



SINTESIS PALEOGEOGRAFICA Y PETROLERA DEL OCCIDENTE DE VENEZUELA

Por:

1971

ELÍAS ZAMBRANO*
ENRIQUE VÁSQUEZ*

BERNARD DUVAL**
MICHEL LATREILLE**
BERNARD COFFINIERES**

1. RESUMEN

La compleja distribución de las unidades tectónicas y su diversidad en el occidente de Venezuela a primera vista imparte a la región una aparente heterogeneidad; sin embargo, la reconstrucción minuciosa de la historia geológica conduce a la idea de una cierta unidad.

La conjunción de fenómenos en gran escala permite definir provincias de sedimentación independientes del cuadro estructural actual. Por esta razón, la historia geológica de cada una de las unidades considerada individualmente no puede aclararse sin integrarla al amplio cuadro de la historia común a toda la región. Los rasgos más importantes de dicha historia son los siguientes:

- a) Influencia continua de zonas cratónicas tales como el Escudo de Guayana y la península de Paraguaná, sobre la sedimentación.
- b) Persistencia de algunas zonas positivas y de plataforma durante períodos prolongados, tales como: el Alto de Mérida, el Alto de Coro y las Plataformas de Dabajuro, Maracaibo-Barinas y Barbacoas.
- c) Existencia de flexiones inestables (costa del Distrito Bolívar, zona de Chejendé, línea de ofiolitas de Siquisique), a lo largo de las cuales hubo fenómenos de inversión de subsidencia, lo cual permitió la existencia de zonas positivas distintas de las unidades estructurales actuales.
- d) Efectos regionales de dos epirogénesis importantes, post-paleocena y post-eocena, y de una orogénesis mayor intra y post-neogena.

La historia petrolera de las cuencas de Barinas y de Maracaibo demuestra que la distribución de rocas madres y recipientes y los fenómenos de migración y acumulación de hidrocarburos son resultado de la existencia y evolución de ciertos rasgos paleogeográficos. Entre los hechos petroleros vale citar:

- a) Fuentes múltiples, de edad Cretáceo, Eoceno y Oligo-Mioceno, para la génesis del petróleo en las diferentes cuencas.

* CORPORACION VENEZOLANA DEL PETROLEO. Subgerencia de Exploración - Dpto. de Estudios Regionales.
** INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE. División Géologique.

- b) Localización de los recipientes principales entre la zona de plataforma, alimentada por el material clástico suministrado por el Escudo de Guayana, y su interdigitación con las facies tipo La Luna en la Cuenca de Barinas. Asociación de las rocas madres y recipientes en la zona de ambiente parálico y transicional, situada entre la flexión de la Costa Bolívar y la prolongación del Arco de Mérida hacia el Lago de Maracaibo.
- c) Relación estrecha entre la migración y entrapamiento con los fenómenos dinámicos, tales como: epirogénesis post-paleocena y post-eocena, orogénesis mio-pliocena, subsidencia y basculamientos en las cuencas de Maracaibo y Barinas.

ABSTRACT: The complex distribution of tectonic units and their diversity in Western Venezuela gives the region an apparent heterogeneity at first glance; however, the detailed reconstruction of the geologic history leads to the idea of a certain unity.

The combination of large-scale phenomena leads to defining sedimentary provinces, which are independent from the present structural framework; for this reason the geological history of each unit considered individually cannot be established without relating it to the main historical framework common to the entire region. The most important features in this history are as follows: (a) the continuous influence of cratonic zones, such as the Guayana Shield and the Paraguaná peninsula, on deposition; (b) the persistence of positive and shelf zones through long periods, such as the Mérida High, the Coro High and the Dabajuro, Maracaibo-Barinas and Barbacoas shelves; (c) the existence of unstable flexures (Bolívar Coast, Chejendé zone, Siquisique ophiolite line) along which subsidence inversion took place, thus producing positive zones which were different from present-day structural units; (d) the regional effects of two important post-Paleocene and post-Eocene epeirogenies, and of one important intra- and post-Neogene orogeny.

The petroleum history of the Barinas and Maracaibo Basins shows that the source and reservoir rock distribution and the migration and accumulation of hydrocarbons resulted from the existence and evolution of certain paleogeographic features. The following are the most important facts relating to petroleum: (a) multiple sources of oil genesis, of Cretaceous, Eocene and Oligo-Miocene ages, in the different basins; (b) location of the main reservoirs between the shelf zone, fed by clastic material from the Guayana Shield, and its interfingering with La Luna-type facies in the Barinas Basin; associations of source and reservoir rocks in the zone of paralic and transitional environment, located between the Bolívar Coast flexure and the extension of the Mérida Arch towards Lake Maracaibo; (c) close relationship between migration and accumulation, and dynamic phenomena such as: post-Paleocene and post-Eocene epeirogenies, Mio-Pliocene orogeny, subsidence and tilting in the Maracaibo and Barinas Basins.

2. INTRODUCCION

2.1 OBJETO DEL ESTUDIO

Esta publicación tiene por objeto presentar la paleogeografía y la historia petroliera del Occidente de Venezuela, como resultado de la recopilación, análisis y reinterpretación de la información existente hasta el presente. Se trata de una síntesis general y de ningún modo de poner al día la estratigrafía de la región; por tal razón, se han eliminado deliberadamente ciertos detalles de nomenclatura y los fundamentos paleontológicos de la estratigrafía.

La paleogeografía constituye la primera parte de este trabajo. La síntesis geológica que resulta de ella, especialmente en lo concerniente a la distribución de las facies y la dinámica de las partes de plataforma, correspondientes a las cuencas petrolíferas actuales, contribuye a aclarar tanto la evolución de éstas como los problemas de origen, migración y entrapamiento de los hidrocarburos, que constituye la segunda parte de esta publicación.

2.2 SITUACION Y LIMITES

Se denomina aquí "Occidente de Venezuela" el territorio incluido entre la frontera con Colombia al oeste, una línea meridiana que pasa por la parte oriental del Estado Falcón y el Arco de El Baúl hasta el Escudo de Guayana, al este.

Debe hacerse una salvedad: la presente síntesis trata de incluir el Golfo de Venezuela, pero los datos geológicos al respecto son todavía muy parciales, ya que esta región está en estado exploratorio incipiente y hasta la fecha no se ha perforado ningún pozo en el área. Por lo tanto, las ideas emitidas aquí sobre el Golfo son todavía hipotéticas. Lo mismo puede afirmarse con respecto a las formaciones profundas de Falcón. También se hace referencia a la distribución de las facies flysch de la Formación Guárico para aclarar la paleogeografía de la región situada más al oeste.

En este estudio se han incluido la Cordillera de la Costa y las zonas limítrofes al norte y sur de ella. La historia petrolera de los campos occidentales de la Cuenca de Maracaibo ha sido tratada en forma muy superficial, ya que en este respecto el trabajo se concentró en la región del Lago de Maracaibo.

2.3 ORGANIZACION Y METODOS DE TRABAJO

De acuerdo al convenio celebrado entre las empresas estatales Corporación Venezolana del Petróleo e Instituto Francés del Petróleo, un grupo de geólogos de este último formó junto con profesionales venezolanos un grupo mixto, encargado de hacer los estudios geológicos y petroleros de las cuencas de Maracaibo y Barinas y de la región norte-central del Estado Falcón. Estos trabajos sirvieron de base para la presente síntesis. La C. V. P. ha permitido la presente publicación con el fin de colaborar con el IV Congreso Geológico Venezolano.

2.4 AGRADECIMIENTOS

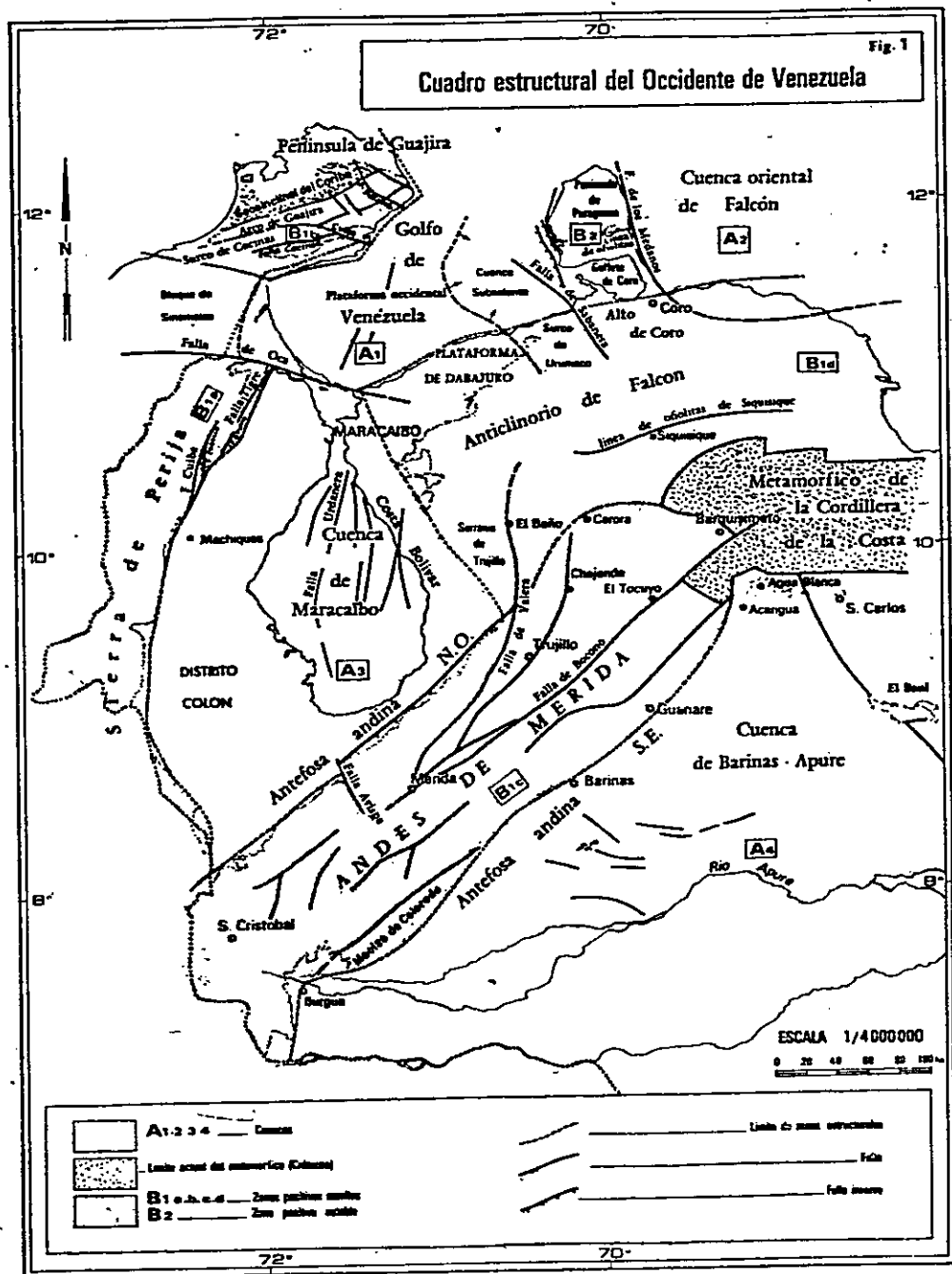
Los autores agradecen tanto al Instituto Francés del Petróleo como a la Corporación Venezolana del Petróleo el haberles autorizado a presentar esta publicación y la amplia ayuda recibida durante su preparación.

Es digna de mención la colaboración recibida de los geólogos Hely Bravo Conde, Pablo Stredel y Roberto Velazco, quienes participaron activamente en los trabajos del Grupo Mixto. También se desea expresar los agradecimientos que corresponden a los geólogos Jean Rochet del I. F. P. y Hugo Velarde de la C. V. P. por la coordinación del trabajo y revisión del texto final.

Es importante destacar que la presente síntesis ha sido posible gracias a los esfuerzos de los numerosos geólogos que nos precedieron en el estudio de las cuencas aquí tratadas. La imposibilidad de mencionarlos a todos no nos exime de la deuda de gratitud que tenemos para con ellos, especialmente con los integrantes del Comité de Nomenclatura del Eoceno de la Cuenca de Maracaibo.

Cuadro estructural del Occidente de Venezuela

Fig. 1



PRIMERA PARTE

PALEOGEOGRAFIA DEL OCCIDENTE DE VENEZUELA

3. CUADRO ESTRUCTURAL ACTUAL

En el occidente de Venezuela se pueden distinguir varias unidades tectónicas, las más importantes de las cuales se definieron durante la orogénesis del Terciario Superior. A continuación se presenta el cuadro tectónico que contiene los rasgos sobresalientes del occidente de Venezuela (Fig. 1):

Cuenas	{	Golfo de Venezuela	
		Parte Oriental de Falcón	
	{	Maracaibo	
		Barinas Apure	
Zonas Positivas	{	Móviles	Andes de Mérida
			Anticlinorio de Falcón
			Sierra de Perijá
			Península de La Goajira
	{	Estable - Península de Paraguaná	

3.1 CUENCA DEL GOLFO DE VENEZUELA

Está limitada al noroeste por la Península de La Goajira, al este por la de Paraguaná, y al sureste por la costa de Falcón. Entre La Goajira y Paraguaná la cuenca se abre hacia el norte donde su extensión es mal conocida. Estructuralmente la cuenca puede dividirse en dos partes: una zona de plataforma al oeste y una depresión fuertemente subsidente durante el Oligo-Mioceno al este. Numerosas fallas accidentan el Golfo, sobre todo en la zona de plataforma.

Una zona de fallas de fuerte desplazamiento separa al Golfo de la Península de Paraguaná y del Golfo de Coro, el cual representa una extensión de la parte subsidente del Golfo.

3.2 CUENCA ORIENTAL DE FALCON

Está situada en el mar Caribe, limitada al oeste por la Península de Paraguaná, de la cual está separada por la falla de los Médanos. Se desconoce su extensión hacia el este. Al noreste su límite está constituido por el elemento cratónico de la Isla de Curazao. Su límite sur puede colocarse artificialmente en los primeros relieves situados en tierra (anticlinal de Cumarebo), pero la provincia de facies a la que pertenece se extiende al sur. —

3.3 CUENCA DE MARACAIBO

Está limitada al norte por la falla de Oca, al oeste por la Sierra de Perijá y al sureste por Los Andes de Mérida. Su límite oriental corresponde a los primeros relieves de Falcón y de la Serranía de Trujillo.

La sedimentación es típica de plataforma. Según las épocas y los sectores geográficos es marina a deltáica, con predominio de margas y calizas en el Mesozoico, arenas y lutitas en el Eoceno y post-Eoceno.

Las deformaciones principales datan de las epirogénesis post-Eoceno. Durante el Mioceno, una fuerte subsidencia afectó la parte sureste de la cuenca, a lo largo de Los Andes de Mérida, en vías de levantamiento (antefosa).

Las acumulaciones comerciales de hidrocarburos se presentan en el Mioceno (costa del Distrito Bolívar y noreste del Lago), en el Eoceno (costa del Lago), en menores cantidades en el Cretáceo (Lago y parte noroeste del Zulia) y en el Basamento (parte noroeste del Zulia).

