

# APUNTES SOBRE LA ESTRATIGRAFÍA Y LA TECTÓNICA DE LA CUENCA INFERIOR DEL CATATUMBO COLOMBIANO

por

Jaime Galvis Vergara<sup>1</sup>, Ricardo de la Espriella<sup>2</sup>, Ricardo Cortés Delvalle<sup>3</sup> & Guillermo Ujueta<sup>4</sup>

## Resumen

Galvis Vergara J., R. de la Espriella, R. Cortés Delvalle, & G. Ujueta. Apuntes sobre la estratigrafía y la tectónica de la cuenca inferior del Catatumbo Colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 25(96): 337-361, 2001. ISSN 0370-3908.

Adicionalmente al conocimiento tradicional de la geología de esta región, se observa que existen dos secuencias sedimentarias diferentes en la cuenca inferior del Catatumbo Colombiano, depositadas en diferentes ambientes, puestas en contacto por una gran falla direccional SW-NE, conocida como Falla Río de Oro o Falla San Lucas. Los sedimentos del bloque Oriental de la falla son parte de la cuenca sedimentaria de Tibú y Cúcuta. Los sedimentos del bloque Occidental presentan afinidad con los del valle del río Cesar, en la zona de La Jagua, y con los de la región de Machiques al noroeste del Estado de Zulia en Venezuela.

Además de la anterior, hay una gran falla direccional N-S, denominada Falla Catatumbo, la cual parece ser cogenética con la de Río de Oro y otras fallas locales. Las formas de las estructuras que se observan en esta región son típicas de áreas donde domina una tectónica transcurrente.

**Palabras clave:** Estratigrafía, Tectónica, Río Catatumbo, Colombia.

## Abstract

In addition to the traditional knowledge of the geology of the Colombian Lower Catatumbo Region, the present paper indicates the presence of different stratigraphic sequences at each side of the transcurrent SW-NE Río de Oro (or San Lucas) fault. The sediments of the Eastern block are part of the Tibú-Cúcuta basin, while the sediments of the Western block are similar to those present in the La Jagua area (Cesar Valley basin) and in the Machiques region (NW Zulia District) in Venezuela.

There is another large N-S directional fault, the Catatumbo Fault, which is apparently cogenetic with the Río de Oro Fault and other local faults. The shape of the regional structures is typical of areas where transcurrent tectonism is predominant.

**Key words:** Stratigraphy, Tectonics, Catatumbo river, Colombia.

1 Transversal 19 No. 61-33, Bogotá D.C., Colombia.

2 Carrera 13 A No. 90-21 Of. 403, Apartado Aéreo 92094, Bogotá D.C., Colombia. E-mail: ricardo@cachivaches.com

3 Carrera 13 A No. 90-21 Of. 403, Bogotá D.C., Colombia. E-mail: consultasoc@colomsat.net.co

4 Diagonal 130 No. 9B-28 Apto. 202, Bogotá D.C., Colombia.

## Introducción

El conocimiento geológico es un acopio progresivo y evolutivo de datos e ideas, tendiente a tratar de acercarse a la verdad, que en forma absoluta nunca se alcanza. En la zona del Catatumbo (Ver figura 1) se han hecho estudios desde los años 20's, con los cuales se han ido descubriendo aspectos favorables a la acumulación de hidrocarburos. Esas ideas han producido descubrimientos muy notables. En el presente estudio se ha hecho un esfuerzo para revisar algunos conceptos sobre la geología de la cuenca inferior del Catatumbo Colombiano, desde puntos de vista adicionales.

La bibliografía disponible es extensa e iterativa. De ella, los mapas e informes consultados se citan en el capítulo final. Adicionalmente se revisaron numerosos registros de pozos y líneas sísmicas, lo cual, añadido a una revisión de evidencias observables en el terreno y a una interpretación fotogeológica de toda el área constituyen las bases del presente artículo.

## Geomorfología

La región objeto del estudio presenta cinco paisajes geomorfológicos: Llanura del Lago Maracaibo, Serranías

de Tibú y San Lucas, Paisaje de Mesetas, Valle Catatumbo-Caño Tomás y Vertiente de la Cordillera.

### Llanura del Lago Maracaibo

Comprende la zona Oriental del área, desde el piedemonte de las Serranías de Tibú y San Lucas, hasta el territorio de Venezuela.

Presenta tres morfologías fácilmente diferenciables:

- **Llanura**, cubierta de arenas eólicas de drenaje dendrítico y ocasionalmente angular. Es una red hidrográfica relativamente poco densa y se presenta al extremo oriental, hacia la zona de Vetas de Oriente, al pie de la Serranía de Tibú y al Sur llegando a Caño La Raya, donde afloran arcillas y localmente se presentan lagunas y pantanos. También se observa en la región de Tresbocas, al Este de Tibú y en el curso inferior del río Sardinata.
- **Zona de Colinas** de arena eólica levantada, la que alcanza alturas superiores a 100 metros y presenta una topografía muy accidentada por la rápida erosión de las arenas, lo que produce profundas cárcavas, zanjones y cañadas.

Este tipo de morfología se presenta entre los ríos Vetas y Catatumbo, principalmente al Este de la carretera La Gabarra-Tibú y en el sector comprendido entre el río Vetas y el caño La Raya, donde se encuentra el Alto del Mirador.

- Las **planicies aluviales** de los ríos de Oro y Catatumbo, hacia el sector Nordeste, y más al Sur las de los ríos Nuevo Presidente, Tibú y Sardinata. Allí se presenta una llanura de inundación, con meandros abandonados y complejos orillares. Predominan depósitos aluviales de granulometría fina y algunas terrazas bajas.

### Serranía de Tibú - San Lucas

Comprende una cuchilla de dirección N-S de poca altura, asimétrica, que presenta cinco sectores bien definidos:

- La parte Sur, desde la población de Las Mercedes hasta el caserío de Pacelli, presenta las cotas más altas y es un sector donde más que una cuchilla, parece una meseta inclinada hacia el Este, cortada por profundos cañones de los ríos Danta, Nuevo Presidente y Tibú.
- Desde la localidad de Pacelli hasta la cabecera de la Quebrada Pedregosa, se presenta una serranía baja y continua, en un solo cordón, la cual conforma el di-

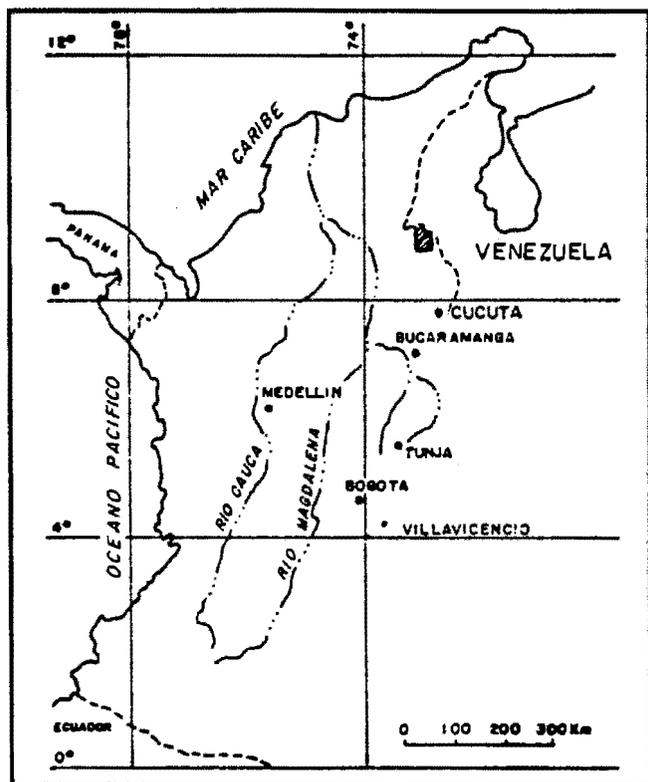


Figura 1. Mapa de localización.

vorcio de aguas entre el río Catatumbo y los ríos Vetas y Socuavo; es notablemente asimétrica, con un flanco oriental suavemente inclinado y una vertiente occidental abrupta a escarpada.

- En el sector comprendido entre la quebrada Pedregosa y los nacimientos del caño Esmeralda, la Serranía pierde continuidad morfológica, reduciéndose a lomas aisladas y erráticas. En todo ese sector no constituye el divorcio de aguas. Las corrientes que afluyen al río Vetas, tales como caño Negro y caño Arenas, tienen sus cabeceras un tanto más hacia el Occidente del término promedio que se evidencia en los tramos adyacentes de la Serranía.
- El sector entre el nacimiento de caño Esmeralda y un cañón estrecho al Sur del ascenso de la carretera entre Puerto Barco y El 40. En la parte comprendida en esos límites, la serranía presenta dos cordones, como se puede observar en la finca La Esperanza, al Oeste de La Gabarra. En este sector el río Catatumbo cruza la serranía, formando un cañón estrecho.
- La serranía de San Lucas propiamente dicha, comprendida desde proximidades de El Cuarenta hasta el Río de Oro. Presenta un notable cambio de dirección hacia el noreste. La vertiente oriental se hace bastante empinada y alta; la occidental presenta menor altura y pendiente más suave.

### **Paisaje de Mesetas**

Esta unidad geomorfológica se presenta al Occidente de la Serranía Tibú-San Lucas. Comprende mesetas estructurales ligeramente inclinadas, dando un paisaje que es común al sur, en la región al oriente de las fallas de Catatumbo y Las Mercedes, y se puede dividir en tres áreas fácilmente diferenciables:

- Un **Area Sur**, donde se presentan formas mesetarias entre las Fallas de Las Mercedes y Catatumbo al Oeste y el río Sardinata al Este. Dichas mesetas se presentan cortadas por cañones que pueden superar los 500 m de profundidad.
- Un **Area Central**, limitada por la serranía de Tibú al Este y el valle del Catatumbo al Norte. Esta subzona comprende una mesa estructural que buza suavemente hacia el Oriente y forma un pronunciado escarpe en su borde occidental.
- Un **Area Norte**, limitada al Este por la serranía de San Lucas, al Oeste por el valle de los caños San

Miguel y Tomás, y al Sur por el Cañón del río Catatumbo. Este paisaje continúa hacia el Norte, en territorio de Venezuela. Básicamente comprende un semi-círculo de mesetas, cuyo centro hacia donde buzan se halla al Norte, en territorio de Venezuela. Las mesetas allí forman una especie de cubeta cuyos bordes hacia el Sur, Oeste y aún Este, son escarpes de altura variable.

### **Valle Las Mercedes - Río Catatumbo - Caño Tomás**

Este paisaje comprende una llanura alargada en sentido Norte-Sur, cuya anchura máxima es de aproximadamente 6 kilómetros. Limita al Oriente con el paisaje de Mesetas, hasta las bocas de la quebrada Pedregosa; de allí hacia el Sur, con el paisaje de Serranía de Tibú-San Lucas. Al Occidente limita con la vertiente de la Cordillera.

Esta morfología no presenta diferencias que permitan subdividirla. Básicamente comprende una depresión de origen tectónico-litológico, por la que se encauzó el río Catatumbo, el río Orú y parte de los ríos Tibú, Nuevo Presidente y Danta.

La morfología de las vertientes de Caño Tomás tiene características dignas de mención. En primer lugar, es notable la altura topográfica de algunas terrazas. Al Sur de Caño Martillo se observan restos de terrazas, cuya base se encuentra por encima de la cota 100 m.s.n.m., esto es, más de 50 metros sobre el lecho del Catatumbo. Es interesante además anotar que se observan terrazas afectadas por fallamiento en varios sitios de esta planicie.

Otro aspecto importante es la presencia de potentes terrazas en el Valle de Caño Tomás, cuya continuidad con las de Caño San Miguel y las del Río Catatumbo sugiere que este último tuvo un curso hacia el Norte, confluyendo con el Río de Oro, donde hoy lo hace Caño Tomás. Por lo tanto, el actual lecho del Río Catatumbo, de las bocas de Caño Castillo hacia el Nordeste, es originado por una captura posterior.

Hacia el borde Occidental de este valle, es espectacular la presencia de sedimentos aluviales recientes en el valle Catatumbo-San Miguel-Tomás. Actualmente está dispuesto como residuos en forma de terrazas. Al observarlas en conjunto, estas terrazas sugieren la existencia de abanicos aluviales, cuyos ápices y fuentes de aporte se derivaron del Occidente y/o vertiente de la cordillera. Es decir, que las terrazas aluviales corresponden a remanentes de los citados abanicos, como puede observarse en las imágenes de satélite, y aún deducirse de los planos topográficos de escala 1: 25.000.

