molino. A partir de información bioestratigráfica se ha establecido un hiato al tope de esta formación, por lo cual su contacto con la Formación Molino sería discordante. Este hiato también se ha documentado en las Cuencas de Maracaibo y Valle Medio del Magdalena.

**Ambiente de Depósito:** Ambiente marino oceánico. (Proyecto Cesar-Ranchería, informe final geología, 1990).

**Correlación:** Correlacionable con la Formación La Luna de Maracaibo.

**Potencial como Reservorio:** El interés primordial de esta formación es desde el punto de vista de generación de hidrocarburos. Aunque también debe ser considerada reservorio dado la presencia de fracturas, que al ser abundante podrían generar porosidades de hasta 8%. (*Proyecto Cesar Ranchería. ECOPEL. 1998*)

**Bioestratigrafía:** Los estudios estratigráficos con base en dinoflagelados dieron una edad Coniaciano Superior Santoniano. Durhan (1946) reporta de la base, algunos ejemplares de amonitas como *Neoptychites*, *Holitoides*, *Fagesia*, *Prothocantoceras*, *Eucalycoceras* y otras las cuales indican una edad Turoniano Inferior. De la parte media reporta *Cioleopoceras*, *Baroisceras*, *Prionotropis*, *Baculites* y otras que indican una edad Turoniano Superior. En la parte superior son frecuentes *Tissotis* y *Perinoceras aff moureti*, las cuales comunmente indican una edad coniaciana. Hart en 1958, con base en analisis micropaleontologicos de muestras recolectadas en la carretera becerril codazzi asigna una edad comprendida entre el lapso Cenomaniano Superior–Coniaciano. De acuerdo a esto la edad de esta unidad litologica abarca del Cenomaniano Superior al Santoniano.

### Formación Molino (Ksm).

**Referencia:** Gardner (1926)

**Descripción:** Sucesión monótona de shale gris azulado y gris oliva a negros, calcáreos, con abundantes microfósiles. Presenta delgadas intercalaciones de areniscas glauconíticas de grano fino, limolitas y calizas grises a negras en capas delgadas. Precisamente de estos niveles fue que se obtuvo producción de crudo

en el pozo Paso 3. (Interpretación Estructural área El Paso Subcuenca del Cesar, ECOPETROL. 1990). Ver **Figura 5.6**

De manera no formal se han establecido dos intervalos; el inferior o Miembro Tres esquinas, constituido por lutitas calcáreas glauconíticas, el cual alcanza algunos metros de espesor. Se ha identificado en casi todos los pozos de la Cuenca Cesar–Ranchería y se interpreta como una sección condensada y el Miembro Socuy, conformado por calizas y margas, con 30 metros de espesor.

Intervalo superior, constituido por lutitas carbonosas, intercaladas con delgadas capas de calizas y areniscas.

**Edad:** Campaniano – Maestrichtiano, según bioestratigrafía de pozos.

**Espesor:** En la Subcuenca del Cesar se han reportado espesores hasta de 1686 metros y en la Subcuenca del Ranchería hasta 606 metros.

**Sección Tipo:** Tomada sobre el Río Molino, al norte de Colón.

**Contactos:** El contacto inferior con la Formación la Luna, debe ser paraconforme, según el hiato propuesto. El contacto superior con la Formación Barco-Cuervos en la Subcuenca del Cesar algunos lo consideran discordante y con la Formación Hatonuevo en la Subcuenca del Ranchería también es discordante. (Intera – Bioss, 1995)

**Ambiente de Depósito:** Condiciones de mar abierto en un ambiente abisal. (Cartografía Geológica Cesar Ranchería, Geoestudios, 2006).

**Correlación:** La formación Molino correlaciona con la formación Colon de la cuenca de Maracaibo.

**Potencial como Reservorio** Constituye el mejor sello para las dos subcuencas. (*Proyecto Cesar Ranchería. ECOPETROL. 1998*)

**Bioestratigrafía:** Con base en la evidencia micropaleontológica estudiada por Bolli (1964) en la cual se encontraron especímenes identificados como *Globotruncana fornicata* y *globotruncana caniculata ventricosa* y según el trabajo realizado por Kugler y Bolli (1967) los cuales identificaron especímenes tales como *Globigerina cretácea*, *Gumbelina globulosa* y *Gumbelina excolta* es posible decir que la depositación de la Formación Molino comienza durante el Santoniano Superior y culmina en el Campaniano Medio Inferior. Sin embargo debido a la presencia de *Siphogenerinoides cretácea* y *Siphogenerinoides bramlettei*, Petters (1955) Van Der Hammen (1958) y Etayo (1976) ubican el tope de dicha formación en el Maestrichtiano Inferior. Dataciones palinológicas efectuadas en el proyecto Cesar Ranchería, realizado por ECOPETROL en 1989 asignan una edad Campaniano.

A partir de la Formación Molino, se presentan características estratigráficas diferentes en cada una de las subcuencas (Cesar y Ranchería), debido a eventos tectonoestratigráficos que afectaron los procesos de depositación y erosión dentro de las subcuencas dando como resultado, encontrar en la Subcuenca del Cesar las formaciones Barco Cuervos, Mirador, Cuesta mientras en la Subcuenca de Ranchería las formaciones Hato Nuevo, Manantial, Cerrejón, Tabaco - Palmito, Conjunto Calcáreo y Conjunto Conglomerático como lo muestra la **figura 5.6**.

		<b>CUENCA DEL RANCHERIA</b>	<b>CUENCA DEL CESAR</b>	<b>CUENCA MARACAIBO</b>		
<b>CENOZOICO</b>	<b>TERCIARIO</b>	<b>CUATERNARIO</b>	ALUVIONES - TERRAZAS	ALUVIONES - TERRAZAS		
		<b>PLIOCENO</b>	CONJUNTO CONGLOMERATICO	CUESTA		
		<b>MIOCENO</b>	CONJUNTO CALCAREO			
		<b>OLIGOCENO</b>	TABACO			
		<b>EOCENO</b>	CERREJON MANANTIALES HATO NUEVO	CUERVOS BARCO		
	<b>PALEOCENO</b>			GUASARE		
<b>MESOZOICO</b>	<b>CRETACICO</b>	<b>SUPERIOR</b>	MOLINO LA LUNA	MOLINO LA LUNA	COLON LA LUNA	
		<b>INFERIOR</b>	GRUPO COGOLLO	GP COGOLLO	AGUAS BLANCAS	MARACAS
		TOCUY ANIMAS			LISURE	
		LAGUNITAS		PICHE		
				MACHIQUES GUARNOROS TIBU		
			RIO NEGRO	RIO NEGRO LA QUINTA		
	<b>TRIASICO JURASICO</b>	LA QUINTA				
<b>PALEOZOIC</b>	<b>PERMICO</b>	MANAURE				
	<b>CARBONIFERO DEVONICO</b>	GRUPO CACHIRI	GRUPO CACHIRI			
	<b>ORDOVICIO CAMBRICO</b>	PERIJA	PERIJA			
	<b>PRECAMBRICO</b>	GRANULITA DE LOS MANGOS				

**Figura 5.6.** Unidades estratigráfica de las cuencas Cesar, Ranchería y Maracaibo. Tomado de, Potencial petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. Geopetrocol Ltda.1998.

**Cenozoico**

**Subcuenca del Ranchería**

**Formación Hato Nuevo**

**Referencia:** Haught et al (1945)

**Descripción:** Compuesta a la base por una sucesión alternante areniscas y lutitas, lutitas en la parte intermedia y calizas hacia la parte superior. (**Figura 5.7**). (Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería, Tomo I, Informe general. GEOPETROCOL Ltda. Diciembre 1998)

**Edad:** Paleoceno (Durham, 1946), por evidencias paleontológicas..

**Espesor:** No supera los 180 (Durham, 1946). Presenta un incremento en dirección norte. (Proyecto Cesar Ranchería, informe final geología, 1990). En pozos exploratorios varía de 75 – 135 metros.

**Sección Tipo:** Suroriente de la localidad de Hato Nuevo.

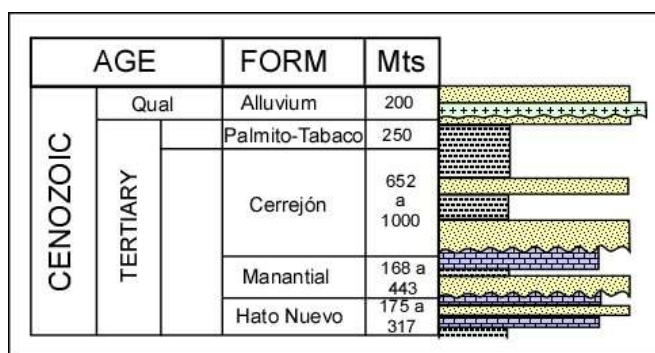
**Contactos:** Su contacto inferior con la Formación Molino es discordante, al igual que el superior con la Formación Manantial.

**Ambiente de Depósito:** Ambiente de mar abierto de aguas someras. (Cartografía Geológica Cuenca Cesar Ranchería, Geoestudios, 2006).

**Correlación:** Estratigráficamente se puede correlacionar muy bien con la Formación Guasare de la Cuenca de Maracaibo y la Formación Barco de la Subcuenca del Cesar.

**Potencial como Reservorio:** Regulares a moderadas. De esta unidad hubo producción no comercial de gas en el pozo Molino 1X. (Proyecto Cesar Ranchería. ECOPELROL. 1998)

**Bioestratigrafía:** la edad de la Formación Hato Nuevo Manantiales es todavía motivo de controversia. De acuerdo con Durham (1946) la abundancia de *Venericardia* en las calizas, así como la presencia de *Turritela cf mortoni* y *Ostrea cf crenulimarginata* permiten asignar una edad Paleoceno.



**Figura 5.7.** Columna estratigráfica Terciario Cesar Ranchería. Modificado de Geological Field Trips Colombia, 1980-1989. Colombian society of Petroleum Geologists and Geophysicists.

## Formación Manantial

**Referencia:** Haught et al (1945).

**Descripción:** areniscas calcáreas de grano fino, grises, cafés y rojas, intercaladas con calizas y lutitas gris verdosas. Ver **Figura 5.7**

**Edad:** según bioestratigrafía del pozo Molino- 1X, se considera del Paleoceno

**Espesor:** en pozos exploratorios varía de 200 – 300 metros.

**Sección tipo:** Nororiente de San Juan del Cesar.

**Contactos:** su contacto inferior es discordante y el superior definido por un banco de ostreas con la Formación Cerrejón es concordante.

**Ambiente de depósito:** Ambiente de mar abierto de aguas someras, al igual que la Formación Hato Nuevo.

**Correlación:** con la Formación Barco en la subcuenca del Cesar.

**Potencial como reservorio:** asociado con la Formación Hato Nuevo.

**Bioestratigrafía:** ver información formación Hato Nuevo.

## Formación Cerrejón (Tpc).

**Referencia:** Oppeinheim (1941)

**Descripción:** Secuencia alternante de arcillolitas, shales, limolitas, areniscas y abundantes mantos de carbón. (Interpretación Estructural área El Paso subcuenca del Cesar, ECOPEPETROL. 1990). (**Figura 5.8**)

**Edad:** es Paleoceno superior. Etayo (Cardozo & Gómez 1980).

**Espesor:** **Carbocol, 1983, reporta** un espesor de 1.400 metros. El máximo espesor perforado está en el pozo Cerrejón 1, es de 650 metros.

**Sección Tipo:** sobre el Monte Cerrejón al Oeste de la Serranía de Perijá, Guajira.

**Contactos:** El contacto inferior con la Formación Manantiales es concordante y su contacto superior es discordante con rocas más jóvenes.

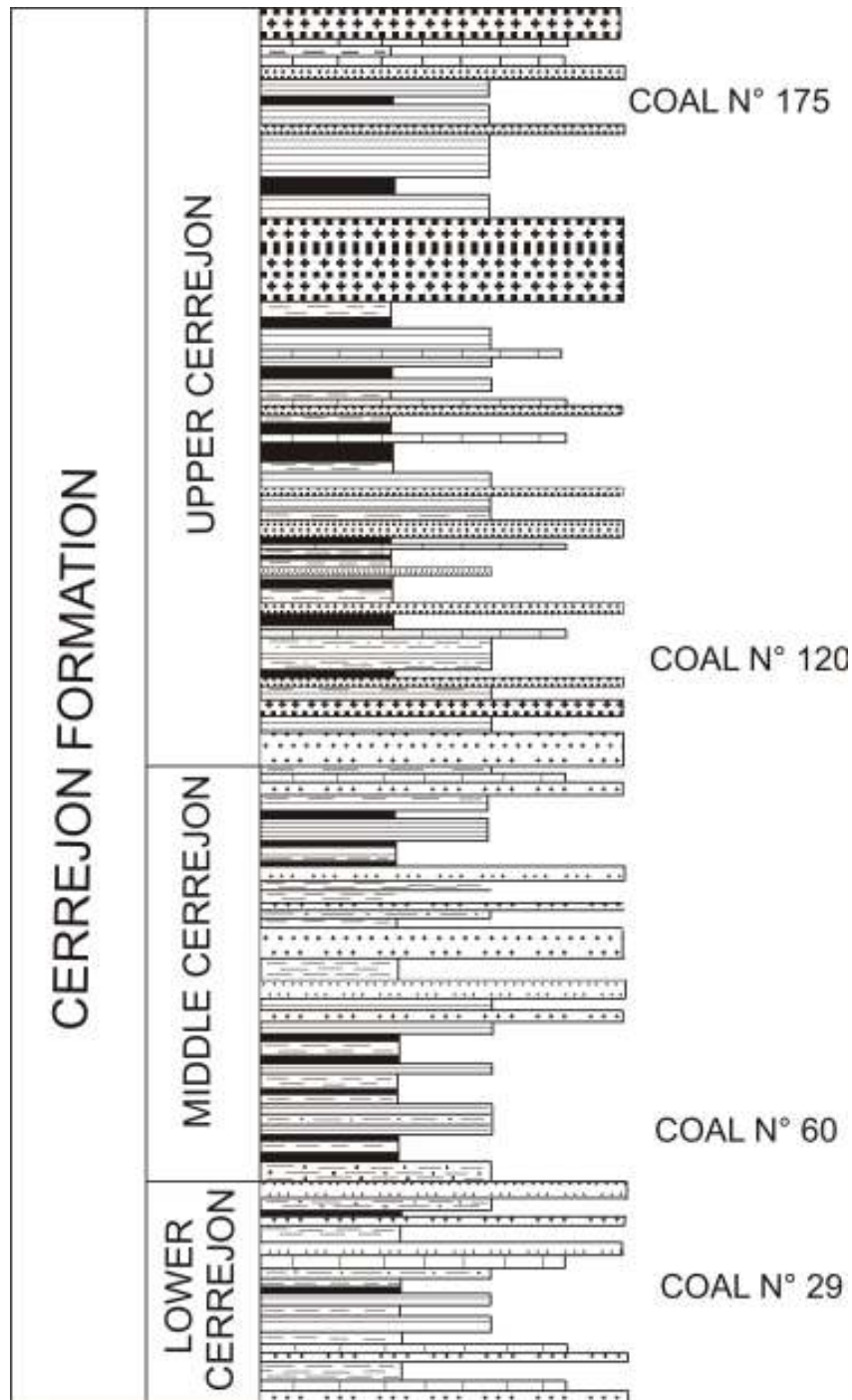
**Ambiente de Depósito:** Ambiente tipo Deltaico. (Cartografía Geológica Cesar Ranchería, Geoestudios, 2006).

**Correlación:** Correlaciona con la formación Cuervos del Valle del Cesar, con la Formación Cuervos de la concesión Barco y la Formación Lisama del Valle Medio del Magdalena.

**Potencial como Reservorio:** Las intercalaciones arcillosas ofrecen un excelente sello a una posible acumulación., pero el ambiente de tipo deltáico ofrece dudas sobre la continuidad lateral para los reservorios. (*Proyecto Cesar Ranchería. ECOPEPETROL. 1998*)

**Bioestratigrafía:** la edad de la Formación Cerrejón de acuerdo con dataciones paleontológicas realizadas por Etayo (Cardozo & Gómez 1980) en niveles de gasterópodos de la parte inferior y media de la secuencia es Paleoceno según la presencia de *Aylocostoma (Verena) aff laeovicarina*





**Figura 5.8.** Columna estratigráfica Formación Cerrejón. Geological Field-Trips Colombia, 1980-1989. Colombian society of Petroleum Geologists and Geophysicists

Estudios estratigráficos en detalle de la Formación Cerrejón, han permitido definir ciclos de sedimentación, estableciendo superficies de máxima inundación y límites regresivos, los cuales se ilustran en la **Figura 5.9**.

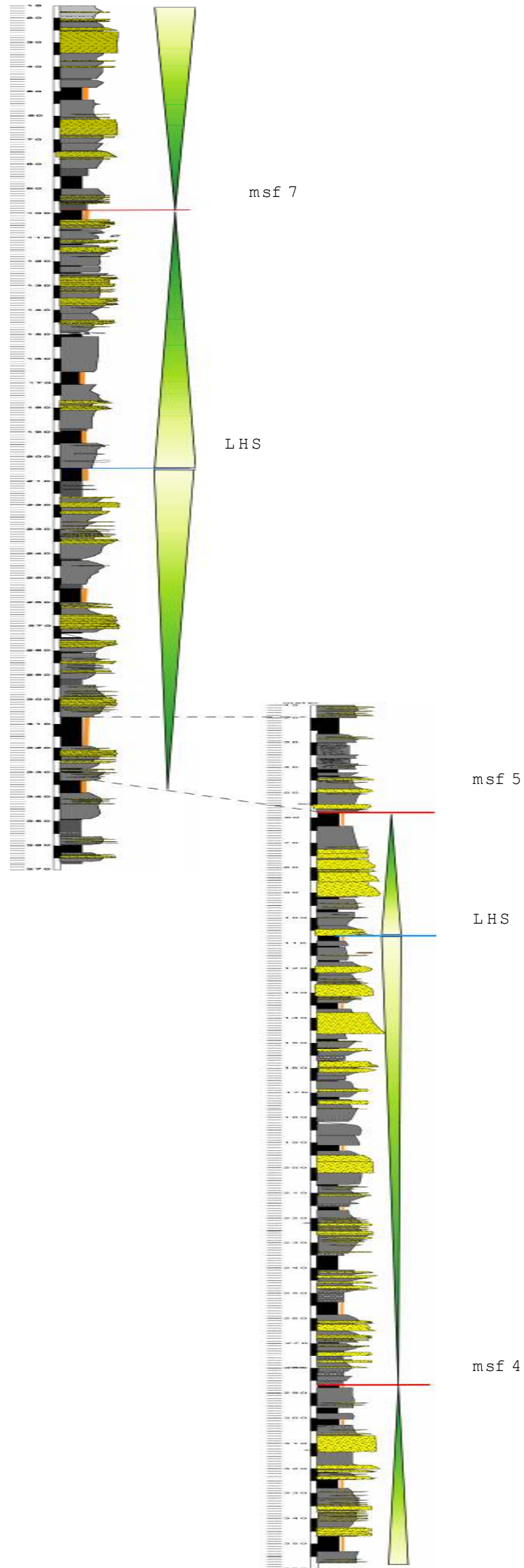


Figura 5.9. Columnas estratigráficas de los pozos WRV -04752 (superior) y WRV-04774 (inferior) con las superficies de máxima inundación (msf) y de regresión (LHS) en la Formación Cerrejón y los ciclos respectivos de nivel base. Layton R. Tesis de grado. UIS. 2006.

### Formación Tabaco.

**Referencia:** Gallo et al , 1974.

**Descripción:** Esta constituida por un conjunto de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, intercaladas con niveles de conglomerados y delgados niveles de arcillolitas grises, azules y blancas. (Interpretación Estructural área El Paso Subcuenca Cesar, ECOPETROL. 1990). (Ver **Figura 5.6**).

**Edad:** La edad de la Formación Tabaco de acuerdo estudios palinológicos de Morales & Taborda (1974) es Paleoceno superior - Eoceno.

**Espesor:** Se considera que puede tener unos 75 metros, según mediciones de Gallo et al (1974)

**Contactos:** Sus contactos inferior y superior son discordantes.

**Ambiente de Depósito:** ambiente fluvial de corrientes acordonadas. (Cartografía Geológica Cuenca Cesar Ranchería, Geoestudios, 2006).

**Correlación:** Esta unidad podría correlacionar con la Formación Mirador en el área de la concesión Barco.

**Potencial como Reservorio:** Las posibilidades como reservorio son muy bajas debido a que se encuentra aflorando y no se conoce su continuidad lateral. (*Proyecto Cesar Ranchería. ECOPETROL. 1998*)

**Bioestratigrafía:** la edad de la Formación Tabaco de acuerdo con Morales & Taborda (1947) es Paleoceno superior-Eoceno con base en el análisis palinológicos; García (1981) menciona una edad Eoceno medio a superior.

### Conjunto Calcáreo de la Guajira.

**Referencia:** unidad informal. Cáceres, 1981

**Descripción:** Fueron definidas con base en las perforaciones de los pozos Molino-1 (1980) y Molino-1X (1981), donde se identificaron rocas que no correspondían a ninguna de las unidades definidas previamente en la subcuenca de Ranchería. El conjunto calcáreo no corresponde a una unidad detrítica característica. Presenta un conglomerado basal polimíctico, con fragmentos de rocas ígneas y sedimentarias como calizas y chert. Su parte superior está conformada por calizas micríticas glauconíticas e intercalaciones de arcillas y areniscas. Ver **figura 5.6**

**Edad:** Eoceno Superior – Oligoceno, dado que se encuentra entre dos pulsos de plegamiento reconocidos.

**Espesor:** su espesor medido en los pozos Molino -1 y Molino -1X varía de 75 – 270 metros.

**Contactos:** sus contactos inferior y superior (discordancia del Mioceno) son discordantes.

**Ambiente de Depósito:** condiciones de plataforma tranquila con influencia mareal, con desarrollos arrecifales.

## Conjunto Conglomerático

**Referencia:** definida por Cáceres et al (1981).

**Descripción:** conglomerado con clastos de rocas ígneas, chert negro, cuarzo y calizas, en matriz arcillo-limosa y ocasionales intercalaciones arcillosas. Ver **figura 5.6**

**Edad:** Mioceno Superior, según posición estratigráfica.

**Espesor:** establecido en los pozos Molino- 1 y Molino- 1X, varía de 360 -610 metros.

**Contactos:** sus contactos inferior y superior son discordantes.

**Ambiente de depósito:** según Cáceres es continental – fluvial.

## Subcuenca del Cesar

### Formación Barco

**Referencia:** Notestein (1944).

**Descripción:** Está constituida por una alternancia de areniscas de grano medio interestratificadas con arcillolitas grises a negras, carbonosas y mantos de carbón. Ver **figura 5.6**

**Edad:** De acuerdo con Loboguerrero (1982) la edad de esta unidad formacional es Paleoceno. (Proyecto Cesar Ranchería, informe final geología, 1990).

**Espesor:** El espesor a partir de pozos exploratorios varía de 235 – 335 metros.

**Contactos:** El contacto inferior con la Formación Molino es de carácter transicional – discordante?, y su contacto superior es de tipo transicional – discordante?

**Ambiente de Depósito:** pertenece a un sistema deltáico.

**Correlación:** Correlaciona con la Formación Barco, de las cuencas Catatumbo y Maracaibo.

**Potencial como Reservorio:** Las posibilidades de esta unidad como reservorio son buenas. Es la única formación en donde se encontraron manifestaciones de hidrocarburos líquidos. (*Proyecto El descanso, Carbocol*)

### Formación Los Cuervos.

**Referencia:** Notestein (1944)

**Descripción:** secuencia de lutitas carbonosas, limolitas, areniscas y mantos de carbón. Estos últimos son frecuentes hacia la base. Ver **figura 5.6**

**Edad:** los restos vegetales indican una edad Paleoceno.

**Espesor:** a partir de pozos exploratorios se estima en 650 metros.

**Contactos:** su contacto superior con la Formación Cuesta es discordante.

**Ambiente de depósito:** pertenece a un sistema deltáico, al igual que la Formación Barco.

**Correlación:** con la Formación Cerrejón y la Formación Lisama.

**Formación Cuesta (San Antonio)**

**Referencia:** Rojas, 1967

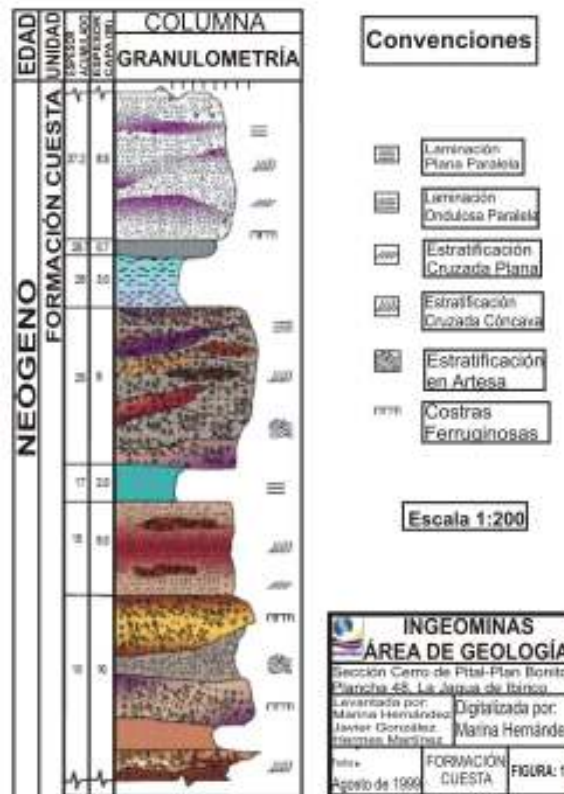
**Descripción:** Constituida por areniscas muy poco consolidadas, mal seleccionadas, con algunas intercalaciones de conglomerados, limolitas y arcillolitas (**Figura 5.10**)

**Edad:** La edad de esta unidad es Terciario Superior, posiblemente Mioceno medio a Plioceno aunque no hay referencias al respecto. (Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería, Tomo I, Informe general. GEOPETROCOL Ltda. Diciembre 1998)

**Espesor:** El espesor de esta unidad a partir de pozos exploratorios varía entre 300 – 700 metros.

**Contactos:** La Formación Cuesta suprayace discordantemente todo registro estratigráfico y a su vez es cubierta discordantemente por depósitos recientes.

**Ambiente de Depósito:** El ámbito de depósito es netamente continental. (Interpretación Estructural área El Paso Subcuenca Cesar, ECOPETROL. 1990)



**Figura 5.10.** Columna estratigráfica de la Formación Cuesta. Geología de la plancha 48, La Jagua de Iberico memoria explicativa. Ingeominas. 2003.

## Cuaternario (Q)

Los depósitos recientes corresponden a abanicos aluviales y depósitos de material de derrubio (aluviales), que presentan un desarrollo asociado con las cuencas hidrográficas de los ríos Cesar y Ranchería, así como el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá.

Estos depósitos son muy variados y reflejan en los diferentes sectores la litología correspondiente de las rocas aflorantes en las zonas aledañas al sitio de estudio. Están constituidos, normalmente, por bloques, cantos, guijos y guijarros de rocas de las diferentes formaciones, con una matriz areno arcillosa, en algunos casos calcárea. (Cartografía Geológica Cuenca Cesar-Ranchería, Geoestudios, 2006).

## 5.5 Secuencias

ECOPETROL, en el informe presentado como Proyecto Cesar Ranchería en el año 1989, agrupa la Cuenca Cesar-Ranchería en una serie de secuencias o sucesiones estratigráficas.

De acuerdo con las características litológicas, estratigráficas y sísmicas es posible dividir la secuencia estratigráfica en grupos principales o secuencias, las cuales pueden ser reconocidas tanto en la subcuenca del Cesar como en la del Ranchería. En parte dichas secuencias se encuentran limitadas por discordancias mayores, como puede observarse en las **figuras 5.11 y 5.12**.

Las secuencias en referencia son:

### **Las rocas Paleozoicas son agrupadas en la secuencia denominada PS.**

En la Subcuenca del Cesar la conforman las rocas del Grupo Cachirí y en la Subcuenca del Ranchería hacen parte de ella las rocas del Grupo Cachirí y la Formación Manaure.

### **La secuencia Triásica-Jurásica designada JT**

En la Cuenca Cesar–Ranchería, está representada por la Formación La Quinta. Esta secuencia JT constituye el basamento económico desde el punto de vista del potencial de hidrocarburos.

## **Secuencia Cretácica K**

El sistema Cretáceo, ha sido dividido en las secuencias K1, K2 y K3, entre las cuales existen importantes contrastes litológicos aunque no se reconocen inconformidades mayores.

### **La secuencia K1**

Corresponde al Cretáceo Inferior y está representada por la Formación Río Negro, presente únicamente en la subcuenca del Cesar. (**Figura 5.11**). Esta sucesión litológica marca la iniciación de una importante transgresión marina durante el Cretáceo.

### **La secuencia K2**

Abarca las rocas del Grupo Cogollo (Formaciones Lagunitas y Aguas Blancas) y la Formación La Luna, Esta formación presenta una buena distribución regional y además su tope corresponde a un excelente reflector útil como guía en la interpretación sísmica.

### **Secuencia K3**

La Formación Molino, constituye la secuencia K3 que corresponde al Cretáceo superior. Esta secuencia representa la etapa final de la transgresión de finales del Mesozoico y el inicio de un importante evento regresivo en dirección sur norte, el cual marca el paso de un ambiente marino a un ambiente transicional-continental.

### **Secuencia T1**

En la subcuenca del Cesar está representada por la Formación Barco- Cuervos, característica de un ambiente deltaico y en la Subcuenca del Ranchería está representada por la Formación Hatonuevo–Manantiales y la Formación Cerrejón, lo que sugiere la progradación de sedimentos deltáicos sobre sedimentos marinos. La secuencia T1 tiene una edad Paleoceno y muy posiblemente Eoceno Inferior.

### **Secuencia T2**

Está constituida principalmente por secuencias clásticas de ambientes continentales y representa el relleno de la cuenca en sus últimas etapas de desarrollo. La secuencia T2 en la subcuenca del Cesar esta representada por la Formación Cuesta, mientras que en la Subcuenca de Ranchería la conforman la Formación Tabaco y los Conjuntos Calcáreo y Conglomerático (**Figura 5.12**).

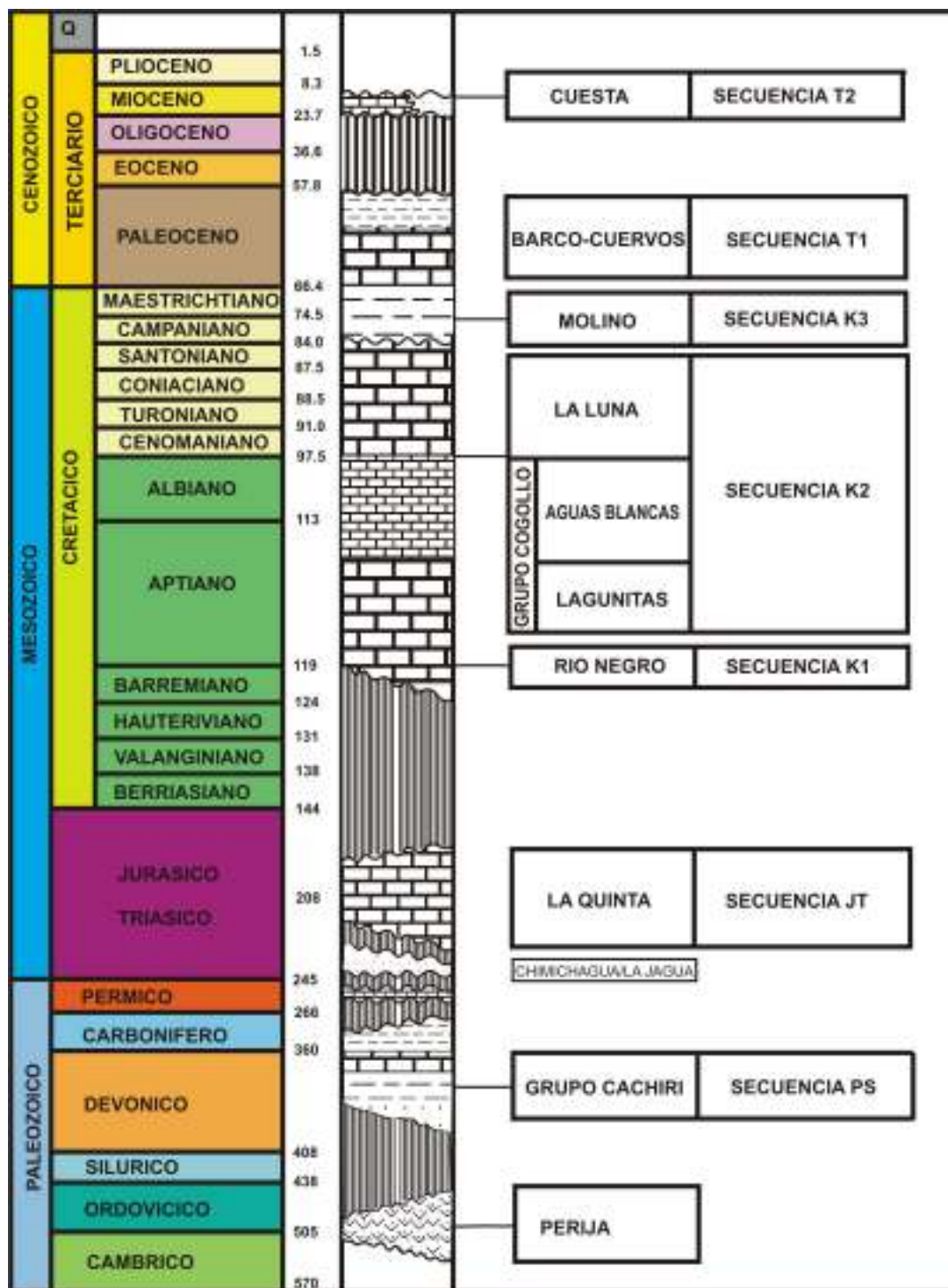
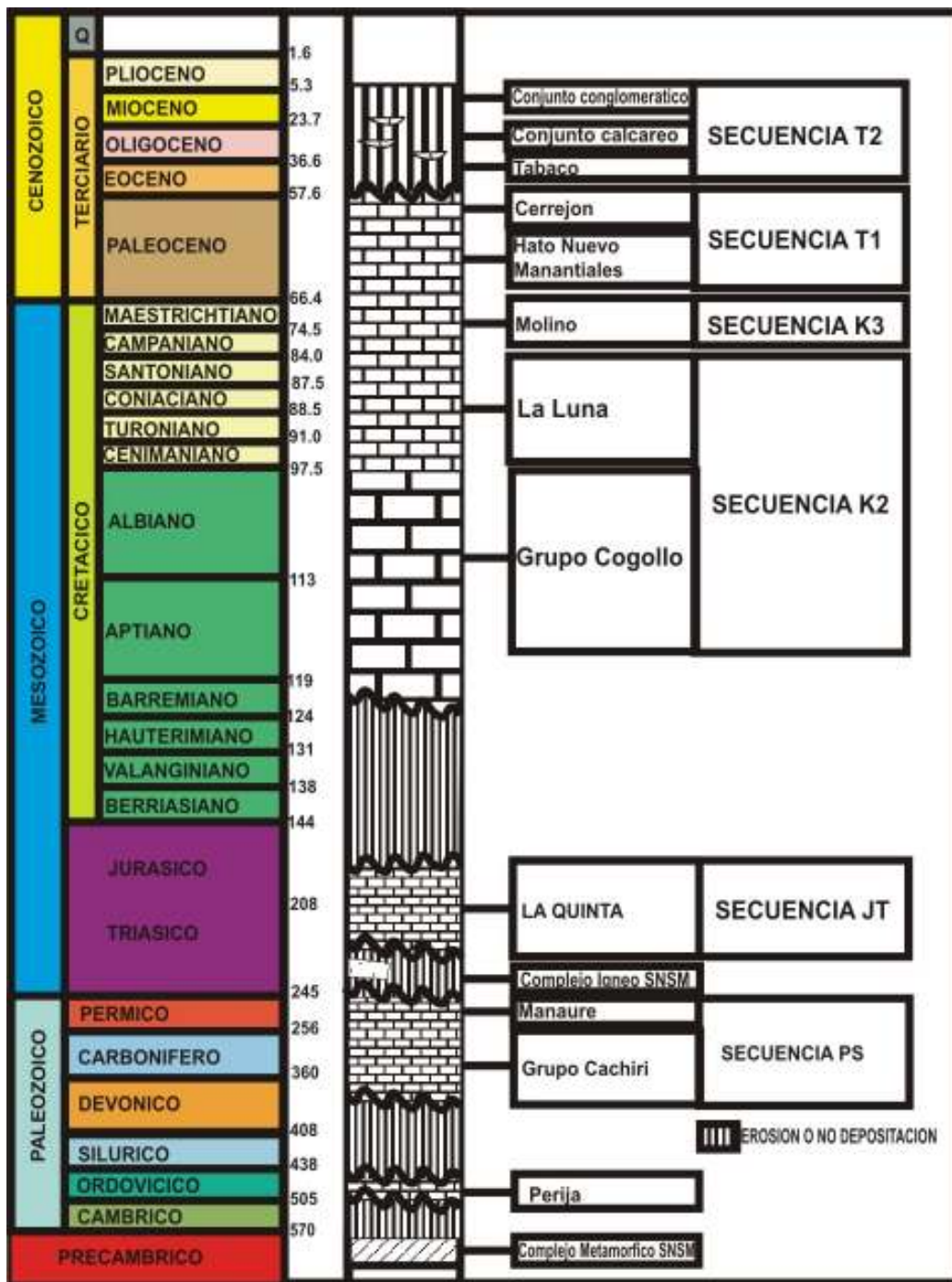


Figura 5.11. Columna estratigráfica de la Subcuenca del Cesar indicando las secuencias en que se dividió estratigráficamente esta cuenca. Modificado Proyecto Cesar Ranchería, informe final. ECOPEPETROL. 1990





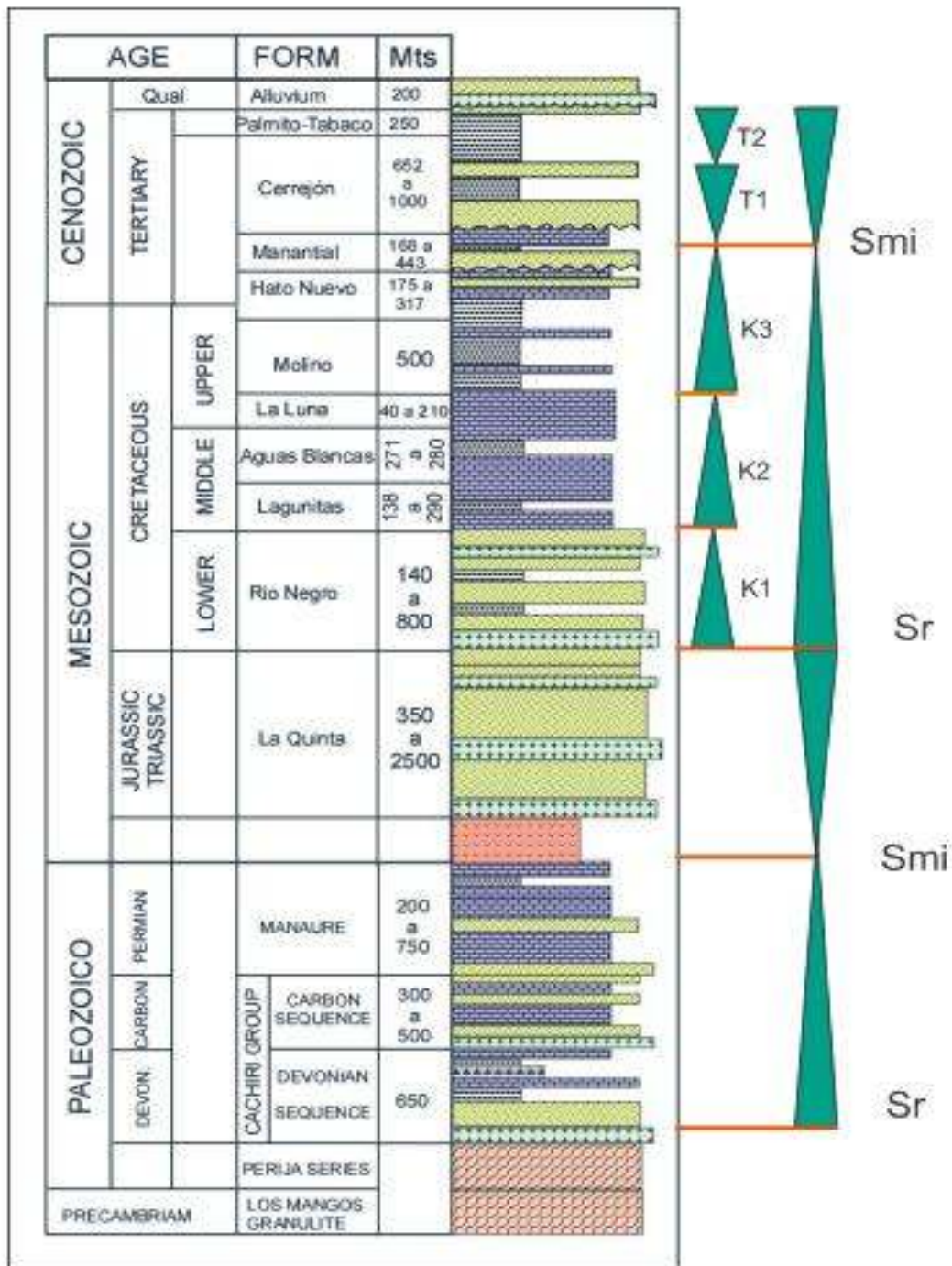
**Figura 5.12.** Columna estratigráfica de la Subcuenca del Ranchería indicando las secuencias en que se dividió estratigráficamente esta cuenca. Modificado Proyecto Cesar Ranchería, informe final. ECOPETROL. 1990

### Variaciones del Nivel Base

A partir del concepto de nivel base, el cual se caracteriza como una superficie ondulatoria, que no coincide con el nivel del mar y que oscila dinámicamente arriba y debajo de la superficie de la tierra y teniendo en cuenta que por encima de esta superficie hay erosión (un incremento en el flujo de sedimentos) y por debajo hay depositación (una disminución del flujo de sedimentos), es posible definir como un ciclo completo de tránsito del nivel base, el tiempo transcurrido para el nivel base pase de subida – caída – subida o bien de caída – subida – caída.

Siguiendo las anteriores consideraciones, es posible definir en la columna estratigráfica general de la cuenca, superficies de máxima inundación (smi) y superficies de erosión (sr), así como la relación de las secuencias anteriormente descritas con los ciclos del nivel base. (**Figura 5.13**)

Se aprecia un ciclo completo del nivel base Caída-Subida-Caída que abarca desde el Triásico hasta el Cenozoico. La secuencia JT (Jurásico Triásico), de ambiente continental fluvial, representa una caída del nivel base; en el Cretácico se presenta una subida del nivel base depositándose las secuencias K1, K2, K3 las cuales, a su vez, representan cada una un aumento en el nivel base. La secuencia K1 representa el inicio de la transgresión marina de este periodo mientras que la secuencia K3 representa el fin de esta transgresión con la depositación de la formación Molino. Finalmente en el Terciario se da una caída en el nivel base donde se depositan las secuencias T1 y T2 que, a su vez, representan cada una pequeñas semiciclos de caída en el nivel base. (**Figura 5.13**).



**Figura 5.13.** Superficies de máxima inundación (smi) y erosión (sr) de la cuenca Cesar-Ranchería y sus respectivos ciclos en el nivel base.

## 5.6 Evolución Sedimentologica

La evolución sedimentológica de la Cuenca Cesar-Ranchería se ha dividido en tres periodos mayores: el primero corresponde al intervalo comprendido entre el Paleozoico Medio y el Paleozoico Superior, el segundo al lapso de tiempo comprendido entre el Mesozoico inferior y la base del Paleógeno y un tercer periodo que abarca los eventos geológicos que se presentaron desde el Mioceno en el sector de la cordillera oriental y desde el Eoceno en el sector de Cesar Ranchería y Maracaibo.

Las rocas presentes en la Cuenca Cesar-Ranchería abarcan desde el paleozoico inferior hasta depósitos recientes, tal como se observa en el mapa geológico de la siguiente figura. (Ver **figura 5.14**).

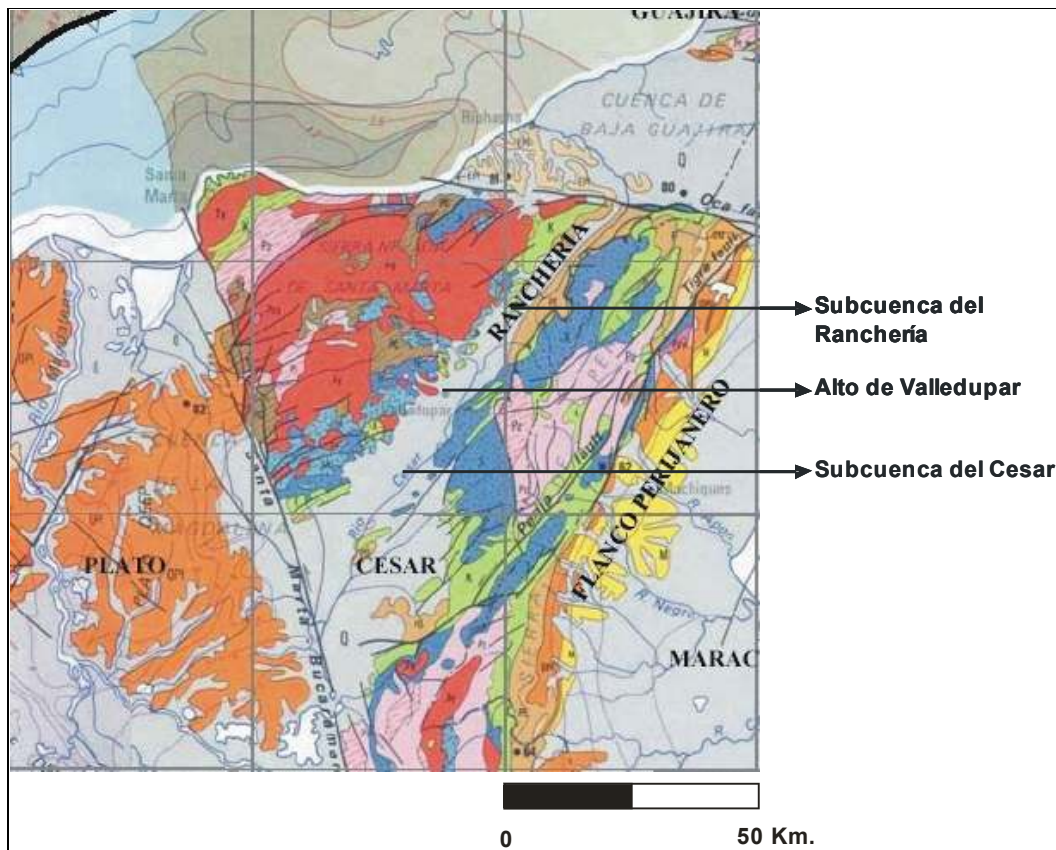
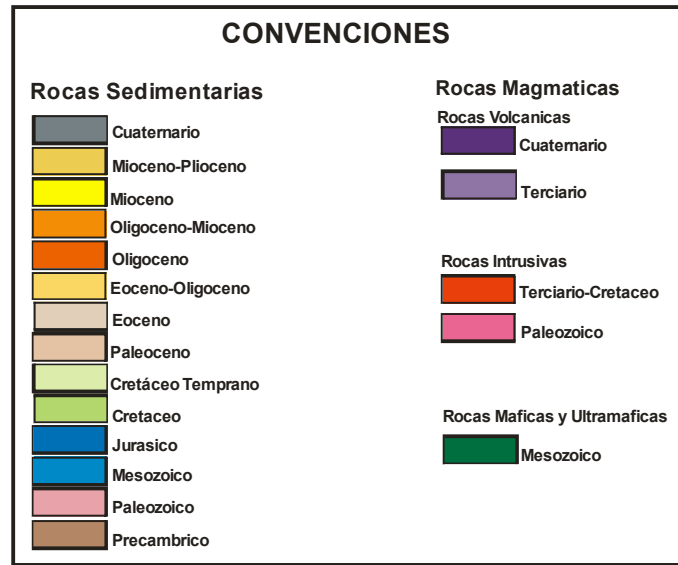
Las rocas del Paleozoico Inferior corresponden a depósitos en áreas marinas y continentales estables, que fueron afectadas posteriormente por diferentes eventos tectónicos (Pre Devónico), que metamorizaron estos los depósitos.

El Devónico representa una época de depósito, en un ambiente marino transgresivo que permitió el depósito de los sedimentos que conforman el grupo Río Cachirí de edad devónico y la formación Manaure, de edad Pérmico. (Trumpy, 1943).

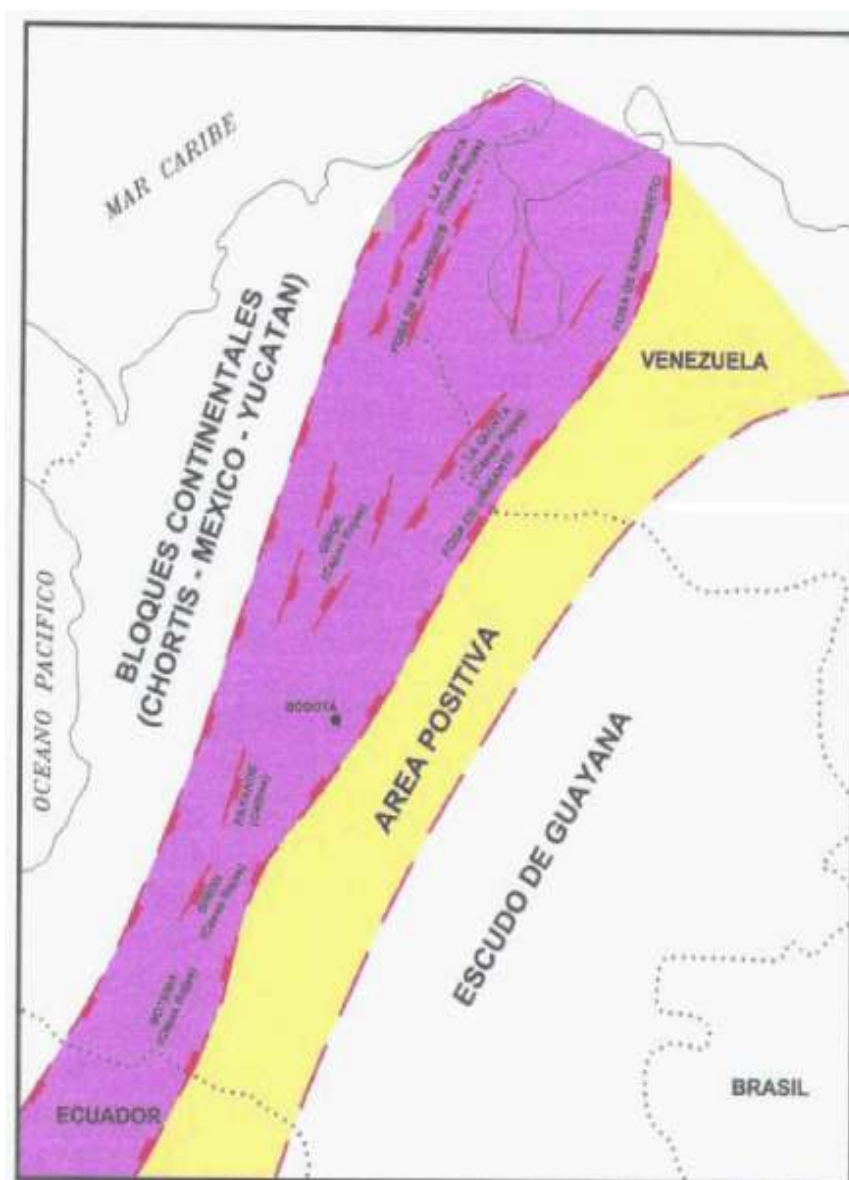
Las rocas del triásico y Jurásico corresponden a depósitos acumulados en grandes fosas, formadas dentro de un marco tectónico extensional continental. Dichas fosas se caracterizan por estructuras de graben y horst, donde se depositaron las formaciones La Quinta, Girón, Motema, en las cuales están interdigitados depósitos clásticos y rocas volcánicas. Este proceso de continentalización fue predominante desde el Triásico Superior y alcanzó su mayor desarrollo en el Jurásico (**Figura 5.15**).

Durante el Cretácico Temprano, se inicia un proceso generalizado de transgresión marina, que alcanza su mayor extensión en el Cenomaniano-Santoniano (Zambrano, 1972) y durante la cual se depositaron los sedimentos correspondientes a algunas de las unidades rocosas con mayor interés para la generación y acumulación de hidrocarburos en las cuencas de Cesar Ranchería, Valle del Magdalena, cordillera oriental, Llanos orientales y cuenca de Maracaibo.

En el Berriasiano –Valanginiano se diferenciaron dos áreas de depósito en las cuales se encuentran sedimentos de aguas marinas someras. Se ha determinado que el mar cretáceo avanzó desde dos direcciones opuestas, sobre la zona de depósito: una NW-SE a través de la actual cordillera central (Etayo et al., 1976) y otra en dirección NE-SW desde la zona de la Guajira.

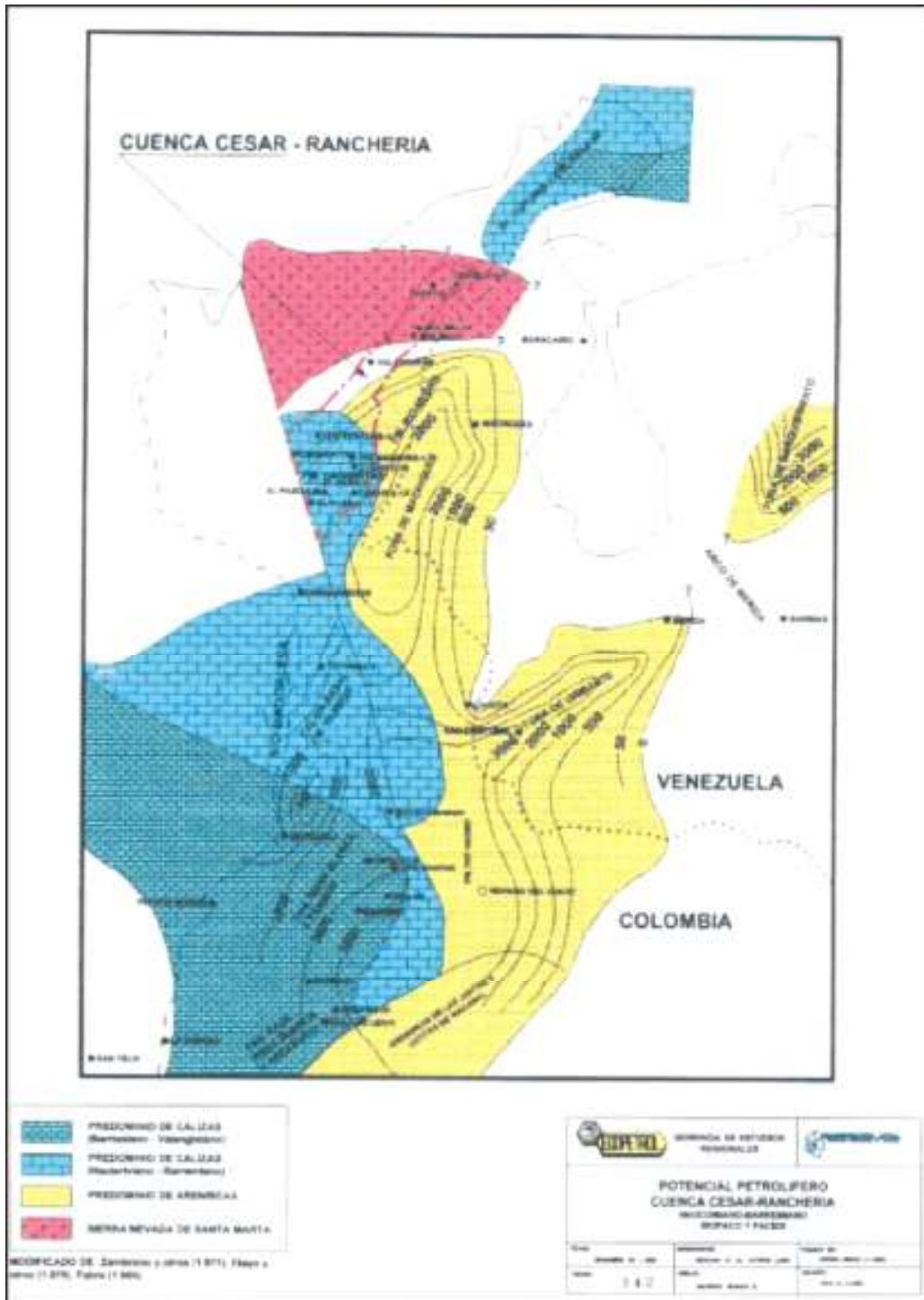


**Figura 5.14** .Mapa geológico de la Cuenca Cesar-Ranchería. Tomado de Análisis estructural integrado del bloque Noreste Colombiano Oeste Venezolano, volumen 1. Beicip Franlab. 2001.



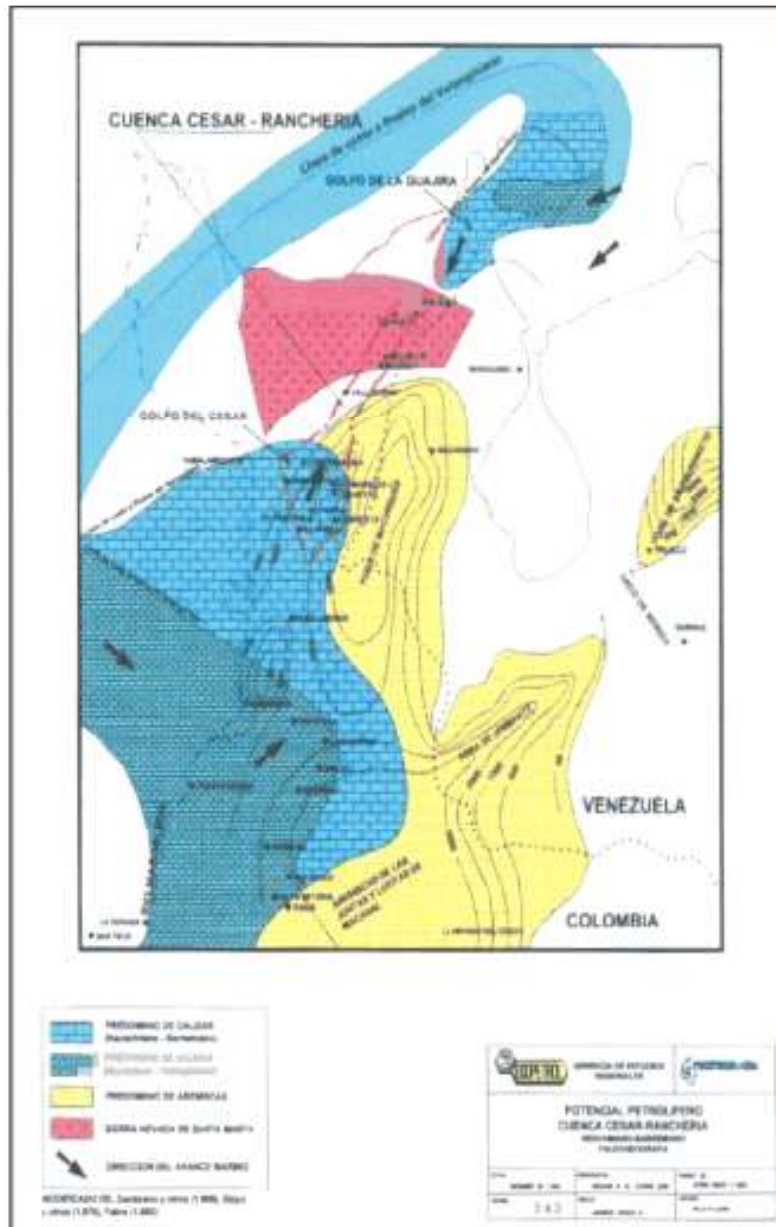
**Figura 5.15.** Evolución sedimentológica en el Triásico-Jurásico. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda. 1998

Durante el Hauteriviano-Barremiano, el mar continúa transgrediendo en dirección noreste hasta la parte sur de la actual cuenca Cesar Ranchería, depositando las calizas de la formación Lagunitas. En algunos sectores correspondientes al área parcialmente emergida, principalmente en el sur de la actual subcuenca del Cesar, se depositó la formación Río Negro, de ambiente fluvial, mientras que la Subcuenca del Ranchería se comportó como una zona de aporte. (Figuras 5.16 y 5.17).



**Figura 5.16.** Evolución sedimentológica en el Neocomiano Barremiano. Mapa isópaco y de facies Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda. 1998.

Durante el Aptiano–Albiano, como resultado del avance continuo del mar en dirección Noreste y Suroeste, la zona de la Sierra Nevada de Santa Marta fue aislada del continente suramericano, quedando cubiertas por el mar las áreas de la Cuenca Cesar-Ranchería y la parte occidental de la Cuenca de Maracaibo (Etayo et al., op cit).



**Figura 5.17.** Evolución sedimentológica en el Neocomiano-Barremiano. Paleogeografía. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda.



La distribución de las facies a partir de este tiempo se caracteriza por areniscas, interdigitadas con sedimentos calcáreos en ambientes fluvio costeros, depositadas al oriente de la cuenca, producto de las fluctuaciones de la línea de costa. Estos depósitos cambian a facies lutíticas de un ambiente marino somero en el área ubicada al occidente y facies calcáreas de plataforma en el área ubicada al norte. **(Figuras 5.18 y 5.19).**

Durante el intervalo Cenomaniano-Santoniano, la cuenca alcanzó su máxima extensión al oriente, inundando el sector de los Llanos Orientales. Los ambientes de estos depósitos, se han clasificado como; Provincia Pelágica, Provincia Nerítica y Provincia Costanera (Zambrano et al., 1971) **(Figura 5.20).**

La Provincia Pelágica corresponde a la Formación La Luna, la cual abarca prácticamente toda la cuenca, incluyendo la cuenca del Valle Medio del Magdalena y la Cuenca de Maracaibo.

En la Cuenca Cesar-Ranchería la mayor profundidad del mar Cretáceo fue alcanzada durante el Huroniano. Hacia el sector Suroriental de la cuenca disminuye la proporción de calizas, predominando claramente el facie de lutitas (Formación Capacho en el área de Maracaibo y Chipaque en la Cordillera Oriental)). **(Figura 5.21).**

La zona intermedia corresponde a la provincia nerítica, presentando una intercalación de areniscas y lutitas. Las formaciones Quevedo, La Morita, Escandalosa, Esperanza y Fortuna de la cuenca de Maracaibo y Gachetá de los llanos orientales en Colombia, representan los depósitos de esta zona marina en el Cretácico (González de Juana et al., 1980).

La Provincia Costanera corresponde a la región más oriental de la cuenca Cretácica, dominada por sedimentos clásticos arenosos. La unidad Gachetá, en su facie más arenosa corresponde a los depósitos de esta provincia.

Según autores como Zambrano et al., 1971, luego de la depositación de la formación La Luna se presenta, un periodo de “no – depósito” entre la formación La Luna y las rocas suprayacentes.

El intervalo Campaniano Daniano, correspondiente a la Formación Molino, se caracterizó por la presencia de lutitas negras, de ambiente marino tranquilo somero. Las rocas correspondientes en las Cuencas de Maracaibo y del Valle Medio del Magdalena son las Formaciones Colón-Mito-Juan y Umir, respectivamente **(Figura 5.22).**

Durante el Paleoceno continúa el evento regresivo iniciado a finales del Cretácico, permitiendo definir las siguientes tres provincias geológicas: provincia de Plataforma, Deltáica y Geosinclinal. (**Figura 5.23**)

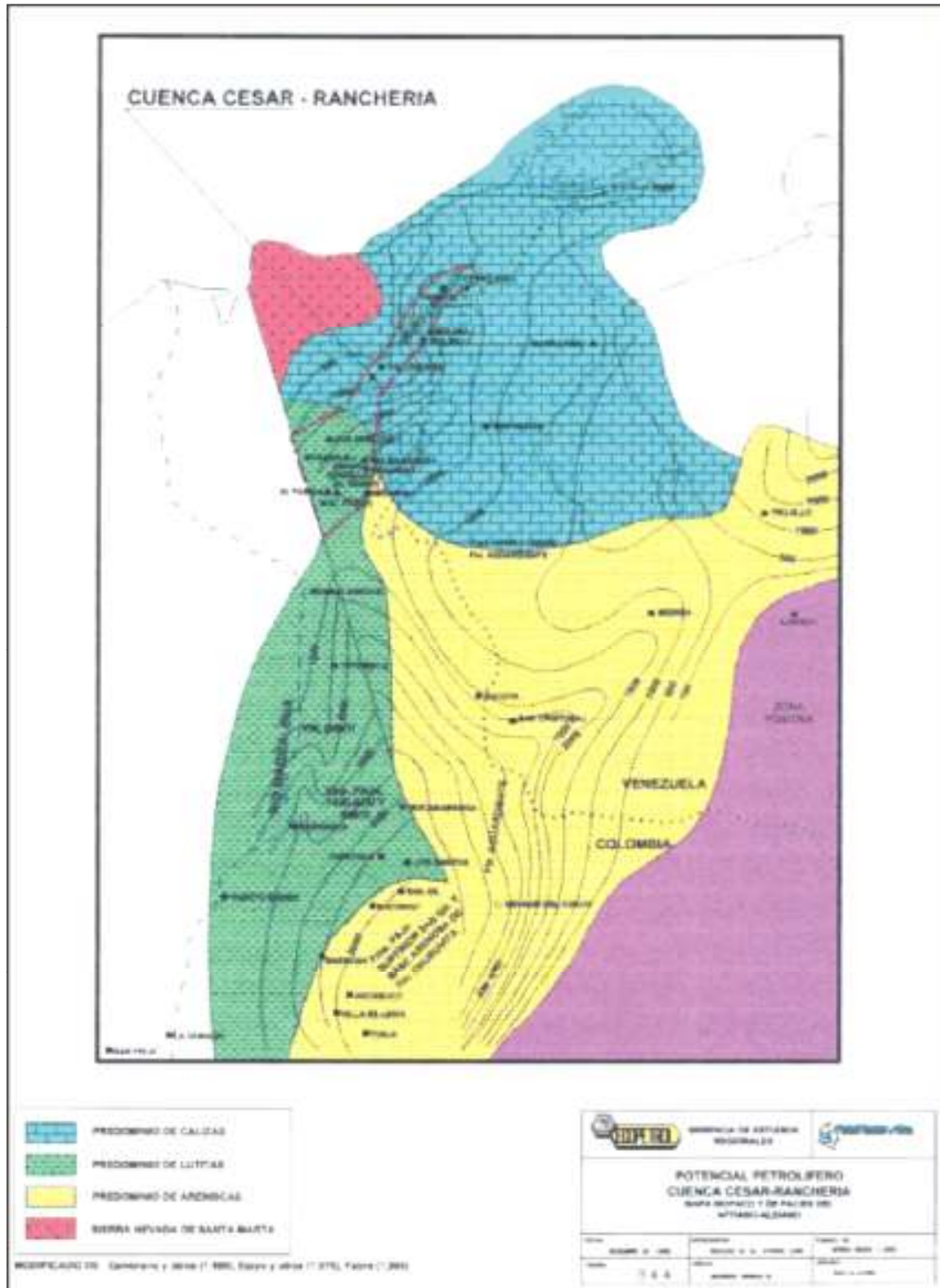
La Provincia de Plataforma está definida por las Formaciones Hato Nuevo y Manantial, cuyos sedimentos detríticos intercalados con sedimentos finos, calizas, areniscas y lutitas cubrieron desde el lago de Maracaibo hasta la Subcuenca del Ranchería.

Los depósitos del Eoceno no aparecen registrados en la Cuenca de Cesar Ranchería, mientras si existe un buen registro de estos en la Cuenca de Maracaibo, en el Valle Medio del Magdalena y en los Llanos Orientales.

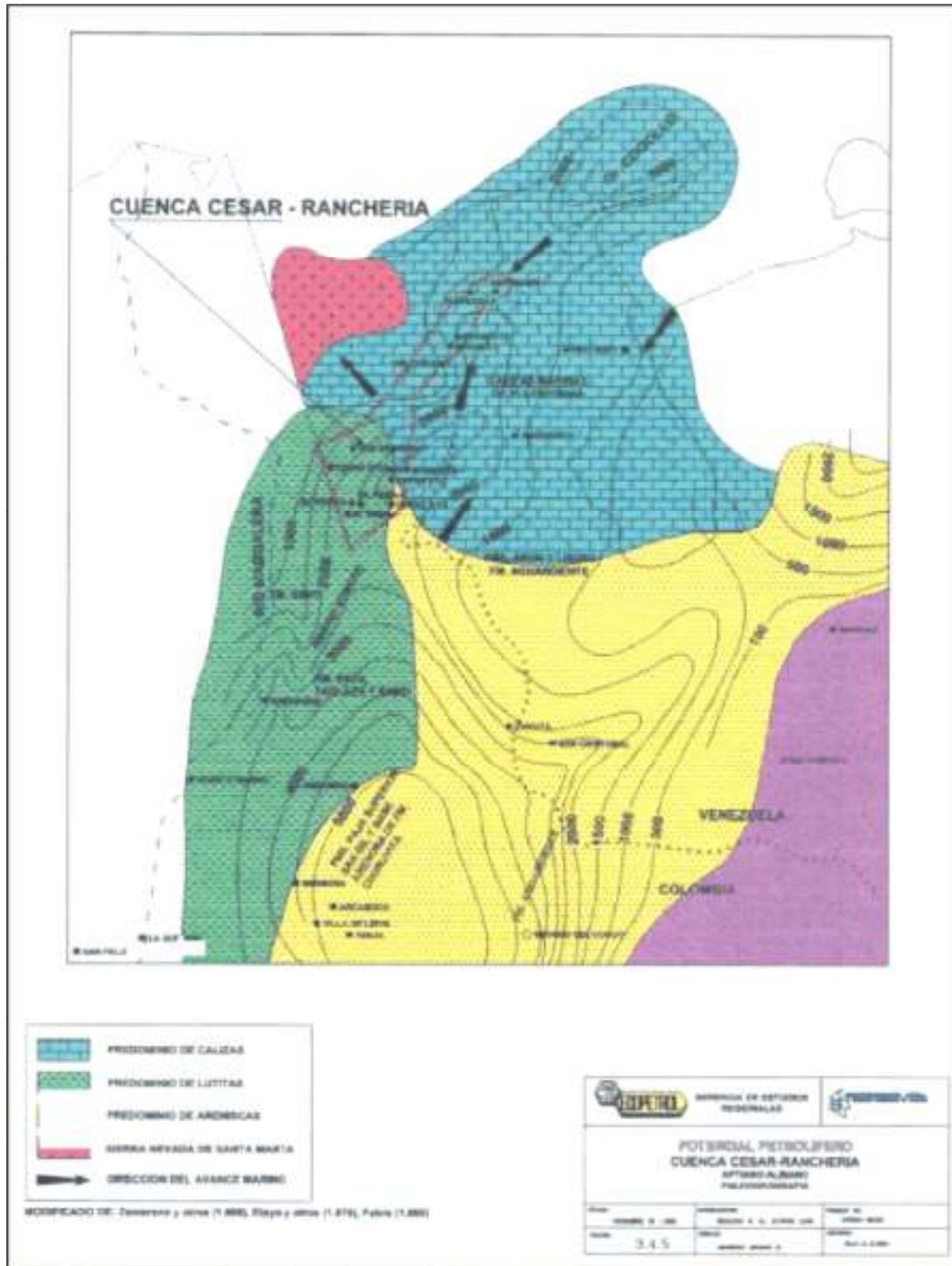
La documentación de un primer pulso del levantamiento de la Serranía del Perijá, estaría relacionado con procesos erosivos y explicaría la ausencia de depósitos del Eoceno. (**Figura 5.24**)

La Provincia Deltáica definida por las formaciones Barco – Cuervos, en la Subcuenca del Cesar, la constituyen arcillolitas, lutitas, carbones y areniscas. Esta secuencia es correlacionable con la Formación Lisama del Valle Medio del Magdalena.

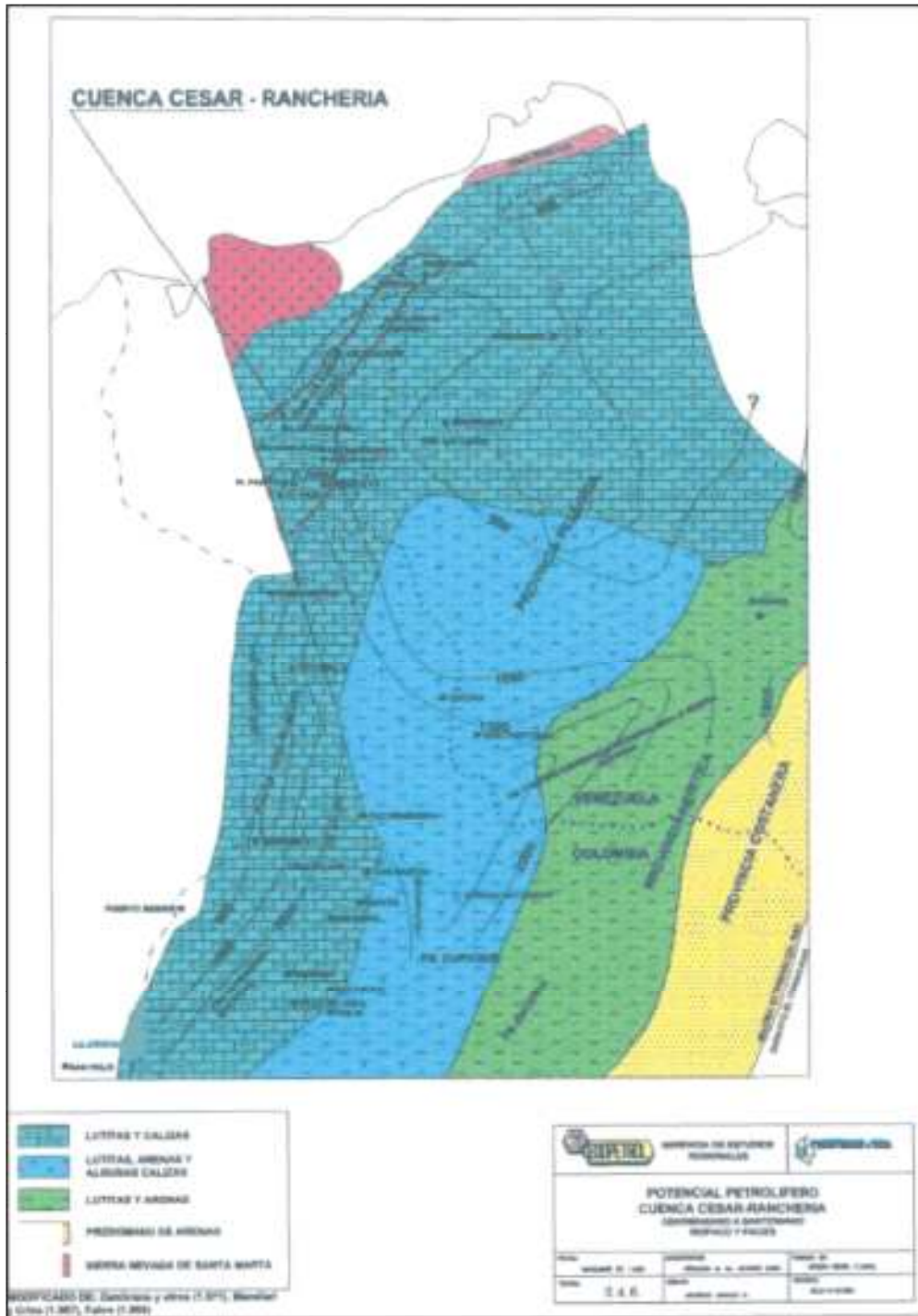
La Provincia Geosinclinal según Zambrano et al, 1971, se encuentra en el área oriental del lago Maracaibo y corresponde a la Formación Trujillo.