3.4 CUENCA BARINAS-APURE

Está limitada al noroeste por Los Andes de Mérida, al sureste por el Cratón de Guayana, al oeste por Los Andes de Colombia y al noreste por el Arco de El Baúl.

Durante el Mesozoico y el Eoceno esta cuenca constituyó la parte meridional de una plataforma de sedimentación única Maracaibo-Barinas. Una zona alta central transversal a la dirección andina, el Arco de Mérida, corresponde a la zona productora de la Cuenca de Barinas, tanto en el Cretáceo como en el Eoceno. Las deformaciones principales datan de la epirogénesis post-Paleoceno y post-Eoceno. En el flanco sureste de los Andes se formó durante el Oligo-Mioceno una antefosa simétrica a la conocida en el flanco noroeste.

3.5 SIERRA DE PERIJA

Tiene un rumbo norte-sur a N20°E y separa la cuenca de Maracaibo del valle de César-Ranchería en Colombia. Su extremidad septentrional está bruscamente interrumpida por la falla de Oca, de dirección este-oeste. Este accidente constituye la prolongación oriental de la falla que limita, al norte, a la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia.

La parte axial está constituida por material ígneo y metamórfico, sobre el cual yacen en discordancia sedimentos paleozoicos y mesozoicos. Sobre éstos se encuentran formaciones terciarias.

Durante ciertas épocas del Cretáceo tuvieron lugar fenómenos de subsidencia en el centro de la Sierra que dieron origen al Surco de Machiques. Las orogénesis que determinaron la mayor parte de los principales sistemas de fallas conocidas en la Sierra de Perijá, tales como: Cuibas, Macoa, Cogollo, Tigre, Totumo, datan del Paleoceno-Eoceno inferior y del Eoceno superior. El principal período de plegamiento y levantamiento es post-Oligoceno y pudo extenderse hasta el Plioceno superior. Las fallas antiguas fueron reactivadas y se formaron otras nuevas.

3.6 PENINSULA DE LA GOAJIRA

La Goajira constituye el límite noroeste del Golfo de Venezuela. Según O. RENZ (1960), se puede distinguir una parte meridional de plataforma, accidentada por un profundo surco de subsidencia (Jurásico-Cretácico) y una parte septentrional constituida por sedimentos metamorfozados, afectados por intrusiones pertenecientes al Geosinclinal del Caribe. Las dos regiones están separadas por un antiguo macizo

ígneo-metamórfico: el Arco de La Goajira. Las relaciones con las zonas situadas al sur, sobre todo con la Sierra de Perijá, son hipotéticas. Ciertos datos indican que la región comprendida entre la península y la falla de Oca, llamada bloque de Sinamaica, ha debido corresponder a una zona positiva, sometida a erosión durante el final del Eoceno. Más tarde, durante el Oligoceno y Mioceno, fue una zona subsidente, teniendo lugar una inversión en el desplazamiento de la falla de Oca.

3.7 ANDES DE MERIDA

Se formaron durante la orogénesis del Terciario Superior y constituyen el relieve más acentuado de Venezuela. Este levantamiento dio origen a las Cuencas de Maracaibo y Barinas-Apure como dos unidades tectónicas individualizadas. Hay continuidad de los depósitos mesozoicos y eocenos que se encuentran en la cordillera, con los de ambas cuencas.

Las variaciones de espesor indican fenómenos de subsidencia en los dos extremos de la cordillera andina, donde se formaron los surcos de Trujillo y de Táchira.

La parte axial de la cordillera está constituida por material ígneo-metamórfico y sedimentos paleozoicos metamorfizados o no, pero Los Andes de Mérida no exhiben los caracteres sedimentarios y estructurales de una sierra geosinclinal durante el período estudiado; en particular no hay polaridad orogénica ni tectónica tangencial. Ellos corresponden a un pliegue de fondo intracratónico emplazado en el lugar de un surco paleozoico, del mismo rumbo, fuertemente subsidente. Están bordeados simétricamente por dos antefosas sinorogénicas.

El estudio de las formaciones cretáceas, paleocenas y eocenas ilustra la evolución del geosinclinal en su terminación axial occidental y su transición a la zona de plataforma del oeste del país (al este de Barquisimeto durante el Cretáceo y al este de la Costa de Bolívar para el Paleoceno-Eoceno).

En la región Carora-Barquisimeto, ciertas características de las litofacies, los fenómenos de epimetamorfismo, los deslizamientos submarinos intrasedimentarios, etc., dan la apariencia de características geosinclinales.

3.8 ANTICLINORIO DE FALCON

Está constituido por potentes formaciones oligocenas, miocenas y escasos vestigios del Eoceno. La región presenta largos pliegues de rumbo este-oeste, cuya extremidad occidental se encorva hacia el sur para empalmar con los relieves de la Serranía de Trujillo, de dirección aproximada N20°E.

El anticlinorio de Falcón no corresponde a una provincia sedimentaria, pues ésta se extiende hacia el norte en el Golfo de Venezuela. Ciertas características son comunes a ambas regiones, tales como: la plataforma de la parte occidental del Golfo de Venezuela, que vuelve a encontrarse en Falcón representada por la plataforma de Debajuro; la parte oriental del Golfo, fuertemente subsidente, que se prolonga en tierra constituyendo el Surco de Urumaco, limitado hacia el este por el Alto de Coro, donde se desarrollan formaciones arrecifales y detríticas del Oligoceno y se adelgazan las formaciones miocenas.

La orogénesis responsable de este plegamiento es intra y post-Mioceno a Reciente. Su efecto puede observarse en los conglomerados de la Formación Coro del Plioceno, los cuales presentan buzamientos verticales.

El límite sur del Anticlinorio de Falcón puede fijarse en una línea este-oeste que pasa aproximadamente por Siquisique. La presencia de ofiolitas en esta región se relaciona con un accidente profundo, que durante ciertos períodos habría representado el papel de flexión estructural ("hinge-line"), que delimita provincias de sedimentación distinta.

3.9 PENINSULA DE PARAGUANA

Esta península corresponde a un elemento cratónico estable que fue preservado de la mayor parte de las incursiones marinas. En el centro de la península los depósitos se reducen a un afloramiento del Cretáceo y a sedimentos miocenos subtabulares.

Esta península está limitada al sur por una sutura estructural que la atraviesa de este a oeste, marcada por emisiones ofiolíticas (macizo de Santa Ana). Al sur de esta sutura, en el Golfete de Coro, se encuentran los acuíferos de las formaciones terciarias conocidas en Falcón. Al este y al oeste la península está limitada por importantes fallas subverticales, a veces contemporáneas con la sedimentación subsidente vecina. Finalmente, al norte, una profunda depresión semicircular separa a Paraguaná de la Isla de Aruba.

4. PRE-CRETACEO

La historia geológica pre-cretácea del Occidente de Venezuela es mal conocida. En efecto, las formaciones correspondientes a estos períodos se encuentran generalmente expuestas en ciertas zonas positivas, repetidamente perturbadas por deformaciones tectónicas acompañadas de erosión que complican su reconstrucción. Algunos pozos alcanzan un basamento ígneo o metamórfico directamente por debajo de los horizontes cretáceos. Sin embargo, la presencia del Cámbrico fosilífero en la región de El Baúl permite postular la existencia de formaciones paleozoicas sobre las plataformas. La distribución inicial de las rocas paleozoicas es todavía hipotética. Lo mismo sucede con las formaciones del Triásico-Jurásico como La Quinta.

En esta publicación la historia geológica pre-cretácea no será tratada en detalle. Solamente se describirán los rasgos esenciales que caracterizan en las tres zonas positivas siguientes: Península de La Goajira, Sierra de Perijá y Andes de Mérida. Sin embargo, es importante señalar la presencia de Jurásico Superior marino en Paraguaná (W. D. MACDONALD, 1968).

4.1 PENINSULA DE LA GOAJIRA

Esta región, que fue estudiada por varios autores, entre ellos O. RENZ (1960) y J. F. ROLLINS (1965), ha sido sede de una sedimentación marina y continental, accidentada por varias fases de deformación, metamorfismo e intrusiones.

El ciclo del Triásico se inicia con la sedimentación de capas rojas de origen continental que constituyen la base del Grupo Cojoro. Después de una incursión marina el ciclo se cierra con la fase regresiva representada por las arenas de la Formación Uipana. Después de un período de plegamiento, se depositó el Jurásico, representado por sedimentos espesos de agua poco profunda, acumulados en la depresión fuertemente subsidente del Surco de Cocinas. Dichos sedimentos son principalmente carbonatos, limolitas, lutitas y areniscas.

4.2 SIERRA DE PERIJA

Los sedimentos más antiguos que suprayacen al basamento ígneo-metamórfico pertenecen al Grupo Cachiří del Devónico. Este comprende una arenisca basal, calizas fosilíferas y lutitas. La fase regresiva al final del ciclo está representada por areniscas y lutitas. Estos sedimentos son en general ricos en material carbonáceo, desprovistos de fauna marina y con características de ambiente deltaico. Posterior a estos depósitos podría haberse producido una deformación acompañada de metamorfismo.

Durante el Pérmico-Carbonífero se individualizaron dos provincias sedimentarias: una marina al norte, donde se depositaron las calizas con Fusulinas de la Formación Palmarito; en la otra, meridional, se depositaron los sedimentos predominantemente continentales del Grupo La Gé, asociados con cenizas y tobas volcánicas. Esta cuenca meridional está limitada en sus flancos por las intrusiones graníticas de El Palmar y las emisiones volcánicas de El Totumo.

La Formación La Quinta, parte superior del Grupo La Gé, puede descansar con discordancia angular sobre diversas formaciones antiguas. Su edad se atribuye al Triásico-Jurásico y su litología comprende conglomerados, areniscas rojas, margas, productos volcánicos, etc. Se conocen algunos vestigios de esta formación en partes de la plataforma de Maracaibo.

Al final del Triásico-Jurásico, movimientos intensos acompañados de erosión configuraron los elementos estructurales sobre los cuales se produjo posteriormente la transgresión cretácea, especialmente el Surco subsidente de Machiques.

4.3 ANDES DE MERIDA

Están emplazados en una depresión paleozoica de igual extensión geográfica y rumbo que la sierra actual, (H. C. ARNOLD, 1961). Esa depresión está situada sobre una antigua zona de debilidad a nivel cortical. Las flexiones que limitan la cordillera actualmente corresponden al movimiento invertido de las líneas de bisagra ("hinge-lines") del Paleozoico.

En dicha depresión hubo dos ciclos de sedimentación: El primero está representado en su parte inferior por la Formación Caparo, compuesta de areniscas arcillosas, arcillas y lutitas abigarradas del Ordovícico. La Formación Mucuchachí suprayacente cierra el ciclo; su litología es de areniscas de grano fino a conglomeráticas y filitas grises lustrosas. Está metamorfizada y contiene clorita, epidoto, etc. Su edad es Devónico y Carbonífero.

El segundo ciclo, del Pérmico, está representado por las formaciones Sabaneta y Palmarito. La primera corresponde a una sedimentación terrestre con conglomerados, areniscas y limolitas rojas; la segunda es marina, arenosa en la base, pasando a limolitas calcáreas, lutitas y calizas. La Formación Palmarito puede estar en continuidad con la Formación Sabaneta o en discordancia sobre unidades más antiguas.

Estas formaciones fueron posteriormente deformadas por una compresión sureste-noroeste, es decir, ortogonal al eje de la depresión paleozoica. Sobre dicha superficie, plegada y erosionada, se depositó la Formación La Quinta del Triásico-Jurásico, de características idénticas a la definida en Perijá. Su distribución actual es errática debido a la erosión posterior.

5. CRETACEO

El Cretáceo corresponde a una transgresión que cubrió todo el Occidente de Venezuela sobre una penillanura paleozoica a Triásico-Jurásico. Las características geológicas se pueden sintetizar como sigue:

a) Los sedimentos cretáceos indican ambiente de plataforma, a veces bajo condiciones euxínicas (Formación La Luna). Esta plataforma se extendía sobre las cuencas de Maracaibo y Barinas, ya que para esa época no existían Los Andes de Mérida, rasgo fisiográfico posterior al Eoceno. Hacia el norte, a pesar de la ausencia de datos precisos, se puede entrever la prolongación de dicha plataforma en el Golfo de Venezuela y posiblemente por debajo de las espesas formaciones terciarias de Falcón.

b) Existe una subsidencia muy marcada en ciertas regiones: La Goajira y surcos de Machiques, Táchira y Trujillo. Esta subsidencia es causante del mayor espesor de ciertas formaciones, pero afecta muy poco las condiciones de batimetría y naturaleza de los depósitos. Las litofacies no exhiben caracteres de tipo geosinclinal, con excepción de la región de Barquisimeto y una parte de La Goajira (Serranía de Jarara), donde observan epimetamorfismo y presencia de ofiolitas.

c) La fuente de sedimentos clásticos es el Cratón de Guayana al sureste, a partir del Neocomiense-Barremiense (Formación Río Negro). Desde el Albiense al máximo desarrollo de los clásticos se presenta en la parte sur de la plataforma; hacia el noroeste su disminución da lugar a una sedimentación calcáreo-argilácea, francamente marina, desarrollada en los actuales Andes de Mérida, Cuenca de Maracaibo y La Goajira. Sólo la Formación Aguardiente, detrítica, se desarrolla más allá del borde noroeste de Los Andes; en esta época el borde del Cratón de Guayana estaba más al norte que en los períodos posteriores.