### Vertiente de la Cordillera

Este paisaje, cuyo límite Oriental es la llanura del Catatumbo y Caño Tomás, presenta cuatro áreas notablemente diferentes:

- Desde Las Mercedes al Sur hasta el caserío de Luis Vero se presenta un relieve muy accidentado que constituye la vertiente occidental de la Serranía de Ventanas.
- Desde Luis Vero hasta la confluencia de los ríos Catatumbo y Orú se suavizan las pendientes y se presenta una gran geoforma semidómica entre Orú, Filo Gringo y el río Catatumbo.
- De allí hasta el Caño Las Micas, se presenta un plano inclinado hacia el NEE, el cual se ve disectado por los caños principales tales como Martillo y Brandy. Las corrientes menores no forman cañadas. El plano estructural en mención presenta una ruptura que le produce un escalonamiento de Caño Martillo hacia el Sur, en dirección SSW.

Es interesante anotar que algunos caños mayores, tales como el Martillo, no forman abanicos al salir de la cordillera, y hacia la parte inferior de sus cañones presentan terrazas altas, que parecen restos de un relleno aluvial fósil del Catatumbo y no provenientes de las cabeceras del respectivo caño.

- Al Norte del Caño Las Micas, la vertiente cordillerana es mucho más accidentada. Allí no hay un plano estructural y las vertientes presentan un patrón complejo de cañadas y serranías, donde se destaca el cañón rectilíneo en dirección W-E del curso superior del Caño San Miguel.

### Estratigrafía

La secuencia litológica de la zona Catatumbo-Río de Oro, presenta unidades estratigráficas en un amplísimo intervalo de edades, desde el Precámbrico tardío o Proterozoico hasta el Holoceno, con importantes hiatos en el Paleozoico, posiblemente en el Triásico y en el Cretáceo Inferior.

En el estudio de campo se pudo verificar que existen dos secuencias litológicas que pueden diferenciarse en varias de sus unidades (ver figuras 2 y 3); al mencionarlas y describirlas se hace una distinción entre ellas. La Falla de Río de Oro (por algunos autores denominada Falla de San Lucas) separa las dos áreas cuya estratigrafía difiere (ver figura 4). La descripción de dicha falla se hace en la parte referente a tectónica.

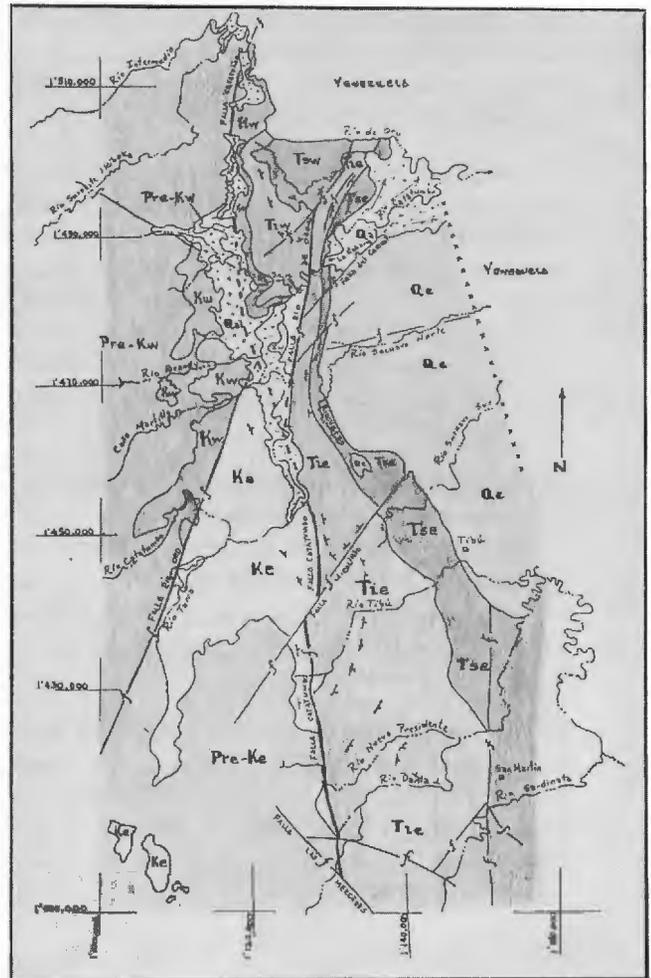


Figura 2. Mapa geológico de la cuenca estudiada.

En orden cronológico se presentan las siguientes unidades litológicas:

### Precámbrico

Comprende migmatitas de composición y textura ampliamente variable, existiendo facies de aspecto y composición granitoide, en la que se presenta una paragénesis de cuarzo, feldespato de potasio (generalmente microclina u ortoclasa perfitica), plagioclasa, biotita y/o anfíbol, generalmente la mica reemplazando a éste último mineral, a veces muscovita, y accesorios, generalmente minerales de titanio, zircones metamórficos y apatito. Se encuentran facies de textura neisoide y composición cuarzo-feldespática, cuarzo-feldespática-anfibólica, y cuarzo-feldespática-biotítica; además presenta cuarcitas, anfibolitas, micacitas, neises aluminicos, etc. Esta clase de litología es muy conspicua al Occidente del Valle Infe-

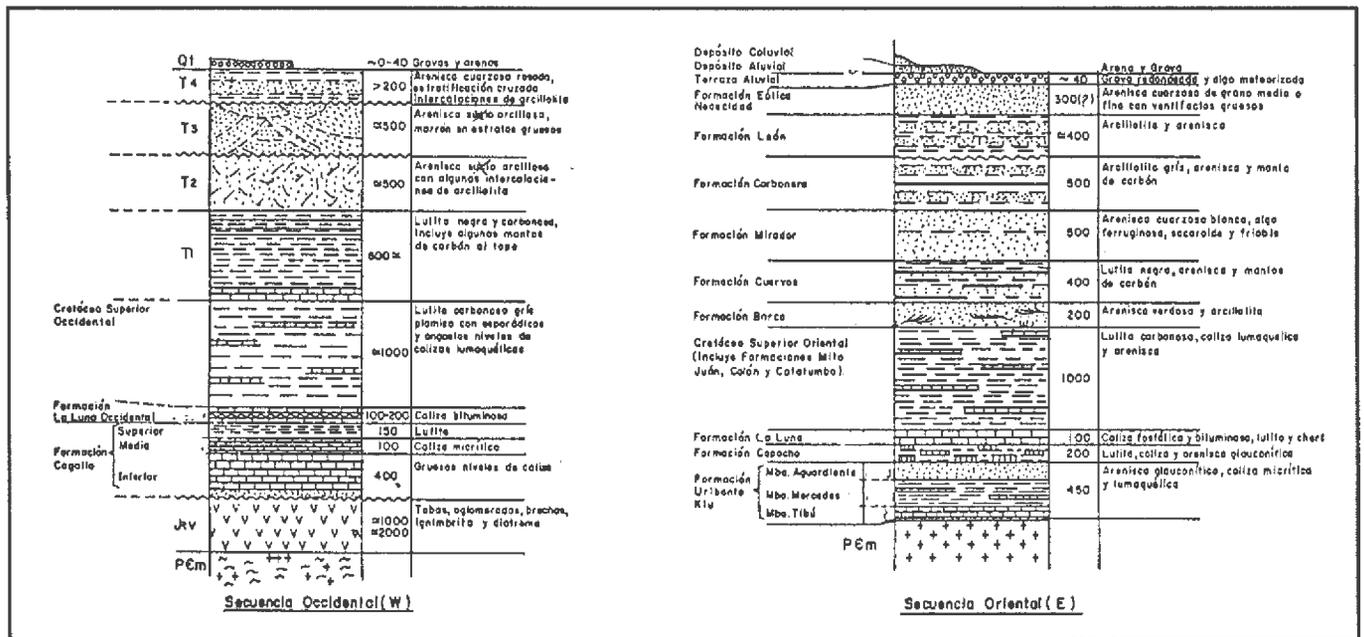


Figura 3. Columnas estratigráficas generalizadas.

rior del Catatumbo y en la Sierra de Banderas, al Sur. Generalmente el contacto granito-neis es gradacional.

El Precámbrico comprende además esquistos y filitas de composición aluminica y cuarzosa. Se trata en general de metapelitas y meta-areniscas con un bajo grado de metamorfismo. Estas unidades se observan en el curso superior de los caños Brandy, Castillo, Las Micas y Martillo, en el río Catatumbo aguas arriba de su confluencia con el río Tarra y al Oeste de Caño Tomás, donde predominan las meta-areniscas. Hay también amplias exposiciones de esquistos en la vía que conduce de Las Mercedes a Sardinata, al Sur de la Falla Las Mercedes. Entre los cerros que forman las metamorfitas en mención, cabe destacar el cerro de Las Tres Tetas hacia la cabecera de Caño Castillo. No puede descartarse la posibilidad que parte de estas unidades sean más jóvenes.

### Paleozoico

Hay algunas áreas dentro de la Cuenca Hidrográfica del río Catatumbo, donde se presentan exposiciones de rocas de edad Paleozoica, pero se encuentran muy distantes de la zona objeto del presente estudio. Son sectores próximos a la divisoria de aguas entre los ríos Magdalena y Catatumbo, por lo cual no tiene objeto su descripción en este artículo.

### Mesozoico

En la cuenca del Catatumbo hay amplias exposiciones de unidades geológicas del Mesozoico. Pueden diferenciarse en ellas las vulcanitas, plutonitas y sedimentos rojos del Mesozoico Inferior y los sedimentos marinos del Cretáceo.

### Mesozoico Inferior

Las unidades litológicas que comprende el Mesozoico temprano constituyen las rocas más recientes del basamento petrolífero en toda el área del Catatumbo. Probablemente en el área de interés solo se encuentra representado el Jurásico, ya que los sedimentos del Triásico, típicos de la Formación Bocas y conocidos en áreas vecinas de la Serranía de Perijá y en el Valle del Magdalena, no han sido observados en la Cuenca Hidrográfica del Catatumbo.

El Jurásico se encuentra ampliamente representado por extensas exposiciones de vulcanitas alcalinas, equivalentes a la Formación La Quinta y localizada en las cabeceras de Caño Tomás y del Río de Oro, al Oeste de su confluencia, y en amplias zonas de las cuencas hidrográficas de los ríos Catatumbo y Tarra. Dichas vulcanitas comprenden riolitas, riodacitas, traquitas, y traquiandesitas, en una am-

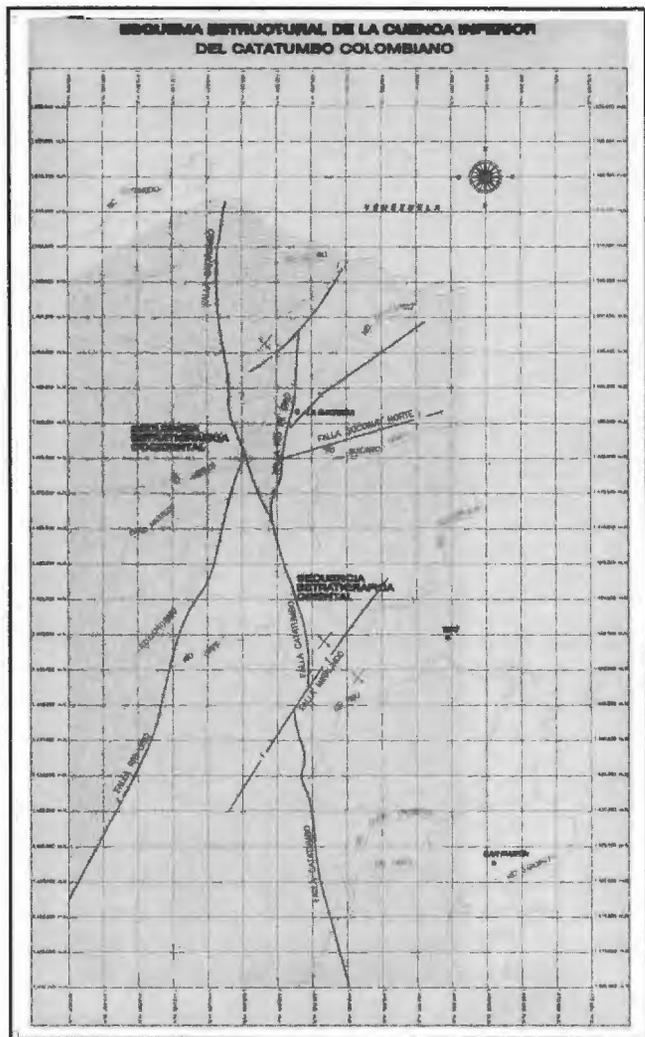


Figura 4.

plia variedad de texturas, tales como aglomerados, brechas volcánicas, tobas, ignimbritas, lapilli, lavas, etc. Los eventos volcánicos del Jurásico originaron extensos diatemas en la región comprendida entre las localidades de Hacarí, San Calixto y Convención.

Además de rocas efusivas, el magmatismo Jurásico produjo plutonitas emplazadas a manera de "stocks" expuestos en áreas reducidas, tales como el granito de Caño Castillo al Oeste del Valle del Catatumbo, y otros en la zona de la cordillera. Estas intrusiones son de poca extensión y producen depresiones topográficas, a diferencia de las amplias zonas de exposición de granitos migmatíticos Precámbricos localizados hacia el flanco occidental de la Cuenca en mención.