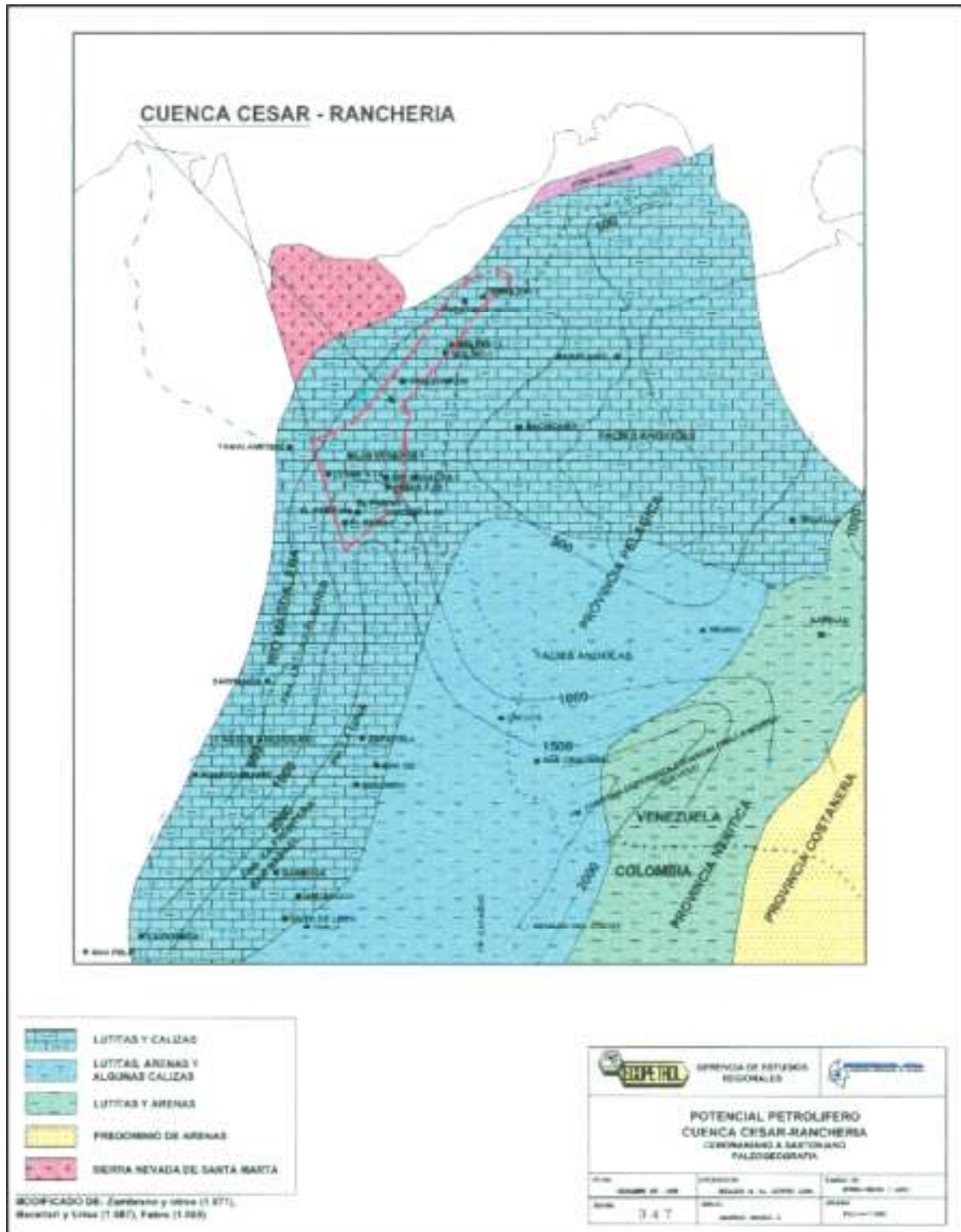
**Figura 5.18.** Evolución sedimentológica en el Aptiano Albiano. Mapa isópaco y de facies. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda. 1998



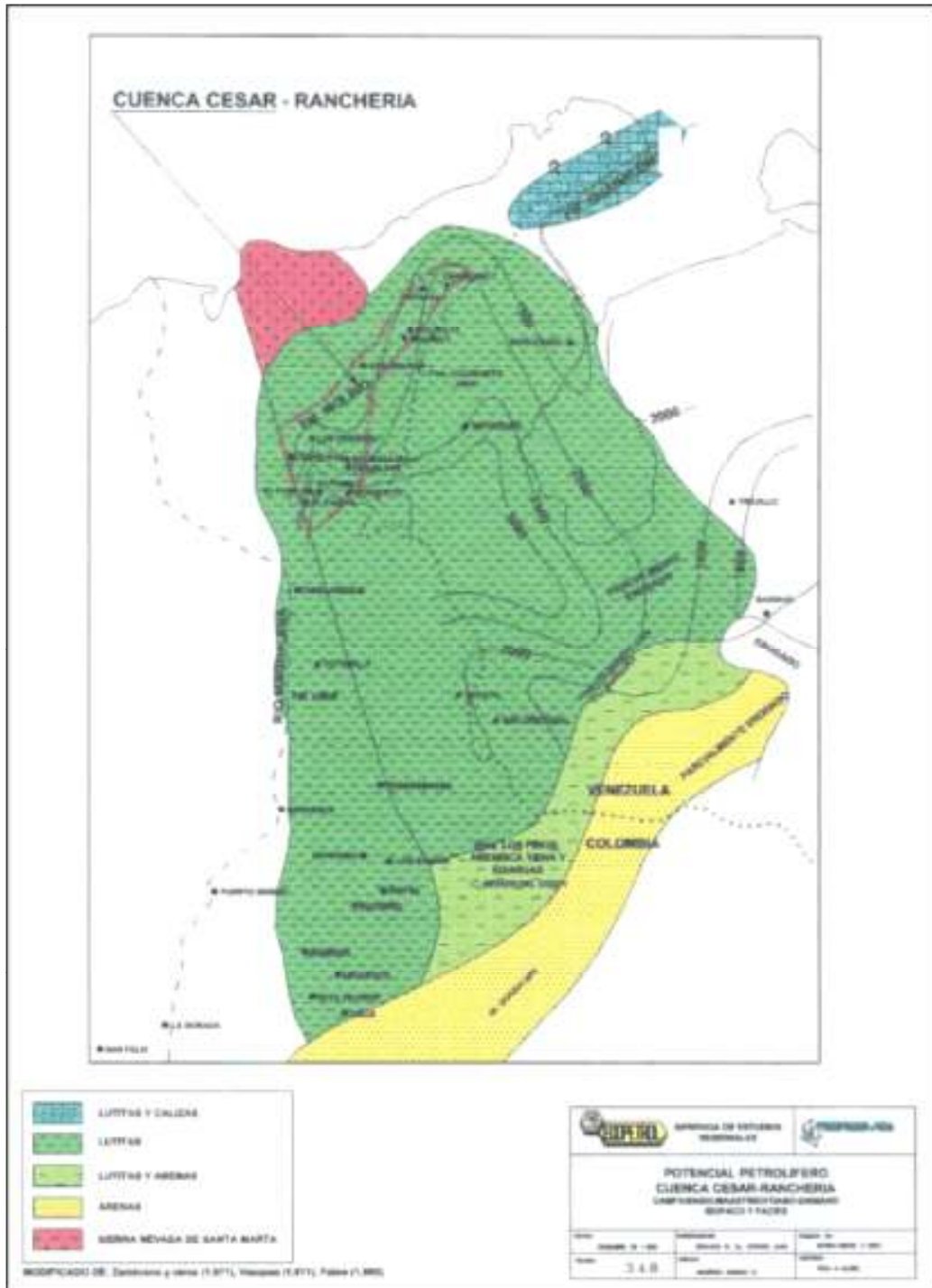
**Figura 5.19.** Evolución sedimentológica en el Aptiano Albiano. Mapa isópaco y de facies. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda. 1998



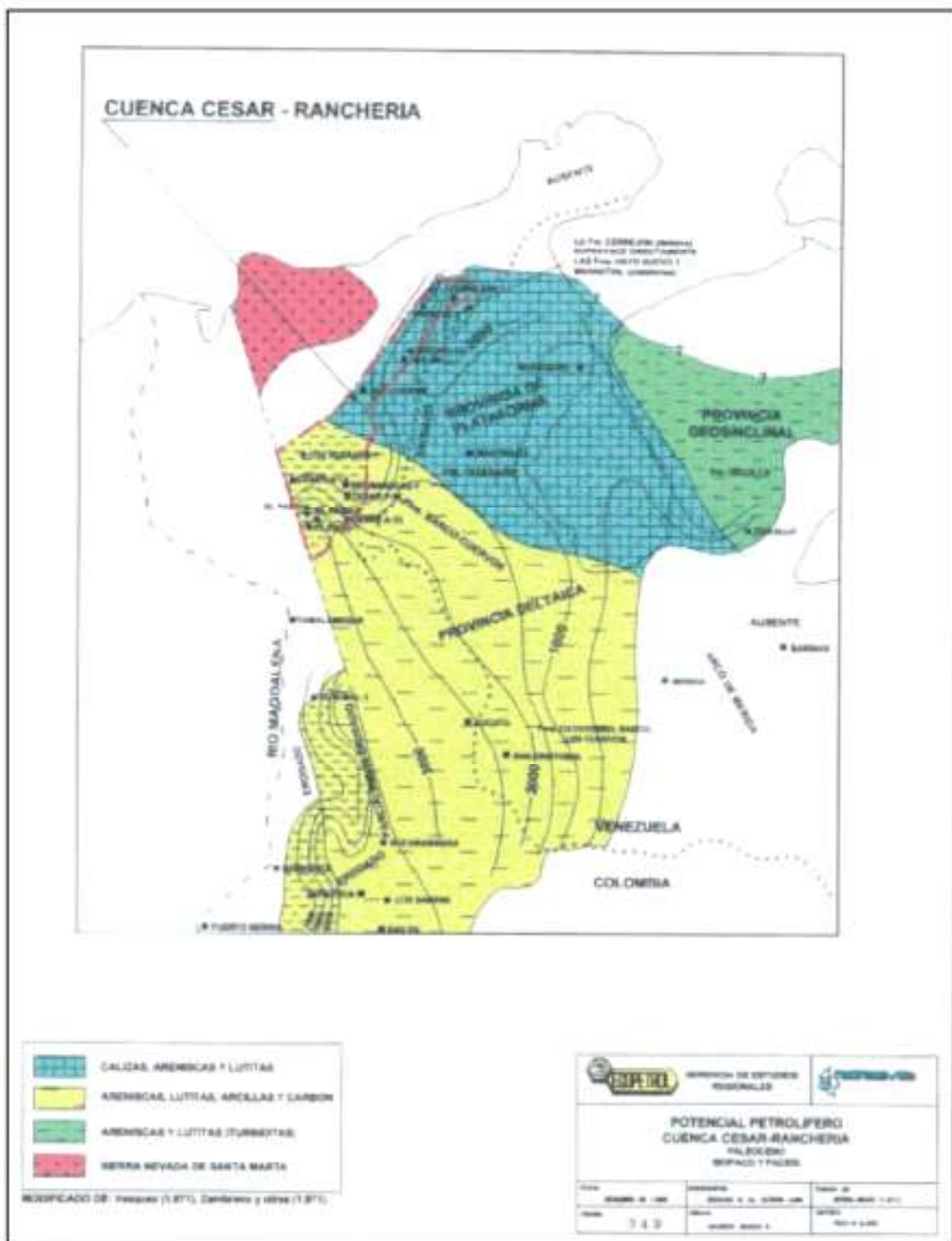
**Figura 5.20.** Evolución sedimentológica en el Cenomaniano Santoniano. Mapa isópaco y de facies. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda. 1998



**Figura 5.21.** Evolución sedimentológica en el Cenomaniano Santoniano. Mapa isópaco y de facies. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda. 1998

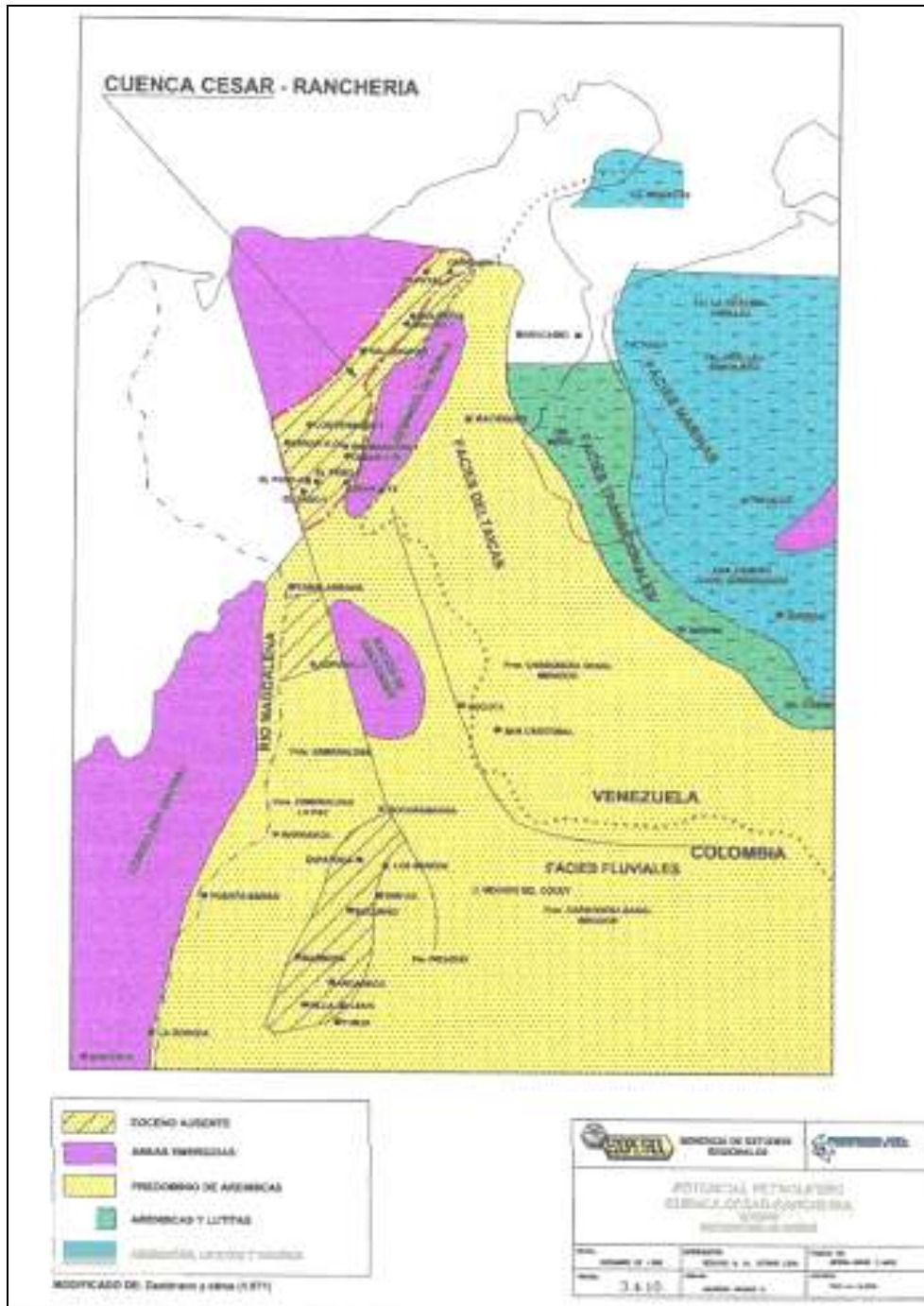


**Figura 5.22.** Evolución sedimentológica en el Campaniano Daniano. Mapa isópaco y de facies. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda. 1998



**Figura 5.23.** Evolución sedimentológica en el Paleoceno. Mapa isópaco y de facies. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda. 1998





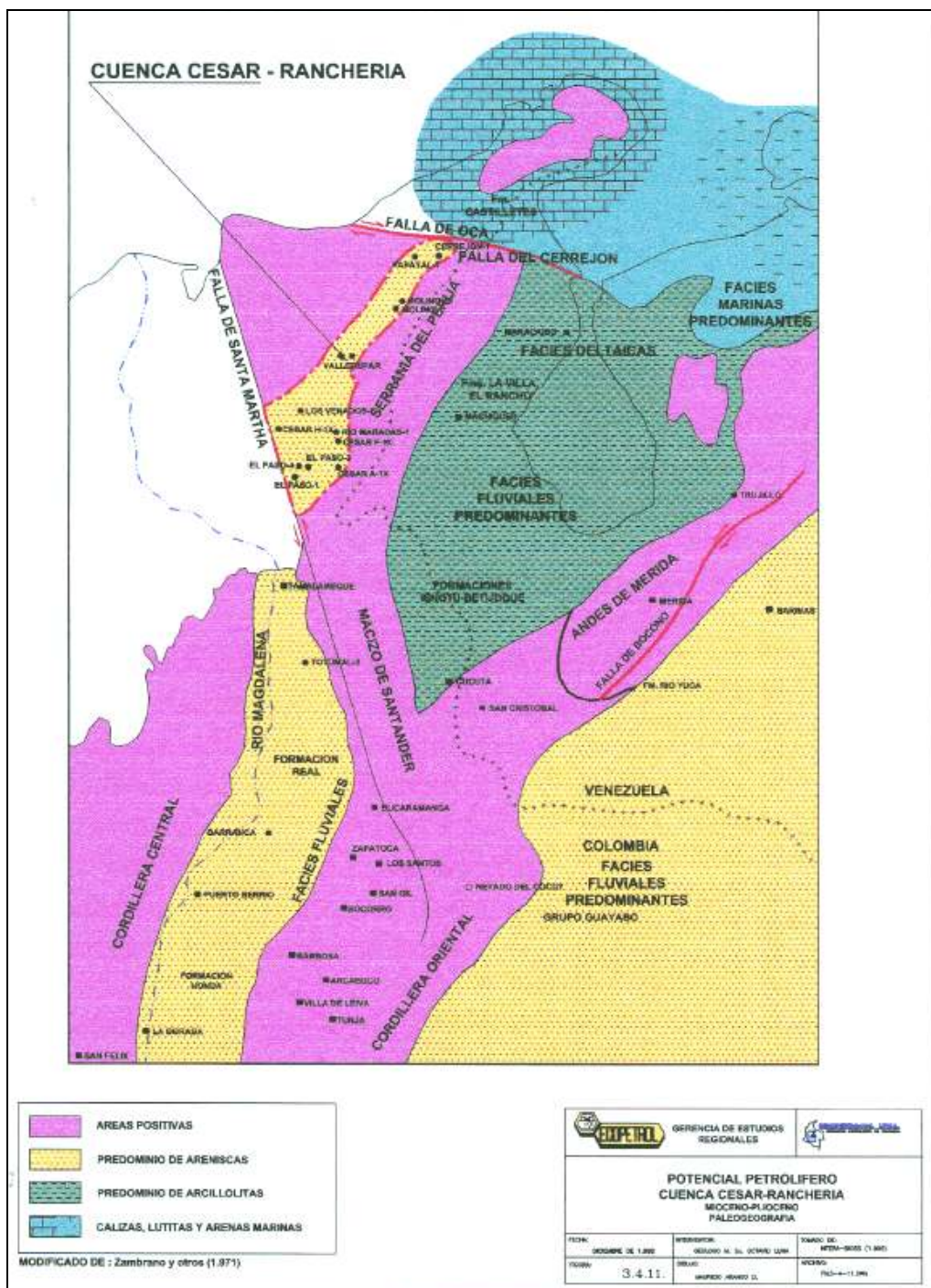
**Figura 5.24.** Evolución sedimentológica en el Eoceno. Mapa isópaco y de facies. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda. 1998

Un segundo pulso del levantamiento de la Serranía del Perijá se presentó durante el Oligoceno temprano y a partir de información estructural, se establece una fase compresiva durante el Oligoceno Superior, la cual causó la inversión de las fallas generadas durante las anteriores fases extensionales. Estos procesos impidieron que se tuviera un registro litológico importante de este periodo en la Cuenca Cesar-Ranchería.

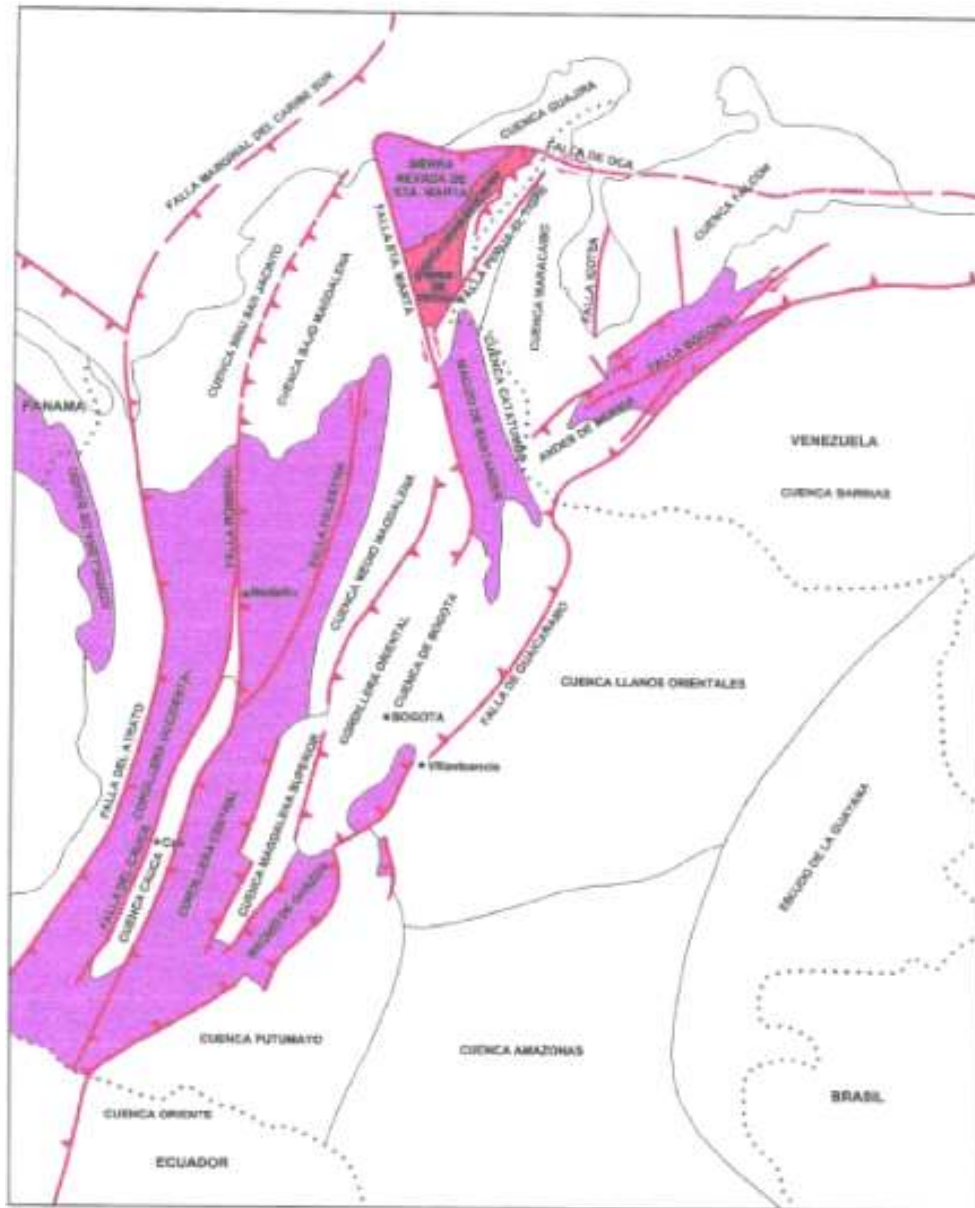
El Neógeno, dentro del desarrollo estructural de la Cuenca Cesar-Ranchería, es un periodo importante, debido a que terminó el proceso de levantamiento de la Serranía del Perijá.

Estos procesos orogénicos permitieron diferenciar, un ambiente deltáico y otro marino, localizados en el sector norte de la Cuenca de Maracaibo y un ambiente fluvial, localizado en las estribaciones de las cordilleras del Perijá y los andes de Mérida (**Figura 5.25, 5.26**)

Finalmente en la cuenca intramontaña generada, se presenta un relleno de sedimentos recientes, asociados a procesos erosivos.



**Figura 5.25.** Evolución sedimentológica en el Mioceno Plioceno. Mapa isópaco y de facies. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda. 1998



**Figura 5.26.** Evolución sedimentológica en el Neógeno. Mapa isópaco y de facies. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería, Tomo1, Informe general. Geopetrocol Ltda. 1998

**5.7 Correlaciones**

Debido a que existen correlaciones bien documentadas que permiten establecer claramente la correspondencia entre las formaciones de la Cuenca Cesar-Ranchería con otras cuencas y que estas se han elaborado en diferentes tiempos y por diferentes autores, a continuación se anexan las de mayor interés para este trabajo. (Figura 5.27)

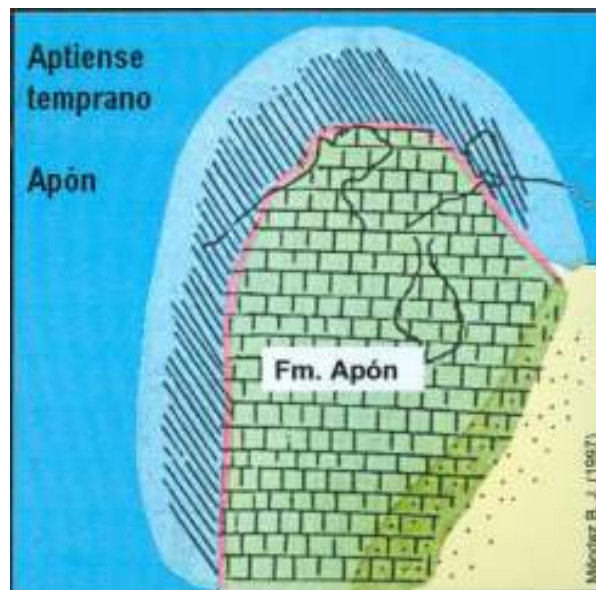
	CUENCA DE RANCHERIA	CUENCA DE CESAR	CONCESIÓN BARCO	CUENCA DE MARACAIBO						
<b>CENOZOICO</b>	CUATERNARIO	Aluviones - Terrazas	Aluviones - Terrazas	Aluviones - Terrazas						
	TERCIARIO	PLIOCENO	Conjunto Conglomerático							
		MIOCENO	Conjunto Calcáreo	Cuestas	Guayabo					
		OLIGOCENO			Leon - Carbonera					
	PALEOCENO	Tabaco		Mirador						
<b>MESOZOICO</b>	SUPERIOR	Correjon Hato Nuevo Manatales	Barco Cuervos	Barco Cuervos Catatumbo	Guasare					
		Molino	Molino	Colón - Mito Juan	Colón					
	INFERIOR	La Luna	La Luna	La Luna	La Luna					
		Grupo Cogollo	Glo Cogollo	Uribante	Cogollo	Cogollo				
							Aguas Blancas	Maracas	Aguardiente	Lisura
								Tocuy	Mercedes	Piche
								Animas	Tibú	Machiques
			Lagunitas		Guisamome					
			Rio Negro		Tibu					
			La Quinta	La Quinta		Rio Negro				
				La Quinta						
TRIASICO JURASICO	Rocas Igneas de la Sierra Nevada	Rocas Intrusivas de La Mula y Chimichagua								
<b>PALEOZOICO</b>	PERMIANO	Manauare								
	CARBONIFERO	Grupo Cachiri	Grupo Cachiri							
	DEVONICO			Basamento Pre - Mesozoico						
	ORDOVIZIO	Perijá	Perijá							
	SILURIANO									
PRECAMBRICO	Granulita de los Mangos									

**Figura 5.27.** Correlación estratigráfica entre las subcuencas del Cesar, Ranchería, Concesión Barco y Cuenca Maracaibo. Proyecto Cesar Ranchería. ECOPETROL. 1989

La Cuenca Cesar-Ranchería corresponde al área generada por subsidencia entre la Sierra Nevada y la Serranía del Perijá, durante el cabalgamiento y recorte (encogimiento) de la corteza, anterior al levantamiento de todo el bloque a medida que este era empujado hacia el noroccidente contra el Bloque de Oca. Hasta el Oligoceno, las cuencas formaron parte de la cuenca de Maracaibo y comparten muchas de sus unidades estratigráficas y características tectónicas pre-Terciarias.

**Grupo Cogollo:**

Mientras que en la Cuenca Cesar-Ranchería se divide en las formaciones Lagunitas y Aguas Blancas, que corresponden al Cogollo inferior y superior de Miller (1962), el Grupo Cogollo en el área de Maracaibo se divide en: Apón – Lisura – Maracas. (Rod y Maync, 1954). El ambiente de depósito de estas formaciones corresponde a una plataforma interior. Ver **Figura 5.28**



**Figura 5.28.** Sedimentación Formación Apón. Baquero M., Baamonde J. Sedimentación de los carbonatos del Grupo Cogollo durante el Aptiano y Albiano en la Cuenca del Lago Maracaibo y Perijá. Venezuela.

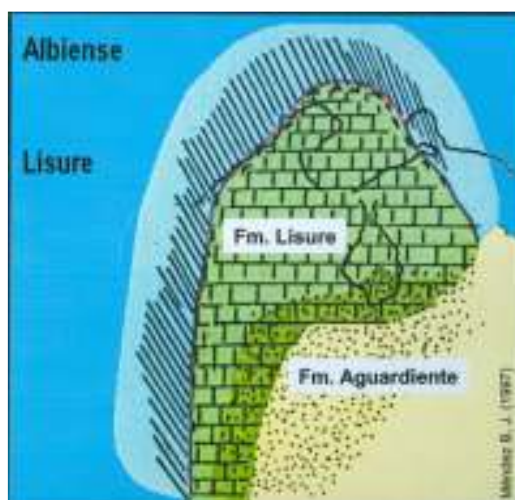
El Aptiano Albiano se caracteriza por la continuación de la transgresión cretácica, una cobertura marina de la plataforma y depositación de calizas bioclásticas espesas; bajo estas condiciones se depositan los miembros Guáimaras y Tibú que son la base de la Formación Apón, mientras que en la Cuenca Cesar-Ranchería se deposita la Formación Lagunitas.

El sistema de depositación presenta un nivel alto con facies muy someras que forman una serie de secuencias entre pequeñas transgresiones y regresiones marinas que afectaron parcialmente la plataforma y dieron las condiciones para la depositación de los miembros Machiques, Piché y el miembro Animas. Ver **Figura 5.29**

Al final del Albiano se presenta una transgresión sobre el núcleo andino y un mayor aporte de arenas procedente del Sur que se intercalan con calizas y lutitas que permite la depositación de la Formación Lisure en Venezuela y el Miembro Tocuy en Colombia. Ver **Figura 5.30**



**Figura 5.29.** Sedimentación Miembro Machiques. Baquero M., Baamonde J. Sedimentación de los carbonatos del Grupo Cogollo durante el Aptiano y Albiano en la cuenca del Lago Maracaibo y Perijá. Venezuela.



**Figura 5.30.** Sedimentación Formación Lisure. Baquero M., Baamonde J. Sedimentación de los carbonatos del Grupo Cogollo durante el Aptiano y Albiano en la Cuenca del Lago Maracaibo y Perijá. Venezuela.

En el Cenomaniano la Formación Maracas tanto en Maracaibo como en Cesar marca el relleno final de la plataforma de carbonatos con facies regionales muy extensas en profundidades muy someras. Ver **Figura 5.31**



**Figura 5.31.** Sedimentación Formación Maraca y Capacho. Baquero M., Baamonde J. Sedimentación de los carbonatos del Grupo Cogollo durante el Aptiano y Albiano en la Cuenca del Lago Maracaibo y Perijá. Venezuela

**Formación La Luna:**

En el Cenomaniano Santoniano, hay una máxima cobertura marina y se produce la formación de ambientes euxinicos que permiten la depositación de la Formación La Luna presente en las Cuenas Cesar Ranchería y Maracaibo. Ver **Figura 5.32**



**Figura 5.32.** Sedimentación formación La Luna. Baquero M., Baamonde J. Sedimentación de los carbonatos del Grupo Cogollo durante el Aptiano y Albiano en la Cuenca del Lago Maracaibo y Perijá. Venezuela



**Formación Molino:**

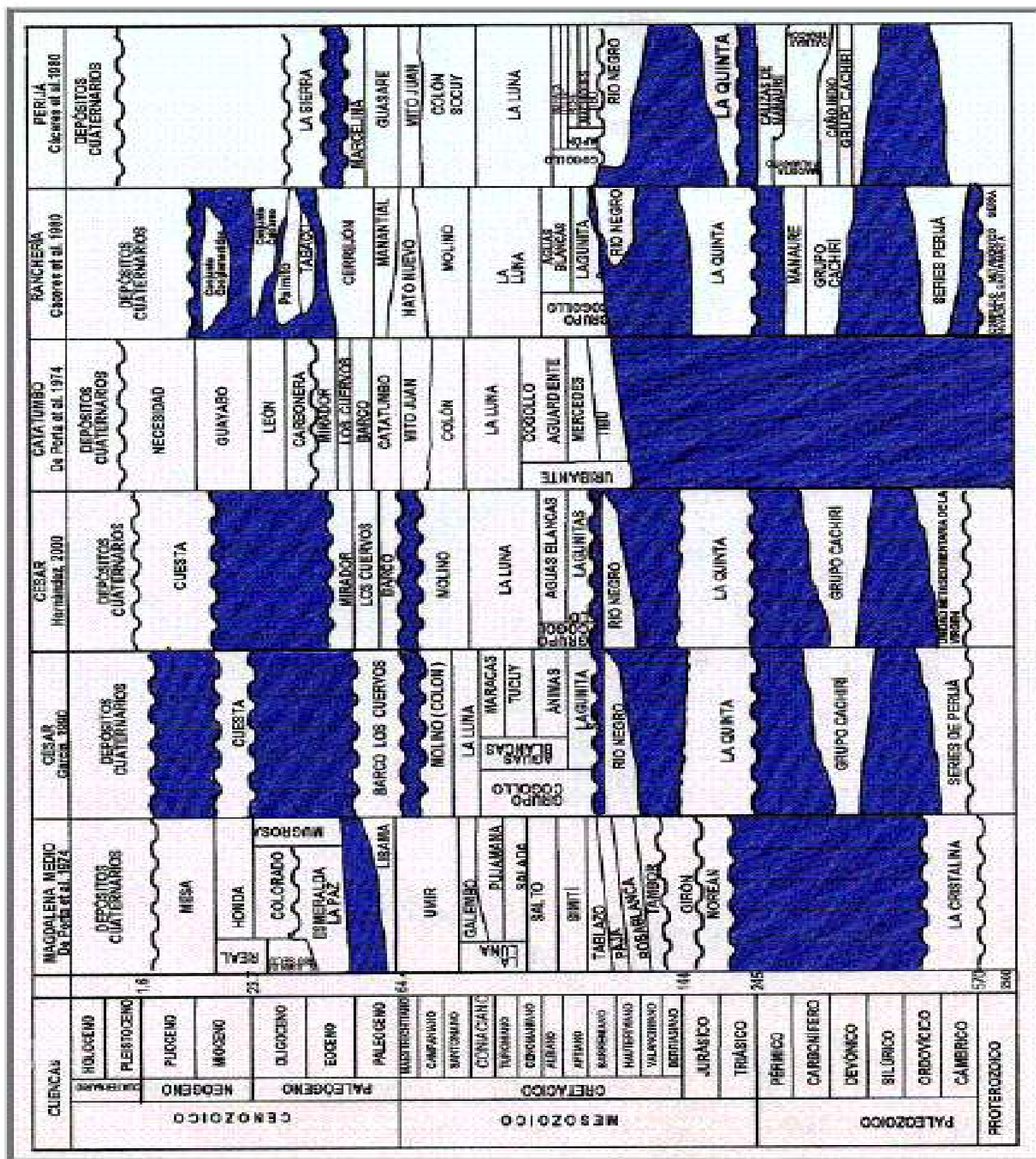
En el Campaniano Maestrichtiano comienza un relleno gradual de la cuenca en ambientes marinos normales y una mayor producción de arenas, lo que permite la depositación de la Formación Molino en Cesar Ranchería y la Formación Colón en la Cuenca de Maracaibo

Debido a que a partir del Paleoceno se pueden apreciar unidades diferentes para cada una de las cuencas. En el siguiente cuadro de correlación se muestra a partir de la depositación de la Formación Molino, las respectivas formaciones en las subcuencas del Cesar y Ranchería. Ver **Figura 5.33**.

		CUENCA DEL RANCHERIA			CUENCA DEL CESAR							
		Estribaciones Sierra Marta	Valle del Rancheria	Estribaciones Sierra Perijá	Valle del Rancheria	Limite Oeste Falla Santa Marta						
CENOZOICO	TERCIARIO	PLIO- PLEISTO	Cojunto conglomeratico									
								MIOCENO	Conjunto calcáreo		CUESTA	
								OLIGOCENO	TABACO			
								EOCENO	CERREJON			
MESOZOICO	PALEOCENO	Hato Nuevo Manantiales	Hato Nuevo Manantiales	BARCO CUERVOS	BARCO CUERVOS							
		LA LUNA	MOLINO LA LUNA	MOLINO LA LUNA	MOLINO LA LUNA							
	CRETACEO	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	COGOLLO	COGOLLO	LAGUNITAS	LAGUNITAS				
									LA LUNA	LA LUNA	LA LUNA	LA LUNA
									GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO
	INFERIOR	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	LAGUNITAS	LAGUNITAS				
									LA LUNA	LA LUNA	LA LUNA	LA LUNA
	SUPERIOR	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	GRUPO COGOLLO	LAGUNITAS	LAGUNITAS				
									LA LUNA	LA LUNA	LA LUNA	LA LUNA
	PALEOZOICO	PRECAMBRICO	LOS MANGOS									
JURASICO TRIASICO									LA QUINTA	LA QUINTA	LA QUINTA	LA QUINTA
PERMICO									INTRUS. S. NEV	MANAURE	LA QUINTA	LA QUINTA
CARBONIFERO									RÍO SECO	GP CACHIRI	LA MULA	LA QUINTA
DEVONICO										GP CACHIRI		
ORDOVICICO		SERIES PERIJA										
CAMBRICO												

Figura 5.33. Distribución Litoestratigráfica de las unidades presentes en las subcuenca Cesar y Ranchería. Proyecto Cesar Ranchería. ECOPELROL. 1989

En el cuadro de correlación siguiente se indican la secuencia observada en las cuencas del Magdalena Medio, Cesar, Catatumbo, Ranchería y Perijá y a color los tiempos de no depositación para cada una de ellas. Ver **Figura 5.34**.



**Figura 5.34.** Tabla de correlación estratigráfica de las cuencas Cesar, Ranchería, Catatumbo, Magdalena Medio y Perijá. Cartografía Geológica Cuenca Cesar Ranchería. Geoestudios. 2006

### 5.8 Potencial de Hidrocarburos

Las siguientes dos (2) tablas, resumen el potencial de hidrocarburos de la Cuenca Cesar-Ranchería, indicando el contenido de materia orgánica, el potencial de generación, el potencial de acumulación, los posibles tipos de hidrocarburos a encontrar y las características como sello, de las formaciones presentes en la subcuenca del Cesar y en la subcuenca del Ranchería. **Tabla 5.1 y 5.2**

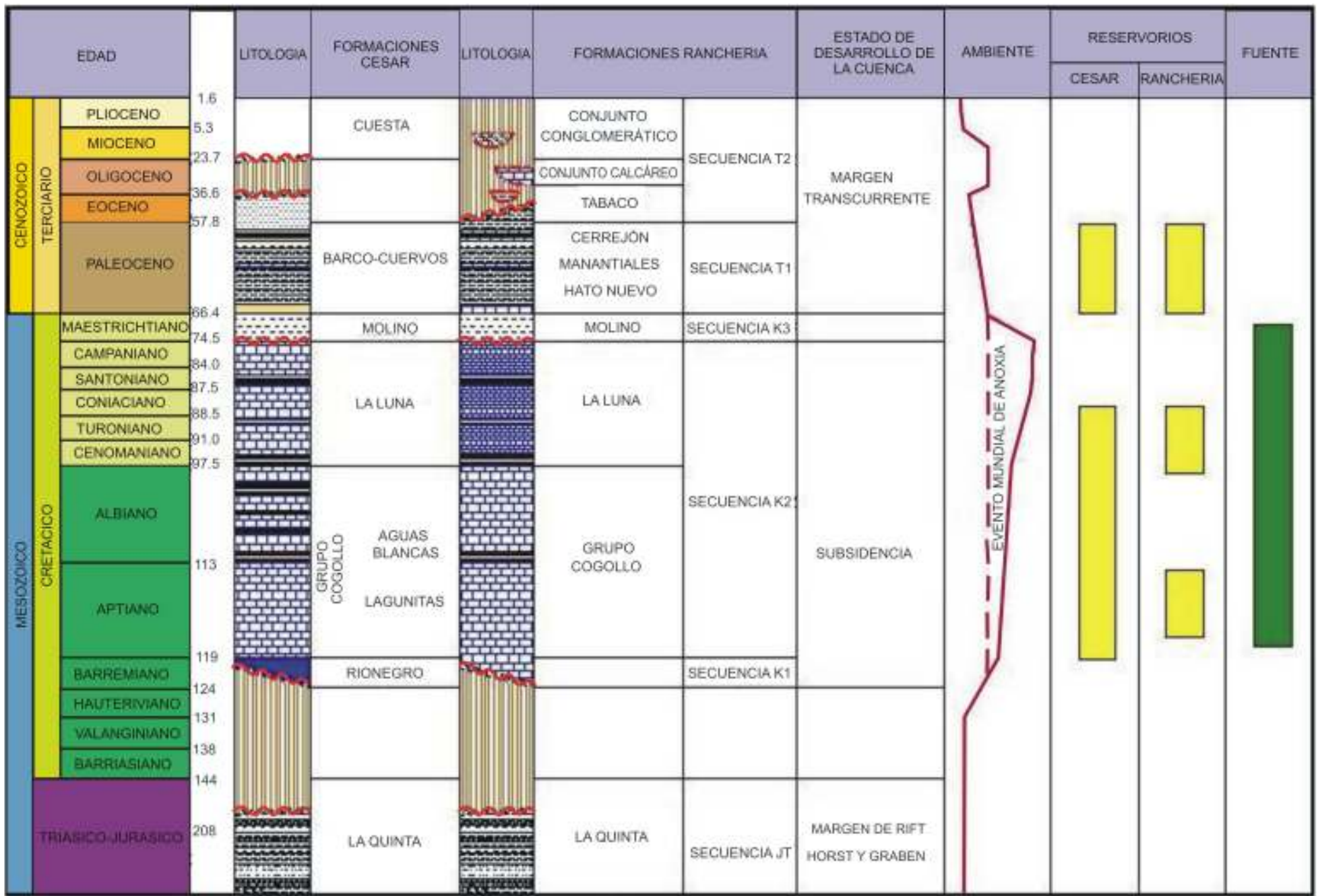
FORMACIÓN	CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	POTENCIAL DE GENERACIÓN	POTENCIAL DE ACUMULACIÓN	POSIBLES TIPOS DE HIDROCARBUROS	SELLO
<b>BARCO CUERVOS</b>	Muy alta en forma de materia orgánica húmica	Regular a buena, buena madurez, rata de enfriamiento moderado a alta	Buena en areniscas principalmente hacia la base	Gas seco condensado. Aceite liviano	Buena por espesor de la formación y presencia de arcillas
<b>MOLINO</b>	Buena en forma de materia orgánica exinítica	Alta. Buena madurez geotermal. Moderada a alta rata de enterramiento	Baja a moderada. Pocas rocas acumuladoras (Areniscas y Calizas)	Gas seco condensado. Aceite liviano	Buena a excelente
<b>LA LUNA</b>	Alto en la forma de materia orgánica alginítica	Buena. Alta madurez y alta rata de enterramiento	Alta, principalmente en fracturas	Condensado. Aceite liviano	Regular
<b>AGUAS BLANCAS</b>	Moderada en la forma de Materia orgánica exinítica	Alta. Excelente madurez geotermal y alta rata de enterramiento	Moderado, únicamente en fracturas, buena en areniscas del Miembro Tocuy	Aceite liviano	Regular
<b>LAGUNITAS</b>	Bajo a moderado	Bajo a moderado	Moderado, únicamente en fracturas	Aceite semi-pesado	Regular
<b>RÍO NEGRO</b>	Muy bajo	Casi nulo	Moderado en areniscas	Aceite semi-pesado	Regular
<b>LA QUINTA</b>	Muy baja a nula	Nula	Moderada en rocas volcánicas fracturadas o areniscas	Aceite pesado	Malo
<b>GP CACHIRÍ</b>	Bajo a medio	Baja a muy baja. Materia orgánica sobremadura	Baja, únicamente en fracturas (calizas), medio en areniscas	Gas térmico	Regular

**Tabla 5.1.** Potencial petrolífero de las formaciones presentes en la subcuenca del Cesar. Proyecto Cesar Ranchería. ECOPEL. 1998

FORMACIÓN	CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	POTENCIAL DE GENERACIÓN	POTENCIAL DE ACUMULACIÓN	POSIBLES TIPOS DE HIDROCARBUROS	SELLOS
<b>TABACO</b>	Muy bajas	Nulo (Inmaduro)	Bajo	Ninguno	Malo
<b>CERREJÓN</b>	Muy alta (Materia orgánica húmica)	Regular a buena	Buena en areniscas (principalmente hacia la base)	Gas seco (metano) condensado	Regular a bueno
<b>HATO NUEVO MANATIALES</b>	Baja	Baja. Falta de madurez termal	Moderado principalmente en calizas fracturadas	Gas seco	Mala a regular
<b>MOLINO</b>	Buena	Madurez geotermal baja. Moderada rata de enterramiento	Muy baja. Pocas rocas acumuladoras (areniscas)	Gas seco condensado	Buena a excelente
<b>LA LUNA</b>	Alta	Madurez geotermal baja	Alta. Principalmente en fracturas	Condensado. Aceite liviano	Regular
<b>GP COGOLLO</b>	Moderada	Alta, Buena madurez geotermal y alta rata de enterramiento.	Moderado, únicamente en fracturas	Aceite liviano semi-pesado	Regular
<b>LA QUINTA</b>	Muy bajo	Casi nulo	Moderado, en rocas volcánicas fracturadas y en areniscas	Aceite pesado	Malo
<b>MANAURE</b>	Baja	Bajo a muy bajo. Materia orgánica madura a sobremadura	Moderado, únicamente en fracturas	Gas húmedo	Regular
<b>GP CACHIRÍ</b>	Bajo a moderado. Materia orgánica carbonáceas	Moderado, materia orgánica madura a sobremadura	Baja a muy baja en fracturas	Gas húmedo	Bueno

**Tabla 5.2.** Potencial petrolífero de las formaciones presentes en la subcuenca Ranchería. Proyecto Cesar Ranchería. ECOPETROL. 1998.

Como resumen final del potencial de hidrocarburos de la cuenca, se anexa el siguiente cuadro, donde se presenta la secuencia estratigráfica descrita en este informe para cada una de las subcuencas, indicando las secuencias ya descritas, el estado de desarrollo de la cuenca en el tiempo, los ambientes de sedimentación, las formaciones de interés como reservorio y las rocas fuente o posibles generadoras de hidrocarburos. Ver **Figura 5.35**.



**Figura 5.35.** Columna estratigráfica Cuenca Cesar Ranchería, modificado ICP 1990 en Unraveling the Hydrocarbon potential of a fold thrust belt.

## 5.9 Secciones Cronoestratigráficas

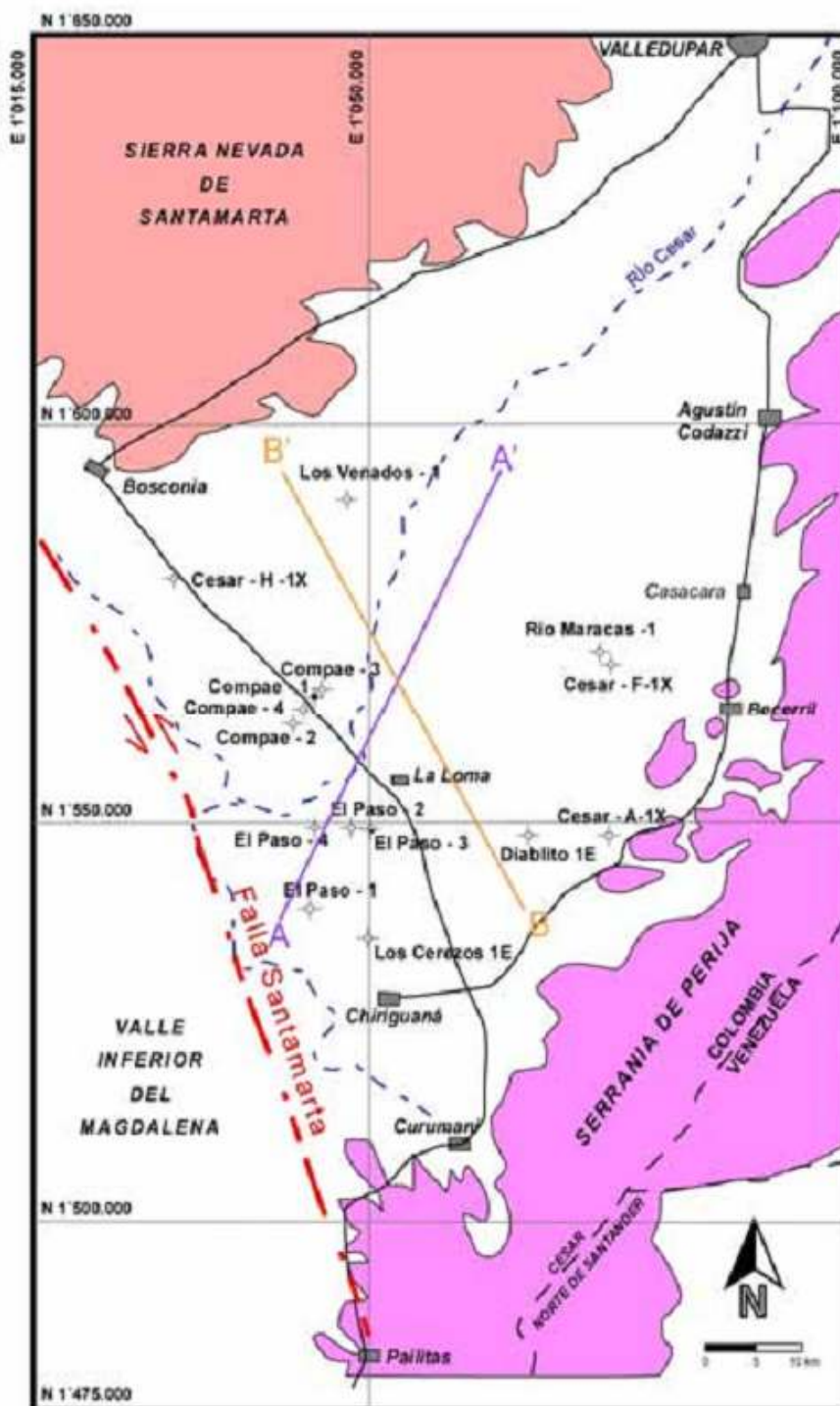
### Subcuenca del Cesar

Se elaboraron siguiendo la metodología propuesta por Cooper et. al. (1995), y se denominan cronoestratigráficas, porque en ellas se observa la relación de la columna estratigráfica de un grupo de pozos mostrando la posición correcta de las unidades litoestratigráficas y su respectiva localización en la escala temporal, clasificándolas por facies y en consecuencia por el ambiente de depositación. El objeto de estas secciones es determinar el comportamiento de las principales inconformidades, el sello regional, las rocas generadoras y las rocas reservorio, de la Subcuenca del Cesar.

La ubicación de los dos (2) cortes se define en la **figura 5.36**, en la que se muestra la orientación de cada sección dentro de la subcuenca. La sección A-A', se orienta N25E, en el sentido del eje de la Subcuenca del Cesar; mientras la sección B-B', se orienta N30W, en sentido contrario del eje de la subcuenca.

Posterior a la escogencia de las orientaciones de los cortes, se proyectaron los 15 pozos de forma perpendicular sobre cada línea (A-A' y B-B'); y se dibujó para cada pozo la columna estratigráfica detallada, de tal manera que coincidiera con el tiempo de depositación de la misma (**Figuras 5.37 y 5.38**). Luego, se asociaron las litologías entre pozos vecinos, notando así, los cambios de facies laterales, y asociando estos al ambiente de depositación.

Por último, de las secciones A-A' y B-B' se establecieron tres inconformidades regionales dentro de la Subcuenca Cesar; la inconformidad inferior, entre la Formación La Quinta y las rocas suprayacentes del Grupo Cogollo; la inconformidad media, entre la Formación La Luna y las rocas suprayacentes de la Formación Molino; y, la inconformidad superior, entre la Formación Barco-Cuervos y las rocas suprayacentes de la Formación Cuesta. Además, se establecieron los principales reservorios de la subcuenca (**Figuras 5.37 y 5.38**); siendo éstos, las calizas de la Formación Lagunitas, las del Miembro Ánimas (Formación Aguas Blancas), las del Miembro Maracas (Formación Aguas Blancas), las de la Formación La Luna y algunas que aparecen atravesadas por los pozos Compae 1, 2, 3 y 4, correspondientes al Miembro Socuy (Formación Molino); también, los lentes de areniscas que aparecen atravesados por los pozos Cesar A-1X y F-1X, El Paso 3, Compae 1, 2, 3 y 4, y Los Venados 1 pertenecientes al Miembro Tocuy (Formación Aguas Blancas) y a la Formación La Luna. De igual manera, se establecieron los sellos a nivel regional; la Formación Molino y las tres inconformidades antes descritas. Ver **Figuras 5.37 y 5.38**.



**Figura 5.36.** Mapa de ubicación de las secciones Cronoestratigráficas en la subcuenca Cesar. La sección A-A', está orientada N25E, y la sección B-B', está orientada N30W.



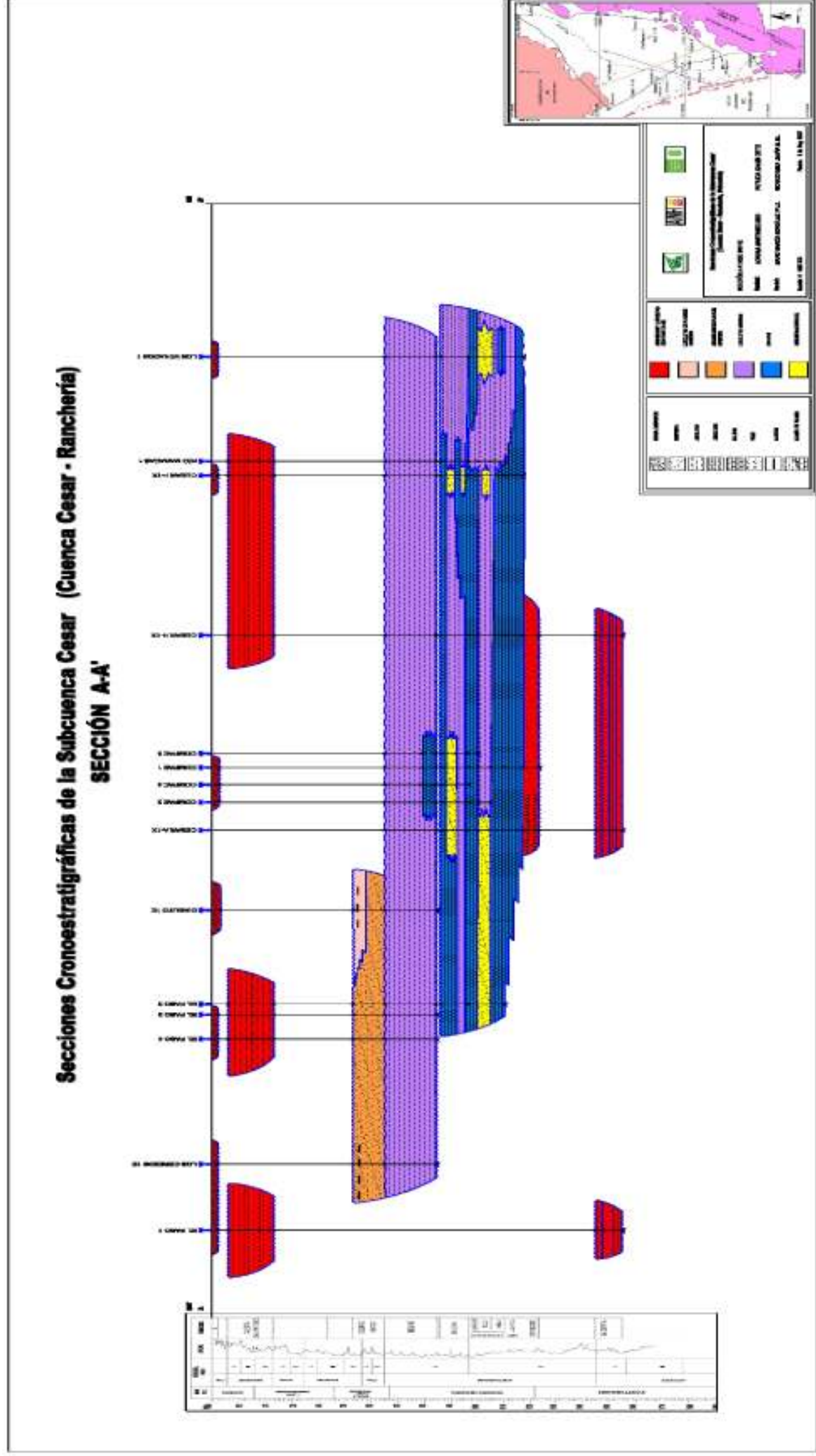


Figura 5.37. Sección Cronoestratigráfica sección sísmica A-A'.

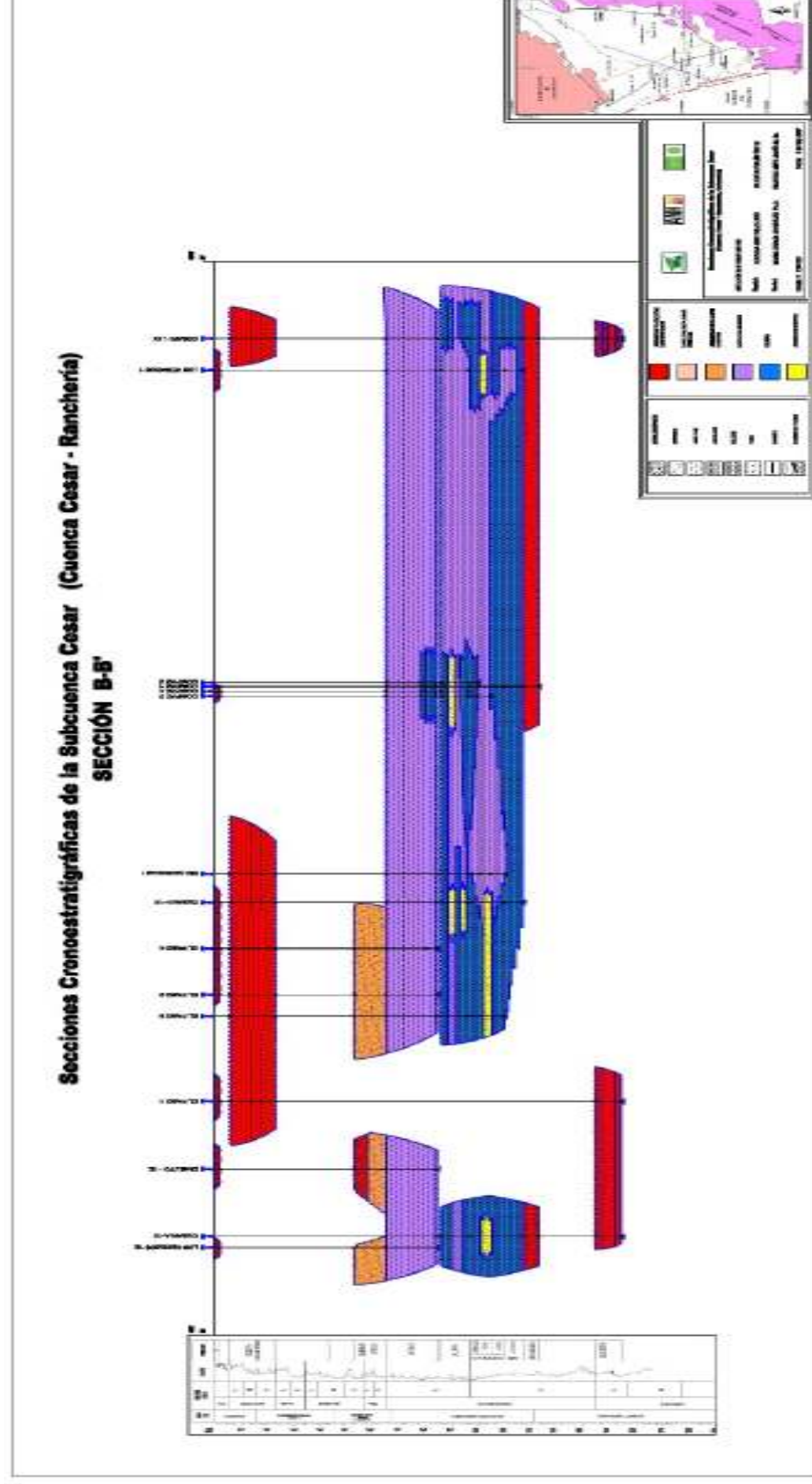
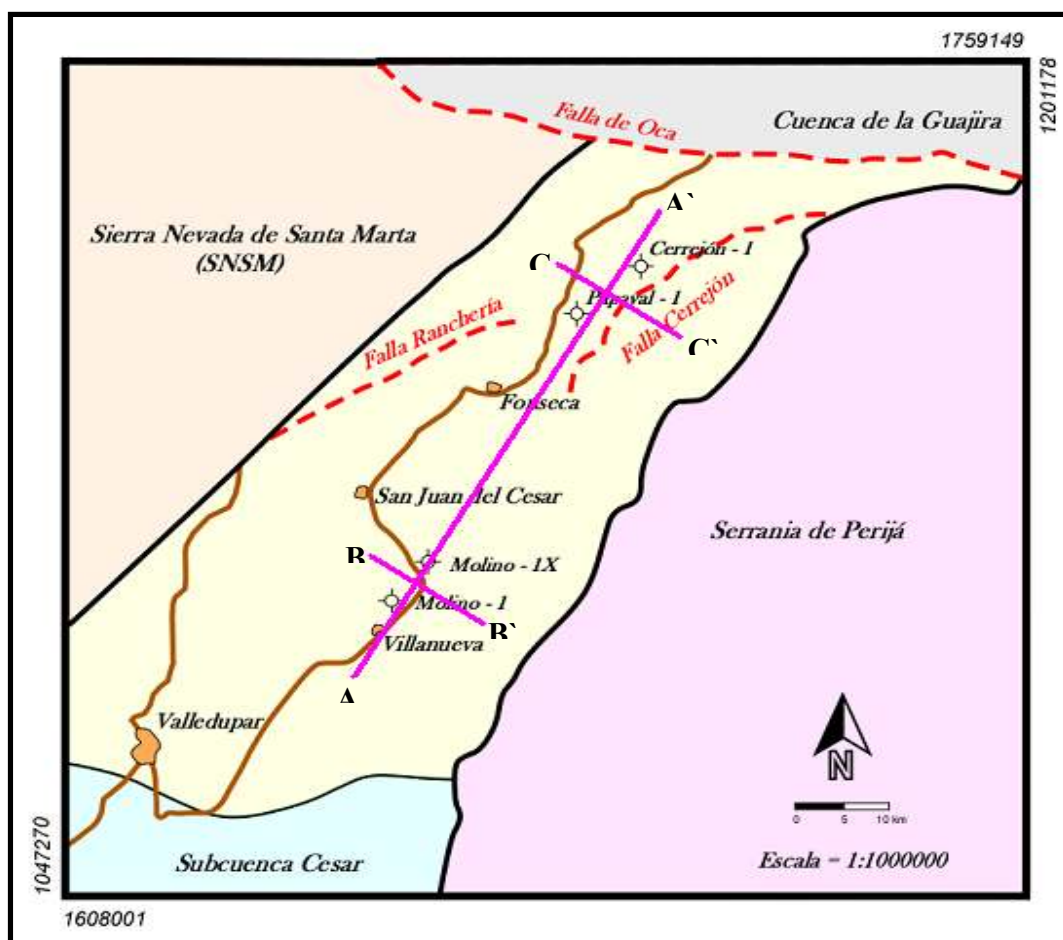


Figura 5.38. Sección Cronoestratigrafica sección sísmica B-B'.

### Subcuenca del Ranchería

La ubicación de los tres esquemas cronoestratigráficos se muestra en la **figura 5.39**, uno en dirección del rumbo de la cuenca (A-A'). La sección A-A', se orienta NE, en el sentido del eje de la Subcuenca Ranchería; mientras las secciones B-B' y C-C' se orientan NW, en sentido contrario del eje de la subcuenca.



**Figura 5.39.** Mapa de Localización, Secciones Cronoestratigráficas subcuenca del Ranchería. La sección A-A' tiene una orientación NE y las secciones B-B' y C-C' tienen orientación NW

De igual forma, posterior a la escogencia de las orientaciones de los cortes, se proyectaron los 4 pozos de forma perpendicular sobre cada línea (A-A', B-B' y C-C'); y se dibujó para cada pozo la columna estratigráfica detallada, de tal manera que coincidiera con el tiempo de depositación de la misma (**Figuras 5.40, 5.41 y**

**5.42).** Luego, se asociaron las litologías entre pozos vecinos, notando así, los cambios de facies laterales, y asociando estos al ambiente de depositación.

Por último, de las secciones A-A', B-B' y C-C' se establecieron tres inconformidades regionales dentro de la Subcuenca del Ranchería; la inconformidad inferior, entre la Formación La Quinta y las rocas suprayacentes del Grupo Cogollo; la inconformidad media, entre la Formación La Luna y las rocas suprayacentes de la Formación Molino; y, la inconformidad superior, entre la Formación Cerrejón y las rocas suprayacentes del Conjunto Calcáreo; en la sección B-B' se puede observar además una discordancia entre el conjunto Calcáreo y el conjunto Conglomerático en la sección B-B'. También se establecieron los principales reservorios de la subcuenca (**Figuras 5.40, 5.41 y 5.42**); siendo éstos, las calizas de la base del grupo Cogollo, las que se encuentran en la formación Lagunitas y Aguas Blancas y las de la Formación La Luna. También, los lentes de areniscas que aparecen atravesados por los pozos Molino 1X de la formación Lagunitas. De igual manera, se establecieron los sellos a nivel regional; la Formación Molino y las tres inconformidades antes descritas. Ver **Figuras 5.40 y 5.41**.

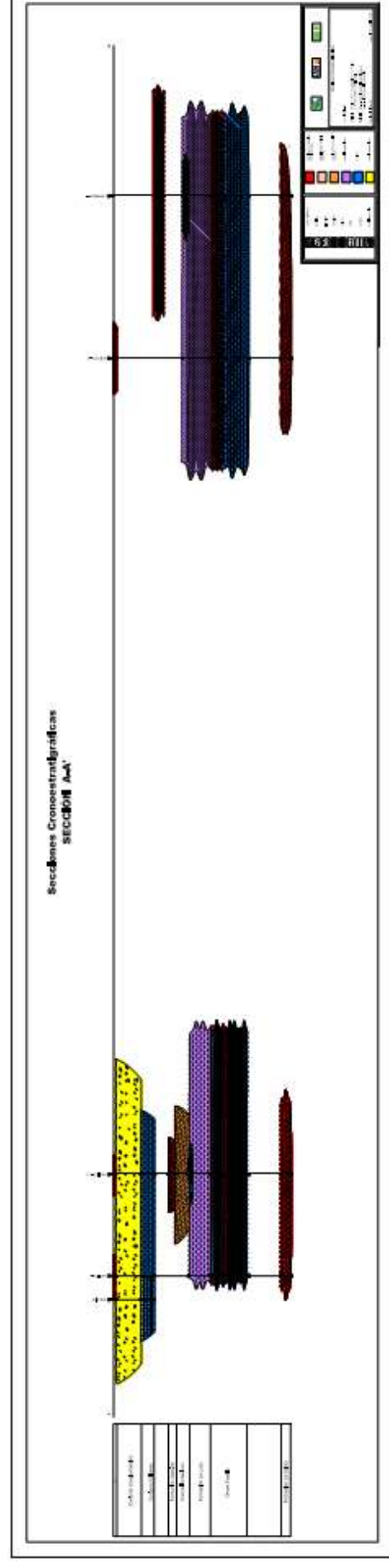
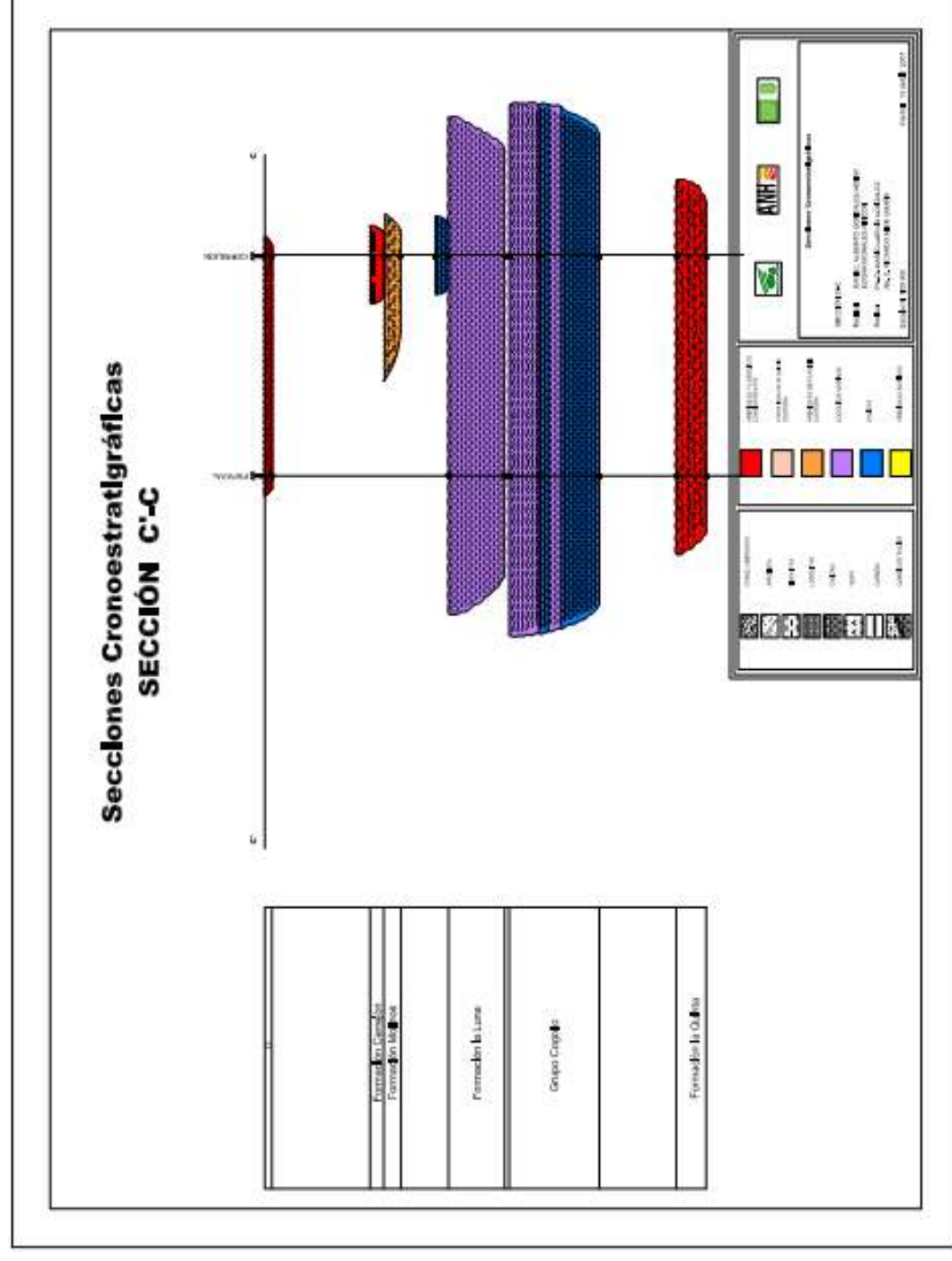


Figura 5.40. Sección Cronoestratigráfica sección sísmica A-A'. Subcuenca del Ranchería





**Figura 5.42.** Sección Cronoestratigráfica sección sísmica B-B'. Subcuenca del Ranchería.



PROSPECTIVIDAD CUENCA CESAR-RANCHERIA





## 6 ACTIVIDAD EXPLORATORIA POZOS.

La exploración realizada en términos de pozos perforados en la Cuenca Cesar-Ranchería, se puede resumir cronológicamente de acuerdo a las actividades de las siguientes empresas:

### **Actividades de la Tropical Oil Company. 1938 – 1949.**

1938 – 1941. Se realizan estudios de la geología de superficie.

1941 – 1948. Trabajos sísmicos y gravimétricos.

### **El Paso -1.**

El primer pozo perforado, Ubicado en la Subcuenca del Cesar.

La perforación inició octubre de 1947

Atravesó:

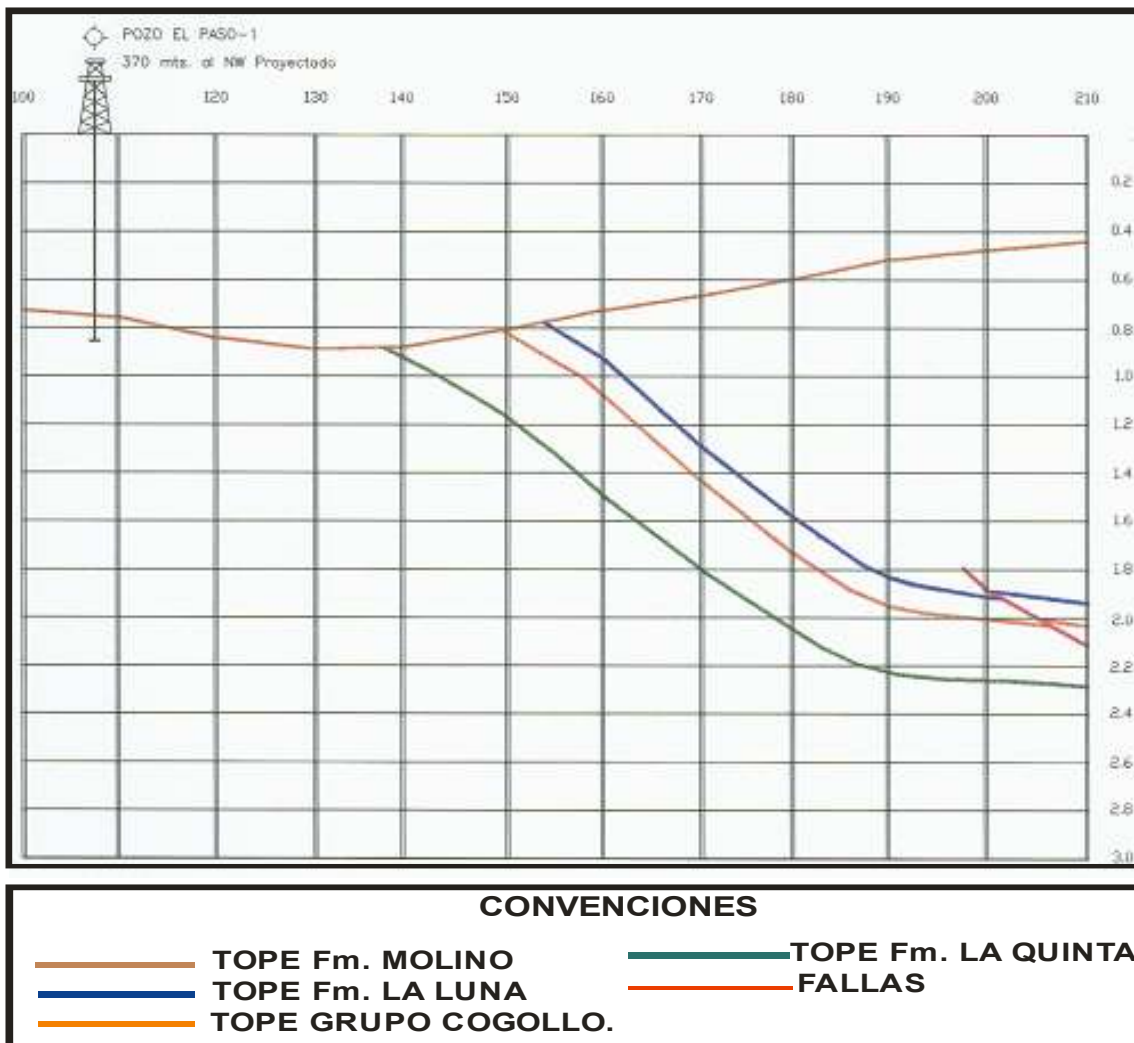
- Plioceno
- Mioceno. Formación San Antonio
- Jurásico. Formación La Quinta

Profundidad final 2928 pies

No hubo manifestaciones de hidrocarburos y el pozo fue abandonado.

Geoquímica: ubicado en una zona sobremadura. Muy bajos contenidos de materia orgánica.

Evaluación final: No existe trampa. (Ver **figura 6.1**).



**Figura 6.1** Perforación pozo El Paso 1. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería Tomo 1. ECOPETROL. 1998.

**Pozo Papayal – 1.**

Ubicado en la Subcuenca del Ranchería.  
La perforación se inició en octubre de 1947.  
Atravesó:

- Formación Molino
- Formación La Quinta.

Profundidad final 2577 pies

Manifestaciones de aceite entre: 355 – 470 pies, 565 – 675 pies

En el intervalo 400 – 525 pies. Prueba de formación DST – 1. Sin recuperación de hidrocarburos.

En los intervalos: 1345 – 1425 pies y entre 2000- 2090 pies. Manifestaciones de agua azufrada.

Geoquímica: información parcial. Incierta generación y expulsión.

Evaluación final: muy cercano a la superficie. Presenta biodegradación. Se perforó cerca de la cresta del Anticlinal de Papayal.

Finalmente fue abandonado.

### **Pozo El Paso – 2.**

Ubicado en la subcuenca del Cesar.

Se inició la perforación en marzo de 1948.

Atravesó.

- Formación San Antonio
- Formación Molino

Profundidad alcanzada 8783 pies.

Manifestaciones de hidrocarburos entre 2350 – 6000 pies

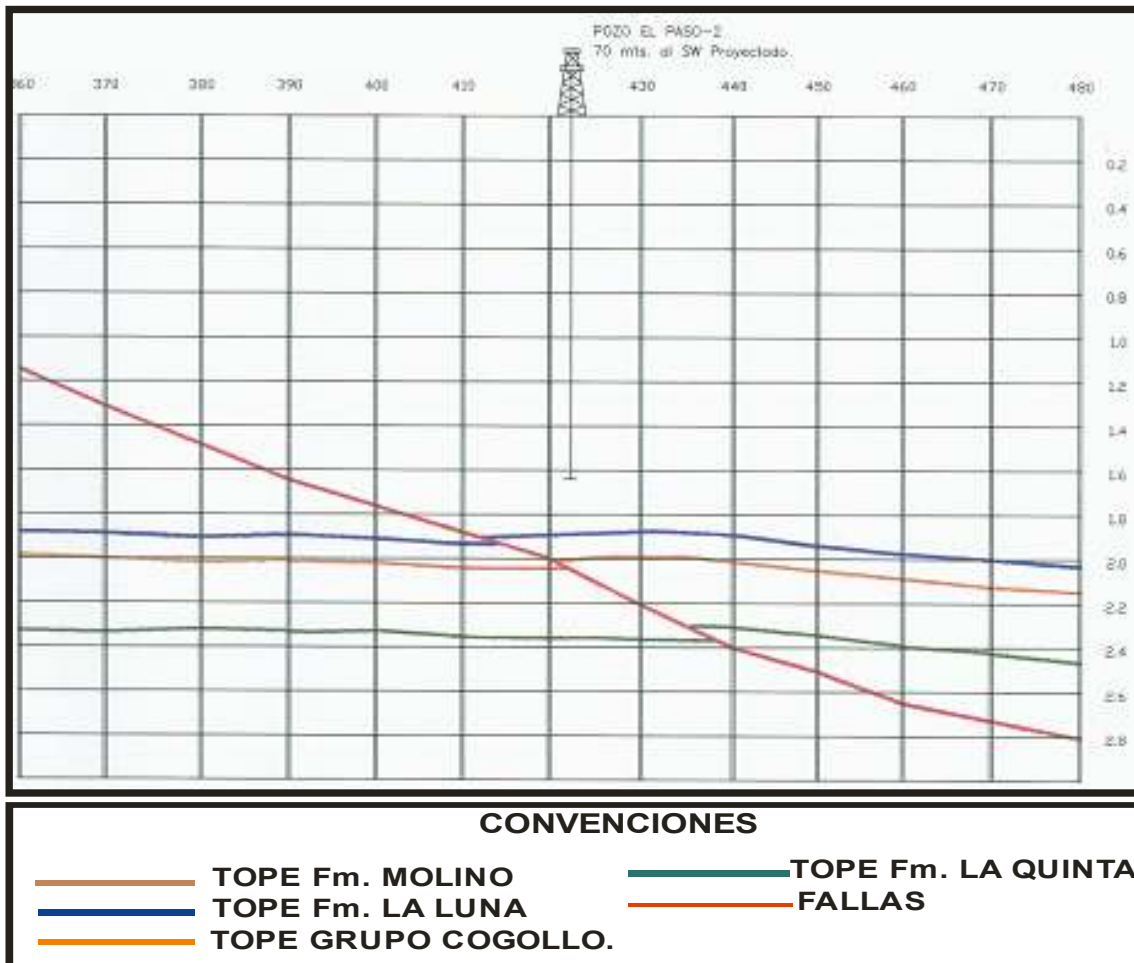
Se realizaron cuatro pruebas de formación DST, entre 3655 – 3965 pies

En la prueba DST -2, se determinaron trazas de hidrocarburos, aceite de 24.5° API.

Geoquímica: no tiene información.

Evaluación final: La trampa es un anticlinal fallado. No se alcanzaron los objetivos cretácicos, estructuralmente muy bajo. (Ver **figura 6.2**).

Finalmente fue abandonado.



**Figura 6.2** Perforación pozo El Paso 2. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería Tomo 1. ECOPEPETROL. 1998.

**Pozo Cerrejón – 1.**

Ubicado en la Subcuenca del Ranchería  
Atravesó el intervalo entre.

- Formación Cerrejón
- Formación La Quinta.

Alcanzó los 7814 pies de profundidad

No registró manifestaciones de hidrocarburos

Fue abandonado en 1949.

Geoquímica: su potencial de generación es incierto, con la Posibilidad de generar gases húmedos.

Evaluación final: no se observa cierre. Ubicado por información de superficie.

**6.1 Actividades de la International Petroleum Company. INTERCOL. 1951 – 1954.**

**Pozo Río Maracas -1.**

Pozo ubicado en la subcuenca del Cesar.  
 Inicio de la perforación diciembre de 1951  
 Atravesó.

- Formación Molino
- Formación La Luna
- Formación Aguas Blancas.

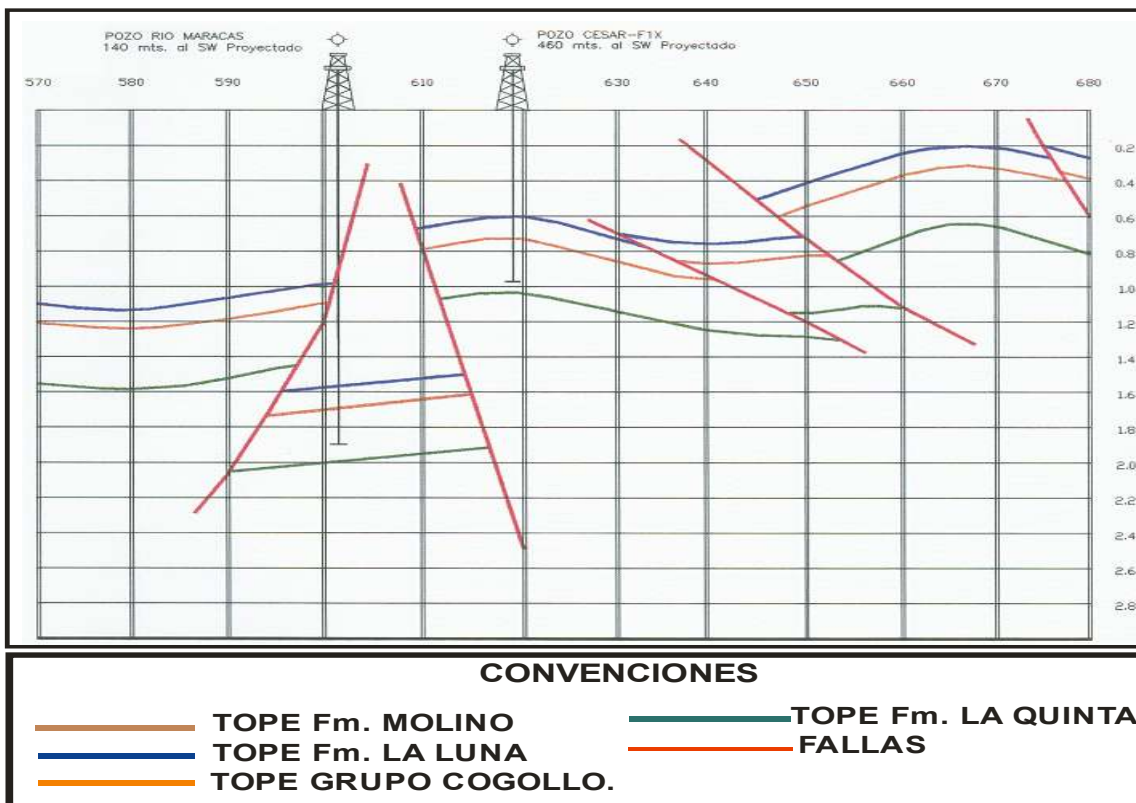
Profundidad final 10.218 pies.

Leves manifestaciones de hidrocarburos en la Formación Molino en los intervalos:1790 – 2950 pies y 3050 – 3100 pies.

El pozo fue declarado seco y abandonado en junio de 1952.

Geoquímica. No tiene información

Evaluación final. Perforado en el bloque yacente de una falla tipo thrust. No existe trampa. (Ver **figura 6.3**).



**Figura 6.3** Perforación pozo Río Maracas 1. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería Tomo 1. ECOPETROL. 1998.

### Pozo El Paso -3.

Pozo ubicado en la Subcuenca del Cesar.

Inicio de la perforación septiembre de 1953.

Atravesó:

Desde la Formación San Antonio, hasta Formación Aguas Blancas.

Profundidad final 11.609 pies.

Fuertes manifestaciones de hidrocarburos en:

- Formación Molino
- Formación La Luna
- Formación Aguas Blancas

Se realizaron 21 pruebas de formación DST y 5 pruebas de producción PP.

En la Formación Molino:

En las pruebas PP-2 y PP-2a, ubicadas en el intervalo 7167 – 7177, se recuperaron:

Prueba PP-2: se obtuvo, 201 BPD de 41.1° API

Prueba PP-2a se obtuvo, 796.5 BPD de 40.6° API.