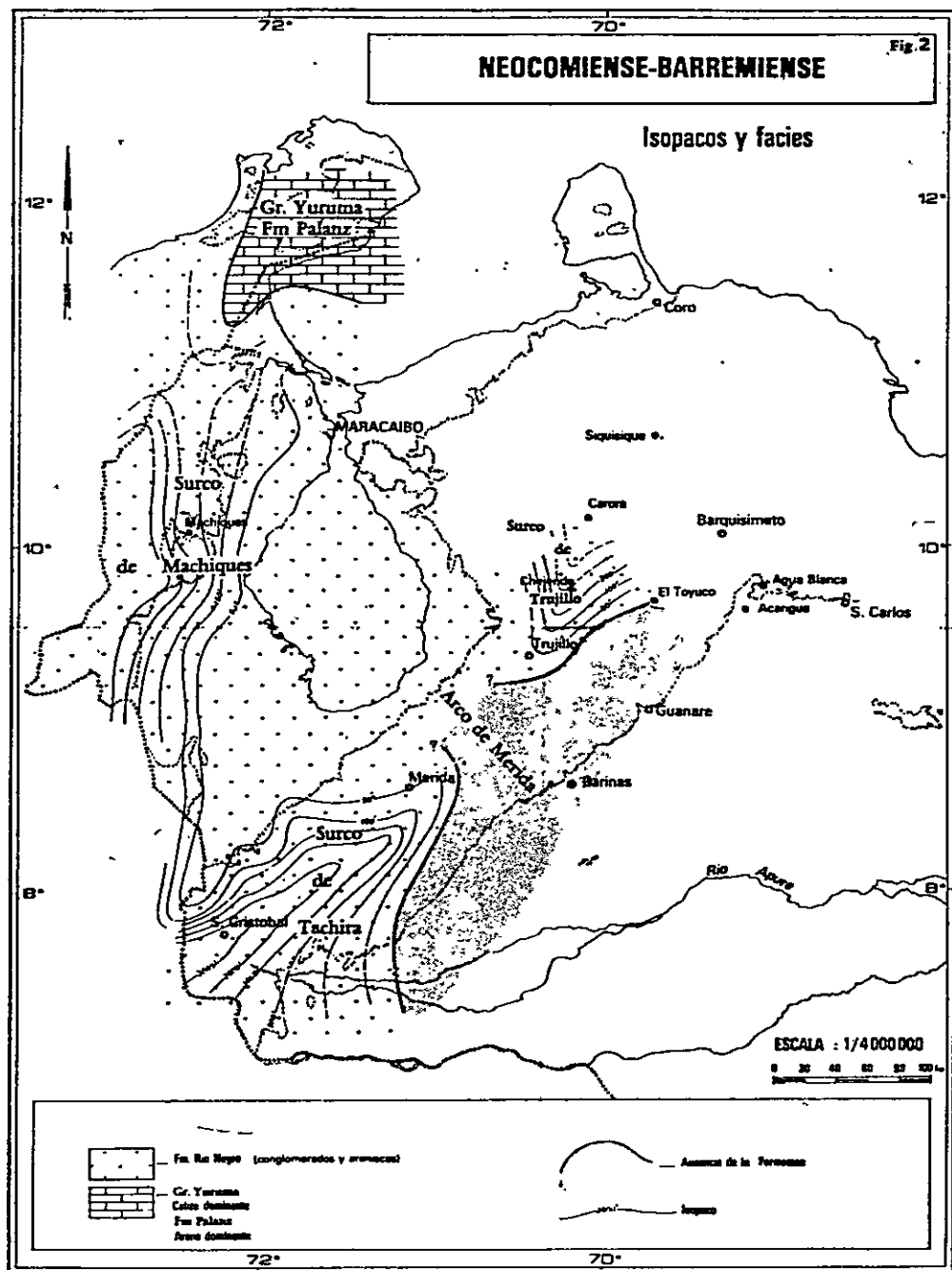
d) Desde comienzos del Cretáceo existía una zona alta transversal al rumbo de Los Andes, el Arco de Mérida, que corresponde a una prolongación del Cratón de Guayana hacia el noroeste. Esta zona positiva juega un papel importante hasta fines del Eoceno medio y representa una característica paleoestructural sobresaliente en la historia geológica y petrolera de la región.

5.1 CRETACEO INFERIOR (Incluyendo el Albiense)

Las características principales del Cretáceo Inferior son las siguientes:

- La formación de tres surcos subsidentes: Machiques, Táchira y Trujillo.
- La existencia de una plataforma estable que incluye el Lago de Maracaibo, así como también la zona alta del Arco de Mérida.

5.1.1 *Neocomiense-Barremiense.* A esta época corresponden los sedimentos de la Formación Río Negro, caracterizada por acumulaciones espesas (hasta unos 1.000 metros (3.000 pies) cerca de San Cristóbal) de conglomerados y areniscas con intercalaciones de lutitas y escasas calizas arenosas fosilíferas. Aparte de estas calizas de ambiente marino, se admite un origen continental para esta formación.



En la región de Maracaibo los clásticos basales cretáceos se adelgazan hasta unos 17 metros (50 pies) (Fig. 2).

En la Península de La Goajira la Formación Río Negro tiene como equivalente lateral a las capas calcáreas detríticas y de tipo arrecifal de la Formación Palanz de unos 600 metros (1.900 pies) de espesor aproximadamente. Encima de ésta se deposita el Grupo Yuruma, espesa secuencia calcárea (600 metros; 1.800 pies), muy fosilífera, de ambiente marino poco profundo.

5.1.2 *Aptiense*. En esta época predominan los ambientes francamente marinos, donde se sedimentan calizas nodulares con intercalaciones de lutitas negras, pertenecientes a la Formación Apón. En el Táchira esta formación alcanza unos 200 metros (600 pies) y 280 metros (850 pies) en el Surco de Trujillo.

La Formación Apón puede dividirse, según las regiones consideradas, en varios miembros entre los cuales se destaca el Miembro Tibú, basal, predominantemente calcáreo.

La ausencia de sedimentos de este período en la parte media de Los Andes, entre los dos surcos (Fig. 3), permite postular en esta parte una zona positiva, que sería una prolongación hacia el noroeste del Escudo de Guayana y que constituye el Arco de Mérida (A. SALVADOR, 1963).

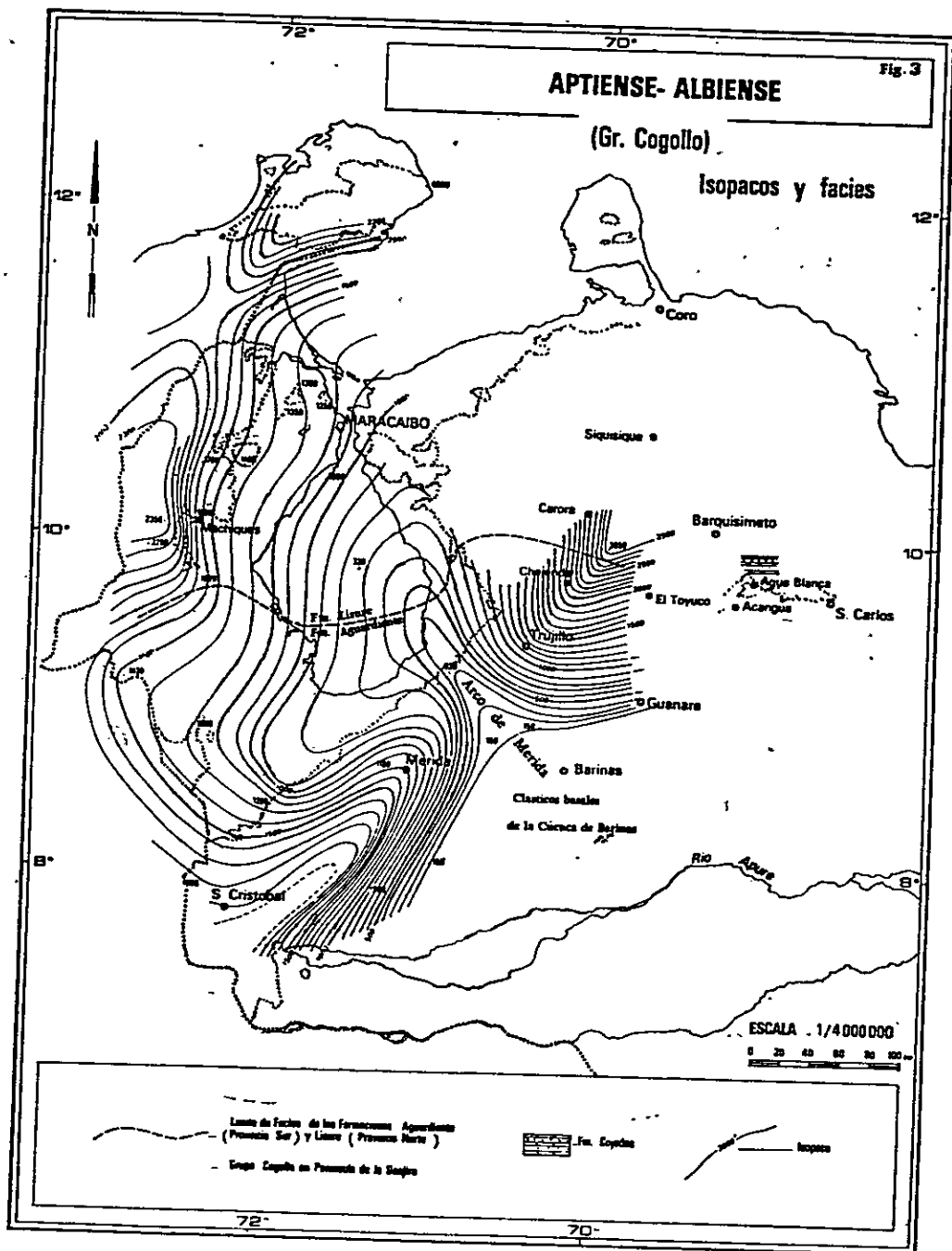
5.1.3 *Albiense*. Como continuación de la transgresión durante esta época, el Arco de Mérida y la Cuenca de Barinas fueron invadidos por los sedimentos detríticos correspondientes a la Formación Aguardiente, o parte basal del intervalo "T" de la Formación Fortuna en el subsuelo de Barinas. Esta formación alcanza un espesor de unos 500 metros (1.600 pies) en el Táchira, 560 metros (1.700 pies) en Lara, mientras que en el Arco de Mérida y la Cuenca de Barinas se reduce a 30 metros (150 pies) o menos, teniendo como fuente de sedimentos el Escudo de Guayana que suministró el material de las areniscas, microconglomerados y lutitas limolíticas que constituyen a la formación (Fig. 3).

La sedimentación clástica decrece progresivamente hacia el norte donde la Formación Aguardiente pasa a su equivalente lateral calcáreo y calcáreo-detrítico, la Formación Lisure. La transición entre ambas facies pasa alrededor de Alturitas, sur del Lago, y en la costa este tiene una inflexión hacia el norte, tomando rumbo este en la región de Carora (Fig. 3).

En la región de Barquisimeto la estratigrafía del Cretáceo no está muy claramente establecida. La Formación Carorita consiste de calizas arenosas, areniscas, conglomerados lenticulares, verdaderas brechas intraformacionales a las cuales se asocian calizas negras y lutitas. Su espesor es de 500 metros (1.500 pies); contiene una fauna del Albiense. Esta formación es equivalente a las formaciones Apón y Aguardiente.

Al norte y este de Barquisimeto se presentan las formaciones metamorfizadas que constituyen la Cordillera de la Costa, parte de las cuales son equivalentes de las formaciones descritas aquí.

En la península de La Goajira la sedimentación es predominantemente calcárea, representada por el Grupo Cogollo.



Durante el Albiense superior, en todo el Occidente de Venezuela se sedimentó una caliza poco espesa, de 30-40 metros (90-120 pies) de espesor, de ambiente marino poco profundo, la Formación Maraca. En la Cuenca de Barinas corresponde a la parte superior del intervalo "T" del subsuelo.

5.2 CENOMANIENSE-TURONIENSE Y PARTE INFERIOR DEL CONIACIENSE

Al principio de este intervalo geológico se produce una transgresión generalizada de norte a sur, pudiéndose distinguir tres provincias de facies en esta dirección (Fig. 4):

Provincia costanera, predominantemente arenosa, situada en la parte sur de la cuenca de Barinas.

Provincia nerítica, lutítico-calcárea, con aporte detrítico, situada entre el flanco sureste de Los Andes y una línea aproximadamente paralela al río Apure. Incluye el área productora de la Cuenca de Barinas.

Provincia pelágica, calcáreo-argilácea; comprende la Cuenca de Maracaibo y la Guajira.

5.2.1 *Provincia Costanera.* El material clástico, suministrado por el Cratón de Guayana, invadió la parte sur de la Cuenca de Barinas-Apure, donde las distinciones estratigráficas son muy difíciles en un conjunto predominantemente arenoso.

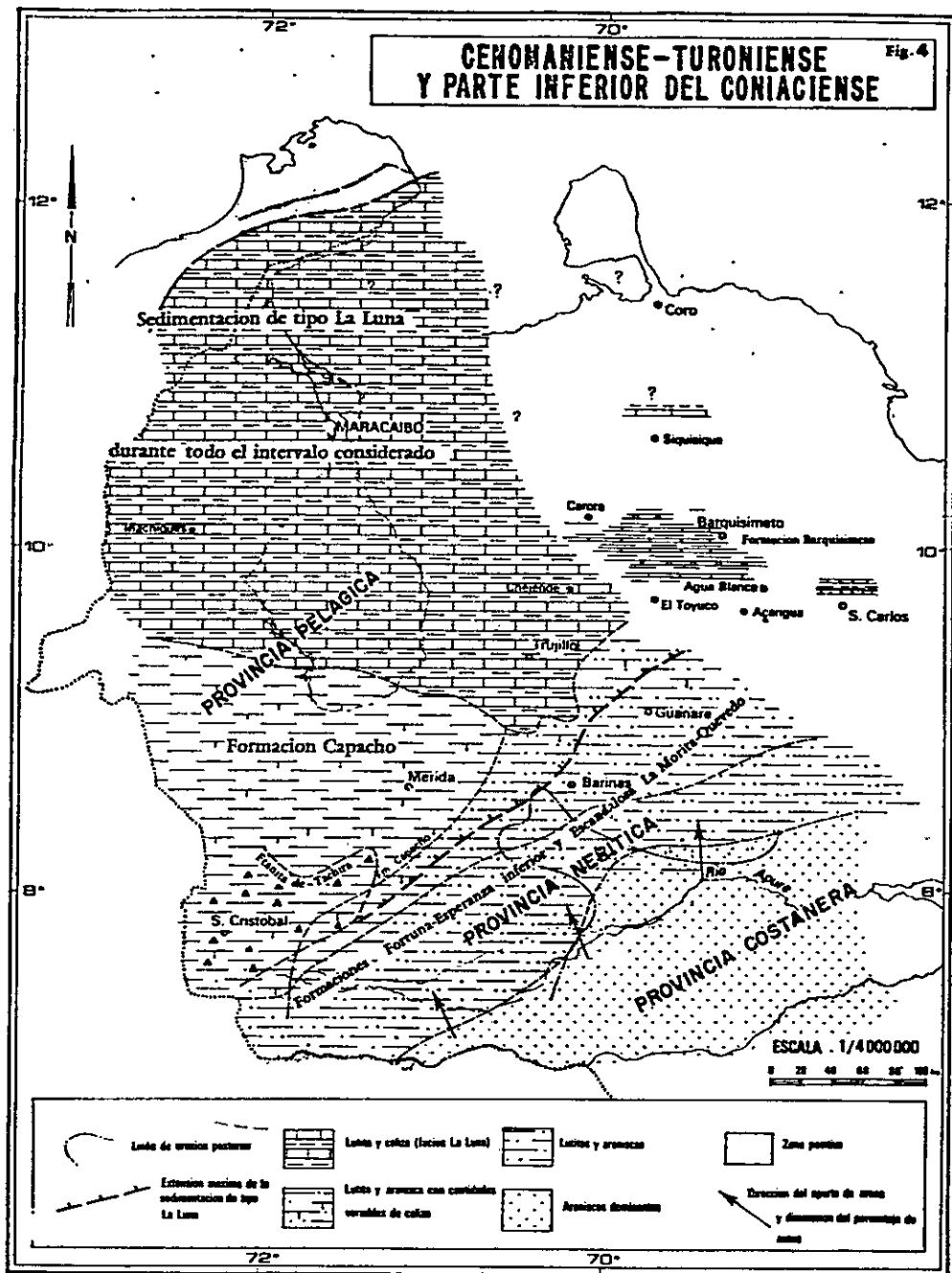
5.2.2 *Provincia Nerítica.* Al norte de la provincia anterior, incluyendo la zona productora de Barinas, se presenta una zona de transición donde prevalecen condiciones marinas con disminución del porcentaje de arena. De más antigua a más joven se pueden distinguir las formaciones Fortuna y Esperanza inferior en el subsuelo; Escandalosa, La Morita y Quevedo en el flanco sureste de Los Andes (O. RENZ, 1959).