Además de las unidades mencionadas, el Jurásico también incluye espesos depósitos de sedimentos rojos, tales como conglomerados, areniscas y pelitas, los cuales cubren extensas zonas en las vertientes de los ríos Catatumbo y de Oro, y cuyas exposiciones más próximas se encuentran al Oeste del caserío de Pacelli al Sur de Orú y a lo largo de la Quebrada La Tiradera al Sureste del Valle del Catatumbo. Las unidades litológicas del Jurásico se pueden identificar además en los guijarros de las terrazas de los ríos Catatumbo y de Oro, donde se presentan con profusión.

### Cretáceo

La secuencia litológica del Cretáceo, en la Cuenca Hidrográfica del Catatumbo, se inicia cronológicamente con la Formación Rionegro, la cual solo se menciona muy brevemente ya que no se observó en el área objeto del presente estudio. Comprende areniscas arcósicas y lentes de conglomerados líticos. Es interesante anotar que esta formación se presenta al Norte del área del Catatumbo, en la región de Machiques, y al occidente en la cuenca del río Cesar. Hasta el momento no se ha observado en el área estudiada, pero dado que se compone de sedimentos fluviales de espesor muy variable, no es descartable que pueda presentarse.

Los sedimentos del Cretáceo de origen marino, se mencionarán diferenciando una secuencia occidental al oeste de la Falla de Río de Oro y otra secuencia Oriental al sureste de la misma.

La secuencia Cretácea Oriental se inicia con una arenisca conglomerática basal de pocos metros de espesor, arcósica, cuyo grano gradualmente se hace fino y sobre la cual reposa una espesa secuencia de calizas fosilíferas, densas, de color gris azulado, con algunas intercalaciones de shale margoso y limolita calcárea. Se observaron amplios afloramientos en el Cañón del río Catatumbo, a lo largo de la carretera que conduce del caserío de Orú al municipio de El Tarra. En el sitio mencionado, la secuencia calcárea tiene más de 100 metros de espesor.

La unidad descrita se conoce en la literatura geológica como Formación Tibú, o como Miembro Tibú de la Formación Uriabante. **Notestein** et al. (1944) la describe así:

*"The Tibú member has at its base a sandstone 5 to 12 meters thick representing the initial Uriabante deposit. It is coarse-grained and contains small pebbles of quartz and a few of the orthoclase in the lower part, the pebbles rarely attaining 2 centimeters in diameter. It becomes fine-grained and calcareous at the top. Cores of the basal sandstone from Tres Bocas No. 2-A are somewhat carbonaceous. Overlying the basal sandstone is 95 to*

160 meters of gray densely crystalline fossiliferous limestone, containing some shale and fine-grained sandstone in its lower half. The upper 50 meters of this member is practically all limestone, and its top is sharply limited by a change to shale. This sharp contact has appeared in all well sections. The thickness of the Tibú member ranges from 107 to 117 meters in wells, but in Quebrada Santa Elena it appears to be 166 meters thick. The entire Uribante formation is thicker in that section and shows more limestone than in the well sections. The Tibú member crops out in the headwaters of the Río Tibú, from which it takes its name. It first attained importance when found to be productive of oil on the Tibú anticline".

Sobre ésta reposa una secuencia de shales negros, micáceos, algunos margosos, con intercalaciones de caliza, arenisca y limolita glauconítica. Esta unidad se encuentra expuesta en la carretera Orú-El Tarra y en la quebrada Las Indias, aguas arriba del caserío de Pacelli. El espesor de estos sedimentos no se puede calcular con las observaciones realizadas. Su composición y características coinciden con la Formación o Miembro Mercedes, y su presencia es prácticamente continua desde Pacelli hasta la población de Las Mercedes, en cuya vecindad se encuentra la localidad tipo.

Según Notestein et al. (op. cit.), el Mercedes puede describirse así:

*"The Mercedes member is composed of interbedded limestones, shales, and sandstones with beds commonly ranging from 3 to 20 meters in thickness. The limestones are similar to those in the Tibú member but are in part arenaceous. The shales are generally black, micaceous, and carbonaceous, but some beds are dark gray, and some are very calcareous. Shales compose a large part of the lower third of the member. The sandstones, which are subordinate in amount, are gray, fine to medium grained, commonly glauconitic, and in part very calcareous. They are nearly twice as abundant in the upper half of the member as in the lower half. The top of the Mercedes member is drawn where limestones and shales become predominant over sandstone, but no sharp break exists below the overlying Aguardiente member. The thickness of the Mercedes member ranges from 149 to 201 meters in well sections and is about 160 meters in Quebrada Santa Elena. The member is named from the Mercedes Valley, along the west side of which it is exposed".*

Sobre la Formación Mercedes reposa una espesa secuencia arenosa que corresponde a la Formación Aguardiente o Miembro Aguardiente de la Formación Uribante, que Notestein et al. (op. cit.) describe así:

*"The Aguardiente member is composed almost entirely of extremely hard and calcareous gray or light-green fine- to coarse-grained cross-bedded glauconitic sandstones. As known from wells the upper 10 meters is relatively free from glauconite, but this mineral is common throughout the remainder of the member. Interbedded with the more glauconitic sandstones are gray, only slightly glauconitic sandstones with micaceous-carbonaceous partings. Some thin laminae and beds of black micaceous-carbonaceous shale are present, and a few thin beds of limestone occur in the lower part. Locally the sandstones are so calcareous as to approximate arenaceous limestones. The thickness of the Aguardiente member ranges from 148 to 160 meters in well sections and Quebrada Santa Elena. The member is named from the Filo del Aguardiente".*

La Formación o Miembro Aguardiente se compone casi en su totalidad de arenisca glauconítica de color gris-verdoso o gris-azuloso, que meteoriza dando colores ocre, bermellón o café rojizo. Presenta algunos niveles ligeramente calcáreos, y su granulometría varía de tamaño medio a fino. El espesor en el Cañón del Catatumbo, en la zona de Filo Gringo (Oeste de Orú), puede calcularse en alrededor de 160 metros.

Se pudo observar ampliamente entre el sitio denominado La Laja y las vertientes de Caño Martillo al Oeste del Valle del Catatumbo, especialmente en Caño Picho (ver Fotografía 1) y algunos afluentes menores, formando extensos planos monoclinales que buzcan suavemente hacia el Oriente. También se localizó entre Orú y El Tarra, en ambos flancos de una estructura positiva de carácter regional que allí cabecea.

Las unidades del Cretáceo marino al Oriente de la Falla de Río de Oro, antes descritas, comprenden lo que se conoce en la Cuenca Cúcuta-Tibú, como Formación o Grupo Uribante. Al comparar con los sedimentos inferiores de la secuencia Cretácea al Oeste de la falla, expuestos a lo largo de Caño Martillo, y de ahí hacia el Norte, se observan grandes diferencias: en la base se halla un conglomerado arcósico de muy poco espesor, sobre el cual reposa una espesa secuencia calcárea. Comprende calizas grises a café muy claro, notablemente esparíticas en la parte inferior, calizas negras carbonáceas con intercalaciones de margas y calizas arenáceas, algunas glauconíticas, con láminas de limolita. En las margas se observan concreciones cubiertas de limonita, generalmente ovoides, con longitudes hasta de 10 cm. Además se observan costras limoníticas con diseños reticulares, que podrían ser restos de organismos fósiles. Entre las calizas hay niveles de arenisca de poco espesor; solamente se observó

un nivel mayor de 1 metro. Se presentan buenas exposiciones de toda esta secuencia calcárea en Caño Martillo (ver fotografía 2) y a lo largo de un camino que sigue el curso de Caño Castillo.

Aunque es difícil hacer un estimativo del espesor total de la secuencia calcárea mencionada, puede considerarse que puede estar entre 300 y 400 metros. Al compararla con la Formación Tibú de la secuencia oriental, se presenta un espesor total de sedimentos calcáreos del doble por lo menos. No se presentan shales en una columna comparable a los de la Formación Mercedes, y más notable aún es la ausencia, en Caño Martillo y de allí hacia el Norte, de la potente secuencia de areniscas del Aguardiente. En Caño Martillo, sobre la secuencia calcárea, se presentan escasos 4 a 5 metros de arenisca cuarzosa blanca; y en Caño Castillo no se presenta ningún nivel arenáceo digno de mención.

Es notable, al observar hacia el Occidente del Río Catatumbo, la morfología en forma de planchas enormes que presentan las calizas antes mencionadas, cortadas por los cañones de los Caños Martillo, Brandy y Castillo, al Noroeste de la Falla de Río de Oro. Al Sureste de dicha falla los relieves dominantes los producen las areniscas del Aguardiente, tal como se observa en la zona de la confluencia de los ríos Tarra y Catatumbo.

La espesa secuencia calcárea que se menciona, presenta afinidades con la Formación Cogollo del Cesar y con la sección tipo del Cogollo, en el río homónimo al Norte de Machiques en Venezuela.

**Miller** (1960) describe el Cogollo en el Cesar así:

*“La simple división del grupo Cogollo en superior e inferior servirá mejor para los fines de una descripción comprensiva y breve del grupo. El término “Cogollo inferior” se refiere a las gruesas capas de caliza y a las calizas arenosas basales o areniscas calcáreas de la parte inferior de la formación Apón. Su edad oscila entre el Barremiense y el Aptiense. El término “Cogollo superior” incluye el resto de la sección del grupo Cogollo y tiene una edad que alcanza desde el Aptiense hasta parte o todo el Cenomaniense. Los conjuntos faunísticos, especialmente las amonitas, han suministrado la edad de las unidades.*

*La masa resistente, sólida, de la formación Cogollo inferior forma una fila estructural que constituye un detalle característico en las cercanías de la Sierra y dentro de ella. Esta fila forma un margen prominente a lo largo del lado oriental y en partes del lado occidental de la Sierra. El Cogollo inferior forma también filamentos y cuevas*

*en los drenajes de los ríos Guasare y Socuy en la parte septentrional de la Sierra y se presenta como una cubierta en la mayor parte de las tierras altas de Maraca. Se presenta también en las mesas altas en el interior de la Sierra. Son pequeños los cambios en litofacies y espesor de la formación Cogollo inferior dentro de la Sierra y partes adyacentes de la Cuenca de Maracaibo y el valle del Cesar.*

*El Cogollo superior, por otra parte, cambia substancialmente a través de la Sierra, tanto en espesor como en litología. Está formado predominantemente por calizas grises en la plataforma de Maracaibo; hacia el suroeste cambia dentro de la Sierra y a través de ella, con un aumento de caliza de tipo pelágico de color oscuro y de lutita negra. También aumenta rápidamente de espesor al occidente de la plataforma hacia el eje de una cuenca que se encuentra en la parte occidental de la Sierra al borde del valle del Cesar, llamada artesa de Perijá. Hay adelgazamiento, por lo tanto, desde esta artesa hacia el occidente a través del valle del Cesar”.*

**Sutton** (1946) describe esta Formación en el Río Cogollo en el Perijá venezolano, así:

*“The name Cogollo formation, was first introduced into the geologic literature of Venezuela by Garner ... and was soon generally adopted by most geologists to designate a predominantly limestone deposit lying beneath the bituminous shales and limestones of the La Luna, and above the basal sandstones of the Cretaceous. In its type exposure along the Río Cogollo and in the general zone along the east side of the Perijá Range, the Cogollo is now known to include rocks which range in age from probable Barremian through Aptian and Albian to Cenomanian. The name has been a convenient one for reconnaissance mapping and its long established use in Venezuelan geology demands its retention. In this paper it will be used as a group term.*

*The resistant limestones of the Cogollo group, which weather light gray in color, form prominent, easily recognized scarps along the mountain front and, in some of the streams cutting them, form high, vertical or overhanging walls. The shales, being less resistant, have generally weathered out or are so covered with soil or talus that a casual inspection of the section gives the erroneous impression that the entire group is practically solid limestone.”*

Al continuar la secuencia estratigráfica, al Oriente de la Falla de Río de Oro, se presentan sedimentos muy pobremente expuestos, observados en Caño Picho, y entre

este caño y el paraje denominado La Laja, que comprenden shales y shales margosos muy laminares de color negro o gris oscuro, y con niveles de caliza de pocos centímetros de espesor. No se observaron otras exposiciones dignas de mención de estos sedimentos en el área, los que parecen corresponder a la Formación Capacho, ya que en el sector mencionado se hallaron por debajo de la Formación La Luna.