En la Formación Aguas Blancas:

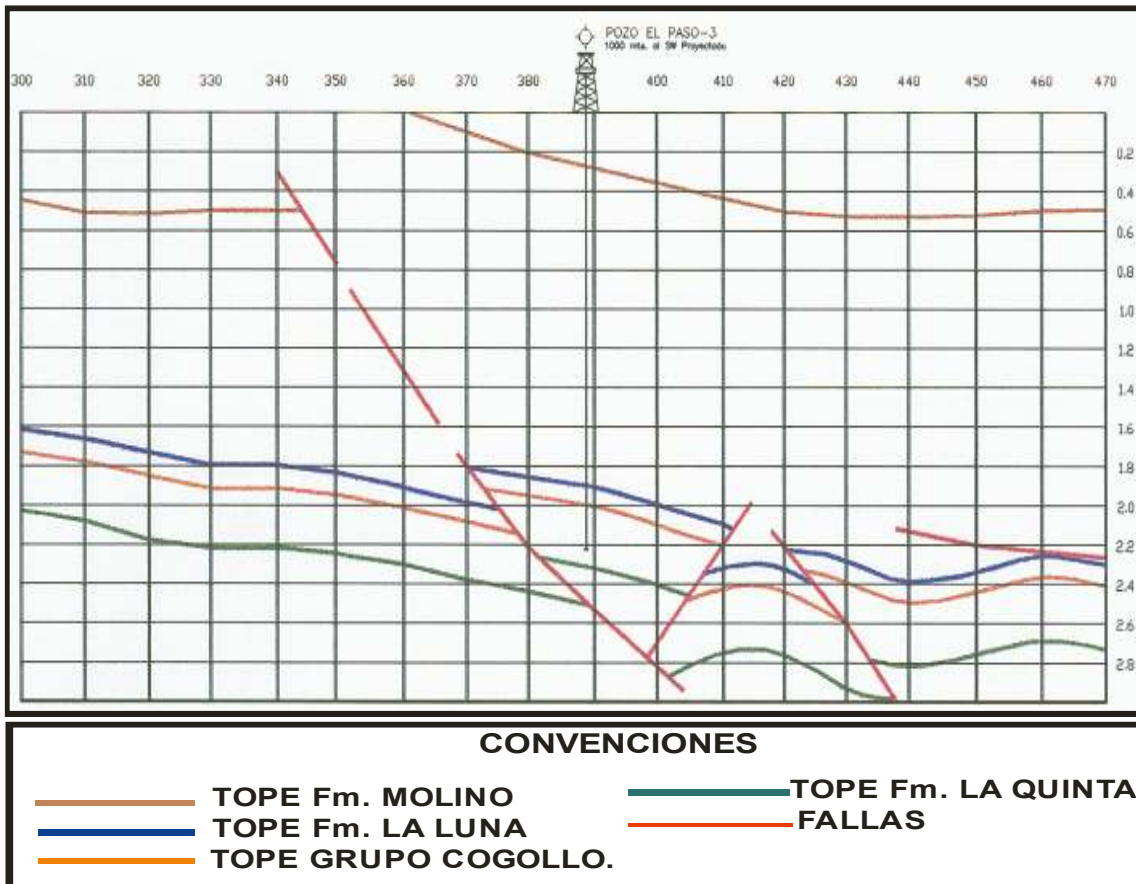
Prueba PP-1. Intervalo 11.020 – 11.187 pies, se recuperaron 24 BPD de 37° API

El pozo fue clasificado como productor no comercial de aceite.

Se abandonó en julio de 1954.

Geoquímica: posibilidades de generación y expulsión, pero en cantidades muy bajas.

Evaluación final: programado para probar la misma estructura del pozo El Paso - 2. (Ver **figura 6.4**).



**Figura 6.4** Perforación pozo El Paso 3. Tomado de Potencial Petrolífero, Cuenca Cesar-Ranchería Tomo 1. ECOPETROL. 1998.

**POZO EL PASO 4**

Pozo ubicado en la Subcuenca del Cesar.

Inicio de la perforación julio de 1954.

Atravesó.

- Formación San Antonio
- Formación Los Cuervos
- Formación Barco
- Formación Molino

Profundidad final 4252 pies.

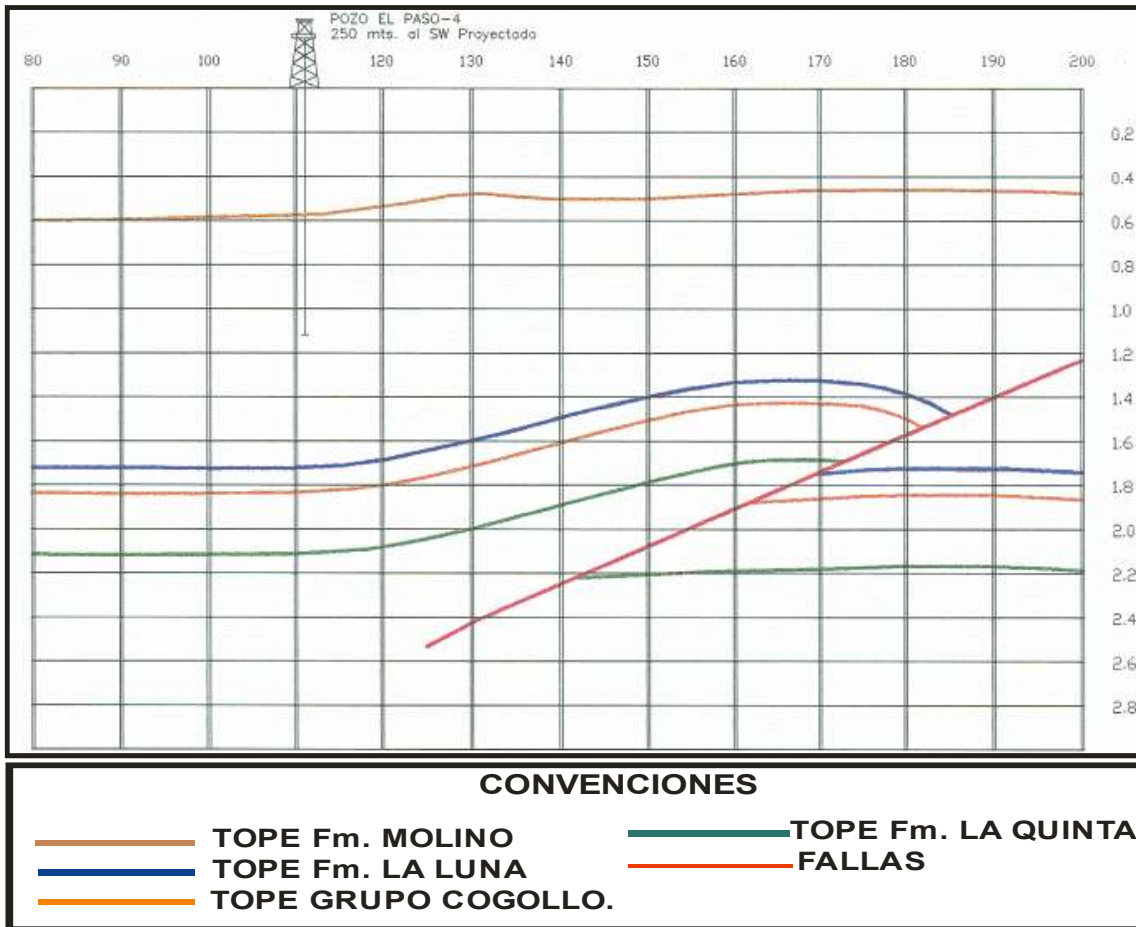
Se realizó prueba de formación: Formación Barco. Intervalo 2810 – 2885 pies.

Leves manifestaciones de gas.

El pozo se declaró seco y fue abandonado.

Geoquímica: no hay información.

Evaluación final: Perforado en la parte baja de un anticlinal fallado. No alcanzó los objetivos cretácicos. (Ver **figura 6.5**).



**Figura 6.5.** Perforación pozo El Paso 4. Tomado de Potencial Petrolífero, Cuenca Cesar-Ranchería Tomo 1. ECOPEPETROL. 1998.

**Pozo Los Venados- 1.**

Pozo ubicado en la Subcuenca del Cesar.

Inicio de la perforación diciembre de 1954.

Atravesó.

- Formación Molino
- Formación La Luna
- Formación Aguas Blancas
- Formación Lagunitas
- Formación Río Negro
- Formación La Quinta

Profundidad final 4110 pies.

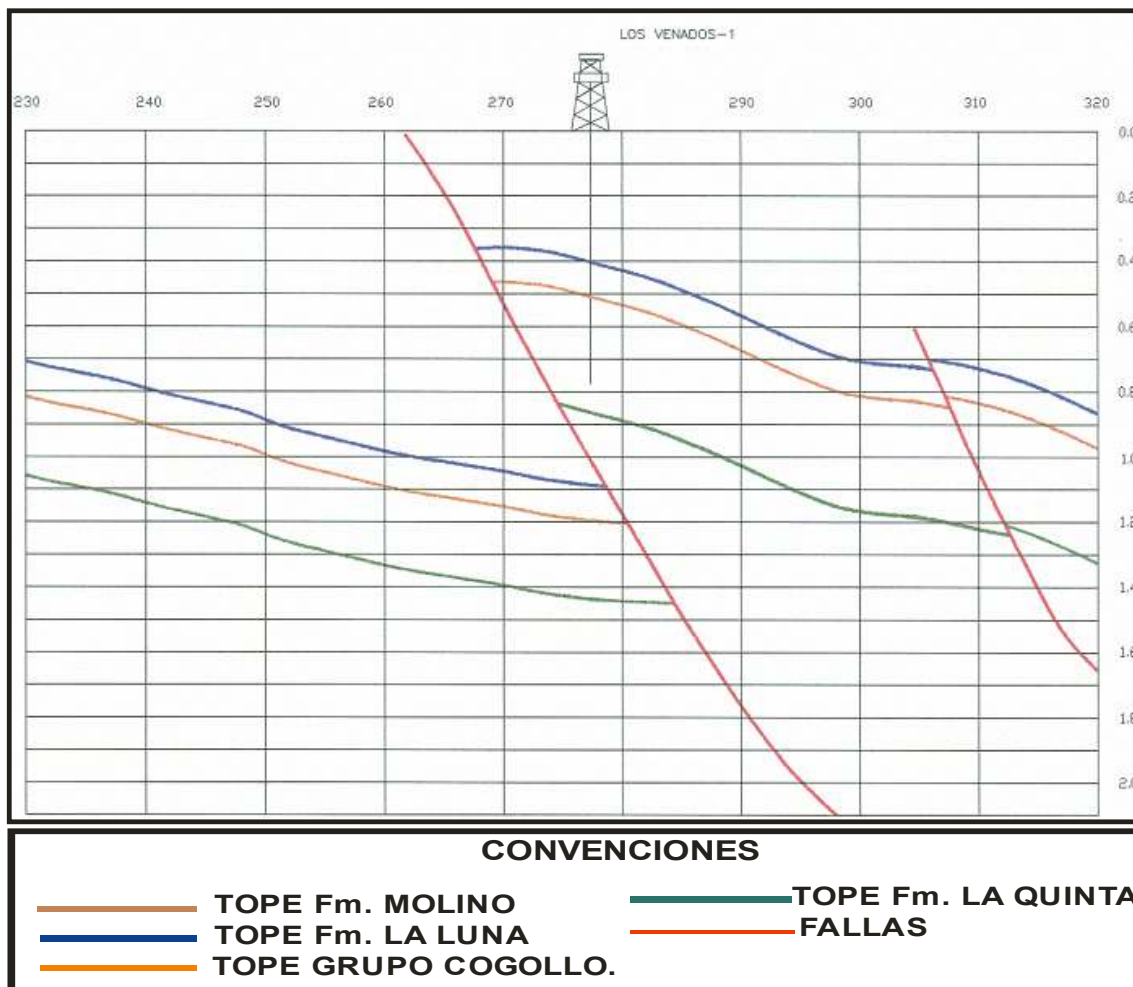
No presentó ninguna manifestación de hidrocarburos

Abandonado como seco en febrero de 1955.

Geoquímica: sin información.



Evaluación final: se perforó un anticlinal fallado. No tiene cierre estructural. (Ver figura 6.6).



**Figura 6.6.** Perforación pozo Los Venados 1. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería Tomo 1. ECOPETROL. 1998.

**Actividades ECOPETROL – Phillips Petroleum Company. 1979 – 1981**

**Programa sísmico ECOPETROL. CR – 79.**

Comprendió 15 líneas sísmicas, para un total de 344 Km

Programa sísmico Phillips. CV – 79.

Comprendió 45 líneas sísmicas, para un total de 1618 Km

**Pozo Molino- 1. ECOPETROL**

Pozo ubicado en la subcuenca del Ranchería.

Inicio de la perforación febrero de 1980.  
Atravesó.

- Formación Conjunto Conglomerático
- Formación Conjunto Calcáreo
- Formación Molino
- Formación La Luna
- Formación Aguas Blancas
- Formación La Quinta.

Profundidad final 6060 pies

Manifestaciones de hidrocarburos en el siguiente intervalo: 2450 - 5750 pies

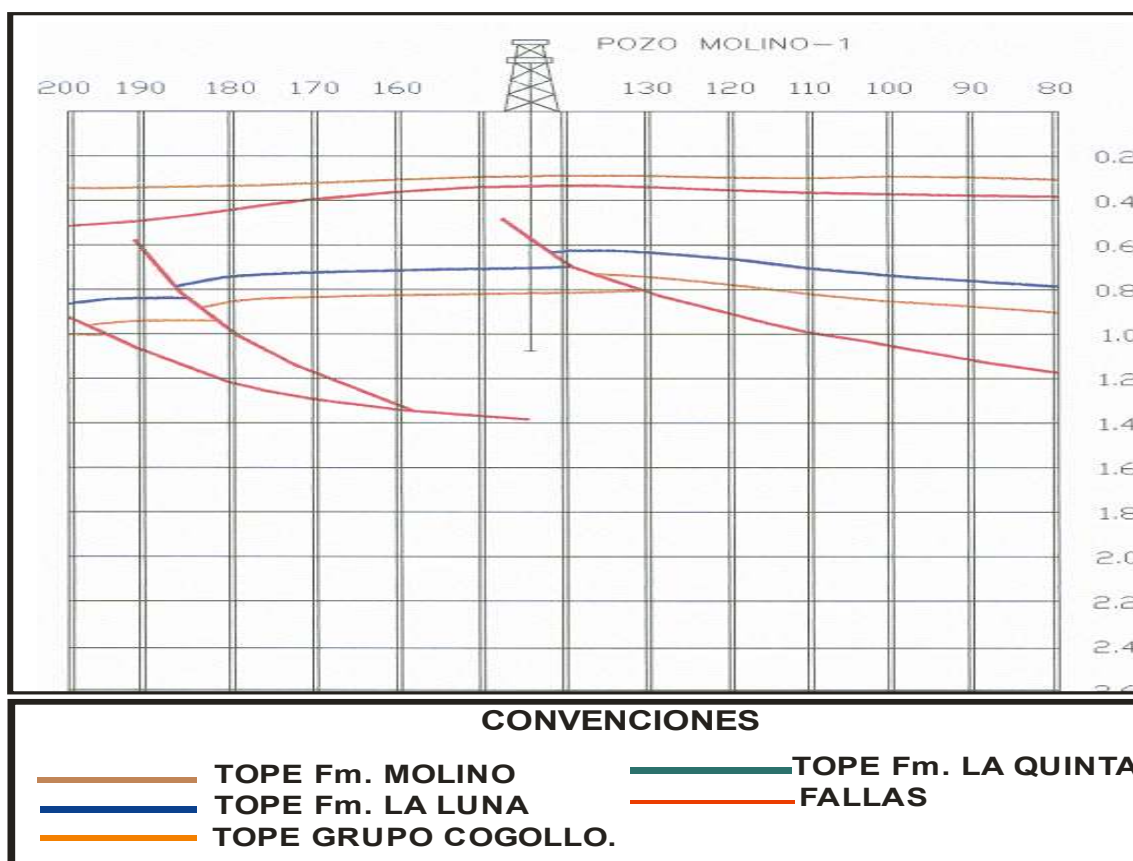
Se tomaron 8 pruebas de formación DST, pero ninguna dio resultados positivos.

El pozo se declaró seco.

Se abandonó en abril de 1980.

Geoquímica: sin información.

Evaluación final: se perforó en un anticlinal asociado a cabalgamiento. No se observa cierre estructural. Mejor desarrollo hacia el suroeste. (Ver **figura 6.7**).



**Figura 6.7.** Perforación pozo Molino1. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería Tomo 1. ECOPETROL. 1998.

**Pozo Molino – 1X ECOPETROL**

Pozo ubicado en la Subcuenca del Ranchería.

Inicio de la perforación mayo de 1980.

Atravesó:

- Desde Formación Conjunto Conglomerático
- Hasta Formación La Quinta.

Profundidad final 8788 pies.

Manifestaciones de hidrocarburos:

En el intervalo 3420 – 8400 pies. En muestras de zanja.

Se realizaron 11 pruebas de formación DST. A partir de las cuales se definió una producción no comercial de gas, en la Formación Hato Nuevo

El pozo fue declarado como gasífero no comercial. Se abandonó en septiembre de 1980.

Geoquímica: información incompleta. Potencial de generación de gases húmedos.

Evaluación final: Perforado en un anticlinal asociado a una falla inversa. El pozo quedó bajo estructuralmente y tangencial a la estructura.

**Pozo Cesar A- 1X. Phillips.**

Pozo ubicado en la Subcuenca del Cesar.

Inicio de la perforación julio de 1980.

Atravesó:

- Desde la Formación Molino
- Hasta la Formación La Quinta.

Profundidad final 5600 pies

Manifestaciones de hidrocarburos.

Formación Lagunitas, intervalo 4500 – 4530 pies.

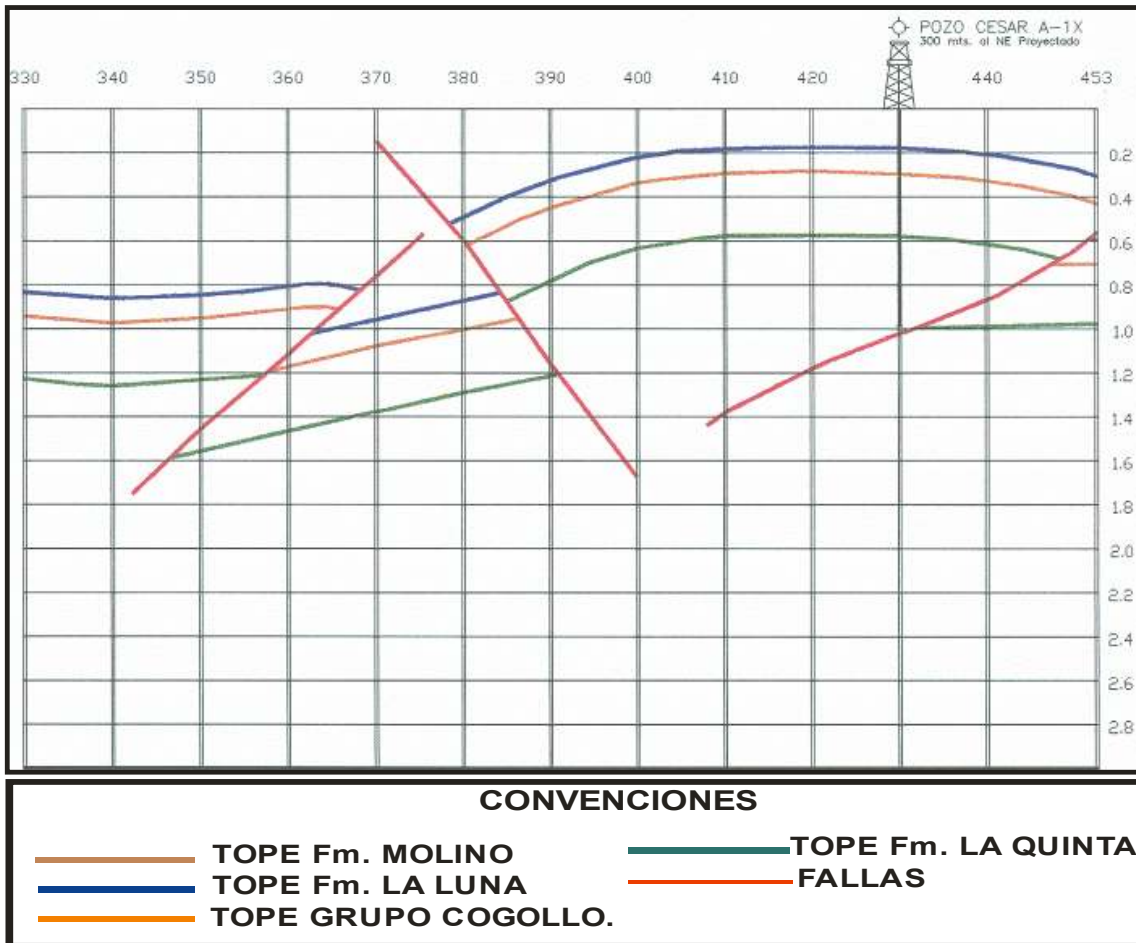
Formación Río Negro, intervalo 4850 – 5280 pies

Se realizaron 9 pruebas de formación DST, pero fueron negativas

El pozo se declaró seco y se abandonó.

Geoquímica: sin información.

Evaluación final: Probó un anticlinal fallado. Muy cercano a superficie y fracturado, puede no tener sello. (Ver **figura 6.8**).



**Figura 6.8.** Perforación pozo Cesar A1X. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería Tomo 1. ECOPETROL. 1998.

**Pozo Cesar F- 1X. Phillips.**

Pozo ubicado en la Subcuenca del Cesar.

Inicio de la perforación septiembre de 1980.

Atravesó:

Desde la Formación San Antonio

Hasta la Formación Lagunitas.

Profundidad final 6543 pies

Manifestaciones de Gas.

Formación Aguas Blancas, intervalo 4770 - 5170 pies.

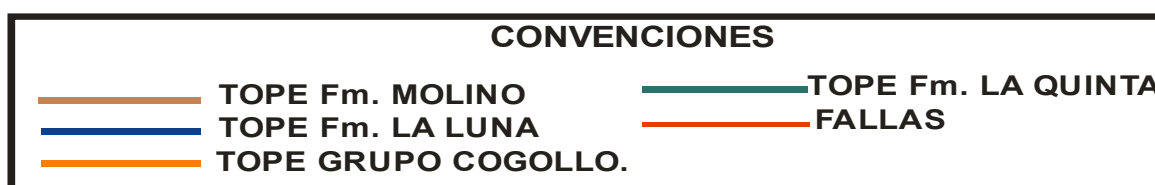
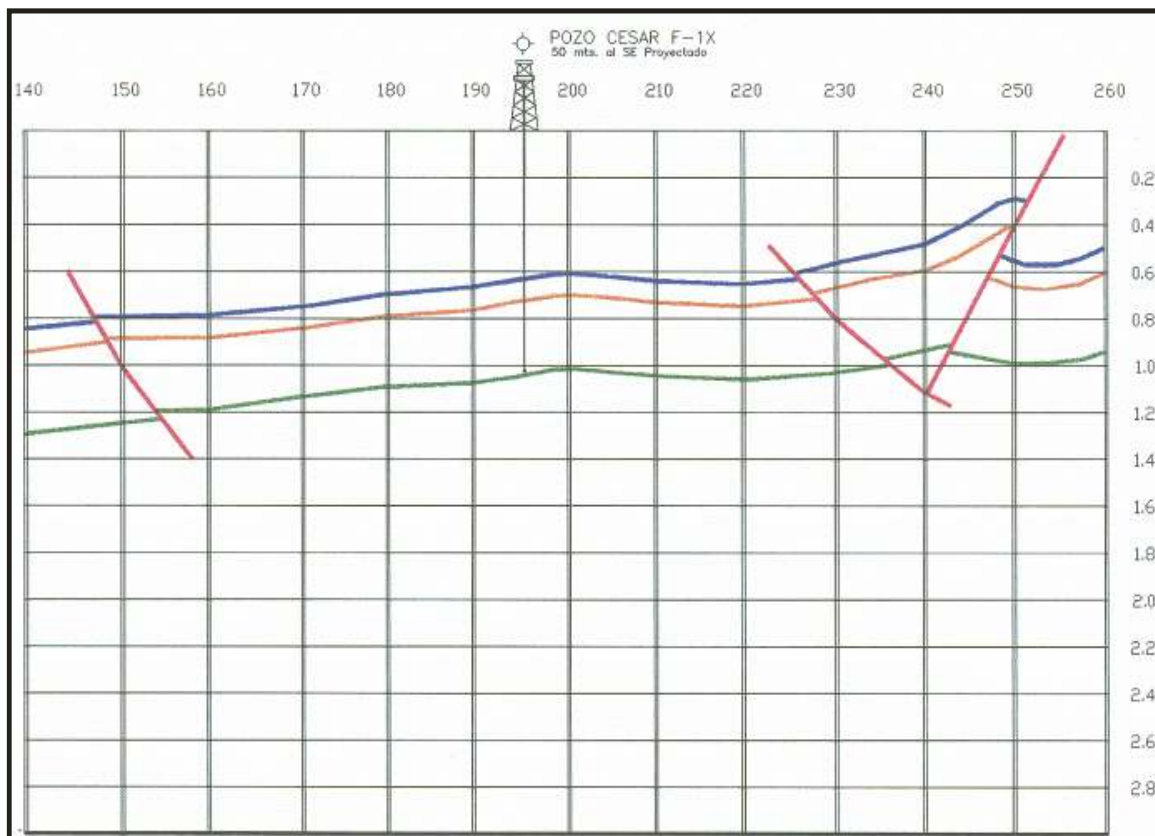
Se realizaron 2 pruebas de formación DST, de las cuales se obtuvo una producción de 883 MPCGD.

El pozo se declaró como productor de gas no comercial.

Se abandonó en diciembre de 1980.

Geoquímica: información incompleta. Se espera generación y migración.

Evaluación final: La trampa no es clara. El hidrocarburo pudo migrar hacia el noreste a la estructura denominada Candela. (Ver figura 6.9).



**Figura 6.9.** Perforación pozo Cesar F-1X. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería Tomo 1. ECOPETROL. 1998.

**Pozo Cesar H- 1X. Phillips.**

Pozo ubicado en la Subcuenca del Cesar.  
Inicio de la perforación septiembre de 1980.

Atravesó:

- Formación San Antonio
- Formación Molino
- Formación La Luna
- Formación Aguas Blancas

- Formación Lagunitas.
- Formación Río Negro
- Formación La Quinta.

Profundidad final 4220 pies

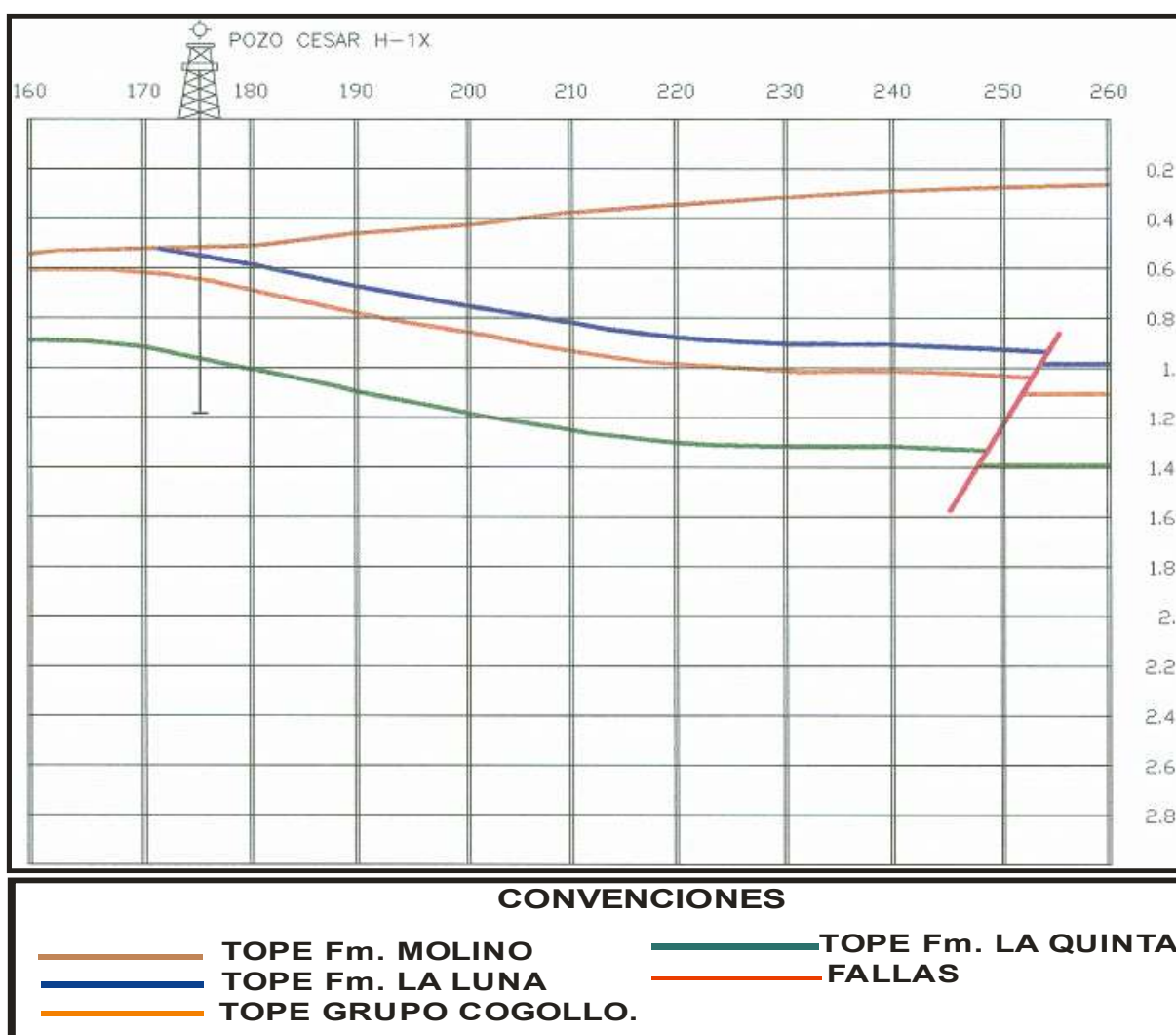
Manifestaciones de brea en la Formación Río Negro.

Se realizaron 2 pruebas de formación DST, las cuales fueron negativas.

El pozo se declaró seco. Se abandonó enero de 1981.

Geoquímica: potencial de generación y expulsión incierto.

Evaluación final: estructuralmente bien ubicado, pero con poca capacidad sellante de la Formación San Antonio. (Ver figura 6.10).



**Figura 6.10.** Perforación pozo Cesar H-1X. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería Tomo 1. ECOPETROL. 1998.

**Actividades ECOPETROL – Phillips. 1981 – 1988.**

Nuevos programas sísmicos.

Phillips, adquirió 268 Km, en el programa denominado GM-81-82

ECOPETROL llevó a cabo los programas:

- CR-88, adquirió 289 Km
- CV-88 SUR, adquirió 100 Km
- CV-88 NORTE, adquirió 74 Km

Posteriormente, ninguna de estas compañías hizo trabajos de perforación.

**Actividades de la Compañía COPLEX Colombia Ltda.**

Inició trabajos en el área del contrato de asociación Maracas, correspondiente al sector occidental de la Subcuenca del Cesar.

**Pozo Compae – 1.**

Pozo ubicado en la Subcuenca del Cesar.

Inicio de la perforación abril de 1997.

Atravesó:

- Desde la Formación Molino
- Hasta la Formación Río Negro.

Profundidad final 5173 pies

Manifestaciones moderadas a fuertes de gas, en el Miembro Socuy de la Formación Molino, a una profundidad de 1633 pies. Desde 1633 hasta 2150 pies. Formaciones La Luna y el Miembro Maracas de las Formación Aguas Blancas, presentaron continuas manifestaciones de gas.

Leve manifestación de petróleo en el intervalo de núcleos 4326 – 4332 pies, en la Formación Lagunitas.

Se realizaron 2 pruebas de formación DST:

La primera entre 1620 – 1633 pies, Miembro Socuy, con recuperación de gas.

La segunda entre 4262 – 4346, pero resultó seco.

Posteriormente pruebas en hueco abierto:

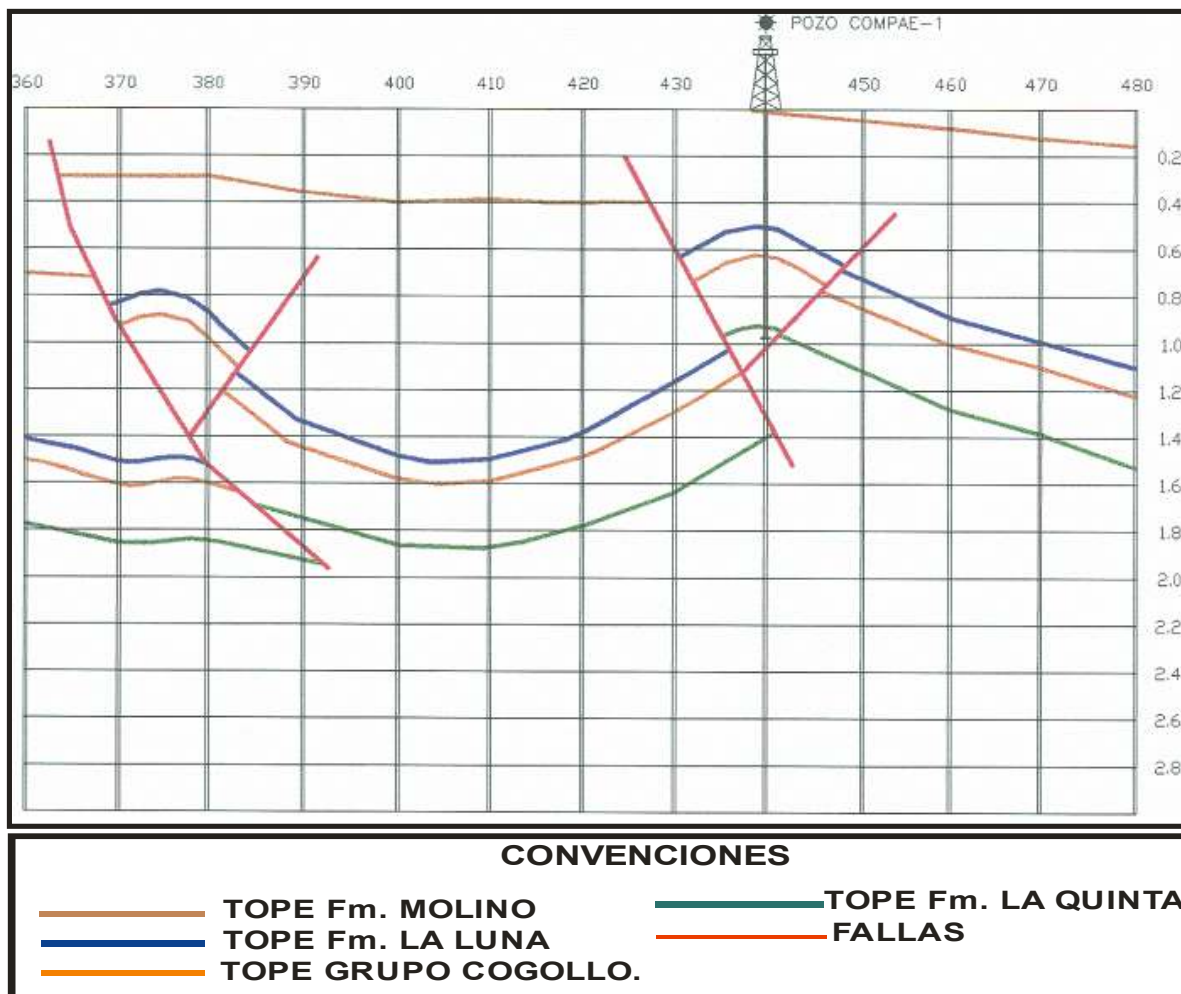
Intervalo 4420 – 4350 pies, Formación Lagunitas, pero dio seco.

Intervalo 4010 – 4275 pies, Formación Lagunitas, trazas de aceite liviano.

El pozo se declaró productor de gas. Se terminó en mayo de 1997.

Geoquímica: tiene la información mas completa del área. Posibilidades de producción de aceite y gas.

Evaluación final: la trampa está ubicada en el bloque levantado entre dos fallas de cabalgamiento. Hacia el norte se encuentra la parte más alta de la estructura, la cual también es de interés exploratorio. (Ver **figura 6.11**).



**Figura 6.11.** Perforación pozo Compae 1. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería Tomo 1. ECOPETROL. 1998.

**ECOPETROL, septiembre de 1997**

A partir de septiembre de 1997, ECOPETROL aprobó la cesión del 85% que poseía la compañía COPLEX, en el área de la asociación Maracas, a la compañía TEXICAN OIL PLC.

**TEXICAN 1998.**

Adquisición sísmica de 80 Km., en el programa Maracas M-98.

**Pozo Compae- 3. (Texican, septiembre de 1998)**

Pozo ubicado en la Subcuenca del Cesar.  
Atravesó:



Formación Molino, Miembro Sucuy

Hasta la Formación La Luna

Profundidad final 2550 pies

Se realizaron pruebas de formación TDS, correspondiente al intervalo de la Formación La Luna. Se presentaron manifestaciones de gas.

Se abandonó y se evaluó como pozo seco.

#### **Pozo Compae-2. (Texican, octubre de 1998)**

Pozo ubicado en la Subcuenca del Cesar.

Atravesó:

- Formación Molino, Miembro Sucuy
- Formación La Luna
- Formación Aguas Blancas
- Formación Lagunitas
- Formación Río Negro.

Profundidad Final: 5200 pies

Se realizaron pruebas de formación TDS en el intervalo 1742'-2040', correspondiente a la Formación La Luna. Se presentaron manifestaciones de gas.

El pozo se evaluó y se abandonó como seco.

#### **Pozo Compae- 4. (Texican, julio de 2003)**

Pozo ubicado en la subcuenca del Cesar.

Inicio de la perforación junio de 2003.

Atravesó:

- Formación Molino
- Miembro Socuy
- Formación La luna

Profundidad final 2335 pies

Se esperaban fuertes manifestaciones de gas en el Miembro Socuy, pero el peso del lodo no permitió una anomalía significativa.

Se presentaron manifestaciones de gas durante la mayor parte de la perforación.

Se estableció un contacto agua – gas entre 2007 – 2100 pies.

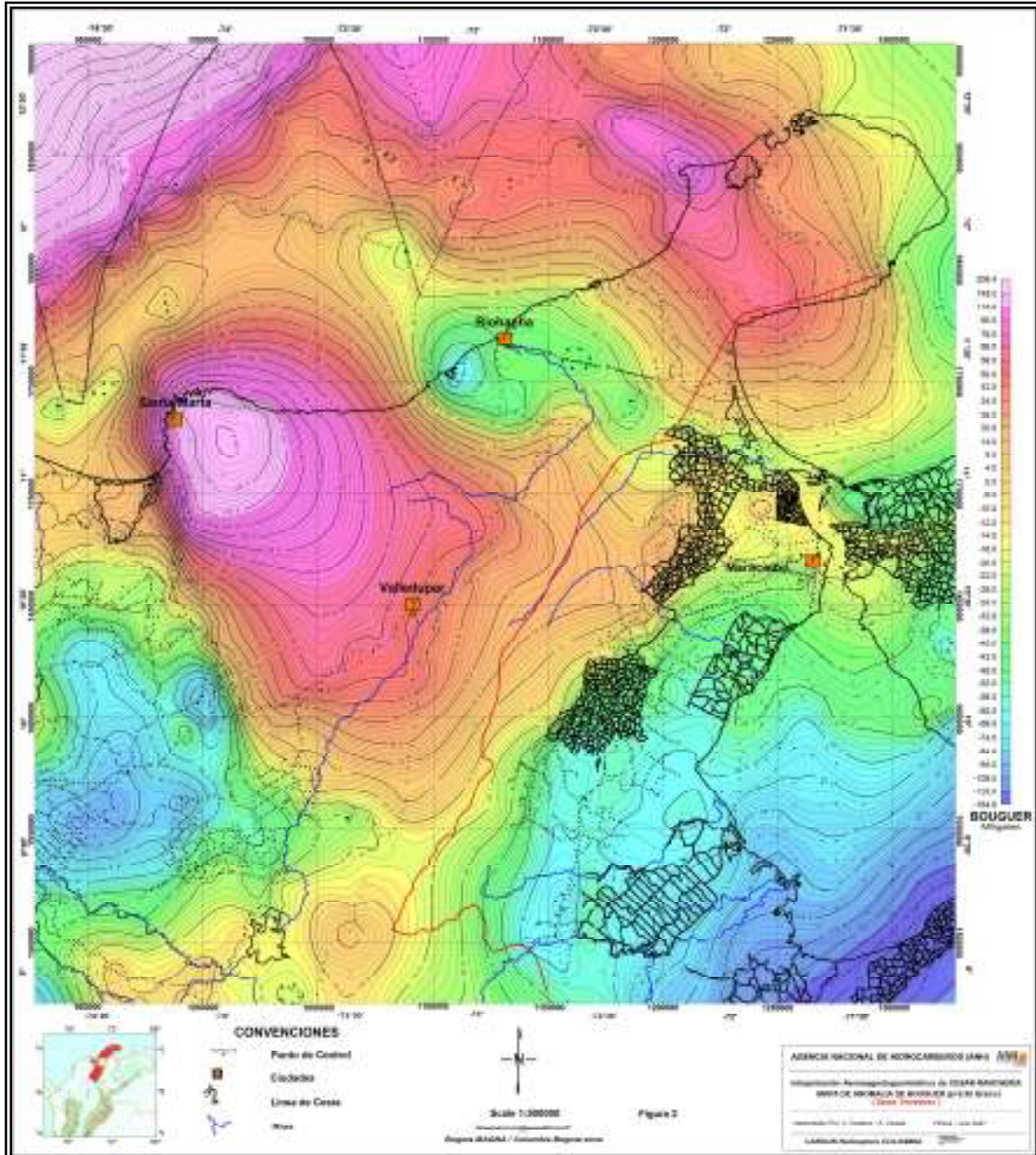
Se abandonó y evaluó como seco.

## 7 INFORMACION GRAVIMÉTRICA

Dentro de la información gravimétrica suministrada por la ANH, se encuentran mapas de Interpretación aeromagnetogravimétrica de la Cuenca Cesar-Ranchería. Los cuales permiten visualizar la Subcuenca de Cesar al Sur de la ciudad de Valledupar y la Subcuenca del Ranchería al Norte de la misma. Ver **figura 7.1** y el mapa aeromagnetogravimétrico de la Cuenca Cesar–Ranchería.

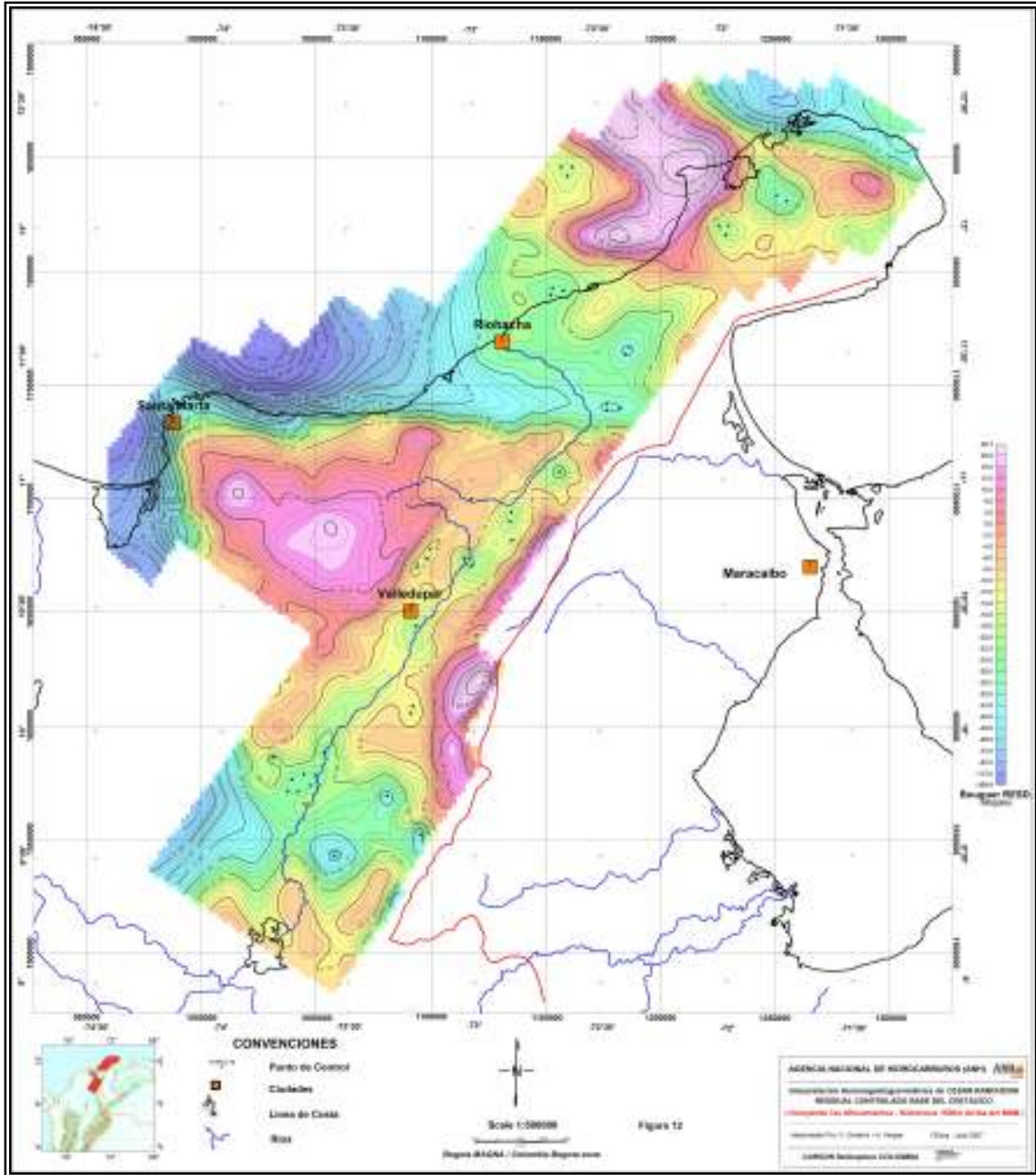
El mapa de Anomalía de Bouguer presenta un rango de variación entre 208.4 y -164.6 mgal. Se observa una gran diferenciación de densidad en sentido NW-SE, la cual es mayor en la Sierra Nevada de Santa Marta (140 mgal), el Valle del Cesar oscila entre 20 – 30 mgal, y la Serranía del Perijá entre 0 – 20 mgal, teniendo en cuenta que la Sierra Nevada de Santa Marta y La Serranía del Perijá son altos topográficos. Ver **figura 7.1**.

La zona de anomalías negativas se asocia a la acumulación de sedimentos. Existe una zona de transición entre las anomalías negativas y las positivas que indican posiblemente una pendiente mayor del basamento, lo cual implica un adelgazamiento de la columna sedimentaria o espesor de cuenca. Finalmente, en la zona de anomalías positivas existe una diferencia de valores que puede sugerir un cambio en el carácter de los sedimentos o un cambio estructural. Ver **figura 7.1**.



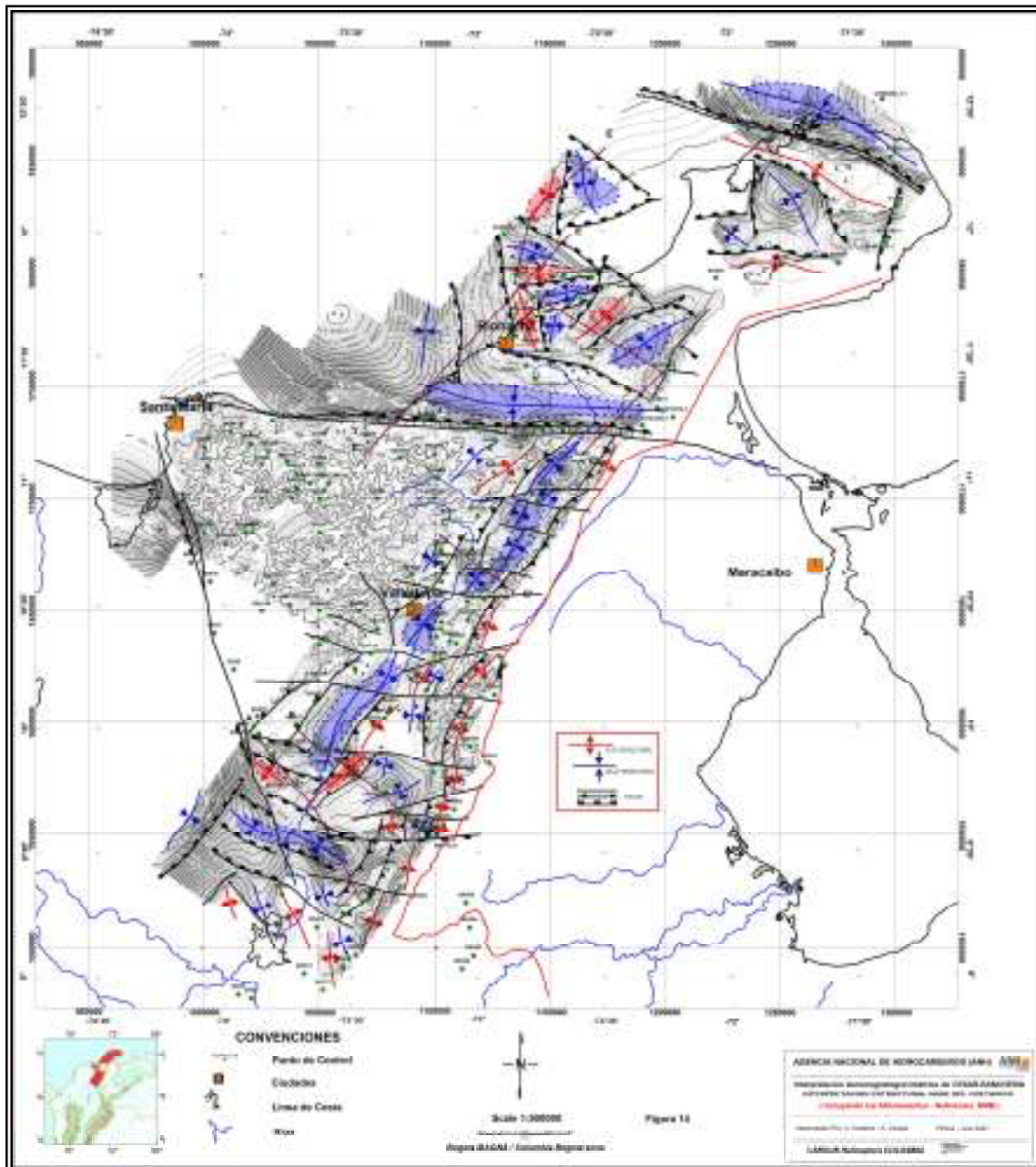
**Figura 7.1.** Interpretación gravimétrica del mapa de Anomalia de Bouguer Cuenca Cesar-Ranchería.

El mapa de Interpretación gravimétrica de la Cuenca Cesar-Ranchería residual controlado base del Cretácico **Figura 7.2** presenta un rango de variación entre 48.7 y -169.9 mgal. En esta imagen se observan delineados los depocentros en la subcuenca del Ranchería correspondientes a un rango entre -12 y -24 mgal, en la subcuenca del Cesar las áreas prospectivas son un poco más amplias y varían entre -30 y -58.5 mgal.



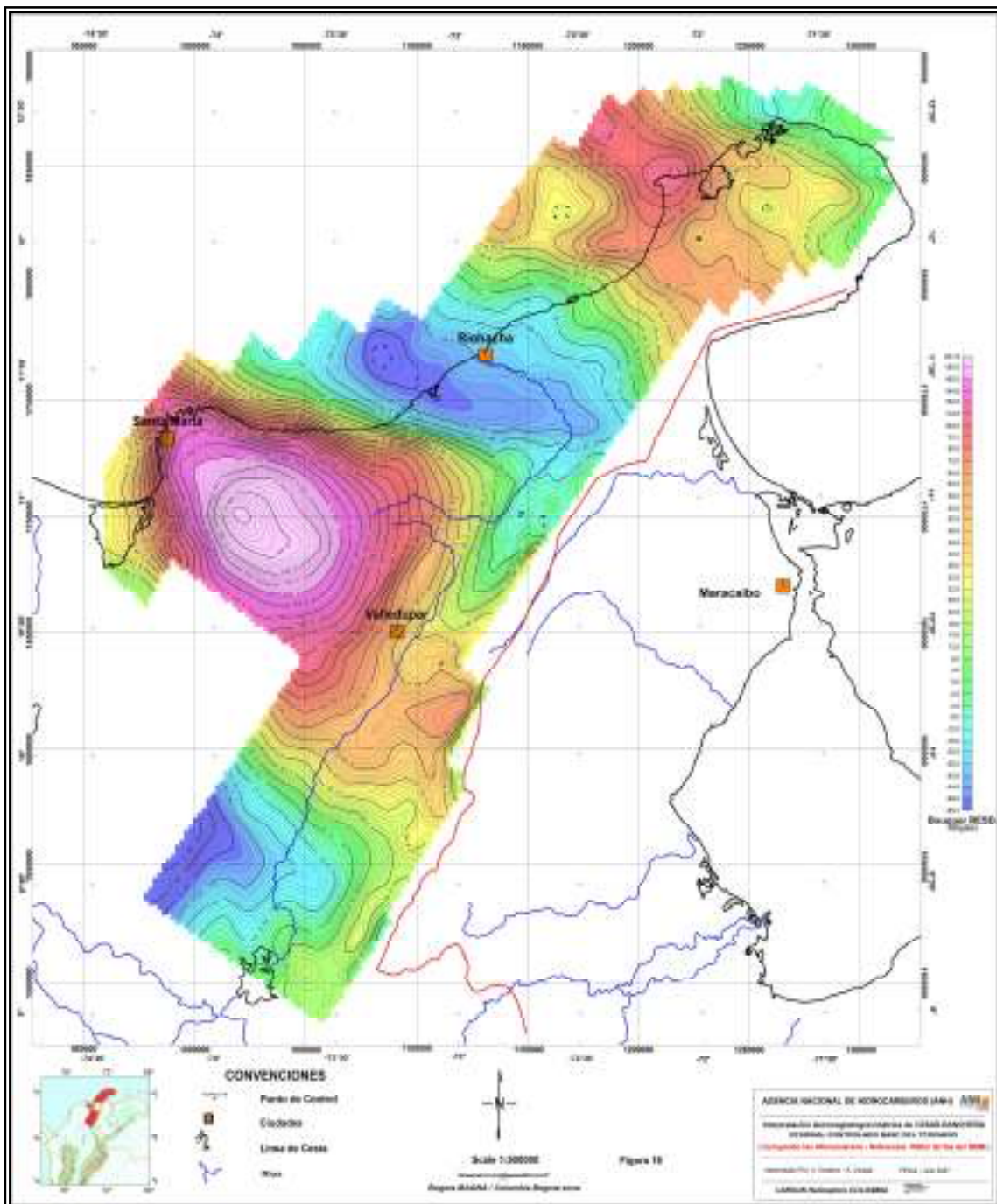
**Figura 7.2.** Interpretación aerogravimétrica de la Cuenca Cesar-Ranchería Residual Controlado Base del Cretácico.

La Interpretación estructural de este mapa, en el cual permite determinar pequeñas cuencas de sedimentación (Azul) en dirección NE – SW y fallas de cabalgamiento en igual dirección indicando una tectónica principalmente compresiva, producto de esfuerzos E - W y fallas de rumbo que afectan las cuencas y las fallas de cabalgamiento de dirección E - W, producto del empuje de la Falla Santa Marta – Bucaramanga y del Macizo de Santander hacia el Norte principalmente. Ver **figura 7.3.**



**Figura 7.3.** Interpretación aerogravimétrica de la Cuenca Cesar-Ranchería, interpretación estructural base del Cretácico.

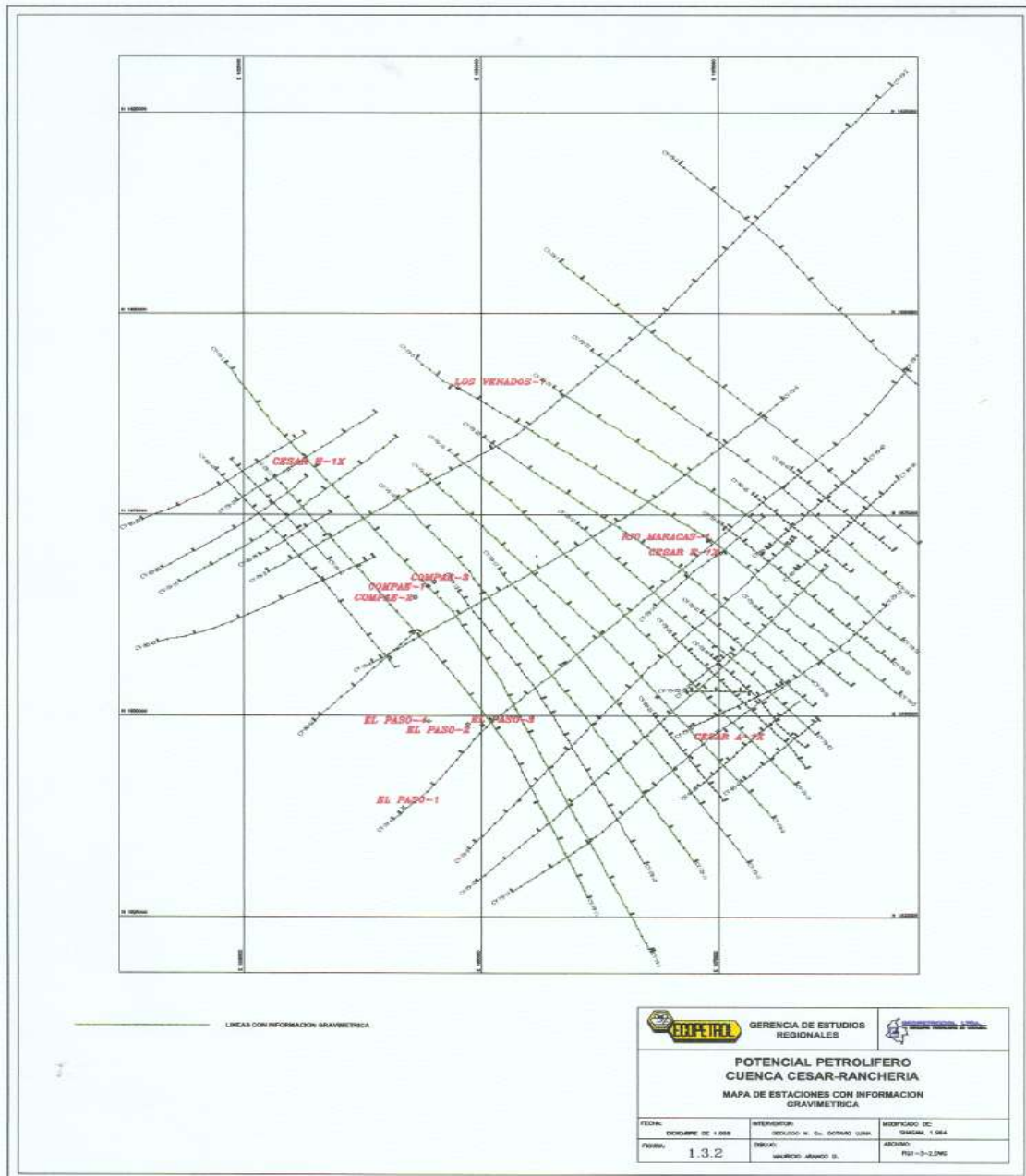
El mapa de Interpretación Gravimétrica de la Cuenca Cesar-Ranchería Residual controlado base del Terciario **Figura 7.4** presenta un rango de variación entre 201.9 y -65.7 mgal. En esta imagen se observan delineadas las áreas prospectivas a lo largo de la subcuenca del Ranchería, ubicados en la parte norte de esta, los cuales tienen diferentes rangos, entre 54 y 60; entre 34 y 28; entre -37.5 y -38 mgal.



**Figura 7.4.** Interpretación aerogravimétrica de la Cuenca Cesar-Ranchería Residual controlado base del Terciario.

En el informe de la empresa GEOPETROCOL LTDA, se menciona que, en la información entregada por ECOPELROL, no se incluyen reportes de algunos de líneas, que otras líneas tienen problemas para leer los datos, que algunos intervalos no son continuos, o que la información gravimétrica no alcanza la mitad de los puntos de la línea.

Sin embargo se utilizó la información de un programa gravimétrico adquirido contemporáneamente al programa sísmico CV-79, cuyo mapa de localización de líneas se presenta en la **figura 7.5**.



**Figura 7.5.** Mapa de estaciones con información Gravimétrica, tomado del Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería.

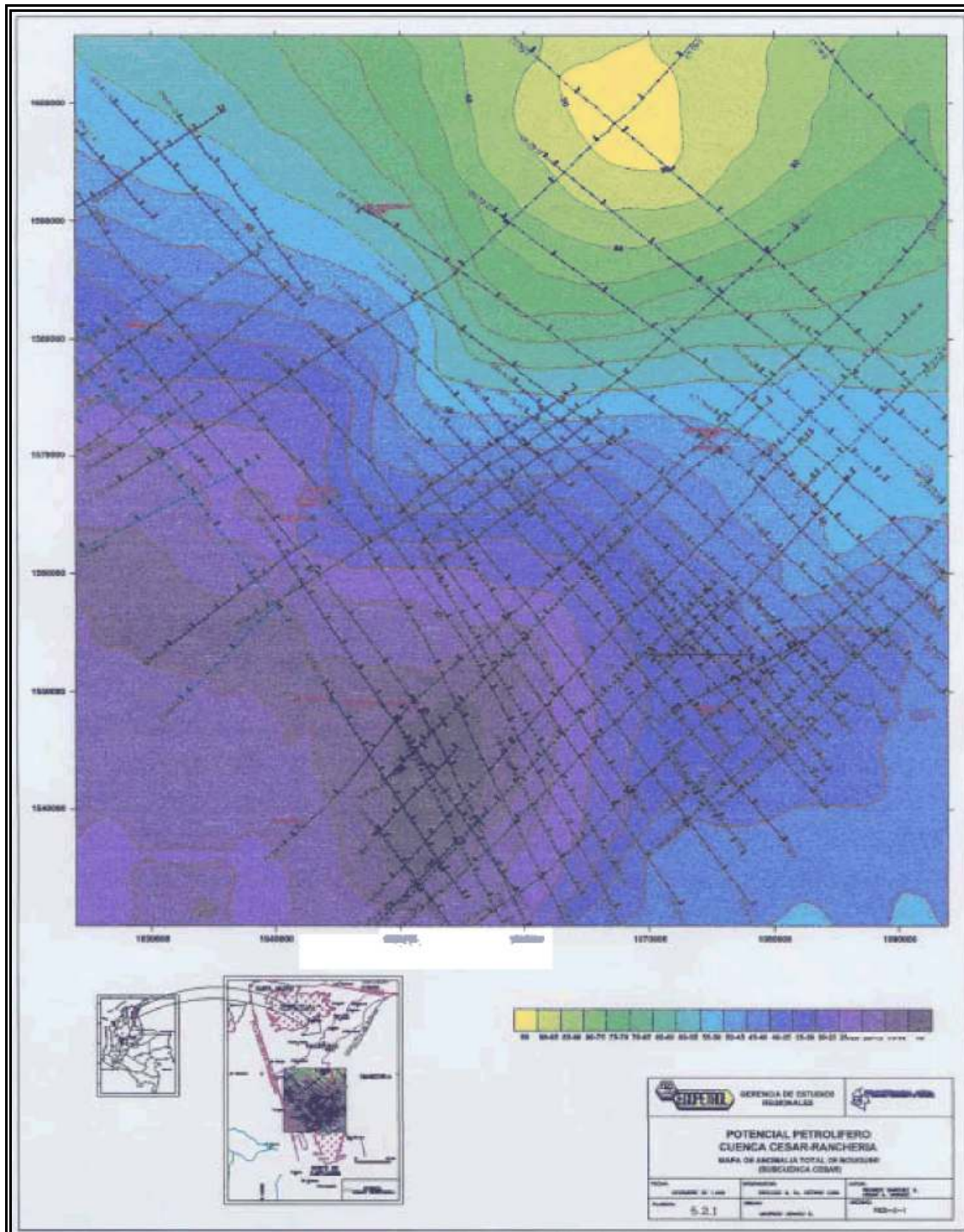
Debido a la falta de datos básicos, que permitieran recalcular los valores de Anomalía Bouguer, la empresa GEOPETROCOL elaboró un mapa de anomalía total de Bouguer que cubre solamente la subcuenca de Cesar. En este mapa se pueden observar anomalías positivas ( $>10\text{mgal}$ ) en el centro de la cuenca. Ver **figura 7.6**

Estas anomalías gravimétricas, en especial en el sector Nororiental de la subcuenca, indican que las rocas pertenecientes al basamento se encuentran cerca de la superficie. Además es posible relacionar estos valores con la información geoquímica, ya que las anomalías menores, corresponden a zonas con gradientes geoquímicos bajos y con madurez de la materia orgánica consecuentemente baja.

La anterior conclusión permite suponer que las áreas donde se observan valores gravimétricos anómalos intermedios, podrían ser de interés en la generación de hidrocarburos.

También cambios bruscos en la continuidad de las curvas del mapa de anomalía total, podrían estar indicando cambios en los elementos estructurales. Aunque el informe finalmente establece que la información gravimétrica no es suficiente para realizar una interpretación estructural adecuada de la subcuenca.





**Figura 7.6.** Distribución de los valores de anomalía gravimétrica, tomado del Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería

## 8 INFORMACION SISMICA

La información sísmica disponible en la Cuenca Cesar-Ranchería, ha sido extraída de la evaluación de los documentos donde se detallan los 12 programas sísmicos de los cuales se recibió algún tipo de reporte, y de los cuales se cuenta con la base de datos de la totalidad de ellos, que contienen los archivos con extensión UKOOA, los archivos con extensión SEG-Y (exceptuando el programa Cesar Ranchería 79 del cual solo se encuentran cuatro archivos SEG-Y) y en la mayoría de los casos imágenes y algunas interpretaciones de las líneas correspondientes a cada uno de los programas.

El grado de detalle en la evaluación cada uno de los programas sísmicos varia, desde muy escasa en el caso de programas sísmicos de baja calidad como el Mompos 81 y Perija 89, hasta muy buena, como los que se presentan en el informe final de geofísica del proyecto Cesar Ranchería de Ecopetrol en 1990 y el informe general del Potencial Petrolífero de la Cuenca Cesar Ranchería de 1998, en el que diversas líneas de los programas Guajira Cesar CERA 88, Cesar Ranchería 79 y Cesar Ranchería VNN 88 presentan interpretaciones muy completas.

Cinco (5) documentos en particular, **1)** el tomo III (Geofísica) del informe final del proyecto Cesar – Ranchería del ICP y Ecopetrol en 1990, **2)** el informe de recopilación de información compilado por I. Olaya del ICP de Ecopetrol en 1994, **3)** el tomo I del informe general del Potencial Petrolífero de la Cuenca Cesar – Ranchería, elaborado por Geopetrocol para Ecopetrol en 1998, **4)** la interpretación estructural del área El Paso en la Subcuenca del Cesar (proyecto No 15) elaborado por E. Baquero para Ecopetrol en 1990 y **5)** la interpretación geológica de la información sísmica de la Subcuenca del Ranchería elaborado por la empresa Servicios Geofísicos Americanos en 1990 para Ecopetrol, contienen un registro bastante extenso de la información geofísica disponible hasta su fecha de publicación, y de ellos se extrajo la mayor cantidad de datos presentados en este informe.

### 8.1 Programas Sísmicos Adquiridos Lanzados en la Cuenca Cesar – Ranchería

Las **tablas 8.1 y 8.2** resumen las características generales de los programas sísmicos realizados en la Cuenca Cesar-Ranchería desde 1979 hasta el 2005. Los **anexos 8.1 y 8.2** contienen un detalle mas preciso de cada uno de estos programas sísmicos.

Progr. Sísmico	Regis. Para	Regis. Por	Long (Km.)	Calidad	N° de Líneas Sísmicas	Resol. Vertical	Resol. Horizont
Valle del Cesar CV-79	Phillips Petroleum	GSI	1904	Regular	49	Moderada	Moderada
Mompos 81	Gulf Oil. Co	GSI	285	Buena	21	Moderada	Pobre
Guajira Cesar CR-88	Ecopetrol	Geosource	292	Buena	14	Moderada	Moderada
Las Nieves 2D 2000	Llanos Oil Exploration LTDA.	Sismopetrol	69	Buena	6	Moderada	Buena
ANH 2005	ANH	UT KPITAL Geofísica	182	Buena	6	Buena	Buena
La Loma 2D 2005	Drummond	Drummond	32	Buena	9	Buena	Buena
<b>TOTAL</b>			<b>2764</b>		<b>105</b>		

**Tabla 8.1** Parámetros generales por programa sísmico. Subcuenca Cesar  
Fuente: Proyecto Cuencas Fronteras. Informe de Recopilación de Información. Ecopetrol.1990, Reporte de Procesamiento Sísmico. Programa las Nieves 2D 2000. Área La Loma Cesar (Colombia). Llanos Exploration Colombia LTD. 2002.

Prog. Sísmico	Regis. Para	Regis. Por	Long (Km.)	Calidad	N° de Líneas Sísmicas	Resol. Vertical	Resol. Horizont
Ranchería CR-79	Ecopetrol	Western	492	Moderada	10	Moderada	Pobre
Guajira Cesar CV-88	Ecopetrol	Geosource	156	Moderada	12	Moderada	Moderada
Sierra Perija CP-88	Ecopetrol	GSI	98	Pobre	6	Pobre	Pobre
Guajira Cesar CV-89 (Perija)	Ecopetrol	Western	270	Buena	11	Moderada	Moderada
Sorpresa 2D	Ecopetrol	Western	240	Buena	10	Moderada	Buena
Guajira Cesar VNS - 88	Ecopetrol	GSI - Digicon	87	Moderada	8	Moderada	Moderada
<b>TOTAL</b>			<b>1204</b>		<b>58</b>		

**Tabla 8.2.** Parámetros generales por programa sísmico. Subcuenca Ranchería  
Fuente: Proyecto Cuencas Fronteras. Informe de Recopilación de Información. Ecopetrol.1990, Reporte de Procesamiento Sísmico. Programas: Villanueva norte-88, Guajira-90, Maicao-90. Área Guajira – Cesar. Colombia. Ecopetrol 2002, Interpretación Geológica de la Información Sísmica de la Subcuenca Ranchería. Ecopetrol.1991.

Adicionalmente, se realizó un reprocesamiento del programa sísmico ANH 2005, el cual consto de diversas tareas a fin de mejorar la calidad y la resolución de las líneas de este programa.

En general la información sísmica es de calidad regular, con muy pocos paquetes de eventos observables en todo el registro, la relación señal – ruido es aceptable, primeros arribos bien definidos.

Se seleccionó la línea ANH-CR-2005-04 para realizar las diferentes pruebas de proceso, tales como: Recuperación de Amplitudes por Divergencia Esférica, Filtros, Deconvolución, NMO, Estáticas de Refracción, Estáticas Residuales, DMO, Deconvolución FX y Migración.

Se realizaron pruebas de recuperación de amplitudes utilizando la corrección por divergencia esférica (1/dist.), variando la amplitud RMS de referencia en 2000, 2500 y 3000.

Se seleccionó como valor óptimo el de 2500.

Para eliminar el “*ground roll*” se utilizó el módulo Surfwave que atenúa dicho ruido mezclando las trazas adyacentes a través de la correlación horizontal en el dominio espacio- frecuencia. Se realizaron varias pruebas para seleccionar las frecuencias y la velocidad de la onda de superficie, parámetros necesarios para la aplicación de dicha herramienta. Los parámetros escogidos fueron: Velocidad de la Onda Superficial: 2800 m/s, Frecuencia Menor de la Onda Superficial: 0 Hz, Frecuencia mayor de la Onda Superficial: 15 Hz.

Se realizaron pruebas utilizando los diferentes tipos de deconvolución con sus respectivos parámetros como son:

Tipo de deconvolución:

Spike y Predictiva, traza a traza.

Spike y Predictiva, consistente con superficie.

Parámetros de deconvolución:

Longitud del operador: 80, 120, 160, 180 mseg.

Intervalo de predicción: 4, 12, 24, 36 mseg.

Ruido: 0.1, 0.001.

Para la determinación de estas variables, se escogieron aquellas que presentaron una mejor resolución temporal y espacial de los eventos a nivel de apilado, optándose por:

Tipo : Predictiva Consistente con Superficie

Longitud del Operador: 160 ms.

Distancia de Predicción : 32 ms.

Ruido Blanco : 0.1%

Con los primeros arribos picados y con un rango de offset determinado, se procede a calcular las estáticas de refracción de una manera interactiva, se utilizan dos métodos para seleccionar las ubicaciones de análisis: un solo

análisis para todo el tendido y ubicaciones definidas para áreas de 25 kilómetros cuadrados.

Posteriormente se realizan pruebas variando la longitud del cable hasta 1000 m, 1500 m, 2000 m y 2500m.

El rango de “*offset*” utilizado corresponde a aquel, en el cual el refractor escogido presenta más consistencia y brinda una estadística adecuada para el programa.

Para el análisis de las velocidades se preparan los datos de entrada, aplicándoles filtros y ganancias con el fin de mejorar el contraste de los eventos. Luego se preparan los “*gathers*” (formados por el agrupamiento de 11 CDP continuos) a analizar.

En el análisis de velocidades se hacen apilados a velocidad constante dentro de un rango de 2000 a 9000 m/s. El espaciamiento entre cada punto de control fue de 1 km para el primer paso de velocidades y para el segundo paso de velocidades se realizó el análisis cada 0.5 km.

El primer paso de velocidades se realizó después de la deconvolución y la aplicación de las estáticas por refracción. El segundo paso se hizo después de aplicar las estáticas obtenidas del primer paso de residuales.

Es de anotar que cada uno de los pasos del análisis de velocidades es un proceso interactivo en el cual constantemente se mejora el proceso de picado de velocidades y apilado, hasta obtener la mejor función de velocidades para cada uno de los puntos o zonas de análisis.

Para garantizar una buena calidad de apilado de la sección sísmica en los tiempos menores, se hacen pruebas de porcentajes permitidos para el estiramiento de la ondícula de 0%, 30%, 60%.

Con un valor del 30% se obtuvo el mejor resultado para todas las líneas. Se hacen pruebas para escoger el valor óptimo de la máxima estática permitida, cambiando los valores entre los rangos 40 – 180 mseg, como también para seleccionar el intervalo de tiempo del reflector guía mas adecuado para el cálculo de las estáticas.

La secuencia de proceso final cuenta con dos pasos de Estáticas Residuales, utilizando un modelo interno para el cálculo de las mismas (Maximum Power Autostatics).

Se optó por una ventana correspondiente a datos sísmicos con buena información y alta relación señal – ruido.

Con el fin de determinar el valor del intervalo óptimo para la descomposición de los datos en secciones de “*offset*” común se realizaron cálculos para determinar cuáles serían los mejores parámetros de patrón de “*Offset*” que se varió entre 2 y 16 y el incremento de “*offset*” que se varió entre 50 y 400,

obteniéndose que los mejores valores correspondieron a los siguientes parámetros:

Patrón de Offset: 4  
Incremento de Offset: 160

Una vez definidos estos parámetros se procedió a apilar utilizando el módulo DMOS.

Se realizó el agrupamiento de trazas correspondiente a cada CDP y se realizó su posterior apilado con 200 de cubrimiento.

A partir del apilado se probaron diferentes algoritmos y parámetros de migración de la siguiente manera:

Tipo de algoritmo: Migración FK (Stolt), Migración FD (Diferencias Finitas) y Migración Kirchhoff.

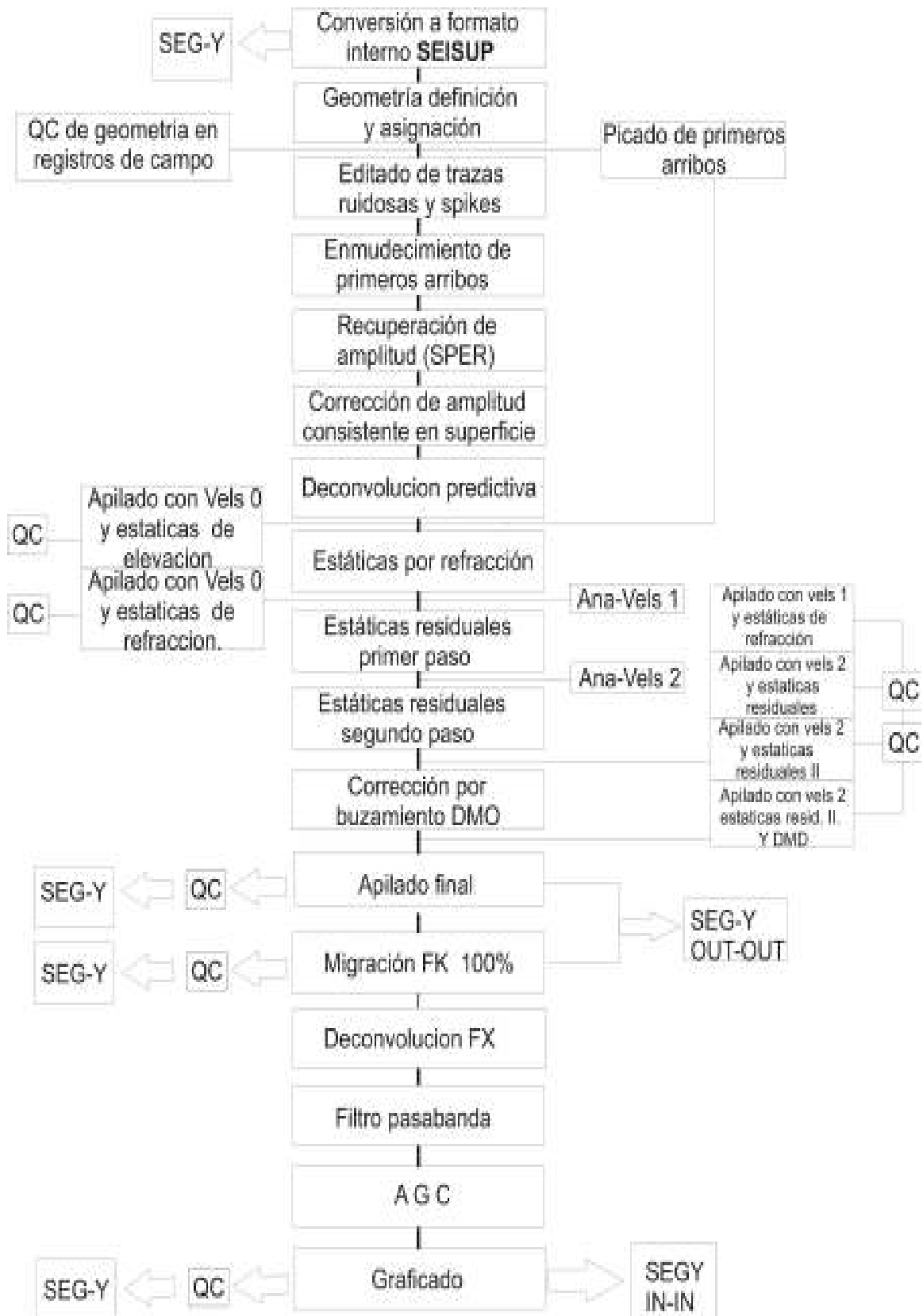
Velocidades: Se probaron diferentes reducciones de Velocidades para estos algoritmos 70%, 80%, 90%, 100%.

Los mejores resultados se lograron con la Migración FK Post-Apilado con el 100% de velocidad y el apilado llevado a un datum fijo de 2500 metros.

La secuencia final para el procesamiento de las líneas quedó definida de la siguiente manera:

Plano de referencia: 2500 m.s.n.m  
Velocidad de corrección: 2800 m/s.  
Intervalo de muestreo: 2 ms  
Cubrimiento de procesamiento: 200

Este procedimiento se detalla en el **diagrama 8.1**



**Diagrama 8.1** Diagrama de flujo del reprocesamiento. Programa sísmico ANH 2005.

## 8.2. Evaluación de los Programas Sísmicos y Modelos Geológicos y Exploratorios Planteados.

De la totalidad de programas sísmicos lanzados en la Cuenca Cesar-Ranchería, solo se cuenta con la evaluación de aproximadamente el 75% pues varios de ellos, ya sea por ser los mas recientes, o por algún otro motivo no han sido considerados en los documentos suministrados que incluyen algún tipo de interpretación y/o modelamiento geológico o geofísico.

El documento del proyecto Cesar Ranchería que Ecopetrol y el ICP llevaron a cabo en 1990, muestra una completa evaluación de la información geofísica, y trabajó con 2630 km. de información sísmica, dividida en cinco (5) programas diferentes.

En el Valle del Cesar, la información fue obtenida por la Phillips Petroleum Co. en 1979. Posteriormente la Gulf Oil Co. durante los años 1981-82 realizo una campaña sísmica. A finales del año de 1988, Ecopetrol llevo a cabo una campaña sísmica de detalle y alto cubrimiento del subsuelo.