El espesor total de estas formaciones es máximo en el sur del Táchira, alcanzando unos 800 metros (2.300 pies) en Burgua y cerca de 300 metros (1.000 pies) en la zona productora de la Cuenca de Barinas (Fig. 5).

El límite de estas zonas hacia el noroeste es aproximadamente paralelo al borde sureste de Los Andes y cercano a él.

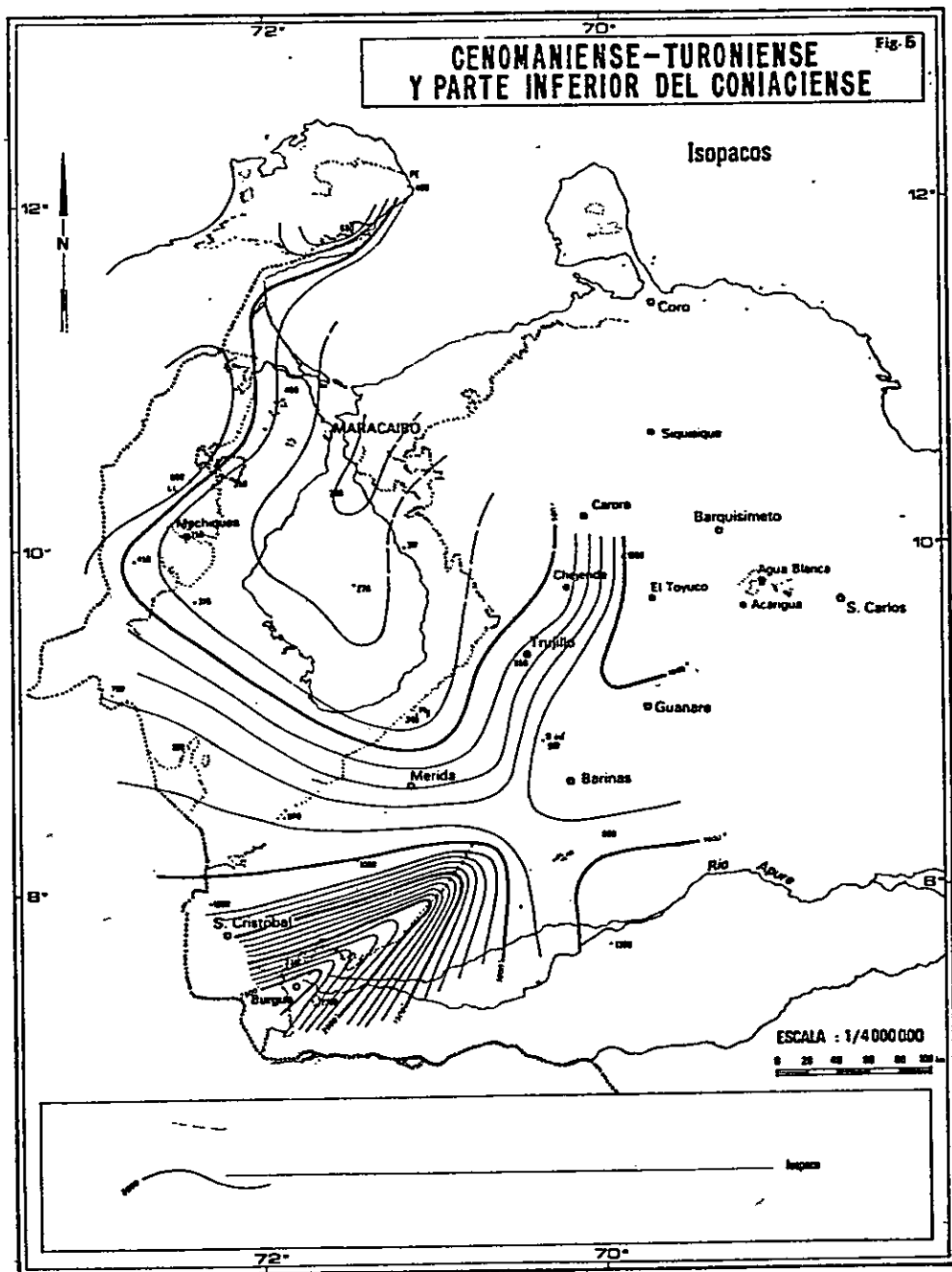
5.2.3 *Provincia Pelágica.* Hacia el noroeste de la provincia anterior e desarrolla una sedimentación homogénea, desprovista de clásticos gruesos, marina, en condiciones euxínicas. La Formación La Luna, calcáreo-lutítica, típica de esta provincia, tiene alto contenido de materia orgánica y amplia distribución geográfica por lo cual es muy importante como roca madre. Su espesor máximo es 250 metros (750 pies) en el Surco de Trujillo y unos 100 metros ($\pm$ 300 pies) en la plataforma de Maracaibo.

En el Táchira, parte central de Los Andes y parte del Distrito Colón la sedimentación de La Luna estuvo precedida, durante el Cenomaniense y Turoniense, por los sedimentos de la Formación Capacho (Fig. 4), compuesta de lutitas calcáreas oscuras (Lutita de Seboruco), por encima de las cuales se encuentra la Caliza de Guayacán que corresponde al Miembro "O" de la Formación Fortuna en el sub-



GENOMANIENSE-TURONIENSE Y PARTE INFERIOR DEL CONIACIENSE

Fig. 5



suelo de Barinas. En el Táchira, por encima de La Luna se desarrolla una sedimentación silícea representada por la Franita de Táchira, la cual tiene su equivalente lateral hacia el sur en las capas silíceas de la Formación Quevedo y el Miembro "M" de la Formación Esperanza en el subsuelo. Como las demás formaciones cretáceas, La Luna es desconocida en Falcón.

5.3 PARTE SUPERIOR DEL CONIACIENSE-SANTONIENSE-CAMPANIENSE Y MAESTRICHTIENSE

Durante el Cretáceo Superior la subsidencia es uniforme y las facies de mar abierto de la Formación Colón cubren gran parte del occidente de Venezuela (Fig 6); sin embargo, debido a las variaciones que se producen en los bordes de la cuenca, se pueden distinguir los siguientes dominios de sedimentación:

- Región de la Cuenca de Barinas-Apure.
- Región de Los Andes y Cuenca de Maracaibo.
- Surco de Barquisimeto.
- Península de la Goajira.

5.3.1 Región de la Cuenca de Barinas-Apure. Esta región se caracterizó durante este período por una sedimentación detrítico-argilácea, que corresponde a la parte superior de la Formación Esperanza en la región productora de Barinas, donde tiene unos 100 metros (300 pies) de espesor reconstruido, y a la Formación Burguita en la superficie, que puede alcanzar hasta 400 metros (1.200 pies) de espesor. La fuente de sedimentos continúa siendo el Escudo de Guayana, disminuyendo el aporte arenoso progresivamente hacia el norte.

5.3.2. Región de Los Andes de Mérida y Cuenca de Maracaibo. En esta parte la sedimentación es homogénea, compuesta de lutitas gris oscuras a negras, con foraminíferos pertenecientes a la Formación Colón. En la base de esta formación se presenta una capa glauconítica que suprayace en Los Andes a la Formación La Luna. En otras partes de la plataforma el Miembro calcáreo Socuy, basal, es el contacto inferior con La Luna. En el Táchira, la parte inferior de la Formación Colón está invadida por la Franita del Táchira.

Con la Formación Mito Juan del Maestrichtiense termina el ciclo del Cretáceo. Está compuesta de lutitas similares a las de la Formación Colón, dentro de la cual se desarrollan capas calcáreas y arenosas. En el Surco de Machiques, el conjunto Colón-Mito Juan sobrepasa los 800 metros (2.500 pies) de espesor, que es menor de 700 metros (2.000 pies) en la plataforma de Maracaibo.

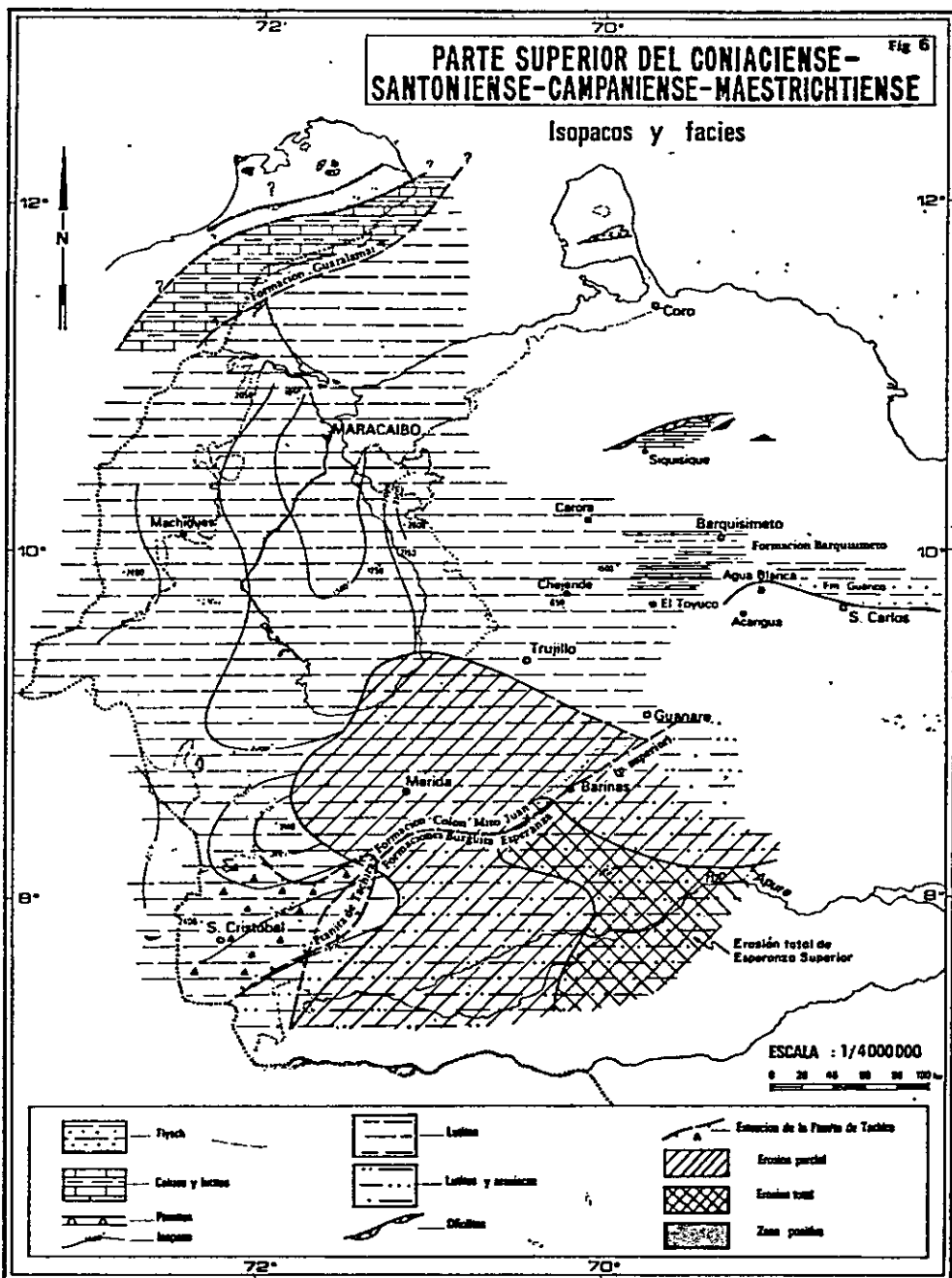
5.3.3 Surco de Barquisimeto. En esta región se desarrolla, desde el Cenomaniense hasta el final del Cretáceo, una potente secuencia cuyo espesor posiblemente sobrepasa los 1.000 metros (3.000 pies) (BUSHMAN, 1965). Está compuesta de calizas argiláceas, lutitas, margas y fanitas, agrupadas en la Formación Barquisimeto. Esta formación es un equivalente en tiempo de La Luna-Colón y de la parte superior del Grupo Cogollo. El ambiente es de aguas profundas. Un ligero metamorfismo pudo afectar a la Formación Barquisimeto, lo cual dio origen a porfiroblastos de pumpellyita y sericitización en las cercanías de Barquisimeto.

Las emisiones de ofiolitas de la región de Siquisique, que es el límite norte del Surco, pudieron ocurrir durante el Cretáceo Superior con eventual prolongación al Paleoceno.

PARTE SUPERIOR DEL CONIACIENSE- SANTONIENSE-CAMPANIENSE-MAESTRICHTIENSE

Fig. 6

Isopacos y facies



5.3.4 *Península de La Goajira*. En esta península se depositó la Formación Guaralamai, constituida por una alternancia de calizas, a veces arenosas, y lutitas calcáreas. Su base, representada por una delgada capa de conglomerados y areniscas glauconíticas, indica una ligera transgresión después de un pequeño hiatus en el tope de la Formación La Luna. El ambiente es marino poco profundo. Su espesor puede alcanzar unos 530 metros (1.600 pies).

En el Macizo de Jarara, parte central de la península, J. P. LOCKWOOD (1966) atribuye la Formación Jarara, calcárea de aguas poco profundas, y la Formación Etipana, margoso-arenosa de ambiente profundo, al Cretáceo Superior. Estos depósitos acompañados de emisiones ofiolíticas pertenecerían al Geosinclinal del Caribe, según O. RENZ. Sedimentos idénticos se encontrarían en las islas de Aruba, Curazao y Bonaire, prolongación oriental de dicha unidad.

En el Golfo de Venezuela, G. CORONEL (1967), postula la existencia de la mayor parte de la secuencia cretácea. Evidentemente la zona de transición entre las facies tipo Goajira y las facies tipo Cuenca de Maracaibo es hipotética.