Para denominar en el presente informe estos shales y shales margosos, se ha escogido utilizar el término Formación Capacho, porque lo observado en el terreno coincide con la descripción de Sievers en Sutton (Op. cit.), de esta formación:

*"Structural complications hinder an accurate description of the entire Capacho formation at the type locality. In the Río de Oro in northern Táchira, however, a complete section is exposed between the overlying La Luna and underlying Aguardiente formations. At this point the formation can be divided roughly into a lower and upper member. The lower member has a thickness of about 242 meters (794 feet) and is composed largely of massive, dark gray to black hard shale with a few beds, up to one meter thick, of dark gray, hard, crystalline, fossiliferous limestone and rare beds of dark greenish gray, hard, fine grained, calcareous sandstone. The calcareous sandstones are generally more pronounced in the basal part of the formation and some observers may wish to include them with the underlying Aguardiente formation. The upper member is about 120 meters (394 feet) thick and is composed of massive to thickly bedded, gray, hard, crystalline, fossiliferous limestone with a few thin beds of hard black shale."*

No se utiliza el término Formación Cogollo, porque la localidad tipo original de Garner, como se mencionaba anteriormente, no corresponde a los shales aquí observados.

Sin tener en cuenta su diferencia litológica con la localidad tipo del Cogollo como la describió Garner (en Sutton, Op. cit.), Notestein et al (Op. cit.) denominaron Formación Cogollo la secuencia pelítica antes mencionada, así:

*"On and adjacent to the Concession the Cogollo formation is composed principally of dark-gray to black fissile shales with interbedded gray to dark-gray fossiliferous limestones and a very minor amount of gray argillaceous siltstones. In the Petrolea area, where 32 wells have penetrated the entire thickness of the Cogollo, the formation is divided into the Lower Cogollo, Middle Cogollo, and Guayacán members, but such*

*detailed subdivision is not applicable throughout the Concession.*

*The Lower Cogollo consists of black very calcareous organic and bituminous foraminiferal thin-bedded shale and dark-gray foraminiferal limestone. Some macrofossils are present. The member comprises approximately one-fifth of the entire formation and is distinguishable in all sections. The upper contact of the member is transitional and is drawn at the top of the first limestone below the thick shales of the Middle Cogollo.*

*The Middle Cogollo member consists of dark-grey to black noncalcareous shale and a few beds of gray argillaceous fossiliferous limestone and, locally a few beds of siltstone and silty shale. The member is well developed in the Petrolea area, where it comprises approximately three-fifths of the formation, but the top of the member is not distinguishable elsewhere owing to the poor development of limestones in the Guayacán member. The top of the middle member is sharply drawn in Petrolea wells at the base of a 3- to 7-meter bed of limestone forming the base of the overlying Guayacán member.*

*The Guayacán member, named from Quebrada Guayacán in a branch of which it crops out on the Petrolea South Dome, consists of brownish-gray abundantly fossiliferous fairly thick, massive limestones with interbedded dark-gray to black non-calcareous in part silty and micaceous shales and a very small amount of gray argillaceous siltstone. In the Petrolea area nearly half the member is composed of limestone, but elsewhere the uppermost part of the Cogollo is predominantly shale."*

Es interesante anotar que lo descrito originalmente por Garner coincide con los sedimentos que se observan en la secuencia al Occidente de la falla Río de Oro, y la sección por él definida se encuentra al Occidente de la prolongación Norte de dicha falla.

Sobre la formación antes referida, se encuentra una secuencia de calizas negras (ver fotografía 3), olorosas a petróleo, con abundantes escamas de peces, shales negros bituminosos con concreciones discoidales, chert negro, shale silíceo muy laminado y fosforita oolítica en un banco que pasa de 2 metros de espesor (ver fotografía 4). Este conjunto litológico se observó en un tramo del río Catatumbo, especialmente en la desembocadura y el curso del caño La Agricultura, y todo el sector de la desembocadura del caño Danta y del río Frío. El suave buzamiento que presenta la secuencia estratigráfica en

mención y el hecho que las quebradas y caños corren sobre los planos de estratificación, hace difícil tomar una idea del espesor total.

Allí se encuentra muy típicamente representada la Formación La Luna, tal como se presenta en la región de Sardinata y otras localidades del Catatumbo Colombiano, que **Notestein et al** (Op. cit.) describe así:

*"On the Concession the La Luna consists of hard dark-gray abundantly foraminiferal limestones and hard black highly calcareous platy bituminous shales. Bands and nodules of black chert are present in very minor amount, more numerous in the upper part. Outcrop sections suggest more chert in the upper part of the La Luna than displayed by well sections. Concretionary masses of dense gray limestone, ranging from a few centimeters to 75 centimeters in size, are characteristic of the formation".*

Al observar la secuencia estratigráfica Occidental, en ninguna sección se observó una sucesión litológica que se asemeje a la Formación Capacho.

Se presenta una caliza bituminosa en estratos delgados, alternando con shale negro con concreciones, y un chert gris en capas delgadas. La caliza presenta abundantes vetillas de calcita y es rica en fósiles, especialmente escamas de peces.

Estos sedimentos se observaron en el Río de Oro, aguas arriba de la desembocadura de Caño Tomás, en el curso inferior de éste, y a lo largo del camino que conduce del río Catatumbo, paralelamente a Caño Martillo, hacia las cabeceras de dicho caño. Allí se observan esas unidades muy tectonizadas por la Falla de Río de Oro.

Comparando lo antes referido con los sedimentos coetáneos al Este de la Falla de Río de Oro, cabe destacar la casi desaparición de los shales de la Formación Capacho al Occidente, y algunas diferencias en la litología de la Formación La Luna. En ésta los cherts se presentan grises, y aparentemente con menos bitumen, desaparecen los fosfatos, y algunos niveles de caliza presentan aspecto lumaquélico (ver fotografía 5); además, La Luna al Oeste de la falla tiene un espesor de más del doble que al Este. A continuación de lo anteriormente descrito, en el bloque oriental aparece una secuencia de sedimentos predominantemente pelíticos, pobremente expuesta (ver fotografía 6).

Según **Notestein et al.** (op. cit.), estas tres Formaciones del Cretáceo Superior pueden definirse así, comenzando con la Formación Colón:

*"The formation is composed of gray to dark-grey slightly calcareous fissile moderately foraminiferal shale. Thin nodules and lenses of brown clay-ironstone are locally developed. At the base, immediately above the La Luna, there is a 2- to 5-meter zone of sandy glauconite, reworked Foraminifera, abundant fish remains, and round rods and pellets which may be coprolites. Immediately above this thin glauconitic zone an interval of highly pyritic shale is commonly 3 to 5 meters thick. Purely on a basis of Foraminifera an upper and a lower division of the Colón are recognized. The formation contains a very few thin beds of limestone on the Río de Oro anticline, and limestone beds are known in the formation in western Venezuela. However, the Colón is normally free from limestone within the Concession".*

La Formación Mito Juan:

*"The formation consists dominantly of greenish-gray shales, silty shales, and some sandy shales; silt and sand increase upward, and some thin beds of siltstone and very fine-grained sandstone have been found near the top. Thin lenses and smaller nodular masses of brown clay-ironstone are common. In the lowermost part there are some gray and dark-gray shales like the Colón shales, but commonly they are noncalcareous whereas the Colón is typically very slightly calcareous. In the upper part of the shale sequence there are some more or less well-developed thin beds of glauconitic sandy fossiliferous ferruginous limestone. Small Foraminifera are not uncommon but are much rarer than in the Colón shale, and arenaceous forms predominate. Although the Mito Juan shales differ somewhat in lithology from the Colón, particularly in the predominance of greenish tinges and light grays, it is scarcely practicable to map them in the field on this basis.*

*Thin limestone beds are fairly numerous in the upper 200 meters of the Mito Juan on the Río de Oro anticline; they are best known from two wells which drilled the entire formation on this structure".*

Y la Formación Catatumbo:

*"The Catatumbo formation is named from the Río Catatumbo, along which the formation crops out for some distance between Barranca Bermeja and Puerto Salado. However, the exposures along the river are not satisfactory as a type section, and the section logged in Oro No. 3, located 10 kilometers northeast of the type locality, is used instead. A considerable part of the Catatumbo was cored in this well, and the formation was also cored and drilled twice in Oro No. 2, a major reverse fault causing repetition of the entire Catatumbo formation.*

*The formation is predominantly composed of dark-gray shales and claystones, commonly somewhat carbonaceous and containing small nodules and thin lenses of brown clay-ironstone. In the Río de Oro area there is a considerable amount of interbedded and interlaminated gray and dark-gray argillaceous very fine- to fine-grained sandstone, the beds ranging from 0.5 to 10 meters in thickness. Micaceous-carbonaceous laminae are common. Further south, sandstones are much less common, and some well sections contain practically none. The percentage of claystones, characteristically containing more or less abundant siderite spherules normally less than 1 millimeter in diameter, decreases from northwest to southeast, and the claystones are replaced by silty and sandy dark-gray shales. The formation commonly contains a few thin beds of coal, particularly in its lower part. Sandy sediments of the lower-most portion contain glauconite and rarely a few thin beds of nonglauconitic limestone. The associated shales are sparsely fossiliferous, containing arenaceous Foraminifera, ostracods, and some large fossils”.*

En la secuencia Occidental, observada aguas arriba del caño San Miguel, y en algunas exposiciones en la margen oriental del caño Tomás, se presentan shales de color gris-azuloso.

En el Caño San Miguel los shales presentan intercalaciones de limolita gris-parduzca, de 20-80 cm. de espesor. También se presentan lentes de limolita cubiertos de óxido férrico. Sobre el shale se observa una lumaquela con ostreas, de 80 cm de espesor. Calizas similares se observan en la ribera del río Catatumbo, aguas arriba de la desembocadura del caño San Miguel (ver fotografía 7).

En caño Tomás se presentan arcillas gris-oscuro, alternando con lentes de areniscas amarillentas de 2-10 cm de espesor; las arcillas presentan nódulos ferruginosos y se observó un molde de bivalvo; al ascender en la columna, las arcillas se tornan fosilíferas y presentan materia carbonosa en suturas.

No se observaron lumaquelas en el sector de caño Tomás. Hacia el tope de la secuencia pelítica se presentan varios mantos de carbón con espesores superiores a 1 metro. Los sedimentos descritos presentan algunas analogías con la Formación Molino de la Cuenca Cesar-Ranchería, pero tal vez más con la parte inferior de lo que Miller (1960) denomina Grupo La Jagua:

*“En el sector que rodea a La Jagua en el valle del Cesar se encuentran rocas del Cretáceo superior, del Paleoceno*

*y posiblemente del Eoceno, que han sido reunidas en una unidad llamada grupo La Jagua. La parte inferior de esta sucesión está constituida por las calizas con Ostrea del tipo Guasare, que se encuentran en contacto normal con las lutitas de Colón-Mito Juan en la quebrada San Antonio a 10 kilómetros al oeste de La Jagua. Existen mejores afloramientos de sedimentos del tipo Guasare aguas arriba en la quebrada Salsipuedes, alrededor de 2 kilómetros al sur de la población de La Jagua, y cerca del cruce de la carretera con el río Tucucito al norte de La Jagua. Sobre las calizas en el río Tucucito se encuentran lutitas y limos grises glauconíticos, localmente carbonosos y con foraminíferos. Estos sedimentos, con un total de aproximadamente 600 metros de espesor, han sido todos incluidos en la formación Guasare debido a la afinidad de su facies sedimentaria con el Guasare de la Cuenca de Maracaibo. Se admite que los foraminíferos que contiene esta sucesión indican edad cretácica extrema superior, algo más antigua que el material típico de Guasare”.*

En resumen, la parte superior del Cretáceo en ambas secuencias comprende sedimentos arcillosos en su mayoría, cuyas exposiciones son pobres, y donde no se observan niveles guías claramente diferenciables. Posiblemente el estudio bioestratigráfico permita hacer claridad sobre las edades de los sedimentos expuestos y sus respectivas relaciones ambientales.

### Terciario

El contraste entre las secuencias litológicas del Terciario Inferior al Oriente y Occidente de la Falla de Río de Oro es muy pronunciado. Las diferencias son demasiado marcadas en distancias mínimas para poder considerar un simple cambio de facies.

En primer lugar puede hacerse referencia a la secuencia oriental. La unidad geológica, cronológicamente más antigua, es la Formación Barco, que **Notestein** et al. (op. cit.) describe así:

*“The formation consists of a series of interbedded sandstones, shales, and claystones. It is topographically important, forming prominent strike ridges. The sandstones occur in beds ranging in thickness from 0.3 to 20 meters, are in large part gray argillaceous very fine- to medium-grained well-sorted, cross-bedded and cross-laminated, and locally contain abundant micaceous-carbonaceous partings and numerous shale laminae. Some siltstones and rarely coarse-grained sandstones have been noted. A distinct type of sandstone, which is everywhere found in the Barco formation and forms a fair proportion of the sandstone content, is the so-called “sparkling sandstone.” Sandstones of this type*

are more common in the middle and lower parts of the formation and are relatively clean fine- to medium-grained sandstones in which secondary growth of the sand grains has formed myriads of crystal faces. These faces sparkle in the sun, hence the name.