En la Subcuenca del Ranchería la información fue obtenida en dos campañas sísmicas en los años de 1979 y 1988, llevadas a cabo por ECOPETROL

El cubrimiento sísmico varía considerablemente entre el alto detalle (sureste cuenca del Cesar) semidetalle, (Subcuenca Ranchería) y escala regional (noroeste Cuenca del Cesar y alto de Valledupar)

En la subcuenca del Cesar, con base en los tres programas sísmicos iniciales, y mediante la identificación de atributos sísmicos particulares como la impedancia, la frecuencia y la amplitud, se determinó la presencia de 5 secuencias diferentes: Una secuencia terciaria superior, una terciaria inferior, una cretácica superior, una cretácica media y una cretácica inferior.

A nivel estructural por ejemplo, la evaluación de las líneas sísmicas de la parte media del Valle del Cesar, determino rasgos pertenecientes a las llamadas "estructuras en flor". La evaluación de las líneas con mejor resolución permitió determinar las principales fallas presentes en el área.

La información disponible permitió realizar 2 mapas estructurales en tiempo: Uno de la Fm. La Luna y otro de la base del Grupo Cogollo.

Al igual que en la Subcuenca Cesar, la Subcuenca Ranchería, fue interpretada, con base en los programas sísmicos disponibles, con los cuales fue posible identificar 5 secuencias: La secuencia Terciaria superior, la Terciaria inferior, la Cretácica superior, la Cretácica media y la Juratriásica. Las imágenes en las que se observan dichas secuencias son de mala calidad, no permiten diferenciarlos adecuadamente, y por esta razón no se adjuntan en el presente informe.



La tectónica evidenciada es muy similar a la de la Subcuenca del Cesar, marcada por la presencia de una falla inversa principal que corre paralela al eje de la cuenca.

Se generaron en esta área cuatro (4) mapas estructurales en tiempo, los cuales vienen referenciados sin ningún tipo de información gráfica en el informe final del proyecto Cesar – Ranchería del ICP y Ecopetrol de 1990 y el informe de recopilación de información del ICP - Ecopetrol de 1994, estos fueron:

Mapa Estructural en tiempo a la Base del Conjunto Calcáreo

Mapa Estructural en tiempo tope Formación. Molino

Mapa Estructural en tiempo tope Formación. La Luna.

Mapa Estructural en tiempo tope Grupo Cogollo

Finalmente, se proponen 3 áreas de interés exploratorio, aunque con detalles que disminuyen su atractivo, como la baja calidad de las rocas reservorios y los sellos.

Posterior a la interpretación sísmica se realizó un proceso de *seislog*, consistente en interpretar la información estratigráfica de las formaciones Barco – Cuervos, La Luna, Grupo Cogollo y Río Negro mediante el uso de la estratigrafía sísmica.

El informe de recopilación de información, ICP en julio de 1994, en el marco del proyecto Cuencas Fronteras de Ecopetrol, presenta un reporte resumido de la información geofísica disponible en la cuenca, mediante la exposición de los parámetros de presentación y procesamiento de cada uno de los programas sísmicos desplegados hasta esa fecha.

Ecopetrol, en su proyecto # 15, Interpretación Estructural del área El Paso, Subcuenca Cesar, realizado por Edgar Baquero, Maria Chamorro y Patricia Aya en septiembre de 1990, desarrolla una evaluación detallada de las zonas llamativas de la Cuenca Cesar-Ranchería, puesto que la categorización de las estructuras prospectivas del proyecto Cesar Ranchería de ese mismo año, motivó a la Gerencia de exploración a realizar este estudio en el área de mayor interés.

Para este proyecto, se contó con el reprocesamiento de aproximadamente 550 km. de sísmica, su interpretación estructural, modelamiento y balanceo en el área de interés, y confirmó la existencia de la denominada estructura “K” propuesta por el ICP en 1990 como el área prospectiva de mejores expectativas en la Subcuenca del Cesar, dado el ranking geológico, económico y de riesgo que ocupó en el estudio realizado por Ecopetrol en 1990.

Esta estructura viene estudiada a detalle mediante la interpretación varias líneas sísmicas, en la cuales se realiza un análisis puntual de las ventajas y desventajas que presenta, hasta concluir que posee un riesgo exploratorio bastante alto, y se recomienda ubicar nuevos prospectos en esta área.

Con el fin de definir en detalle la estructura “K” y reconocer los efectos de velocidades en los reflectores de interés llevaron a cabo un modelamiento sísmico y finalmente el balanceo estructural de tres secciones sísmicas, una de ellas atravesando la estructura “K”.

Dos interpretaciones se plantean, una indica la presencia de un pliegue asociado a cambio de buzamiento en el plano de falla, según el cual se hace posible la repetición de las formaciones La luna y Aguas Blancas en el área de la estructura "K" e inclusive pueden predecirse dos posibilidades óptimas para la perforación de esta estructura, y otra diferente en que la falla de Codazzi emerge desde la estructura “K” y atraviesa dicha estructura siendo consistente con la terminación abrupta del reflector correspondiente al tope de la Formación La Luna.

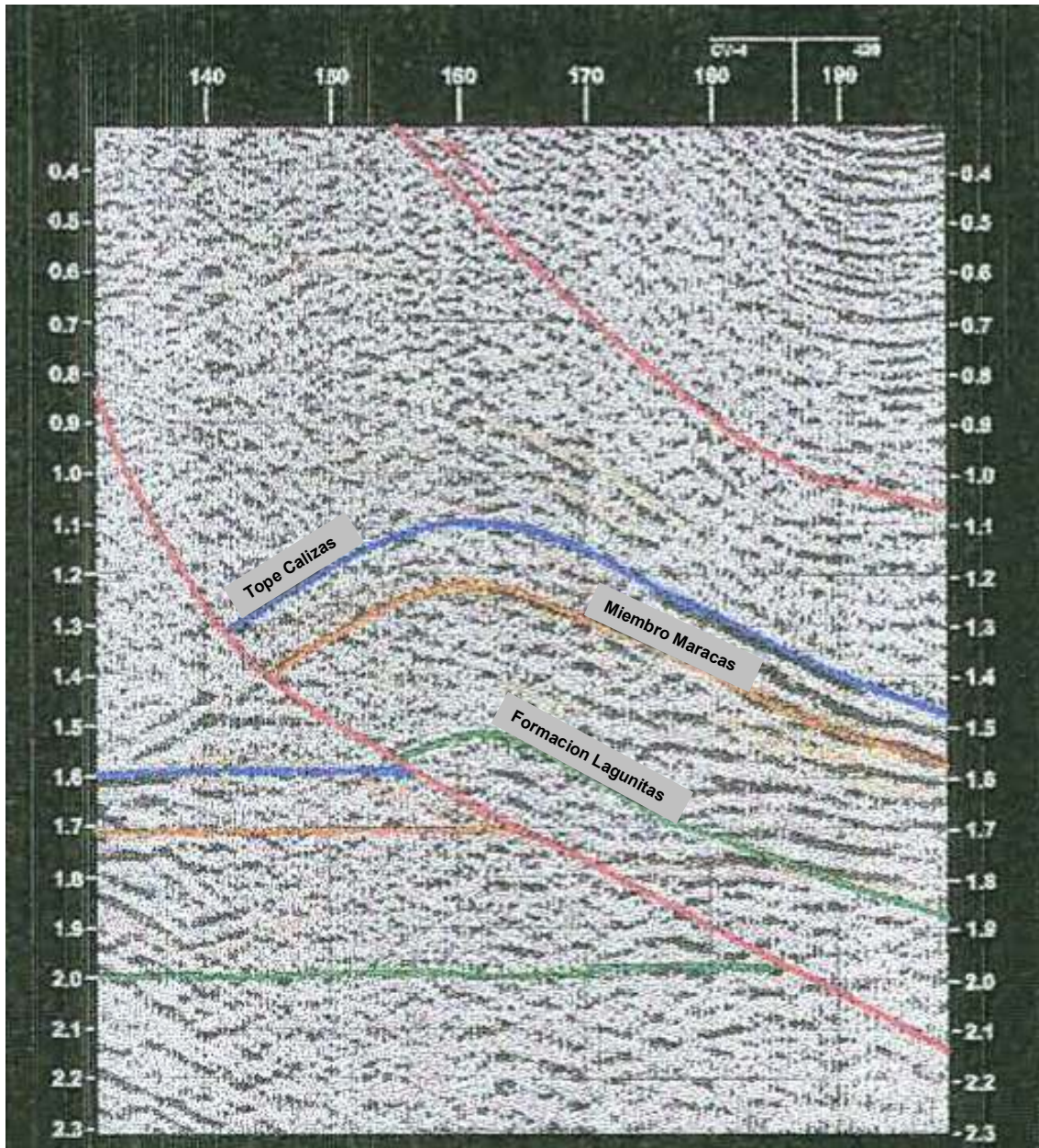
Para descartar o validar alguno de los modelos, los autores sugieren contar con más información para hacer retrodeformaciones y secciones balanceadas confiables.

En resumen, la interpretación sísmica preliminar presenta 4 horizontes cartografiados. Ver **tabla 8.3** y **figura 8.1**.

Horizonte “Café”	Inconformidad del Eoceno
Horizonte “Azul Claro”	Tope calizas (Miembro Socuy y Formacion La Luna)
Horizonte “Naranja”	Tope Miembro Maracas (Tope Formacion Aguas Blancas)
Horizonte “Verde”	Tope Formacion Lagunitas

**Tabla 8.3.** Horizontes Cartografiados previamente en la Subcuenca Cesar. Fuente: Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. Ecopetrol 1998

La interpretación de las estructuras presentes en estos horizontes, sugiere la presencia de 11 estructuras prospectivas, agrupadas en 6 áreas. Ver tabla 8.4.



**Figura 8.1** Sección sísmica CR – 88 – 1620E. En ella se distinguen claramente los horizontes descritos en la **tabla 8.3**. Fuente: Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. Ecopetrol 1998

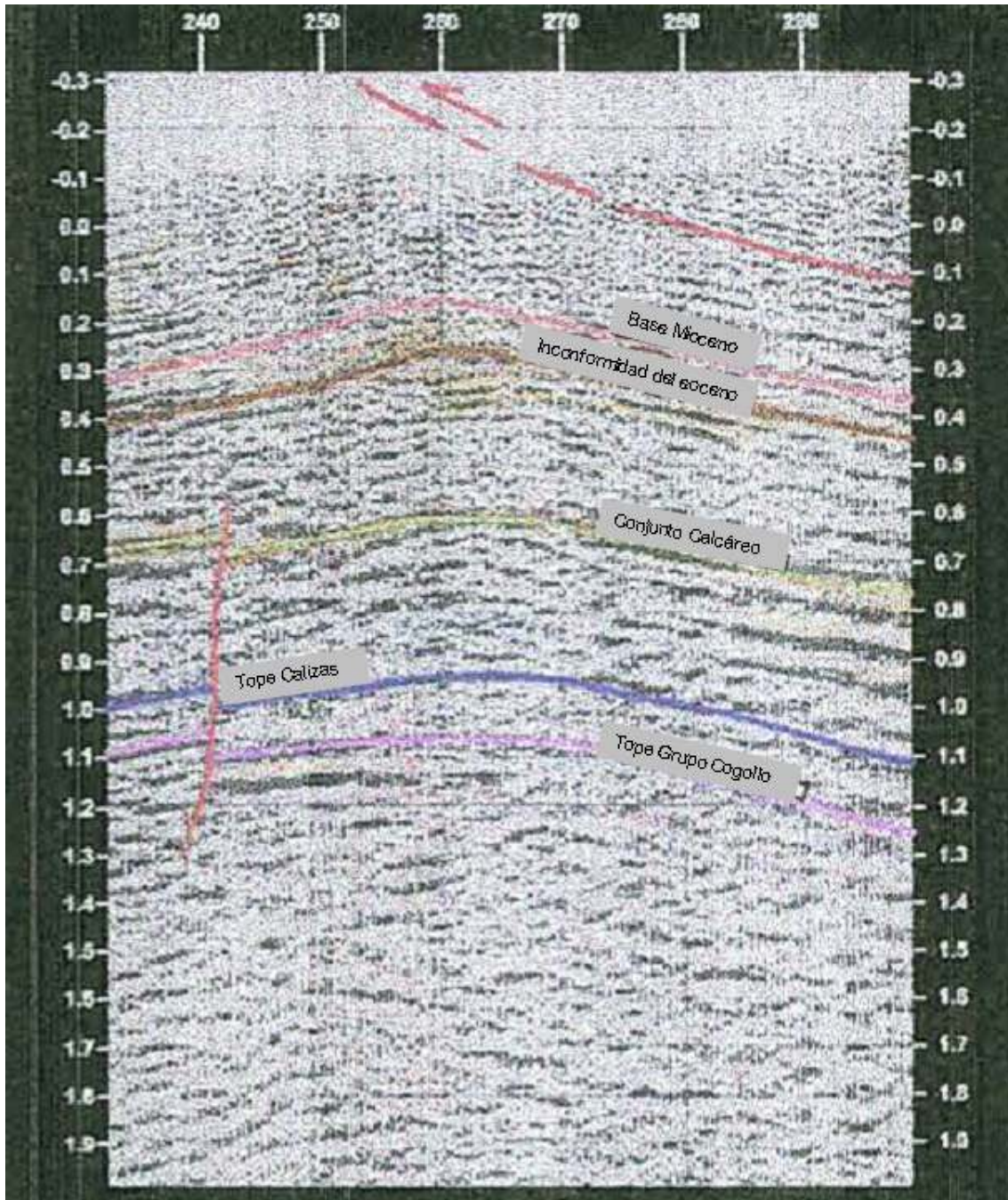
AREA PROSPECTIVA	ESTRUCTURA	LINEAS SISMICAS
Compae	Compae La Miel	CV-79-01
Santa Teresa	Santa Teresa	CV-79-03 CR-1620E
Candela	Candela El Descanso	CV-79-14 CV-79-05 CV-79-08
Casacara	Casacara Marchena	CV-79-7 CV-80-47
Becerril	Becerril	CV-79-37-PT2
Tucuy	Tucuy La Jagua Las Piñas	CV-79-39 CV-79-26
Lead 1	El Paso	GM-81-07
Lead 2	Jobito	CV-79-10

**Tabla 8.4.** Áreas Prospectivas previas en la Subcuenca del Cesar. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. Ecopetrol 1998

En la Subcuenca del Ranchería, se realizó el mismo procedimiento, cartografiando los horizontes mencionados en la tabla 8.5 y la figura 8.2.

Horizonte “Rosa Claro”	Inconformidad Base del Mioceno
Horizonte “Amarillo”	Conjunto Calcáreo (Crecimientos Arrecifales)
Horizonte “Café”	Inconformidad del Eoceno
Horizonte “Azul Claro”	Tope Calizas (Miembro Socuy y Formacion La Luna)
Horizonte “Magenta” (morado)	Tope Grupo Cogollo
Horizonte “Rojo”	Base del Cretácico.

**Tabla 8.5.** Horizontes cartografiados previamente en la Subcuenca del Ranchería. Fuente: Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. Ecopetrol 1998.



**Figura 8.2** Sección sísmica CV – 88 – 1670. En ella se distinguen claramente los horizontes descritos en la **tabla 8.5**. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. Ecopetrol 1998

Aquí se propusieron cuatro (4) áreas prospectivas, que incluyen 5 estructuras. Además se definieron 7 lead's, los cuales tienen un cubrimiento sísmico deficiente y un incierto conocimiento acerca de sus dimensiones y extensión. Ver **tabla 8.6**.

Área prospectiva	Tipo de Trampa	Estructura	Objetivos Exploratorios	Líneas Sísmicas
Upar	Estratigráfica	Upar	Conjunto Calcáreo. Fm. La Luna Gr. Cogollo.	CV-79-004 CV-79-01-B
Fonce	Estratigráfica	Fonce	Conjunto Calcáreo.	CV-89-2220 CR-79-02-6
El carmen	Estructural	El Carmen-1 Lead El Carmen-1 Lead El Carmen-2	Fm. La Luna Gr. Cogollo	CV-88-1100 CR-79-02-3 CV-88-1670
Esmeralda	Estructural	Esmeralda-1 Esmeralda-2	Fm. La Luna Gr. Cogollo	CV-88-1100 CV-88-1260
Lead 3	Estructural	La Vija	Fm. La Luna Gr. Cogollo	CV-89-1885 CV-89-1100
Lead 4	Estructural	Barrancas	Fm. La Luna Gr. Cogollo	CV-89-2280
Lead 5	Estratigráfica		Conjunto Calcáreo.	CV-88-1670 CR-79-03
Lead 6	Estratigráfica		Conjunto Calcáreo.	CR-79-008 CV-88-1260
Lead Villanueva Subthrust	Estructural	Villanueva Subthrust	Fm. La Luna Gr. Cogollo	CP-88-1400 CP-88-1140 CP-88-1200

**Tabla 8.6.** Áreas Prospectivas previas de la Subcuenca del Ranchería. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. Ecopetrol 1998.

### 8.3 Imágenes de Líneas Sísmicas

Las imágenes sísmicas disponibles, varían en calidad y se encuentran en su mayoría sin ningún tipo de interpretación, pues solo en los informes antes mencionados se detallan aspectos interpretados del análisis de algunas de las líneas sísmicas que arrojaron algunos de los programas lanzados.

La revisión de la adquisición y procesamiento de cada una de las líneas disponibles permite evaluar la resolución sísmica y así determinar su grado de confianza.

La base de datos de la información sísmica contiene detalladamente la cantidad de imágenes que se tienen en cada programa sísmico y a que línea corresponden. Además, se referencia si aparte de estas imágenes, se cuenta con información adicional, tal como líneas interpretadas parcial o totalmente.

Vale la pena aclarar que además de las imágenes inventariadas, incluidas en diversos documentos disponibles, se encuentran imágenes sísmicas correspondientes a los programas sísmicos adquiridos en la cuenca.

En la base de datos pueden ser observadas la totalidad de las líneas sísmicas disponibles en el área libre Cesar.







## 9 INFORMACIÓN DE POZOS

Dentro de la información suministrada por la ANH de la Cuenca Cesar-Ranchería se encuentra el catalogo de pozos, con los cuales se ha realizado un inventario con la información que se ha sido desplegada a través de la pagina [www.epis.com.co](http://www.epis.com.co).

Posteriormente, mediante la consulta de las historias de pozo y el análisis de los registros gráficos compuestos existentes en el centro de documentación se extrajo la información concerniente a datos básicos del pozo tales como:

- Topes formaciones,
- Análisis geoquímicos,
- Análisis bioestratigráficos,
- Descripción de corazones o muestras,
- Prognosis Geológica,
- Log Information
- Coordenadas.

### 9.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN

En la **Figura 9.1** que se presenta a continuación, se indica la localización de los pozos ubicados en la Subcuenca del Cesar y subcuenca del Ranchería respectivamente, cuyas coordenadas X y Y se encuentran en la **tabla 9.1**.

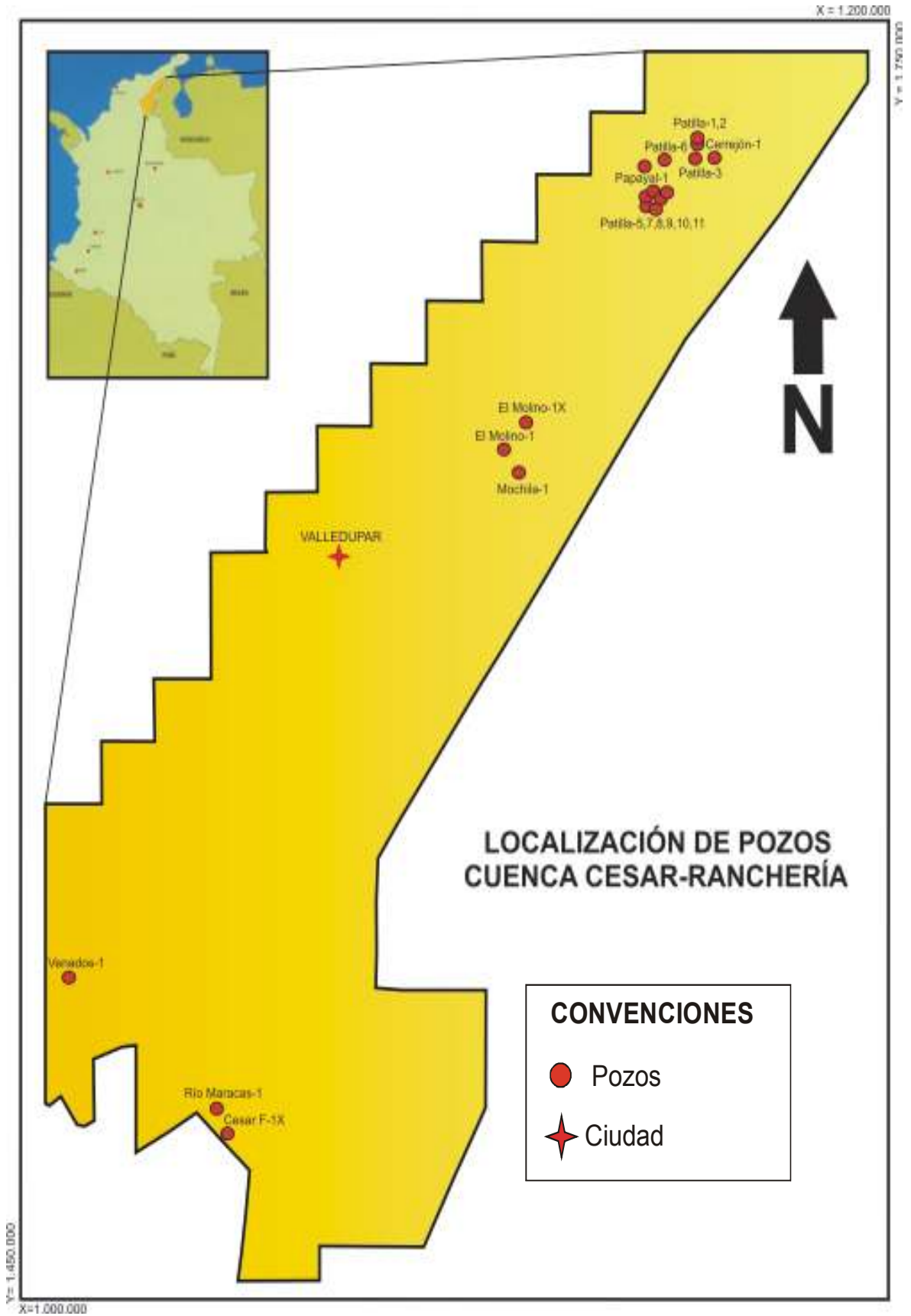


Figura 9.1. Mapa localización pozos Cuenca Cesar – Ranchería.

POZO	COORDENADAS	
	X	Y
APA-1	1141125.219	1689948.165
CERREJON-1	1155523.748	1712377.055
CESAR A-1X	1074886.128	1548033.514
CESAR F-1X	1075283.053	1570293.078
CESAR H-1X	1029734.473	1580682.401
COMPAE-1	1044350.081	1566050.167
COMPAE-2	1043049.052	1564725.924
COMPAE-3	1045002.673	1566602.772
COMPAE-4	1043652.311	1565272.098
DIABLITO-1E	1065653.915	1547607.164
EL MOLINO-1	1121158.933	1668381.241
EL MOLINO-1X	1124429.118	1672814.154
EL MOLINO-2	1124381.649	1672745.142
EL PASO-1	1041971.411	1538399.781
EL PASO-2	1048589.32	1548915.495
EL PASO-3	1050339.345	1548623.437

POZO	COORDENADAS	
	X	Y
EL PASO-4	1044438.114	1549355.907
LOS CEREZOS-1E	1055225.896	1536691.404
LOS VENADOS-1	1047893.088	1590477.507
MOCHILA-1	1122337.899	1666410.795
PAPAYAL-1	1144207.69	1709706.277
PATILLA-1	1152998.106	1714050.092
PATILLA-2	1152719.937	1713540.111
PATILLA-3	1153282.08	1711507.088
PATILLA-5	1147787.984	1705283.122
PATILLA-6	1147231.001	1704841.003
PATILLA-7	1146903.005	1704420.995
PATILLA-8	1146610.005	1703930.997
PATILLA-9	1146295.999	1705045.966
PATILLA-10	1146793.001	1705494.97
PATILLA-11	1146113.001	1704483.977
RÍO MARACAS-1	1074439.027	1571553.308

**Tabla 9.1** Coordenadas de pozo, Cuenca Cesar-Ranchería.

## 9.2 INFORMACIÓN DE POZO

La **tabla 9.2** indica el inventario realizado con la información disponible de cada pozo de la cuenca Cesar-Ranchería.

La información que se encuentra disponible esta referida con color crema. Como se puede observar la información de pozos, tanto en la subcuenca del Cesar como en la subcuenca del Ranchería, correspondiente a bioestratigrafía, geoquímica y prognosis geológica es escasa, los Topes y Espesores de las Formaciones si se tienen para todos los pozos.

Con respecto a la descripción de muestras y corazones se tiene que once (11) de los pozos de toda la cuenca contienen este tipo de documentos, en los cuales esta incluida las descripciones de las muestras de zanja y algunos resultados de pruebas de laboratorio donde se determinaron las propiedades Petrofísicas de las formaciones.

POZO	LOG INFORMATION	INFORMACIÓN DE POZO					
		TOPES DE FORMACIONES	DESC. DE CORAZONES O MUESTRAS	BIOESTRATIGRAFÍA	PROGNOSIS GEOLOGICA	INF. GEOL. FINAL	GEOQUÍMICA
CERREJON-1							
CESAR A-1X							
CESAR F-1X							
CESAR H-1X							
COMPAE-1							
COMPAE-2							
COMPAE-3							
COMPAE-4							
EL MOLINO-1							
EL MOLINO-1X							
EL PASO-1							
EL PASO-2							
EL PASO-3							
EL PASO-4							
LOS VENADOS-1							
MOCHILA-1							
PAPAYAL-1							
RIO MARACAS-1							
DIABLITO-1E							
LOS CEREZOS-1E							

Tabla 9.2. Información disponible de pozos exploratorios Cuenca Cesar-Ranchería.

### 9.3 DATOS GENERALES DE POZO

Las **tablas 9.3** y **9.4** muestran los datos generales de los pozos ubicados en la subcuenca del Cesar y del Ranchería respectivamente.

En la cuenca existen catorce (14) pozos, los cuales son los pozos exploratorios más completos. Aquí se presentan datos del año de inicialización y terminación de la perforación, el bloque en donde esta localizado, la compañía operadora, la elevación del terreno y de la mesa rotaria, profundidad total, formación que alcanzó, el estado final y algunas observaciones con respecto al pozo.

Esta información es tomada de “Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería”, Informe General, Tomo I, Gerencia de Estudios Regionales ECOPEPETROL, 1998.

POZO	BLOQUE	AÑO		PROFUNDIDAD FINAL	ELEVACIÓN		ELEVACIÓN TERRENO		FORMACIÓN		ESTADO FINAL	OBSERVACIONES
		INICIAL	FINAL		ROTARIA	TERRENO	FINAL	FINAL				
El Paso-1	Las Nieves	11/10/47	16/12/47	2828'	1105'	100'		La Quinta		Seco	Muestras de Petróleo y Gas (Terciario y Cretácico)	
El Paso-2	Las Nieves	01/03/48	10/09/49	8783'	142'	127'		Molino		Seco	Abandonado como seco sin pruebas de formación	
Río Maracas-1	Las Nieves	11/12/51	17/06/52	10218'	245'	231'		Aguas Blancas (animas)		Seco	No comercial de aceite, petróleo 21/07/54 probado en la Fm. Molino	
El Paso-3	Las Nieves	12/09/53	04/07/54	11609'	146'	134'		Aguas Blancas (animas)		Seco		
El Paso-4	Las Nieves	21/07/54	15/09/54	4252'	141'	130'		Molino		Seco		
Los Venados-1	Las Nieves	22/12/54	15/11/55	4110'	221'	210'		Girón		Seco		
Cesar A-1X	Las Nieves	01/07/80	02/08/80	5600'	320'	304'		La Quinta		Seco	Indicaciones de gas y petróleo (Cretáceo)	
Cesar F-1X	Las Nieves	17/09/80	05/12/80	6543'	243'	226'		Lagunitas		Pozo de gas abandonado	Gasífero no comercial, gas recuperado Fm. Aguas Blancas	
Cesar H-1X	Maracas	21/12/80	17/01/81	4220'	190'	174'		La Quinta		Seco	Indicaciones de Brea en la Fm. Río Negro	
Compae-1	Maracas	04/06/87	87	5173'	144'	130'		Río Negro		Pozo gas y aceite	Manifestaciones entre moderadas y fuertes de gas.	
Diablito-1E	La Loma	13/10/04	14/12/04	2301.8'	0	179'		Molino		Abandonado		
Los Cerezos-1E	La Loma	20/12/04	03/02/05	2131'	0	50'		Molino		Abandonado		

**Tabla 9.3.** Resumen de la información de pozos de la Subcuenca del Cesar



POZO	BLOQUE	AÑO		AÑO FINAL	PROFUNDIDAD		ELEVACIÓN ROTARIA	ELEVACIÓN TERRENO	FORMACIÓN		ESTADO FINAL	OBSERVACIONES
		INICIAL	FINAL		FINAL	FINAL			FINAL	FINAL		
Papayal-1	Alejo	14/10/47	22/12/47	2577'	425'	415'	La Quinta	La Quinta	Seco	Muestras de petróleo en la Fm. La Luna y Lagunitas		
Cerrejón-1	Alejo	1949	1949	7814'	439'	413'	La Quinta	La Quinta	Seco	Trazas de petróleo en las Fms. Molino, La Luna y Grupo Cogollo		
Molino-1	Alejo	13/02/80	18/04/80	6060'	715'	680'	La Quinta	La Quinta	Seco	Gasífero no comercial, gas en la Fm. Hato Nuevo.		
Molino-1X	Alejo	05/05/80	21/09/80	8788'	748'	720'	La Quinta	La Quinta	Seco	No alcanzo las Formaciones objetivo, Formación Tabaco.		
Mochila- 1	Alejo	22/11/00	26/02/01	2353'	743'	731'			abandonado	No se tiene mayor información acerca del pozo.		
Patilla-2	Patilla	15/07/97		3100'	1003'	550'						

**Tabla 9. 4.** Resumen de la información de pozos de la Subcuenca del Ranchería.

#### 9.4 REGISTROS ELÉCTRICOS DE POZOS

La **tabla 9.5** muestra los tipos de registros, las curvas y las imágenes digitalizados para cada pozo dentro de las cuales se encuentra la evaluación de estructuras perforadas. Tomado de Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería Informe General, Tomo I, Gerencia de Estudios Regionales ECOPEPETROL, 1998.

La información que se encuentra disponible esta referida con color crema. Estas imágenes de pozo se encuentran en algunos informes Geológicos de cada pozo o como formato de imagen Tif.

Como se puede observar en la **tabla 9.5** la mayoría de los pozos no presentan imágenes de registro de Densidad y Sónico, las cuales son importantes para la generación de sismogramas sintéticos, elementos significativos para efectos del balanceo de secciones sísmicas con respecto a los pozos.

Dentro de la **tabla 9.5** también se hace un inventario de los archivos .Las y .Lis, el número corresponde a la cantidad de archivos que se tienen, los cuales son importantes para visualizarlos en software específicos para su interpretación. Este tipo de archivos fueron descargados a través de la página [www.epis.com.co](http://www.epis.com.co).

POZO	IMÁGENES DE POZO									
	LITOLÓGICO	GR	SP	RESISTIVO	CALIPER	DENSIDAD	SÓNICO	NEUTRON	ARCHIVOS	.LAS
CERREJON-1										2
CESAR A-1X										21
CESAR F-1X										21
CESAR H-1X										13
COMPAE-1										22
COMPAE-2										7
COMPAE-3										5
COMPAE-4										14
EL MOLINO-1										33
EL MOLINO-1X										16
EL PASO-1										2
EL PASO-2										3
EL PASO-3										13
EL PASO-4										2
LOS VENADOS-1										3
MATA DE INDIOS-1										
MOCHILA-1										
PAPAYAL-1										2
RÍO MARACAS-1										8
DIABLITO-1E										3
LOS CEREZOS-1E										

Tabla 9.5. Inventario de las imágenes de pozo existentes.

## 9.5 TOPES Y ESPEORES DE FORMACIÓN

Las **tablas 9.6** y **9.7** muestran los topes y los espesores de las formaciones presentes en cada pozo y en la respectiva subcuenca. Tomada de Proyecto Cuencas Frontera, Cuenca Cesar-Ranchería, Recopilación de Información, ECOPELROL-ICP, 1994.

FORMACIÓN	TOPE FORMACIÓN	ESPESOR	LITOLOGÍA
Pozo: PAPAYAL-1			
Fm. Molino	0	394'	Lutitas
Fm. La Luna	394'	126'	Margas y lutitas con M.O.
Fm. Aguas Blancas	520'	928'	Calizas y areniscas Glauconíticas
Fm. Lagunitas	1438'	952'	Calizas masivas
Fm. La Quinta	2390'		Areniscas, Lutitas y Arcillolitas
Pozo: CERREJON-1			
Fm. Cerrejón	0	2100'	Lutitas arenosas y areniscas
Fm. Manantiales	2100'	590'	Calizas Fosilíferas
Fm. Hato Nuevo	2690'	1035'	Calizas Micríticas
Fm. Molino	3725'	1590'	Lutitas
Fm. La Luna	5315'	385'	Margas y lutitas con M.O.
Fm. Aguas Blancas	5700'	1010'	Calizas y areniscas Glauconíticas
Fm. Lagunitas	6710'	945'	Calizas masivas
Fm. La Quinta	7655'		Areniscas, Lutitas y Arcillolitas
Pozo: MOLINO-1			
Q.	0	120'	Depósitos aluviales recientes
Conjunto Conglomerático	120'	1880'	Fragmentos de roca ígnea, chert y caliza
Conjunto Calcáreo	2000'	352'	Bancos de Calizas fosilíferas
Fm. Molino	2352'	1618'	Lutitas
Fm. La Luna	3970'	106'	Margas y lutitas con M.O.
Fm. Aguas Blancas	4076'	900'	Calizas y areniscas Glauconíticas
Fm. Lagunitas	4976'	846'	Calizas masivas
Fm. La Quinta	5818'		Areniscas, Lutitas y Arcillolitas
Pozo: MOLINO-1X			
Q	0	294'	Depósitos aluviales recientes
Conjunto Conglomerático	294'	1192'	Fragmentos de roca ígnea, chert y caliza
Conjunto Calcáreo	1486'	886'	Bancos de Calizas fosilíferas
Fm. Cerrejón	2372'	646'	Lutitas arenosas y areniscas
Fm. Manantiales	3018'	508'	Calizas Fosilíferas
Fm. Hato Nuevo	3526'	442'	Calizas Micríticas
Fm. Molino	3968'	1686'	Lutitas
Fm. La Luna	5654'	385'	Margas y lutitas con M.O.
Fm. Aguas Blancas	5912'	902'	Calizas y areniscas Glauconíticas
Fm. Lagunitas	6814'	1730'	Calizas masivas
Fm. La Quinta	8544'		Areniscas, Lutitas y Arcillolitas
Conjunto Calcáreo	1240'	1113'	Bancos de Calizas fosilíferas

**Tabla 9.6.** Topes y Espesores de Formación, Subcuenca Ranchería.

<b>FORMACIÓN</b>	<b>TOPE FORMACIÓN</b>	<b>ESPESOR</b>	<b>LITOLOGÍA</b>
<b>Pozo: CESAR H-1X</b>			
Fm. Cuesta	200		Areniscas y Arcillolitas
Fm. Molino	1750	230	Lutitas
Fm. La Luna	1980	590	Margas y lutitas con M.O.
Fm. Aguas Blancas (G. C.)	2570	937	Calizas y areniscas Glauconíticas
Fm. Lagunitas (G. C.)	3507	503	Calizas masivas
Fm. Río negro	4010	130	Areniscas
Fm. La Quinta	4140	80	Areniscas, Lutitas y Arcillolitas
<b>Pozo: COMPAE-1</b>			
Q.	0		Aluvión
Fm. Molino	60	1544	Lutitas
Mb. Socuy	1604	145	Calizas
Fm. La Luna	1749	579	Margas y lutitas con M.O.
Mb. Maracas (F. A. B.)	2328	408	Calizas intercaladas con shales
Mb. Tocuy (F. A. B.)	2736	650	Lentes de areniscas con shales
Mb. Ánimas (F. A. B.)	3386	624	Lentes de calizas con shales calcáreos
Fm. Lagunitas	4010	880	Calizas masivas
Fm. Río negro	4890	283	Areniscas
<b>Pozo: COMPAE-2</b>			
Q.	superficie	60	Depósitos aluviales recientes
Fm. Molino	60	1544	Lutitas
Mb. Socuy	1604	145	Calizas
Fm. La Luna	1749	579	Margas y lutitas con M.O.
Fm. Aguas Blancas	2328	1682	Calizas y areniscas Glauconíticas
Fm. Lagunitas	4010	880	Calizas masivas
Fm. Río negro	4890	283	Areniscas
<b>Pozo: COMPAE-3</b>			
Q.	superficie	94	Depósitos aluviales recientes
Fm. Molino	94	1738	Lutitas
Mb. Socuy	1832	195	Calizas
Fm. La Luna	2027	479	Margas y lutitas con M.O.
<b>Pozo: COMPAE-4</b>			
Q.	superficie	90	Depósitos aluviales recientes
Fm. Molino	90	1962	Lutitas
Mb. Socuy	2052	166	Calizas
Fm. La Luna	2218		Margas y lutitas con M.O.
<b>Pozo: EL PASO-1</b>			
Q.	0		Aluvión
Fm. Cuestas	275	2115	Areniscas y arcillolitas
Fm. La Quinta	2390	537	

FORMACIÓN	TOPE FORMACIÓN	ESPESOR	LITOLOGÍA
<b>Pozo: EL PASO-2</b>			
Q.	0		Aluvión
Fm. Cuestas	25	1850	Areniscas y arcillolitas
Fm. Cuervos	1110	2790	Lutitas carbonosas y areniscas
Fm. Barco	3900	470	Areniscas masivas
Fm. Molino	4370	4413	Lutitas
<b>Pozo: RÍO MARACAS-1</b>			
Fm. Cuestas	0		Areniscas y arcillolitas
Fm. Molino	90	7676	Lutitas
Fm. La Luna	7766	766	Margas y lutitas con M.O.
Mb. Tocuy (A. B.)	8532	1573	Areniscas glauconíticas y limestone
Mb. Ánimas(A.B.)	10105	113	Limestone y shale carbonoso
<b>Pozo: EL PASO-3</b>			
Fm. Cuestas	0		Areniscas y arcillolitas
Fm. Cuervos	1050	3980	Lutitas carbonosas y areniscas
Fm. Barco			Areniscas masivas
Fm. Molino	5030	4060	Lutitas
Fm. La Luna	9090	1107	Margas y lutitas con M.O.
Fm. Aguas Blancas	10197	449	Calizas y areniscas Glauconíticas
<b>Pozo: EL PASO-4</b>			
Q.	0		Aluvión
Fm. Cuestas	200	2132	Areniscas y arcillolitas
Fm. Cuervos	2332	1068	Lutitas carbonosas y areniscas
Fm. Barco	3400	500	Areniscas Masivas
Fm. Molino	3900	354	Lutitas
<b>Pozo: LOS VENADOS-1</b>			
Q.	0		Aluvión
Fm. Molino	200	1300	Lutitas
Fm. La Luna	1500	1050	Margas y lutitas con M.O.
Gp. Cogollo	2550	1560	Calizas y areniscas
Fm. Río Negro			Areniscas Conglomeráticas
Fm. La Quinta			Areniscas, lutitas y conglomerados
<b>Pozo: CESAR A-1X</b>			
Fm. Molino	0		Calizas con intercalaciones de shales
Fm. La Luna	950	1790	Margas y lutitas con M.O.
Gp. Cogollo	2750	2070	Calizas y areniscas
Fm. Río negro	4820	660	Areniscas Conglomeráticas
Fm. La Quinta	5480	120	Areniscas, Lutitas y Arcillolitas
<b>Pozo: CESAR F-1X</b>			
Fm. Cuesta	0		Areniscas y Arcillolitas
Fm. Molino	1040	1810	Calizas
Fm. La Luna	2855	790	Margas y lutitas con M.O.
Fm. Aguas Blancas	3645	2700	Calizas y areniscas Glauconíticas
Fm. Lagunitas	6345	198	Calizas masivas

**Tabla 9.7.** Topes y Espesores de Formación, Subcuenca Cesar.

La información petrofísica de los pozos se podrá consultar en el capítulo correspondiente, en el cual se anexa la información existente, así como las nuevas evaluaciones efectuadas dentro de este trabajo.

## 10 INFORMACIÓN GEOQUÍMICA

### 10.1. Calidad y cantidad de la materia orgánica

La información geoquímica en la Cuenca Cesar-Ranchería es escasa, la más reciente proviene del estudio contratado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos en el 2007, en el cual se adelantó muestreo geoquímico de superficie, en el área de la Serranía de Perijá. En dicho estudio se obtuvieron un total de 181 muestras a las cuales se les realizaron análisis de TOC a 181, pirolisis Rock Eval a 81, petrografía orgánica a 62 y análisis de extractos a 13. Se reportan rezumaderos de la Formación Río Negro de los cuales no se obtuvieron muestras de crudo. Los resultados de los análisis geoquímicos se resumen en las **tablas 10.1 y 10.2.**

<i>Formación</i>	<i>Roca</i>	<i>% TOC</i>	<i>TMAX</i>	<i>HI</i>
Los Cuervos	Lodolita carbonosa, arcillolita	14,47	436	132
	Carbón	50		
La Luna	Caliza	1,13	534	7
Tocuy y Maracas	Caliza	0,47	573	19
Tocuy y Animas	Caliza	0,61	509	9
Animas	Caliza	1,47	530	13
Lagunitas	Caliza	0,41	521	16
Río Negro	Arenita, arcosa	0,78	543	9
La Quinta	Toba	0,73	513	8

**Tabla 10.1.** Datos promedios de %TOC, TMAX y HI en la Serranía de Perijá.

Los datos de reflectancia de vitrinita (%Ro) se resumen en la **tabla 10.2.**

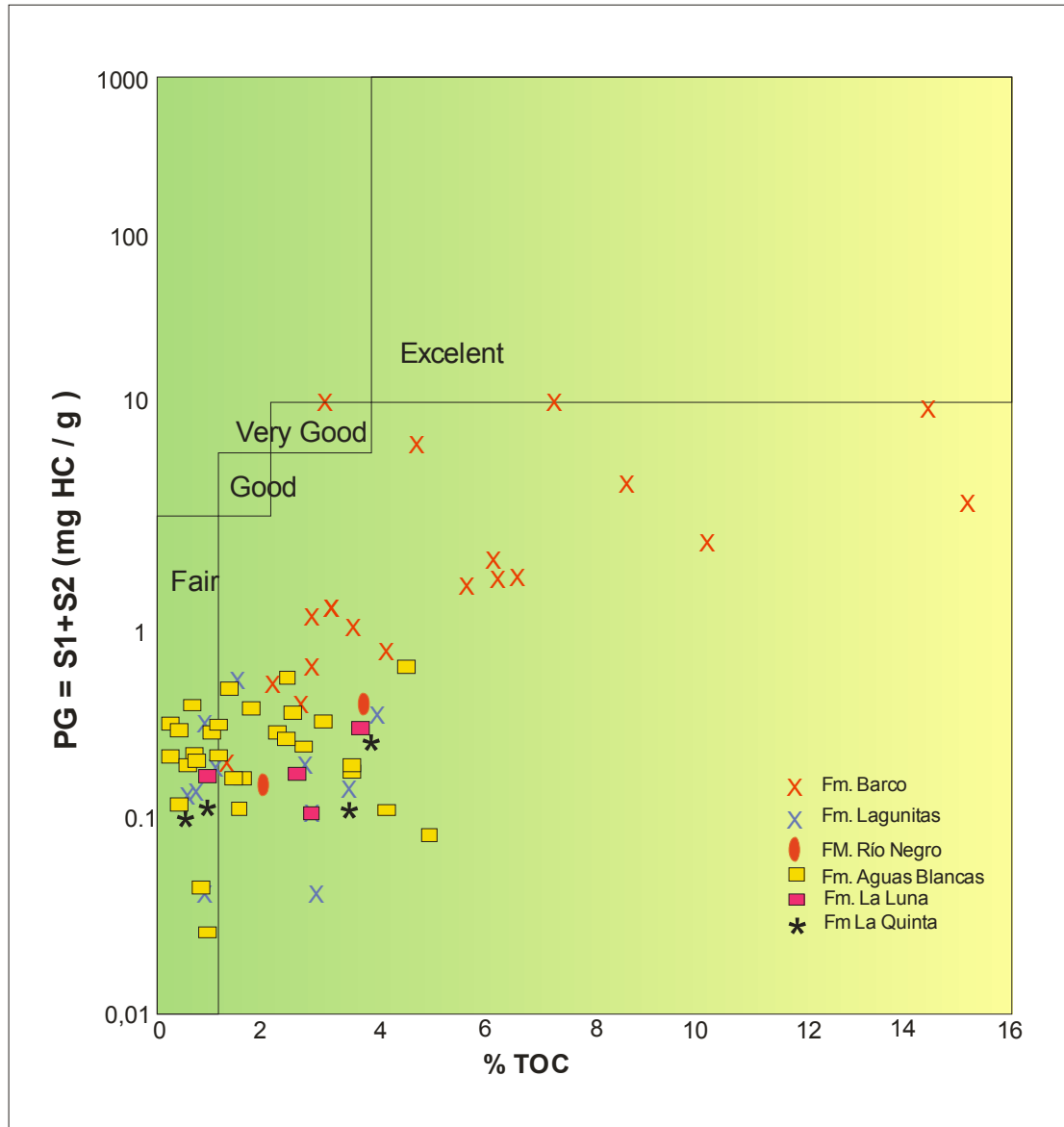


<b>Formación</b>	<b>%Ro</b>
Los Cuervos	0,53
La Luna	1,13
Tocuy y Maracas	0,95
Tocuy y Animas	0,82
Animas	1,16
Lagunitas	1,14
Rio Negro	1,14
La Quinta	1,41

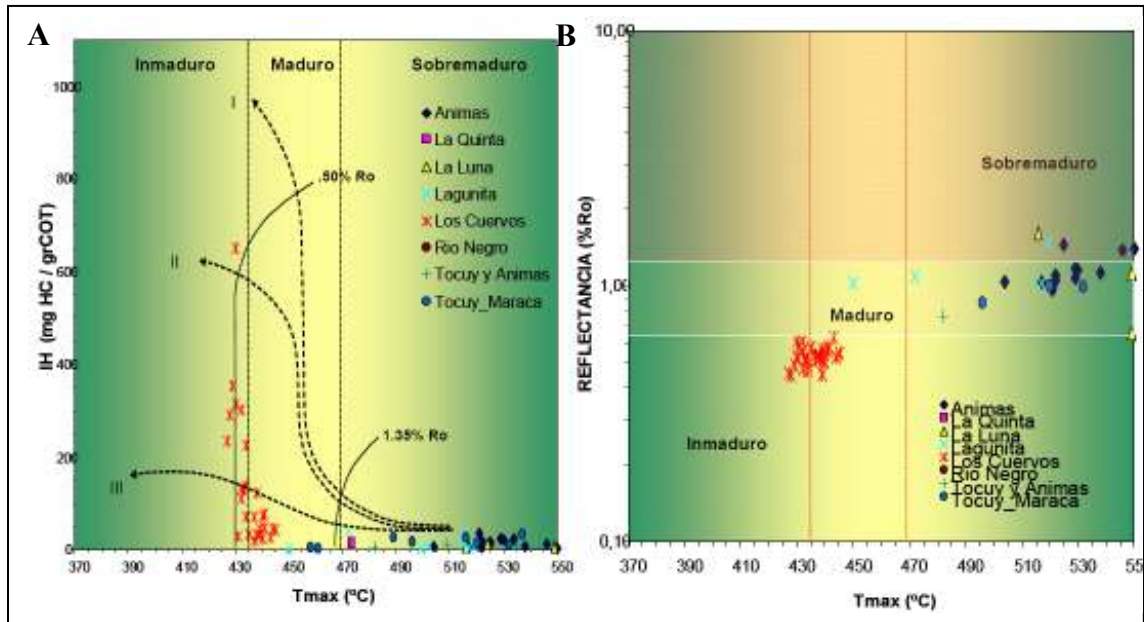
**Tabla 10.2.** Datos promedio de %Ro en rocas aflorantes en la Serranía de Perijá.

Las unidades estratigráficas analizadas incluyen las formaciones La Quinta, Río Negro, Lagunitas, Aguas Blancas (Miembros Tocuy, Animas y Maracas), La Luna y Cuervos, los análisis no incluyen muestras de la Formación Molino.

Las propiedades de cantidad y calidad de la materia orgánica presentes en las rocas analizadas, permiten establecer como rocas fuentes las siguientes formaciones: Los Cuervos (Paleoceno), La Luna y Animas (Cretácico). Los parámetros de madurez termal indican que la Formación Los Cuervos es una roca fuente potencial en estado inmaduro y localmente en inicio de la ventana de generación, mientras que las formaciones La Luna y Ánimas se encuentran actualmente agotadas debido a los altos valores de madurez alcanzados. Ver **figuras 10.1 y 10.2**



**Figura 10.1.** Diagrama de %COT Vs PG (Ilustrando el potencial de generación actual de las rocas analizadas en la Cuenca Cesar-Ranchería)

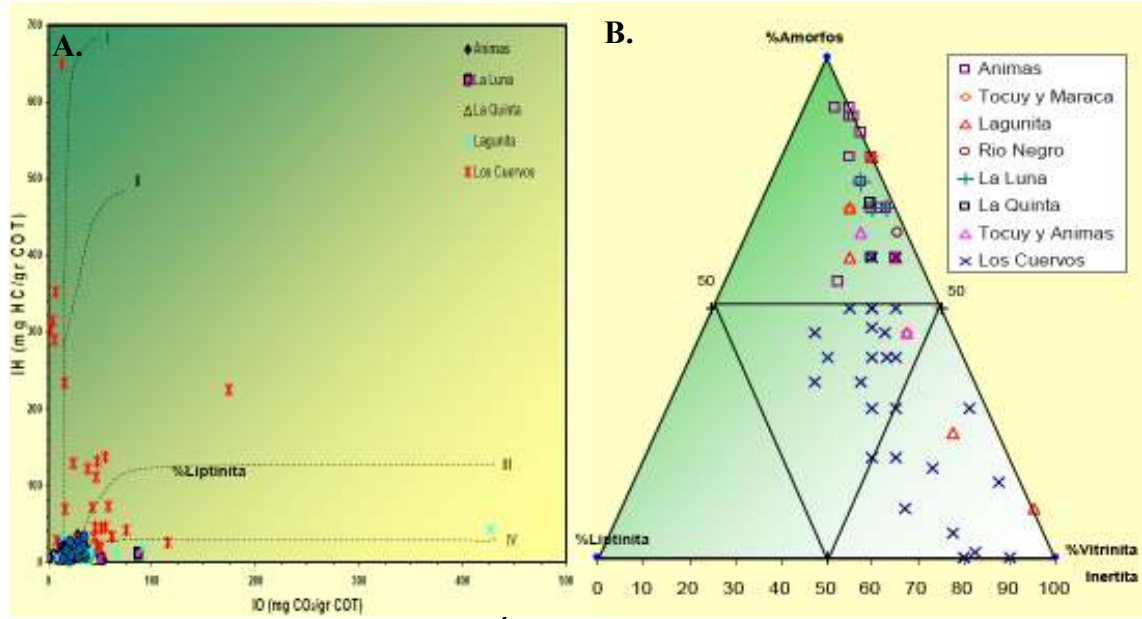


**Figura 10.2. A.** Diagrama IH Vs T<sub>máx</sub>, se observan los valores bajos de IH por efecto de la alta madurez alcanzada, especialmente por las rocas cretácicas. **B.** Correlación de los datos de T<sub>máx</sub> Vs %Ro.

Las unidades Tocuy, Maracas, Lagunitas, Río Negro y La Quinta presentan un potencial limitado de generación de hidrocarburos por presentar un potencial genético bajo y contenidos de TOC entre 1 y 4% (Ver **figura 10.1**). Adicionalmente estas formaciones se encuentran sobremaduras con valores de Ro > 1.4% y de Tmax > 470 °C lo cual indica que estas formaciones tienen algún potencial de generación de gas (Ver **figura 10.2**).

Los resultados de pirólisis y de análisis visual del kerógeno indican que la materia orgánica de la Formación Los Cuervos presenta condiciones para la generación de gas principalmente (Predominancia de kerógeno tipo III), no se descarta que localmente esta pueda generar hidrocarburos líquidos (kerógeno tipo II). Por efecto de madurez los valores de IH se encuentran disminuidos en la Formación Los Cuervos y agotado en las unidades cretácicas (Ver **figura 10.3**).

El análisis de la materia orgánica de las formaciones La Luna y Ánimas sugiere que estas rocas generaron hidrocarburos líquidos principalmente y gaseosos en menor proporción.



**Figura 10.3. A.** Diagrama de IO (Índice de hidrógeno en mg CO<sub>2</sub>/gr COT) Vs IH (Índice de hidrógeno en mg/gr COT). **B.** Diagrama triangular con los porcentajes de materia orgánica amorfa, liptinita y vitrinita + inertinita).

La **tabla 10.3** presenta un resumen de la evaluación geoquímica, se identifican rocas generadoras, características y tipo de crudo que pueden generar o han generado.

**Tabla 10.3.** Síntesis geoquímica basándose en los promedios de las tablas 10.1 y 10.2.

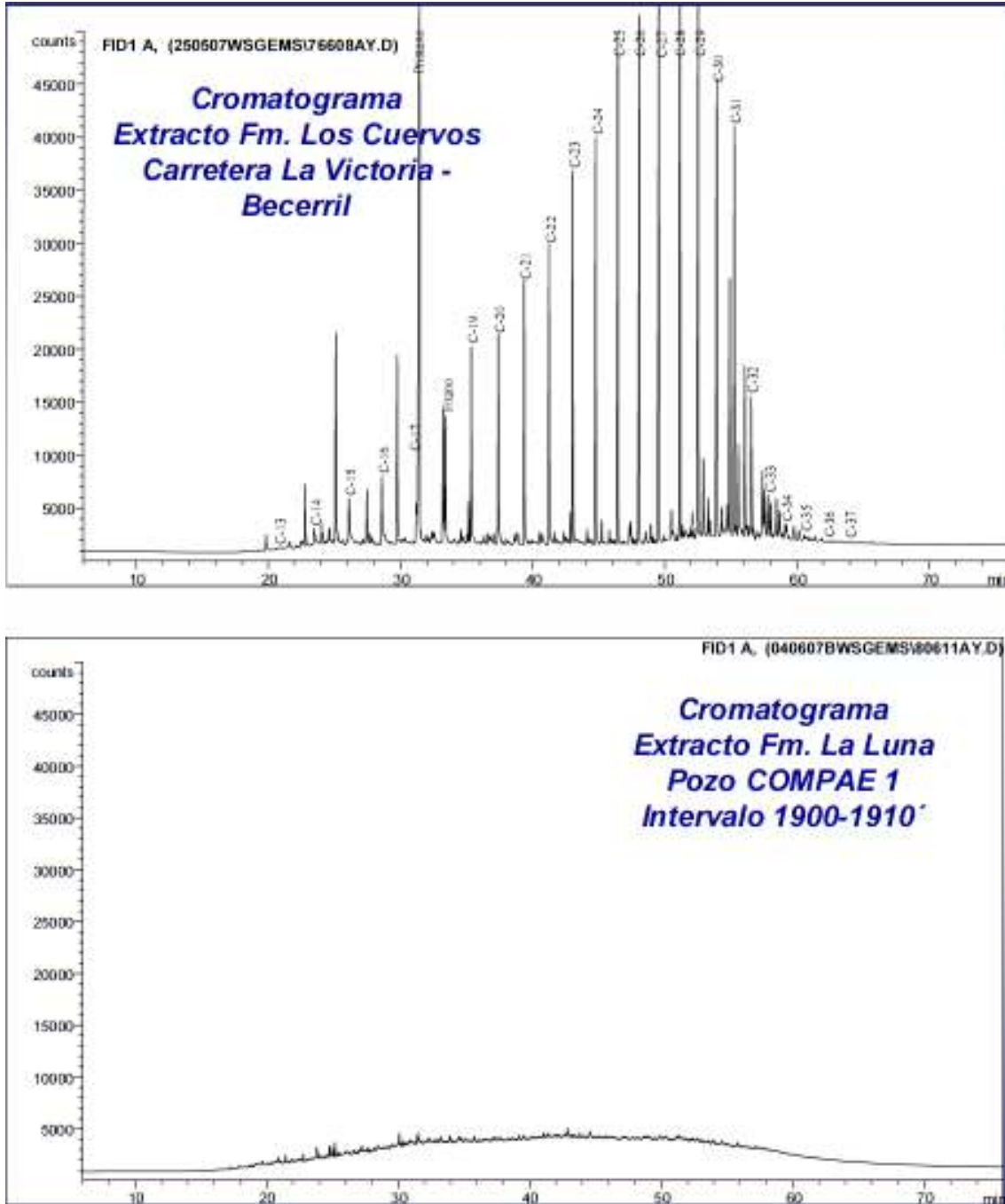
<b>EDAD</b>	<b>FORMACIÓN</b>	<b>MATERIA ORGÁNICA</b>	<b>POTENCIAL DE GENERACIÓN</b>	<b>TIPO DE MATERIA ORGÁNICA</b>	<b>MADUREZ</b>	<b>ROCA FUENTE EN EL AREA</b>	<b>TIPO DE HIDROCARBURO</b>
Terciario	Los Cuervos	Muy Bueno-Excelente	Actual	III, IV y II	Inmadura-Inicio ventana	Potencial	Gas/Crudo
	La Luna	Bueno	Agotado	II	Sobremadura	Consumida	Crudo/Gas
	Tocuy y Maraca	Bajo	No	II-III	Madura-Sobremadura	No	N.A
Cretácico	Anima	Bueno	Agotado	II	Sobremadura	Consumida	Crudo/Gas
	Lagunitas	Bajo	No	II-III	Sobremadura	No	N.A
	Río Negro	Bajo	No	III	Sobremadura	No	N.A
Jurásico	La Quinta	Bajo	No	III	Sobremadura	No	N.A

### 10.1.1. Evaluación de Extractos

La extracción de bitumen se realizó a 13 muestras de las cuales 9 corresponden a la Formación Los Cuervos en afloramiento y 4 en las formaciones Aguasblancas, Lagunitas y La Luna obtenidas de los pozos Compae 1, 2 y 3 respectivamente.

La cromatografía líquida de estos extractos permite observar un contraste entre los del Terciario (menos maduras) y los del Cretácico, los primeros presentan abundancia de parafinas en comparación con los segundos los cuales se encuentran biodegradados, ver **figura 10.4**. Esto mismo se refleja en la cromatografía de gases de la fracción saturados de los extractos de la Formación Los Cuervos, en donde por efecto de la baja madurez, abundan más las parafinas de alto peso molecular. (ANH 2007)

En la cromatografía de gases de la fracción saturados de los extractos de la Formación Los Cuervos se observa que por efecto de la baja madurez, abundan más las parafinas de alto peso molecular.



**Figura 10.4.** Cromatografía de la fracción de saturados de extractos de las formaciones Los Cuervos (parte superior) y La Luna (parte inferior).

La desaparición de las parafinas en el extracto de la Formación La Luna puede deberse al efecto de la biodegradación permitiendo que ocurran procesos de alteración del crudo.

La predominancia del Pristano sobre el Fitano en los extractos de la Formación Los Cuervos, confirman su relación con ambientes más oxidantes, en donde el potencial generador de la materia orgánica original pudo haber sido afectado notablemente. (ANH 2007)

El proyecto realizado por ECOPELROL 1990 para determinar la calidad de hidrocarburos presentes en las subcuencas Cesar y Ranchería se realizaron análisis de TMAX a partir del cual se definieron provincias geoquímicas descritas a continuación.

### 10.1.2. Interpretación Tmax

- Provincia geoquímica 1:

Los valores de Tmax para la provincia geoquímica 1 definida inicialmente el los valores de TOC coinciden con las concentraciones de TOC. Los valores de Tmax en la parte mas norte ubican las rocas como sobremaduras (zona de metagénesis) inclusive cayendo por encima de las zonas de generación de gas seco. Existe relación directa entre las anomalías (TOC y TC) de las tres provincias geoquímicas y los datos de temperatura hallados en los experimentos de pirolisis, los sitios en donde la concentración es mayor, la temperatura incrementa. Por otra parte hay zonas que no se encuentran dentro de las provincias geoquímicas y presentan generación de aceite (catagénesis), estas estarían en la zona de inmadurez. (ECOPELROL 1990)

- Complejo Tectónico Estructural Manaure:

Experimentos de pirolisis rock eval realizado en rocas de formaciones pertenecientes al Cretáceo Superior e Inferior denotan que estas rocas se encuentran dentro del rango de sobremadurez, lo cual indica que el grado de generación de estas rocas es prácticamente nulo y que solamente debería de esperarse gas seco. (ECOPELROL 1990)

Valores de Tmax en formaciones generadoras hallado por GEOCHEM para ECOPELROL:

Barco Cuervos: 418°C a 438°C con lo que se tiene si hay roca generadora una zona incipiente generación de aceite hasta una zona de buena generación de aceite (zona de inmadurez diagénesis a madurez catagénesis).

Formación Molino: 415 °C a 436°C con predominio de valores mayores a 430 °C que ubican a estas rocas dentro de la ventana de generación de aceite (zona de madurez – catagénesis).

Formación La Luna: 430 °C a 436°C con predominio de 436°C, estas rocas se encuentran dentro de la ventana de generación de aceite (zona de madurez – catagénesis).

## 10.2. Geoquímica de superficie

El estudio de geoquímica de superficie para la Cuenca Cesar-Ranchería (Área Serranía de Perija) contratado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en el año 2006 sugiere en total 5 grupos de anomalías geoquímicas principales (R, T, U, V y  $\alpha$ ) y 4 grupos de anomalías secundarias (K, L, S y  $\Sigma$ ), las



anomalías se llevaron a cabo para cada uno de los hidrocarburos livianos: Metano, Etano, Propano, Isobutano, Butano, Isopentano y Pentano (C1, C2, C3, iC4, nC4, iC5, C5).

En general las zonas de anomalías se relacionan con los afloramientos de rocas Cretácicas (generadoras de hidrocarburos). Ver **figura 10.7**.

Las mayores concentraciones de gas (ppm) corresponden a Metano, seguido por Etano. Ver **figuras 10.5 y 10.6**.

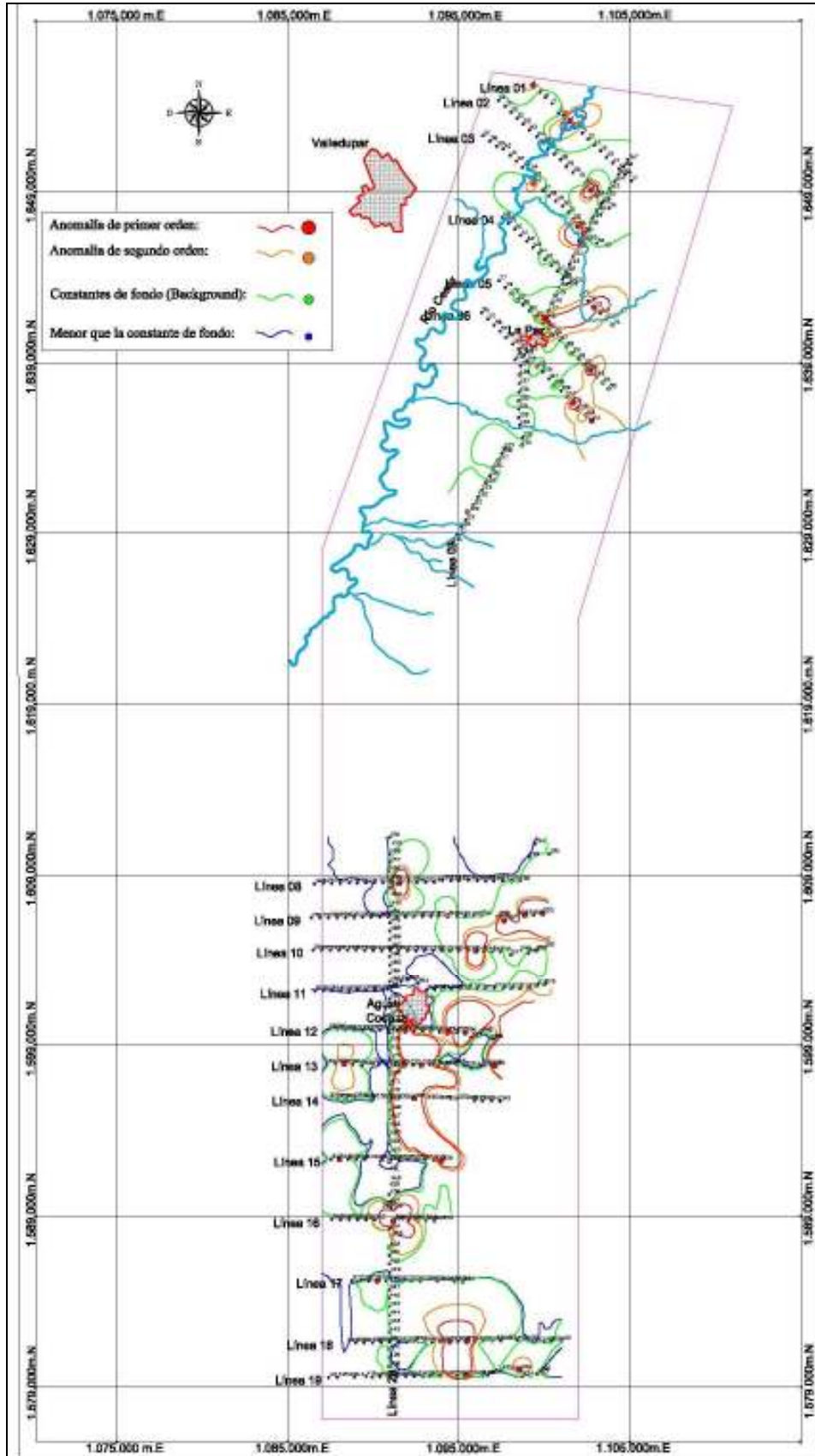


Figura 10.5. Mapa de clases y de contornos de metano en la Serranía de Perijá

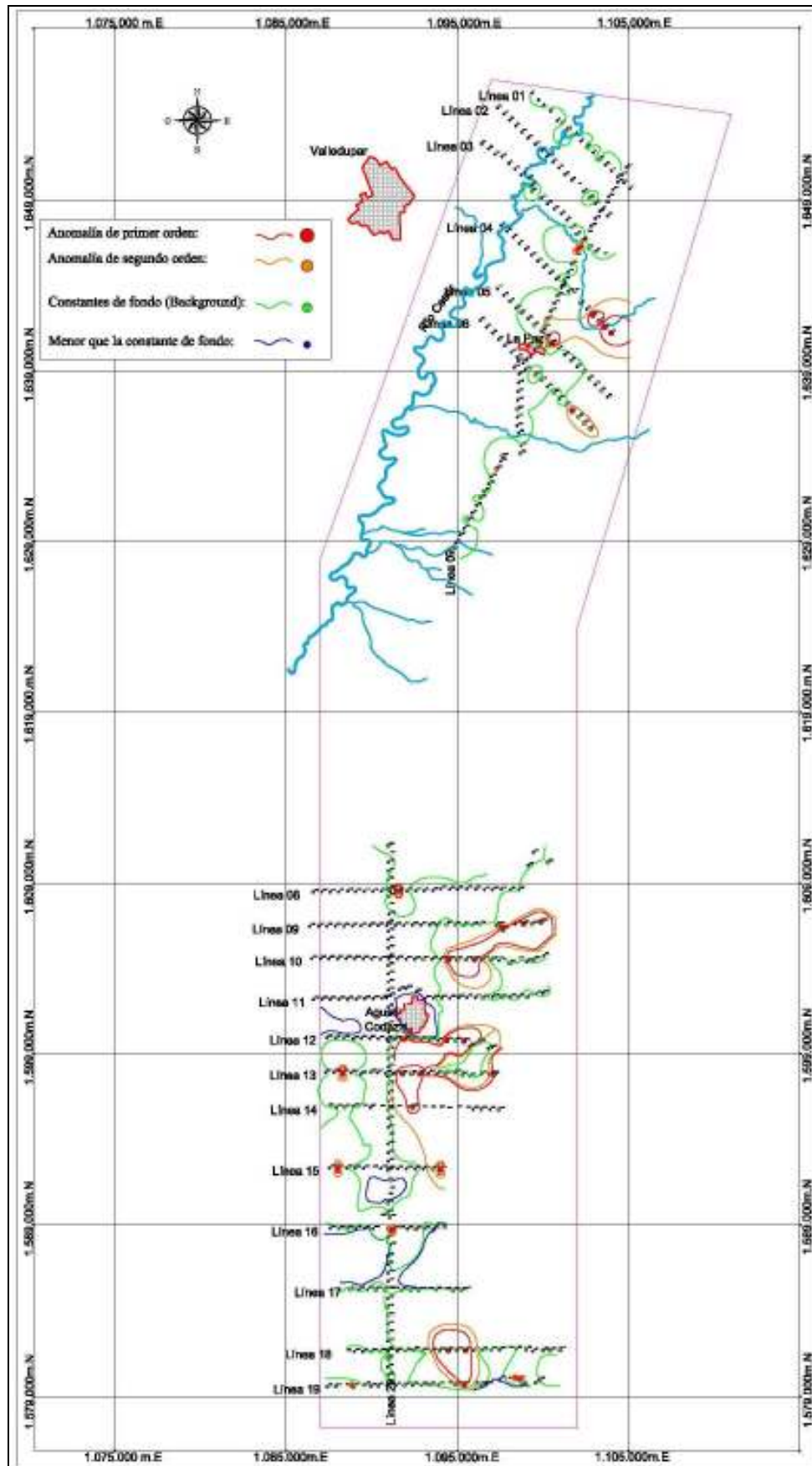
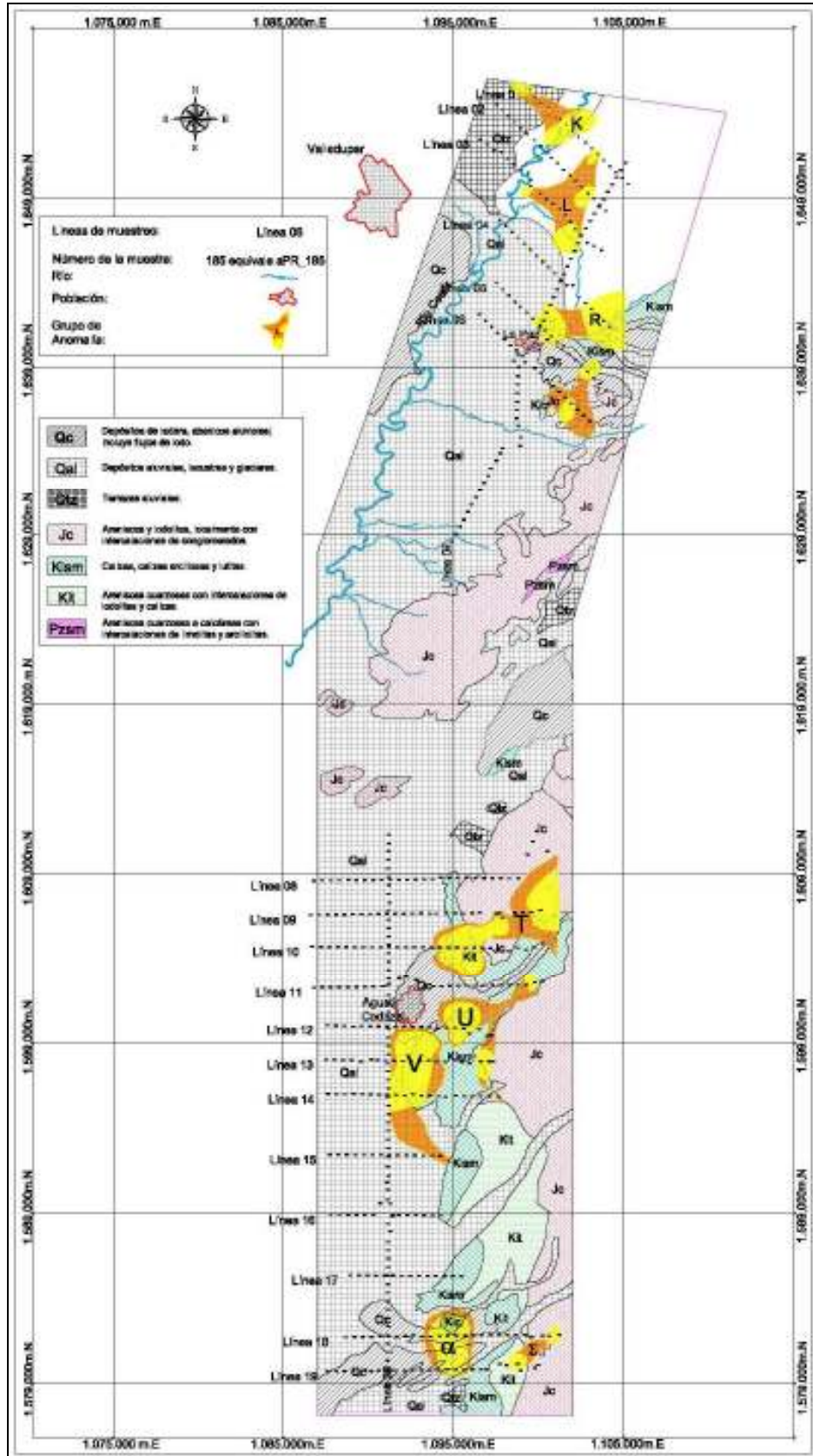


Figura 10.6. Mapa de clases y contornos de etano en la Serranía de Perijá.



**Figura 10.7.** Mapa de áreas de interés sobre el mapa geológico. Se observa la relación entre las anomalías de hidrocarburo con los afloramientos de rocas cretácicas.

El origen de estos gases de hidrocarburos se determinó teniendo en cuenta la relación  $C1/(C2+C3)$  (Parámetro de Bernard), los resultados indican predominancia de gas termogénico (92%) seguido por gas diagenético (4.2%), mezcla (3.4%) y una pequeña fracción de microbiológico (0.4%). Según las consideraciones de Harworth et al. (1985) se estimó que el tipo de fluido es predominantemente hidrocarburo líquido con alguna cantidad menor de condensado y gas.

Según análisis isotópicos  $C^{12/13}$  indican la influencia termogénica en el origen de estos gases, los análisis también descartan la presencia de gases de origen microbiológico. Los resultados isotópicos la relacionan con kerogeno tipo II, posiblemente diagenético (sobre rocas cretácicas).

### 10.3. Información geoquímica de pozos perforados

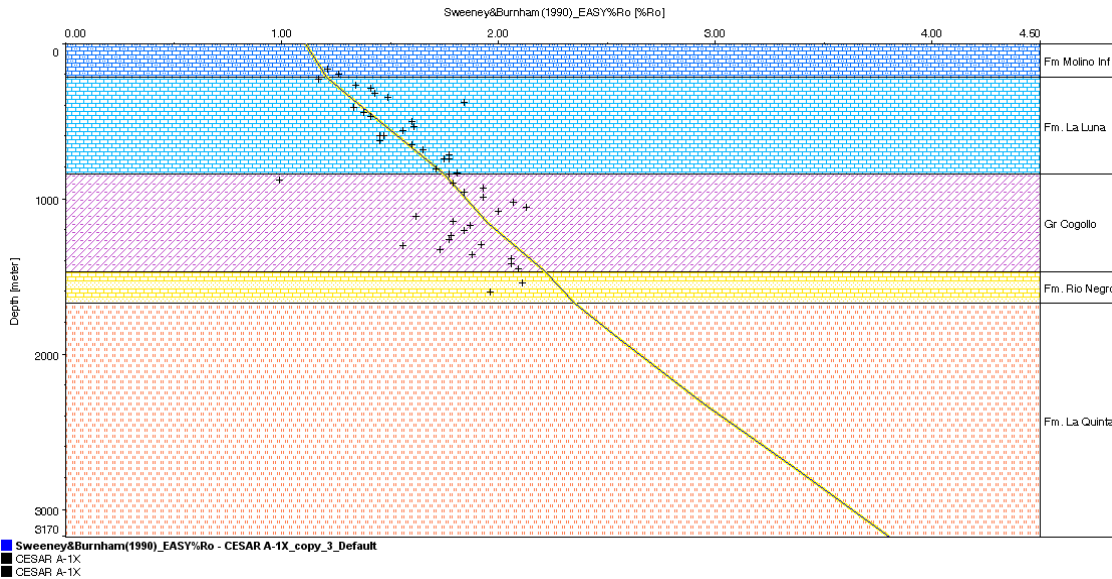
- Subcuenca Cesar

En la **tabla 10.4** se resume los datos geoquímicos disponibles en pozos de la Subcuenca Cesar

<b>SUBCUENCA CESAR</b>					
<b>Pozo</b>	<b>Formación</b>	<b>%Ro</b>	<b>TOC</b>	<b>Tmax</b>	<b>Madurez</b>
Cerrejón-1	Molino	0,4-0,55			Inmadura
	La Luna	0,4-0,55			Inmadura
	Gr. Cogollo	0,55-0,68			Ligeramente inmadura (inicio ventana de generación de aceite)
Papayal-1	Molino	0,45-0,51			Inmadura
	La Luna	0,45-0,51			Inmadura
	Gr. Cogollo	0,51-0,58			Inmadura
Molino-1X	Barco-Cuervos		0,3	430	Inmadura diagénesis
	Molino		0,5	442	Inmadura diagénesis
	La Luna		0,18	431	Madura catagénesis

**Tabla 10.4.** %Ro, %TOC, Tmax para la subcuenca Cesar

El análisis de reflectancia de vitrinita del pozo Cesar A-1X muestra que la Formación La Luna y el Grupo Cogollo están en la ventana de gas húmedo (Ro. 1.4 a 2.0), y que la Formación Molino esta en la ventana de generación de gas húmedo (Ro. 1.1 a 1.4). La reflectancia 1.4% se alcanza en dicho pozo a una profundidad de 2000 ft. (Ver **figura 10.8**)



**Figura 10.8.** Datos de %Ro vs Profundidad para el pozo Cesar A-1X

El análisis de muestras de superficie, tomadas de los pozos de la inmediata línea sísmica CV-51, muestra la sección del Paleoceno-Cretácico Superior. Con vitrinitas del orden de 0.47 a 0.74%, es decir de inmaduras a plenamente maduras.

En la cuenca hacia el sur se tiene kerógeno tipo I a profundidades de 4500 m de edades Holoceno-Pleistoceno y hacia el norte kerógeno tipo II a una profundidad de 2000m al cual se le atribuye un origen marino y kerógeno tipo III a profundidades de 2500m de edades PreEoceno, estos kerogenos se consideran sobremaduros.(ECOPETROL 1990)

La relación de índices de IH (índice de hidrógeno) Vs IO (índice de oxígeno) obtenidos por pirolisis *rock eval* en el pozo El Paso – 3 indican que para las formaciones Barco-Cuervos, Molino y La Luna hay predominancia de kerogeno tipo III.

- Subcuenca Rancheria

La **tabla 10.5** resume los datos geoquímicos de pozos de la Subcuenca Ranchería

<b>SUBCUENCA RANCHERIA</b>					
<b>Pozo</b>	<b>Formación</b>	<b>%Ro</b>	<b>TOC</b>	<b>Tmax</b>	<b>Madurez</b>
El Paso-3	Barco-Cuervos	0,45	20	420	Inmadura diagénesis
	Molino	0,38	1,61	424	Inmadura diagénesis
		0,61			Madura catagénesis
	La Luna	0,9	0,97	433	Madura catagénesis
Cesar F-1X	Barco-Cuervos		1,5	423	Inmadura diagénesis
	Molino		0,8-2	413	Inmadura diagénesis
	La Luna		0,9-5	471	Madura catagénesis

**Tabla 10.5.** %Ro, %TOC, Tmax para la Subcuenca Ranchería

Las condiciones estructurales y sedimentológicas hacen que la prospectividad de la cuenca sea baja, la materia orgánica esta compuesta por kerógeno tipo III de origen marino somero a transicional y kerógeno tipo II de origen marino el cual se presenta en baja cantidad. (ECOPETROL 1990); La evolución de la subcuenca permite determinar que el gradiente geotérmico fue bajo y por tanto junto con la condición estructural no favorece la generación de hidrocarburos, por lo anterior esta subcuenca se considera inmadura.

Con menor importancia se tienen posibles acumuladores de intervalos arenosos de formaciones terciarias, Barco – Cuervos, Hato Nuevo – Manantiales y Cerrejón. (ECOPETROL 1990)

Como rocas almacén se tiene a la Formación Río Negro, las arenas del Miembro Tocuy de la Formación Aguasblancas y una posible acumulación por porosidad secundaria en formaciones calcáreas

El proyecto realizado por ECOPETROL 1990 para determinar la calidad de hidrocarburos presentes en las subcuencas Cesar y Ranchería se realizaron análisis de carbono total (TC), carbono orgánico total (TOC), los resultados se resumen en la **tabla 10.6.**

CUENCA	POZO	FORMACIÓN	CONCENTRACIÓN TC	CONCENTRACIÓN TOC	
RANCHERÍA	MOLINO-1X	Conjunto calcáreo de la Guajira	Regular	Pobres	
		Fm. Cerrejón	Regular a buena	Buenas	
		Fm. Molino	Pobre	Regulares a buenas	
		Fm. La Luna	Buena a excelente	Buenas	
		Grupo Cogollo	Superior	Buena	Buenas a muy buenas
			Media	Buena	Regulares
Baja	Buena		Pobres		
CESAR	CESAR F-1X	Fm. Molino	Pobre	Pobre a buena	
		Fm. La Luna	Buena a excelente	Buena a excelente	
		Grupo Cogollo	Regular a buena	Regular a muy buena	
	PASO-3	Fm. Molino	Pobre	Pobre (al tope), excelentes (parte media y base de la formación)	
		Fm. La Luna	Pobre	Buena	

**Tabla 10.6.** Concentraciones de carbono total (TC) y carbono orgánico total (TOC) efectuados sobre muestras de pozo. Modificado de ECOPETROL 1990.