6. PALEOCENO

Durante este período se individualizan tres provincias sedimentarias diferentes (Fig. 7):

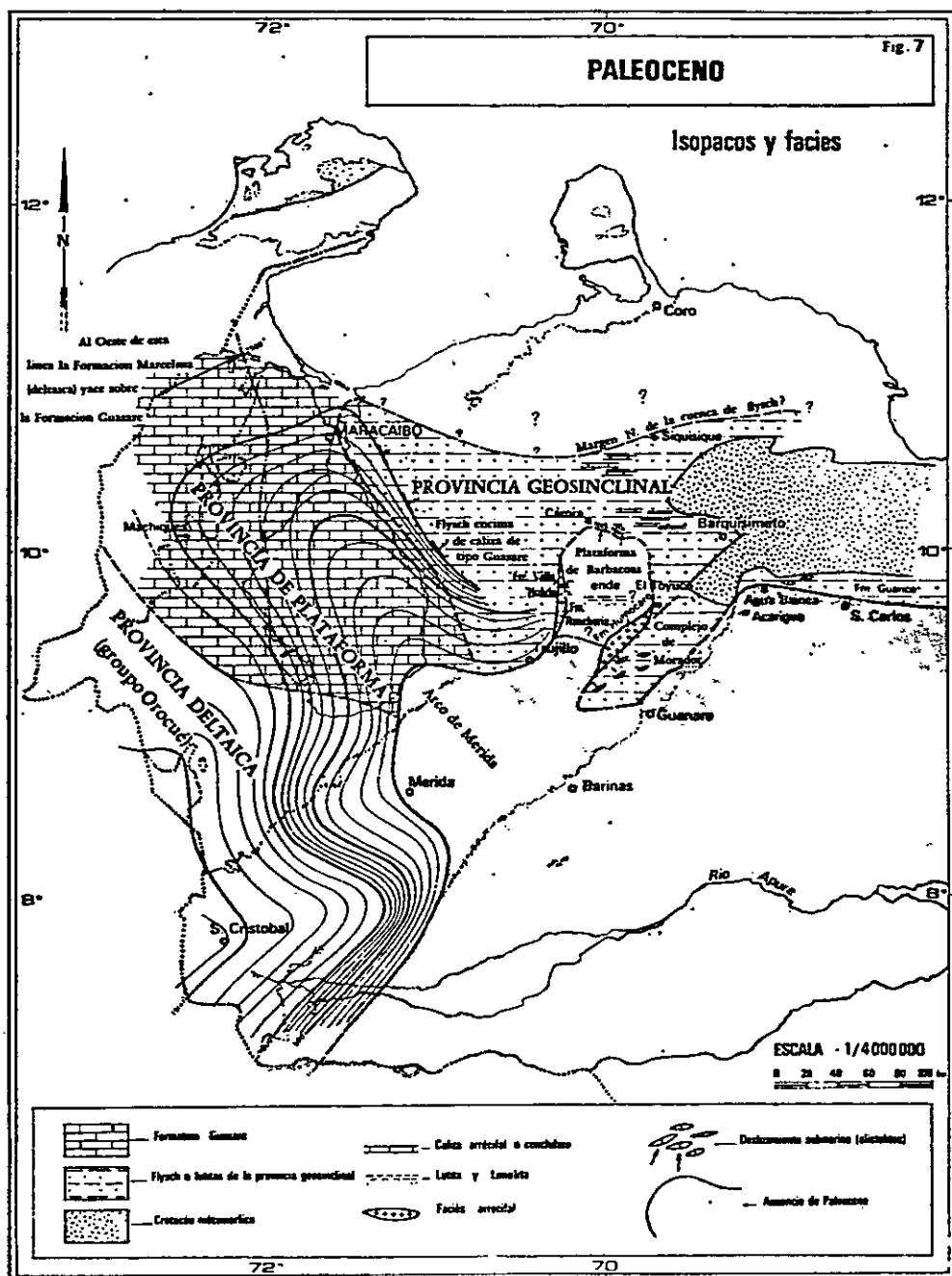
Provincia Deltaica al suroeste (Perijá, Distrito Colón y Táchira).

Provincia de Plataforma en el Lago de Maracaibo y región noroeste.

Provincia Geosinclinal al este-noreste de la ribera del Lago y región de Carora-Barquisimeto.

Las tres provincias paleogeográficas se orientan siguiendo una dirección ortogonal a la conocida durante la mayor parte del Cretáceo. Las zonas de facies eran en esta época aproximadamente paralelas al borde noroeste del cratón guayanés. Durante el Paleoceno las líneas de isofacies y de transición entre provincias se alinean según una dirección N40°O. Esto pone en evidencia el comienzo de un movimiento regional de oscilación, con una zona en vías de levantamiento al suroeste en Colombia y una zona subsidente hacia el noreste en la serranía de Trujillo-Carora y región de Barquisimeto, siendo el pivote el Arco de Mérida y la Plataforma de Maracaibo.

La ausencia de rocas del Paleoceno en la Cuenca de Barinas, el Arco de Mérida y las penínsulas de La Goajira y Paraguaná pudo deberse a un hiatus sedimentario, o a la erosión relacionada con la epirogenesis post-Paleocena, conocida en la mayor parte de la plataforma (Fig. 7). O. RENZ (1960) atribuye al Paleoceno unos pequeños afloramientos del sureste de La Goajira, mientras que J. F. ROLLINS (1965) los atribuye al Eoceno superior. Esto impide conocer el límite noroeste de la cuenca paleocena.



6.1 PROVINCIA DELTAICA

Esta provincia se extiende hacia el Táchira y territorio colombiano; se desconoce su límite meridional. Las formaciones representativas se pueden reconocer, en el flanco noroeste de Los Andes, hasta los alrededores de Río Perdido, al este del macizo de Avispa. Al suroeste de Los Andes, el Paleoceno y el Eoceno inferior afloran en la quebrada Batatal, afluente del río Caparo.

El límite noreste de esta provincia estaría en una línea N20°O que corresponde a la línea Avispa-Totumo/Palmar de J. F. BRONDIJK (1967). Su sedimentación corresponde al Grupo Orocué, representado por las formaciones Catatumbo, Barco y Los Cuervos (términos reconocidos por el Comité de Nomenclatura del Eoceno de la Cuenca de Maracaibo).

La Formación Catatumbo está constituida por areniscas arcillosas de grano fino que alternan con lutitas y arcillas negras. Su espesor alcanza a 300 metros (1.000 pies) en Colombia; su edad posiblemente sea en parte Cretáceo Superior.

La Formación Barco, constituida por areniscas lenticulares de grano fino, limolitas de color blanco amarillento y algunas capas delgadas de carbón, alcanza su máximo desarrollo en la Concesión Barco y se adelgaza en las cercanías del Arco de Mérida.

La Formación Los Cuervos está compuesta de lutitas carbonosas, argilitas, capas de carbón y algunas areniscas. Alcanza 500 metros (1.500 pies) de espesor en el Táchira y se adelgaza hacia el noreste a 230 metros (700 pies en el río San Mateo). Su parte superior corresponde al Eoceno inferior.

6.2 PROVINCIA DE PLATAFORMA

Está comprendida entre la provincia deltáica al sureste y la posición actual de la Costa Bolívar al noreste; hacia el sur está erosionada sobre el Arco de Mérida. Se desconoce su extensión al norte de la falla de Oca (Fig. 7).

La sedimentación en esta provincia está representada por la Formación Guasare de ambiente marino poco profunda, que indica una acentuación del carácter regresivo del final del Cretáceo. Su litología consiste de areniscas, capas delgadas de calizas y lutitas grises. El espesor varía considerablemente en la Cuenca de Maracaibo [50 metros (150 pies) a 170 metros (500 pies)] y sobrepasa los 300 metros (1.000 pies) en los flancos de la Sierra de Perijá. Esta variación se debe a la erosión producida por la epirogénesis post-paleocena.

Las facies representativas de las provincias deltáicas y de plataforma se interdigitan en la región de Alturitas y parte del piedemonte de la Sierra de Perijá. En estas regiones, la Formación Marcelina, equivalente del Grupo Orocué, suprayace a la Formación Guasare.

6.3 PROVINCIA GEOSINCLINAL

Se encuentra al noreste de la provincia de plataforma, separada de ella por una zona de flexión a lo largo de la Costa Bolívar.

La columna sedimentaria comienza con calizas de color gris intercaladas con lutitas, conocidas en la región de El Baño (K. HABICHT, 1960), equivalentes a la Formación Guasare. Por encima se presenta la Formación Trujillo, típica de turbiditas, compuesta por interestratificaciones de areniscas y lutitas limolíticas oscuras. Las areniscas tienen un espesor variable desde algunos decímetros hasta varios metros y con frecuencia exhiben gradación. Esta sedimentación continúa durante el Eoceno inferior y llega a alcanzar un espesor máximo aparente de 2.000 metros (6.000 pies) en la Serranía de Trujillo, pero se desconoce el espesor de la secuencia paleocena propiamente dicha.

Las características geosinclinales se acentúan en las proximidades de la región de Carora y Barquisimeto, donde se producen fenómenos de solifluxión y deslizamientos submarinos de bloques alóctonos en una turbidita Paleoceno-Eoceno, la Formación Matatere (A. BELLIZZIA, 1967).

Hacia el este, la cuenca en la cual se sedimentó la Formación Guárico, de tipo flysch, debió comunicarse con el Surco de Barquisimeto.

El límite norte del Surco debe corresponder con la sutura ofiolítica de Siquisique. En esta región, la presencia de calizas de tipo arrecifal o lumaquéllica en las capas paleocenas permite postular la existencia de una zona alta, el Alto de Baragua-Siquisique.

Al sur de Carora, se forma una zona positiva, cuya erosión posiblemente suministró parte del material de los deslizamientos submarinos que se observan en el Surco de Barquisimeto. Los límites oeste y este de dicho alto, que llamaremos Plataforma de Barbacoas, corresponden a flexiones inestables sobre las cuales se han desarrollado formaciones arrecifales y calizas con foraminíferos. El borde oeste corresponde a la zona tectonizada de Santa Ana-Chejendé, donde se depositan las formaciones Valle Hondo y Ranchería, de carácter marino poco profundo, sedimentadas en las cercanías de la costa. En el borde este-sureste de la plataforma se desarrolla la Formación Humocaró (N. G. MUÑOZ, 1966), también de carácter arrecifal, sedimentándose más al este la Formación Morán (E. VON DER OSTEN, 1957), y el Complejo de Morador (H. M. METZ, 1960), siendo este último un "wildflysch" caótico donde se encuentran bloques alóctonos de diversos orígenes.

Es dudoso que hayan existido sedimentos paleocenos sobre dicha plataforma, pero las características litológicas de "back reef" como la Formación Quebrada Arriba ("intervalo ferruginoso") del Eoceno inferior, permiten postular una zona positiva en la región de Barbacoas. La Plataforma de Barbacoas representaría, al igual que el Arco de Mérida, una prolongación de las tierras emergentes del Cretáceo Superior.

7. EPIROGENESIS Y OROGENESIS PALEOCENA Y POST-PALEOCENA

Las deformaciones en este período no son sincrónicas en todos los puntos de la región estudiada. Hay dos tipos de movimientos: orogénesis, en las zonas geosinclinales cretáceas y epirogénesis, sobre la región de plataforma.

7.1 OROGENESIS

Esta orogénesis se inicia en el Cretáceo Superior y pudo prolongarse hasta el Eoceno. Está acompañada de metamorfismo y deja sentir sus efectos en la parte norte de La Goajira y al este de Barquisimeto. Esta orogénesis es contemporánea con la Orogénesis Laramidiana de los Estados Unidos.

En la Península de La Goajira las deformaciones tectónicas son intensas y se traducen, según J. P. LOCKWOOD (1966), en pliegues isoclinales y cabalgaduras (Serranía de Jarara). Esta fase está acompañada de metamorfismo térmico y dinámico. La parte sur de la Península sufre las repercusiones de esta orogénesis.

Al este de Barquisimeto ocurren fenómenos de metamorfismo regional que afectan a la secuencia cretácea, sobre todo en la Cordillera de la Costa, precedidos o acompañados por intrusiones de rocas básicas. La estructuración y el movimiento positivo de dicha cordillera se inicia en esta época. A consecuencia de este levantamiento se desarrollan en la periferia de la cordillera cuencas de flysch, estrechas como en la región del sur de la Cordillera de la Costa (Formación Guárico) y al norte de Ospino-Guanare (Complejo de Morador) y extensas como el Surco de Barquisimeto (Formación Matatere).

7.2 EPIROGENESIS

En la Cuenca de Barinas y sobre el Arco de Mérida, la ausencia de rocas del Paleoceno, si se debió a ausencia de sedimentación, podría indicar que los movimientos epigénicos se iniciaron en el Cretáceo Superior. Estos movimientos deben corresponder a un proceso continuo de larga duración en la Cuenca de Barinas, donde se reinicia la sedimentación sólo a fines del Eoceno medio. La erosión que acompaña la epigénesis puede llegar, en Barinas, al Miembro "P" de la Formación Fortuna del Cretáceo.

En el borde noreste de la cuenca (Guanarito), el Cretáceo está truncado por las formaciones eocenas discordantes sobre el basamento. La total erosión de las formaciones cretáceas en las cercanías de la zona positiva de El Baul se relaciona con la fase orogénica paleocena y post-paleocena.

En la prolongación norte del Arco de Mérida hacia la parte central de la Cuenca de Maracaibo la fase tectónica es de duración más corta. El Paleoceno ha sido recubierto transgresivamente, a partir del Eoceno inferior, por las areniscas de la Formación Misoa. La erosión es reducida, pues la Formación Guasare no ha sido jamás erosionada en su totalidad.

8. EOCENO

En líneas generales puede decirse que se conservan las tres provincias de facies descritas en el Paleoceno, con ciertas modificaciones de orden litológico. Sin embargo, la evolución notable de la paleogeografía del Eoceno inferior al superior no permite considerar globalmente al Eoceno.

En las provincias deltáicas y geosinclinales, no afectadas por la epirogénesis post-paleocena, la sedimentación es continua desde el Paleoceno al Eoceno.

En la provincia de plataforma, por el contrario, un nuevo ciclo de sedimentación comienza en el Eoceno; sin embargo, la transgresión no es sincrónica en toda la plataforma. En efecto, las líneas de playa avanzan progresivamente desde el norte hacia el sur, dando origen a sedimentos cada vez más jóvenes desde la Cuenca de Maracaibo (Eoceno inferior) a la de Barinas (Eoceno medio y superior). El Arco de Mérida desaparece definitivamente a fines del Eoceno.

Después de un hiatus en numerosos sitios durante el Eoceno medio o parte de él, se inicia un nuevo ciclo sedimentario en la Cuenca de Barinas, la región de Falcón y la Península de La Goajira, a consecuencia de la extensión generalizada de los mares al final del Eoceno medio y superior.

El espesor total del Eoceno se reduce notablemente en las regiones de Chejendé y Boconó siguiendo el alineamiento andino, en relación con la formación de zonas altas, y con el movimiento de flexiones inestables que corresponden a las principales fallas de la región (Fig. 8).