*Interbedded with the sandstones are shales and claystones, commonly gray or dark-gray, in part silty, micaceous, and carbonaceous, and locally rich in minute siderite spherules. Brown clay-ironstone in the form of thin lenticular masses and small nodules is common. Some coal, in one or more thin beds, is generally present in the upper part of the formation. The shales and claystones normally form about one-third to half the total thickness of the formation. Locally they may form about three-fourths of the thickness, and in three wells which drilled the Barco on the Tibú anticline shales and claystones form four-fifths to eight-ninths of the formation. However, these extreme cases are not at all typical."*

Las areniscas de la Formación Barco (ver fotografía 8) son duras, de color gris claro, grano fino a medio, en paquetes bien definidos. Son muy cuarzosas, un poco micáceas y presentan un cemento ftanítico que les da un brillo chispeante. Contienen intercalaciones de un shale micáceo color gris. Existen buenas exposiciones al Este de la población de Las Mercedes y en la estructura de Petrólea.

Sobre la secuencia de areniscas mencionada, se encuentran shales grises azulosos, con aspecto escamoso y con planos de clivaje cubiertos de limonita. Presenta algunas intercalaciones de areniscas de grano fino en estratos delgados y mantos de carbón.

Estos sedimentos se observaron en proximidades del caserío de Río de Oro, en la Serranía de Tibú al Este de la desembocadura del Caño Ceibita en el Catatumbo, en plena divisoria de aguas entre este río y el Vetás, al Oriente de la Quebrada Pedregosa, en la carretera entre Tibú y Orú, al Este del caserío de Pacelli y al sureste de Las Mercedes (ver fotografía 9), donde se encuentran intercalados mantos de carbón de aproximadamente un metro de espesor.

Los sedimentos descritos constituyen la Formación Los Cuervos, siendo indiscutible su similitud con la localidad tipo, de acuerdo a Notestein et al (op. cit.):

*"The formation is composed mainly of claystones and shales, with coal beds in its lower part and some sandstone beds throughout. The lower 75 meters consists of dark-gray carbonaceous shales and claystones interbedded with micaceous-carbonaceous siltstones, fine-grained sandstones, and coals. Rarely thin*

*limestones showing cone-in-cone structure have been noted. The coal beds are commonly 8 to 10 in number and range in thickness from 0.1 to 2.5 meters. The usual thickness is 0.5 to 1 meter. The coals are lignitic to bituminous; the fixed carbon ratio in 22 samples ranges from 49.0 to 58.4 and averages 54.5. They constitute the major coal resource of the region.*

*Above the coal series the Los Cuervos is made up of gray and greenish-gray in part silty and commonly sideritic claystones, the siderite occurring as spherules generally less than 1 millimeter in diameter. There are some greenish-gray argillaceous sandstones, commonly in beds less than 6 meters thick. In the lower part of the claystone sequence there is considerable shale, generally dark gray and carbonaceous, and the claystones are only slightly mottled. However, the overlying claystones, which compose the bulk of the division, are characterized by locally abundant red, yellow and purple mottling. The thin but hard sandstones of the Los Cuervos at many places form strike ridges".*

Cronológicamente a continuación, se sitúa una secuencia arenosa, que buza hacia el Oriente y en gran parte forma la divisoria de aguas de los ríos Vetás y Socuavo con el Catatumbo, conocida como Serranía de Tibú. También hay buenas exposiciones en la carretera Tibú-Orú, entre las fallas de Mirolindo y Catatumbo y en las grandes mesetas que se encuentran al Este de Las Mercedes. Comprende areniscas rosadas hacia la base, blancas en la parte media y superior, grano medio a grueso, textura sacaroide; a veces presentan pirita, que al oxidarse produce tonos amarillentos y rojizos en planos de estratificación y de clivaje (ver fotografía 10). Algunos niveles presentan guijarros redondeados de 1-2 cm de diámetro esparcidos dentro de la arenisca.

Los sedimentos de esta formación son friables por lo cual es raro encontrar cantos rodados de ellos en las quebradas; las areniscas tienden a disgregarse con el transporte. Las características enunciadas coinciden precisamente con las descripciones de la Formación Mirador en numerosas localidades y lo observado en sitios tales como Cerro Tasajero.

En varios lugares, los manantiales en las areniscas del Mirador presentan abundante nata de óxido férrico, formando manchas ferruginosas en la roca y suelo adyacente.

Notestein et al (op. cit.) describe así la Formación Mirador:

*"The Mirador formation is predominantly composed of sandstones. These are pale buff to white, characteristically*

*clean, massive, moderately hard to friable, fine- to coarse-grained, and in part conglomeratic. It contains some thin beds of gray and brownish-gray micaceous shale. An interval of shale and sandy shale with a little sandstone commonly occurs 40 to 75 meters below the top of the formation and ranges from 10 to 70 meters in thickness. The sandstones in the lower part of the formation tend to be more thinly bedded and less clean than the bulk of the formation. The Mirador is topographically prominent, forming escarpments, ridges, cliffs, and prominent dip slopes”.*

Por último, es interesante anotar la presencia de huecos tubulares, en las areniscas del Mirador, próximas al nivel del agua del Catatumbo en vecindades de La Gabarra; estas cavidades se presentan recubiertas de goethita.

A continuación cabe hacer muy breve referencia a la Formación Carbonera. Se encuentra ampliamente expuesta al Occidente de Tibú, hasta la Falla de Mirolindo, a lo largo de la carretera que une la mencionada población con Orú. En la parte Norte del Piedemonte Oriental de la Serranía de Tibú, esta formación se encuentra cubierta por los extensos depósitos de arena eólica que se encuentran en esa zona.

Se compone de areniscas micáceas de grano fino, color gris “sal y pimienta” y areniscas glauconíticas (ver fotografía 11) alternando con arcillolitas grises con conchas de bivalvos. Hay delgados niveles de calizas fosilíferas, compuestas casi exclusivamente de conchas de bivalvos. En la base y cerca del tope, hay mantos de carbones ligníticos. Al tope presenta limolitas finamente estratificadas con lechos negros carbonáceos (ver fotografía 12).

Notestein et al. (op. cit.) describe la Formación Carbonera así:

*“In the Río de Oro area distinction between the Mirador and the overlying Carbonera formation is very difficult, and the top of the Mirador could not be drawn with certainty. That area is characterized by more sandstones in the section above definite Mirador and also a thickening of the combined Mirador-Carbonera formations.*

*The formation consists of a thick series of claystones and various amounts of associated sandstones; some lignitic coals occur in its upper and lower parts. The claystones, normally the major constituent, are mostly gray with some greenish-gray and brown intervals. Red and yellow mottling is common, and siderite, both in small spherules and irregular masses a few centimeters*

*in size, is fairly abundant. There are some dark-gray micaceous in part silty shales, particularly in the top and bottom 50 to 100 meters.*

*The sandstones are generally in beds 5 to 10 meters thick but range up to 30 meters in thickness, and beds less than a meter thick are not uncommon. They are gray and greenish-gray, and most range from fine- to coarse-grained, but there is also a considerable amount of very fine-grained micaceous sandstone. Well sections show about 25 meters of sandstone 125 to 185 meters below the top of the formation, and sandstones are particularly well developed in the lower 125 to 250 meters of the formation. However, the bottom 10 to 75 meters consists mainly of shales. The sandstones are characteristically more argillaceous than those of the Mirador.*

*Some thin beds of lignitic and cannel coals and carbonaceous shales occur in the top and bottom 100 meters of the formation; analyses of 10 coal samples show fixed carbon ratios ranging from 30.2 to 46.6 and averaging 39.7. Scarce thin limestones have also been found in the same intervals. Approximately 100 meters below the top of the formation on the Tibú anticline, remains of a few small mollusks were found in a highly carbonaceous shale about 5 meters above a 2-meter interval of glauconitic very argillaceous siltstone. Cuttings from Socuavó No. 2 showed some glauconitic sandstone about 60 meters above the base of the formation. On the Tibú and Socuavó anticlines the extreme top of the formation is glauconitic. The glauconite indicates stages of marine to brackish-water invasion”.*

Llegando a este nivel, es importante adelantar la descripción de la secuencia Occidental del Terciario Inferior, con el fin de comparar litologías.

Tomando la base de la Secuencia Occidental en el valle de caño Tomás y partiendo de lo descrito en referencia al Cretáceo, la sucesión se inicia con shales grises oscuros (ver fotografía 13) con restos vegetales y suturas carbonosas.

Estos shales, con delgadas intercalaciones de areniscas y limolitas amarillentas de 10-20 cm de espesor, tienen un espesor total mayor de 200 metros. Hacia el tope de la secuencia, en la divisoria de aguas entre caño Tomás y caño Eusebio, afloran mantos de carbón con espesores mayores de 1 metro (ver fotografía 14), y la secuencia se torna gradualmente arenosa: al principio se presenta arenisca gris con restos de asfalto, y al continuar ascendiendo estratigráficamente se presentan areniscas glauconíticas de color gris oscuro que meteorizan toman-

do color café rojizo; son areniscas muy arcillosas, que se erosionan con facilidad.

Al continuar la secuencia, en las vertientes de caño Eusebio, a lo largo de Caño Laja, y en el Río de Oro se observan areniscas color café amarillento, con estratificación cruzada muy notoria. Estos sedimentos son muy blandos, por lo cual los caños y quebradas labran lechos muy accidentados llenos de canales y marmitas de gigante (pot holes). Se presentan intercalaciones de unas arcillolitas masivas color gris-celeste y fractura concoide, en espesores de 2 o más metros. La secuencia continúa con predominancia arenosa hasta caño Eusebio, y de ahí hacia el Norte (subiendo estratigráficamente) se presentan limolitas grises y sobre éstas areniscas masivas, con pequeños lentes de arcillolita celeste, formando un escarpe con más de 30 metros de altura.

Sobre lo anterior reposan limolitas **bandedas** de materia carbonosa y con bitumen en forma de suturas, mantos de lignito de pocos centímetros, y arcillolitas gris-claro-azuloso, que forman una pequeña repisa topográfica y presentan rumbos y buzamientos diferentes a las areniscas infrayacentes: parece haber una ligera discordancia, que también se observó en el caño San Miguel. Estas areniscas amarillentas continúan encontrándose en niveles estratigráficamente superiores, a lo largo de las quebradas que corren hacia el Río de Oro, tal como se observa en la quebrada Las Perdices, donde presentan estratificación cruzada y ondulatoria (ver fotografía 15), y presentan el mismo color amarillo-rojizo y escasa litificación al ascender más en la columna estratigráfica hasta llegar al Río de Oro. Generalmente el grano se presenta de tamaño medio, y el componente principal es cuarzo; en menor proporción se encuentra chert, que tiende a darle un aspecto "sal y pimienta" a la roca.

A continuación se presentan areniscas arcillosas amarillo-rojizas, con estratificación cruzada, convoluta y ondulatoria, grano medio, muy friables, con intercalaciones de limolita y mantos muy delgados de lignitos. La sucesión de areniscas continúa en territorio venezolano, formando escarpes muy notables en la margen norte del Río de Oro.

Al sintetizar lo descrito, se puede sintetizar como una espesa secuencia predominantemente arcillosa en la base, una zona de transición con numerosos mantos de carbón y al tope una secuencia predominantemente arenosa (con un espesor que pasa ampliamente de 400 metros), en la que se alcanza a insinuar una ligera discordancia. Esto presenta notable similitud con la secuencia litológica descrita por Miller (Op. Cit.) en La Jagua (Cesar), antes citado.