## 11 INTERPRETACION SISMICA. MAPAS ESTRUCTURALES, Y PROSPECTOS.

La información sísmica disponible (ver **capítulo 8**) fue cargada en la plataforma GeoGraphix, de Landmark. El procedimiento seguido para dicha carga consistió inicialmente en verificar la calidad de los archivos SEG-Y. Algunos de ellos permitieron carga directa, aunque la mayoría debió ser redireccionado mediante su respectivo archivo UKOOA.

La interpretación de la sísmica se llevó a cabo en dos (2) proyectos independientes; uno para la subcuenca del Cesar y otro para la subcuenca del Ranchería.

Las razones que fueron tenidas en cuenta para esta división son en primer lugar, la clara división geográfica que existe en la cuenca, pues el alto de Valledupar constituye el punto de separación entre las subcuencas Cesar y Ranchería; además la ubicación de cada uno de los programas sísmicos existentes es muy clara y permite discriminarlos según la subcuenca en la que fueron lanzados; la estratigrafía de la cuenca, aunque muy similar en toda su extensión, presenta algunas variaciones a partir del Terciario entre la parte Norte y la parte Sur. Este parámetro toma especial importancia al momento de iniciar la interpretación de los horizontes sísmicos, pues esta diferencia en las unidades estratigráficas no facilita una correlación directa entre los horizontes interpretados. Finalmente, la evaluación de los espesores del paquete de sedimentos en cada una de las subcuencas es diferente, pues en la Subcuenca del Cesar es de aproximadamente 6000 metros y en la Subcuenca del Ranchería no sobrepasa los 3500 metros.

Los programas sísmicos utilizados en cada una de las subcuencas se resumen en las **tablas 11.1 y 11.2**.

- **Programas Sísmicos Subcuenca Cesar.**

Progr. Sísmico	Regis. Para	Regis. Por	Long. (Km)	Calidad	Nº Líneas Sísmicas	Resol. Vertical	Resol. Horizon.
Valle del Cesar CV-79	Phillips Petroleum	GSI	1904	Regular	49	Moderada	Moderada
Mompos 81	Gulf Oil. Co	GSI	285	Buena	21	Moderada	Pobre
Guajira Cesar CR-88	Ecopetrol	Geosource	292	Buena	14	Moderada	Moderada
ANH 2005	ANH	UT KPITAL Geofísica	182	Buena	6	Buena	Buena
<b>TOTAL</b>			<b>2663</b>		<b>90</b>		

**Tabla 11.1** Parámetros de los programas sísmicos disponibles en la Subcuenca del Cesar.

- **Programas sísmicos Subcuenca Ranchería.**

Prog. Sísmico	Regis. Para	Regis. Por	Longitud (Km.)	Calidad	Nº de Líneas Sísmicas	Resol. Vertical	Resol. Horizont
Ranchería CR-79	Ecopetrol	Western	492	Moderada	10	Moderada	Pobre
Guajira Cesar VNN CV-88	Ecopetrol	Geosource	156	Moderada	12	Moderada	Moderada
Sierra Perija CP-88	Ecopetrol	GSI	98	Pobre	6	Pobre	Pobre
Guajira Cesar CV-89 (Perija)	Ecopetrol	Western	270	Buena	11	Moderada	Moderada
Sorpresa 2D	Ecopetrol	Western	240	Buena	10	Moderada	Buena
Guajira Cesar VNS - 88	Ecopetrol	GSI - Digicon	87	Moderada	8	Moderada	Moderada
<b>TOTAL</b>			<b>1343</b>		<b>57</b>		

**Tabla 11.2** Parámetros de los programas sísmicos disponibles en la Subcuenca del Ranchería.

### 11.1 Líneas sísmicas usadas e interpretadas en cada subcuenca

En el área libre de la subcuenca Cesar, existen un total de 49 líneas, de 5 programas sísmicos diferentes. Estas 49 líneas fueron reinterpretadas, y permitieron la generación de mapas estructurales en tiempo y en profundidad a lo largo de toda la subcuenca.

De igual manera, fueron reinterpretadas la totalidad de las 39 líneas sísmicas existentes en el área libre de la Subcuenca del Ranchería, distribuidas en seis (6) programas sísmicos diferentes.

El proceso llevado a cabo con la sísmica se inició con el balanceo de todas las líneas incluidas en el área libre. Para este fin, se realizaron sismogramas sintéticos usando la información de pozos existentes, los cuales no funcionaron adecuadamente debido a la poca compatibilidad en los parámetros de adquisición y procesamiento de cada uno de los programas sísmicos. Es de anotar que en anteriores estudios, los sismogramas sintéticos tampoco fueron de ayuda para balancear las líneas sísmicas.

Para lograr balancear todas las líneas sísmicas fue necesario tomar como base ciertas líneas en ambas subcuencas, las cuales presentaban las mejores condiciones de registro y se ajustaban adecuadamente con la información de los pozos cercanos. Estas líneas son: en la subcuenca Ranchería la línea CV\_88-1100 del programa sísmico CV 88 VNS y en la Subcuenca del Cesar la línea CV\_79-12 del programa sísmico CV 79.

La determinación de las velocidades a utilizar para el proceso de conversión a profundidad, se realizó con la información obtenida del pozo Cesar F-1X en la subcuenca del Cesar y Molino-1 en la Subcuenca del Ranchería. Cada uno de estos pozos cuenta con *velocities surveys* detallados y completos, que permiten revisar el comportamiento de la velocidad de reemplazamiento en cada uno de los horizontes sísmicos propuestos.

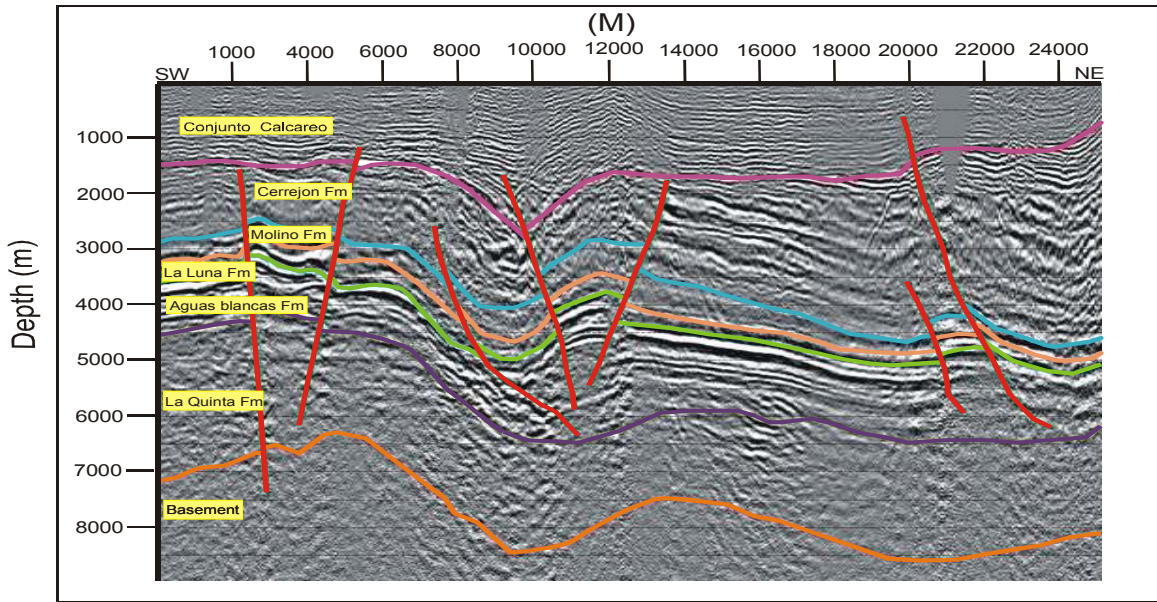
Esta información fue revisada y ajustada en cada una de las líneas sísmicas trabajadas.

Fue posible verificar mediante el análisis de dichas velocidades, el aumento significativo de la velocidad con que se propaga la onda sísmica cuando hace contacto con las secuencias calcáreas. Esto coincide con estudios anteriores en donde al igual que ahora se observan velocidades promedio cercanas a los 8000 pies por segundo en rocas de grano fino del Terciario, y 12000 pies por segundo en la secuencia cretácica en la cual abundan las rocas calcáreas.

## 11.2 Horizontes cartografiados

La integración de datos de pozo y la interpretación sísmica permitió la definición de 4 horizontes sísmicos de fácil reconocimiento y evidente continuidad en el área (**Figuras 11.1 y 11.2**). Han de ser de tope a base:

Tope de la Fm. Barco Cuervos.  
Tope de la Fm. La Luna.  
Tope de la Fm. La Quinta.  
Tope del Basamento.

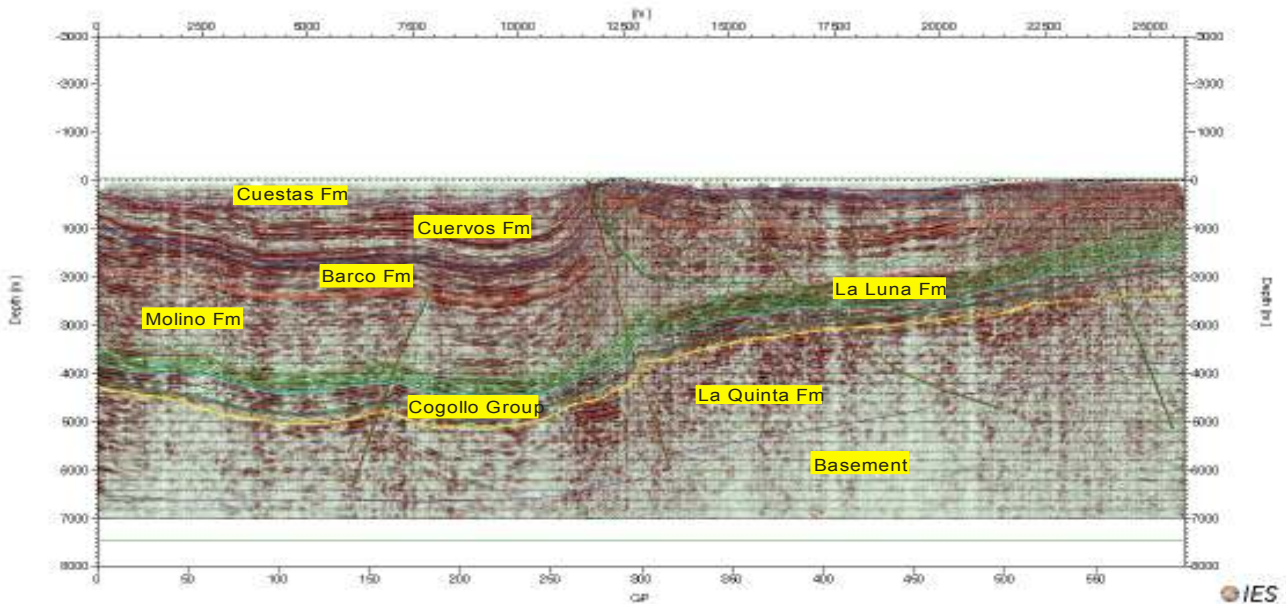


**Figura 11.1** Horizontes sísmicos. Subcuenca Ranchería

Dichos horizontes, muestran un comportamiento variable, por ejemplo, el tope del Basamento aflora en las zonas cercanas a la Serranía del Perijá y la falla de Oca; el tope de la Formación La Quinta, es el marcador más claro a lo largo de la cuenca, constante en toda el área libre y con un espesor poco variable a lo largo de ambas subcuencas.

El tope de la Formación La Luna, presenta un espesor variable en la Subcuenca del Cesar y tiende a ser constante en la Subcuenca del Ranchería.

El tope de la Formación Barco-Cuervos, que en el área de Ranchería corresponde a la Formación Cerrejón, en la parte norte de la Subcuenca del Cesar es menos constante y desaparece en algunas secciones sísmicas.



**Figura 11.2** Horizontes sísmicos. Subcuenca Cesar

El datum utilizado en la interpretación de las líneas sísmicas, fue el nivel del mar, puesto que con excepción del programa sísmico ANH – 2005, los datum utilizados en la adquisición de la sísmica, no superaba los 100 metros de altura, y además este valor permite obtener una visualización completa de todas las líneas, incluyendo las reflexiones más cercanas a superficie.

### **11.2.1 Características de los Horizontes sísmicos interpretados.**

El horizonte llamado Barco Cuervos, incluye las formaciones con presencia de carbones tanto en la subcuenca del Cesar como en Ranchería (Fm. Cerrejón); este horizonte de edad Paleoceno a Eoceno, es una discordancia regional, que en el área Sur y Occidente de la Subcuenca del Cesar es claramente reconocible, mientras que en el Norte, en la subcuenca Ranchería, al generar reflexiones más suaves y con menor amplitud, dificulta su determinación.

El horizonte llamado La Luna, coincide con el inicio de la secuencia calcárea del Cretácico, y es continuo a lo largo de ambas subcuencas. Su espesor como ya se dijo es constante en la subcuenca de Ranchería, pero varía en la Subcuenca del Cesar. Constituye un contacto inconforme con la Formación Molino, que la suprayace y sus reflexiones constituyen un pico positivo claramente reconocible en la totalidad de líneas disponibles en el área de estudio.

El horizonte La Quinta, constituye una discordancia Jurásica continua hacia los extremos del área de estudio, y menos visible en la zona central, que comprende el límite entre ambas subcuencas.

Este horizonte, que infrayace a la Formación Río Negro y al Grupo Cogollo, presenta una velocidad alta en la propagación de las ondas sísmicas por su contenido calcáreo y constituye el basamento económico, pues las rocas infrayacentes, no tienen ningún interés exploratorio.

Finalmente, el horizonte Basamento, que marca la finalización de reflexiones coherentes en todas las líneas, fue interpretado a fin de llevar un control en la profundidad a la cual culmina la secuencia de sedimentos a lo largo de toda la cuenca. Este horizonte tiene el fin de facilitar la correlación de las líneas y facilitar la determinación del datum de interpretación.

Una vez finalizada la interpretación sísmica, se generaron mapas estructurales en tiempo y profundidad para cada uno de los horizontes propuestos en el área de Cesar, Ranchería y la Serranía del Perijá, este último teniendo como base la interpretación del programa sísmico ANH 2005, el cual fue reprocesado para mejorar su calidad. Además, la gran diferencia en los parámetros de adquisición de este programa sísmico (Datum, y velocidades de reemplazamiento principalmente) impidieron su balanceo con el resto de programas disponibles en el área.

### 11.3 Mapas elaborados.

Mapas estructurales en tiempo y profundidad fueron realizados para cada uno de los horizontes propuestos anteriormente; todos se encuentran a escala 1:100000 y en tres diferentes versiones (figuras 11.3 a 11.24):

- La versión A, que pertenece al área de la subcuenca de Ranchería.
- La versión B, que pertenece al área de la subcuenca de Cesar.
- La versión C, que incluye exclusivamente el área del Perijá, y fue generado exclusivamente con los datos del programa sísmico ANH – 2005

#### 11.3.1 Mapas estructurales Tope del Basamento

##### Características

De Norte a Sur se observa la presencia del thrust Ranchería, el cual es continuo a lo largo de toda la subcuenca Ranchería. Este thrust se evidencia desde la parte más norte de la cuenca, junto con una falla local, probablemente asociada a la Falla de Oca. Este extremo Norte presenta una superficie aplanada, con pequeñas elevaciones y a medida que se avanza hacia el Sur-Oriente, un descenso abrupto, que culmina en el límite de ambas subcuencas. Una elevación un poco más pronunciada se observa hacia el Occidente de la subcuenca del Ranchería, que corresponde a la estructura de mayor dimensión en el mapa (ver figura 11.3).

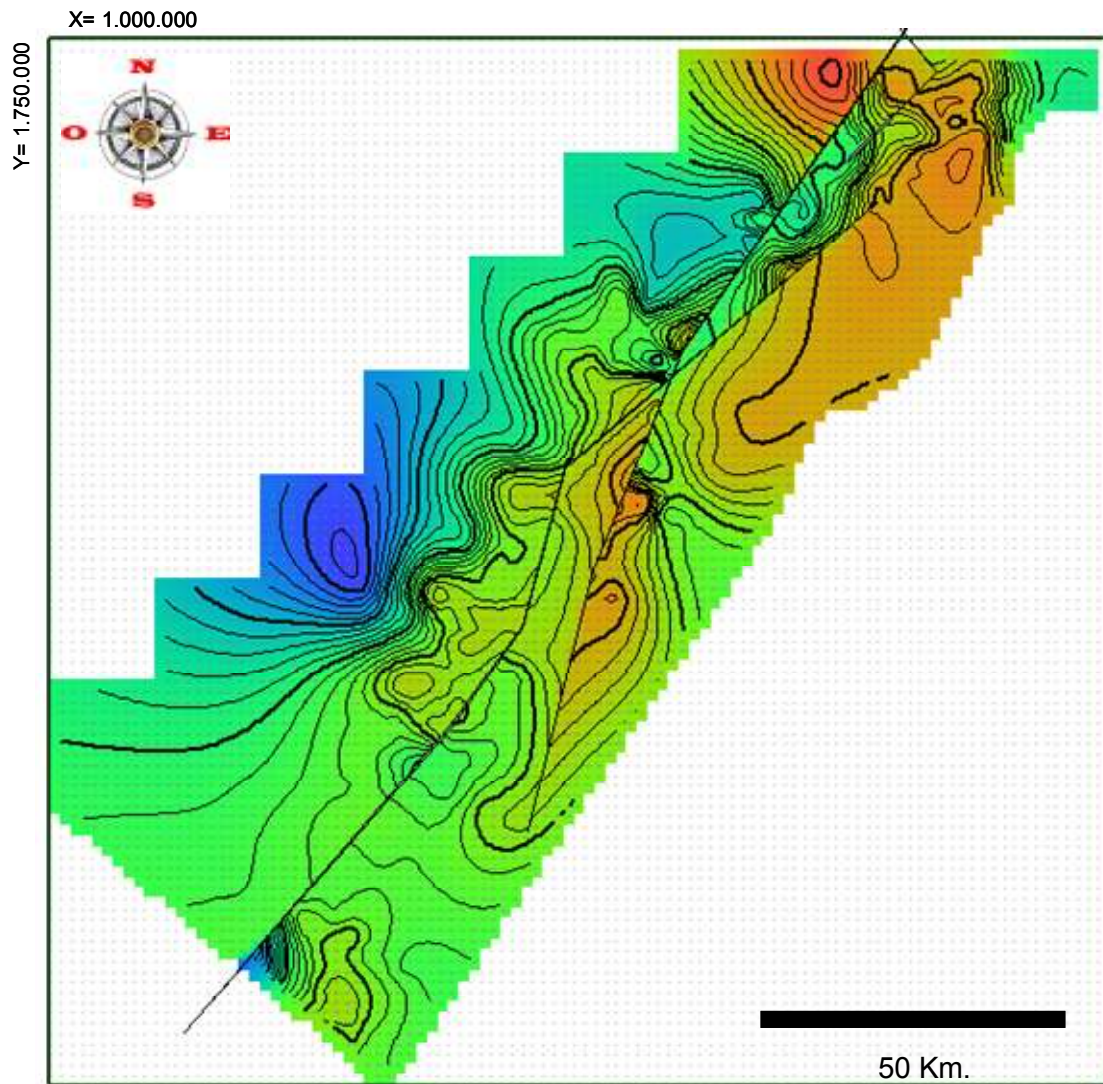
Finalmente, es claramente visible el thrust Cesar - Ranchería 1, que presenta continuidad a lo largo de ambas subcuencas, y que se encuentra asociado a varios bajos estructurales, principalmente en la subcuenca de Ranchería (ver figura 11.6)

En la subcuenca Cesar, hacia el límite con la subcuenca de Ranchería, dos altos estructurales se encuentran a lado y lado de este thrust Cesar – Ranchería 1, y a medida que se avanza hacia el sur, se observa una superficie mas regular con algunos leves levantamientos y hacia el extremo sur – occidental, un bajo estructural pronunciado. Este mismo extremo sur del área presenta varias fallas de menor proporción a los thrust mencionados anteriormente, y son evidencia de la complejidad estructural de esta zona, pues el fracturamiento afecta el basamento (ver figuras 11.4 y 11.7).

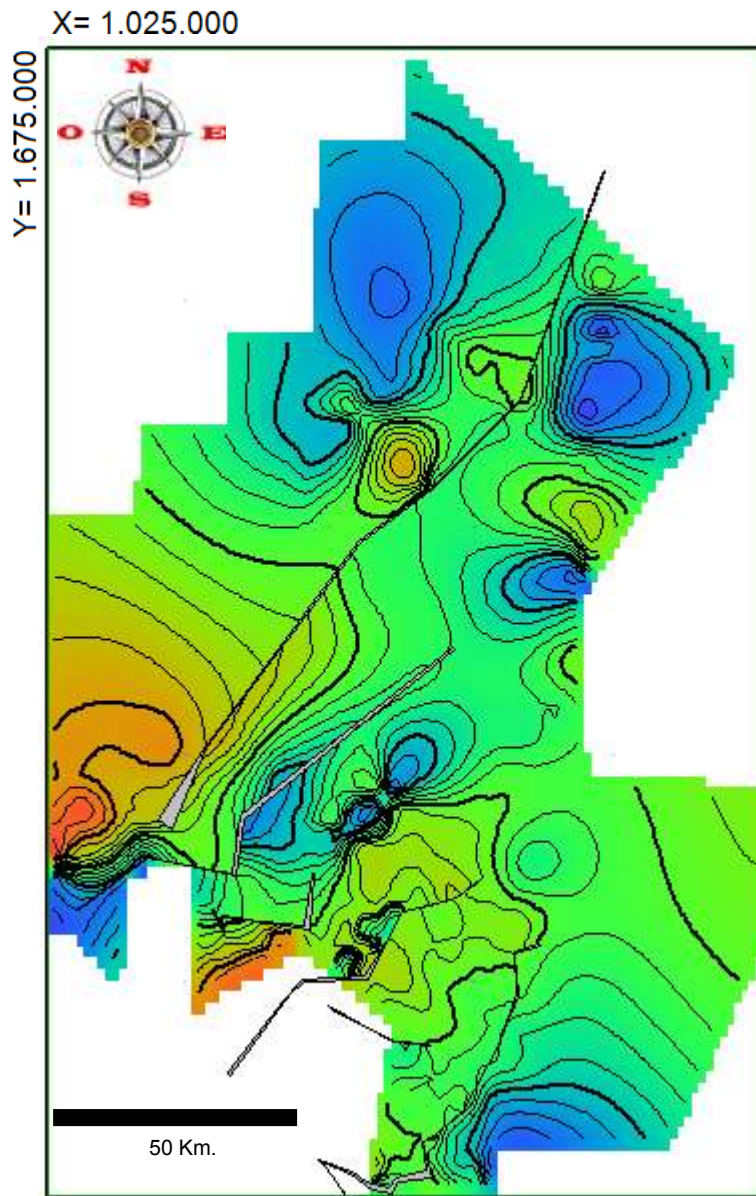
Hacia el área de Perijá, se observa un comportamiento típico de una elevación de esta característica, donde el basamento, en la parte más oriental del área de estudio presenta una gran elevación, continua y fácilmente reconocible; y hacia el Occidente, un descenso pronunciado. Finalmente, un thrust continuo y bastante extenso afecta el basamento en la parte occidental de la Serranía (ver figuras 11.5 y 11.8).

La sísmica adquirida en el área es de calidad moderada y bastante precaria comparativamente hablando con el resto de la cuenca; esto sugiere la

utilización de otros métodos geofísicos para la caracterización del subsuelo en esta zona.

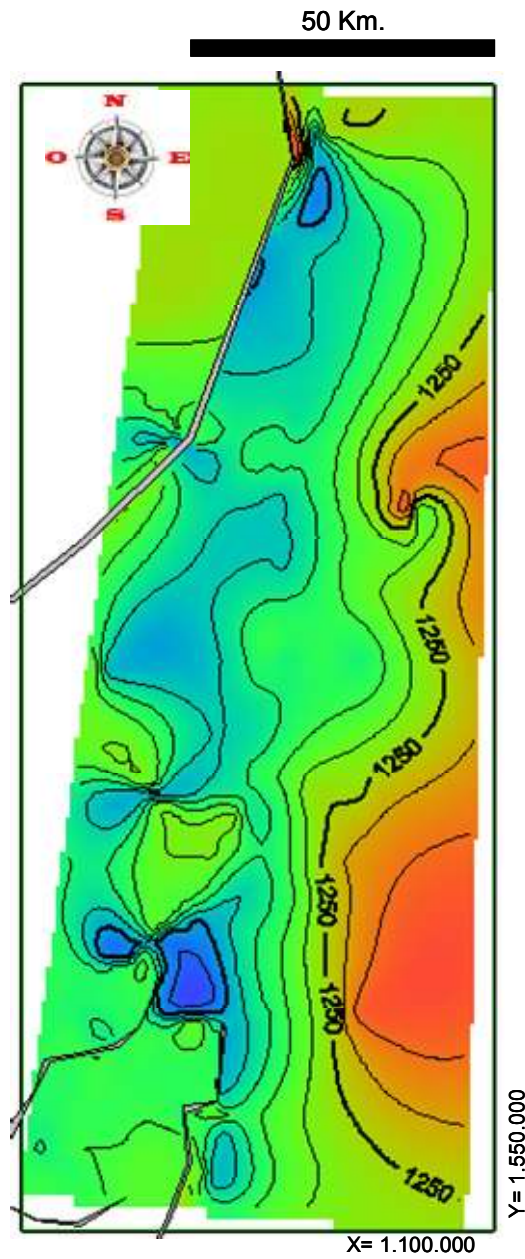


**Figura 11.3** Mapa Estructural en tiempo del Tope del Basamento. Subcuenca Ranchería.

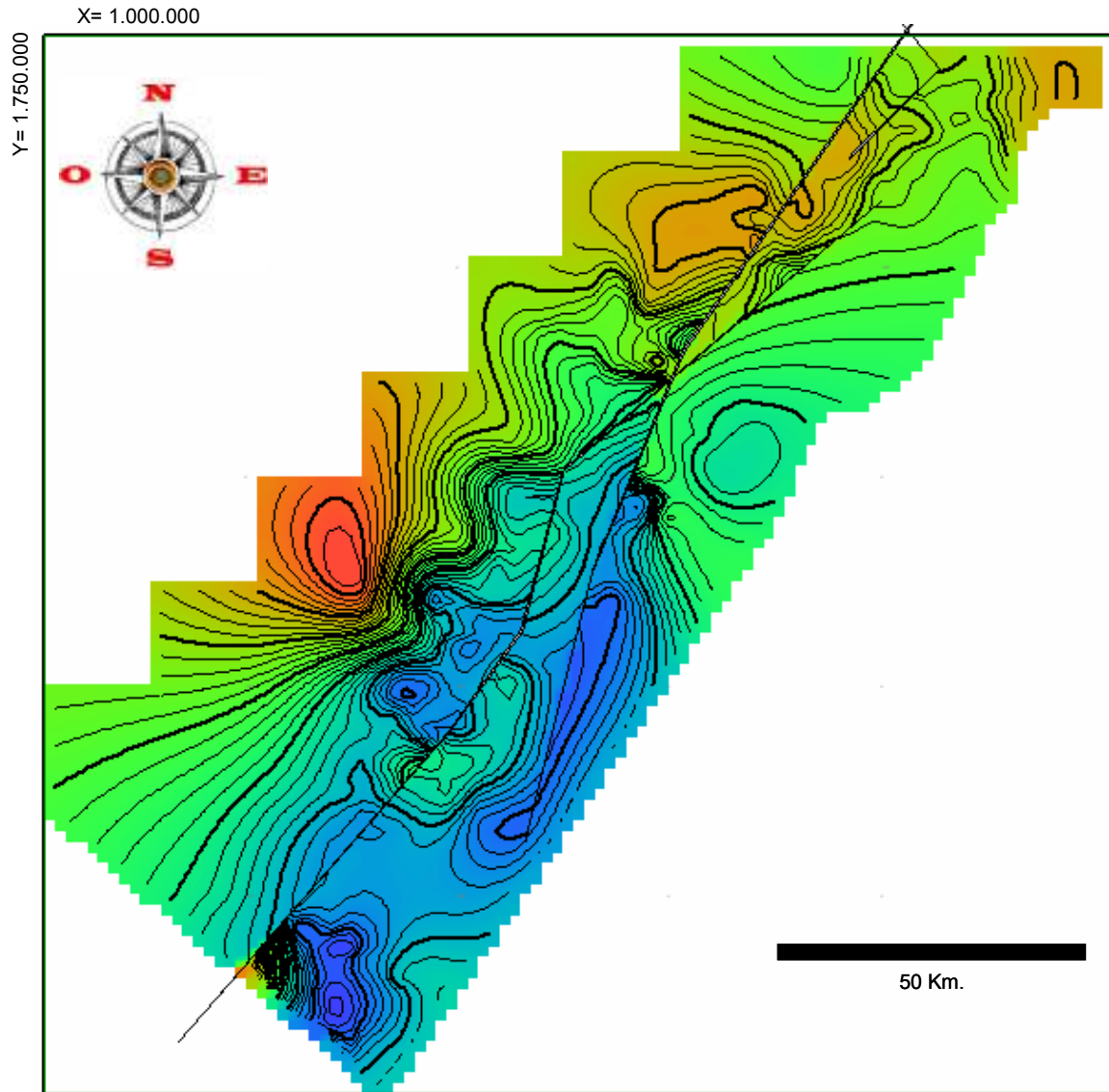


**Figura 11.4** Mapa estructural en tiempo del Tope del Basamento. Subcuenca Cesar

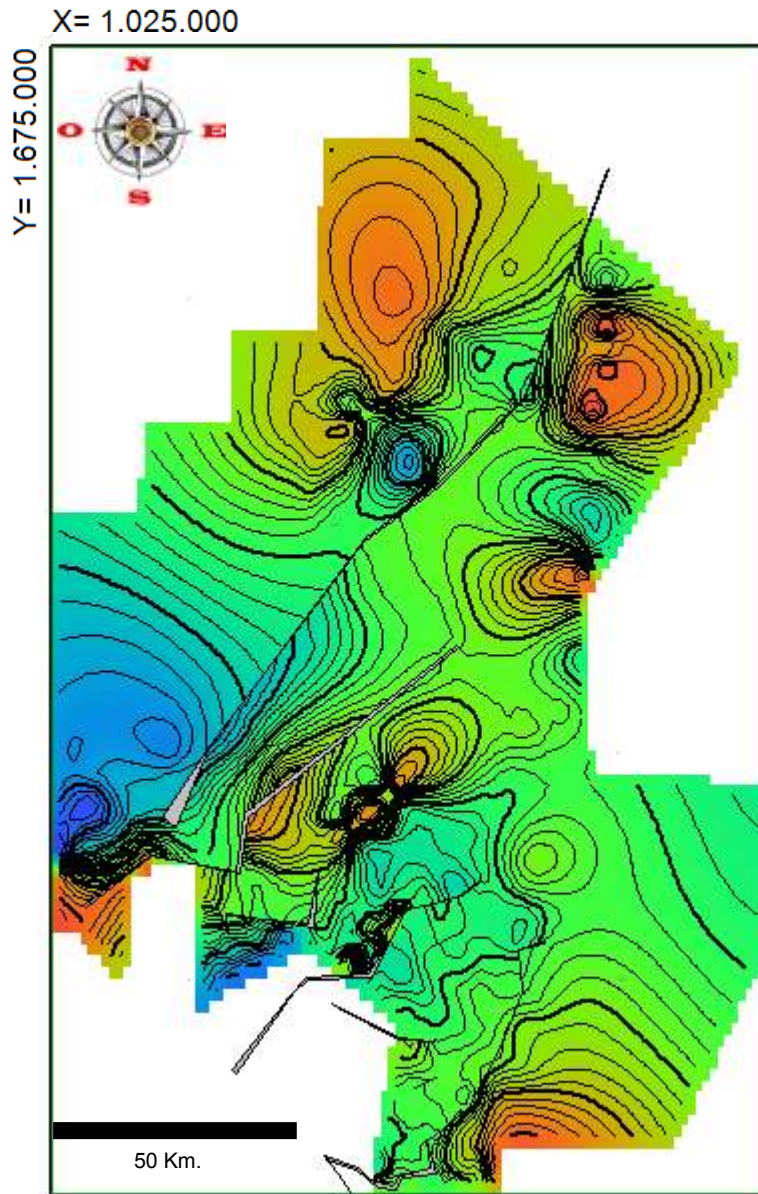




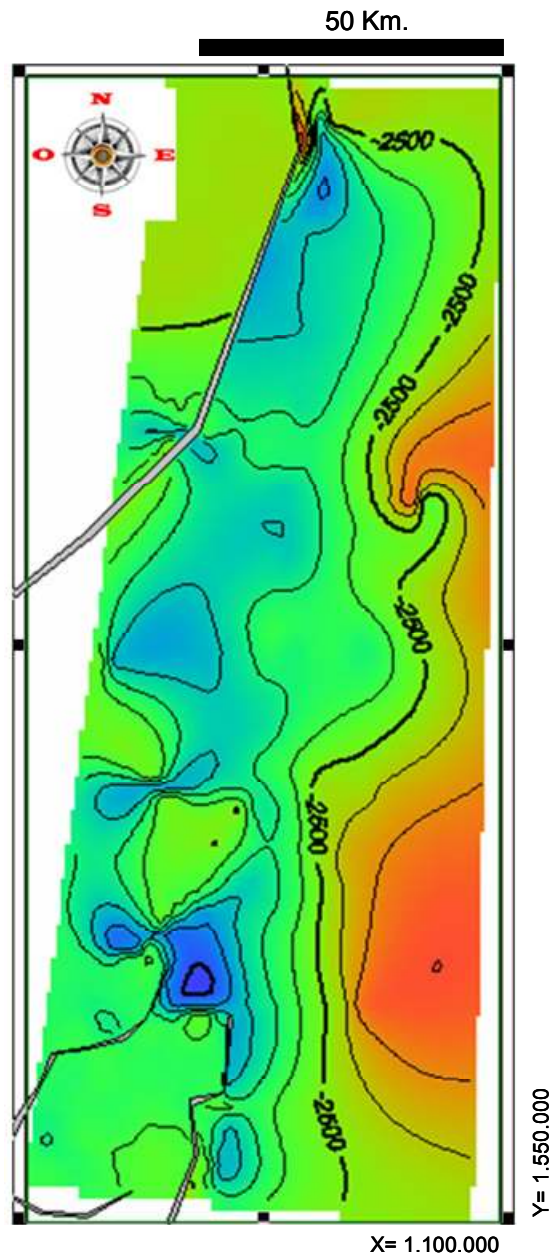
**Figura 11.5** Mapa estructural en tiempo del Tope del basamento. Serranía del Perija.



**Figura 11.6** Mapa estructural en profundidad del tope del basamento. Subcuenca Ranchería



**Figura 11.7** Mapa estructural en profundidad del tope del Basamento. Subcuenca Cesar



**Figura 11.8** Mapa estructural en profundidad del tope del basamento. Serranía del Perijá.

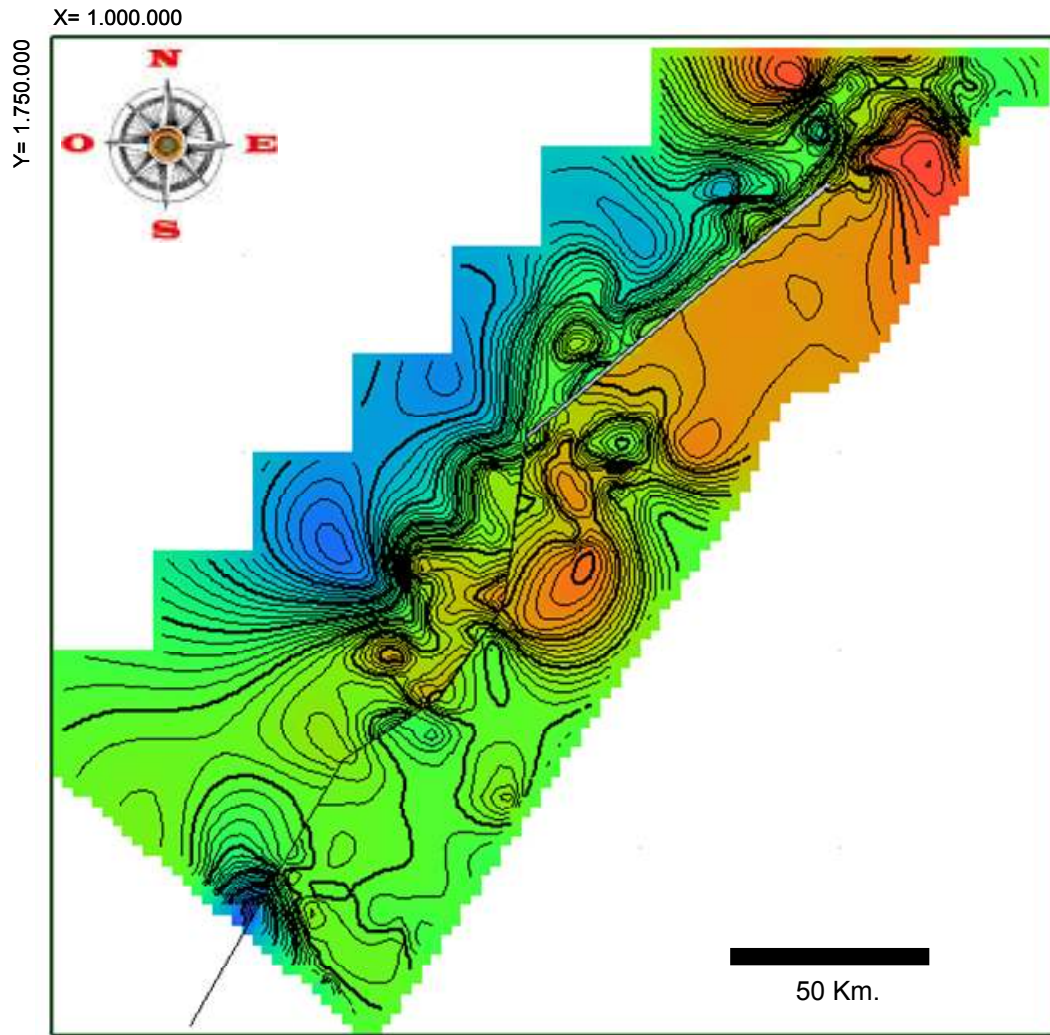
### 11.3.2 Mapas estructurales Tope Formación La Quinta:

#### Características.

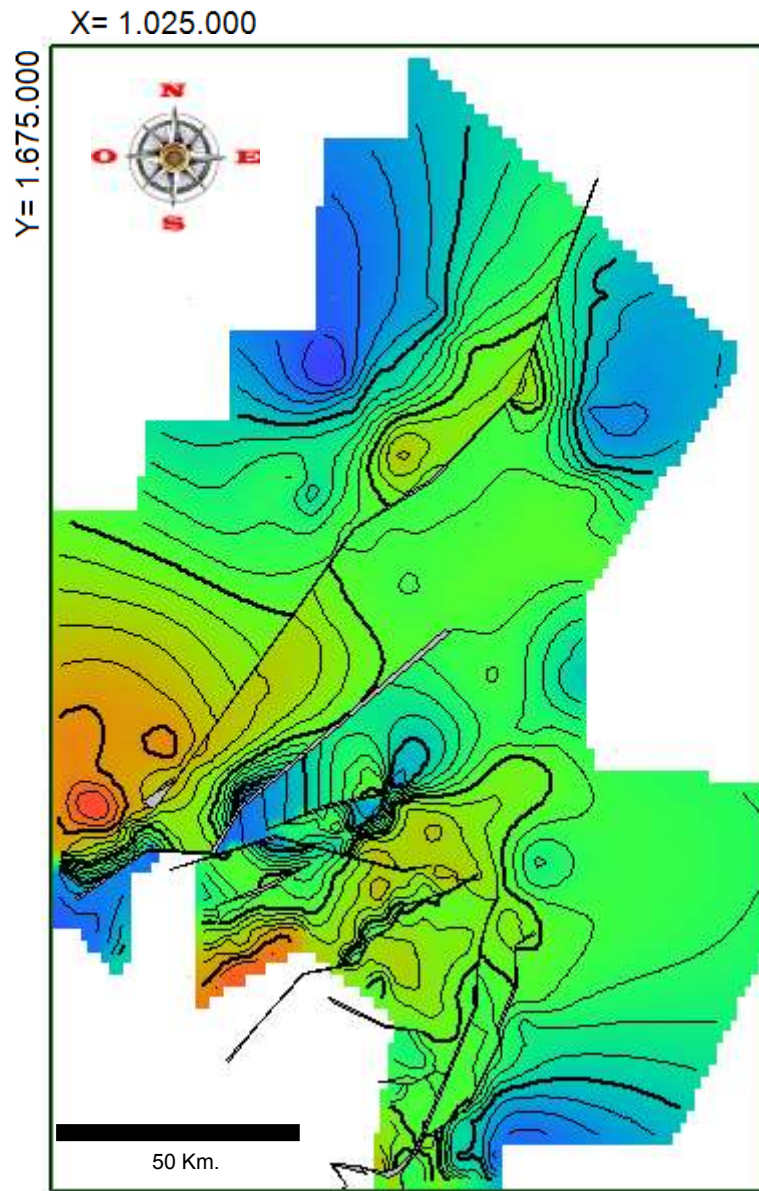
El paleo relieve del Jurásico muestra la mayor irregularidad, pues diversas depresiones y levantamientos se distribuyen por la totalidad de las subcuencas Cesar y Ranchería.

En Ranchería, el thrust Cesar-Ranchería es evidente, y al Occidente se observan los mayores altos estructurales y al Oriente las estructuras mas bajas. Algo diferente ocurre en la subcuenca Cesar, donde este patrón no es tan evidente, pues en el Norte, a ambos lados del cabalgamiento Cesar-Ranchería, se observan altos estructurales, al centro una superficie mas regular y al Sur, un comportamiento variable, pues al Occidente existe una gran depresión, y al Oriente un sistema con numerosas fallas locales que muestran levantamientos y en general una superficie con estructuras mas elevadas. La dirección del thrust Cesar-Ranchería se mantienen con respecto a lo visto en el tope del basamento, y el aproximada a los N30°E. (Ver **figuras 11.9, 11.10, 11.12 y 11.13**).

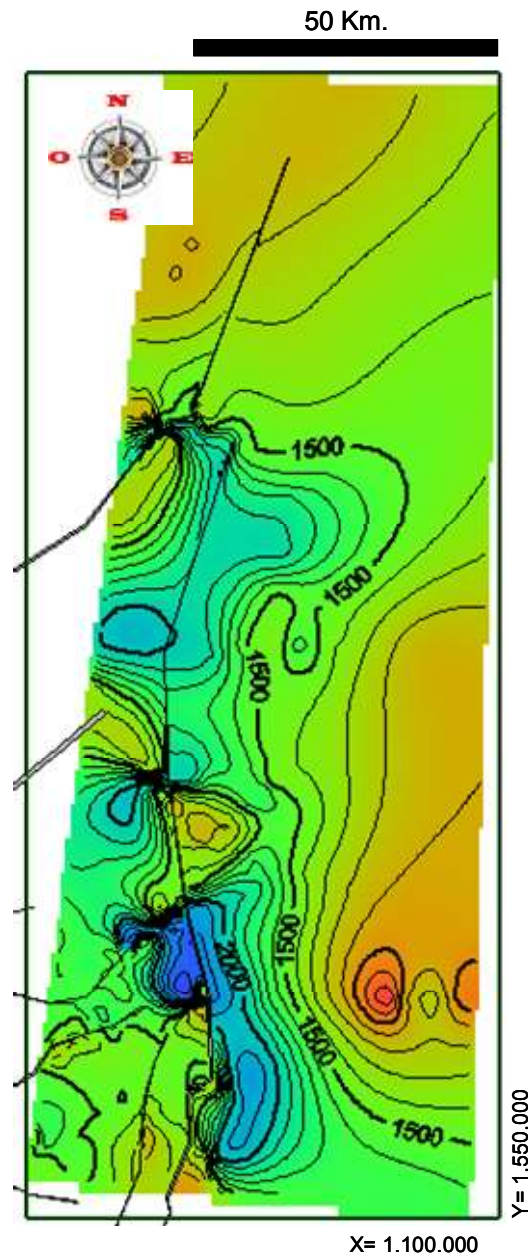
En términos generales, el comportamiento del Jurásico en la Serranía del Perijá es bastante simple, pues presenta una ligera elevación y poco a poco disminuye hasta nivelarse, con excepción de un par de puntos con bajos estructurales asociados al cabalgamiento Perijá (ver **figuras 11.11 y 11.14**).



**Figura 11.9** Mapa estructural en tiempo tope Formación La Quinta, Subcuenca del Ranchería.

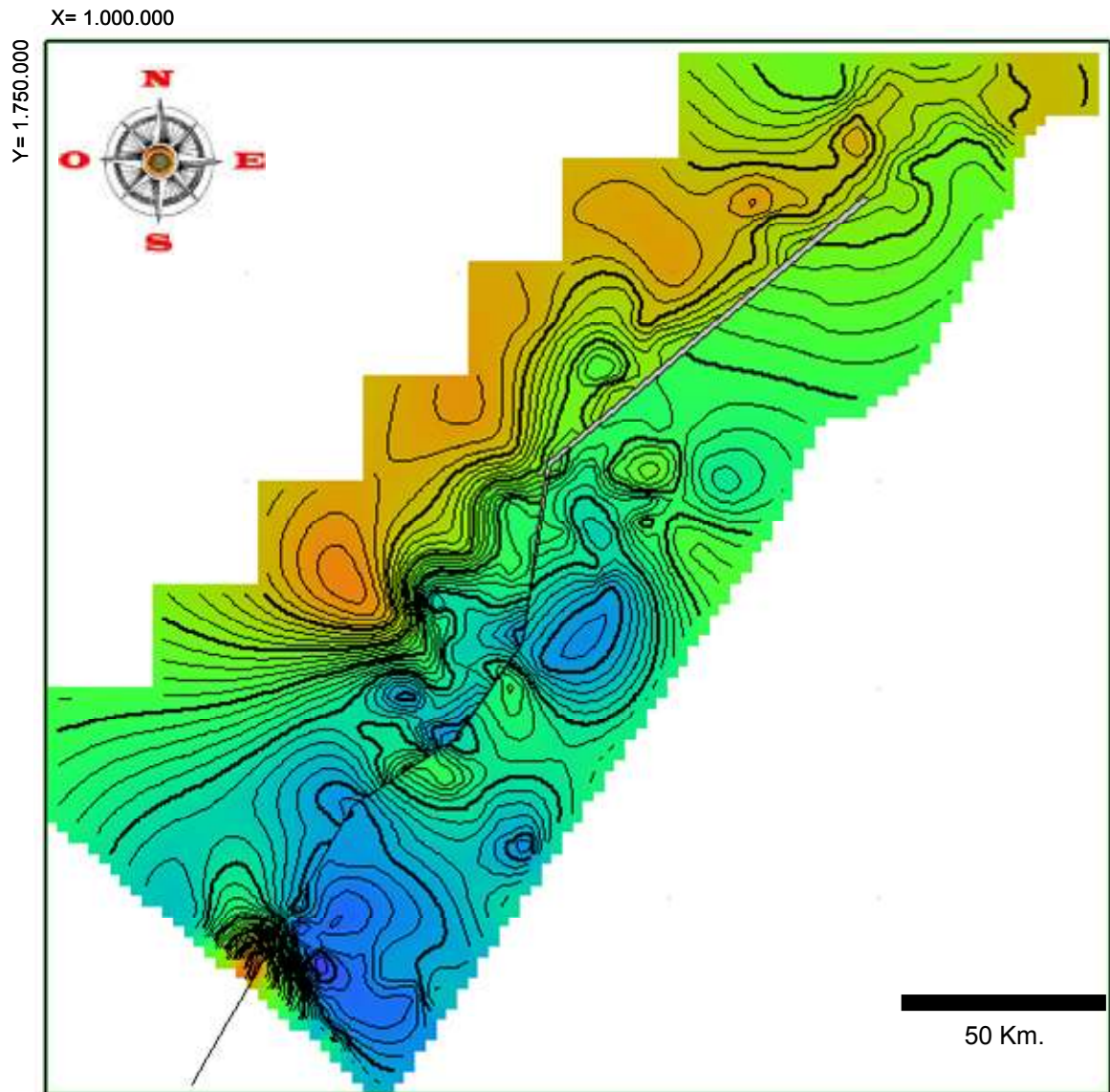


**Figura 11.10** Mapa estructural en tiempo tope Formación La Quinta, Subcuenca del Cesar.

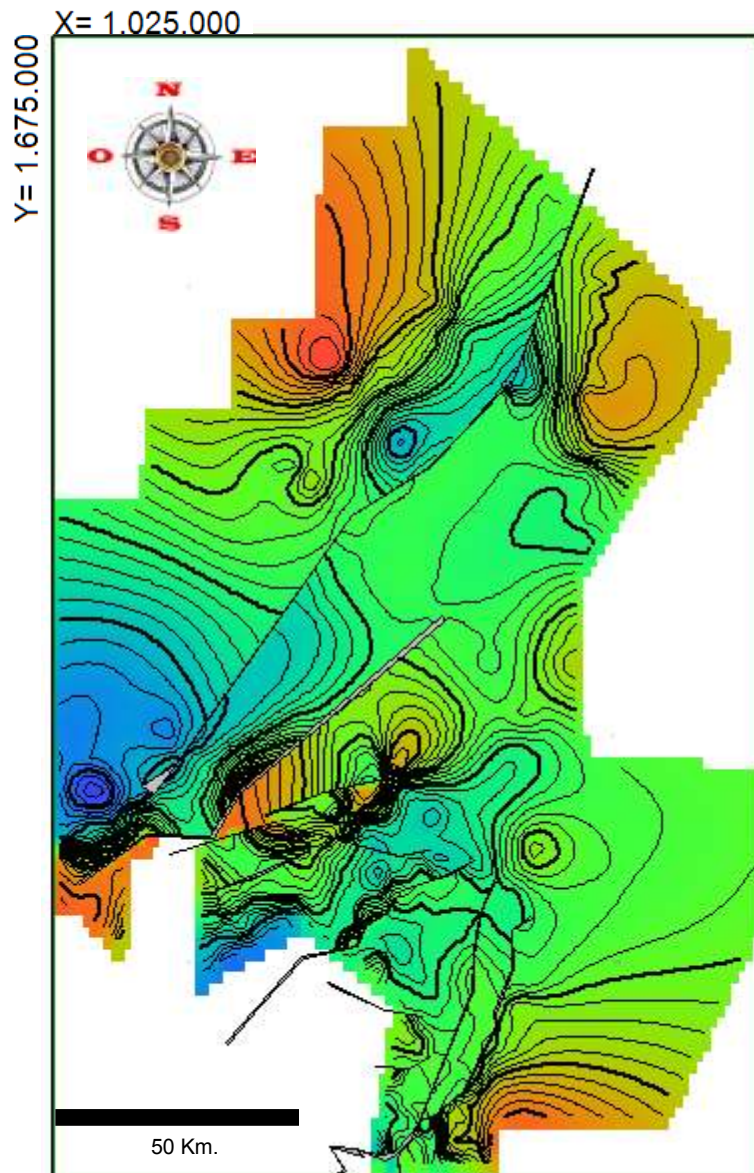


**Figura 11.11** Mapa estructural en tiempo tope Formación La Quinta. Serranía del Perijá.

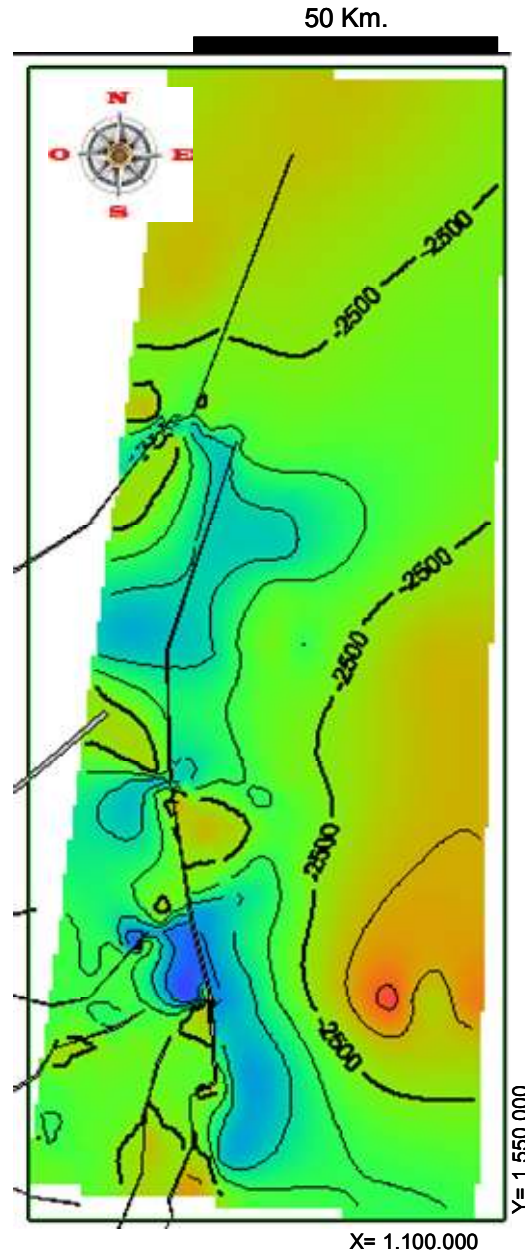




**Figura 11.12** Mapa estructural en profundidad tope Formación La Quinta, Subcuenca del Ranchería.



**Figura 11.13** Mapa estructural en profundidad tope Formación La Quinta, Subcuenca del Cesar.



**Figura 11.14** Mapa estructural en profundidad tope Formación La Quinta, Subcuenca del Ranchería.

### 11.3.3 Mapas Estructurales Tope Formación La Luna:

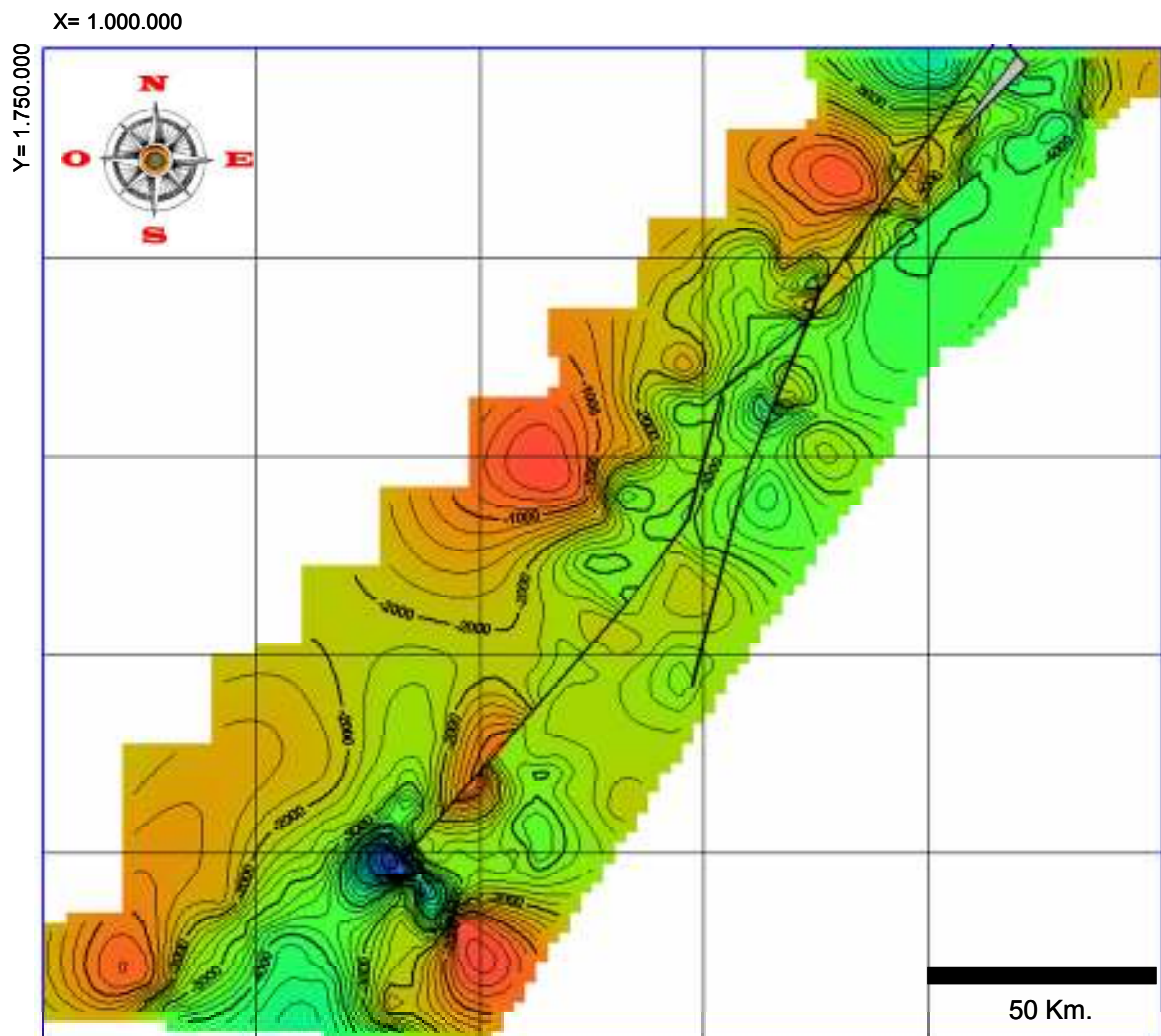
#### Características.

El cabalgamiento Ranchería 1, evidente a lo largo de gran parte de la subcuenca, exceptuando el Sur. Divide de manera casi simétrica su extensión en dos flancos, con algunas tendencias observables, donde se destacan algunos bajos estructurales distribuidos a lo largo del flanco Oriental de la subcuenca Ranchería, mientras que en el flanco opuesto, solo una estructura elevada es observada; en el resto del área se observa una superficie relativamente plana, ausencia de otras fallas y una transición suave con la

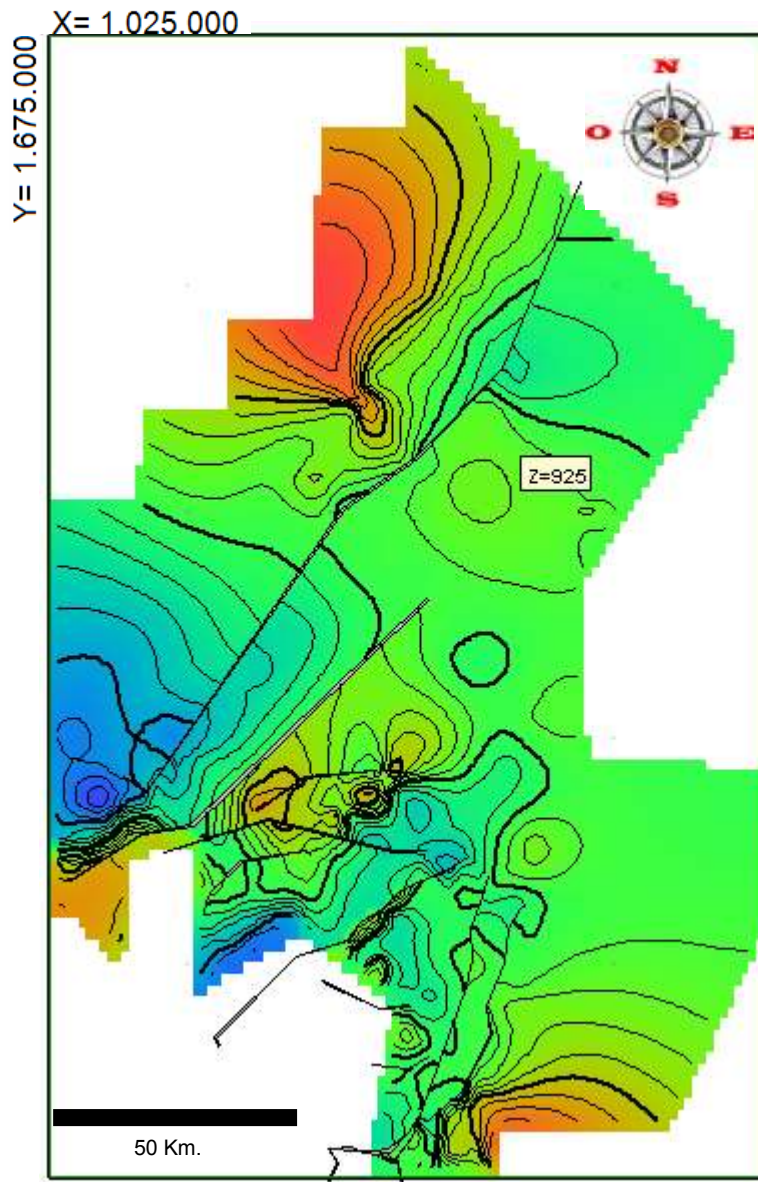
subcuenca Cesar, la cual desde el extremo Norte y a lo largo de toda su extensión evidencia una clara división a ambos lados del cabalgamiento Cesar 1 (ver **figuras 11.15 y 11.18**).

Este cabalgamiento a diferencia de la Subcuenca del Ranchería, presenta hacia el Norte dos grandes estructuras; al Occidente una elevación bastante clara, de tamaño considerable y al Oriente, una depresión de dimensiones similares a la estructura anterior. Varias fallas de tamaño apreciable afectan el límite sur de la cuenca y se presentan varios cierres estructurales. Los altos estructurales del sur de la cuenca, constituyen un objetivo con interés exploratorio (ver **figuras 11.16 y 11.19**).

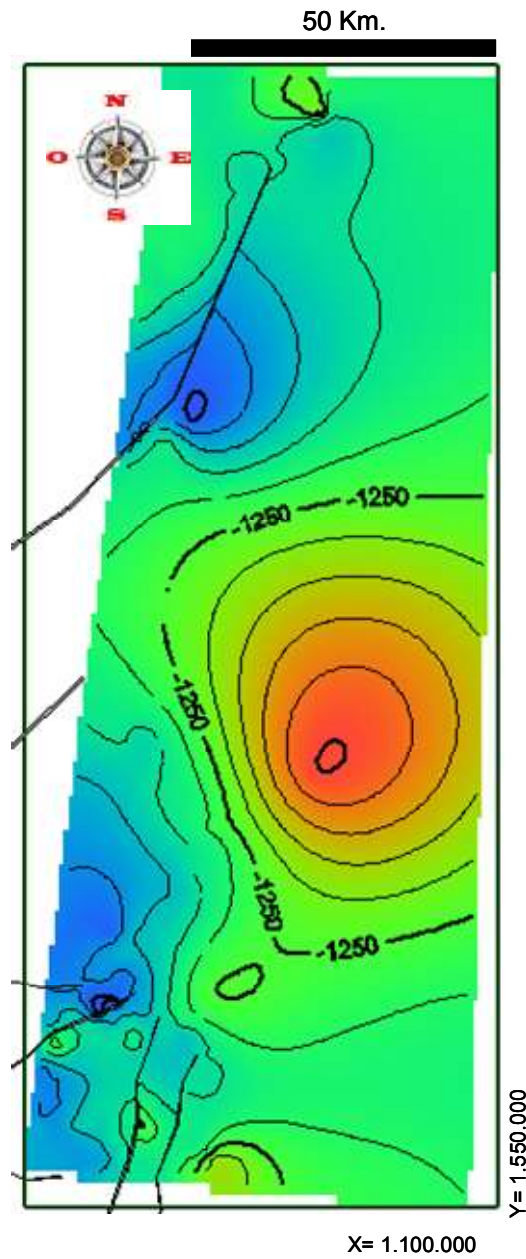
Finalmente, en el área de la Serranía del Perijá, la secuencia cretácica se encuentra aflorando en las partes más altas y se profundiza a medida que se desciende por su flanco Occidental (ver **figuras 11.17 y 11.20**).



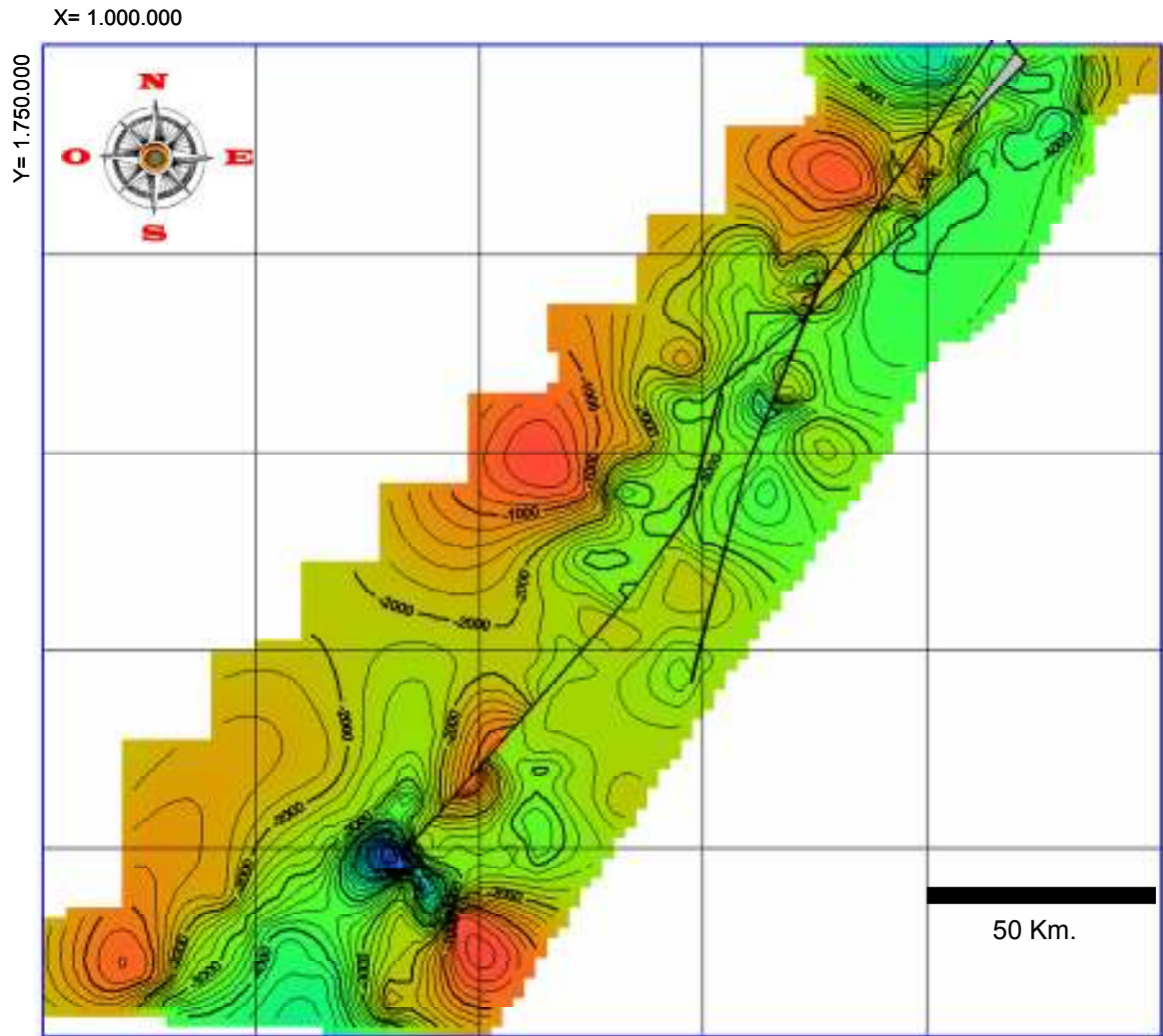
**Figura 11.15** Mapa estructural en tiempo tope Formación La Luna. Subcuenca del Ranchería.



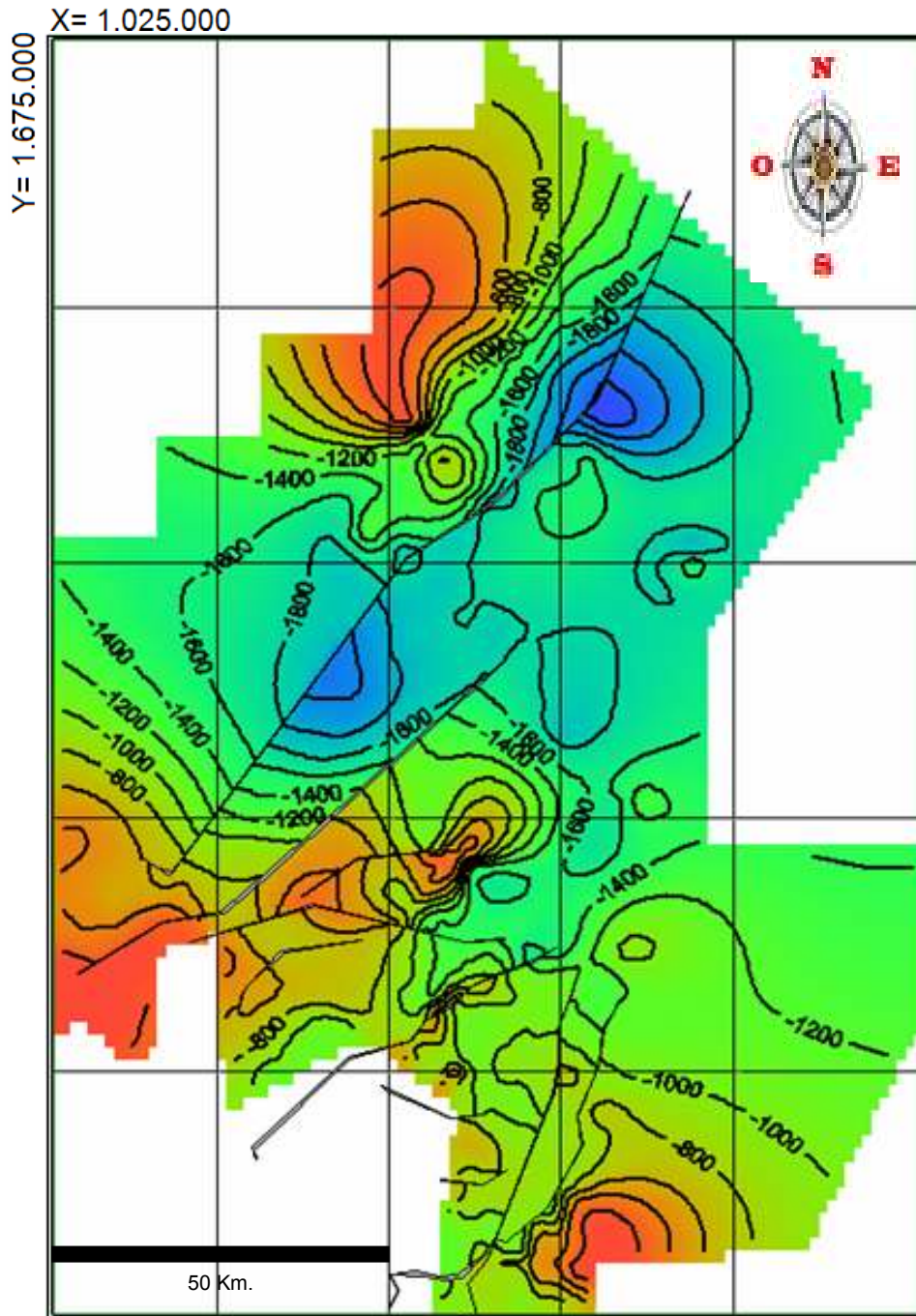
**Figura 11.16** Mapa estructural en tiempo tope Formación La Luna, Subcuenca del Cesar.



**Figura 11.17** Mapa estructural en tiempo tope Formación La Luna, Serranía del Perija.

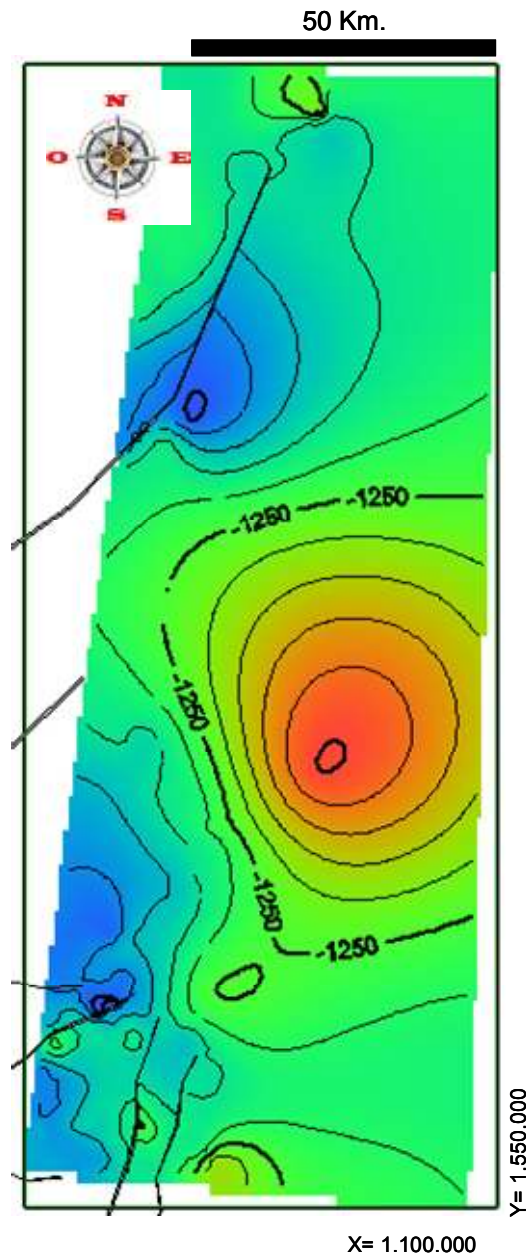


**Figura 11.18** Mapa estructural en profundidad tope Formación La Luna, Subcuenca del Ranchería.



**Figura 11.19** Mapa estructural en profundidad tope Formación La Luna, Subcuenca del Cesar.





**Figura 11.20** Mapa estructural en tiempo tope Formación La Luna, Serranía del Perijá.

**11.3.4 Mapas Estructurales Tope Formación Barco – Cuervos (Cerrejón):**

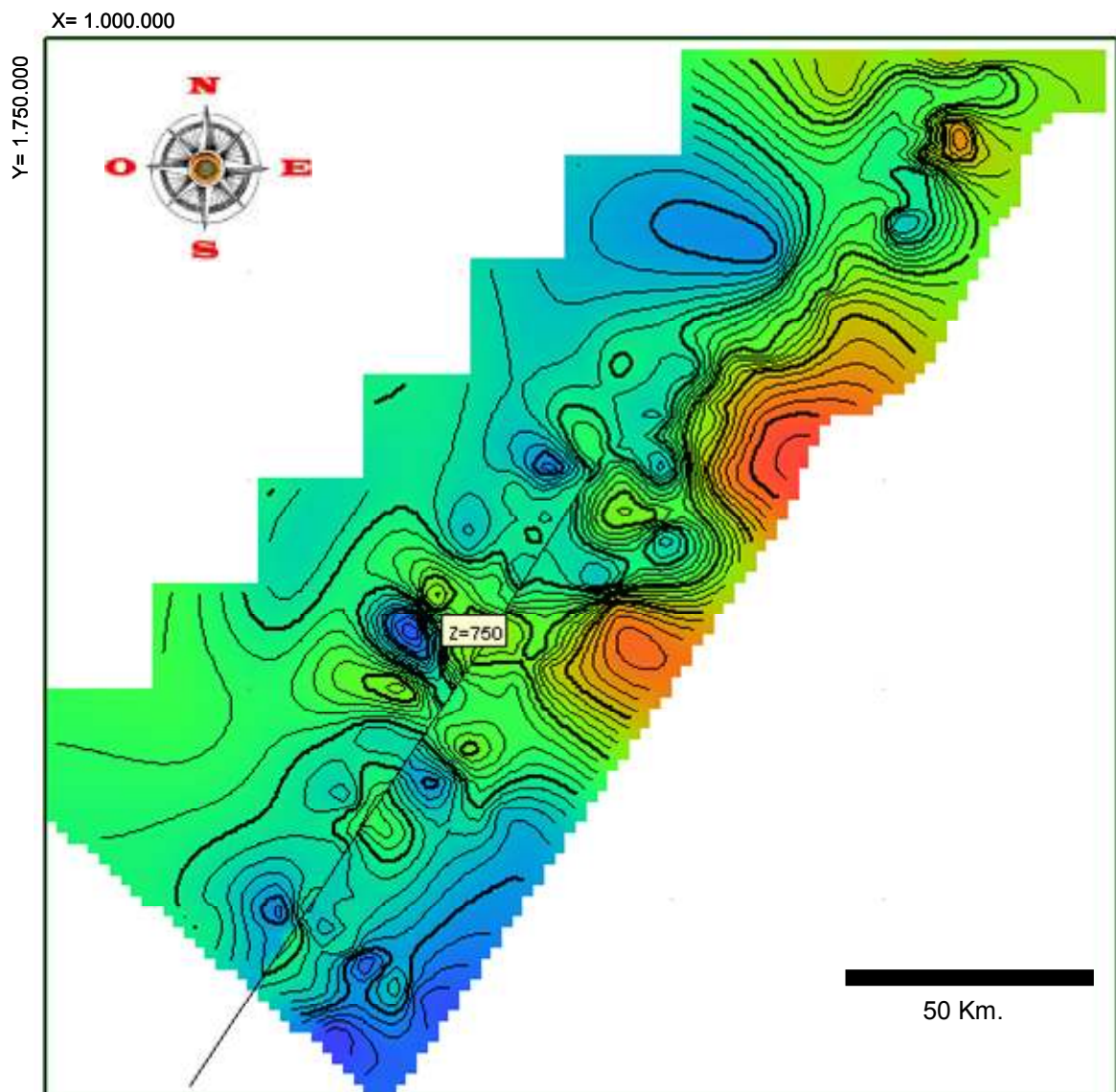
**Características.**

Este tipo de mapa no fue generado en la Serranía del Perijá, ya que los sedimentos terciarios no están presentes en dicha área.

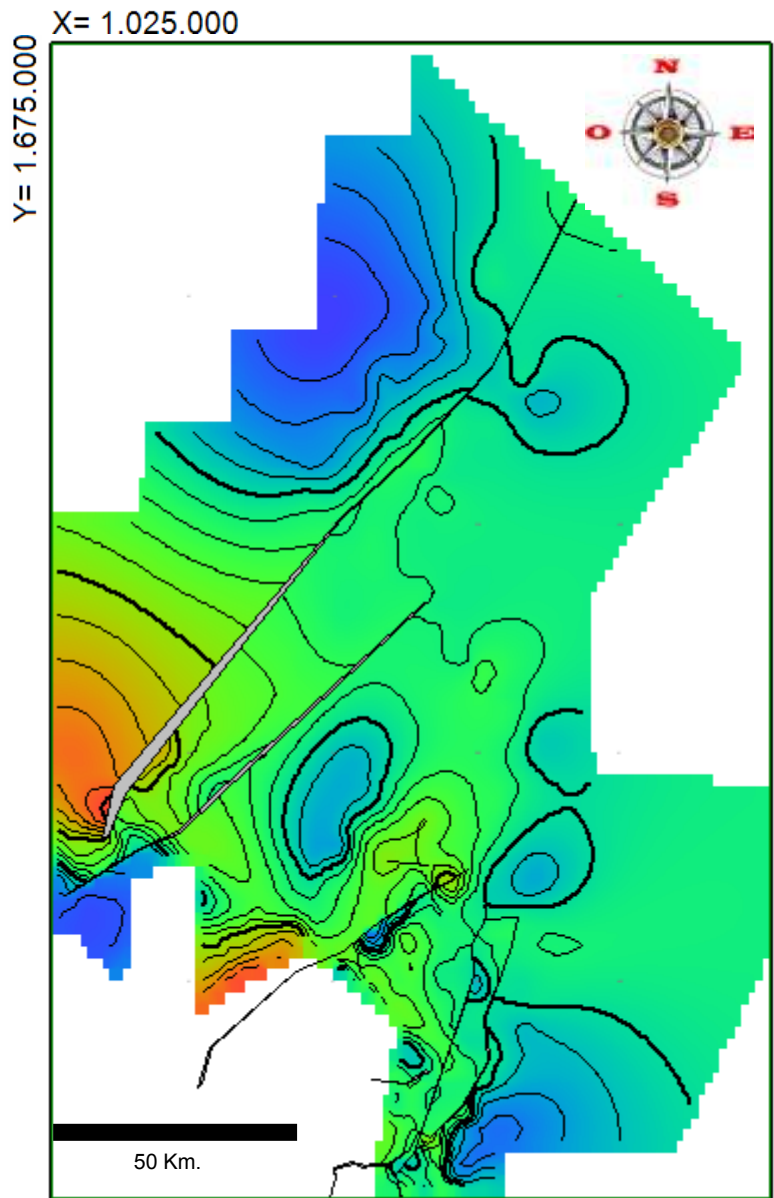
En la Subcuenca del Ranchería, hacia el Oriente un par de elevaciones son evidentes, las cuales deben ser controladas con la información sísmica

disponible del otro lado de la frontera con Venezuela y tres estructuras deprimidas, con excelentes dimensiones y características apropiadas para el gas metano asociado a carbón (ver **figuras 11.21 y 11.23**).