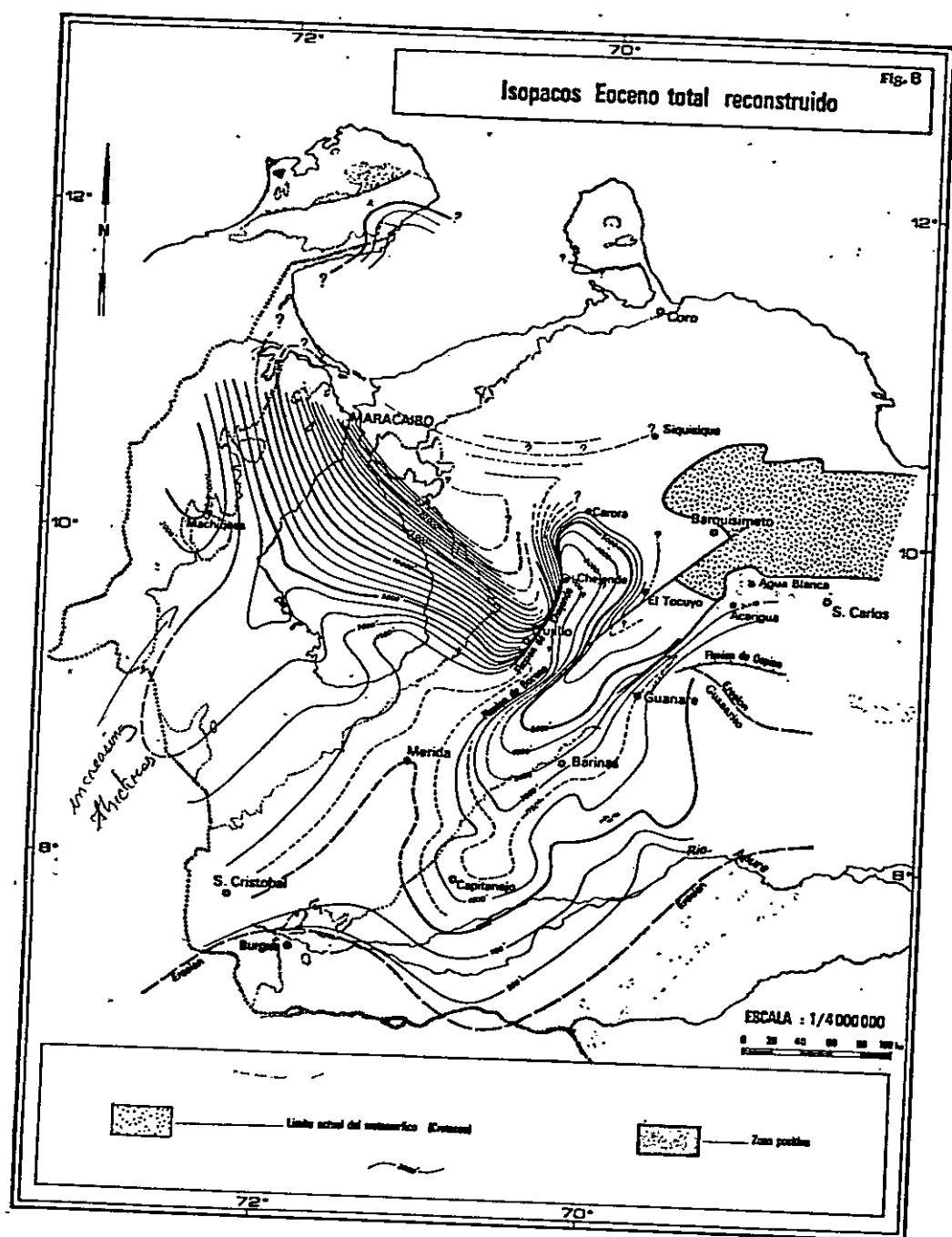
8.1 EOCENO INFERIOR

En esta época, como durante el Paleoceno, la parte meridional de la cuenca (región de Barinas) y el Arco de Mérida permanecen positivos; lo mismo sucede en las penínsulas de Paraguaná y La Goajira (Fig. 9). Las provincias deltáicas, de plataforma y geosinclinal definidas durante el Paleoceno, subsisten y corresponden a las formaciones Mirador, Misoa y Misoa-Trujillo respectivamente. En la región de Carora y Barquisimeto continúa la sedimentación de las facies flysch, sin hiatus, desde el Paleoceno, perturbada algunas veces por la sedimentación de bloques alóctonos, frecuentemente cretáceos. La Plataforma de Barbacoas y los bordes de la cuenca en esta región continúan iguales a aquellos de la cuenca paleocena.

8.1.1. *Provincia Deltáica.* Los sedimentos de esta provincia corresponden a las partes superior de la Formación Los Cuervos e inferior de la Formación Mirador. La primera ya fue descrita al hablar del Paleoceno; la segunda consiste de arenisca de color blanco a gris claro, grano fino a grueso, con algunas intercalaciones carbonosas. Esta formación se considera como de ambiente fluvial. Su espesor total es de 160 metros (500 pies) a 430 metros (1.300 pies) en el Distrito Colón y 30 metros (100 pies) en el flanco noroeste de los Andes de Mérida, pero sólo una parte corresponde al Eoceno inferior.

Las areniscas constituyen excelentes recipientes y son productoras en los campos de El Cubo, Las Cruces, La Concordia y Los Manuales. Al sureste de esta zona, en la quebrada Batatal, identificaciones palinológicas hechas en el I. F. P. demostraron la presencia del Eoceno inferior.

8.1.2 *Provincia de Plataforma.* Los sedimentos de esta provincia pertenecen a la Formación Misoa, de ambiente marino-parálico, constituida por intercalaciones de areniscas macizas y lutitas. Es digno de mencionar que la sedimentación de la Formación Misoa se extiende hasta el Eoceno medio. En la parte central del lago las areniscas bien desarrolladas son el mejor recipiente de la región.



En esta provincia, que encierra la mayor parte de la zona productora, los problemas de nomenclatura y correlaciones estratigráficas son extremadamente complejos a causa de los cambios laterales de facies de orden local o regional. A fin de aclarar este problema, se presenta en la Tabla I la sección estratigráfica esquematizada del Distrito Bolívar, a partir de la cual se describirán brevemente los cambios de facies. Los cambios principales de facies se ilustran en la Lámina II y son los siguientes:

- a) Hay un aumento notable de espesor hacia el noreste, que corresponde a la creciente subsidencia en esa dirección. También aumenta el contenido de lutitas a expensas de la fracción arenosa, lo cual indica un alejamiento de la región de origen de este material, situada al sur y suroeste.
- b) Hacia la parte sur-central del Lago se observan las variaciones de facies siguientes: Primero, el espesor total de Misoa "C" se adelgaza, y las arenas individuales de las unidades inferior e intermedia se vuelven marinas, conservándose algunas intercalaciones delgadas de lutitas. Segundo, Misoa

TABLA I

FORMACION MISOA - CAMPOS DEL DISTRITO BOLIVAR

Misoa "B"	Unidad Superior (B-1 a B-5) 970 mts. (2.900')	Lutitas predominantes.
	Unidad Inferior (B-6 a B-9) 400 mts. (1.200')	Arenas y lutitas. Más arenácea hacia el tope. (Arenisca maciza B-6: 60 metros; 200').
Misoa "C"	Unidad Superior (C-1) 230 mts. (700')	Lutitas predominantes.
	Unidad Intermedia (C-2 y C-3) 500 mts. (1.500')	Lutitas con algunas intercalaciones delgadas de areniscas, más numerosas en la base.
	Unidad Inferior (C-4 a C-7) 870 mts. (2.600')	Areniscas macizas en el tope (C-4) y la base (C-7). Lutitas intercaladas.

"B" pasa lateralmente a una arenisca maciza discordante sobre Misoa "C".

- c) Hacia el oeste, tanto Misoa "C" como Misoa "B" aumentan en porcentaje de arena con aparición de cierto contenido de carbón.

8.1.3. *Provincia Geosinclinal.* Persiste la sedimentación de tipo flysch (Formación Trujillo), iniciada en el Paleoceno (Fig. 9). Por encima de ésta descansa la Formación Misoa de características similares a las de la plataforma, pero mucho más espesa. En la región La Rosa-Cabimas hay predominio de lutitas espesas y las areniscas son delgadas y lenticulares, lo cual indica la proximidad de las facies de aguas profundas hacia el este. En la parte sur (Serranía de Trujillo), donde las areniscas son macizas y espesas, la Formación Misoa muestra grandes espesores. Aquí

el conjunto Misoa-Trujillo puede sobrepasar los 6.500 metros (20.000 pies) (J. F. BRONDIJK, 1967).

Al este, en la región de Carora-Barquisimeto, la sedimentación tipo flysch es perturbada por el deslizamiento submarino. Este fenómeno ha sido estudiado principalmente por G. CORONEL y O. RENZ (1960), J. R. BUSHMAN (1965), A. BELLIZZIA y D. RODRÍGUEZ (1967). Dichos sedimentos, que se prolongan hacia el norte hasta la región de Baragua y Siquisique, corresponden a la Formación Mata-tere. La presencia de bloques graníticos, metamórficos, fragmentos cretáceos y volcánicos permite postular la proximidad de una zona alta fuertemente erosionada en esa época.

La línea de ofiolitas de Siquisique, en el borde sur del canal oligoceno de Falcón, indica una zona de fractura que puede determinar el límite norte de la sedimentación flysch. Al norte de la línea de ofiolitas no se ha encontrado ningún afloramiento de esta edad. En algunos pozos perforados en la parte central de la Plataforma de Dabajuro se han encontrado lutitas carbonosas, atribuibles al Eoceno inferior, pero que no parecen pertenecer al dominio geosinclinal.

Sobre la Plataforma de Barbacoas, al sur del Surco de Barquisimeto, posiblemente no hubo sedimentación durante el Eoceno inferior. En los bordes este y oeste de esta plataforma continúan depositándose formaciones de tipo arrecifal.

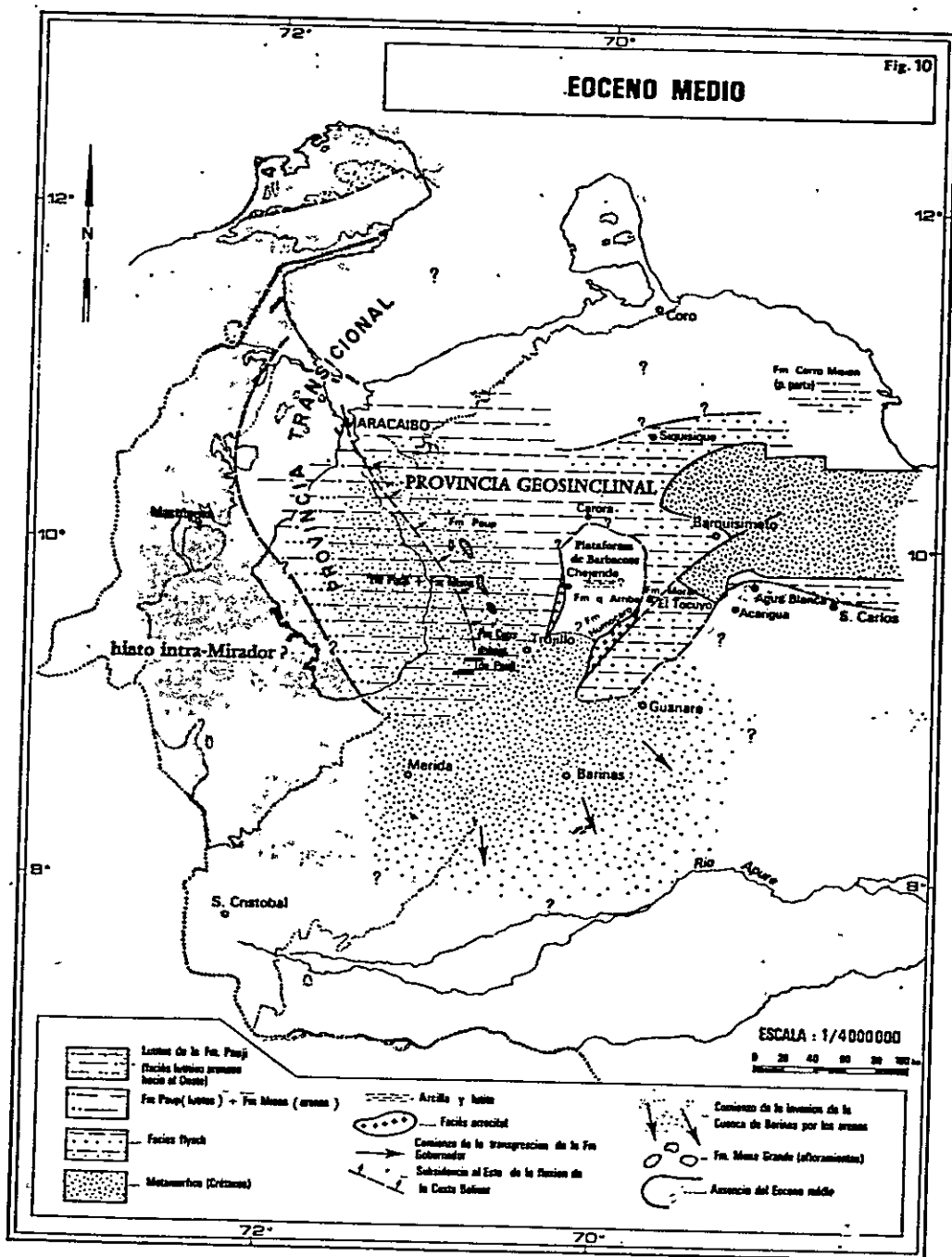
Al este, en la depresión comprendida entre El Tocuyo y Guanare, continúa la sedimentación de flysch y lutitas del Complejo de Morador y de la Formación Morán respectivamente. El primero se caracteriza por la sedimentación caótica de bloques alóctonos. Este Surco se comunica hacia el noreste con el Surco de Barquisimeto propiamente dicho.

Aun más al este, se debe considerar una unión de este dominio geosinclinal con el surco de flysch de la Formación Guárico, de orientación este-oeste, de más de 350 Kms. de longitud, que bordea a la Cordillera de la Costa. Los fenómenos de deslizamientos submarinos, descritos por J. R. BUSHMAN (1967), entre Agua Blanca y San Carlos, se identifican estrechamente con aquellos conocidos en el Surco de Barquisimeto.

8.2 EOCENO MEDIO

Durante este período no hay sedimentación en la parte occidental de la Cuenca de Maracaibo y Península de La Goajira (Fig. 10). En la provincia deltáica y en el frente de la Sierra de Perijá se interrumpe la sedimentación de la Formación Mirador, para continuar en el Eoceno superior. Este hiatus es controversial. En el Lago de Maracaibo prosigue la sedimentación de la Formación Misoa. Esta es seguida por la Formación Paují, la cual consiste de lutitas grises oscuras, homogéneas, francamente marinas, cuyo verdadero espesor se desconoce a causa de la erosión posterior. En la zona de Lamar existe un horizonte delgado de lutitas atribuidas a esta formación, por debajo del cual se presentan areniscas y lutitas intercaladas, aparentemente equivalentes laterales de la Formación Paují, denominadas provisionalmente "Miembro Superior Transicional de Misoa" (Lámina II, Sección N° 9).

En la cuenca de Barinas la línea de playa se desplaza hacia el sur al final del Eoceno medio, invadiendo progresivamente los clásticos al Arco de Mérida. Estos sedimentos constituyen la Formación Gobernador.



En la provincia geosinclinal se encuentran las formaciones Misoa y Paují, pero mucho más espesas que la provincia de plataforma. Por encima de la Formación Paují se deposita la Formación Mene Grande con características de sedimentación tipo flysch (W. M. WALTON, 1966). Su tope fue erosionado y el espesor máximo conocido es de 300 metros (1.000 pies).

En el Surco de Barquisimeto continúa la sedimentación de las formaciones Morán y Matatere.

La Plataforma de Barbacoas aún subsiste y sobre su flanco oeste, continúa la sedimentación de las formaciones Ranchería y Valle Hondo (Fig. 10).

En Falcón oriental la parte inferior de Cerro Misión se deposita en esta época.

Antes del final del Eoceno medio se produjo, en la mayor parte de la región estudiada, una epirogénesis acompañada de erosión. Sus efectos no alcanzaron a la Cuenca de Barinas.

8.3 EOCENO SUPERIOR

Después de la erosión de fines del Eoceno medio, el Eoceno superior corresponde a la extensión máxima de los mares (Fig. 11). Estos invaden a Los Andes centrales y orientales, la casi totalidad de la Cuenca de Barinas y la Península de La Guayana al norte.