Allí Miller describe la parte superior de lo que denomina Formación La Jagua como una espesa secuencia de lutitas, con algunos calcáreos hacia la base y mantos de carbón en la parte superior, a la que sobreyace la Formación Santa Cruz compuesta de areniscas pardo-anaranjadas con intercalaciones de lutitas y lechos de lignito:

*"Situadas estratigráficamente encima de Guasare, pero no consideradas como en sucesión continua, se encuentra una sección predominantemente de areniscas que aflora en las colinas y riscos al este de La Jagua. Se las denomina formación Santa Cruz, refiriéndose a la quebrada Santa Cruz que recoge las aguas de estas colinas. La mayoría de los geólogos las consideran como del Eoceno, pero no están de acuerdo al tratar de precisar su edad. Se las incluye, tentativamente, en el Paleoceno o el Eoceno inferior y podrían ser equivalentes a las formaciones Marcelina y Los Cuervos de la Cuenca de Maracaibo.*

*La formación Santa Cruz consiste en areniscas pardo-anaranjadas a amarillentas o grises y lechos menores intercalados de lutitas, lutitas ligníticas y lignito. El espesor total de la sección es de unos 550 ó 600 metros. En los 400 metros inferiores la granulometría de las areniscas varía de mediana a fina y muchos de los lechos de arenisca son de carácter macizo, teniendo varios metros de espesor. Se encuentran localmente lechos delgados y estratificación cruzada. Esta parte de la sección forma los riscos que dan al oeste en la quebrada Sororia. En las areniscas de los riscos y cerca del tope se encuentran moldes de gasterópodos. En un sinclinal situado estratigráficamente por encima de los riscos se encuentran los 150 a 200 metros superiores de la sección, constituidos por lutitas, limolitas y areniscas de grano fino y en capas delgadas. Estructuras del tipo "cono-entre-cono" se encuentran presentes en las lutitas de esta sección.*

*La relación genética entre el Guasare del valle del Cesar y el Guasare del valle de Ranchería y de la parte noroccidental de la Cuenca de Maracaibo es clara. Es razonable creer que la sucesión Santa Cruz, suprayacente, puede estar relacionada a las fases finales de sedimentación del Cretáceo-Paleoceno y así la parte superior de las formaciones Marcelina, Los Cuervos y Santa Cruz marca el tope del "Ciclo de sedimentación cretácica-paleocénica". En la Cuenca de Maracaibo este nivel estratigráfico marca la base de posteriores sedimentos transgresivos del Eoceno. A través del arco El Totumo-Inciarte se presenta una pronunciada superficie de discordancia y truncamiento de las rocas de Marcelina, Guasare, Cretáceo y del pre-Cretáceo. Este truncamien-*

*to, que se encuentra por debajo de la formación La Sierra de edad Eoceno medio a superior y por encima del Paleoceno, es visible en afloramientos y en subsuelo hacia el sur hasta el río Yasa, a lo menos”.*

Al establecer una comparación general de las dos secuencias del Terciario Inferior, en forma resumida se presenta una secuencia oriental compuesta sucesivamente de arenas, pelitas con carbón, arenas y una secuencia arenosopelítica con carbón, que corresponden respectivamente a las formaciones Barco, Los Cuervos, Mirador y Carbonera. La secuencia Occidental, por contraste, presenta pelitas con carbón (Ver fotografía 14), arenas, una suave discordancia y arenas muy similares a las anteriores. Si se considera que las dos secuencias se presentan en distancias que en algunos sitios no pasan de 5 kilómetros, es necesario pensar que no se trata de un simple cambio de facies y hay razones suficientes para creer en dos ambientes de sedimentación diferentes, allí puestos en contacto por tectónica de tipo transcurrente.

La sedimentación Terciaria posterior a las dos secuencias estratigráficas mencionadas, se presenta muy pobremente expuesta en el área de este estudio: sobre la secuencia oriental se observan algunos niveles de arcillas y limolitas rojizas al norte del batallón de La Gabarra, completamente horizontales, en una extensión reducida, y en remanentes de muy poca extensión en sitios como El 40. La relación entre los sedimentos del Terciario Inferior y los sedimentos continentales denominados Formaciones León y Guayabo, se observa mucho mejor en inmediaciones del río Socuavo (ver fotografía 16), donde se aprecia claramente una discordancia angular entre la Formación Carbonera y los sedimentos conocidos como Formación León, que **Notestein** et al. (op. cit.) describe así:

*“The León is composed almost entirely of gray and greenish-gray tough shales. There are rare thin beds of gray and buff sandstone with carbonaceous laminae, and the shales tend to become silty toward both the base and the top. In the Tibú-Socuavó area a thin series of buff sandstones and interbedded shales occurs near the middle of the formation. This series of sandstones is only locally developed and attains a maximum thickness of 28 meters. It has been called the Machete sandstone member”.*

Tanto esta última formación como la Formación Guayabo, son unidades muy pobremente definidas y parecen ser muy variables en su litología, debido a su origen fluvial. **Notestein** et al. (op. cit.) describe la Formación Guayabo así:

*“Very little study of the Guayabo sediments has been made on the Concession, and subdivision of them has not been attempted. They consist in general of buff and light-gray friable sandstones, siltstones, and sandy shales; there are some light-gray, light-green, and mottled claystones. Lignitic coals are present in the lower Guayabo in Venezuela but have not been found in outcrops on the Concession. A thin lignitic coal and carbonaceous shale was found, however, in some core holes drilled near the Río Socuavó del Norte, and the coal is in either the lower part of the Guayabo or top part of the León shale. The most complete section measured on the Concession is that in Quebrada León. From the base up it shows (1) 186 meters of buff and gray sandy shales and friable sandstones, (2) 181 meters of light-gray, light-green, and Fausto-type mottled claystones and sandy claystone, with some gray and buff sandstone, and (3) 436 meters of buff and gray friable sandstones and locally mottled claystones”.*

Tanto la Formación León como la Formación Guayabo son fácilmente distinguibles del Terciario Inferior por ser sedimentos oxidados de colores rojizos o verdes, y por presentar arcillas caoliníticas.

Al Occidente de la Falla de Río de Oro no hay exposiciones de los sedimentos del Terciario Tardío.

### Cuaternario

Al Oriente de la Serranía de Tibú, reposando sobre las unidades descritas anteriormente, se encuentran arenas eólicas en extensiones muy grandes, las cuales difieren de lo que **Notestein** et al. (op. cit.) denominaron Formación Necesidad, y que describen así:

*“The Necesidad formation is named from Playa Necesidad located on the Río de Oro a short distance above its confluence with the Río Catatumbo. So far as known, the name was first applied by H. F. Nash in 1919. No type section has been or can be measured as the formation is poorly exposed and its top is not known.*

*At Playa Necesidad the formation consists of bright-colored red and blue clays, interbedded with coarse-grained sandstones which grade into conglomerates with pebbles up to 2 centimeters in diameter. Southeast of the Río Catatumbo the Necesidad formation as mapped consists of a thick series of fine- to coarse-grained massive cross-bedded friable buff to yellow sandstones and interbedded claystones. These beds may not be the equivalent of those at Playa Necesidad. They may even belong to the upper Guayabo”.*

Las mencionadas arenas eólicas forman masas sin estratificación (ver fotografía 17); escasamente se insinúa estratificación cruzada a recta a gran escala, excepto localmente, donde ocasionalmente se observa estratificación cruzada y gradada a pequeña escala. Presentan ventifactos angulares con superficies muy pulidas (ver fotografía 18). Al tope de las arenas se presenta un paleosuelo delgado y algunas gravas fluviales.

Amplias zonas cubiertas de arenas eólicas han sido levantadas, produciéndose cárcavas de erosión muy profundas y dando lugar a una superficie topográficamente muy accidentada. Estos sedimentos eólicos alcanzan a formar serranías con más de 100 metros de altura entre el río Vetás y el río Catatumbo al Oriente de la carretera Tibú-La Gabarra.

Por último cabe mencionar las terrazas y aluviones de los ríos Catatumbo, de Oro y algunos afluentes. A lo largo del río Catatumbo se observan terrazas, cubriendo sedimentos del Cretáceo Superior en amplias zonas. En algunas de estas terrazas, es notable el levantamiento que han sufrido: al Sur del caño Martillo se observaron restos de terrazas a más de 100 metros sobre el nivel del mar, lo que significa más de 50 metros sobre la llanura de inundación del río Catatumbo.

La distribución de las terrazas del Catatumbo se prolonga al Norte a lo largo de caño Tomás, lo que parece indicar que el drenaje original del Catatumbo discurría en esa dirección. Sobre las arenas eólicas al Oriente de la Serranía de Tibú, también se encuentran restos de gravas fluviales levantadas. Es interesante además mencionar lechos de cenizas volcánicas de decenas de centímetros de espesor, que se observan en los suelos de sectores tales como en el caño La Guadua.

### **Tectónica**

Los eventos tectónicos identificables en el presente estudio, tuvieron lugar posteriormente a la regresión del Mar Cretáceo. A partir del fin del Mesozoico, se pueden identificar tres episodios de tectonismo, los cuales se refieren a continuación:

- Intensa actividad tectónica cizallante la cual produjo fallas NS y NE-SW, las cuales son aun determinantes en las direcciones del relieve y los drenajes.
- El levantamiento andino, en el cual, por un levantamiento en forma de bloques originó las cordilleras de Perijá y Mérida.
- Un nuevo episodio de tectónica cizallante que originó la Falla del Bramón y otras con dirección NW-SE,

las cuales causaron la dislocación de la Cordillera de Mérida respecto a la Cordillera Oriental de Colombia. Esto afectó la parte sur de la Cuenca del Catatumbo.

### **La tectónica direccional N-S y NE-SW**

Este evento produjo los fallamientos mas determinantes en el marco geológico actual de la cuenca del Catatumbo y es claro que ambos sistemas están genéticamente relacionados.

Entre las fallas mas importantes del sistema NE-SW cabe mencionar las fallas de Río de Oro y de Mirolindo. La falla NS mas importante es la Falla del Catatumbo (por algunos autores denominada la Flexión del Catatumbo). Es importante enfatizar que los dos sistemas parecen ser interactivos hasta el punto que la falla de Río de Oro se presenta seccionada y desplazada por la Falla del Catatumbo y ésta a su vez se observa desplazada por la Falla de Mirolindo (ver figuras 2 y 4).

La Falla de Río de Oro es especialmente interesante debido a que pone en contacto secuencias litológicas del Cretáceo y el Terciario, notablemente diferentes, tal como se expuso en lo referente a estratigrafía; parece presentar continuidad al Sureste hasta el valle de La Playa en la región de Ocaña. Su expresión morfológica es muy marcada a lo largo de la Serranía de San Lucas, donde parece formar una estructura en flor.

La Falla de Catatumbo (ver fotografía 19) es la que presenta una mayor expresión morfológica en la zona, dando lugar a un valle que se extiende sin interrupción desde la población de Las Mercedes al sur, hasta la desembocadura del caño Tomás en el Río de Oro. No es muy claro el contraste estratigráfico en sus dos flancos, ya que al Oeste de este fallamiento no hay exposiciones de sedimentos Terciarios y las del Cretáceo son muy fragmentadas y erosionadas. En buena parte del trazo, al Oeste, está expuesto el basamento.

La Falla de Mirolindo (ver fotografía 20) se cruza por la carretera Tibú-Orú, en el sitio así denominado. En esa zona pone en contacto la Formación Carbonera al SE con las areniscas de la Formación Mirador al NW. Entre los caseríos de Orú y Pacelli parece desplazar el trazo de la Falla del Catatumbo.

Además de las descritas, hay otras fallas menores con rumbos NE-SW como la del Caracol al SE de la población de La Gabarra, la que encauza al Río Nuevo o Presidente, al NE de la población de Las Mercedes, o la que encauza al caño Eusebio al Oeste de Puerto Barco, paralela a la de Río de Oro.

Hay otras fallas NS paralelas a la del Catatumbo al Oriente de ésta, su trazo no es tan evidente en superficie, tales como la que cruza al Este de Tibú y la que sirve de límite Occidental al Campo de Petrólea y coactivas con las fallas direccionales NE-SW. Tal vez uno de los mejores ejemplos de esto se puede observar al NE de Cúcuta (fuera del área en mención), en el Cerro Tasajero limitado al Oriente y Sureste por sendas fallas con esos rumbos.

Las fallas N-S y NE-SW son determinantes en la forma de plegamiento que se observa en la Cuenca del Catatumbo. Se trata de estructuras originadas en los fallamientos transcurrentes, por lo cual no se presentan anticlinales ni sinclinales, en las formas clásicas; sino estructuras positivas en forma de abanico limitadas por dos fallas formando un ángulo obtuso y estructuras negativas que asemejan un cabeceo de sinclinal limitadas por dos fallas formando entre sí un ángulo agudo.

Los mejores ejemplos del tipo de estructuras positivas antes referido se observan entre la Falla del Catatumbo y la Falla de Mirolindo al W de la población de Tibú, donde se encuentra en superficie un pliegue con esa forma y un área mayor de 15 Km<sup>2</sup> y entre la Falla de Río de Oro y la Falla de El Caracol donde se insinúa morfológicamente una estructura similar, la cual se define claramente en las líneas sísmicas de esa zona.

Entre las estructuras negativas, el llamado "sinclinal" de Río de Oro entre las fallas de El Catatumbo y Río de Oro constituye un magnífico ejemplo. Hay otra estructura de forma similar al nordeste de Tibú entre las fallas de El Catatumbo y Mirolindo.

### **El Levantamiento Andino**

Es un evento posterior a los fallamientos direccionales mencionados, y parece ser una emergencia en forma de bloques. Parece que en parte ha tenido lugar una reactivación de las fallas direccionales con movimiento vertical, entre ellas la del Catatumbo, pero también se encuentran fallas normales nuevas, las cuales producen bloques basculados muy característicos en sectores al Oeste de caño Tomás, en las zonas del río San Miguel y alto Sardinata.

En parte se presentan mesetas seccionadas por profundos cañones, de esto hay una extensión al Oriente y Sureste de la población de Las Mercedes, entre ésta y el caserío de San Martín de Loba.