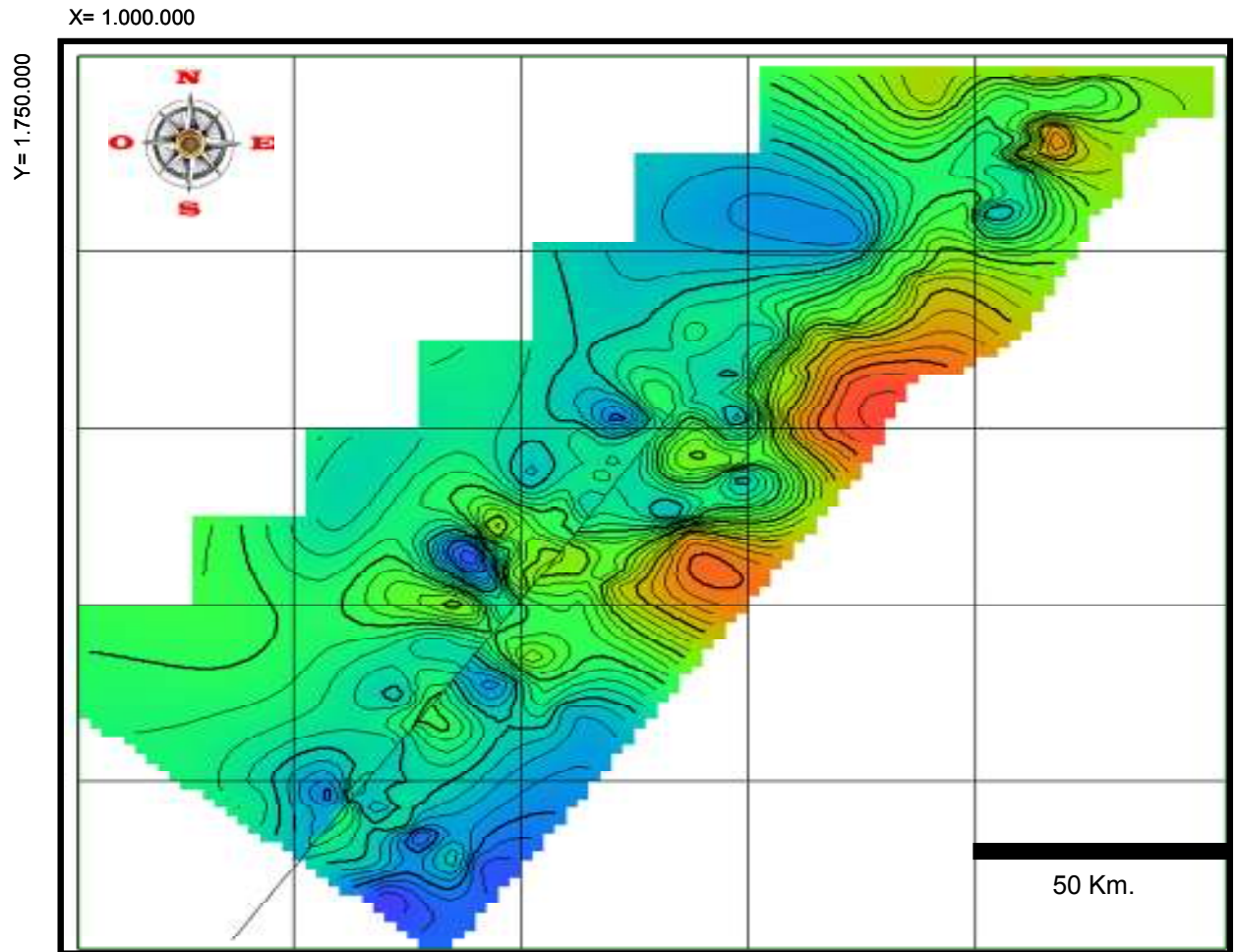
Se evidencia entonces como la subcuenca del Cesar presenta hacia el Sur - Oriente una superficie con dos elevaciones pronunciadas y una tercera un poco menor. En el límite Occidental, hacia el Sur se encuentra una gran depresión, afectada por el cabalgamiento Cesar Ranchería 1, el cual en esta área se encuentra muy cerca del cabalgamiento Cesar 1; y hacia el Norte, un alto estructural de gran dimensión (**figuras 11.22 y 11.24**).



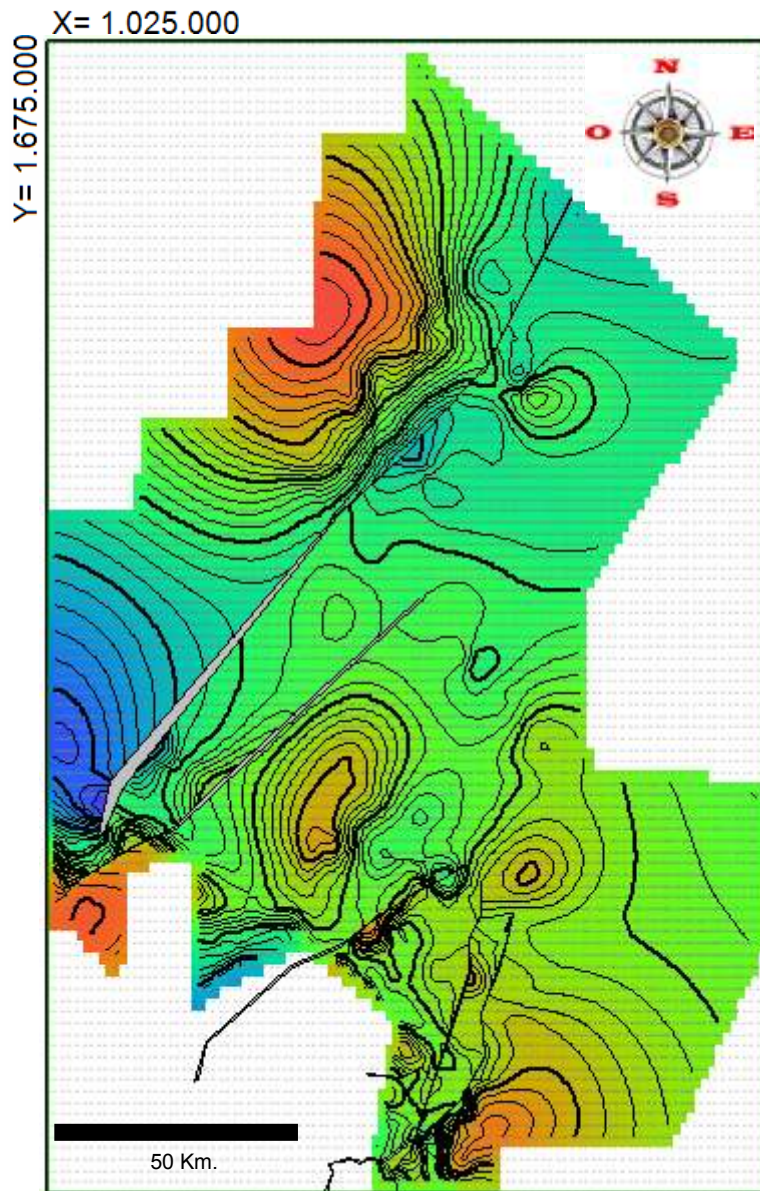
**Figura 11.21** Mapa estructural en tiempo tope Formación Cerrejón, Subcuenca del Ranchería.



**Figura 11.22** Mapa estructural en tiempo tope Formación Barco-Cuervos, Subcuenca del Cesar.



**Figura 11.23** Mapa estructural en profundidad tope Formación Cerrejón, Subcuenca del Cesar.



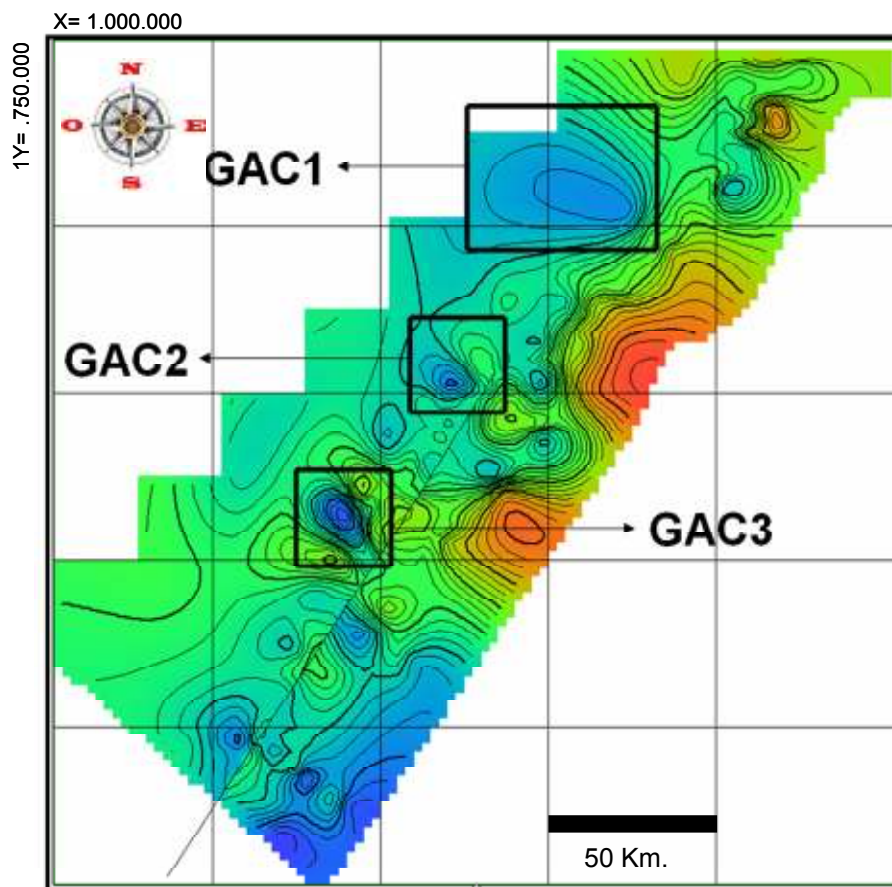
**Figura 11.24** Mapa estructural en profundidad tope Formación Barco-Cuervos, Subcuenca del Cesar.

**11.4 Prospectos**

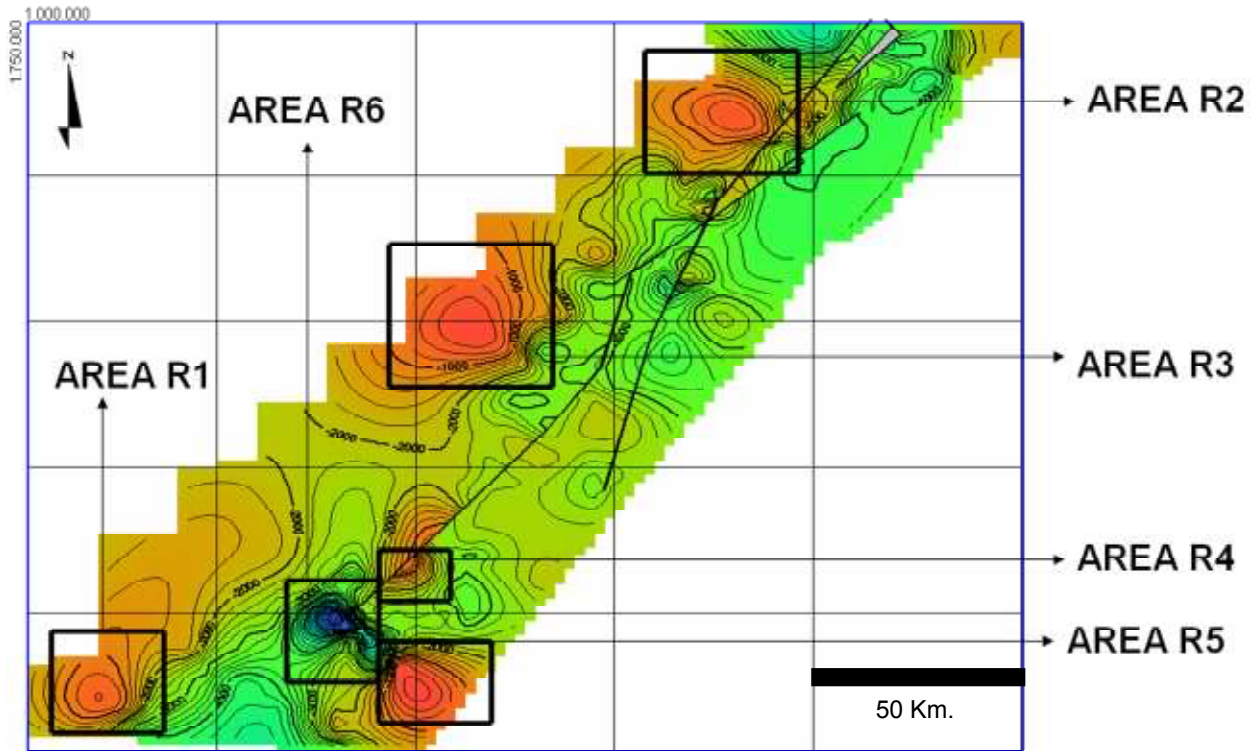
Mediante la evaluación integral de la información geológica, geofísica y geoquímica, fue posible definir áreas con potencial para la acumulación de hidrocarburos convencionales y no convencionales en ambas subcuencas.

Es así como se generaron mapas de leads para cada una de las subcuencas estudiadas (figuras 11.25 a 12.18).

**11.4.1 Subcuenca Ranchería.**



**Figura 11.25.** Áreas prospectivas para gas metano asociado a Carbón, Subcuenca del Ranchería.



**Figura 11.26.** Áreas prospectivas para crudo, Subcuenca del Ranchería.

**11.4.1.1 Gas Metano Asociado a Carbón**

**GAC 1**

Sinclinal ubicado a aproximadamente 20 km al Oriente de Hato Nuevo, en el Norte de la subcuenca. Constituye la trampa para Gas Metano Asociado a Carbón, pues los mantos de carbón de la Formación Cerrejón, de cerca de 10 metros de espesor acumulado, constituyen la roca fuente, reservorio y sello del gas. Estos mantos presentan reflectancias de vitrinita entre 0.5% y 0.7% y se encuentran en fase temprana de generación de hidrocarburos. La trampa es de tipo hidrostático pues el agua de escorrentía actúa como sello. Ver **figura 11.25**.

**GAC 2**

Sinclinal ubicado en los alrededores del municipio de Fonseca, y tiene características similares al prospecto GAC 1; sus dimensiones son menores, pues el espesor total de los mantos de carbón es de 7 metros. El objetivo es la Formación Cerrejón, mediante la perforación de pozos someros que permitan degasificar los mantos inferiores, cuya reflectancia de vitrinita oscila entre 0.6% y 0.7%, lo que indica que se encuentra en ventana de generación de hidrocarburos gaseosos, a diferencia de la secuencia superior de la Fm. Cerrejón, la cual aun no alcanza la madurez suficiente en esta área para generar crudo o gas. Ver **figura 11.25**

### GAC 3

Localizado en las inmediaciones del municipio de Villanueva, corresponde a una pequeña estructura sinclinal, cuyas características indican una alta probabilidad de generación de gas metano asociado a carbón, pues en él, la Formación Cerrejón se encuentra mas profunda, lo cual aumenta su madurez, e indica su buen potencial como roca fuente y reservorio de hidrocarburo gaseoso. Aunque su tamaño es el menor entre los prospectos de gas asociado a carbón, no se puede descartar, ya que constituye un prospecto de bajo riesgo geológico y su estructura tiene mayor control mediante sísmica y gravimetría. Ver **figura 11.25**

#### 11.4.1.2 Crudo

##### R1

Ubicado en el extremo Sur-Occidental de la subcuenca, a pocos kilómetros al Oeste de Valledupar, constituye un anticlinal, cuyo flanco este presenta un cierre de falla asociado a cabalgamientos menores generados como estructuras derivadas del *cabalgamiento* Cesar 1. El objetivo exploratorio lo constituyen las calizas fracturadas de la Formación La Luna, y el sello regional presente es la Formación Molino y algunas capas finas de las formaciones La Luna y Aguas Blancas. Ver **figura 11.26**

##### R2

Trampa de tipo estructural, correspondiente a un anticlinal formado entre fallas de cabalgamiento, ubicada en inmediaciones del municipio de Hato Nuevo. El objetivo es en este caso las calizas fracturadas de la Formación La Luna y el Grupo Cogollo (Formación Aguas Blancas) El sello lo constituye las Formaciones Molino (parte superior) y los intervalos lutíticos de la Formación Aguas Blancas. Ver **figura 11.26**

##### R3

Ubicado en el área conocida como Villa del Río, al Nor-Occidente de San Juan del Cesar, es una trampa estructural ubicada en el bloque colgante de una falla inversa. La sísmica no permite verificar su cierre Oeste. Las calizas de la Formación La Luna son el objetivo principal y los paquetes finos de la misma formación actúan como sello. Ver **figura 11.26**

##### R4

Corresponde a un anticlinal pequeño ubicado entre los pozos Molino 1 y Molino 1X, cuyo cierre esta dado por el *cabalgamiento* Cesar 1, el cual tiene como objetivo la Formación Molino; esta estructura, cuyo control sísmico es bastante



bueno, presenta altas posibilidades para la acumulación de crudo, pues los niveles de shale de la Formación Molino hacen de sello. Ver *figura 11.26*

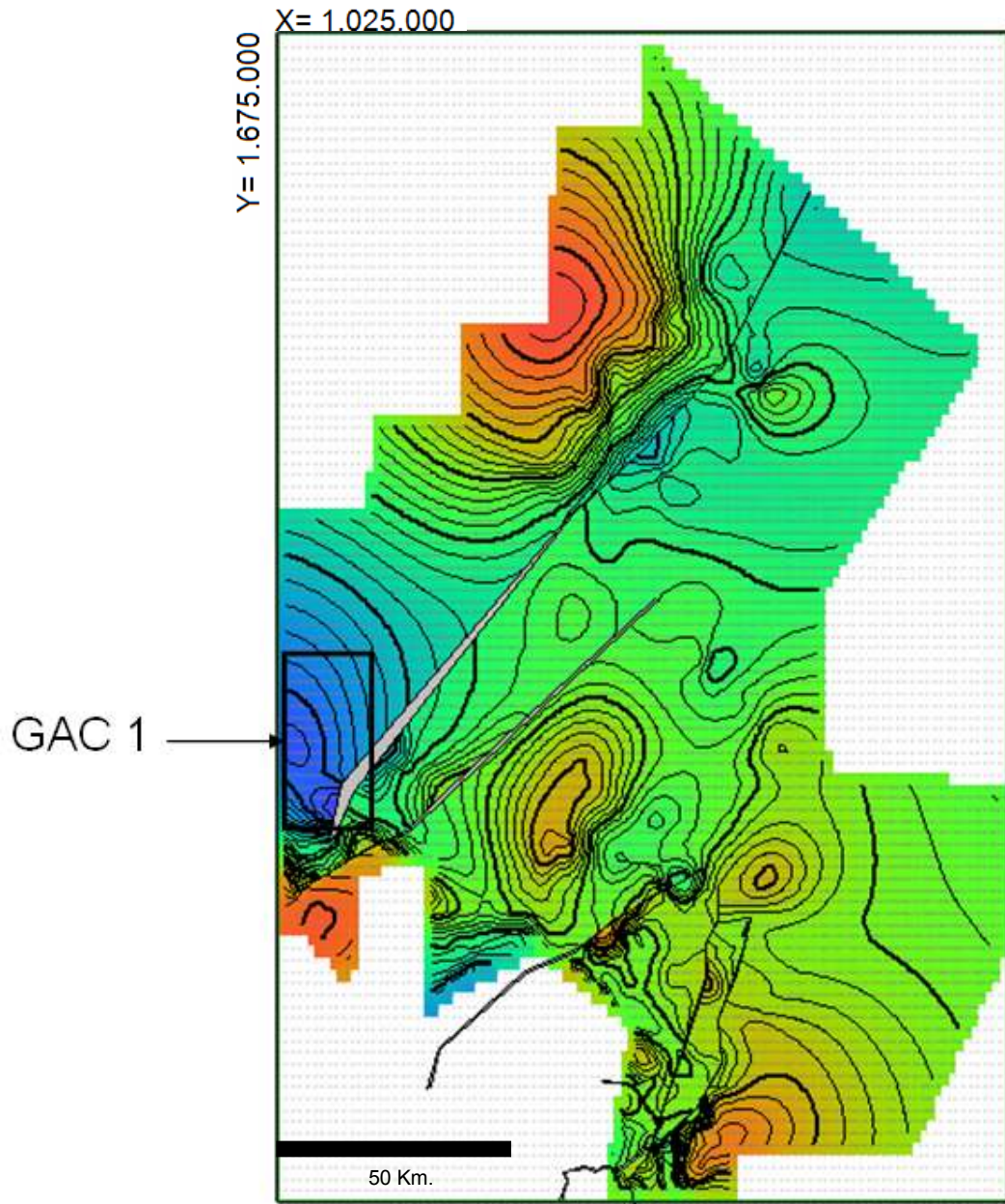
## R5

Trampa de tipo estructural, ubicada en la estribaciones del área conocida como La Jagua del Pilar, correspondiente a un anticlinal generado por fallamiento de tipo inverso, con dirección Nor-Oeste. Las calizas del Grupo Cogollo y la Formación La Luna son el objetivo de exploración, el sello lo constituye la Formación Molino. El cierre de esta trampa lo constituyen las capas plegadas de las diferentes formaciones que conforman este anticlinal. Ver **figura 11.26**

## R6

A diferencia del resto de prospectos, está conformado por una estructura sinclinal, fuertemente fallada, en la cual las calizas de la Formación La Luna pueden tener porosidades superiores al 15%, lo cual lo muestra como potencial reservorio no convencional de hidrocarburos. Este prospecto ubicado en la base del *cabalgamiento* Cesar 1, en el área conocida como El Javo, al oriente de Valledupar cuenta además con la presencia de niveles finos de las formaciones Aguas Blancas y La Luna como sello. Ver *figura 11.26*

### 11.4.2 Subcuenca Cesar.



**Figura 11.27** Áreas prospectivas para gas metano asociado a carbón, Subcuenca del Cesar.

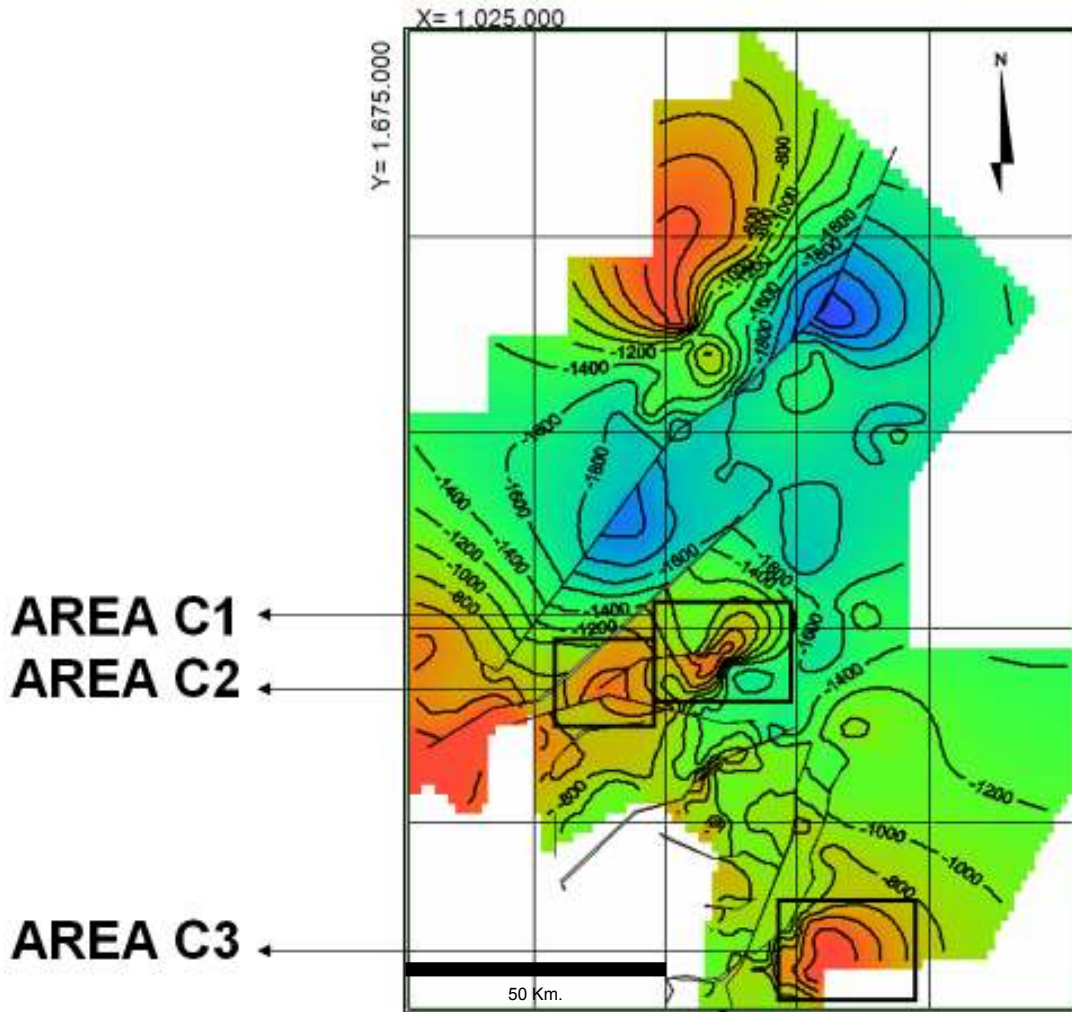


Figura 11.28 Áreas prospectivas para crudo, Subcuenca del Cesar.

11.4.2.1 Gas metano asociado a carbón.

GAC 1

Ubicado en el área aledaña al municipio de Guaimaral. Este prospecto constituido por un sinclinal de gran dimensión, que se encuentra afectando los mantos de carbón de la Formación Cuervos, presenta excelentes condiciones para la generación de gas metano asociado a dichos mantos de carbón. Es así como la Formación Cuervos, presenta un espesor acumulado de 8 metros, y una madurez termal suficiente para estar en la ventana de generación de hidrocarburos, como lo afirma la medición de la reflectancia de vitrinita, la cual oscila entre 0,6% y 0.8%. Ver figura 11.27

#### 11.4.2.2 Crudo

##### C1

Se encuentra a aproximadamente 30 km al Occidente de Agustín Codazzi, y corresponde a una trampa estructural cuyo cierre esta delimitado por una falla inversa, asociada al sistema de cabalgamientos generados por el *cabalgamiento* Cesar 1. Esta estructura de poca extensión, se convierte en un área de gran interés dada la potencia de más de 150 pies de calizas de la Formación La Luna, con porosidades altas generadas por la gran cantidad de esfuerzos a los que han sido sometidas. Además, los niveles finos de esta misma formación actúan como sello al igual que la Formación Aguas Blancas. Ver **figura 11.28**

##### C2

Ubicado a 50 km al Occidente del sitio conocido como Punta Arrecha, corresponde a un anticlinal, cuyo cierre es generado por las capas de las diferentes formaciones que son afectadas por dicha estructura. El Grupo Cogollo constituye el principal objetivo exploratorio y el sello regional está definido por la parte superior de la Formación Molino. La estructura se encuentra asociada a la misma familia de fallas inversas del prospecto C1. Ver **figura 11.28**.

##### C3

Ubicada en el extremo Sur-Oriental de la subcuenca, aledaña a La Jagua de Ibérico, corresponde a un anticlinal de tamaño considerable y en donde el objetivo exploratorio principal lo constituye la Formación Aguas Blancas y las Calizas fracturadas de la Formación La Luna. El sello regional es la Formación Molino y además los niveles finos de la Formación La Luna. El potencial de esta estructura es bastante alto y es el de mayor interés en esta subcuenca. Ver **figura 11.28**.

## 12 PETROFÍSICA

En el Inventario de información proporcionada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), solo los siguientes pozos presentan evaluación petrofísica parcial.

### 12.1 SUBCUENCA DEL CESAR

De esta subcuenca solo cuenta con información petrofísica de los pozos Diablito – 1E. **Tabla 12.1** y El Paso 2. **Tabla 12.2**

NUMERO	PROFUNDIDAD (PIES)	PERMEABILIDAD KLINKENBERG (mD)	PERMEABILIDAD AIRE (mD)	POROSIDAD (%)	POROSIDAD HELIO (%)	DENSIDAD (gr/cc)
		(800 psi)				
1	198,0	0,058	0,076	9,3		2,77
2	266,0	0,011	0,023	8,3		2,71
3	315,1				4,0	2,78
4	320,0				3,8	2,67
5	357,0	0,012	0,027	5,6		2,70
6	401,0	0,021	0,045	6,0		2,71
7	409,0	0,009	0,018	5,0		2,69
8	414,9	0,033	0,062	7,5		2,70
9	431,0	0,007	0,018	4,2		2,78
10	437,8	0,043	0,071	5,6		2,69
11	470,8				7,4	2,64
12	477,0	0,030	0,059	8,1		2,70
13	487,4	5,12	6,54	15,1		2,69
14	518,5	0,027	0,036	6,8		2,70
15	581,3				4,3	2,68
16	610,5	0,164	0,294	10,5		2,68
17	617,3	0,893	1,28	12,3		2,68
18	623,8	< 0,001	0,002	5,0		2,71
19	659,8	0,155	0,272	9,5		2,68
20	665,3	4,86	6,11	13,3		2,67
21	672,4	2,73	3,61	13,7		2,69
22	714,1	0,059	0,104	6,7		2,69
23	734,4	0,587	0,896	11,0		2,66
24	747,9	0,019	0,024	6,7		2,78
25	755,4	0,025	0,044	8,4		2,70
26	764,8	0,028	0,058	9,7		2,71
27	772,9	0,023	0,047	8,5		2,69
28	779,9	0,021	0,044	10,4		2,68
29	816,1	91,0	97,0	17,6		2,64
30	974,7	1,73	2,29	11,8		2,65
31	991,6	12,7	14,6	13,9		2,65
32	1001,6	3,59	4,58	13,4		2,65
33	1009,5	14,9	17,5	14,9		2,65
34	1056,5	0,035	0,078	8,9		2,66
35	1067,6	0,005	0,011	5,3		2,69
36	1074,4	0,110	0,210	10,3		2,66
37	1083,9	0,027	0,039	7,3		2,68
38	1094,5	43,5	48,1	17,5		2,67
39	1106,2	39,4	43,4	16,1		2,65
40	1164,6	0,005	0,011	4,1		2,66
41					2,8	2,66
42	1205,9	0,019	0,023	6,3		2,66
43	1215,3	0,004	0,009	5,2		2,67
44	1236,9	0,023	0,049	8,5		2,66
45	1252,7	44,3	47,7	16,5		2,70
46	1263,2	0,314	0,458	10,5		2,66
47	1329,4	17,6	20,0	15,2		2,67
48	1365,8	< 0,001	< 0,001	1,4		2,95
49	1375,1	< 0,001	< 0,001	0,7		2,69
50	1406,4	0,013	0,017	5,4		2,65
51	1418,1	0,135	0,247	10,1		2,63
52	1431,4	0,002	0,005	4,5		2,79

NUMERO	PROFUNDIDAD (PIES)	PERMEABILIDAD KLINKENBERG (mD)	PERMEABILIDAD AIRE (mD)	POROSIDAD (%)	POROSIDAD HELIO (%)	DENSIDAD (gr/cc)
		(800 psi)				
53	1474,2				6,1	2,65
54	1484,1	0,154	0,269	10,3		2,65
55	1526,5	0,014	0,025	6,3		2,66
56	1543,6	0,046	0,089	8,0		2,66
57	1567,2	< 0,001	0,003	5,2		2,63
58	1613,0				10,8	2,58
59	1630,0	0,024	0,058	10,2		2,66
60	1720,0	0,041	0,076	8,2		2,63
61	1805,2	0,396	0,430	7,4		2,63
62	1837,9	0,006	0,010	7,3		2,65
63	1953,9	0,002	0,004	7,0		2,74
64	2003,6	0,008	0,014	7,6		2,86
65	2025,9	0,002	0,004	7,1		2,64
66	2043,9	< 0,001	0,002	8,9		2,81
67	2214,9	0,009	0,014	10,9		2,81
68	2293,1				2,92	9,8

**Tabla 12.1.** Propiedades petrofísicas del pozo Diablito-1E.

INTERVALO Pies	DENSIDAD	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD Milidarcys	% AGUA CONNATA
3906-16	2.34	13.4	22.7	61.5
3978-80	2.28	16.5	16.3	25.4
3980-84	2.3	14.8	16.3	31.2
3984-86	2.38	10.8	5.1	53.7

**Tabla 12.2.** Propiedades petrofísicas del pozo El paso-2.

Con la idea de contar con una mejor información petrofísica, se evaluaron los pozos Cesar F – 1X, para la Subcuenca del Cesar y el pozo Molino 1 para la Subcuenca del Ranchería. Estos pozos fueron seleccionados debido a que presentaban la mejor información básica para realizar su evaluación.

### EVALUACIÓN PETROFÍSICA DEL POZO CESAR F – 1X.

En este pozo se evaluaron las formaciones de interés en los siguientes intervalos:

- 2950- 3250 Formación La luna (Tope de Formación La Luna 2855 a 3645)
- 3300 - 3600 Formación La Luna
- 3600 – 3900 Formación Aguas Blancas (Tope Formación Aguas Blancas 3645 a 6345)
- 3850 – 4150 Formación Aguas Blancas
- 4100 – 4400 Formación Aguas Blancas

4350 – 4650 Formación Aguas Blancas  
 4600 – 4900 Formación Aguas Blancas  
 4850 – 5150 Formación Aguas Blancas  
 6300 – 6600 Formación Lagunitas (Tope Formación Lagunitas 6345)

- **Análisis Petrofísico del pozo Cesar F-1X**

La evaluación petrofísica del pozo CESAR F-1X, se hace a partir de los archivos .LAS generados durante la toma de los registros eléctricos, e igualmente con ayuda de las descripciones litológicas y las pruebas que fueron realizadas en el pozo.

Basándose en la anterior información se hace la evaluación por formaciones y se toman los intervalos que muestran características litológicas y resistividades de agua ( $R_w$ ) semejantes.

Se toman los parámetros base de acuerdo a conocimientos del área y se usan las formulaciones acordadas para los cálculos de contenido de arcilla, porosidades y saturación de agua ( $S_w$ ).

Gráficamente se muestran los resultados que permiten entender la composición petrofísica de las rocas perforadas. Igualmente con la presentación grafica y con los anexos de resultados se obtiene una visión de las características de los fluidos contenidos.

Finalmente se incluyen recomendaciones de acuerdo a lo analizado durante la evaluación, estas recomendaciones no son concluyentes porque como se muestra en la evaluación hay información que presenta anomalías en la adquisición.

- **Compilación y análisis de la información**

Datos recibidos en formato .LAS con las siguientes curvas a evaluar, relacionados en la **tabla 12.3**.

<b>Curvas Recibidas</b>	
a. Gama Ray	<b>SI</b>
b. Potencial Espontaneo	<b>SI</b>
c. Caliper	<b>SI</b>
d. Resistividad MSFL	<b>SI</b>
e. Resistividad LLD	<b>SI</b>
f. Porosidad Sonica (DT)	<b>SI</b>
g. Porosidad Density (RHOB)	<b>SI</b>
h. Porosidad Neutron (NPHI)	<b>SI</b>
i. Tension	<b>NO</b>

**Tabla 12.3.** Información recibida en formato .Las. Pozo Cesar F-1X.

Como datos básicos tomados de los Registros eléctricos se tiene la **tabla 12.4.**

Mesa Rotaria.	<b>243</b>
Profundidad Final.	<b>6535</b>
Temperatura de Fondo.	<b>171</b>
Temperatura de Superficie.	<b>87</b>
Res. Filtrado del Lodo (75 °F)	<b>0,703</b>
Resistividad del Lodo (75 °F)	<b>0,994</b>
Resistividad del Mud cake (75 °F)	<b>1,213</b>
Tamaño de la broca	<b>8 1/2"</b>
Matriz usada	<b>Mx SS - - SS</b>

**Tabla 12.4.** Datos de los registros eléctricos, pozo Cesar F-1X.

**Notas:**

- ❖ Se asume que los registros fueron corridos con Matriz SS.
- ❖ No se recibieron datos de resistividad del agua de formación (Rw).
- ❖ Se recibieron datos erróneos de lecturas en los registros de porosidad neutrón, MSFL. (Se aproximaron al valor menor más cercano).
- ❖ Hay divergencia en la profundidad final registrada, se tienen dos valores (6006' y 6535'). Se ha tomado el último valor por concordancia con los datos registrados.

- **Definición de los parámetros para la evaluación.**

Para la evaluación y cálculos finales de saturación de agua (Sw) del intervalo de interés se han calculado los siguientes datos intermedios:

Volumen de shale:

Como base para las correcciones de porosidad, se usaron los métodos de volumen de shale (VSh) enunciados en la tabla adjunta, se evaluaron y de acuerdo a la experiencia en el área, se tomo el más apropiado. Ver **tabla 12.5.**



<b>Calculos de VSh:</b>
a. VSh: GR Lineal.
b. VSh Power Law
c. VSh Clavier
c. VSh Steiber
e. VSh para Rocas Antiguas
f. VSh Neutron
g. VSh Crossplot N-D
h. Resistividad
i. Indice de Gama Ray-VSh

**Tabla 12.5.** Cálculos de volumen de shale. Pozo Cesar F-1X.

- o *Porosidades efectivas*

Se calcularon todas las porosidades efectivas enunciadas en la tabla siguiente y se toma el promedio de todas las determinaciones.

<b>Porosidades Usadas</b>	
a. Porosidad Sonica (Raymer)	<b>SI</b>
a. Porosidad Sonica (Willie-Unconsolidadas)	<b>NO</b>
b. Convencional Density	<b>SI</b>
b. Convencional Neutron	<b>SI</b>
e. Crossplot Neutron Density	<b>SI</b>
d. Crossplot Neutron-Sonico	<b>SI</b>
a. Porosidad Sonica (Willie-Consolidadas)	<b>SI</b>

**Tabla 12.6.** Porosidades usadas, pozo Cesar F-1X.

- o *Saturación de Agua (Sw)*

Los cálculos de saturación de agua (Sw) se hicieron para las formulaciones adjuntas.

<b>Opciones de Sw.</b>
a. Convencional de Archie.
b. Formulacion de Indonesia
c. Formulacion Simandoux
d. Areniscas Arcillosas(Doble Agua)
e. Formula de Poupon
f. Formula de Hossin
g. Parabolica
h. Rwa/Rw
i. Formula Neutron-Density (Gas)
j. Shaly (Clayed) Rocks
k. Generalized Shale Relationship

**Tabla 12.7** Datos para cálculos de Sw, pozo Cesar F-1X.

- o *Cut Offs de Sw y V. Shale*

No se determinó por parte de la operadora especificaciones para la saturación de agua (Sw) ni para el volumen de arcilla contenido en las arenas. Se han tomado los mejores criterios para la evaluación basados en el conocimiento regional que se tiene.

- **Petrofísica**

- o *Intervalo de Interes (2950' – 3250')*

Fm La Luna	2950	3250
------------	------	------

- o *Parámetros base para la unidad*

En la siguiente tabla se adjuntan los parámetros base que fueron usados para los cálculos petrofísicos.

Cesar F 1X		Parametros Base.		Fm La Luna		
Dt matrix	Ro matrix	N matrix	Dt Fluido	k (RHG)	Cp	Ro Fluido
55,50	2,65	1,00	189,00	0,67	4,01	1,00
HI	C.Perm.	a	m	n	alfa	km
1,00	80,00	0,62	2,15	2,00	1,00	0,85

**Tabla 12.8.** Parámetros base, pozo Cesar F-1X, Formación La Luna.

**Nota:** Los parámetros “a” y “m” se toman con base en la descripción litológica. El parámetro N matrix=1,00 asume que el registro fue corrido en Matriz SS.

- o *Parámetros base del Shale*

En la **Tabla 12.9** se adjuntan los parámetros de referencia del shale que fueron usados para los cálculos petrofísicos de la formación.

**Tabla 12.9.** Parámetros shale de referencia, pozo Cesar F-1X, Formación La Luna.

Cesar F 1X			Fm La Luna	
Parametros base para el Shale a:				
Depth Sh		GR (Max)	GR Shale	SP Base
3182	3187	166	123	-8,1
Res Sh.	Rxo Sh.	Dt Shale	Ro Shale	PorN Sh.
12,39	10,33	94,21	2,54	0,21

o *Volumen de shale*

Se tomaron como referencia todos los cálculos hechos en la definición de parámetros para el Volumen de Shale y para los cálculos definitivos la formulación de:

<b>Cesar F 1X</b>	<b>Fm La Luna</b>
<b>Vsh Usado :</b>	<b>Vsh_Lineal</b>

o *Resistividad del Agua (Rw)*

Para los cálculos de la saturación de agua (Sw) se hicieron los cálculos iniciales descritos en la **tabla 12.10**.

<b>Metodo</b>	<b>Profundidad</b>		<b>Ohms</b>
<b>S. P.</b>	<b>3236</b>	<b>3239</b>	<b>0,68</b>
<b>Ratio</b>	<b>3236</b>	<b>3239</b>	<b>0,52</b>
<b>Sh Properties Method</b>	<b>3182</b>	<b>3187</b>	<b>0,43</b>

**Tabla 12.10.** Cálculos de Rw, pozo Cesar F-1X, Formación La Luna.

Se ha usado para el cálculo definitivo de saturación de agua (Sw) el método de:

<b>Rw Base (SP)</b>	<b>1,12</b>	<b>ohms</b>	<b>75</b>	<b>T °F</b>
---------------------	-------------	-------------	-----------	-------------

o *Cut OFF*

Como limites de saturación de agua y el volumen de arcilla se ha tomado un valor general aceptado para el área, como se observa en la **tabla 12.11**.

<b>Cesar F 1X</b>	<b>CUT OFF</b>
<b>Fm La Luna</b>	
Sw Cut off	<b>0,50</b>
Vsh Cut off	<b>0,30</b>

**Tabla 12.11.** Cut off (Sat. de Agua y V. Shale), pozo Cesar F-1X, Formación La Luna.



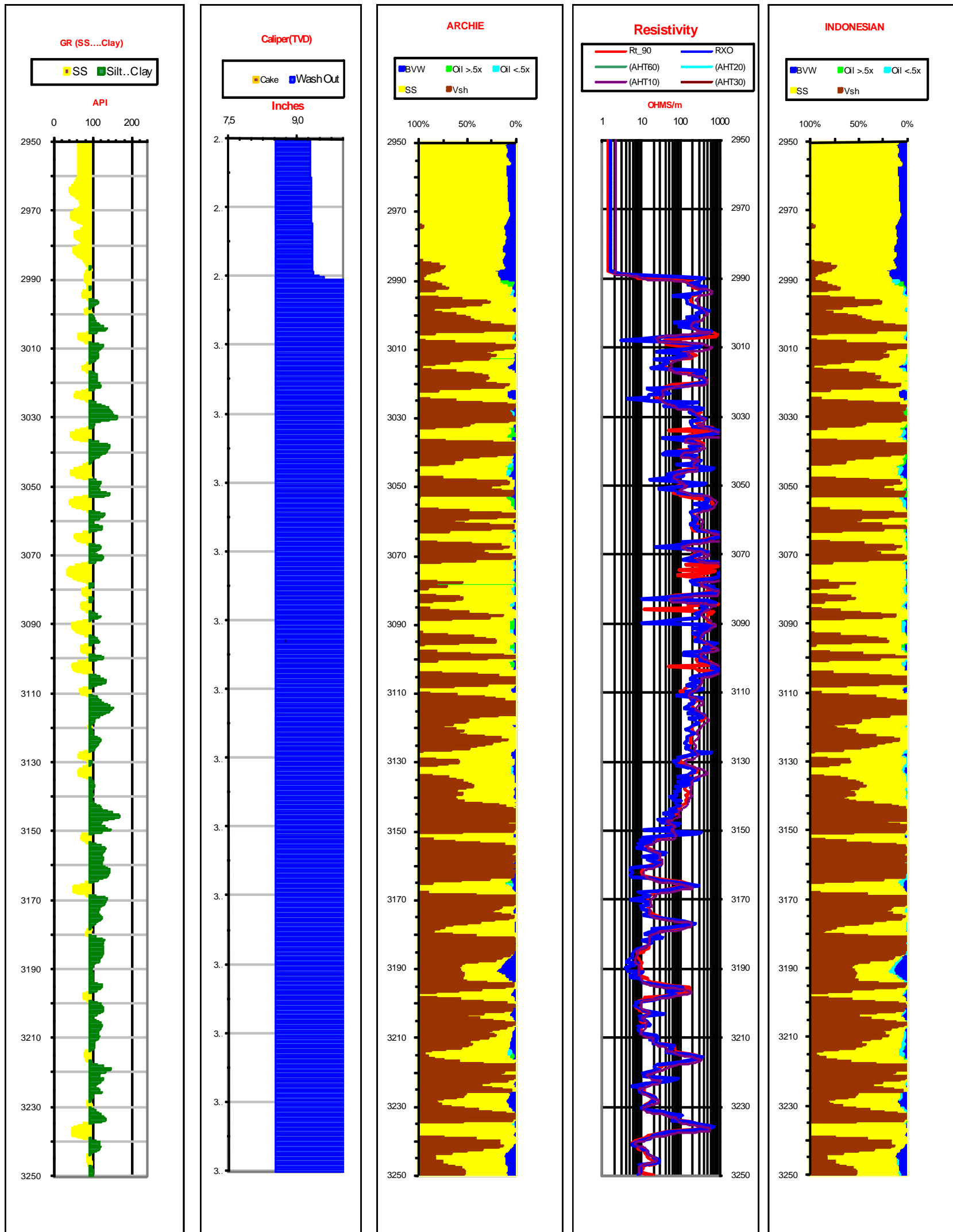


Figura 12.1. Petrofísica (GR, Caliper, Archie, Res, Indonesian), pozo Cesar F-1X, Formación La Luna.

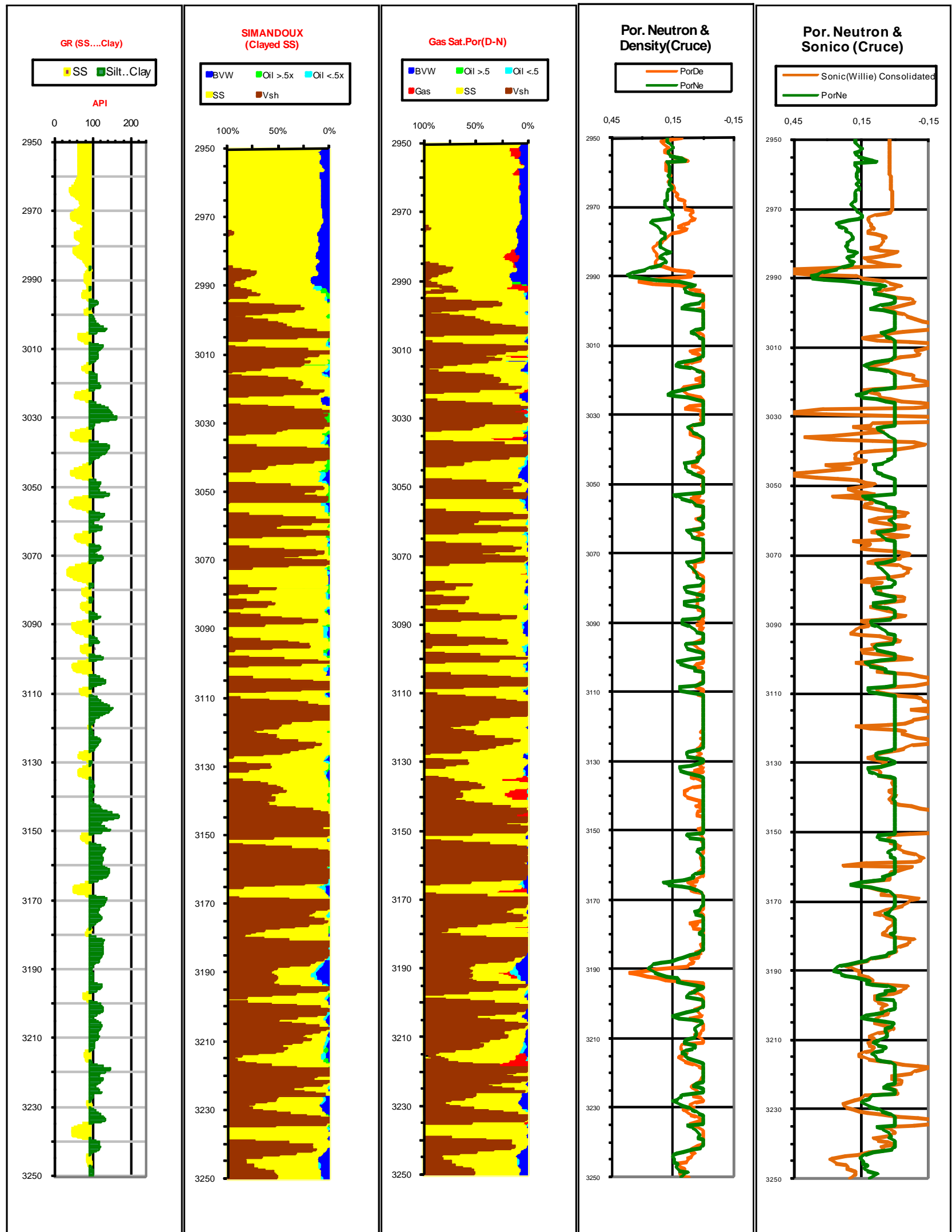


Figura 12.2. Petrofísica (GR, Sw, Porosidades), pozo Cesar F-1X, Formación La Luna.

- *Intervalo de Interes (3850' – 4150')*

Fm Aguas Blancas	3850	4150
------------------	------	------

- *Parámetros base para la unidad*

Se adjuntan en la **tabla 12.13** los parámetros base que fueron usados para los cálculos petrofísicos.

Cesar F 1X		Parametros Base.		Fm Aguas Blancas		
Dt matrix	Ro matrix	N matrix	Dt Fluido	k (RHG)	Cp	Ro Fluido
55,50	2,65	1,00	189,00	0,67	1,00	1,00
HI	C.Perm.	a	m	n	alfa	km
1,00	80,00	1,00	2,00	2,00	1,00	0,85

**Tabla 12.13** Parámetros base, pozo Cesar F-1X, Formación Aguas Blancas.

En la **Tabla 12.14** se adjuntan los parámetros de referencia del shale que fueron usados para los cálculos petrofísicos de la formación.

Cesar F 1X			Fm Aguas Blancas	
Parametros base para el Shale a:				
Depth Sh	GR (Max)		GR Shale	SP Base
3860	3866	248	124	-5,7
Res Sh.	Rxo Sh.	Dt Shale	Ro Shale	PorN Sh.
5,90	5,02	96,06	2,62	0,30

**Tabla 12.14** Parámetros shale de referencia, pozo Cesar F-1X, Formación Aguas Blancas.

- *Volumen de shale*

Se tomaron como referencia todos los cálculos hechos en la definición de parámetros para el volumen de shale y para los cálculos definitivos la formulación de:

Cesar F 1X	Fm Aguas Blancas
Vsh Usado :	Vsh_Lineal

- o Resistividad del Agua ( $R_w$ )

Para los cálculos de la saturación de agua ( $S_w$ ) se hicieron los cálculos iniciales descritos en la **tabla 12.15**.

Metodo	Profundidad		Ohms
S. P.	4075	4078	0,61
Ratio	4075	4078	2,83
Sh Properties Method	3860	3866	0,53

**Tabla 12.15** Cálculos de  $R_w$ , pozo Cesar F-1X, Formación Aguas Blancas.

Se ha usado para el cálculo definitivo de Saturación de Agua ( $S_w$ ) el método de:

Rw Base (SP)	1,07	ohms	75	T °F
--------------	------	------	----	------

- o Cut OFF

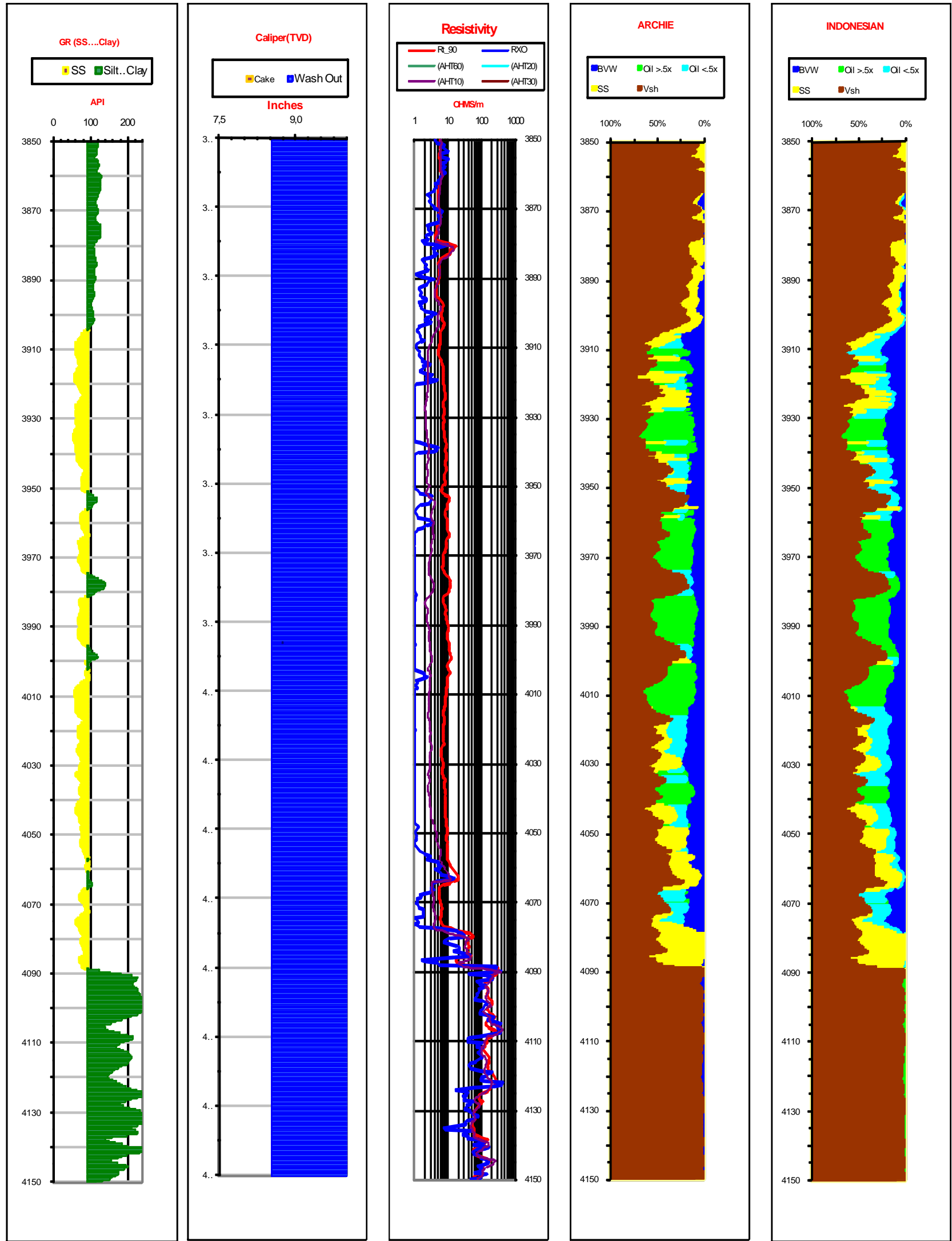
Como límites de saturación de agua y el volumen de arcilla se ha tomado un valor general aceptado para el área. Ver **tabla 12.16**

Cesar F 1X	CUT OFF
<b>Fm Aguas Blancas</b>	
Sw Cut off	0,45
Vsh Cut off	0,30

**Tabla 12.16.** Cut off (Sat. de Agua y V. Shale), pozo Cesar F-1X, Formación Aguas Blancas.







**Figura 12.3.** Petrofísica (GR, Caliper, Res, Archie, Indonesian), pozo Cesar F-1X, Formación Aguas Blancas

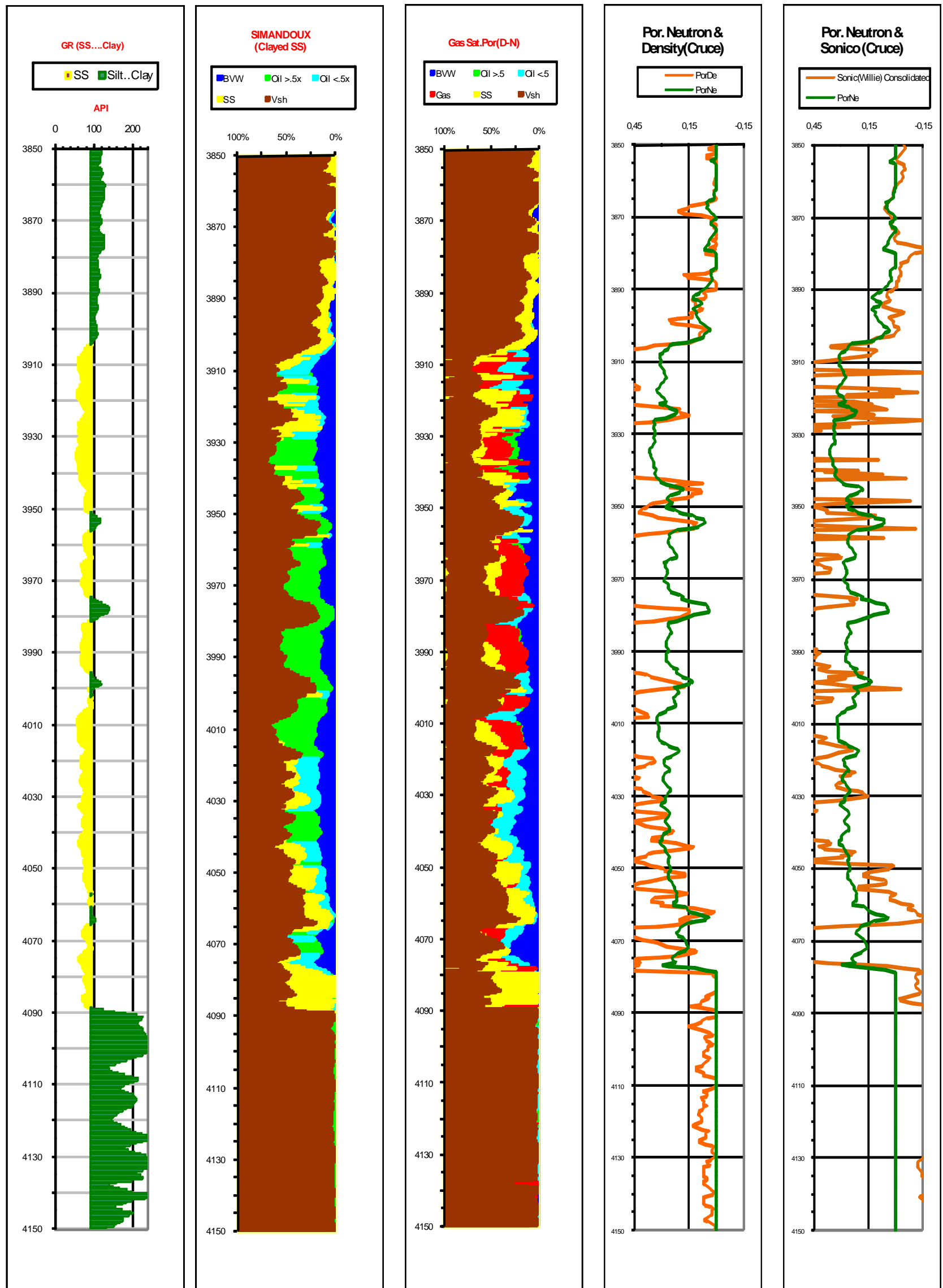


Figura 12.4. Petrofísica (GR, Sw, Porosidades), pozo Cesar F-1X, Formación Aguas Blancas.

- Intervalo de Interes (6300' – 6600')

Fm Lagunitas	6300	6600
--------------	------	------

- Parámetros base para la unidad

En la **tabla 12.18** adjuntan los parámetros base que fueron usados para los cálculos petrofísicos.

Cesar F 1X		Parametros Base.		Fm Lagunitas		
Dt matrix	Ro matrix	N matrix	Dt Fluido	k (RHG)	Cp	Ro Fluido
55,50	2,65	1,00	189,00	0,67	####	1,00
HI	C.Perm.	a	m	n	alfa	km
1,00	80,00	0,62	2,15	2,00	1,00	0,85

**Tabla 12.18.** Parámetros Base, pozo Cesar F-1X, Formación Lagunitas.

**Nota:** Los parámetros “a” y “m” se toman con base en la descripción litológica. El parámetro N matrix=1,00 asume que el registro fue corrido en matriz SS.

- Parámetros base del shale

En la tabla siguiente se adjuntan los parámetros de referencia del shale que fueron usados:

Cesar F 1X			Fm Lagunitas	
Parametros base para el Shale a:				
Depth Sh		GR (Max)	GR Shale	SP Base
6463	6467	245	144	-40,0
Res Sh.	Rxo Sh.	Dt Shale	Ro Shale	PorN Sh.
46,66	33,27	-999,25	2,73	0,15

**Tabla 12.19.** Parámetros Shale de referencia, pozo Cesar F-1X, Formación Lagunitas.

o *Volumen de shale*

Se tomaron como referencia todos los cálculos hechos en la definición de parámetros para el volumen de shale (VSh) y para los cálculos definitivos se uso la formulación de:

<b>Cesar F 1X</b>	<b>Fm Lagunitas</b>
<b>Vsh Usado :</b>	<b>Larionov_OLD</b>

o *Resistividad del agua (Rw)*

Para los cálculos de la saturación de agua (Sw) se hicieron los cálculos iniciales descritos en la **tabla 10.20**.

<b>Metodo</b>	<b>Profundidad</b>		<b>Ohms</b>
<b>S. P.</b>	<b>6500</b>	<b>6515</b>	<b>0,47</b>
<b>Ratio</b>	<b>6500</b>	<b>6515</b>	<b>1,28</b>
<b>Sh Properties Method</b>	<b>6463</b>	<b>6467</b>	<b>0,80</b>

**Tabla 12.20.** Cálculos de Rw, pozo Cesar F-1X, Formación Lagunitas.

Se ha usado para el cálculo definitivo de saturación de agua (Sw) el método de:

<b>Sh Prop Method</b>	<b>1,73</b>	<b>ohms</b>	<b>75</b>	<b>T °F</b>
-----------------------	-------------	-------------	-----------	-------------

o *Cut OFF*

En la siguiente tabla se observa como límites de saturación de agua y el Volumen de arcilla se ha tomado un valor general de:

<b>Cesar F 1X</b>	<b>CUT OFF</b>
<b>Fm Lagunitas</b>	
Sw Cut off	<b>0,50</b>
Vsh Cut off	<b>0,30</b>

**Tabla 12.21.** Cut off (Sat. de Agua y V. Shale), pozo Cesar F-1X, Formación Lagunitas.

- *Resultados petrofísicos*

En la **tabla 12.22** se anexan los resultados corridos en las formulaciones de Archie, Indonesia, Simandoux.

En las **figuras 12.5** y **12.6** se aprecian estos resultados gráficamente que ayudan a entender el carácter de las rocas evaluadas.

Cesar F 1X			Fm Lagunitas												Rw: 1856 ppm Cl-					
Archie			Formula - Indonesian										Simandoux							
Intervals			Intervals			Saturation(Sw)			Vol. Shale(Vsh)			Porosity			Intervalos			Saturation(Sw)		
Topo	Base	Esp.	Topo	Base	Esp.	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Topo	Base	Esp.	Min	Prom	Max
6540	6600	60,5																		
			6481	6481	0,0	0,40	0,40	0,40	0,26	0,26	0,26	0,03	0,03	0,03	6312	6312	0,0	0,43	0,43	0,43
			6496	6496	0,5	0,42	0,42	0,43	0,19	0,20	0,22	0,04	0,04	0,04	6350	6350	0,0	0,50	0,50	0,50
															6369	6369	0,00	0,46	0,46	0,46
															6439	6439	0,00	0,29	0,29	0,29
															6446	6446	0,00	0,39	0,39	0,39
															6452	6453	0,50	0,41	0,43	0,45
															6477	6477	0,00	0,37	0,37	0,37
															6480	6482	1,50	0,18	0,29	0,37
															6484	6485	0,50	0,40	0,45	0,49
															6487	6487	0,00	0,33	0,33	0,33
															6489	6491	2,50	0,19	0,30	0,42
															6495	6496	0,50	0,22	0,22	0,23
															6499	6499	0,50	0,41	0,44	0,48
		60,5			0,5												6			

Sw (con Dry Gas)						Shaly_SS (Petrophysics Pag. 247 )											
			Saturation(Sw)			Intervals			Saturation(Sw)			Vol. Shale(Vsh)			Porosity		
Topo	Base	Esp.	Min	Prom	Max	Topo	Base	Esp.	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max
			0						0								

**Tabla 12.22** Saturación de Agua comparativa, pozo Cesar F-1X, Formación Lagunitas.

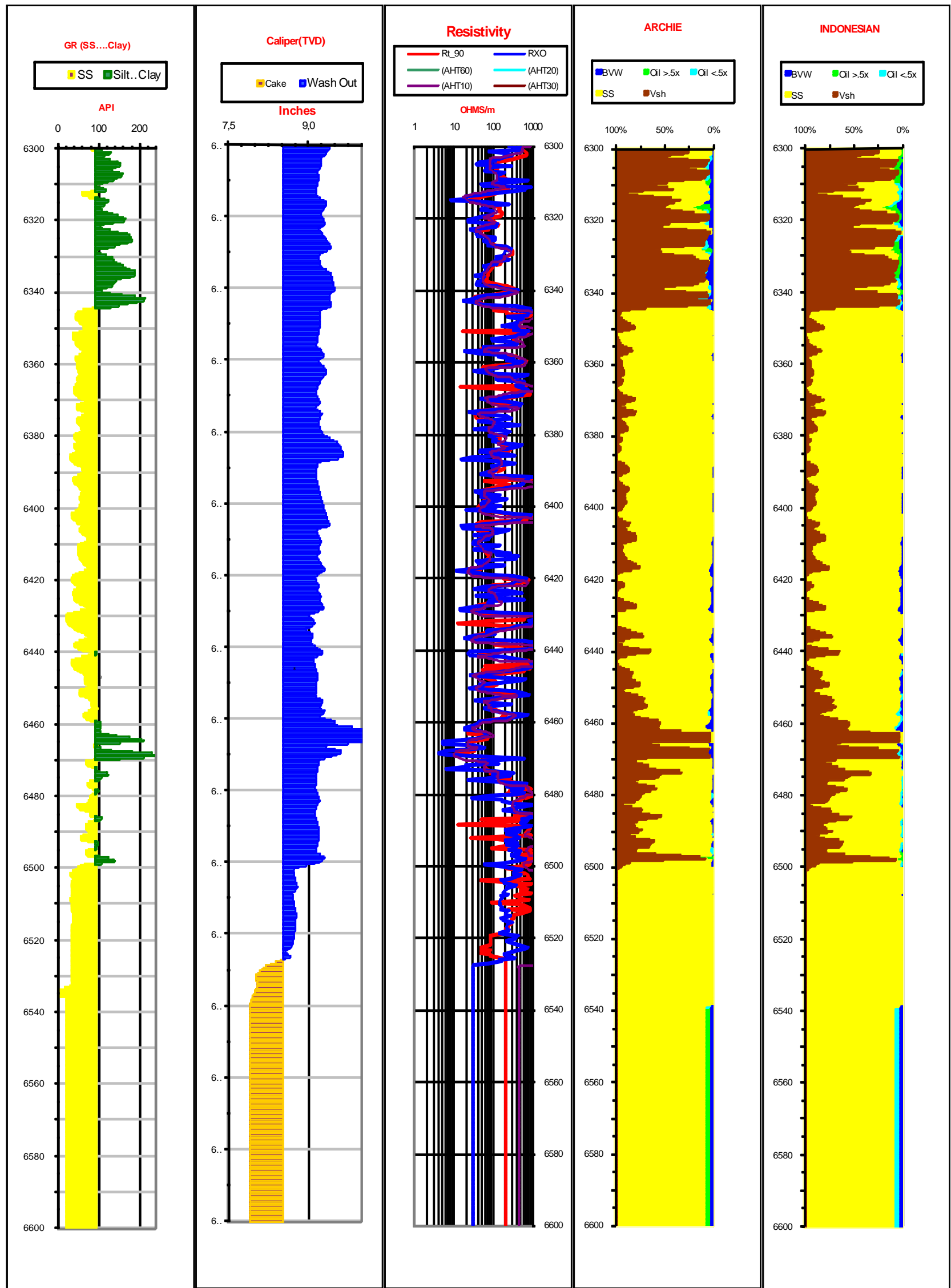


Figura 12.5. Petrofísica (GR, Caliper, Res, Archie, Indonesian), pozo Cesar F-1X, Formación Lagunitas.

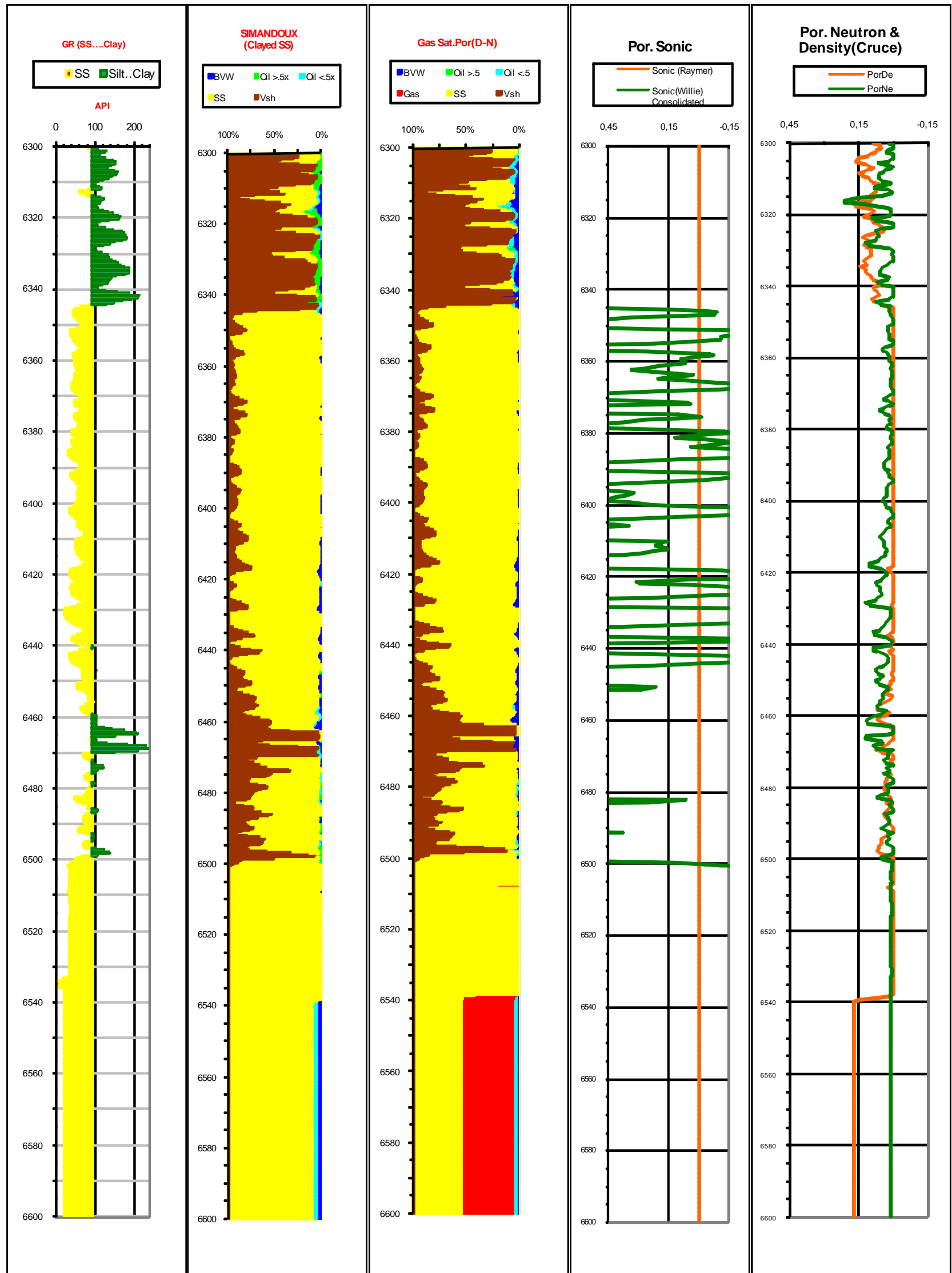
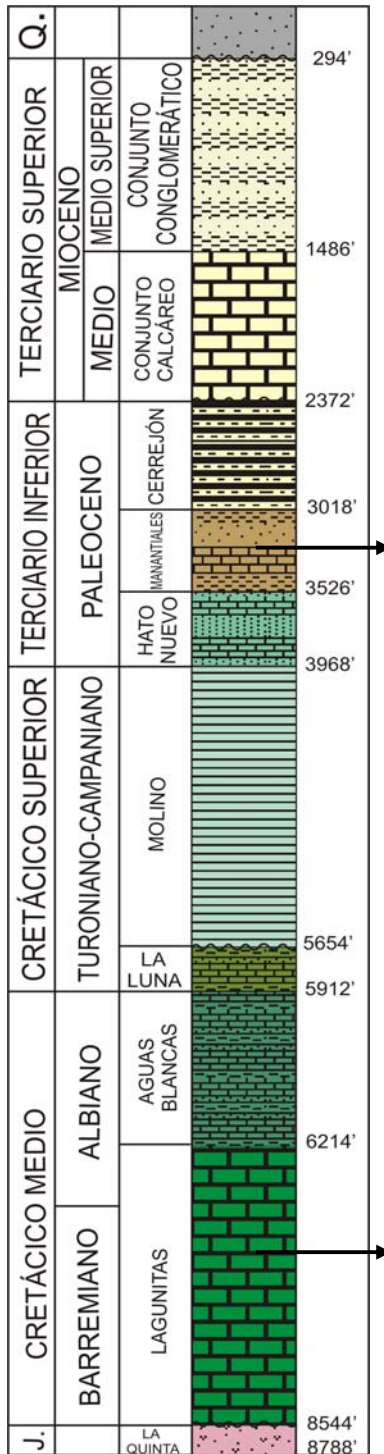


Figura 12.6. Petrofísica (GR, Sw, Porosidades), pozo Cesar F-1X, Formación Lagunitas.



### 12.2 SUBCUENCA DEL RANCHERÍA

Columna estratigráfica del pozo Molino-1X, con las propiedades petrofísicas identificadas en algunos intervalos de profundidad. Estos son los datos más completos encontrados en esta subcuenca.



PROFUNDIDAD pies	POROSIDAD %	SATURACIONES %	
		ACEITE	AGUA
3746	20.7	0.0	50.2
3774	17.5	0.0	66.3
3881	17.9	----	74.9
3906	16.3	----	80.4

PROFUNDIDAD Pies	POROSIDAD %	SATURACION %	
		ACEITE	AGUA
7652.5	0.15	0.0	0.0
7656	0.38	0.0	68.4
7660	0.53	0.0	0.0
7669	0.35	14.2	0.0

### 12.2.1 EVALUACIÓN PETROFÍSICA DEL POZO MOLINO-1

En este pozo se evaluaron las formaciones de interés en los siguientes intervalos.

4050 – 4350 Formación La Luna y Aguas Blancas.  
(Tope de F. La Luna 3970 a 4076))

4200 – 4500 Formación Aguas Blancas (Tope F. Aguas Blancas 4076 a 4976)  
4500 – 4800 Formación Aguas Blancas  
4800 – 5100 Formación Aguas Blancas y Formación Lagunitas  
(Tope Formación Lagunitas 4976 a 5818)

5100 – 5400 Formación Lagunitas  
5400 – 5700 Formación Lagunitas

5700 – 6000 Formación Lagunitas F. La Quinta. (Tope de F. La Quinta 5818)

A continuación se muestran los resultados del análisis petrofísico, para algunos intervalos de la Formación La Luna, Formación Aguas Blancas y Formación Lagunitas. La información completa se puede ver en el anexo de petrofísica que acompaña este informe.

- **Análisis Petrofísico del pozo Molino-1**

La evaluación petrofísica del pozo MOLINO-1, se hace a partir de los archivos .LAS generados durante la toma de los registros eléctricos, de las descripciones litológicas y las pruebas realizadas en el completamiento del Pozo.

Basándose en la calidad de la información se hace una división inicialmente por formaciones y con los mejores criterios se toman los intervalos que muestran características litológicas y resistividades de agua ( $R_w$ ) semejantes.

Se asumen parámetros base de acuerdo a conocimientos regionales y se utilizan las formulaciones acordadas para los cálculos de contenido de arcilla, porosidades y de la saturación de agua ( $S_w$ ).

Gráficamente se muestran los resultados que permiten entender de una mejor forma la composición petrofísica de las rocas perforadas. Igualmente con esta presentación grafica y con los anexos de resultados generales se obtiene en conjunto una visión de las características de los fluidos contenidos.

Finalmente se incluyen recomendaciones de acuerdo a lo analizado durante la evaluación, estas recomendaciones no necesariamente son concluyentes porque como se muestra en la evaluación hay información que presenta anomalías en la adquisición.

- **Compilación y análisis de la información**

Datos recibidos en Formato LAS con las siguientes curvas a evaluar:

<b>Curvas Recibidas</b>	
a. Gama Ray	<b>SI</b>
b. Potencial Espontaneo	<b>SI</b>
c. Caliper	<b>SI</b>
d. Resistividad MSFL	<b>SI</b>
e. Resistividad LLD	<b>SI</b>
f. Porosidad Sonica (DT)	<b>NO</b>
g. Porosidad Density (RHOB)	<b>SI</b>
h. Porosidad Neutron (NPHI)	<b>SI</b>
i. Tension	<b>NO</b>

**Tabla 12.23.** Información recibida en formato .Las, pozo Molino-1.

Como datos básicos tomados de los Registros eléctricos tenemos:

Mesa Rotaria.	<b>715</b>
Profundidad Final.	<b>6055</b>
Temperatura de Fondo.	<b>148</b>
Temperatura de Superficie.	<b>92</b>
Res. Filtrado del Lodo (75 °F)	<b>0,557</b>
Resistividad del Lodo (75 °F)	<b>0,799</b>
Resistividad del Mud cake (75 °F)	<b>1,000</b>
Tamaño de la broca	<b>8 1/2"</b>
Matriz usada	<b>Mx SS - - CaCO3</b>

**Tabla 12.24.** Datos de los Registros Eléctricos, pozo Molino-1.

**Notas:**

- ❖ Se asume que los registros fueron corridos con Matriz SS.
- ❖ No se recibieron datos oficiales de resistividad del agua de formación. (Rw).
- ❖ Se recibieron datos erróneos de lecturas en los registros de porosidad Neutrón y Resistividad profunda. (Se aproximaron al valor menor más cercano).

- **Definición de los parametros para la evaluacion.**

Para la evaluación y cálculos finales de saturación de agua ( $S_w$ ) del intervalo de interés se han calculado los siguientes datos intermedios:

- *Volumen de shale*

Como base para las correcciones de porosidad, se usaron los métodos de volumen de shale (VSh) enunciados en la tabla adjunta, se evaluaron y de acuerdo a la experiencia en el área, se tomo el más apropiado.

<b>Calculos de VSh:</b>	
a.	VSh: GR Lineal.
b.	VSh Power Law
c.	VSh Clavier
c.	VSh Steiber
e.	VSh para Rocas Antiguas
f.	VSh Neutron
g.	VSh Crossplot N-D
h.	Resistividad
i.	Indice de Gama Ray-VSh

**Tabla 12.25.** Cálculos de Volumen de Shale, pozo Molino-1.

- *Porosidades efectivas*

Se calcularon todas las porosidades efectivas enunciadas en la tabla siguiente y se toma el promedio de todas las determinaciones. Porosidades usadas

<b>Porosidades Usadas</b>		
a.	Porosidad Sonica (Raymer)	<b>NO</b>
a.	Porosidad Sonica (Willie-Unconsolidadas)	<b>NO</b>
b.	Convencional Density	<b>SI</b>
b.	Convencional Neutron	<b>SI</b>
e.	Crossplot Neutron Density	<b>SI</b>
d.	Crossplot Neutron-Sonico	<b>NO</b>
a.	Porosidad Sonica (Willie-Consolidadas)	<b>NO</b>

**Tabla 12.26.** Porosidades usadas, pozo Molino-1.

- Saturación de agua ( $S_w$ )

Los cálculos de saturación de agua ( $S_w$ ) se hicieron para las formulaciones adjuntas. Ver la **tabla 12.27**.

Opciones de $S_w$ .
a. Convencional de Archie.
b. Formulacion de Indonesia
c. Formulacion Simandoux
d. Areniscas Arcillosas(Doble Agua)
e. Formula de Poupon
f. Formula de Hossin
g. Parabolica
h. $R_{wa}/R_w$
i. Formula Neutron-Density (Gas)
j. Shaly (Clayed) Rocks
k. Generalized Shale Relationship

**Tabla 12.27.** Cálculos de  $S_w$ . pozo Molino-1.

- *Cut Offs de  $S_w$  y volumen de shale*

No se determinó por parte de la operadora especificaciones para la saturación de agua ( $S_w$ ) ni para el volumen de arcilla contenido en las arenas. Se han tomado los mejores criterios para la evaluación basados en el conocimiento regional que se tiene.

- **Petrofísica**

- *Intervalo de interés (4050' – 4350')*

Fm La Luna	4050	4350
------------	------	------

Se adjuntan los parámetros base que fueron usados para los cálculos petrofísicos. Ver **tabla 12.28**.

- *Parámetros base para la unidad*

Molino-1		Parametros Base.		Fm La Luna		
Dt matrix	Ro matrix	N matrix	Dt Fluido	k (RHG)	Cp	Ro Fluido
47,60	2,71	3,00	189,00	0,67	8,38	1,00
HI	C.Perm.	a	m	n	alfa	km
1,00	80,00	1,00	2,10	2,00	1,00	0,85

**Tabla 12.28.** Parámetros Base, pozo Molino-1, Formación La Luna.

**Nota:** Los parámetros “a” y “m” se toman con base en la descripción litológica. El parámetro base (Dt matriz) no se usa porque no se trabajo la porosidad sónica.