Se pueden reconocer las siguientes provincias:

Provincia Deltaica.

Provincia Transicional.

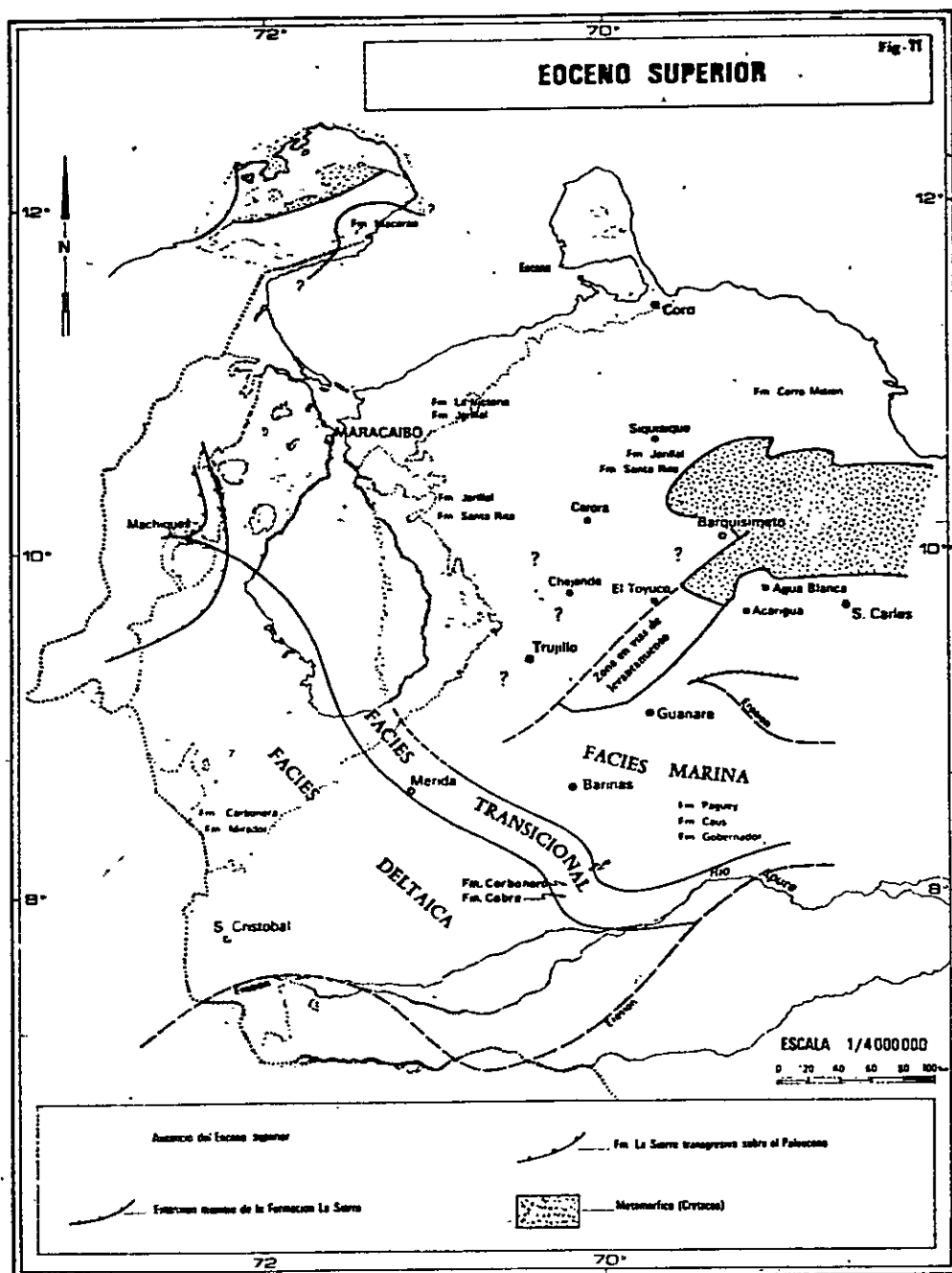
Provincia Marina.

8.3.1 Provincia Deltaica. Su extensión es idéntica a la conocida durante el Paleoceno y el Eoceno inferior.

La sedimentación de la Formación Mirador, iniciada en el Eoceno inferior, se reinicia en el Eoceno superior, después de la laguna del Eoceno medio. Las areniscas de Mirador son seguidas por la Formación Carbonera. La existencia de una discordancia entre las dos formaciones se discute todavía. La Formación Carbonera está constituida por lutitas carbonosas, arcillas, areniscas y numerosas capas de carbón y es de agua poco profunda, lacustre a marina. El espesor varía de 300 metros (1.000 pies) a 500 metros (1.600 pies). Las areniscas de la parte inferior son productoras en la región de Tarra.

En dirección norte, a lo largo de la Sierra de Perijá en vías de levantamiento (región de Machiques), la Formación Carbonera pasa lateralmente a la Formación La Sierra, de ambiente lacustre a marino marginal. Esta formación puede ser discordante hasta sobre el Paleoceno. Su parte superior puede ser oligocena.

En la región del Distrito Mara, Lago y Serranía de Trujillo, se desconocen rocas del Eoceno Superior. La ausencia de sedimentación en parte del área mencionada parece constituir la mejor explicación.



8.3.2 *Provincia Transicional.* En la cuenca de Barinas se depositó la Formación Cobre, con predominio de areniscas macizas ricas en capas de carbón, lignito y delgadas capas de lutitas, cuyo espesor puede alcanzar 500 metros (1.400 pies).

En la depresión de Capitanejo (Fig. 8) por encima de la Formación Cobre se sedimentó un conjunto lutítico arenáceo, con capas moteadas ricas en carbón. Este conjunto exhibe analogías con las facies deltaicas ya descritas (Formación Carbonera).

8.3.3 *Provincia Marina.* Desde fines del Eoceno medio, los depósitos han invadido progresivamente la parte central de los Andes. El Arco de Mérida y la totalidad de la Cuenca de Barinas fueron recubiertos entonces por los mares del Eoceno superior.

En la zona productora de dicha cuenca y el flanco de Los Andes de Mérida, el Eoceno superior está representado por las formaciones Gobernador, Masparrito y Pagüey.

La Formación Gobernador, discordante sobre varias formaciones cretácicas erosionadas, es una arenisca maciza de características litológicas comparables a las arenas de Misoa, de grano fino a grueso, con cemento calcáreo y con intercalaciones de lutitas de color gris oscuro. Su espesor varía de 30 metros (100 pies) (subsuelo) a cerca de 300 metros (1.000 pies) en ciertas secciones del flanco sureste de los Andes. La formación presenta buenas características de porosidad y constituye uno de los almacenes de la Cuenca de Barinas (campo Sinco, Caipe, etc.). Su edad se extiende desde el final del Eoceno medio al superior.

Formación Masparrito (o Formación Caús), con predominio de calizas de tipo biostromal, y espesor variable entre 15 metros (50 pies) y 90 metros (260 pies).

Formación Pagüey (o Formación Paují). Consiste en el subsuelo, de un miembro inferior de lutitas y limolitas con frecuentes capas de arenisca compacta de grano fino, a veces llamada "zona D". El miembro superior está constituido por lutitas marinas de color gris oscuro, micáceas, piritosas y fosilíferas. Su espesor puede variar entre unos 300 metros (1.000 pies) (subsuelo) y 1.500 metros (4.500 pies) (superficie). Exhibe buenas características de roca madre.

La Formación Masparrito desaparece gradualmente al sur de la zona productora, ya que la influencia marina se atenúa en esta dirección, al aproximarse al Escudo guayanés.

La Formación Pagüey aumenta de espesor hacia el norte, y se enriquece en arenas hacia el sur y oeste, es decir, en dirección de las líneas de costas.

Finalmente, en dirección este, las formaciones marinas están truncadas por la discordancia oligocena en la región de Guanarito, antes del Arco de El Baúl. Sin embargo, puede considerarse que el Arco de El Baúl estuvo sumergido en esta época, debido a la aparente continuidad de las facies de Barinas con las del flanco oriental de El Baúl (formaciones La Pascua y Roblecito).

Entre Falcón y Los Andes (sector de Barquisimeto-Carora) el Eoceno superior no aflora. La región posiblemente corresponde a una zona de umbral sumergido con sedimentación reducida, no preservada por la erosión posterior; por lo tanto,

las relaciones en el Eoceno superior de la cuenca de Barinas y la región de Falcón no están bien establecidas.

Al Eoceno superior corresponde, en Falcón, un nuevo ciclo sedimentario, constituido por tres formaciones: la primera, Formación Santa Rita, es un horizonte transgresivo característico con conglomerados a los cuales se asocian areniscas, calizas y lutitas. La segunda, Formación Jarillal, esencialmente lutítica, corresponde a la extensión máxima de la transgresión. Las lutitas, de color más claro que las de Paují y con ricas faunas, indican condiciones francamente marinas. Su espesor no está bien establecido. La tercera, Formación La Victoria, predominantemente arcillosa con algunas arenas, representa la fase regresiva del ciclo del Eoceno superior. Su espesor puede alcanzar 2.600 metros (7.800 pies) (E. H. GUEVARA, 1967).

Se desconoce la extensión del área sedimentaria de estas tres unidades en Falcón, ya que prácticamente sólo están representadas esporádicamente, en especial sobre el borde meridional del anticlinorio de Falcón y en su extremidad occidental. Particularmente en este sector las presencias de calizas con tendencias arrecifales posiblemente anuncian la cercanía a una zona alta (Formación Churugarita, equivalente lateral de las formaciones Jarillal y La Victoria).

En la parte sureste de la Península de La Goajira, el Eoceno superior está representado por los afloramientos de calizas macizas y areniscas glauconíticas de la Formación Macarao, en discordancia sobre la Formación Guaralamai o unidades más antiguas. Estos depósitos son de aguas poco profundas cercanas a la línea de costa.

Las relaciones de esta formación con los depósitos frontales de Perijá (Formación La Sierra) o con las formaciones de Falcón, en el estado actual de nuestros conocimientos, aún pertenecen al terreno de la hipótesis.

9. EPIROGENESIS DEL EOCENO SUPERIOR-OLIGOCENO

Esta epirogenesis se produce en una gran parte de Venezuela occidental: Falcón, Golfo de Venezuela, Goajira, Lago de Maracaibo y Cuenca de Barinas. Sin embargo, en el Distrito Colón y en Táchira la sedimentación aparentemente es continua desde el Eoceno superior (Formación Carbonera) hasta el Oligoceno (Formación León).

En la península de La Goajira se definen durante esta época los grandes elementos estructurales, en especial los macizos de Cocina, Jarara y Macuire, que no fueron alcanzados por las transgresiones posteriores.

En la región de Falcón hay levantamientos y erosión en la parte central de la Plataforma de Dabajuro, donde el Eoceno medio y superior está ausente. En los bordes de dicha plataforma se desarrollan los anticlinales de Mene de Mauroa, Hombre Pintado, Las Palmas y Tacal-Tiguaje, asociados con fallas longitudinales este-oeste. Las grandes fallas que bordean al Cratón de Paraguaná al este y oeste datan de este período.

Es durante la epirogenesis del Eoceno superior cuando se definen los principales caracteres estructurales de la parte central del Lago. La epirogenesis se carac-

teriza por un plegamiento de orientación meridiana, acompañado de fallas y erosión. Las fallas corresponden a un reajuste parcial del fallamiento producido por la orogénesis post-paleocena. Los alineamientos principales son los de Lama-Lamar y Centro (Fig. 17). La erosión produjo una intensa reducción de espesor en las unidades eocenas sobre las crestas de los anticlinales y alcanzó localmente a la Formación Guasare.

En la cuenca de Barinas la epirogénesis es de poca duración, pero produce efectos notables en el borde de la Cuenca y en la zona positiva central. Hay rejuvenecimiento de las fallas cretáceas y plegamiento muy poco pronunciado. Los pliegues más notorios son el anticlinal de Silvestre y el domo de Sinco.

La erosión es mayor hacia el sur y provoca la desaparición total de la Formación Pagüey y sus equivalentes arenosos.

Por último, aunque sus efectos no sean directamente visibles en la actualidad, debemos situar en esta fase tectónica el inicio del levantamiento axial de Los Andes de Mérida. Este movimiento positivo viene ya anunciado por el adelgazamiento de las formaciones eocenas en la dirección de la futura cordillera, como puede deducirse del mapa isópaco total del Eoceno (Fig. 8). La Serranía de Trujillo y la zona, anteriormente subsidente, de Carora-Barquisimeto, participan del mismo movimiento.

10. OLIGOCENO

Los sedimentos oligocenos se caracterizan en general por ser transgresivos sobre unidades previamente erosionadas, como sucede en La Goajira, Cuenca de Barinas, Falcón y la parte central de la Cuenca de Maracaibo. En la parte occidental y meridional de esta última la sedimentación del Eoceno superior continúa sin interrupción. En la región de Carora-Barquisimeto y Los Andes de Mérida, ya en vías de levantamiento, no hay sedimentación oligocena.

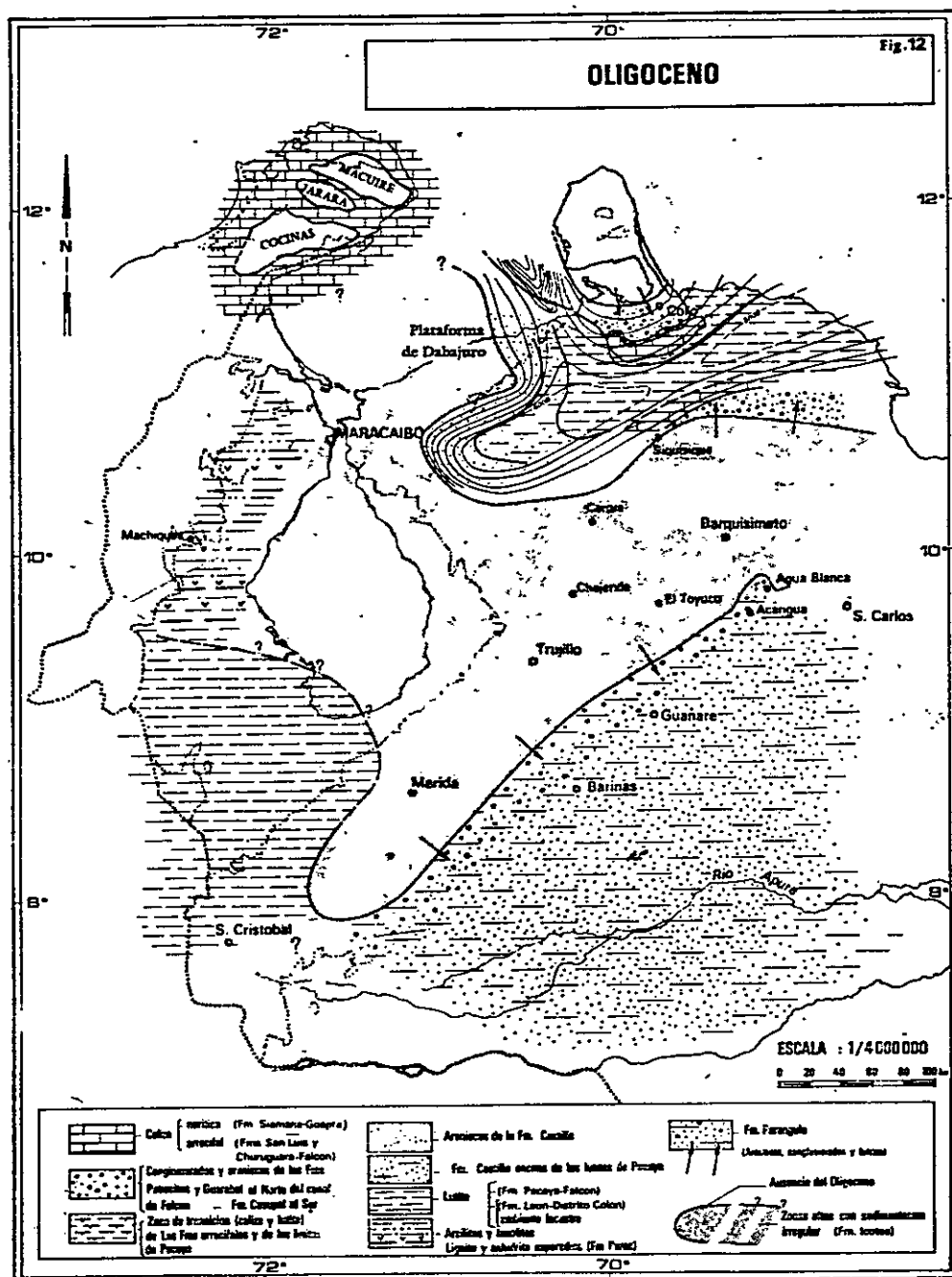
Se pueden considerar cuatro regiones distintas para el estudio de este período (Fig. 12):

- El Canal Falconiano
- La Península de La Goajira
- La Cuenca de Maracaibo
- La Cuenca de Barinas.