### **Fallas direccionales SE-NW**

Por último cabe mencionar un evento que originó fallas direccionales con rumbo SE-NW, de movimiento

sinistral. Estos fallamientos son muy notables al sur de la cuenca del Catatumbo, especialmente en Cúcuta en cuyas vecindades cruza la Falla del Bramón y otras mas al sur, en la región de Pamplona. Dentro del área objeto del presente artículo, hay una gran falla con esa dirección, la Falla de Las Mercedes, la cual al Sur de la población de ese nombre pone en contacto sedimentos del Terciario Inferior al NE con esquistos al SW.

### **Historia y evolución geológica**

La historia geológica de la cuenca del Catatumbo se inicia en el Proterozoico, como lo indica la presencia de rocas típicas de la corteza siálica en el substrato.

De acuerdo a lo expresado en lo referente a estratigrafía y tectónica, hay dos áreas con una evolución geológica contrastante. Es difícil localizar las diferencias evolutivas de las dos regiones durante el Paleozoico, ya que es muy fragmentario el conocimiento de las unidades litológicas de esa Era en esta parte de la Cordillera Oriental, y en la zona estudiada no se presentan exposiciones de rocas de la Era Primaria. Aún el Mesozoico Inferior es poco conocido, aunque se presenta expuesto en amplias zonas.

Sin embargo se puede afirmar que durante el Mesozoico Inferior hubo una intensa actividad tectónica de tipo distensivo, con intensa actividad magmática en el área al Oeste de la Falla de Río de Oro. Episodios de "rifting" causaron la depositación de espesas masas de sedimentos detríticos oxidados y el vulcanismo fue intenso, como lo atestiguan los extensos diatremas y los depósitos de rocas piroclásticas.

En la región al Oriente de la Falla de Río de Oro, parecen haberse presentado condiciones de erosión e inactividad magmática; aparentemente este territorio no fue afectado directamente por la apertura de canales de "rifting" y sus efectos. En cierto modo, puede afirmarse que la región al Oriente de la Falla de Río de Oro presenta afinidad litológica al Macizo de Santander, y la que se halla al Occidente se asemeja litológicamente a la Sierra de Perijá.

El "rifting" del Mesozoico Inferior, tuvo su culminación con la probable formación de lagos salinos intermitentemente comunicados con el océano, que produjeron depósitos evaporíticos durante el Cretáceo Inferior. Este fenómeno, que tuvo lugar en gran parte de lo que hoy es la Cordillera Oriental, parece no haber alcanzado las dos áreas que pone en contacto la Falla de Río de Oro.

Durante el Aptiano tuvo lugar una transgresión que llevó el mar a ocupar lo que hoy comprende la Cuenca de

Maracaibo, los Valles de los ríos Cesar y Ranchería, y grandes extensiones del Valle del Magdalena. La forma real de toda la cuenca ocupada por esa transgresión, no se puede visualizar hoy día, dado que los fallamientos transcurrentes la han desfigurado.

Con la transgresión se estableció un mar muy somero, de aguas claras, formándose espesos depósitos calcáreos, buena parte de los cuales corresponden a coquinas de moluscos. Esto ocurrió en las áreas Oriental y Occidental, pero las condiciones antes mencionadas continuaron al Occidente de la Falla de Río de Oro por un lapso muy amplio, hasta el Cenomaniano.

Al Oriente de la Falla de Río de Oro, las condiciones cambiaron antes del Albiano profundizándose la cuenca, por lo cual se depositaron las arcillas de la Formación o Miembro Mercedes. Posteriormente las condiciones fueron las de un mar de muy poca profundidad y un aporte de sedimentos muy lento, lo que permitió la cristalización de glauconita en grandes cantidades en las arenas de lo que hoy es la Arenisca de Aguardiente. Esto tuvo lugar aparentemente hasta el Albiano. Luego la cuenca se profundizó, estableciéndose un medio reductor donde se depositaron arcillas pelágicas con abundante materia orgánica, y con algunas depositaciones de carbonato representadas en la Formación Capacho. Durante el Cenomaniano, la cuenca se profundizó y se establecieron surgencias, durante las cuales se depositaron calizas pelágicas con abundante material sapropélico, sedimentos silíceos y fosforita.

En la cuenca presente al occidente de la Falla de Río de Oro, las condiciones permanecieron estables hasta el Cenomaniano, ambiente de aguas claras, poco profundas y sin aporte detrítico; en el Cenomaniano se profundizó la cuenca y se presentaron surgencias, produciéndose la depositación de calizas con abundante fauna pelágica y cherts; aparentemente no hubo depositación de fosforita. Este tipo de ambiente fue común a las dos cuencas en mención, y a la mayor parte de las áreas que ocupó el mar Cretáceo en el Oriente Andino, durante el período comprendido entre el Cenomaniano y el Coniaciano. Del Coniaciano hasta el fin del Cretáceo, las dos áreas tuvieron una evolución bastante similar y unas condiciones de aguas progresivamente más someras, debido a una regresión, las que culminaron en condiciones de ambiente litoral.

Al iniciarse la Era Terciaria, las condiciones litorales fueron diferentes para las dos áreas. Al Oriente de la Falla de Río de Oro, parece que se presentaron condiciones en las cuales potentes barras litorales de lo que es Formación Barco, al retroceder la línea de costa, fueron traslapadas por planicies intermareales con manglares, depositándose lo que se deno-

mina Formación Cuervos, que está compuesta principalmente de lodolitas con mantos de carbón. Un breve movimiento transgresivo produjo la formación de nuevas barras litorales (Formación Mirador) sobre las antiguas planicies intermareales de Los Cuervos, y posteriormente se presenta la culminación de la regresión con nuevas llanuras intermareales representadas en la Formación Carbonera, que fosilizan a las barras litorales de la Formación Mirador.

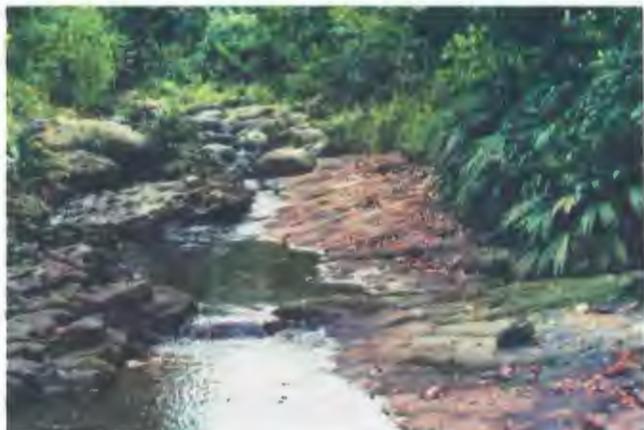
A continuación se presentó un plegamiento suave que formó estructuras muy amplias, y la retirada definitiva del mar. Esto parece haber ocurrido durante el Eoceno Tardío. Posteriormente, ya en condiciones continentales, comenzaron a depositarse sedimentos fluviales, que actualmente se denominan Formación León.

La evolución de la región occidental es diferente. Con la retirada del océano, se presentan condiciones de ambiente litoral; pero a diferencia de aquel de la región oriental, no se inicia la formación de grandes barras de arena litorales y se presentan condiciones lagunares con sedimentación arcillosa en un litoral cuya barrera ante el oleaje parece haber sido barreras calcáreas de lo que se denomina Formación Guasare. En todo caso, se presentan unas condiciones de energía mucho menor que en la región oriental.

Por lo tanto, la sedimentación es predominantemente pelítica con vegetación de manglares, lo que dió lugar a la formación de numerosos mantos de carbón. Posteriormente, posiblemente por rompimiento de barreras, la sedimentación se hace arenosa, pero con una rata lenta de depositación como lo evidencia la presencia de glauconita y la abundante arcilla en los sedimentos detríticos. Parece un área litoral resguardada de la acción de corrientes. En tiempo aún no determinado, hubo un ligero sollevamiento, que produjo un diastema, o más aún una ligera discordancia, al reanudarse la sedimentación que continuó siendo lenta, como lo muestra la estratificación en paquetes muy delgados. Además continuaron las condiciones intermareales, con presencia de lentes de arcilla en las areniscas.

En ambas zonas es evidente una laterización, la cual posiblemente tuvo lugar durante el Eoceno Superior, como se ha definido en gran parte del país.

Con los datos disponibles, es imposible indicar si el plegamiento y su correspondiente levantamiento, y el retiro definitivo del mar, son coetáneos con los de la región oriental. Aunque no se presentan sedimentos continentales en la región occidental dentro del área de estudio, es indudable que existieron y fueron erosionados, ya que más al Norte, en Venezuela, están descritos y denominados formaciones El Fausto y Los Ranchos.



Fotografía 1



Fotografía 2



Fotografía 3



Fotografía 4



Fotografía 5

Posteriormente al establecimiento de un ambiente definitivamente continental, comenzó un evento de actividad tectónica transcurrente con rumbos N-S y SW-NE, que generó las grandes fallas de rumbo descritas en lo referente a la tectónica. Este episodio puso en contacto las dos áreas de sedimentación que se han mencionado. Aparentemente los fallamientos trascurrentes se iniciaron durante el Oligoceno.

Más tarde, hacia el, final del Mioceno o tal vez durante el Plioceno, se inició el levantamiento andino, el cual no está relacionado con la tectónica transcurrente, es posterior y presenta rasgos típicos de una tectónica de bloques.

Hacia el sur de la cuenca del Catatumbo, posteriormente al levantamiento andino, comenzó un nuevo evento de tectónica transcurrente, con dirección NW, el cual



Fotografía 6

dio lugar a los fallamientos de El Bramón, Las Mercedes y otros que produjeron la dislocación de los Andes Colombo-Venezolanos desplazando la Cordillera de Mérida respecto a la Cordillera Oriental de Colombia.

Más tarde, durante el Pleistoceno y parte del Holoceno, tuvieron lugar las glaciaciones, y el enfriamiento climático produjo la desertización de amplias zonas del territorio, lo cual a su vez causó el depósito de arenas eólicas en una gran extensión entre la Serranía de Tibú y el Lago de Maracaibo.

### Geología del petróleo

La cuenca del Catatumbo, como parte de la cuenca del Lago de Maracaibo, es muy importante en el marco de la exploración de hidrocarburos en Colombia. Presenta un panorama muy atractivo en cuanto a presencia de rocas generadoras, rocas almacenadoras, niveles de rocas sello y estructuras adecuadas para entrapamiento.

El tema de la roca generadora ha sido ampliamente tratado y el conocimiento de las áreas productoras vecinas en Venezuela hace innecesario referirse adicionalmente a ese aspecto.

Con respecto a las rocas almacenadoras, cabe hacer algunas anotaciones adicionales. Las calizas localizadas al oeste de la Falla Río de Oro, antes consideradas como parte del Grupo Uribante, que fueron productoras en la Serranía de San Lucas, en el flanco Occidental, aparentemente presentan porosidad secundaria por fracturamiento debido a la Falla Río de Oro y a ello se debe su entrapamiento.



Fotografía 7



Fotografía 8



Fotografía 9



Fotografía 10



Fotografía 11



Fotografía 12



Fotografía 13

## CONVENCIONES

### Qal

**Depósitos Aluviales.** Aluviones, terrazas (gravas redondeadas y arenas) y algunas acumulaciones coluviales (arenas y gravas).

### Qe

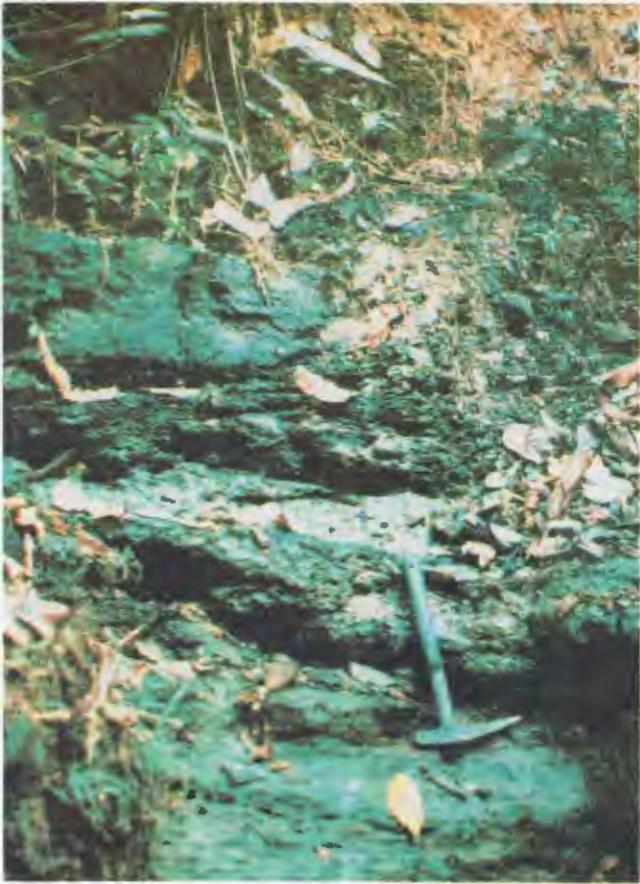
**Depósitos Eólicos.** Arenas cuarzosas de grano fino con ventifactos. Espesor variable <300 (?) m.