El parámetro N matrix=3,00 asume que el registro fue corrido en matriz SS y se hacen las correcciones para carbonatos (descripción litológica muestra presencia de carbonatos).

- *Parámetros base del shale*

En la Tabla anexa se adjuntan los parámetros de referencia del shale que fueron usados para los cálculos petrofísicos de la formación.

Molino-1			Fm La Luna	
Parametros base para el Shale a:				
Depth Sh	GR (Max)	GR Shale	SP Base	
4272	4276	155	155	-15,8
Res Sh.	Rxo Sh.	Dt Shale	Ro Shale	PorN Sh.
309,38	383,46	308,81	2,65	0,07

**Tabla 12.29.** Parámetros Shale de referencia, pozo Molino-1, Formación La Luna

**Nota:** El parámetro Dt Shale no se tiene en cuenta ya que no se usa la porosidad sónica.

o *Volumen de shale*

Se tomaron como referencia todos los cálculos hechos en la definición de parámetros para el volumen de shale y se tomaron para los cálculos definitivos la formulación de:

<b>Molino-1</b>	<b>Fm La Luna</b>
<b>Vsh Usado :</b>	<b>Vsh_Lineal</b>

o *Resistividad del agua (Rw)*

Para los cálculos de la saturación de agua (Sw) se hicieron los cálculos iniciales descritos en la **tabla 12.30**.

Metodo	Profundidad		Ohms
S. P.	4260	4270	0,13
Ratio	4260	4270	1,64
Sh Properties Method	4363	4365	1,19

**Tabla 12.30.** Cálculos de Rw, pozo Molino-1, Formación La Luna.

Se ha usado para el cálculo definitivo de saturación de agua (Sw) el método de:

<b>Rw Dado</b>	<b>1,93</b>	<b>ohms</b>	<b>75</b>	<b>T °F</b>
----------------	-------------	-------------	-----------	-------------

o *Cut OFF*

En la siguiente tabla se observa como limites de saturación de agua y el volumen de arcilla se ha tomado un valor general aceptado para el área.

<b>Molino-1</b>	<b>CUT OFF</b>
<b>Fm La Luna</b>	
Sw Cut off	<b>0,50</b>
Vsh Cut off	<b>0,30</b>

**Tabla 12.31.** Cut off (Sat. de Agua y V. Shale), pozo Molino-1, Formación La Luna.





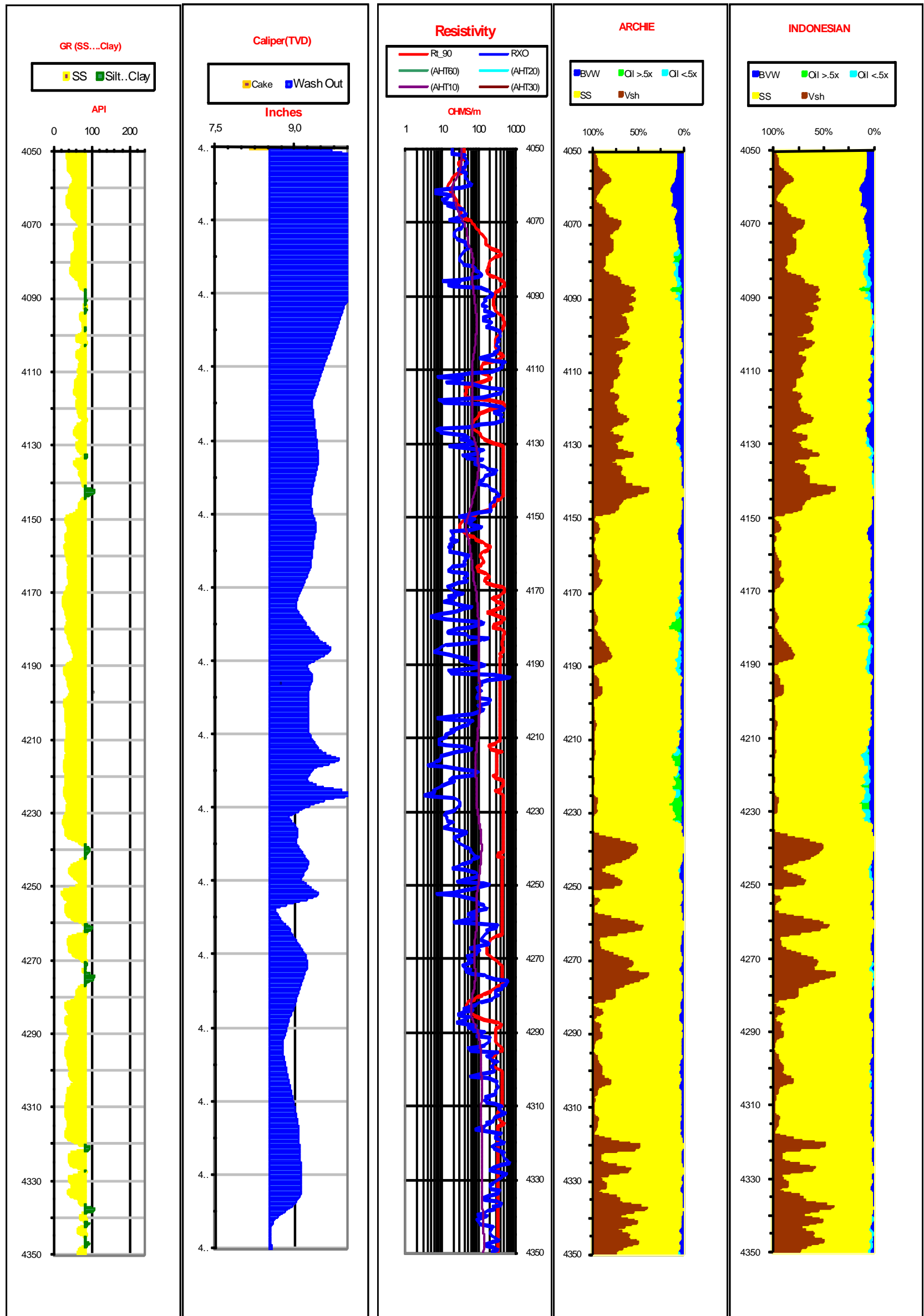


Figura 12.7. Petrofísica (GR, Caliper, Res, Archie, Indonesian), pozo Molino-1, Formación La Luna.

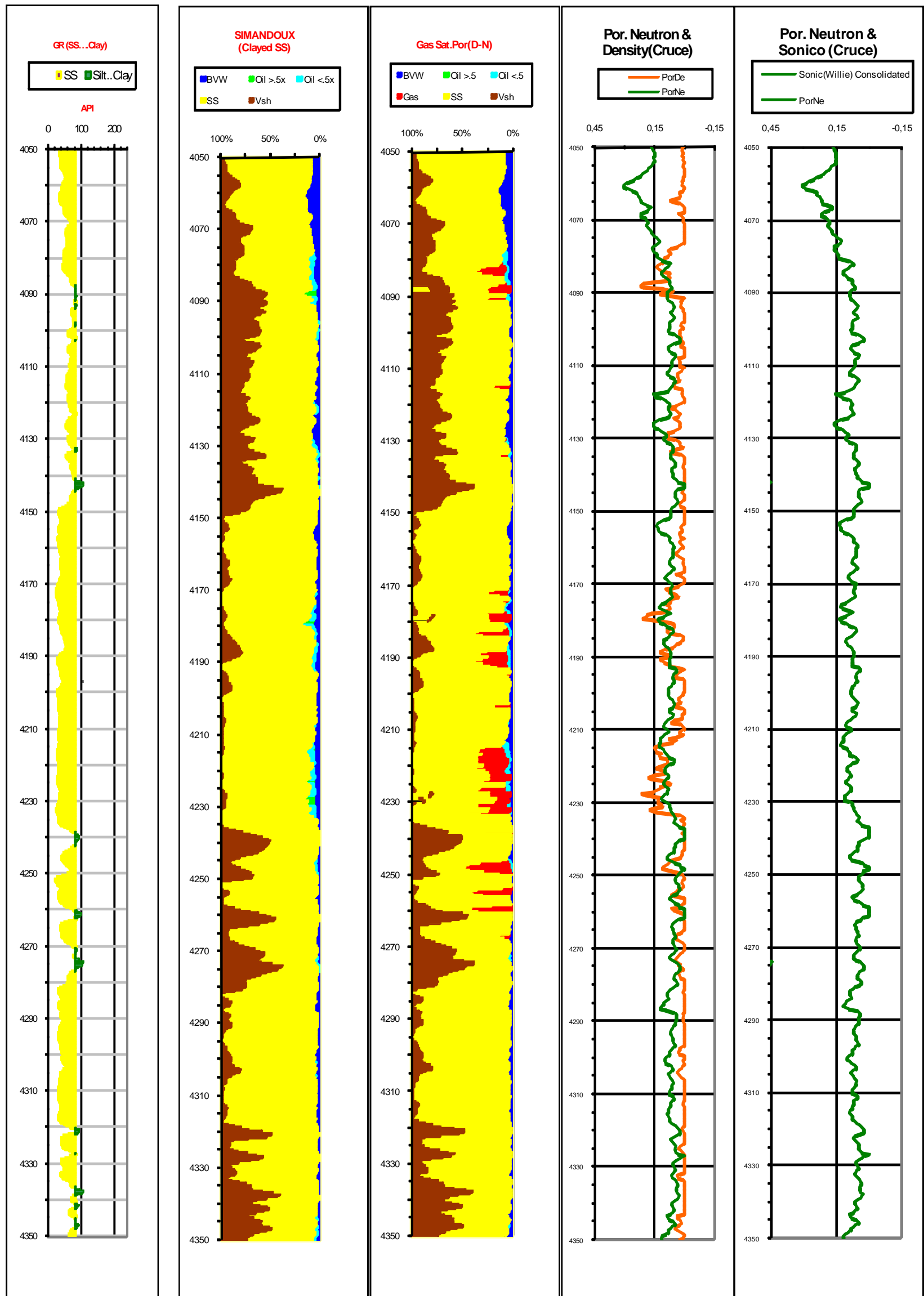


Figura 12.8. Petrofísica (GR, Sw, Porosidades), pozo Molino-1, Formación La Luna.

- o *Intervalo de Interes (4500' – 4800')*

Fm Aguas Blancas	4500	4800
------------------	------	------

Se adjuntan los parámetros base que fueron usados para los cálculos petrofísicos de la formación.

- o *Parámetros base para la unidad*

Molino-1		Parametros Base.		Fm Aguas Blancas		
Dt matrix	Ro matrix	N matrix	Dt Fluido	k (RHG)	Cp	Ro Fluido
47,60	2,71	3,00	189,00	0,67	28,09	1,00
HI	C.Perm.	a	m	n	alfa	km
1,00	80,00	1,00	2,10	2,00	1,00	0,85

**Tabla 12.33.** Parámetros Base, pozo Molino-1, Formación Aguas Blancas.

**Nota:** Los parámetros “a” y “m” se toman con base en la descripción litológica. El parámetro base (Dt matrix) no se usa porque no se trabajo la porosidad sónica.

El parámetro N matrix=3,00 asume que el registro fue corrido en matriz SS y se hacen las correcciones para carbonatos (descripción litológica muestra presencia de carbonatos).

- o *Parámetros base del shale*

En la siguiente Tabla se adjuntan los parámetros de referencia del shale que fueron usados para los cálculos petrofísicos de la formación.

Molino-1			Fm Aguas Blancas	
Parametros base para el Shale a:				
Depth Sh	GR (Max)	GR Shale	SP Base	
4755	4757	155	155	-15,8
Res Sh.	Rxo Sh.	Dt Shale	Ro Shale	PorN Sh.
309,38	383,46	308,81	2,65	0,07

**Tabla 12.34.** Parámetros Shale de referencia. Pozo Molino-1, Formación Aguas Blancas.

**Nota:** El parámetro Dt Shale no se tiene en cuenta ya que no se usa la porosidad sónica.

o *Volumen de shale*

Se tomaron como referencia todos los cálculos hechos en la definición de parámetros para el volumen de shale y se tomaron para los cálculos definitivos la formulación de:

<b>Molino-1</b>	<b>Fm Aguas Blancas</b>
<b>Vsh Usado :</b>	<b>Vsh_Lineal</b>

o *Resistividad del agua (Rw)*

Para los cálculos de la saturación de agua (Sw) se hicieron los cálculos iniciales descritos en la tabla siguiente:

Metodo	Profundidad		Ohms
S. P.	4740	4750	0,39
Ratio	4740	4750	0,81
Sh Properties Method	4363	4365	1,19

**Tabla 12.35.** Cálculos de Rw, pozo Molino-1, Formación Aguas Blancas.

Se ha usado para el cálculo definitivo de saturación de agua (Sw) el método de:

<b>Rw Dado</b>	<b>1,93</b>	<b>ohms</b>	<b>75</b>	<b>T °F</b>
----------------	-------------	-------------	-----------	-------------

o *Cut OFF*

En la siguiente tabla se observa como limites de saturación de agua y el volumen de arcilla se ha tomado un valor general aceptado para el área.

<b>Molino-1</b>	<b>CUT OFF</b>
<b>Fm Aguas Blancas</b>	
Sw Cut off	<b>0,50</b>
Vsh Cut off	<b>0,30</b>

**Tabla 12.36.** Cut off (Sat. de Agua y V. Shale), pozo Molino-1, Formación Aguas Blancas.



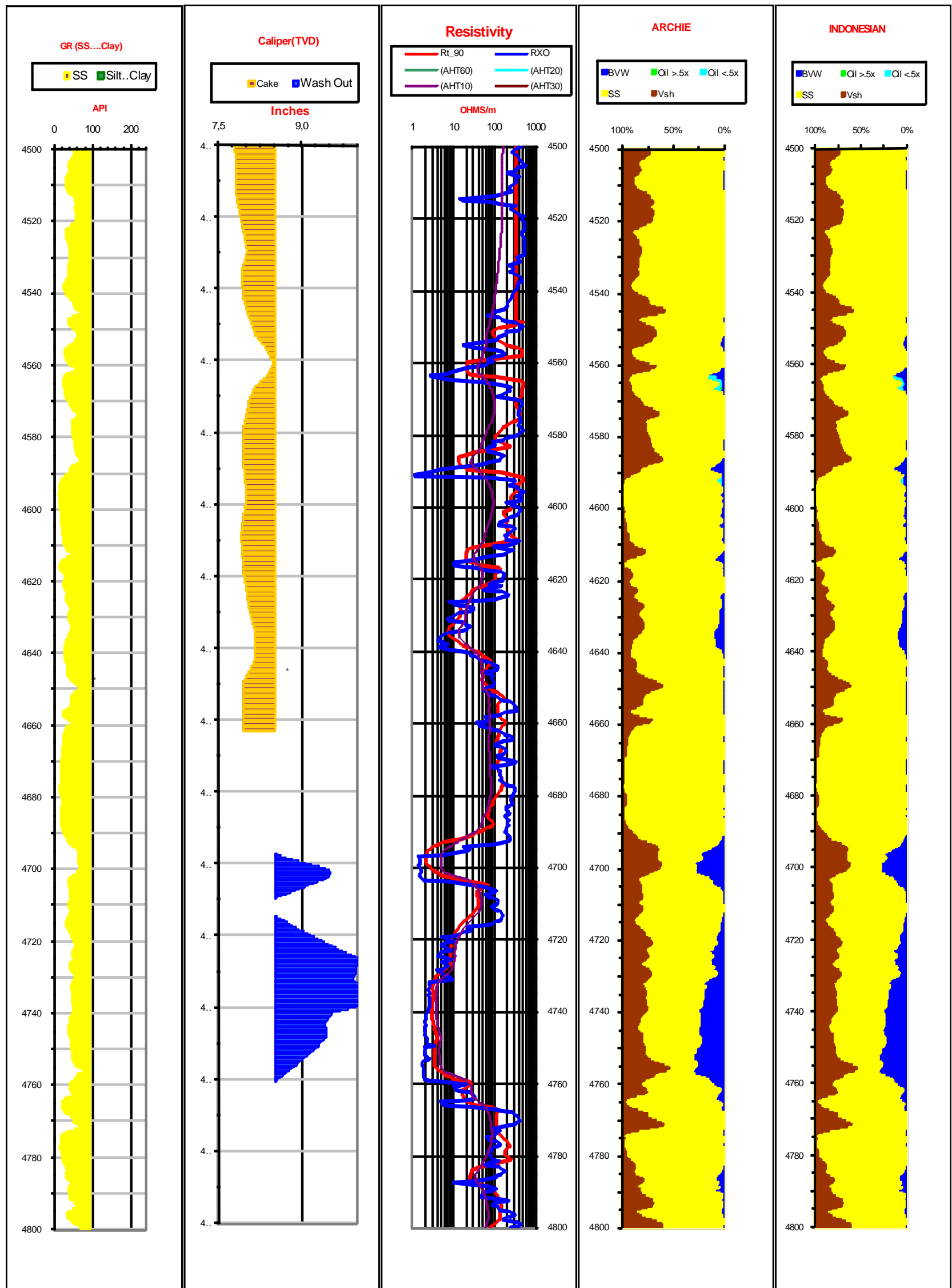


Figura 12.9. Petrofísica (GR, Caliper, Res, Archie, Indonesian), pozo Molino-1, Formación Aguas Blancas.

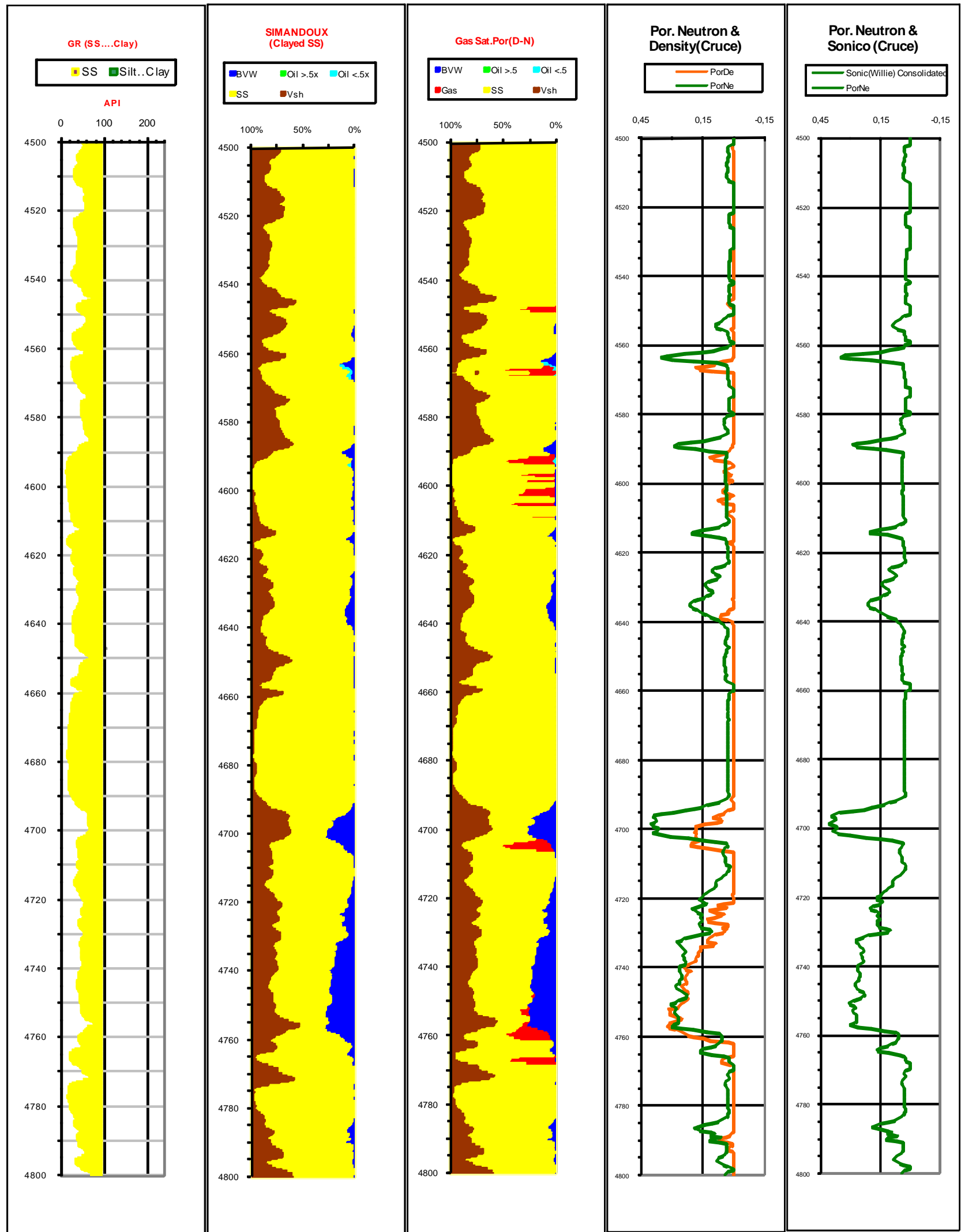


Figura 12.10. Petrofísica (GR, Sw, Porosidades), pozo Molino-1, Formación Aguas Blancas.

- Intervalo de Interés (5100' – 5400')

Fm Lagunitas	5100	5400
--------------	------	------

Se adjuntan los parámetros base que fueron usados para los cálculos petrofísicos de la formación.

- Parámetros base

Molino-1		Parametros Base.		Fm Lagunitas		
Dt matrix	Ro matrix	N matrix	Dt Fluido	k (RHG)	Cp	Ro Fluido
47,60	2,71	3,00	189,00	0,67	47,90	1,00
HI	C.Perm.	a	m	n	alfa	km
1,00	80,00	1,00	2,10	2,00	1,00	0,85

**Tabla 12.38.** Parámetros Base, pozo Molino-1, Formación Lagunitas.

**Nota:** Los parámetros “a” y “m” se toman con base en la descripción litológica. El parámetro base (Dt matrix) no se usa porque no se trabajo la porosidad sónica.

El parámetro N matrix=3,00 asume que el registro fue corrido en matriz SS y se hacen las correcciones para carbonatos (descripción litológica muestra presencia de carbonatos).

- Parámetros base del shale

En la Tabla siguiente se adjuntan los parámetros de referencia del shale que fueron usados para los cálculos petrofísicos de la formación.

Molino-1			Fm Lagunitas	
Parametros base para el Shale a:			GR Shale	SP Base
Depth Sh		GR (Max)		
5219	5221	155	155	-15,8
Res Sh.	Rxo Sh.	Dt Shale	Ro Shale	PorN Sh.
309,38	383,46	308,81	2,65	0,07

**Tabla 12.39.** Parámetros Shale de referencia, pozo Molino-1, Formación Lagunitas.

**Nota:** El parámetro Dt Shale no se tiene en cuenta ya que no se usa la porosidad sónica.



o *Volumen de shale*

Se tomaron como referencia todos los cálculos hechos en la definición de parámetros para el volumen de shale y se tomaron para los cálculos definitivos la formulación de:

<b>Molino-1</b>	<b>Fm Lagunitas</b>
<b>Vsh Usado :</b>	<b>Vsh_Lineal</b>

o *Resistividad del agua (Rw)*

Para los cálculos de la saturación de agua (Sw) se hicieron los cálculos iniciales descritos en la **tabla 12.40**.

Metodo	Profundidad		Ohms
S. P.	5280	5295	0,17
Ratio	5280	5295	0,94
Sh Properties Method	4363	4365	1,19

**Tabla 12.40.** Cálculos de Rw, pozo Molino-1, Formación Lagunitas.

Se ha usado para el cálculo definitivo de saturación de agua (Sw) el método de:

<b>Rw Dado</b>	<b>1,93</b>	<b>ohms</b>	<b>75</b>	<b>T °F</b>
----------------	-------------	-------------	-----------	-------------

o *Cut OFF*

En la tabla siguiente se observa como limites de saturación de agua y el volumen de arcilla se ha tomado un valor general aceptado para el área.

<b>Molino-1</b>	<b>CUT OFF</b>
<b>Fm Lagunitas</b>	
Sw Cut off	<b>0,50</b>
Vsh Cut off	<b>0,30</b>

**Tabla 12.41.** Cut off (Sat. de Agua y Volumen de Shale), pozo Molino-1, Formación Lagunitas.



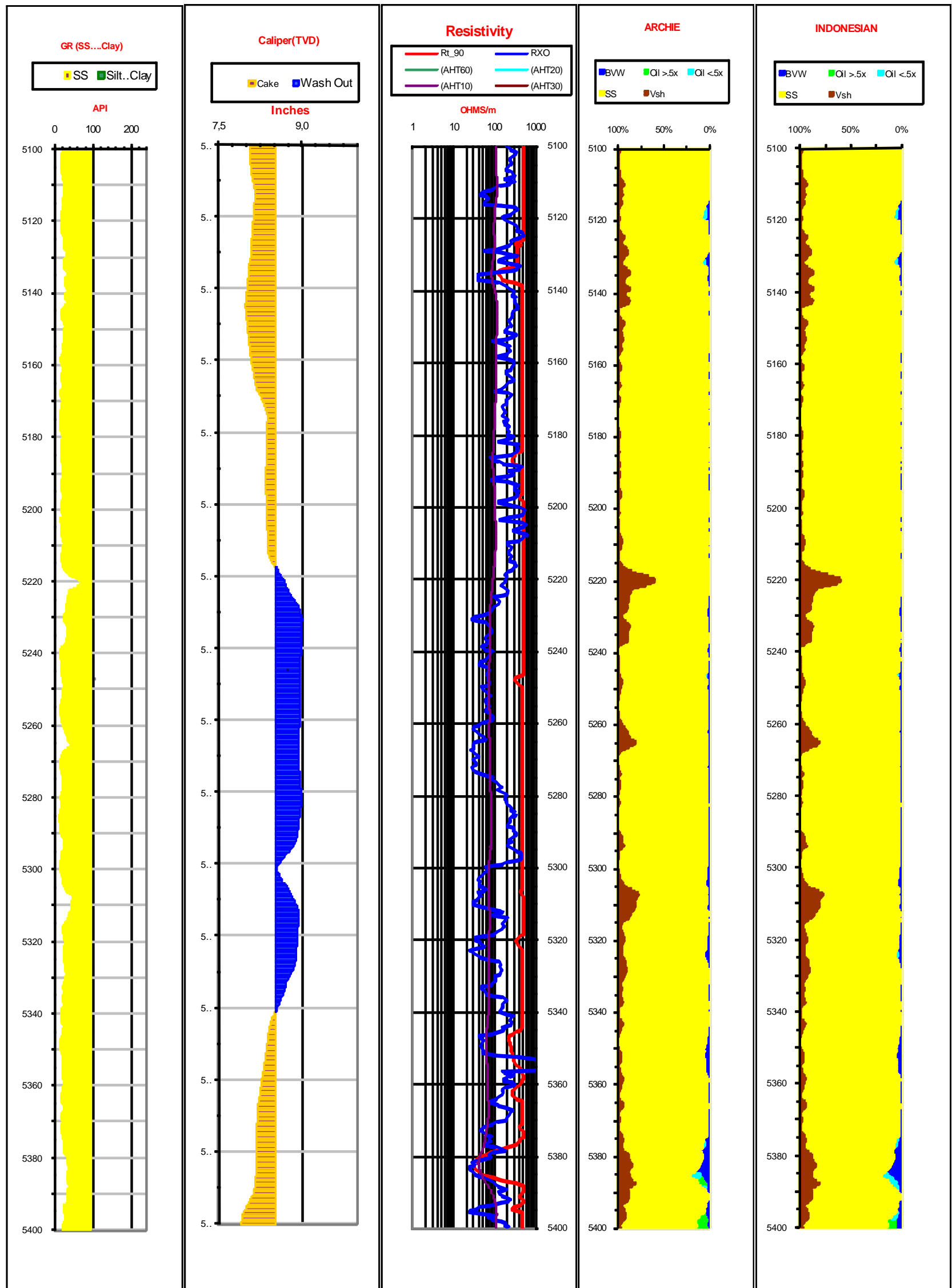


Figura 12.11. Petrofísica (GR, Caliper, Res, Archie, Indonesian), pozo Molino-1, Formación Lagunitas.

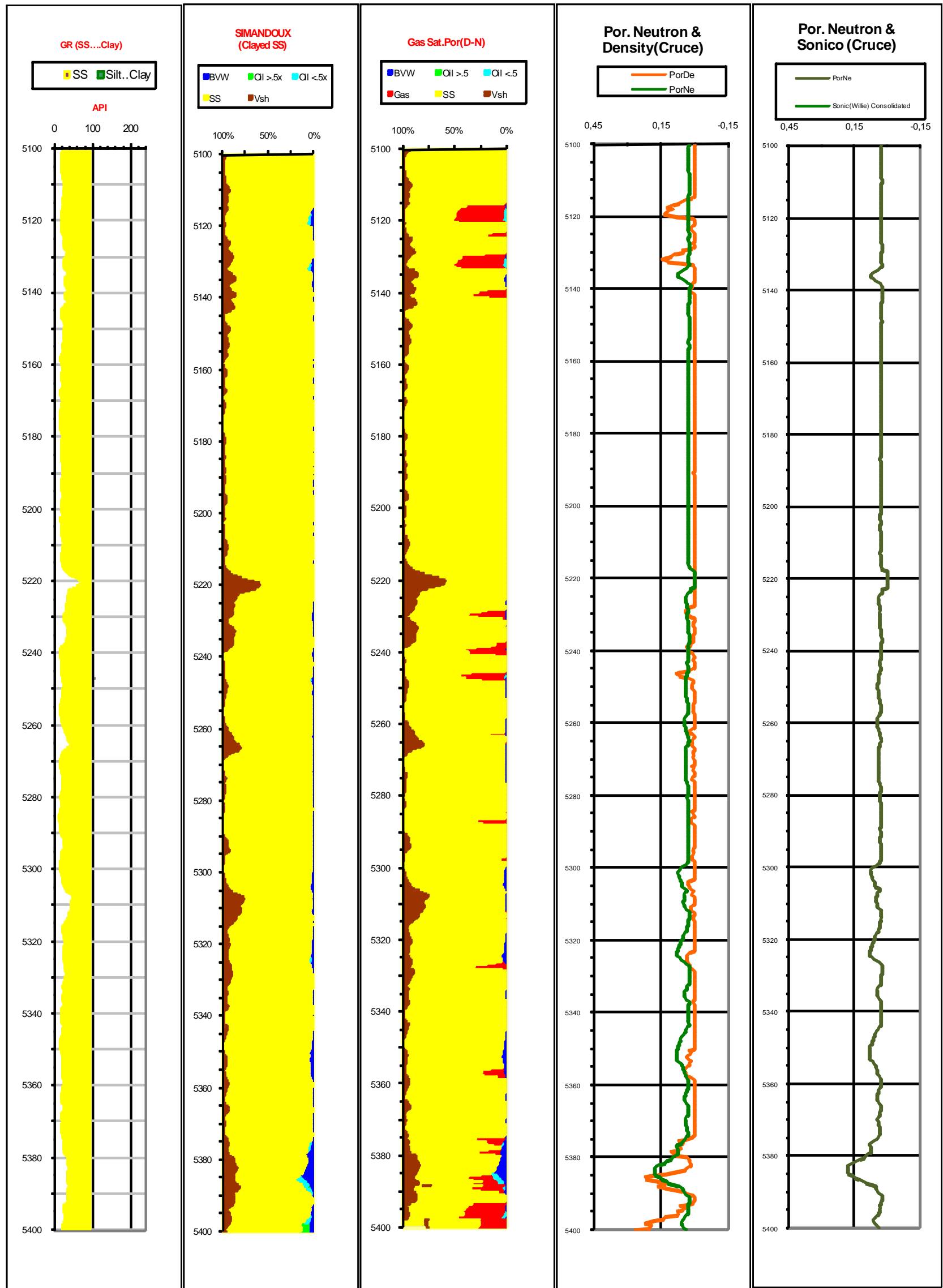


Figura 12.12. Petrofísica (GR, Sw, Porosidades), pozo Molino-1, Formación Lagunitas.



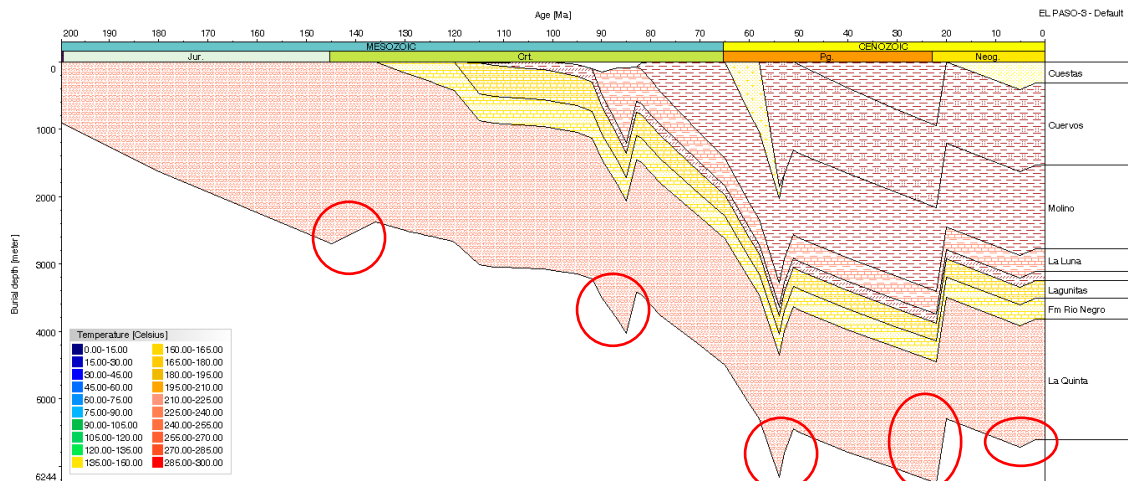
### 13 MODELAMIENTO GEOQUÍMICO

#### 13.1. Historia de subsidencia

La historia de subsidencia ilustra de manera gráfica los eventos tectónicos y deposicionales a los cuales ha estado sometida la cuenca (Ver **figura 13.1**).

En la Subcuenca Cesar hay cuatro discordancias que corresponden a topes de las formaciones La Quinta, La Luna, Cuervos y Cuestas.

La **figura 13.1** ilustra el diagrama de soterramiento para el pozo El Paso-3.



**Figura 13.1.** Diagrama de soterramiento para el pozo El Paso-3, los círculos en rojo muestran los eventos erosivos de la subcuenca Cesar.

Para el diagrama de soterramiento se establecieron cinco eventos erosivos asociados a levantamientos:

<b>Eventos erosivos</b>	
<b>Formación</b>	<b>Edad de levantamiento</b>
Cuestas	5-1,8
Eoceno-Oligoceno	22-20
Barco-Cuervos	58-51
La Luna	85-83
La Quinta	145-136

**Tabla 13.1.** Eventos erosivos para la Subcuenca Cesar

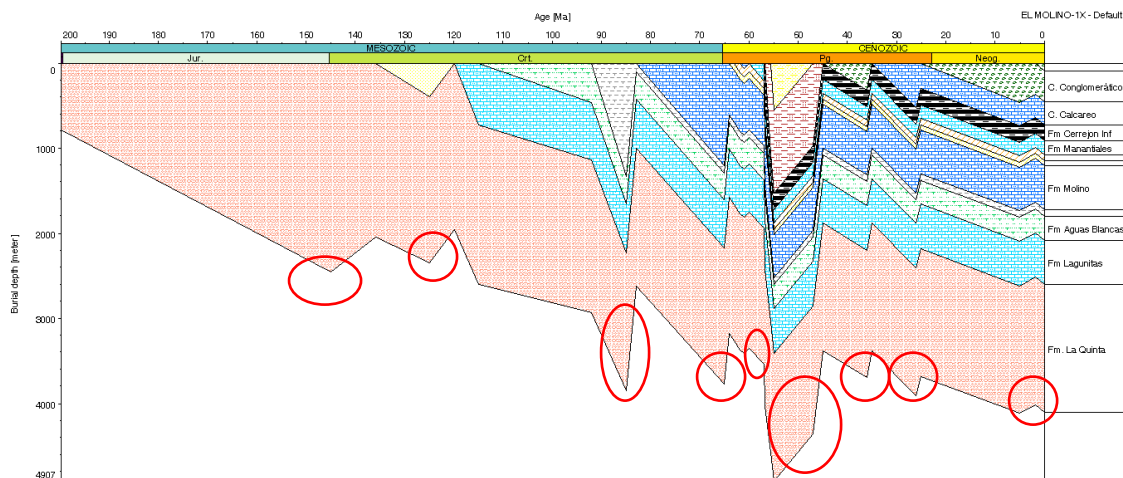
En la Subcuenca Ranchería se identificaron siete discordancias que corresponden a topes de las formaciones La Quinta, La Luna, Molino, Cerrejón, Tabaco, Conjunto Calcáreo y Conjunto Conglomerático.

Para el diagrama de soterramiento se establecieron nueve eventos erosivos asociados a levantamientos:

<b>Eventos erosivos</b>	
<b>Formación</b>	<b>Edad de levantamiento</b>
C. Conglomerático	5-1.8
C. Calcáreo	26-25
Tabaco	36-35
Cerrejón	45-55
Hato nuevo	61-60
Molino	65-64
La Luna	85-83
Rionegro	125-120
La Quinta	145-136

**Tabla 13.2.** Eventos erosivos para la Subcuenca Ranchería

La **Figura 13.2.** corresponde al diagrama de soterramiento del pozo El Molino-1X



**Figura 13.2.** Diagrama de soterramiento para el pozo Molino-1X, los círculos en rojo muestran los eventos erosivos de la Subcuenca Ranchería.

### 13.2. Historia Termal de la Cuenca

La determinación del flujo de calor en la historia de la cuenca se basó en el modelo de Mckenzie (1980) el cual se aplica a cuencas tipo *rift*, lo anterior fundamentado en la historia tectónica de la cuenca, la cual se inicia en el Jurásico con la depositación de capas rojas durante un evento de distensión o tafrogénesis, el cual se continúa por una subsidencia termal durante el Cretáceo culminando en el Maestrichtiano. Posteriormente en el paleoceno las

fallas normales se invierten a fallas de cabalgamiento presentándose un estilo de compresión el cual presenta flujos de calor inferiores a los de los eventos tectónicos anteriores.

La variación del flujo de calor en la Subcuenca Cesar se inicia con un valor de 70 mW/m<sup>2</sup> el cual se incrementa a 100 mW/m<sup>2</sup> durante el Albiano y posteriormente disminuye a 60 mW/m<sup>2</sup> en el Maestrichtiano para luego disminuir aún más en el Terciario y Cuaternario (ver **figura 13.4**).

La intensa actividad tectónica posterior a la depositación, está expresada por la presencia de la discordancia del Eoceno (53Ma), que removió los sedimentos clásticos del Eoceno Inferior y continuó hasta el Mioceno Inferior. Esta erosión se correlaciona con un levantamiento tectónico de la cuenca que se traduce en un enfriamiento progresivo de la misma.

El flujo de calor actual se calculó por medio de la ecuación de Fourier a partir de las temperaturas de fondo (BHT) tomadas de los pozos (**figura 13.3 y 13.5**), las conductividades térmicas de las unidades, temperaturas superficiales y espesores. La ecuación de Fourier se describe a continuación:

$$T_z \equiv T_0 + q \sum \frac{x}{\lambda}$$

En donde:

$T_z$  es la temperatura del horizonte a calcular

$T_0$  es la temperatura superficial, la cual se estimó en 24.4 °C.

Q es el flujo de calor el cual se calculó en base a datos de temperaturas de fondo de los pozos perforados en cada una de las subcuencas.

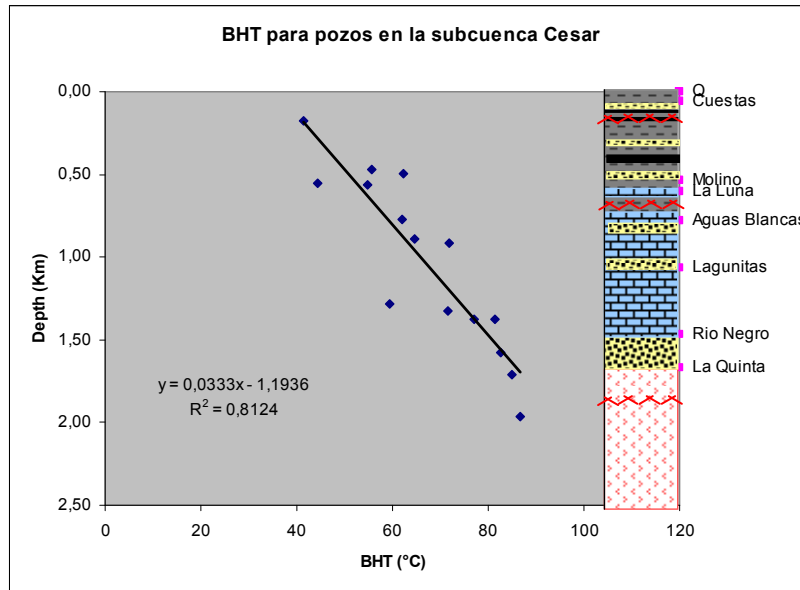
X corresponde al espesor para cada formación.

$\lambda$  Es la conductividad termica para cada litología la cual es posible obtener a partir de la ecuación de Brigaud y otros (1990):  $\lambda_{roca} = (\lambda_{matriz})^{1-\phi} + (\lambda_{fluido})^{\phi}$

Donde  $\lambda_{matriz}$  corresponde a la conductividad que presenta cada formación dependiendo de la litología encontrada en ella,  $\lambda_{fluido}$  es la conductividad del agua equivalente a 0.56  $\approx$  0.6 W/m/k; y  $\phi$  es la porosidad calculada durante la decompactación.

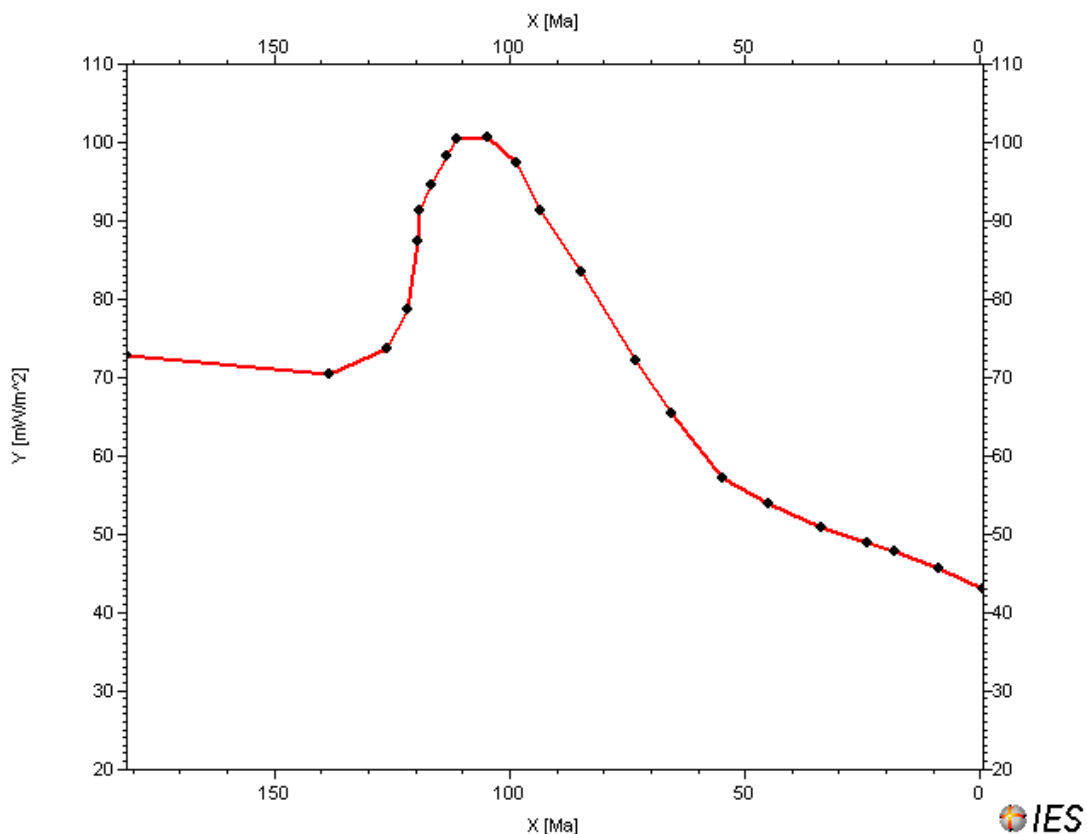
El flujo de calor actual para la Subcuenca Cesar se calculó en 50.5 mW/m<sup>2</sup>,





**Figura 13.3.** Gradiente geotérmico calculado a partir de los datos de BHT tomados de pozos en la Subcuenca Cesar.

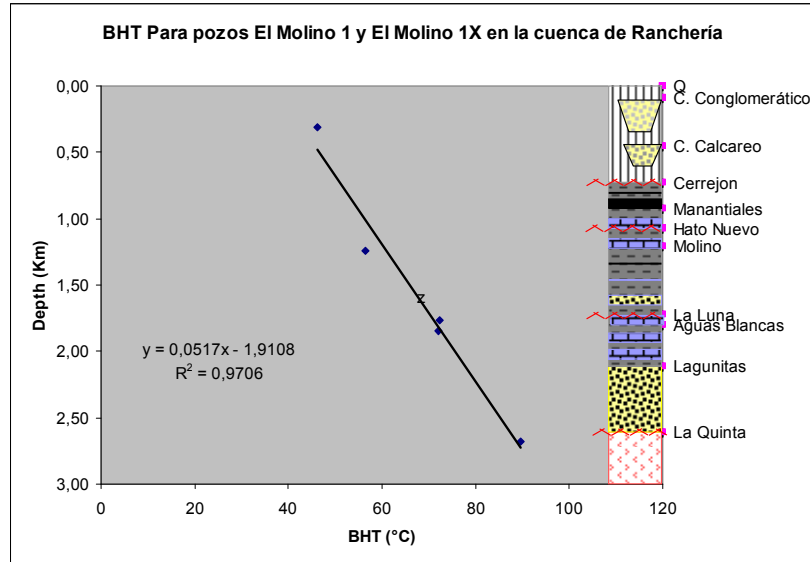
En general la variación del flujo de calor en el tiempo para la subcuenca es:



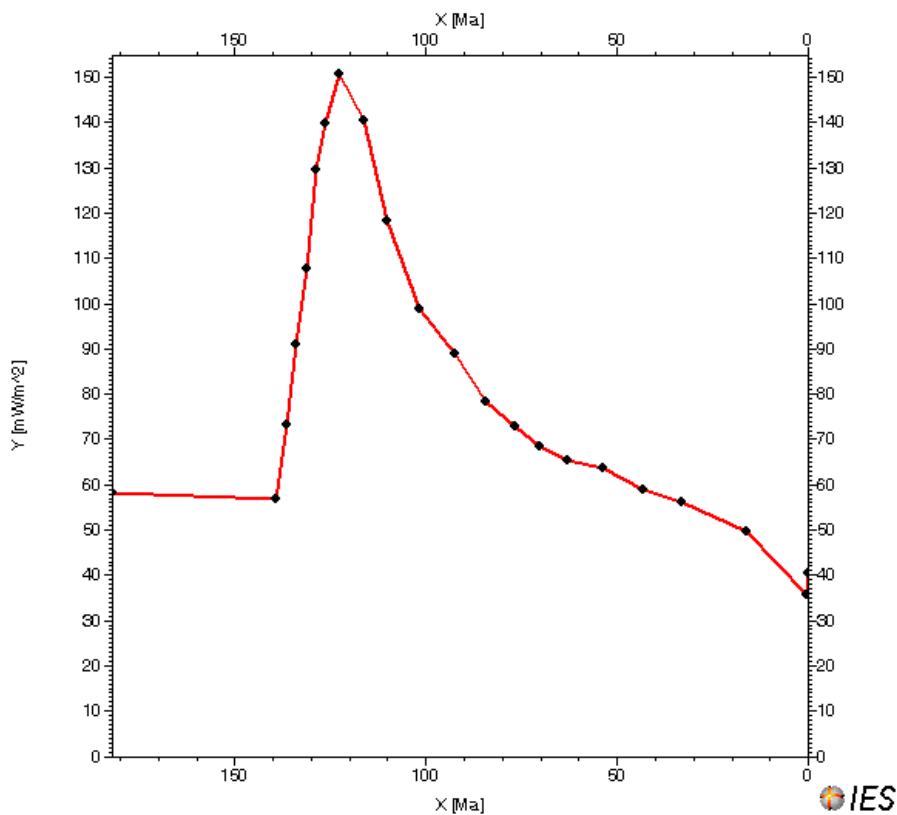
**Figura 13.4.** Variación del flujo de calor con respecto al tiempo en la Subcuenca Cesar.

La historia del flujo termal en la Subcuenca Ranchería es muy similar a la anterior y se ilustra en la **figura 13.6**

El flujo de calor actual en la Subcuenca Ranchería calculado a partir de la ecuación de Fourier es de 37.6 mW/m<sup>2</sup>,



**Figura 13.5.** Gradiente geotérmico calculado a partir de los datos de BHT tomados de pozos en la Subcuenca Ranchería.



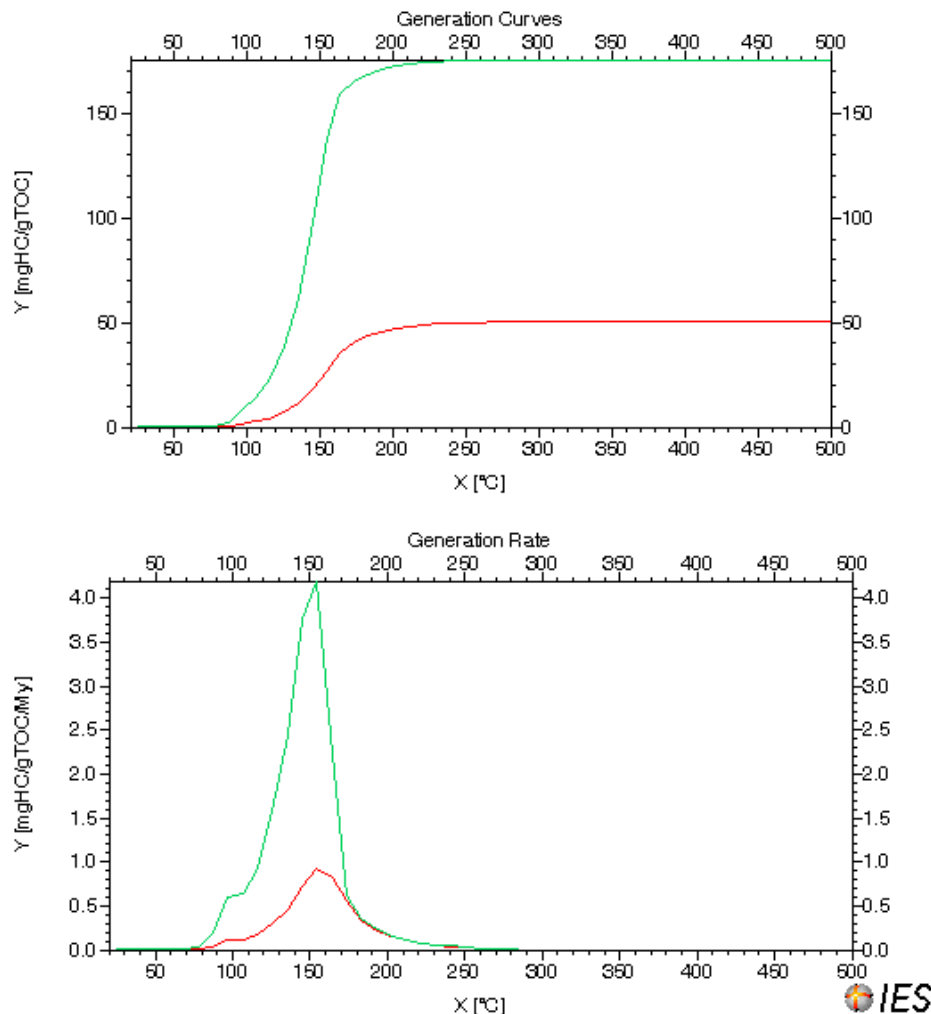
**Figura 13.6.** Variación del flujo de calor con respecto al tiempo en la Subcuenca Ranchería.

### 13.3. Método Cinético

El método cinético expresado como la Razón de Transformación (TR) según definición de Tissot y Welte, (1984), cuantifica la cantidad de hidrocarburos generados por rocas fuente durante las reacciones químicas de transformación de kerógeno en petróleo y gas. Este cálculo se lleva a cabo empleando un modelo cinético de la degradación térmica del kerógeno con incrementos de la temperatura a lo largo del tiempo.

Los modelos cinéticos usados fueron calculados con el software PetroMod 10 - 2D (IES; INTEGRATED EXPLORATION SYSTEMS) el cual tiene en cuenta las cinéticas de generación de petróleo y gas (**figuras 13.7, 13.8 y 13.9**). A continuación se ilustran las cinéticas usadas en cada una de las formaciones para las dos subcuencas:

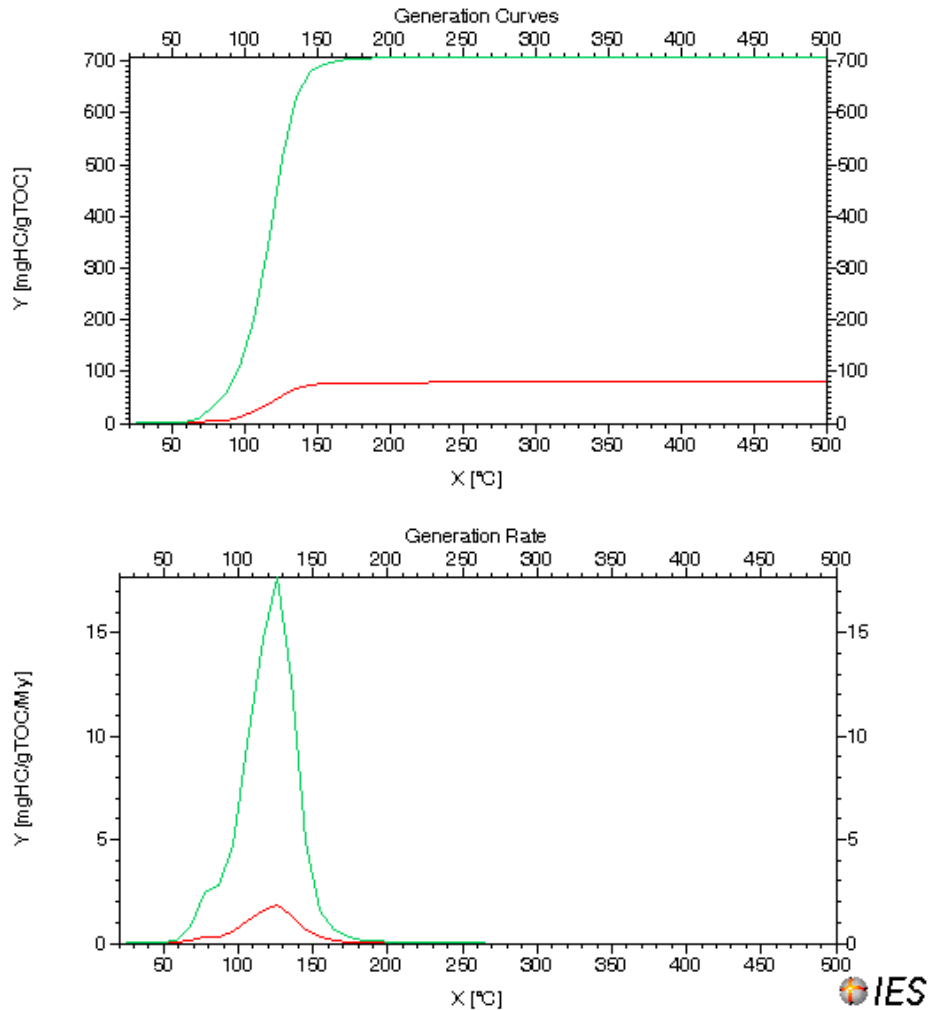
Formación Cuervos y Cerrejón:



**Figura 13.7.** Modelo cinético usado para la Formación Cuervos (Subcuenca Cesar) y Cerrejón. (Subcuenca Ranchería) A. Curva de generación de hidrocarburos. B. Rata de generación de hidrocarburos. Cinética empleada IES-Tertiary-coal-BH393-2C.

Para la Formación Cuervos (Subcuenca Cesar) y Formación Cerrejón (Subcuenca Ranchería) se tomaron valores de TOC de 60% e índice de hidrogeno (HI) de 300 mg HC/g TOC

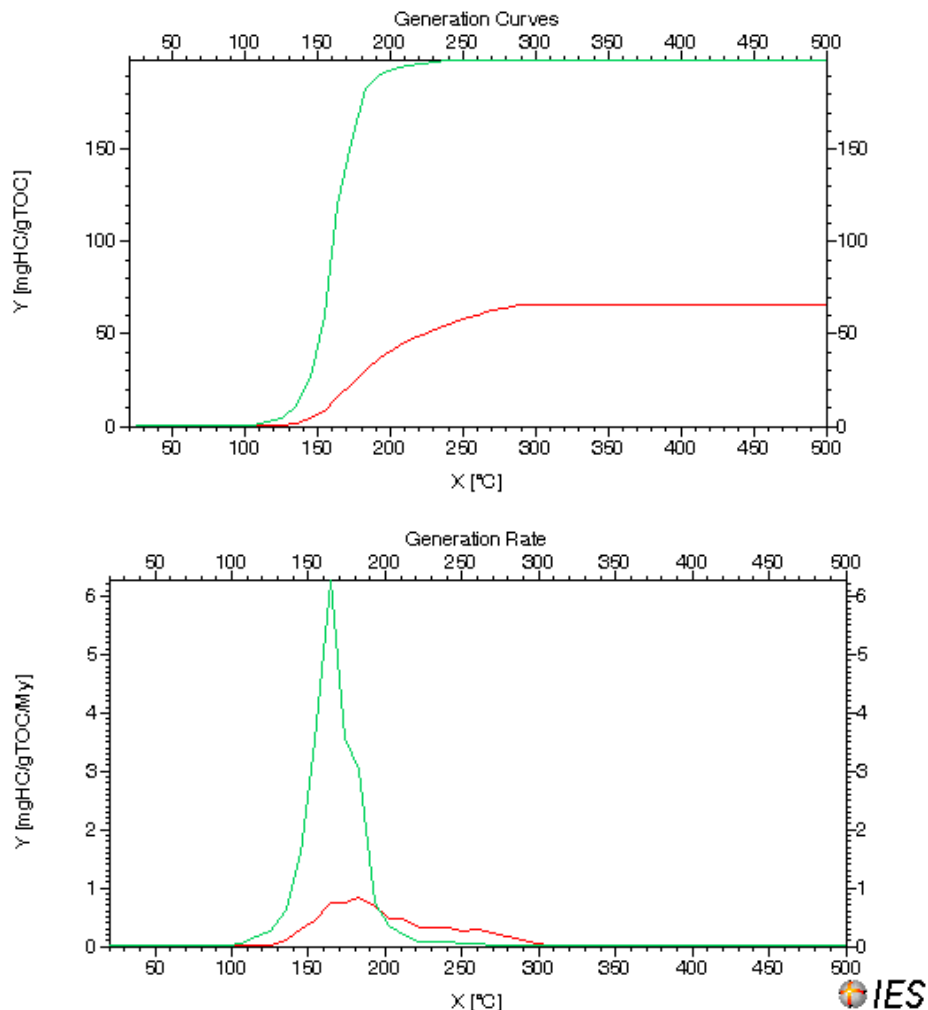
Formación La Luna:



**Figura 13.8.** Modelo cinético usado para la Formación La Luna. A. Curva de generación de hidrocarburos. B. Rata de generación de hidrocarburos. Cinética empleada IES-Brown-Limestone-BH429-S-2C

Para la Formación La Luna se tomaron valores de TOC de 10% e índice de hidrogeno (HI) de 800 mg HC/g TOC

Grupo Cogollo:



**Figura 13.9.** Modelo cinético usado para el Grupo Cogollo. A. Curva de generación de hidrocarburos. B. Rata de generación de hidrocarburos. Cinética empleada Ungerer (1990)-T3-(Are)

Para el Grupo Cogollo se tomaron valores de TOC de 6% e índice de hidrogeno (HI) de 600 mg HC/g TOC

### 13.4. Resultados

Los resultados del modelamiento 2D se presentan en las **figuras 13.10, 13.11, 13.12 y 13.13** las cuales fueron derivadas a partir de perfiles sísmicos convertidos a profundidad. Esta información junto con los datos de contenido de materia orgánica, cinéticas de generación, paleotemperaturas y presiones permitieron delinear las diferentes zonas de madurez termal como también las rutas de migración de hidrocarburos.

Las **figuras 13.10 y 13.11** ilustran un perfil de la Subcuenca Cesar en donde se muestran las ventanas de generación de gas y petróleo, los resultados indican que de acuerdo a la posición estructural la Formación La Luna se puede encontrar en ventana de gas o en ventana de petróleo, ver **figura 13.10**, así mismo la Formación Cuervos se encuentra en la zona inmadura y localmente en la zona de generación de petróleo, ver **figura 13.10**.

Igualmente los resultados indican que se presentan acumulaciones de petróleo en la Formación Molino en las trampas más someras y acumulaciones de gas en las trampas profundas de la Formación La Luna, ver **figura 13.11**.

Subcuenca Cesar:

LINEA CR-88-1200

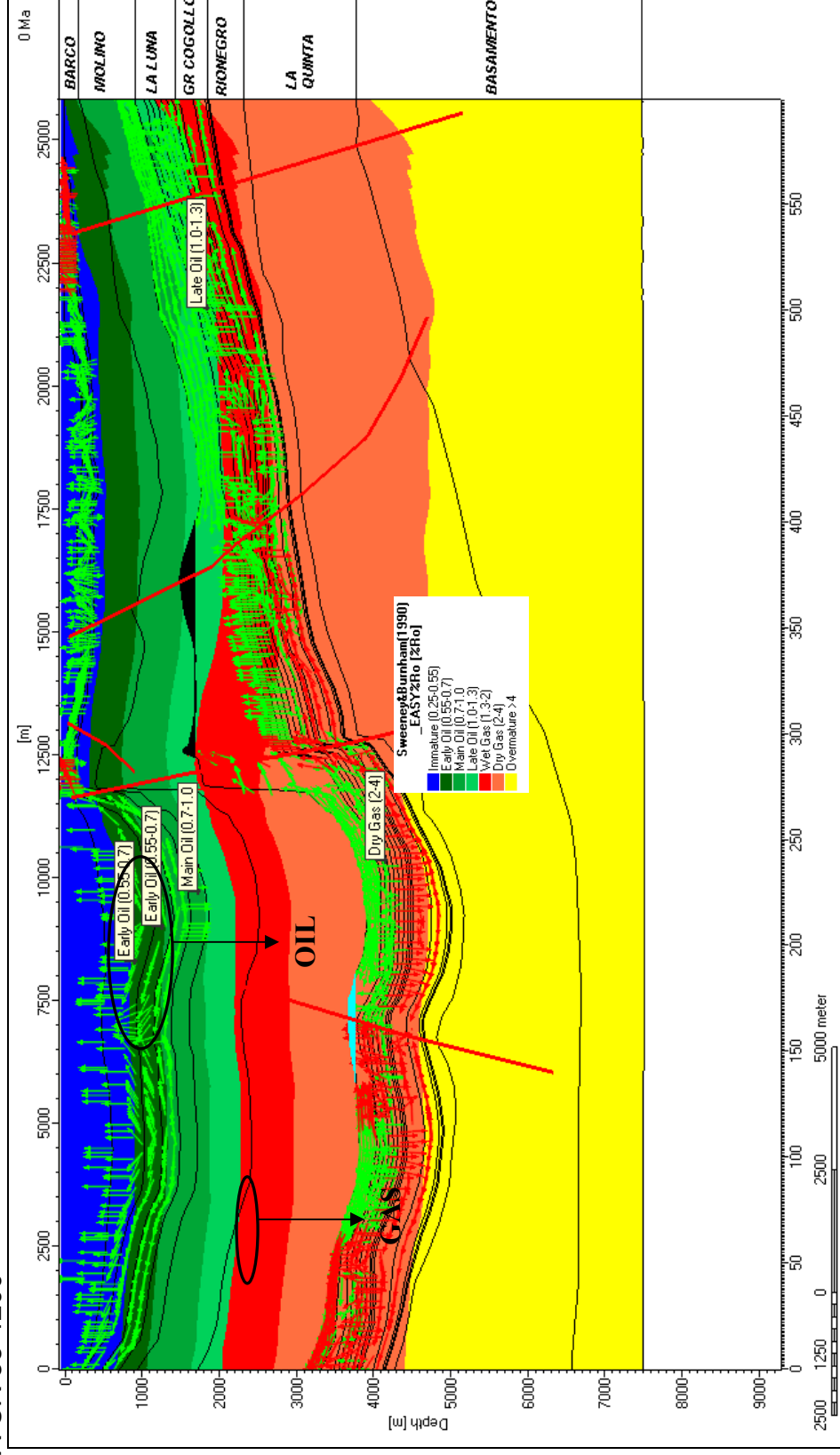
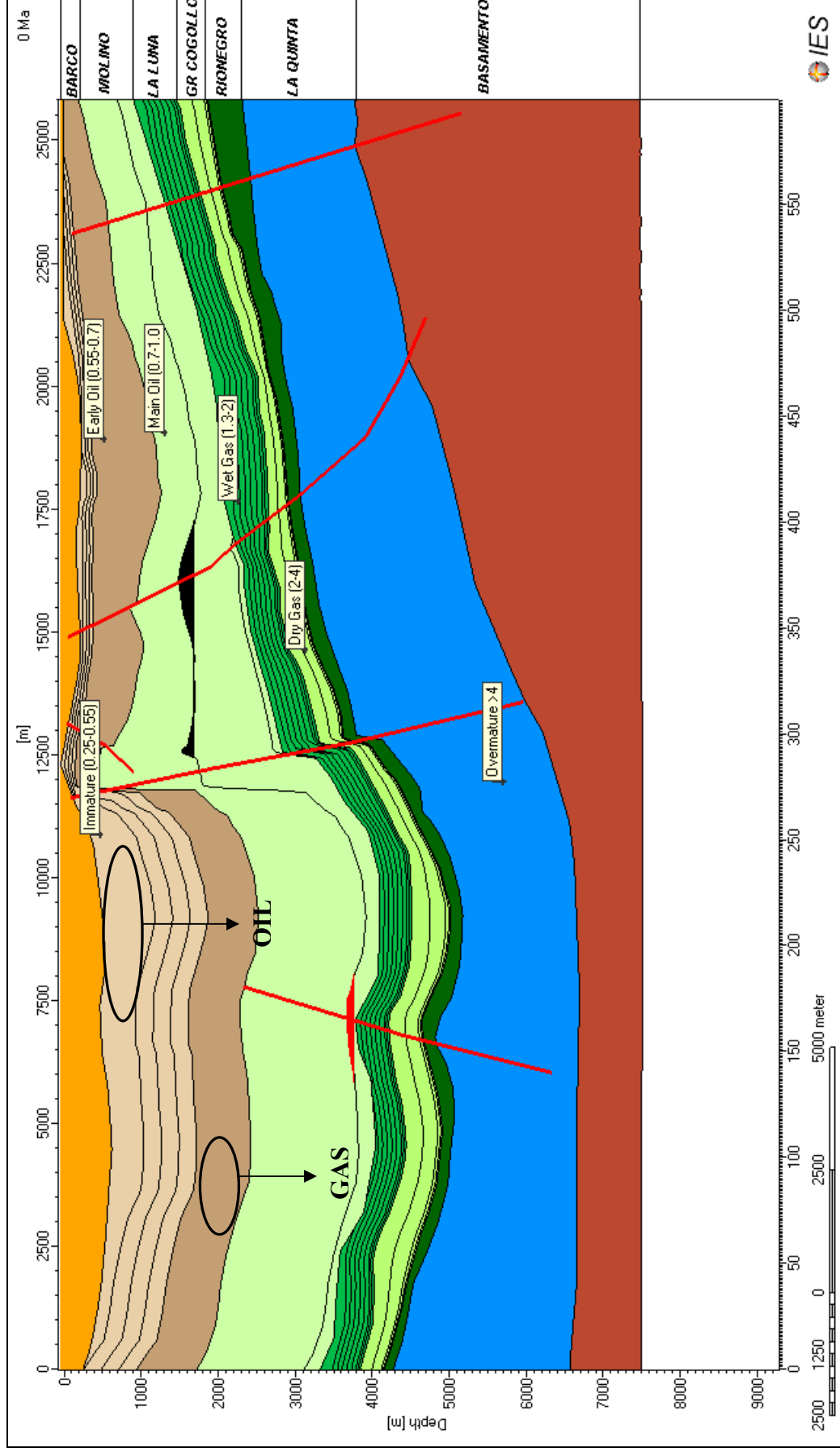


Figura 13.10. Modelamiento geoquímico 2D para la línea CR-88-1200, se ilustra las rutas de migración y acumulación de hidrocarburos.



**Figura 13.11.** Modelamiento geoquímico 2D para la línea CR-88-1200, se ilustra las principales acumulaciones de hidrocarburos.



Las figuras **13.12** y **13.13** ilustran un perfil de la Subcuenca Ranchería en donde se muestran las ventanas de generación de gas y petróleo, los resultados indican que de acuerdo a la posición estructural la Formación La Luna se puede encontrar en ventana de gas localmente en las trampas más profundas o en ventana de petróleo, ver **figura 13.12**, así mismo la Formación Cerrejón se encuentra en la zona inmadura, ver **figura 13.12**.

Igualmente los resultados indican que se presentan acumulaciones de petróleo en la Formación Molino en las trampas más someras, en este modelo no se tienen acumulaciones de gas en la Formación Cerrejón, pero no se descarta la existencia de gas en esta formación, ver **figura 13.13**.

Subcuenca Ranchería:

LINEA CV-89-1100

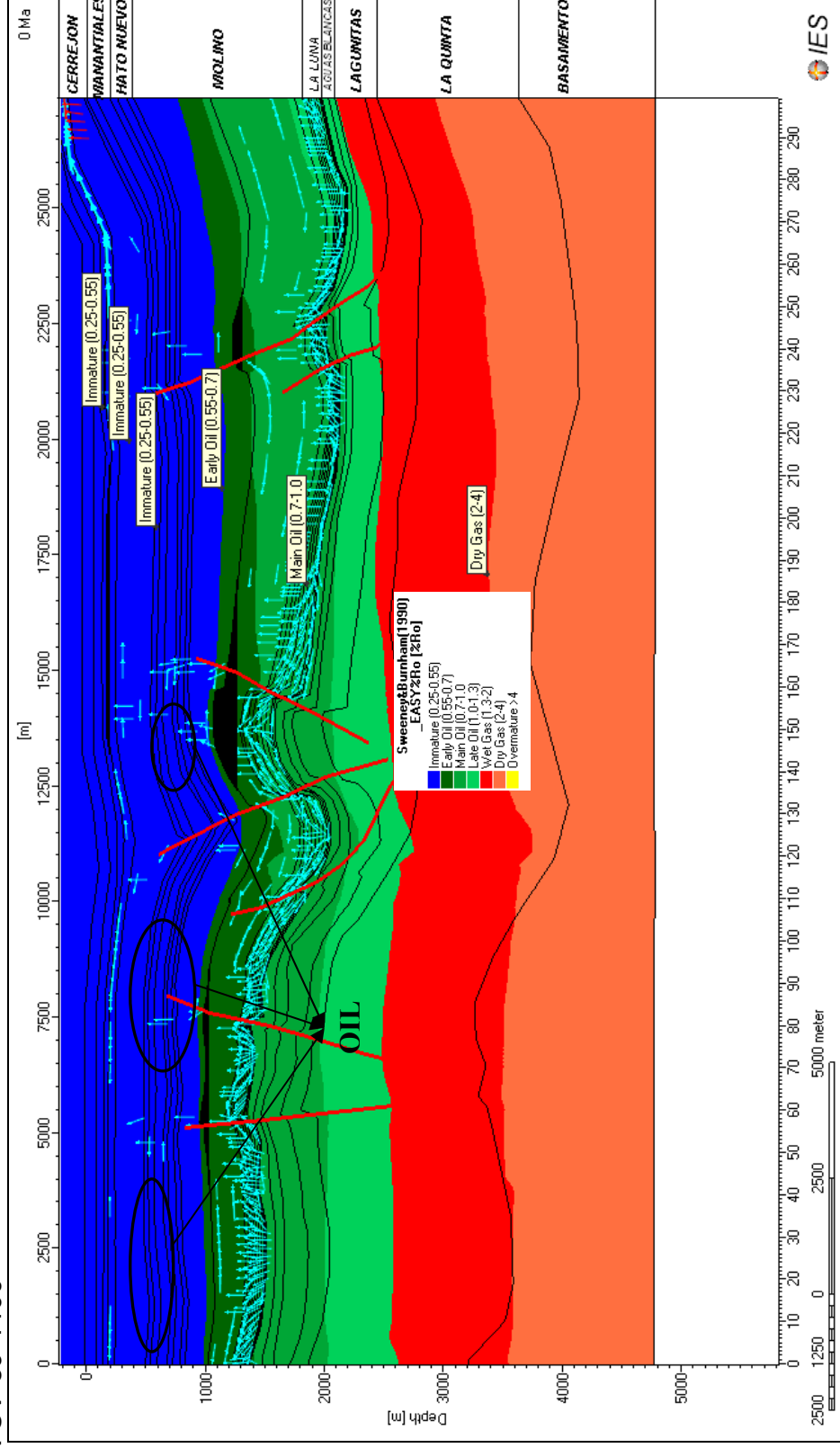


Figura 13.12. Modelamiento geoquímico 2D para la línea CR-89-1100, se ilustra las rutas de migración y acumulación de hidrocarburos.

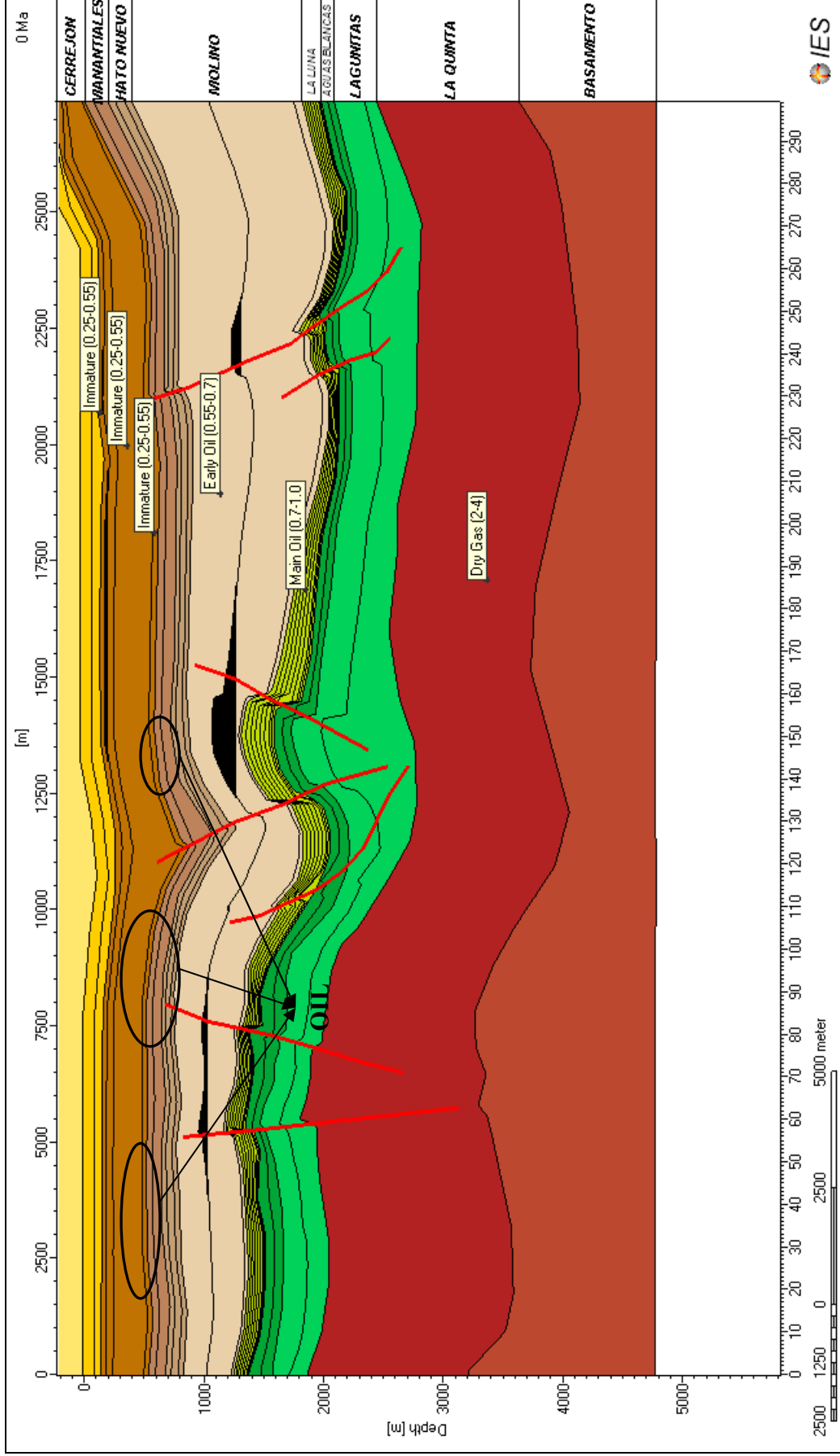


Figura 13.13. Modelamiento geoquímico 2D para la línea CR-89-1100, se ilustra las principales acumulaciones de hidrocarburos.

Los resultados del modelamiento geoquímico permitieron establecer que en la Subcuenca Cesar las formaciones Barco-Cuervos, Molino y La Luna se encuentran en la ventana de generación de hidrocarburos líquidos; localmente la Formación La Luna se encuentra en la ventana de generación de gas húmedo y seco dependiendo de la profundidad del yacimiento. Por otra parte el Grupo Cogollo y la Formación Río Negro se encuentran en la ventana de generación de gas seco y húmedo.

Los yacimientos no convencionales de gas metano (GAC gas asociado a mantos de carbón) de la Formación Barco-Cuervos se encuentran en la ventana de generación de gas termogénico con valores de  $R_o$  entre 0.5 y 0.7%.

En la Subcuenca Ranchería se estableció de acuerdo al modelamiento geoquímico que las formaciones Aguasblancas, La Luna y Molino se encuentran en la ventana de generación de hidrocarburos líquidos, localmente la parte superior de la Formación Molino se encuentra inmadura termalmente.

Los valores de reflectancia de vitrinita calculados para la Formación Cerrejón están entre 0.3 y 0.6% indicando que existe un potencial de generación de gas termogénico y biogénico.

## 14 RESUMEN DE PROSPECTIVIDAD DE LA CUENCA CESAR – RANCHERÍA.

La cuenca Cesar- Ranchería esta localizada en la región Noreste de Colombia y cubre un área de 11,630 Km<sup>2</sup>. Está limitada al Norte por la Falla de Oca, al Este por las fallas de Cerrejón y Perijá, al Suroeste por la falla de Bucaramanga-Santa Marta y al Noroeste por la Sierra Nevada de Santa Marta.

La información gravimétrica recientemente adquirida por la ANH, permite direccionar la exploración petrolera hacia los depocentros de la base del cretáceo, en donde es factible encontrar rocas maduras termalmente y trampas de hidrocarburos.

La información gravimétrica de la cuenca Cesar – Ranchería indica la presencia de tres pequeños depocentros en la subcuenca del Ranchería y dos en la subcuenca del Cesar, donde los depocentros situados al sur presentan las mayores dimensiones. Así mismo la gravimetría muestra que los depocentros de las subcuencas del Cesar y Ranchería están separados por el paleoalto de Valledupar.

Estructuralmente, la cuenca Cesar–Ranchería está afectada por dos estilos estructurales. El primer estilo es de bloques compresivos asociados a esfuerzos E - W y un segundo estilo de fallas de cizalla o transcurrancia dextral.

En el primer estilo se presenta un sistema de fallas paralelas inversas con rumbo NNE – SSW buzando al Este y pliegues de arrastre asociados a estas.

En la subcuenca del Ranchería, se presentan dos fallas regionales inversas, denominadas Falla Cesar–Ranchería y Falla Ranchería, a las cuales se encuentran asociados los principales prospectos del Terciario y del Cretáceo.

El límite Este de la subcuenca del Ranchería lo constituye la falla Cerrejón, a la cual están asociados prospectos de tipo subcabalgamiento, los cuales no fueron evaluados en este estudio.

En la subcuenca del Cesar, se presenta un sistema de cuatro fallas inversas paralelas, denominadas: la primera Falla Cesar–Ranchería, que se extiende desde la subcuenca del Ranchería hasta la subcuenca del Cesar y las otras tres fallas denominadas fallas Cesar 1, Cesar 2 y Cesar 3, las cuales se presentan al Este de la falla principal y tienen una extensión limitada al sector Sur de la subcuenca del Cesar.

Los pliegues de arrastre asociados a las anteriores fallas constituyen los principales prospectos de esta subcuenca.

El segundo estilo estructural consiste en fallamiento de cizalla de tipo dextral, el cual desplaza los bloques generados durante la fase compresiva. Este fenómeno implica que algunas trampas estructurales de hidrocarburos fueran destruidas o creadas.

El fallamiento de tipo dextral se observa claramente en la subcuenca del Cesar, mientras que en la subcuenca del Ranchería predomina el estilo compresivo.

Los sistemas petrolíferos presentes en la Cuenca Cesar–Ranchería son; el sistema Cretáceo – Cretáceo y el sistema Terciario – Terciario.