SECUENCIA OCCIDENTAL	SECUENCIA ORIENTAL
<p style="text-align: center;"><b>Tsw</b></p> <p><b>Terciario Superior Occidental.</b> Sedimentos continentales (~500 m de arenisca sucia arcillosa, marrón, en estratos gruesos, superpuesta por &gt;200 m de arenisca cuarzosa rosada con estratificación cruzada e intercalaciones de arcillolita) discordantes sobre el Terciario Inferior Occidental (Tiw).</p> <p style="text-align: center;"><b>Tiw</b></p> <p><b>Terciario Inferior Occidental.</b> Sedimentos transicionales entre marinos y continentales (~600 m) con predominancia de lutitas negras carbonosas superpuestas por ~500 m de areniscas sucias arcillosas con algunas intercalaciones de arcillolitas y mantos de carbón de notable espesor.</p> <p style="text-align: center;"><b>Kw</b></p> <p><b>Cretáceo Occidental.</b> Corresponde a una sucesión de sedimentos marinos discordantes sobre rocas de edad Pre-Cretácea. En la base se presenta la Formación Cogollo (~400 m de gruesos niveles de caliza, ~100 m de caliza micrítica y ~150 m de lutita), superpuesta por la Formación La Luna Occidental (~100-200 m de caliza bituminosa) y ~1000 m de Cretáceo Superior (lutita carbonosa gris plomizo con esporádicos niveles angostos de calizas lumaquéticas).</p> <p style="text-align: center;"><b>Pre-Kw</b></p> <p><b>Pre-Cretáceo Occidental.</b> El basamento en este bloque comprende rocas volcánicas y sedimentarias del Mesozoico inferior, intruidas en algunos sitios por stocks, reposando sobre un Pre-Cámbrico migmatítico.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Tse</b></p> <p><b>Terciario Superior Oriental.</b> Formaciones León y Guaya. Sedimentos continentales (~400 m de arcillolita y arenisca) discordantes sobre el Terciario Inferior Oriental (Tie).</p> <p style="text-align: center;"><b>Tie</b></p> <p><b>Terciario Inferior Oriental.</b> Reposa sobre el Cretáceo Oriental (Ke) y consta de sedimentos transicionales entre marinos y continentales que incluyen la Formación Barco (~200 m de arenisca blanca, cuarzosa, con ligera recristalización del cuarzo), la Formación Cuervos (~400 m de lutita negra con intercalaciones de arenisca y mantos de carbón), la Formación Mirador (~500 m de arenisca cuarzosa blanca, algo ferruginosa, sacaroide, friable) y la Formación Carbonera (~500 m de arcillolitas grises, areniscas a veces glauconíticas y algunos mantos de carbón).</p> <p style="text-align: center;"><b>Ke</b></p> <p><b>Cretáceo Oriental.</b> Sedimentos marinos discordantes sobre el Pre-Cretáceo. En la base se presenta la Formación Uribante (~450 m de arenisca glauconítica y calizas micríticas y lumaquéticas; subdividido en Miembros Tibú, Mercedes y Aguardiente), superpuesta por la Formación Capacho (~200 m de lutita, caliza y arenisca glauconítica), la Formación La Luna (~100 m de caliza fosfática y bituminosa, lutita y chert) y ~1000 m de Cretáceo Superior (Formaciones Mito Juan, Colón y Catatumbo, que constan de lutitas carbonosas, calizas lumaquéticas y areniscas).</p> <p style="text-align: center;"><b>Pre-Ke</b></p> <p><b>Pre-Cretáceo Oriental.</b> Comprende esquistos, neises, granitos y migmatitas de edad Pre-Cámbrica.</p>

En la secuencia litológica del oriente de la Falla Río de Oro, los niveles almacenadores son numerosos y ejemplos de ellos pueden resumirse así:

- Las areniscas de la Formación Aguardiente son productoras en los campos de Tibú y Socuavo.
- La Formación Capacho, o Cogollo, es productora en el campo Petrólea.

- Algunas areniscas de la Formación Mito Juan fueron productoras en el Campo Sardinata.
- Algunas areniscas de la Formación Catatumbo producen en los campos de Tibú y Sardinata.
- La Formación Barco fue productora en los campos de Socuavo, Tibú, Sardinata y Petrólea.
- La Formación Mirador presenta producción en el Campo Zulia.



Fotografía 14



Fotografía 15



Fotografía 16



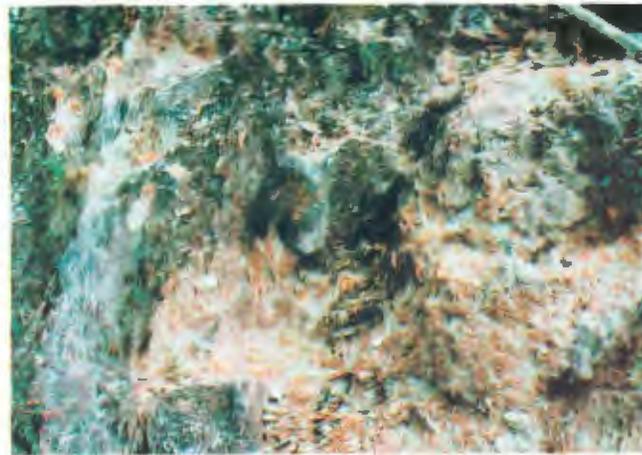
Fotografía 17



Fotografía 18



Fotografía 19



Fotografía 20

- La Formación Carbonera produce en el Campo Socuavo.

A esto cabe agregar que hay suficientes formaciones y niveles de composición pelítica que constituyen rocas sello.

Vale por lo tanto revisar las condiciones del entrapamiento y las estructuras que lo producen. Hasta ahora, las estructuras productoras han sido descritas como partes o fragmentos de anticlinales fallados. Pero la observación de la tectónica transcurrente del área sugiere que esas estructuras han sido originadas por efecto de fallamiento de rumbo, lo que genera nuevas perspectivas.

Se pueden observar grandes estructuras en el ángulo obtuso de las intersecciones de fallas, y un buen ejemplo de este tipo de estructuras lo constituye la de forma de abanico que se observa al este de las fallas de Catatumbo y Mirolindo, que la cierran en su extremo occidental. Otro tanto se observa en la intersección de las fallas de Catatumbo y Río de Oro o en la intersección de las fallas Río de Oro y La Gabarra.

Generalmente, al lado de dichas estructuras en forma de abanico se observan estructuras negativas, en el ángulo agudo de las intersecciones de las fallas, cuya forma sugiere un cabeceo sinclinal, como es el caso del "Sinclinal de Río de Oro" o la estructura que se observa entre las fallas de Catatumbo y Mirolindo.

Otra posibilidad exploratoria que presenta la tectónica transcurrente es la presencia de estructuras en flor. Un

ejemplo de estructura en flor positiva parece presentarse en la Serranía de San Lucas a lo largo de la Falla Río de Oro, que ha sido descrita como el "anticlinal" fallado de San Lucas y donde en el pasado hubo importante producción de hidrocarburos.

### Bibliografía

- Bernal, J. et al.** 1987. Informe Geológico del Sector Río Catatumbo-Río de Oro: Inédito, Ecopetrol, Inf. No. 1440, 68 págs., 11 figs., 11 fotografías, 6 anexos.
- Bouman, Q.C. & Gibson, G. B.** 1964. A Geologic Review of the Barco Area: Inédito, Colombian Petroleum Co., Inf. GR-304, 81 págs., 27 figs., 18 plates, 4 App.
- Bouman, Q.C.** 1964. The Geologic History of the Cretaceous and Tertiary Sedimentary Basins in Northeastern Colombia Western Venezuela: Inédito, Colombian Petroleum Co., Inf. GR-303, 46 págs., 22 figs.
- Bowler, J. W.** 1942. Core Drilling Socuavo del Norte, Inédito, Ecopetrol, Inf. 2151, 15 págs., 2 figs.
- Buerguer, C. B.** 1941. Geological and Geophysical Exploration of the Barco Concession: Inédito, Colombian Petroleum Co., Inf. GR-96, 22 págs.
- De La Espriella, R., Galvis Vergara, J., & Herrera, A.** 1981. Geología del Desarrollo Hidroeléctrico del Río Catatumbo: En Gómez Cajiao y Asociados Cía. Ltda., Desarrollo Hidroeléctrico del Río Catatumbo, Informe de Prefactibilidad, Vol. III, Apéndice B - Geología, 44 págs., 7 figs., 2 anexos.
- \_\_\_\_\_ **Monroy, M. & Marulanda, N.** 1983. Geología del Proyecto La Gabarra: En Gómez Cajiao y Asociados Cía. Ltda., Desarrollo Hidroeléctrico del Río Catatumbo, Proyecto La Gabarra, Vol. III, Apéndice C - Geología, 205 págs., 157 figs., 2 anexos.
- Fetzer, W.** 1940. Informe de la Investigación sin Terminar sobre las Posibilidades Minerales Económicas de la Reserva Petrolífera

- del Gobierno en el Departamento Norte de Santander: Inédito, Servicio Geológico Nacional, Inf. No. 111, 60 págs., 6 figs.
- Galvis Vergara, J., De La Espriella, R., Cortés DelValle, R. & Ujueta, G.** 1991. Revisión de Algunos Conceptos sobre la Geología de la Cuenca Inferior del Catatumbo Colombiano: Inédito, Instituto Colombiano del Petróleo, 145 págs., 143 figs.
- Geostudios Ltda. & Ujueta, G.** 1987, Estudio Fotogeológico del Area Río Catatumbo-Río Tomás, Norte de Santander: en Bernal, J. et al, 1987, Inédito, Ecopetrol, Inf. No. 1440, Anexo 2: 17 págs., 3 figs., 5 mapas
- Hubach, E.** 1931. Geología Petrolífera del Departamento de Norte de Santander: Inédito, Servicio Geológico Nacional, Inf. No. 176, 461 págs., 26 figs.; 1993. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, Tomo XII, págs. 1-377, 26 planchas, Bogotá.
- Hubman, C. W.** 1941b. Structure and Productive Possibilities of the Río de Oro Anticline, Barco Concession: Inédito, Colombian Petroleum Co., Inf. GR-75, 46 págs.
- INGEOMINAS, 1980a. Plancha 66-Miraflores: Escala 1:100.000, Bogotá.
- INGEOMINAS, 1980b. Plancha 76-Ocaña: Escala 1:100.000, Bogotá.
- INGEOMINAS, 1981. Plancha 86-Abrego: Escala 1:100.000, Bogotá.
- Instituto Colombiano del Petróleo. 1990. Evaluación Cuenca Catatumbo, I Etapa: Compilación y Evaluación de Información: Ecopetrol, Inf. Inédito
- Miller, J.B.** 1960. Directrices Tectónicas en la Sierra de Perijá y Partes Adyacentes de Venezuela y Colombia: III Congreso Geológico Venezolano, Tomo II, págs. 685-718, 16 figs., Caracas.
- Notestein, F., Hubman, C. & Bowler, J.** 1944. Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America: Geological Society of America, Bulletin, Vol. 55, No. 10, págs. 1165-1216, 6 pl., 12 figs., New York.
- Richards, H.G.** 1968. Cretaceous Section in Barco Area of Northeastern Colombia: American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, Vol. 52, No. 12, págs. 2324-2336, Tulsa.
- Roberts, J.M., Conley, D.L. & Millspaugh, R.C.** 1959. The Barco Concession, Santander del Norte: En 1979, Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists, Geological Field-Trips 1959-1978, First Annual Field Conference, January 3-4, págs. 1-32, 11 figs., Ed. Geotec, Bogotá.
- Robertson Research Inc., 1985. Colombia Petroleum Geology, A Basin by Basin Evaluation: Inédito.
- Sarmiento Alarcón, A.** 1947. Reconocimiento de Fosfatos en la Región comprendida entre los Ríos Catatumbo y Orú, Departamento de Santander: Inédito, Servicio Geológico Nacional, Inf. No. 539, 10 págs., 1 fig.; 1953, Boletín Geológico, Año I, No. 3, págs. 58-66, 1 fig., Bogotá.
- Servicio Geológico Nacional e Inventario Minero Nacional. 1967a. Cuadrángulo F-13 Tibú: Escala 1:200.000, Bogotá.
- Servicio Geológico Nacional e Inventario Minero Nacional. 1967b. Cuadrángulo G-13 Cúcuta: Escala 1:200.000, Bogotá.
- Smith, J. E.** 1951. The Cretaceous Limestone Producing Areas of the Mara and Maracaibo Districts - Venezuela: Third World Petroleum Congress, Proceedings, Section I, págs. 56-72. The Hague.
- Sutton, F. A.** 1946. Geology of Maracaibo Basin, Venezuela: American Association of Petroleum Geologists, Vol. 30, No.10, págs. 1621-1741, 8 figs, 11 pl., Tulsa.