En el Sistema Cretáceo–Cretáceo en la Cuenca Cesar-Ranchería, las rocas fuente están constituidas por la secuencia cretácica, que comprende el Grupo Cogollo, la Formación la Luna y la Formación Molino, de edades que van desde el Aptiano hasta el Maestrichtiano.

Los niveles que presentan altos contenidos de materia orgánica son: el miembro inferior de la Formación Lagunitas, Miembro Las ánimas de la Formación Aguas Blancas, los miembros inferior y medio de la Formación La Luna y los shales del Miembro superior de la Formación Molino. Las rocas fuente consisten en calizas y shales de plataforma marina.

Las rocas reservorio de este sistema petrolífero son: las areniscas basales de la Formación Río Negro, las calizas fracturadas de la Formación Lagunitas, las areniscas del Miembro Tocuy, formación Aguas Blancas, las calizas y los cherts fracturados de la Formación La luna y las areniscas del Miembro Socuy, Formación Molino.

La roca sello regional de este sistema son los shales de la Formación Molino y las intercalaciones de shales que ocurren en la Formación La luna y el Grupo Cogollo.

El modelamiento geoquímico indica que este sistema se encuentra en la ventana de generación de aceite y / o gas, dependiendo de la profundidad del yacimiento. Este modelo se confirma por las múltiples manifestaciones de hidrocarburos reportadas en los siguientes pozos:

Hidrocarburos en la Formación Río Negro:

Pozos: Cesar H – 1X (Brea) y Cesar A- 1X (aceite y gas)

Hidrocarburos en la Formación Lagunitas:

Pozos: Compae 1 y Compae 4 (gas y aceite)

Hidrocarburos en la Formación Aguas Blancas:

Pozos Cesar A – 1X , Cesar F – 1X y Maracas 1

Hidrocarburos en la Formación La Luna:

Pozos: Compae 3 y Compae 4 (gas)

Hidrocarburos en la Formación Molino.

Pozos: Maracas 1, El Paso 3 y El Paso 4 (gas y aceite)

En el sistema Terciario – Terciario en la cuenca Cesar–Ranchería, las rocas fuente están constituidas por los carbones y shales carbonosos de la Formación Cuervos, en la subcuenca del Cesar y los carbones de la Formación Cerrejón, en la subcuenca del Ranchería. Estas dos formaciones constituyen la principal roca fuente para gas.

Las rocas reservorio de este sistema petrolífero, están constituidas principalmente por los mantos de carbón de las formaciones Cuervo y Cerrejón, yacimientos que se conocen como no convencionales, de gas asociado al carbón (GAC).

Adicionalmente, los niveles arenosos de la Formación Barco y la secuencia arenosa de edad Eocena, han mostrado manifestaciones de gas en el Pozo Molino 1 X.

Las arenas de edad Eoceno, sin nombre formal, en la subcuenca del Cesar y que en la subcuenca del Ranchería se denominan Formación Tabaco, son correlacionables con la formación Misoa, de la cuenca de Maracaibo, la cual es un importante reservorio de gas y petróleo.

Las rocas sello de este sistema petrolífero, están constituidas esencialmente por los shales de las formaciones Barco y Cerrejón.

En el sistema Terciario – Terciario, de la cuenca Cesar-Ranchería, el principal yacimiento de gas, lo constituyen los yacimientos no convencionales de gas asociados al carbón.

El modelamiento geoquímico indica que las formaciones Cuervos y Cerrejón, se encuentran en zonas que van desde inmaduras (con  $R_o = 0.4\%$ ) hasta maduras (con  $R_o = 0.8\%$ ), indicando que estos carbones están localmente en la ventana de generación de gas termogénico.

Finalmente, este estudio permitió identificar recursos de hidrocarburos que en la subcuenca de Cesar se calcularon para tres escenarios posibles que dan las siguientes cifras: 1 BBblse para un escenario bajo, 2.9 BBblse para un escenario medio y 6 BBblse para un escenario alto.

En la subcuenca del Ranchería, los recursos de hidrocarburos son los siguientes: 1 BBblse para un escenario bajo, 2.3 BBblse para un escenario medio y 4.7 BBblse para un escenario alto.

Es de resaltar que la Cuenca Cesar-Ranchería, presenta la misma secuencia estratigráfica que la Cuenca de Maracaibo, la cual es una de las cuencas hidrocarburíferas más prolíficas del mundo. Además estas dos cuencas fueron una sola desde el Jurásico hasta el Eoceno medio, cuando se formó la Serranía del Perijá que las separó.





## 15 CONCLUSIONES

Basados en los resultados de la evaluación petrofísica de las Formaciones La Luna, Aguas Blancas y Lagunitas del pozo Cesar F-1X se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Se reconoce un hueco fuera de diámetro (broca usada de 8 ½”), razón por la cual el uso de las herramientas de Porosidad (Neutrón y Densidad) se deben manejar con precaución, por esta misma razón no se usan como herramientas en la determinación del volumen de shale.

- Se toma el registro de GR como base para el cálculo de volumen de arcilla (V.Shale).
- El cálculo del  $R_w$  se hace para cada intervalo por separado, Se han calculado y homologado cálculos en el SP y Shale, que son muy semejantes ( $R_w$  Shale: 0,71 y 0,77.  $R_w$  SP: 1,12 y 1,23) para la formación La Luna y ( $R_w$  Shale: 0,79 y 0,78.  $R_w$  SP: 1,0 y 1,07) para la Formación Aguas Blancas, usando finalmente los  $R_w$  del SP.
- No se tiene resultados de saturación de agua menores al 50% (Indonesian, Simandoux) que tengan un espesor mayores a 3' para la Formación La Luna y 2' para la Formación Aguas Blancas.
- En el anexo se muestran los intervalos evaluados en donde se reconoce las saturaciones de agua.
- Los dos Intervalos evaluados para la formación basados en los resultados de las formulaciones de Indonesian y Simandoux dan como resultado la no presencia de hidrocarburos líquidos o gaseosos.
- El Intervalo evaluado dentro de la Formación Lagunitas tiene porosidades altas que se deben tomar con precaución. (se toman las porosidades promediadas)
- El cálculo del  $R_w$  para la Formación Lagunitas se hizo basado en las propiedades de la arcilla ( $R_w$ Sh: 1,73).
- En los anexos para este Intervalo se puede reconocer las saturaciones de agua para todas las formulaciones y pueden ayudar a tomar decisiones con la aclaración de parámetros como la matriz usada en los registros, las porosidades a usar, el tipo de roca y la misma calidad de los registros.

Basados en los resultados de la evaluación petrofísica de las Formaciones La Luna, Aguas Blancas y Lagunitas del pozo Molino-1 que continuación se relacionan los comentarios respectivos a que estas dan lugar:

- Los datos de resistividades muestran valores negativos a lo largo de todo el pozo, indicativo de un probable funcionamiento anómalo de las herramientas durante el registro.
- Los datos de las porosidades Neutrón y Densidad igualmente presenta valores anómalos.
- Los datos del registro de la porosidad Sónica deben ser aclarados para poder ser usados.
- Se ha asumido que los registros fueron corridos en Matriz arena, se han hecho las correcciones respectivas para carbonatos.
- No se tiene registro de tensión que ayudaría en su defecto a conocer las anomalías en la corrida.
- Al tenerse valores anómalos de porosidades, estos se deben manejar con precaución, por esta misma razón no se usan como herramientas en la determinación del volumen de shale.
- Se toma el registro de GR como base para el cálculo de volumen de arcilla (V.Shale).
- Las constantes “a” y “m” se han asimilado para rocas duras y cementadas.
- El cálculo del  $R_w$  se hace para cada intervalo por separado, sin embargo finalmente se tomo el suministrado por la Prueba No 2 (1,68 ohm a 87 F)
- No se tiene resultados de Saturación de Agua menores al 50% (Indonesian, Simandoux) que tengan espesores apreciables mayores a 3' para las Formaciones La Luna y Aguas Blancas y 2' para la Formación Lagunitas; y que tengan un soporte claro en los datos (Resistividades y Porosidades anómalas).
- En el anexo adjunto se muestran los intervalos evaluados en donde se reconoce las saturaciones de agua.
- La Cuenca Cesar-Ranchería cuenta con doce (12) programas sísmicos.
- En el área libre de la Cuenca Cesar Ranchería se han adquirido 10 programas sísmicos.
- La calidad de la información sísmica varia desde pobre hasta buena, siendo en términos generales moderada.

- En términos generales, la geología propuesta mediante la evaluación sísmica 2D, indica que la cuenca cuenta con las condiciones necesarias para acumulación de hidrocarburos, pues las estructuras prospectivas identificadas de los trabajos anteriores muestran evidencias de trampas con características favorables para el entrapamiento.
- Los modelos geológicos y exploratorios formulados mediante la interpretación de la información sísmica disponible, han sido revaluados frecuentemente, estas reinterpretaciones sugieren mejorar la calidad de los datos a emplear en el planteamiento de nuevos modelos geológicos, con el propósito de disminuir el riesgo exploratorio en ciertas áreas de interés.

## 16 REFERENCIAS CITADAS

- McKenzie, D.P., Some remarks on the development of sedimentary basins, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 40, 1978.
- Tissot and Welte, 1984. B. Tissot and D. Welte. In: (Second Edition ed.), *Petroleum Formation and Occurrence*, Springer-Verlag, New York, USA (1984).
- Caracterización geoquímica de rocas y crudos en las cuencas de Cesar-Ranchería, Informe final. ANH, Gems Ltda.. 2007.
- Estudio geoquímico de superficie cuencas Cesar-Rancheria y Sinu San Jacinto. ANH y HGA Ltda.. 2006.
- Haworth, J. H., Sellens, M. and Whittaker, A., Interpretation of Hydrocarbons Shows Using Light (C1 – C5) Hydrocarbons from Mud – Log Data, *AAPG Bulletin*, V.69, No.8, 1985, p 1305 – 1310.
- Proyecto Cesar Ranchería, informe final geología, 1990.
- Potencial Petrolífero Cuenca Cesar Ranchería, Tomo I, Informe general.
- GEOPETROCOL Ltda. Diciembre 1998.
- Proyecto Cesar Ranchería. ECOPETROL. 1998.
- Geological Field-Trips Colombia, 1980-1989. Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists.
- Cartografía Geológica Cesar Ranchería, Geoestudios, 2006.
- Geología de la plancha 48, La Jagua de Ibirico memoria explicativa. Ingeominas. 2003.
- Primer informe técnico anual. Contrato de asociación Iraca. QRC Colombia Ltda. 2001.
- Interpretación Estructural área El Paso Subcuenca del Cesar, ECOPETROL. 1990.
- Análisis estructural integrado del bloque Noreste Colombiano Oeste Venezolano, volumen 1. Beicip Franlab. 2001.
- Sedimentación de los carbonatos del Grupo Cogollo durante el Aptiano y Albiano en la Cuenca del Lago Maracaibo y Perijá. Venezuela.
- Proyecto Cesar Ranchería, informe final. Resumen Ejecutivo. ICP. ECOPETROL.1990.
- Unraveling the hydrocarbon potencial of Fol. Thrust belt. ICP.1990.



## A Anexo Bioestratigráfico.

Debido a la gran importancia y desarrollo de la bioestratigrafía en Colombia, la cual ha permitido precisar edades, ambientes de depósito y establecer lapsos de tiempo de no depositación, en este aparte se presenta información obtenida para la Cuenca Cesar–Ranchería, a partir de muestras de superficie y de análisis de pozos perforados por ECOPEPETROL y otras empresas. Es de anotar que aunque en la anterior descripción de cada formación ya se hizo mención a esta información, aquí se presenta de manera que pueda ser consultada directamente.

**Grupo Cachiri:** en la parte basal se presentan diferentes tipos de organismos tales como Braquiópodos, corales, crinoideos y trilobites de los cuales presentan mayor valor Bioestratigráfico, según Trumphy (1943), Miller & Williams (1945) y Forero (1970): *Acrospirifer olssoni*; *Spirifer Kingi*; *Leptaena boyaca*; *Fenestella venezuelansis*, los cuales indican una edad Devonico inferior alto a medio. En la parte superior del Grupo Cachiri se reconocen braquiópodos y pelecípodos identificados por Forero (1970) como: *Neospirifer latus*; *Compositasubtilita*; *Phricodrotis planoconvexa*; *Pecten sp.*, que permiten asignar una edad Pensilvaniano Medio Superior (Carbonífero Superior).

**Formación La Quinta:** la determinación de la edad de la Formación La Quinta solo se hace posible tras haber fijado su techo y base, ya que en esta no se han encontrado fósiles.

**Formacion Rio Negro:** las dataciones palinologicas le asignan a la formacion Río Negro una edad Neocomiano, la que concuerda en parte con la datacion de Sutton (1946) que le asignó una edad Barremiano Inferior.

**Grupo Cogollo:** la datacion del Grupo Cogollo indica que la parte basal de este comienza en el Aptiano Barremiano, como lo ilustra la fauna documentada por Renz (1977), entre la cual se encuentran especimenes tales como: *Ostrea scyfax*, *Exogyra Toxaster sp* y *Choffatella decipiens*. Suprayaciendo a estos, se encuentran *Cheloniceras*, *Pseudosaynella* y *Dufrenoya* los cuales indican como edad el Aptiano Superior (Durham, 1950). Sobre estos, se encuentran *Turrulitas*, *Acanthoceras*, *Montelliceras* ? *Calvoceras* ?. *Orbitolina conica texana*, que señalan como edad de terminacion para la depositacion del Grupo Cogollo al Cenomaniano.

**Formacion La Luna:** los estudios stratigraficos con base en dinoflagelados indicaron una edad Coniaciano Superior Santoniano. Durhan (1946) reporta de la base, algunos ejemplares de amonitas como *Neoptychites*, *Holitoides*, *Fagesia*, *Prothocantoceras*, *Eucalycoceras* y otras, las cuales indican una edad Turoniano

inferior. De la parte media reporta *Cloleopoceras*, *Baroisiceras*, *Prionotropis*, *Baculites* y otras que indican una edad Turoniano Superior. En la parte superior son frecuentes *Tissotis* y *Perinoceras aff moureti*, las cuales comunmente indican una edad coniaciana. Hart en 1958, con base en análisis micropaleontológicos, de muestras recolectadas en la carretera Becerril Codazzi, asigna una edad comprendida en el lapso Cenomaniano Superior – Coniaciano. De acuerdo a esto la edad de esta unidad abarca del Cenomaniano Superior al Santoniano.

**Formación Molino:** con base en la evidencia micropaleontológica estudiada por Bolli (1964) en la cual se encontraron especímenes identificados como *Globotruncana fornicata* y *globotruncana caniculata ventricosa* y según el trabajo realizado por Kugler y Bolli (1967) los cuales identificaron especímenes tales como *Globigerina cretácea*, *Gumbelina globulosa* y *Gumbelina escolta*, es posible decir que la depositación de la Formación Molino comienza durante el Santoniano Superior y culmina en el Campaniano Medio Inferior. Sin embargo debido a la presencia de *Siphogenerinoides cretácea* y *Siphogenerinoides bramlettei*, Petters (1955) Van Der Hammen (1958) y Etayo (1976) ubican el tope de dicha formación en el Maestrichtiano Inferior. Ver **Tabla A.1 y A.2**. Dataciones palinológicas efectuadas en el proyecto Cesar Ranchería, realizado por ECOPETROL en 1989 asignan una edad Campaniano.

<p>Palinología</p> <p>Prof: 1599,5'</p> <p>Edad : Paleoceno</p> <p>Ambiente: Plano Costero</p> <p>Excelente recobro de materia orgánica de origen continental</p> <p>Palinoflora:</p> <p>Echitriporites trianguliformis (7)</p> <p>Proxapetites psilatus (1)</p> <p>Psilatriteles 20-50 (7)</p> <p>Laevigatosporites tibuensis (3)</p> <p>Retitricolporites sp (2)</p> <p>Palinólogo: Carlos Jaramillo EMPRESA: ICP</p>
---

<p>Palinología</p> <p>Prof: 1970,7'</p> <p>Edad: Maestrichtiano Superior (zona de Proteacidites dehaani)</p> <p>Ambiente: Plano costero con ligera influencia marina</p> <p>Flora</p> <p>Proxapertites operculatus</p> <p>Proteacidites dehaani</p> <p>Echimonocolpites Protofranciscoi</p> <p>Psilatriteles sp 20-50</p> <p>Stephanocolpites costatus</p> <p>Foveotriteles margaritae</p> <p>Psilamonocolpites medius</p> <p>Dinoflagelados</p> <p>Dinnogymnium sp</p> <p>Palinólogo: Carlos Jaramillo EMPRESA ICP</p>
---

**Tabla A.1** Análisis bioestratigráfico de la formación Molino en la perforación del pozo Los Cerezos-1E dentro de la subcuenca de Cesar en el sector conocido como La Loma. Drummond Ltda. 2005



ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO	
Profundidad	1754 pies
Edad	Maastrichtiano Superior (zona de <i>Proteacidites dahaani</i> / <i>Echimonocolpites protofranciscoi</i> )
Ambiente	Plano Costero
Flora	<i>Spinizonocolpites baculatus</i>
	<i>Echimonocolpites protofranciscoi</i>
	<i>Psilamonocolpites operculatus</i>
	<i>Psilatriteles</i> sp. 20-50
	<i>Psilamonocolpites medius</i>
Palinólogo	Carlos Jaramillo - F. De Parra
	ICP

**Tabla A.2** Análisis bioestratigráfico de la Formación Molino en la perforación del pozo Diablito 1E, dentro de la Subcuenca del Cesar en el sector conocido como La Loma. Drummond Ltda. 2005

**Formación Hato Nuevo Manantiales:** la edad de la Formación Hato Nuevo Manantiales es todavía motivo de controversia. De acuerdo con Durham (1946) la abundancia de *Venericardia* en las calizas, así como la presencia de *Turritela cf mortoni* y *Ostrea cf crenulimarginata* permiten asignar una edad Paleoceno.

**Formación Cerrejón:** la edad de la Formación Cerrejón de acuerdo a dataciones paleontológicas realizadas por Etayo (Cardozo & Gómez 1980) en niveles de gasterópodos de la parte inferior y media de la secuencia es Paleoceno según la presencia de *Aylocostoma (Verena) aff laevicarina*.

**Formación Tabaco:** la edad de la Formación Tabaco de acuerdo con Morales & Taborda (1947) es Paleoceno superior Eoceno, con base en el análisis palinológicos; García (1981) menciona una edad Eoceno medio a superior.

**Conjunto Calcáreo y Conjunto Conglomerático:** aun cuando no existen evidencias bioestratigráficas de estos conjuntos, dada su posición estratigráfica se les ha asignado una edad Mioceno Inferior a Superior, sin descartar la posibilidad de la existencia del Oligoceno Superior, por equivalencia de las facies carbonatadas del conjunto calcáreo con la Formación Siamaná de la península de la Guajira.

Adicionalmente en la Subcuenca del Ranchería, ECOPETROL perforó los pozos Molino 1 y Molino 1X donde se realizó un estudio bioestratigráfico. Los resultados obtenidos de estos estudios se presentan a continuación.

### Pozo Molino -1X. Subcuenca Ranchería:

El pozo exploratorio El Molino-1 X se perforó en la subcuenca del Ranchería, en su sector central, a 4.2 Km. en dirección N W de la población El Molino, departamento de la Guajira, en cercanía a la carretera Villa Nueva - San Juan, sobre la línea sísmica CR-79-09, en el CDF-200 del programa sísmico Cesar Ranchería – 1979, mostrando las siguientes características bioestratigráficas.

INTERVALO	EDAD	BIOESTRATIGRAFIA	FORMACION	AMBIENTE
170 - 2360		Estéril en microfósiles	Conjuntos Conglomerático y calcáreo	
2390 - 2540		Estéril en microfósiles	Conjuntos Conglomerático y calcáreo	
2570 - 3280	Paleoceno Superior	Proxaperittes operculatus, Gemmatus phanocolpites gemmatus, Mauritidlites franciscoi, M. franciscoi var. pachyexinatus, Ctenolophonidites lisamae, Psilatriariletes guaduensis, Foveotriletes cf. margaritae, Psilamonocolpites sp. 9, Longapertites vaneenderburgi y Retidiporites magdalenensis	Cerrejón	
3280 - 4180	Paleoceno Temprano, Daniano	Fovetriletes margaritae, Psilatriletes guaduensis, Psilatriletes sp. 1, P. martinensis, Zonotricolpites cf. variabilis, Proxapertites	Manantial – Hato Nuevo	

		<p>opercutatus, P. maracaiboensis, P. humbertoides, Psilabrevitricolpites marginatus y Ctenolophonidites S p. 1.</p> <p><b>Palinomorfos:</b> Rzehakina epigona, Globorotalia conicotruncana, Globigerina eugubina</p>		
4180 - 5080	Maastrichtiano Tardío	<p>Abathomphalus mayorensis, Guembelitra cretacea, Globorotruncanita conica, Gansserina gansseri, Racemiguembelina fructicosa, Heferohelix striata, H. navarroensis, Pseudoguembelina excolata, P. palpebra, Globotruncana aegyptiaca etc.</p> <p><b>Palinomorfos:</b> Echitriporites suescae, Echimonocolpites ruedae, Foveotriletes margaritae, Mauritildites protofranciscoi, Psilatritetes guaduensis, Psilatritetes s p. 1, Araucariacites sp., Rugutritetes s p., Proxapertites operculatus, P. psilatus, Spiniferites cf. ramosus, Achomosphaera sp. y Dinogymnium sp.</p>	Molino	Marino. Nerítico Interno a Medio
5140 - 5660	Cretaceo Superior, Maastrichtiano	<p>Heterohelix globotruncana, Globotruncana</p>		Marino, Nerítico Medio a

	Temprano	ventricosa, G. linneiana, G- lapparenti, G. bulloides, Hastigerinoides subdigitata y Archeoglobigerina cretacea. <b>Palinomorfos:</b> AndalusieIIa gabonensis, A. mauthei, Andalsiella spp., Cerodinium granulostriatum, Senegalinium spp., Paleocystodinium sp., Odontochitina sp. y Araucariacites spp..		Externo
5660 - 5820	Campaniano (Tardío Medio) a	Globotruncanita calcarata, Hastigerinoides watersi, Globotruncanita subspinosa, Globotruncana falsostuarti, Rugotruncana subcircumnodifer, Dinogymnium spp., Spiniferites s p., Andalsiella gabonensis, Retiinauertropollenites sp. y Psilatriteles sp. 1.		Marino, Nerítico Interno Medio a
5820 - 5880	Santoniano Temprano Turoniano a	Heterohelix reussi, Marginotruncana sinuosa	Aguas Blancas	Marino, Nerítico Medio
5880 - 5940	Coniaciano Turoniano a	Whiteinella archeocretacea	La Luna	Marino, Nerítico Interno Externo a
6370 - 7480	Cenomaniano	Cyathidites sp. 5, Palaeohystrichophora infusorioides, Coronifera oceanica, CycIonephellum		Marino Nerítico Interno Transicional a

		<p>distinctum, Coronifera cf. tubulosa, Odontochitina operculata, Oligosphaeridium complex, Hystrichodinium pulchrum, Oligosphaeridium pulcherrimum y Criboperidinium edwarsil.</p> <p><b>Foraminíferos:</b>                  Schakoina cenomana, Rotalipora brotzeni, Guembelitria cenomana, Gavelinella cenamanica, Lenticulina secans, Epistomina chapmani, Marginuljna cf. debilis y Anamalina ruibiginosa</p>		
7480 - 8300	Albiano	<p>Callialasporites dampieri, Classopollis spp., inaperturites spp., Cyathidites sp. 5, Subtilisphaera sp., Oligosphaeridium complex, Florentinia cf. cooksoni, inaperturopollenites sp., Cyclonephelium distinctum, Subtilisphaera sp. y Achomosphaera sp.</p> <p><b>Foraminíferos:</b> Ticinella raynaudi, Hedbergella trocoidea, Lenticulina gaultiana y Bathysiphofa cf. brosggei</p>		Marino Nerítico Interno a Transicional
8300 - 8550	Cretaceo Temprano,	Trochamina globosa, Epistomina mosquensis,		

	Aptiano	Trochamina neocomiensis, Spiniferites ramosus, Callialasporites dampieri, Oligosphaeridium complex, Oligosphaeridium cf pulcherrimum, Inaperturopollenites spp. y Coronifera oceanica.		
--	---------	--	--	--

**Tabla A.3.** Características bioestratigráficas encontradas en el pozo Molino-1X

**Pozo Molino 1. Cuenca Ranchería:**

El Rozo exploratorio El Molino-1, se perforó en la subcuenca del Ranchería, en su sector Central, a 3.4 Km. en dirección N-NE de la población de Villa Nueva, Departamento de la Guajira, sobre la línea sísmica CR-79-00-8 en el CDF - 150 del Programa Sísmico Cesar-Ranchería 1 979, presentando las siguientes características:

INTERVALO	EDAD	BIOESTRATIGRAFIA	AMBIENTE
4020 - 4060	Campaniano (Medio Tardío)	Globotruncanita calcarata y su asociación con Heterohelix globulosa, Rugoglobigerina rugosa, Globotruncana ventricosa, Globigerinelloides prairiehillensis y Globotruncana linneiana. <b>Foraminíferos:</b> Siphogenerinoides cretacea, Siphogenerinoides parva, Gyroidinoides depressa y Ossangularia cordieriana.	Marino, Nerítico Interno a Nerítico Medio
4080 - 4400	Turoniano	Heterohelix moremani,	Marino, Nerítico

		Heterohelix reussi, Whiteinella archeocretacea y Whiteinella paradubia	medio a Nerítico externo
4560 - 4830	Cenomaniano	Gavelinela cenomanica y su asociación con Trochamina cf. globosa, Conorboides sp. y Trochamminoides coronus	Marino (Nerítico Interno) a Transicional
4880 - 5000	Albiano - Aptiano	Callialasporites dampieri y Callialaspontes sp. y su asociación con Afropollis spp., Classopollis spp., Cicatricosisporites avimelechi, Subtilisphaera perlucila y Criboperidinium edwarsil. <b>Foraminíferos:</b> Pseudobolivina sp. 1, Buliminella spp., Virgulina spp. y Neobulimina spp.	Nerítico Interno a Transicional

**Tabla A.4.** Características bioestratigráficas encontradas en el pozo Molino-1

## **B ANEXO SENSORES REMOTOS.**

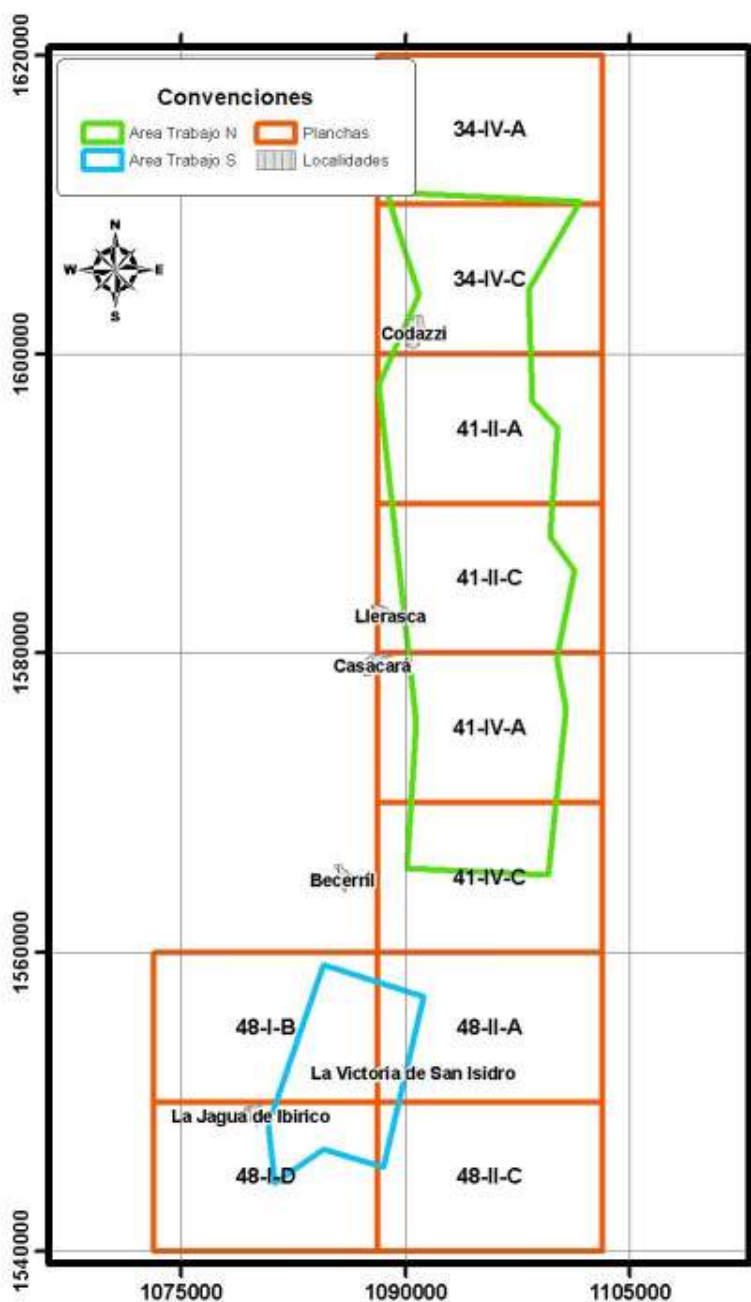
Regionalmente no existen estudios sobre sensores remotos, salvo el estudio presentado por la empresa Geoestudios en el año 2007. A continuación se presenta un resumen del estudio llevado a cabo por esta empresa, en su informe de marzo de 2007, el cual hace parte del contrato N° 084 de 2005, denominado “Cartografía Geológica Cuenca Cesar – Ranchería”.

Este trabajo fue realizado sobre el área especial de la ANH, de aproximadamente 550 km<sup>2</sup>, en los polígonos denominados zona norte, ver mapa 7.1 (zona en verde) y zona sur, ver **figura B1** (zona en azul). Se utilizaron los siguientes mapas topográficos, fotografías aéreas e imágenes satelitales

### **Mapas Topográficos:**

Se utilizaron mapas topográficos del IGAC escala 1:25.000 y 1:100.000, de los cuales los primeros fueron digitalizados. (ver **figura B.1**). Las planchas 1:100.000 utilizadas fueron, la 34 Codazzi, 41 Casacará y 48 La Jagua de Ibirico.





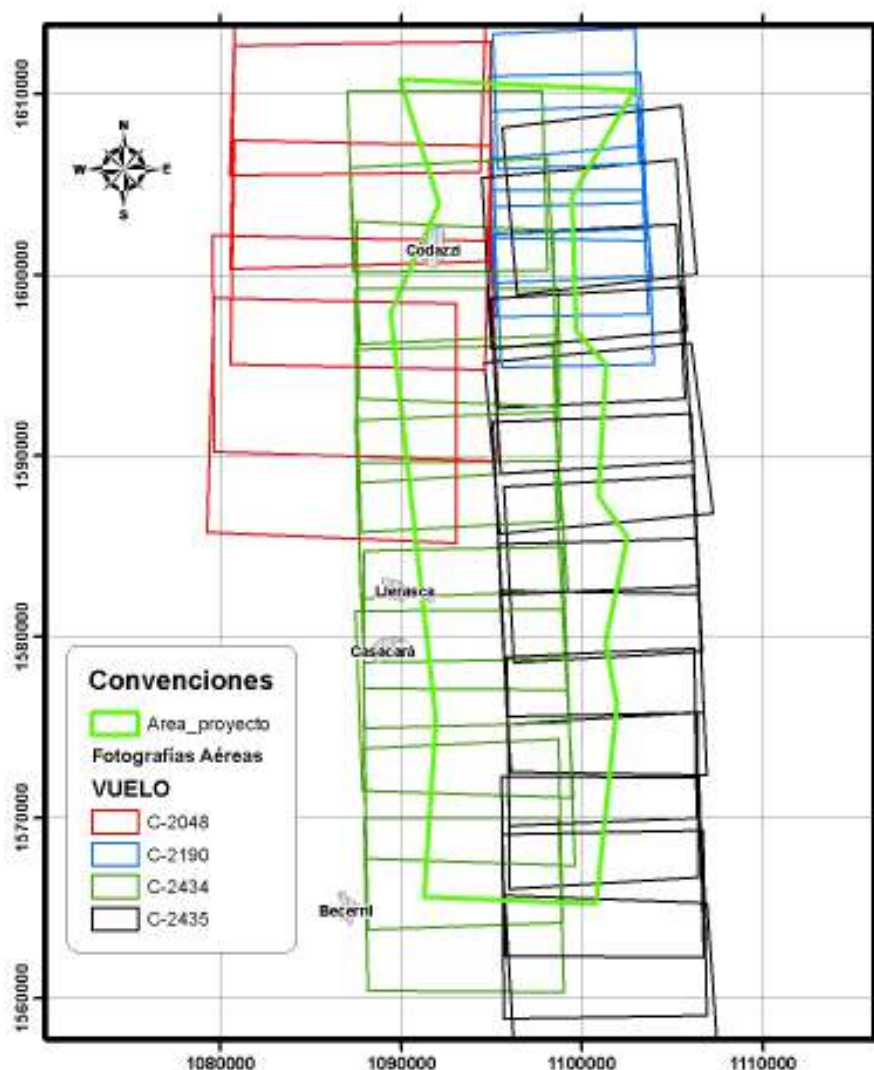
**Figura B.1.** Esquema de distribución de planchas topográficas IGAC a escala 1:25.000 en las áreas del proyecto. Coordenadas planas origen Bogotá. Tomada de Geoestudios.

**Fotografías aéreas utilizadas:**

Se seleccionaron 43 fotos, las cuales fueron georeferenciadas, ver **tabla B.1**. La selección de fotos se hizo tratando de escoger escalas, entre 1:30.000 y 1:40.000, aunque para algunos sectores solo existen fotos a escala de 1:59.000. En total fueron interpretadas 37 fotografías aéreas. En la **Figura B.2** se muestra la distribución de los vuelos utilizados.

**Tabla B.1.** Líneas de vuelo y fotografías utilizadas en la interpretación. Tomada de Geoestudios.

	<b>SOBRE</b>	<b>FOTOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>FECHA TOMA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>MAPA LINEAS</b>
C2048	S31384	0013 a 0017	6	82	1:59000	80- 90/D12
C2190	S32785	0082 a 0087	6	85	1:32000	80- 90/D12
C2434	S35885	0262 a 0278	17	91	1:46000	91- 95/D12
C2435	S35886	0002a 0015	14	91	1:34000	91- 95/D12



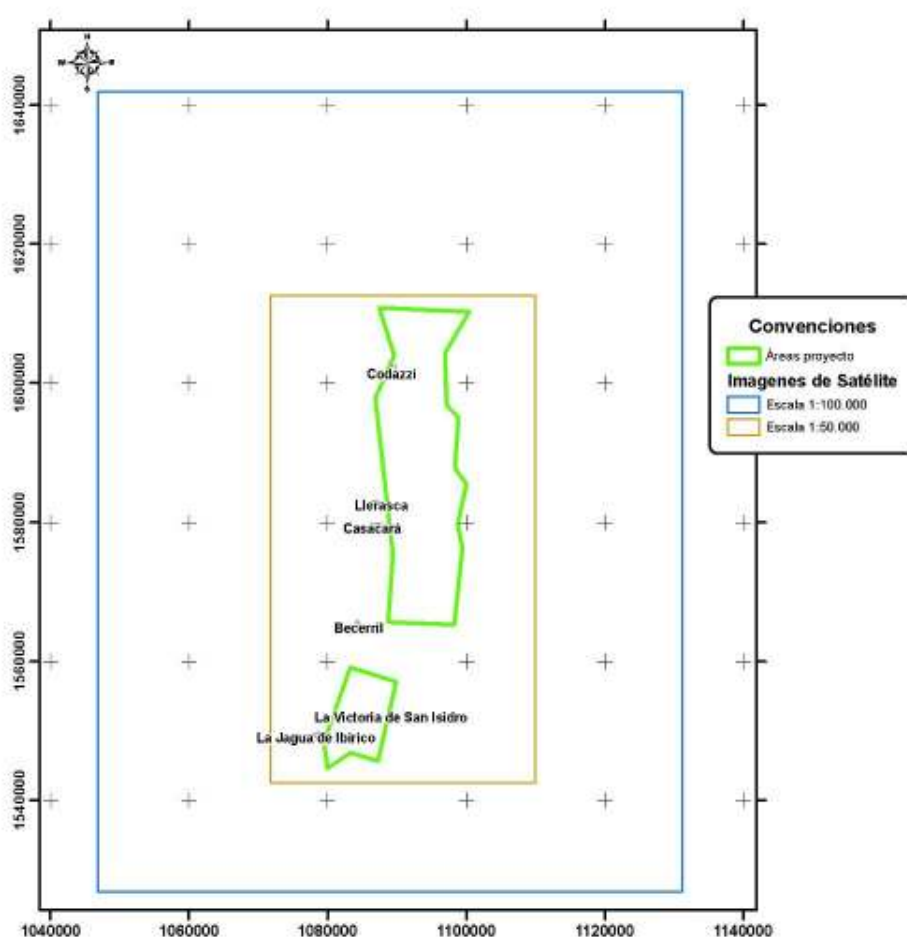
**Figura B.2.** Mapa índice de las fotografías aéreas empleadas para la fotointerpretación geológica en el área norte del proyecto. Coordenadas planas origen Bogotá. Tomada de Geoestudios.

### Imágenes de satélite.

Fueron interpretadas imágenes satelitales del área, en formato digital y análogo, especialmente para la determinación de los rasgos estructurales regionales como fallas y lineamientos. El cubrimiento de estas imágenes se ilustra en la **Figura B.2.**

Las imágenes son:

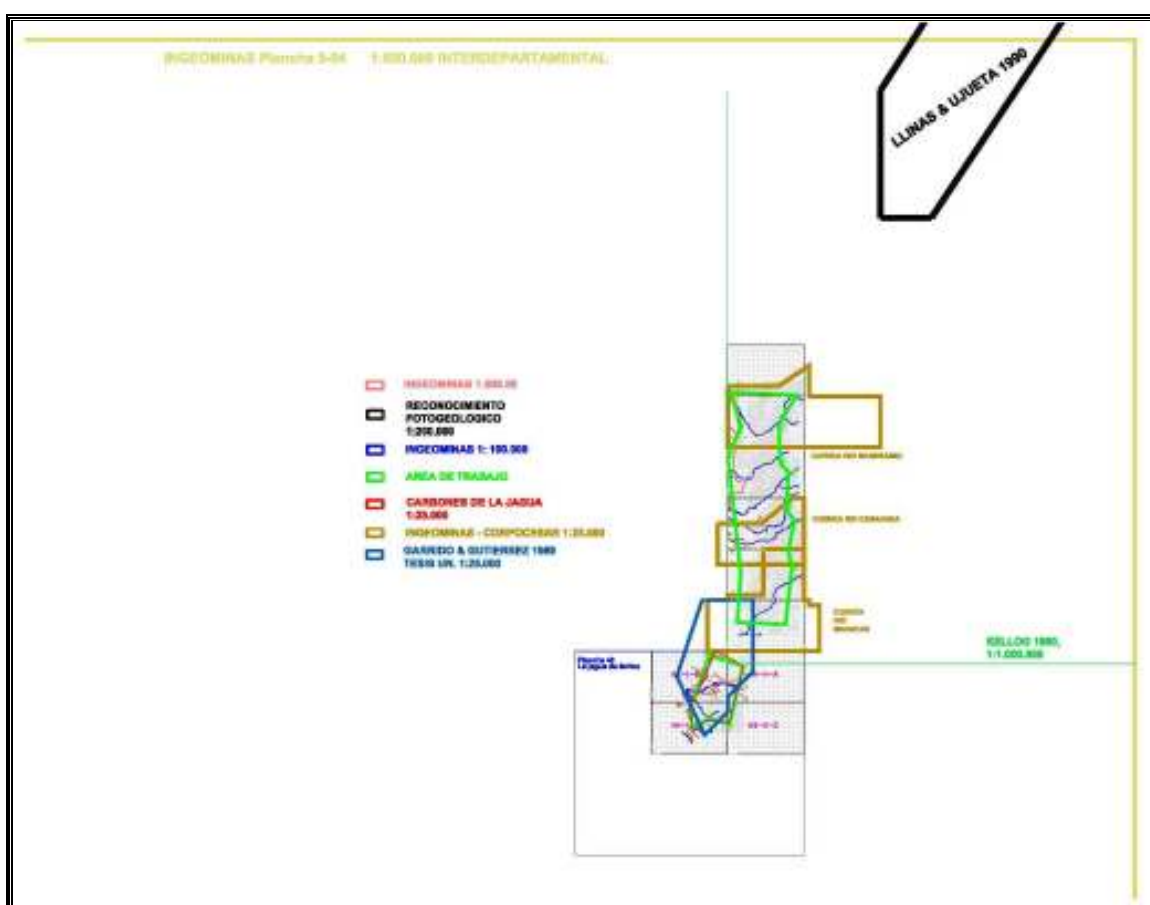
- Imagen satelital TM Cesar - Ranchería. Escala 1:50.000 con coordenadas planas origen Bogotá y su interpretación en acetato.
- Anaglifo de Cesar - Ranchería. Escala 1:50.000 con coordenadas planas origen Bogotá.
- Falso Radar de Cesar - Ranchería. Escala 1:100.000 con coordenadas planas origen Bogotá
- Falso Radar de Cesar - Ranchería. Escala 1:50.000 con coordenadas planas origen Bogotá.



**Figura B.2.** Cubrimiento de imágenes de satélite: Imagen TM, Falso Radar y Anaglifo. Coordenadas planas origen Bogotá. Tomado de Geoestudios.

**Información geológica consultada.**

Se consultaron los mapas fotogeológicos de Ingeominas del Cesar y La Jagua de Ibirico a escala 1:250.000 y 1:200.000 respectivamente, así como los de Corpocesar, zonas críticas, de Codazzi, Casacará y Becerril, escala 1:25.000. (Ver **Figura B.4**) También se revisó la tesis de grado “Revisión cartográfica de las unidades aflorantes en el anticlinal de Verdecia y alrededores de la Jagua de Ibirico Cesar” de GARRIDO & GUTIERREZ 1989, con mapas 1:25.000.



**Figura B. 3.** Información geológica preliminar. Tomado de Geoestudios.

**Interpretación Fotogeológica**

Se elaboró una mapa fotogeológico ,en el cual las rocas aflorantes van desde el Jurásico hasta el Reciente y fueron denominadas informalmente las siguientes Unidades Litoestratigráficas, que se base a tope son; J, K1, K2, K3, K4,

posiblemente algunos Terciarios T y Cuaternarios Qa, Qc, Qt y Qab en la zona Norte. Para la zona Sur, afloran las Unidades informales T1, T2, T3, así como los depósitos cuaternarios.

**Unidad J:**

De acuerdo a la interpretación fotogeológica, corresponde a secuencias probablemente de areniscas con niveles conglomeráticos. La resistencia de la roca es de alta a moderada. De acuerdo a las descripciones reportadas (Govea & otros, 1976) y a la correlación litoestratigráfica realizada por Geoestudios, correspondería a las capas rojas de la Formación La Quinta.

**Unidad K<sub>1</sub>:**

De acuerdo a las descripciones reportadas (Govea & otros, 1979, García ICP 1990), esta unidad correspondería a la Formación Río Negro, aunque es muy probable que se esté tomando parte de la unidad K2, dado su espesor sobreestimado para lo reportado por los autores consultados.

**Unidad K2**

De acuerdo a las descripciones reportadas (Govea & otros, 1979), correspondería a las rocas del Grupo Cogollo, consistente básicamente en capas gruesas de calizas fosilíferas interestratificadas con shales negros calcáreos. Según algunos autores, esta unidad se puede subdividir en dos formaciones y una de estas a su vez en varios miembros.

**Unidad K3**

De acuerdo a las descripciones litoestratigráficas reportadas (Govea et al. 1979), correspondería a las rocas de la Formación La Luna, que consta principalmente de calizas fosilíferas finalmente estratificadas, color gris oscuro a negro, carbonaceo o bituminoso interestratificados con shales calcáreos, café oscuros a negros.

**Unidad K4**

De acuerdo a las descripciones litoestratigráficas reportadas (García ICP 1990), correspondería a las rocas de la Formación Molino, que constan de shales generalmente carbonosos, bien a pobremente estratificados, finamente laminados, color gris oscuro a gris medio e interestratificados con capas de caliza.

**Unidad T<sub>1</sub> – Terciario inferior:**

De acuerdo con los trabajos de cartografía regional adelantados por el INGEOMINAS, esta unidad es correlacionable con la Formación Barco.

### **Unidad T? – Terciario superior:**

Esta unidad es correlacionable con la formación Los Cuervos, de acuerdo con la cartografía regional del INGEOMINAS.

### **Unidad T<sub>i</sub> – Terciario indiferenciado:**

Por su escasa exposición al límite de las fotografías disponibles no se ha correlacionado con ninguna de las unidades diferenciadas en el área, no obstante, por su textura se cataloga como unidad terciaria.

### **Cuaternarios**

Los depósitos cuaternarios se han agrupado en una sola unidad y color en el mapa fotogeológico y pueden corresponder a los depósitos aluviales **Qal**, coluviones **Qc**, terrazas **Qt** y abanicos **Qa**.

#### **Qal:**

Caracterizados por su topografía plana, hacia el borde oeste del área y en los valles bajos de los ríos principales

#### **Qc:**

Caracterizados por formar depósitos de ladera o talud.

#### **Qt:**

Se distinguen hasta dos niveles de terraza en la zona sur. El **Qt<sub>1</sub>** corresponde al nivel bajo y esta bastante erosionado, desarrollando drenaje dendrítico de baja densidad. El nivel alto –**Qt<sub>2</sub>**– presenta superficie plana, cubriendo cerros que en su parte media a inferior están conformados principalmente por aportes del Terciario. Este último nivel refleja actividad neotectónica, y se sitúan al extremo sureste de la zona sur, donde se identifican dos trazos de falla.

#### **Qa:**

Se observan levemente basculados en dirección del movimiento del flujo y ocupan extensas áreas. Se encuentra un abanico de gran tamaño en la localidad de Codazzi (Río Magiriaimo) y otro en el Río Casacará.

### **Rumbo y Buzamiento de Estratos**

En sentido general y regional, los buzamientos en el área de trabajo van hacia el Oeste, con inclinaciones entre los 20 y 50 grados. Quedando por verificar en

campo algunos datos de los que se tienen dudas y que aparecen interrogados en el mapa.

### **Estructuras, Fallas y Lineamientos**

Se encontró un patrón principal de fallamiento de rumbo, cuyo trazo tiene una orientación general NE – SW, estructuras de plegamientos anticlinales y sinclinales en la parte sur que cabecean y cierran hacia el Suroeste, así como lineamientos en la misma dirección y también Este – Oeste. Hay también otro sistema de falla Norte- Sur hacia el frente de montaña, en algunos tramos cubiertos por depósitos cuaternarios.

Estas fallas de rumbo atraviesan completamente la zona de trabajo y definen el estilo tectónico visible en el área. Tienen diferente sentido de movimiento (dextral o sinistral).

Las fallas en mención fueron detectadas por el control estructural del drenaje, con desplazamiento o pérdida de continuidad de las unidades litoestratigráficas cartografiadas fotogeológicamente. Tienen un trazo rectilíneo o levemente sinuoso.

Estas fallas son, de Norte a Sur:

- *Falla Magiriaimo (sinistral), que confluye hacia la Falla El Socorro.*
- *Falla El Socorro (dextral) al Sur de Codazzi, la cual tiene un gran desplazamiento.*
- *Falla Buenavista (dextral).*
- *Falla Fernambuco (sinistral).*
- *Falla El Caney (dextral, de rumbo E-W), la cual es cortada y desplazada por la Falla Sicarare (sinistral).*
- *Falla Casacará, que es la de mayor movimiento desplazante (sinistral).*
- *Falla Santa Rita, que confluye en la anterior.*
- *Falla Teolinda (dextral)*
- *Falla Caño Seco (sinistral), confluye por el norte con la Falla Teolinda y por el Sur con la Falla Rodrigo.*
- *Falla Rodrigo (dextral), tiene una dirección Este – Oeste.*



## Conclusiones y Problemas a Resolver en Fase de Campo

El estudio realizado por Geoestudios plantea las siguientes conclusiones y problemas a resolver en la fase de campo:

- Se establecieron dos estilos estructurales, separados por la Falla Casacará. Al Norte, bloques desplazados o rotados por las fallas de rumbo. Sur de Casacará, estructuras apretadas con cabeceo hacia el Suroeste.
- El sector más interesante desde el punto de vista exploratorio, puede ser el localizado en la parte Sur de la Falla Casacará
- Se debe verificar la existencia o no de relictos de Terciario en la parte plana cuaternaria al oriente y sur de Casacará.
- Se debe tratar de diferenciar las subdivisiones del Grupo Cogollo, ya que con determinaciones fotogeológicas no fue posible.
- El espesor de las unidades  $K_1$  y  $K_3$  debe ser verificado en campo.
- La presencia de jagüeyes alineados en la parte plana cuaternaria podría estar determinando trazos de falla por disolución de carbonatos.
- Se debe verificar o desvirtuar el estilo tectónico propuesto en el área de estudio, así como la relación de las fallas principales con los datos estructurales detectados.
- Verificar el tipo de contacto entre las diferentes unidades reportadas.
- Verificar la correspondencia de la unidad K4 con la Formación Molino, no reportada en el sector.

## C. Anexo Parámetros Sísmicos

Contiene el detalle de los parámetros de cada uno de los programas sísmicos lanzados en la Cuenca Cesar–Ranchería. Las Tablas C1.A, C.1.B, C.1.C y C.1.D fueron extraídas del informe general del proyecto Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. ECOPELROL 1998.

<b>REGISTRADO PARA</b>	<b>PHILLIPS PETROLEUM COMPANY</b>
<b>REGISTRADO POR</b>	<b>GSI</b>
<b>LONGITUD (km)</b>	<b>1634 km</b>
<b>CALIDAD</b>	<b>REGULAR</b>
<b>NÚMERO DE LÍNEAS REGISTRADAS</b>	<b>35</b>
<b>RESOLUCIÓN VERTICAL</b>	<b>MODERADA</b>
<b>RESOLUCIÓN HORIZONTAL</b>	<b>MODERADA</b>
<b>DATUM (m)</b>	<b>50</b>
<b>VELOCIDAD DE CORRECCIÓN (m/s)</b>	<b>2.000</b>
<b>EQUIPO DE REGISTRO</b>	<b>TI DFS IV</b>
<b>NÚMERO DE TRAZAS</b>	<b>48</b>
<b>CUBRIMIENTO (FOLD)</b>	<b>1200</b>
<b>RATA DE MUESTREO (MSEC)</b>	<b>2</b>
<b>FILTROS</b>	<b>0-124</b>
<b>AÑO DE ADQUISICIÓN</b>	<b>1979</b>
<b>FUENTE DE ENERGÍA</b>	<b>DINAMITA</b>
<b>INTERCALO DE DISPARO</b>	<b>200</b>

**Tabla C.1.A.** Programa sísmico CV 79. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. ECOPELROL 1998.

<b>REGISTRADO PARA</b>	<b>PHILLIPS PETROLEUM COMPANY</b>
<b>REGISTRADO POR</b>	<b>GSI</b>
<b>LONGITUD (km)</b>	<b>270</b>
<b>CALIDAD</b>	<b>REGULAR</b>
<b>NÚMERO DE LÍNEAS REGISTRADAS</b>	<b>14</b>
<b>RESOLUCIÓN VERTICAL</b>	<b>MODERADA</b>
<b>RESOLUCIÓN HORIZONTAL</b>	<b>MODERADA</b>
<b>DATUM (m)</b>	<b>50</b>
<b>VELOCIDAD DE CORRECCIÓN (m/s)</b>	<b>2.000</b>
<b>EQUIPO DE REGISTRO</b>	<b>TI DFS IV</b>
<b>NÚMERO DE TRAZAS</b>	<b>48</b>
<b>CUBRIMIENTO (FOLD)</b>	<b>6.000</b>
<b>RATA DE MUESTREO</b>	<b>2</b>
<b>FILTROS</b>	<b>0-124</b>
<b>AÑO DE ADQUISICIÓN</b>	<b>1980</b>
<b>FUENTE DE ENERGÍA</b>	<b>DINAMITA</b>
<b>INTERCALO DE DISPARO</b>	<b>200</b>

**Tabla C.1.B.** Programa sísmico CV 80. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. ECOPELROL. 1998.

<b>REGISTRADA PARA</b>	<b>GULF OIL CO.</b>
<b>REGISTRADA POR</b>	<b>GSI</b>
<b>LONGITUD (km)</b>	<b>285</b>
<b>CALIDAD</b>	<b>BUENA</b>
<b>NÚMERO DE LÍNEAS REGISTRADAS</b>	<b>21</b>
<b>RESOLUCIÓN VERTICAL</b>	<b>MODERADA</b>
<b>RESOLUCIÓN HORIZONTAL</b>	<b>POBRE</b>
<b>DATUM (m)</b>	<b>50</b>
<b>VELOCIDAD DE CORRECCIÓN (m/s)</b>	<b>2.000</b>
<b>EQUIPO REGISTRADO</b>	<b>DFS-V</b>
<b>NÚMERO DE TRAZAS</b>	<b>96</b>
<b>CUBRIMIENTO (FOLD)</b>	<b>2.400</b>
<b>RATA DE MUESTREO</b>	<b>2</b>
<b>FILTROS</b>	<b>8/18-128/72</b>
<b>AÑO DE ADQUISICIÓN</b>	<b>1981</b>
<b>FUENTE DE ENERGÍA</b>	<b>DINAMITA</b>
<b>INTERCALO DE DISPARO</b>	<b>100</b>

**Tabla C.1.C.** Programa sísmico Gulf Mompos. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. ECOPETROL. 1998.

<b>REGISTRADA PARA</b>	<b>ECOPETROL</b>
<b>REGISTRADA POR</b>	<b>GEOSOURCE</b>
<b>LONGITUD (Km)</b>	<b>292</b>
<b>CALIDAD</b>	<b>BUENA</b>
<b>NÚMERO DE LÍNEAS REGISTRADA</b>	<b>14</b>
<b>RESOLUCIÓN VERTICAL</b>	<b>MODERADA</b>
<b>RESOLUCIÓN HORIZONTAL</b>	<b>MODERADA</b>
<b>DATUM (m)</b>	<b>0</b>
<b>VELOCIDAD DE CORRECCIÓN (m/s)</b>	<b>2.800</b>
<b>EQUIPO REGISTRADO</b>	<b>MDS-10</b>
<b>NÚMERO DE TRAZAS</b>	<b>120</b>
<b>CUBRIMIENTO (FOLD)</b>	<b>6.000</b>
<b>RATA DE MUESTREO</b>	<b>2</b>
<b>FILTROS</b>	<b>Corta bajo: afuera Corta alto 125hz-72 db/oct</b>
<b>AÑO DE ADQUISICIÓN</b>	<b>1988</b>
<b>FUENTE DE ENERGÍA</b>	<b>VIBRADORES</b>
<b>INTERCALO</b>	<b>50</b>

**Tabla C.1.D.** Programa sísmico Guajira Cesar 88. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. ECOPETROL. 1998.

La **tabla C.1.E** se realizó con la información disponible el reporte de procesamiento del programa Sísmico las Nieves 2D.

<b>Registro</b>	
Tipo de Instrumento	SERCEL 368
Intervalo de Muestreo	2m
Longitud de Registro	6s
Filtros Bajo	Fuera
Filtros Alto	125 Hz
Formato de Grabacion	Seg-D multiplexado
<b>Fuente</b>	
Tipo de Fuente	Sismigel
Profundidad de Carga	1x21 pies
Cantidad De Carga	900g
Intervalo de Disparo	50m
<b>Receptores</b>	
Tipo de Geofonos	LRS 1016
Numero de Canales	240 Ch
Arreglo de Geofonos	centrados
Geofonos por estaca	6
Distancia Entre Geofonos	4.16m
Longitud del arreglo	20.8
Tendido	simetrico
GAP	12.5m
Cubrimiento del Subsuelo	60%-30%

**Tabla C.1.E.** Programa sísmico: Las Nieves 2D 2000. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. ECOPETROL. 1998.

Los diagramas C.1.2 a C.1.5 se extrajeron del documento Interpretación geológica de la información sísmica de la subcuenca del Ranchería elaborado por la empresa servicios geofísicos americanos en 1990 para Ecopetrol.

PROGRAMA SISMICO: RANCHERIA-79

DISPARADO POR: WESTERN	AÑO: 1979
PROCESADO POR: WESTERN	AÑO: 1979
REALIZADO PARA: ECOPEPETROL	LONGITUD: 344
CUENCA: CESAR - RANCHERIA	AREA: RANCHERIA
UBICACION:	SUBCUENCA: RANCHERIA
FUENTE: VIBRADOR	FREC. DE BARRIDO: 10 -45 Hz
TIEMPO DE BARRIDO: 7.0 SEG.	

PARAMETROS DE CAMPO

FILTRO DE CAMPO (Hz.)	MUESTREO (mseg)	TIEMPO DE REGISTRO (Seg.)	ESPACIO ENTRE		NUMERO TRAZAS	LONGITUD TENDIDO
			DISPAROS (M)	ESTACAS (M)		
10/45	4	12.2	100	50	48	1300

PARAMETROS DE PROCESAMIENTO

TIPO DE DECONVOLUCION	DATUM (mseg)	VELOCIDAD DATUM (M/S)	CUBRIMIENTO (%)	FRECUENCIA FILTRADO (Hz.)	TIPO DE MIGRACION
PRE MIN	0	1800	1200 2400	10/45	NO
OBSERVACIONES:					

**Diagrama C.1.2.** Programa sísmico Ranchería 79. Interpretación geológica de la información sísmica de la Subcuenca del Ranchería. SGL. 1991.

PROGRAMA SISMICO: PERIJA NORTE/SUR-89

DISPARADO POR: FRONTERAS	AÑO: 1989
PROCESADO POR: WESTERN	AÑO: 1989
REALIZADO PARA: ECOPETROL	LONGITUD: 267.1
CUENCA: CESAR - RANCHERIA	AREA: RANCHERIA
UBICACION:	SUBCUENCA: RANCHERIA
FUENTE: DINAMITA	FREC. DE BARRIDO:
TIEMPO DE BARRIDO:	

PARAMETROS DE CAMPO

FILTRO DE CAMPO (Hz.)	MUESTREO (mseg)	TIEMPO DE REGISTRO (Seg.)	ESPACIO ENTRE		NUMERO TRAZAS	LONGITUD TENDIDO
			DISPAROS (M)	ESTACAS (M)		
8/128	2	5	25	25	120	1475

PARAMETROS DE PROCESAMIENTO

TIPO DE DECONVOLUCION	DATUM (mseg)	VELOCIDAD DATUM (M/S)	CUBRIMIENTO (%)	FRECUENCIA FILTRADO (Hz.)	TIPO DE MIGRACION
Fas Min Spike	0	2800	6000	10/70	NO
OBSERVACIONES:					

**Diagrama C.1.3.** Programa sísmico Perijá 89. Interpretación geológica de la información sísmica de la Subcuenca del Ranchería. SGL. 1991.

PROGRAMA SISMICO: SIERRA PERIJA-1988

DISPARADO POR:	AÑO: 1988
PROCESADO POR:	AÑO: 1988
REALIZADO PARA: ESSO	LONGITUD: 94.5
CUENCA: RANCHERIA	AREA:
UBICACION:	SUBCUENCA: RANCHERIA
FUENTE: VIBROSEIS	FREC. DE BARRIDO: 10 -80 Hz
TIEMPO DE BARRIDO: 8.0 SEG.	
OBSERVACIONES: MALA CALIDAD DE DATOS	

PARAMETROS DE CAMPO

FILTRO DE CAMPO (Hz.)	MUESTREO (mseg)	TIEMPO DE REGISTRO (Seg.)	ESPACIO ENTRE		NUMERO TRAZAS	LONGITUD TENDIDO
			DISPAROS (M)	ESTACAS (M)		
10/80	2	13.0	100	50	120	3075

PARAMETROS DE PROCESAMIENTO

TIPO DE DECONVOLUCION	DATUM (mseg)	VELOCIDAD DATUM (M/S)	CUBRIMIENTO (%)	FRECUENCIA FILTRADO (Hz.)	TIPO DE MIGRACION
PRE	0	2800	60	15/50	F-K/80%
OBSERVACIONES: MALA CALIDAD					

**Diagrama C.1.4.** Programa sísmico Sierra Perijá 1988. Interpretación geológica de la información sísmica de la Subcuenca del Ranchería. SGL. 1991.

<b>Registro</b>	
Longitud	182 Km
Numero de líneas	6
Distancia entre receptores	20 m
Distancia entre fuentes	40 m
Canales	800
Cubrimiento	200 m
Offset	8000
Longitud Grabación	12 s
Muestreo	2 ms
Tendido	Split Spread
Profundidad Carga	39 m
Carga	5400

**Tabla C.1.5.** Programa Sísmico La Loma 2D. Potencial Petrolífero Cuenca Cesar-Ranchería. ECOPETROL. 1998.



Anexo 4.

Base de datos sísmica.

Esta base de datos se construyó mediante la realización de un inventario detallado de la información disponible en cada una de las carpetas descargadas del EPIS, en las que se encuentran los archivos correspondientes a los programas sísmicos adquiridos en la cuenca Cesar Ranchería. Se encuentra organizada de forma cronológica, iniciando con los programas adquiridos en el año de 1979 y finalizando con el desplegado en el 2005. En la **tabla 8.2.1** se resumen las líneas con las que se cuenta a nivel de archivos de extensión SEG-Y, UKKOA, tiff, pdf y jpg, los cuales contienen la información detallada de adquisición, imágenes sísmicas, reportes especiales (operaciones, interpretación) y demás datos de interés.

PROYECTO	LÍNEAS	OBSERVACIONES
CESAR RANCHERIA-79	CR-1979-01	
	CR-1979-02	
	CR-1979-003	
	CR-1979-03	
	CR-1979-004	
	CR-1979-04	
	CR-1979-05	
	CR-1979-006	
	CR-1979-06	
	CR-1979-07	
	CR-1979-008	
	CR-1979-08	
	CR-1979-23	
	CR-1979-26	
	CR-1979-43	
	CESAR VALLEY-79	<a href="#">CV-1979-01</a>
<a href="#">CV-1979-02</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>
<a href="#">CV-1979-03</a>		<a href="#">Imagen adicional1</a>   <a href="#">Imagen adicional2</a>
<a href="#">CV-1979-04</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>
<a href="#">CV-1979-05</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>
<a href="#">CV-1979-06</a>		
<a href="#">CV-1979-06A</a>		
<a href="#">CV-1979-07</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>
<a href="#">CV-1979-08</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>
<a href="#">CV-1979-08A</a>		
<a href="#">CV-1979-08EXT</a>		
<a href="#">CV-1979-09</a>		
<a href="#">CV-1979-10</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>   <a href="#">Imagen jpg adicional</a>
<a href="#">CV-1979-11</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>   <a href="#">Imagen jpg adicional</a>   <a href="#">Imagen jpg adicional</a>
<a href="#">CV-1979-12</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>   <a href="#">Imagen jpg adicional</a>
<a href="#">CV-1979-13</a>		<a href="#">Img 1</a>   <a href="#">Img 2</a>   <a href="#">Img 3</a>   <a href="#">Img 4</a>   <a href="#">Img 5</a>   <a href="#">Img 6</a>   <a href="#">Img 7</a>   <a href="#">Img 8</a>
<a href="#">CV-1979-14</a>		<a href="#">Imagen jpg adicional</a>
<a href="#">CV-1979-15</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>
<a href="#">CV-1979-15EXT</a>		
<a href="#">CV-1979-16</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>
<a href="#">CV-1979-17</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>
<a href="#">CV-1979-18</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>
<a href="#">CV-1979-19</a>		<a href="#">Img 1</a>   <a href="#">Img 2</a>   <a href="#">Jpg 1</a>   <a href="#">Jpg 2</a>   <a href="#">Jpg 3</a>
<a href="#">CV-1979-20</a>		
<a href="#">CV-1979-21</a>		<a href="#">Imagen jpg adicional</a>
<a href="#">CV-1979-22</a>		
<a href="#">CV-1979-23</a>		<a href="#">Imagen jpg adicional</a>
<a href="#">CV-1979-24</a>		
<a href="#">CV-1979-25</a>		<a href="#">Imagen jpg adicional</a>
<a href="#">CV-1979-26</a>		
<a href="#">CV-1979-27</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>	
<a href="#">CV-1979-28</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>	
<a href="#">CV-1979-29</a>		
<a href="#">CV-1979-30</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>	

	<a href="#">CV-1979-31</a>		
	<a href="#">CV-1979-32</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>	
	<a href="#">CV-1979-33</a>		
	<a href="#">CV-1979-35</a>		
	<a href="#">CV-1979-37</a>	<a href="#">Imagen adicional</a>	
	<a href="#">CV-1979-39</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>	
	<a href="#">CV-1979-41</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>	
	<a href="#">CV-1979-42</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>	
	<a href="#">CV-1979-43</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>	
	<a href="#">CV-1979-44</a>		
	<a href="#">CV-1979-45</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>	
	<a href="#">CV-1979-46</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>	
	<a href="#">CV-1979-47</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>	
	<a href="#">CV-1979-48</a>		
	<a href="#">CV-1979-51</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>	
<b>MOMPOS-81</b>	<a href="#">GM-1981-01</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-02</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-03</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-04</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-05</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-06</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-07</a>	<a href="#">Informe eva estructural</a>   <a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-08</a>		
	<a href="#">GM-1981-09</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-10</a>		
	<a href="#">GM-1981-12</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-14</a>		
	<a href="#">GM-1981-15</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-17</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-19</a>		
	<a href="#">GM-1981-21</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-22</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>	
	<a href="#">GM-1981-23</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	
	<a href="#">GM-1981-25</a>	<a href="#">Imagen adicional final</a>   <a href="#">Imagen adicional migrada</a>	
	<a href="#">GM-1981-26</a>	<a href="#">Imagen adicional final</a>   <a href="#">Imagen adicional migrada</a>	
	<a href="#">GM-1981-28</a>	<a href="#">Imagen adicional final</a>   <a href="#">Imagen adicional migrada</a>	
	<b>GUAJIRA CESAR-88 CERA</b>	<a href="#">CR-1988-1100</a>	<a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">2</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">3</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">4</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">5</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">6</a>   <a href="#">Interp</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Interp</a> <a href="#">2</a>
		<a href="#">CR-1988-1180</a>	<a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">2</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">3</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">4</a>   <a href="#">Inter.</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Inter.</a> <a href="#">2</a>
<a href="#">CR-1988-1200</a>		<a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">2</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">3</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">4</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">5</a>   <a href="#">Inter.</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Inter.</a> <a href="#">2</a>	
<a href="#">CR-1988-1260</a>		<a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">2</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">3</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">4</a>   <a href="#">Inter.</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Inter.</a> <a href="#">2</a>	
<a href="#">CR-1988-1400</a>		<a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">2</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">3</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">4</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">5</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">6</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">7</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">8</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">9</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">10</a>   <a href="#">Ip</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Ip</a> <a href="#">2</a>	
<a href="#">CR-1988-1440</a>		<a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">2</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">3</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">4</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">5</a>   <a href="#">Im</a> <a href="#">g</a> <a href="#">7</a>   <a href="#">Inter.</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Inter.</a> <a href="#">2</a>	
<a href="#">CR-1988-1485</a>		<a href="#">Imagen</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Imagen</a> <a href="#">2</a>   <a href="#">Imagen</a> <a href="#">3</a>   <a href="#">Interpr</a> <a href="#">1</a>	
<a href="#">CR-1988-1500</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>   <a href="#">Interpretación pdf</a>	
<a href="#">CR-1988-1620</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>   <a href="#">Interpretación pdf</a>	
<a href="#">CR-1988-1620EXT</a>		<a href="#">Imagen adicional</a>   <a href="#">Interpretación pdf</a>	
<a href="#">CR-1988-1650</a>		<a href="#">Imagen</a> <a href="#">1</a>   <a href="#">Imagen</a> <a href="#">2</a>   <a href="#">Imagen</a> <a href="#">3</a>   <a href="#">Interpretación</a>	
<a href="#">CR-1988-1800</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>	
<a href="#">CR-1988-</a>		<a href="#">Imagen adic</a>   <a href="#">Imagen adic 2</a>   <a href="#">Imagen adic 3</a>	

	<a href="#">1840</a>	<a href="#">1</a>			
	<a href="#">CR-1988-1875</a>	<a href="#">Imagen adic 2</a>		<a href="#">Imagen adic 3</a>	
GUAJIRA VNN	<a href="#">CV-1988-1300</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">CV-1988-1350</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">CV-1988-1390</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>		
	<a href="#">CV-1988-8000</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">CV-1988-8030</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
GUAJIRA CESAR-88 VNS	<a href="#">CV-1988-1100</a>				
	<a href="#">CV-1988-1190EXT</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	
	<a href="#">CV-1988-1200</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	
	<a href="#">CV-1988-1260</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional jpg 1</a>	
	<a href="#">CV-1988-1400</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	
	<a href="#">CV-1988-1670</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>		<a href="#">Imagen adicional 2</a>	
	<a href="#">CV-1988-1825</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	
SIERRA PERIJA-88	<a href="#">CP-1988-1190</a>				
	<a href="#">CP-1988-1200</a>				
	<a href="#">CP-1988-1250</a>				
	<a href="#">CP-1988-1400</a>				
	<a href="#">CP-1988-1460</a>				
	<a href="#">CP-1988-1820</a>				
PERIJA-89	<a href="#">CV-1989-620</a>				
	<a href="#">CV-1989-850</a>				
	<a href="#">CV-1989-950</a>				
	<a href="#">CV-1989-1100</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	<a href="#">interpretación pdf</a>
	<a href="#">CV-1989-1140</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>		<a href="#">Imagen adicional 2</a>	
	<a href="#">CV-1989-1885</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	<a href="#">Interpreta</a>
	<a href="#">CV-1989-2065</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Interpretación</a>	
	<a href="#">CV-1989-2220</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Interpretación</a>	
	<a href="#">CV-1989-2280</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Interpretación</a>	
	<a href="#">CV-1989-2490</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>		<a href="#">Imagen adicional 2</a>	
	<a href="#">CV-1989-2680</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	LAS NIEVES 2D-2000	<a href="#">LL-2000-01</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>		
<a href="#">LL-2000-06</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
<a href="#">LL-2000-08</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
<a href="#">LL-2000-10</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
<a href="#">LL-2000-16</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
<a href="#">LL-2000-20</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
SORPRESA 2D- 2002	<a href="#">GS-2002-520</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">GS-2002-740</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">GS-2002-780</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">GS-2002-915</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">GS-2002-1112</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">GS-2002-</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			

	<a href="#">1150</a>	
	<a href="#">GS-2002-1220</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>
	<a href="#">GS-2002-1250</a>	
	<a href="#">GS-2002-1300</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>
	<a href="#">GS-2002-1370</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>
LA LOMA 2D-2005	DRED-2005-01	
	DRED-2005-03	
	DRED-2005-04	
	DRED-2005-05	
	DRMP-2005-01	
	DRMP-2005-02	
	DRMP-2005-03	
	DRRH-2005-01	
	DRRH-2005-02	
	DRRH-2005-03	
	DRRH-2005-04	

**Tabla 8.2.1.** Archivos en extensiones SEG-Y, UKKOA, tiff, pdf, y jpg, de líneas las cuales contienen información detallada sobre adquisición, imagen, reportes y demás datos de interés.

### D Anexo Base de datos sísmica.

Esta base de datos se construyó mediante la realización de un inventario detallado de la información disponible en cada una de las carpetas descargadas del EPIS, en las que se encuentran los archivos correspondientes a los programas sísmicos adquiridos en la cuenca Cesar Ranchería. Se encuentra organizada de forma cronológica, iniciando con los programas adquiridos en el año de 1979 y finalizando con el desplegado en el 2005. En la **tabla D.2.1** se resumen las líneas con las que se cuenta a nivel de archivos de extensión SEG-Y, UKKOA, tiff, pdf y jpg, los cuales contienen la información detallada de adquisición, imágenes sísmicas, reportes especiales (operaciones, interpretación) y demás datos de interés.

PROYECTO	LÍNEAS	OBSERVACIONES
CESAR RANCHERIA-79	CR-1979-01	
	CR-1979-02	
	CR-1979-003	
	CR-1979-03	
	CR-1979-004	
	CR-1979-04	
	CR-1979-05	
	CR-1979-006	
	CR-1979-06	
	CR-1979-07	
	CR-1979-008	
	CR-1979-08	
	CR-1979-23	
	CR-1979-26	
	CR-1979-43	
CESAR VALLEY-79	<a href="#">CV-1979-01</a>	
	<a href="#">CV-1979-02</a>	<a href="#">Imagen adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-03</a>	<a href="#">Imagen adicional1</a>   <a href="#">Imagen adicional2</a>
	<a href="#">CV-1979-04</a>	<a href="#">Imagen adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-05</a>	<a href="#">Imagen adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-06</a>	
	<a href="#">CV-1979-06A</a>	
	<a href="#">CV-1979-07</a>	<a href="#">Imagen adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-08</a>	<a href="#">Imagen adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-08A</a>	
	<a href="#">CV-1979-08EXT</a>	
	<a href="#">CV-1979-09</a>	
	<a href="#">CV-1979-10</a>	<a href="#">Imagen adicional</a>   <a href="#">Imagen jpg adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-11</a>	<a href="#">Imagen adicional</a>   <a href="#">Imagen jpg adicional</a>   <a href="#">Imagen jpg adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-12</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>   <a href="#">Imagen jpg adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-13</a>	<a href="#">Img 1</a>   <a href="#">Img 2</a>   <a href="#">Img 3</a>   <a href="#">Img 4</a>   <a href="#">Img 5</a>   <a href="#">Img 6</a>   <a href="#">Img 7</a>   <a href="#">Img 8</a>
	<a href="#">CV-1979-14</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-15</a>	<a href="#">Imagen adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-15EXT</a>	
	<a href="#">CV-1979-16</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>
	<a href="#">CV-1979-17</a>	<a href="#">Imagen adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-18</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>
	<a href="#">CV-1979-19</a>	<a href="#">Img 1</a>   <a href="#">Img 2</a>   <a href="#">Jpg 1</a>   <a href="#">Jpg 2</a>   <a href="#">Jpg 3</a>
	<a href="#">CV-1979-20</a>	
	<a href="#">CV-1979-21</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-22</a>	
	<a href="#">CV-1979-23</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-24</a>	
	<a href="#">CV-1979-25</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>
	<a href="#">CV-1979-26</a>	
	<a href="#">CV-1979-27</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>
<a href="#">CV-1979-28</a>	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>	
<a href="#">CV-1979-29</a>		
<a href="#">CV-1979-30</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>   <a href="#">Imagen adicional 2</a>	
<a href="#">CV-1979-31</a>		

	CV-1979-32	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>										
	CV-1979-33												
	CV-1979-35												
	CV-1979-37	<a href="#">Imagen adicional</a>											
	CV-1979-39	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>											
	CV-1979-41	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>										
	CV-1979-42	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>										
	CV-1979-43	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>										
	CV-1979-44												
	CV-1979-45	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>											
	CV-1979-46	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>											
	CV-1979-47	<a href="#">Imagen jpg adicional</a>											
	CV-1979-48												
	CV-1979-51	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>										
MOMPOS-81	GM-1981-01	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-02	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-03	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-04	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-05	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-06	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-07	<a href="#">Informe eva estructural</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>										
	GM-1981-08												
	GM-1981-09	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-10												
	GM-1981-12	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-14												
	GM-1981-15	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-17	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-19												
	GM-1981-21	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-22	<a href="#">Interpretación pdf</a>											
	GM-1981-23	<a href="#">Imagen adicional 1</a>											
	GM-1981-25	<a href="#">Imagen adicional final</a>	<a href="#">Imagen adicional migrada</a>										
	GM-1981-26	<a href="#">Imagen adicional final</a>	<a href="#">Imagen adicional migrada</a>										
GM-1981-28	<a href="#">Imagen adicional final</a>	<a href="#">Imagen adicional migrada</a>											
GUAJIRA CESAR-88 CERA	CR-1988-1100	<a href="#">Im 1</a>	<a href="#">Img 2</a>	<a href="#">Img 3</a>	<a href="#">Img 4</a>	<a href="#">Img 5</a>	<a href="#">Img 6</a>	<a href="#">Interp 1</a>	<a href="#">Interp 2</a>				
	CR-1988-1180	<a href="#">Im 1</a>	<a href="#">Img 2</a>	<a href="#">Img 3</a>	<a href="#">Img 4</a>	<a href="#">Inter. 1</a>	<a href="#">Inter. 2</a>						
	CR-1988-1200	<a href="#">img 2</a>	<a href="#">img 3</a>	<a href="#">img 4</a>	<a href="#">img 5</a>	<a href="#">Inter. 1</a>	<a href="#">Inter. 2</a>						
	CR-1988-1260	<a href="#">Im 1</a>	<a href="#">img 2</a>	<a href="#">img 3</a>	<a href="#">img 4</a>	<a href="#">Inter. 1</a>	<a href="#">Inter. 2</a>						
	CR-1988-1400	<a href="#">Im 1</a>	<a href="#">Im 2</a>	<a href="#">Im 3</a>	<a href="#">Im 4</a>	<a href="#">Im 5</a>	<a href="#">Im 6</a>	<a href="#">Im 7</a>	<a href="#">Im 8</a>	<a href="#">Im 9</a>	<a href="#">Im 10</a>	<a href="#">lp 1</a>	<a href="#">lp 2</a>
	CR-1988-1440	<a href="#">Im 1</a>	<a href="#">img 2</a>	<a href="#">img 3</a>	<a href="#">img 4</a>	<a href="#">img 5</a>	<a href="#">img 7</a>	<a href="#">Inter. 1</a>	<a href="#">Inter. 2</a>				
	CR-1988-1485	<a href="#">Imagen 1</a>	<a href="#">Imagen 2</a>	<a href="#">Imagen 3</a>	<a href="#">Interpr 1</a>								
	CR-1988-1500	<a href="#">Imagen adicional</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>										
	CR-1988-1620	<a href="#">Imagen adicional</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>										
	CR-1988-1620EXT	<a href="#">Imagen adicional</a>	<a href="#">Interpretación pdf</a>										
	CR-1988-1650	<a href="#">Imagen 1</a>	<a href="#">Imagen 2</a>	<a href="#">Imagen 3</a>	<a href="#">Interpretación</a>								
	CR-1988-1800	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>										
	CR-1988-1840	<a href="#">Imagen adic 1</a>	<a href="#">Imagen adic 2</a>	<a href="#">Imagen adic 3</a>									

	<a href="#">CR-1988-1875</a>	<a href="#">Imagen adic 2</a>		<a href="#">Imagen adic 3</a>	
GUAJIRA CESAR-88 VNN	<a href="#">CV-1988-1300</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">CV-1988-1350</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">CV-1988-1390</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>		
	<a href="#">CV-1988-8000</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">CV-1988-8030</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
GUAJIRA CESAR-88 VNS	<a href="#">CV-1988-1100</a>				
	<a href="#">CV-1988-1190EXT</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	
	<a href="#">CV-1988-1200</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	
	<a href="#">CV-1988-1260</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional jpg 1</a>	
	<a href="#">CV-1988-1400</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	
	<a href="#">CV-1988-1670</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>		<a href="#">Imagen adicional 2</a>	
	<a href="#">CV-1988-1825</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	
SIERRA PERIJA-88	<a href="#">CP-1988-1190</a>				
	<a href="#">CP-1988-1200</a>				
	<a href="#">CP-1988-1250</a>				
	<a href="#">CP-1988-1400</a>				
	<a href="#">CP-1988-1460</a>				
	<a href="#">CP-1988-1820</a>				
	PERIJA-89	<a href="#">CV-1989-620</a>			
<a href="#">CV-1989-850</a>					
<a href="#">CV-1989-950</a>					
<a href="#">CV-1989-1100</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	<a href="#">interpretación pdf</a>
<a href="#">CV-1989-1140</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>		<a href="#">Imagen adicional 2</a>	
<a href="#">CV-1989-1885</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Imagen adicional 3</a>	<a href="#">Interpreta</a>
<a href="#">CV-1989-2065</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Interpretación</a>	
<a href="#">CV-1989-2220</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 2</a>	<a href="#">Interpretación</a>	
<a href="#">CV-1989-2280</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>	<a href="#">Interpretación</a>	
<a href="#">CV-1989-2490</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>		<a href="#">Imagen adicional 2</a>	
<a href="#">CV-1989-2680</a>		<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
LAS NIEVES 2D-2000	<a href="#">LL-2000-01</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">LL-2000-06</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">LL-2000-08</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">LL-2000-10</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">LL-2000-16</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">LL-2000-20</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
SORPRESA 2D- 2002	<a href="#">GS-2002-520</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">GS-2002-740</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">GS-2002-780</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">GS-2002-915</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">GS-2002-1112</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			
	<a href="#">GS-2002-1150</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>			

	<a href="#">GS-2002-1220</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>
	<a href="#">GS-2002-1250</a>	
	<a href="#">GS-2002-1300</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>
	<a href="#">GS-2002-1370</a>	<a href="#">Imagen adicional 1</a>
<b>LA LOMA 2D-2005</b>	DRED-2005-01	
	DRED-2005-03	
	DRED-2005-04	
	DRED-2005-05	
	DRMP-2005-01	
	DRMP-2005-02	
	DRMP-2005-03	
	DRRH-2005-01	
	DRRH-2005-02	
	DRRH-2005-03	
	DRRH-2005-04	

**Tabla D.2.1.** Archivos en extensiones SEG-Y, UKKOA, tiff, pdf, y jpg, de líneas las cuales contienen información detallada sobre adquisición, imagen, reportes y demás datos de interés.