10.1 EL CANAL FALCONIANO

La distribución de los sedimentos en esta región corresponde a un canal desarrollado en el centro de Falcón con una dirección aproximada este-oeste, sobre el cual se desarrolla posteriormente la unidad estructural del anticlinorio falconiano (Fig. 12).

Los datos geofísicos permiten postular que al norte del Surco de Urumaco el canal falconiano se une a la parte oriental del Golfo de Venezuela; hasta la fecha se desconoce su extensión hacia el este en el Mar Caribe. El límite norte corres-



ponde a las costas meridionales del Golfete de Coro, mientras que el límite sur se sitúa en las líneas de ofiolitas de Siquisique. Esta línea había sido anteriormente el límite norte del geosinclinal Paleoceno-Eoceno, lo cual demuestra que se ha producido una inversión en el movimiento de la flexión, que se traduce en una subsidencia en el Canal de Falcón y elevación de la región Carora-Barquisimeto, anteriormente deprimida.

El ciclo sedimentario comienza en el Oligoceno superior con la sedimentación de lutitas oscuras, ferruginosas y a veces carbonosas, pertenecientes a la Formación Paraíso, cuyo espesor puede alcanzar 500 metros (1.500 pies). Posteriormente se deposita en el centro del canal la Formación Pecaya, constituida por lutitas oscuras y calizas francamente marinas, mientras que en los bordes y principalmente al oeste del Canal, se depositan areniscas, conglomerados y arcillas abigarradas de la Formación Castillo. El ciclo termina con la Formación Pedregoso, que pasa al oeste a la Formación Castillo.

En la parte central del canal falconiano se presenta una zona alta transversal a éste, alineada con la zona positiva de Paraguaná. Dicha zona, designada aquí "Alto de Coro", corresponde al Arco de Paraguaná (C. B. WHEELER, 1963), y divide al canal en dos subcuencas.

En los bordes tanto norte como sur, en la zona correspondiente al alto antes señalado, se desarrollan dos arrecifes, el de San Luis y Churuguara respectivamente. El primero constituye un relieve montañoso de cerca de 50 Kms. de longitud por 15 de anchura. El espesor máximo de la Formación San Luis sobrepasa los 1.000 metros (3.000 pies).

En la parte norte del primero se desarrolla una sedimentación detrítica con abundantes conglomerados, correspondientes a las formaciones Guarabal y Patieciticos ("back reef"). Igual situación se presenta al sur del arrecife de Churuguara, donde afloran los sedimentos de la Formación Casupal. Entre ambos arrecifes continúa la sedimentación de lutitas negras de la Formación Pecaya. La distribución geográfica de estas facies demuestra la perfecta simetría con respecto al eje del canal.

10.2 PENINSULA DE LA GOAJIRA

En esta región la sedimentación oligocena está representada por las calizas arenosas, arrecifales y margosas, margas y arcillas de la Formación Siamana. Esta yace discordantemente sobre sedimentos eocenos y mesozoicos. Su espesor puede sobrepasar los 300 metros (1.000 pies). Hasta la fecha se desconocen las relaciones de esta formación con las de la región de Falcón. Posiblemente corresponde a una supuesta plataforma arrecifal que bordearía la parte este subsidente del Golfo de Venezuela.

10.3 CUENCA DE MARACAIBO

En la parte central de esta cuenca, durante el Oligoceno inferior prosigue la erosión correspondiente a la orogénesis post-eocena (Fig. 12). En las partes deprimidas de la penillanura post-eocena se produce la sedimentación esporádica de la Formación Icotea durante el Oligoceno medio, compuesta de arenas y lutitas moteadas, principalmente de ambiente no marino.

Hacia las partes oeste y sur de la cuenca se diferencian dos facies representadas por las formaciones Peroc y León. La primera, constituida por una arenisca basal (Miembro Ceibote) y lutitas grises abigarradas, ocasionalmente con lignito y anhídrita, se extiende desde la parte ubicada al oeste del Lago de Maracaibo hasta la Sierra de Perijá al oeste y el Distrito Colón al sur. Su espesor puede alcanzar 660 metros (2.000 pies). En el borde de Perijá, la Formación Peroc suprayace concordante a la Formación La Sierra. En el arco estructural de El Totumo puede estar discordante sobre el Cretáceo o el Basamento.

La Formación León consiste de lutitas verdes homogéneas para las cuales se admite un ambiente lacustre; suprayace concordantemente a la Formación Carbonera. Su extensión corresponde a la del Distrito Colón. Al este del Macizo de Avispa desaparece, eliminada por la discordancia miocena.

10.4 CUENCA DE BARINAS

En esta región se sedimenta la Formación Parángula, transgresiva sobre el Eoceno erosionado, constituida por arcillas y areniscas mal escogidas, de grano fino a grueso hasta conglomeráticas. En toda la región se presenta una arenisca basal de unos 45 metros (140 pies) de espesor. El ambiente varía de salobre a continental, con algunas incursiones marinas. La fuente de sedimentos para esta formación fue Los Andes de Mérida, en proceso de levantamiento. No se sabe si hubo comunicación con la zona de sedimentación de la Formación León.

11. MIO-PLIOCENO Y ULTIMA OROGENESIS

El rasgo más sobresaliente de este período es la simultaneidad de la sedimentación de ciertas formaciones con los movimientos orogénicos responsables del levantamiento de Los Andes de Mérida y la Sierra de Perijá. A uno y otro lado de Los Andes en vías de levantamiento se forman dos antefosas donde los sedimentos miocenos alcanzan su máximo espesor, debido a la subsidencia sinorogénica (Fig. 13).

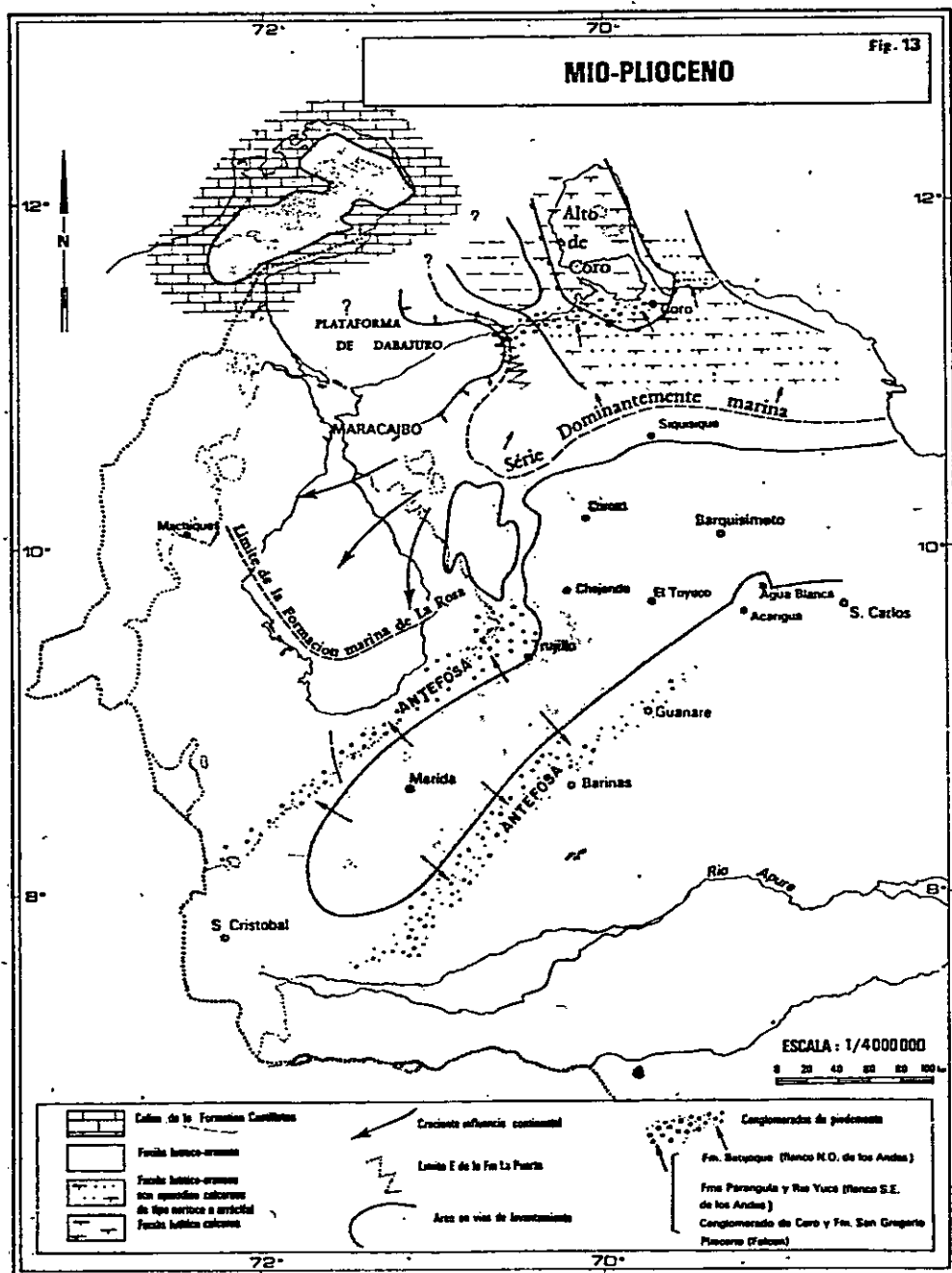
En ciertas regiones las discordancias internas indican la existencia de movimientos intramiocenos precursores de la orogénesis paroxismal.

Aparte de las zonas en vías de levantamiento la sedimentación miopliocena invade la región en su totalidad. Las facies son características de ambiente marino y salobre a continental con frecuentes incursiones marinas. El carácter continental aumenta progresivamente de norte a sur y en sentido ascendente en la columna estratigráfica.

En las zonas donde la sedimentación oligocena fue parcial o estuvo ausente, comienza un nuevo ciclo sedimentario con capas francamente marinas, discordantes sobre una penillanura a veces muy erosionada.

Para facilidad del estudio se han distinguido cuatro regiones:

- Falcón y Golfo de Venezuela
- Península de La Goajira
- Cuenca de Maracaibo
- Cuenca de Barinas.



11.1 FALCON Y GOLFO DE VENEZUELA

El Alto de Coro se mantiene como rasgo importante en la paleogeografía del Mioceno de Falcón. En este período se puede distinguir tres conjuntos sucesivos de sedimentación.

a) Un conjunto inferior con predominio de lutitas marinas relativamente profundas en la parte inferior, y episodios deltaicos y de aguas salobres en las partes media y superior. Esta secuencia corresponde a las formaciones Agua Clara, Cerro Pelado y Querales. Las areniscas de la parte media (Formación Cerro Pelado) contienen frecuentes capas de lignito y alcanzan su desarrollo máximo al oeste del Alto de Coro, mientras que al este todo el conjunto se vuelve margoso y refleja un ambiente de mar abierto. El espesor total de este conjunto es de 3.300 metros (10.000 pies) en el Surco de Urumaco y de 1.300 metros (4.000 pies) en el Alto de Coro. La extensión geográfica es muy similar a la del Oligoceno (Canal de Falcón).

b) Un conjunto medio (formaciones Socorro y Caujarao) correspondiente a una regresión del mar hacia el norte. Está compuesto de lutitas claras, areniscas lenticulares y calizas muy fosilíferas, a veces de tipo arrecifal; el ambiente es de aguas poco profundas. El espesor varía entre 2.000 metros (6.000 pies) en el Surco de Urumaco y 1.100 metros (3.500 pies) en el Alto de Coro, donde aumenta el porcentaje de calizas. Las formaciones Mosquito y Portachuelo, productoras en el campo de Cumarebo, son equivalentes laterales de Socorro y parte inferior de Caujarao.

c) Un conjunto superior, de extensión reducida con respecto a los anteriores. La regresión del borde sur de la cuenca prosigue hacia el norte en relación con el levantamiento progresivo de la parte central de Falcón. En el Surco de Urumaco, la parte inferior del conjunto (Formación Urumaco) presenta un predominio de lutitas marinas y la parte superior, capas más continentales (Formación Codore). Este conjunto pasa al este a la Formación La Vela, de ambiente más continental pero con episodios epineríticos. En la región de Cumarebo, esta formación es discordante sobre las formaciones del conjunto medio, lo cual indica movimientos orogénicos intramiocenos.

Al oeste del Surco de Urumaco, en las inmediaciones de la Plataforma de Dabajuro, los conjuntos medio y superior pasan a facies predominantemente continentales, correspondientes a la Formación La Puerta, en discordancia angular sobre el conjunto inferior.

La Plataforma de Dabajuro y el Surco de Urumaco se prolongan hacia el Golfo de Venezuela, donde están representados por la Plataforma oeste y la parte este subsidente del Golfo, respectivamente. En estas unidades del Golfo de Venezuela se pueden anticipar características similares a las de las unidades correspondientes en tierra.

En el Plioceno se sedimentan los conglomerados y lutitas arenosas abigarradas que constituyen a las formaciones San Gregorio y Coro. Estos sedimentos pueden ser discordantes con cierta angularidad sobre el Mioceno, lo cual indica actividad orogénica al final de este período.

Los pliegues estrechos y alargados del anticlinorio de Falcón y las capas verticales del Conglomerado de Coro son indicios de que los movimientos más intensos, responsables de la estructura actual de Falcón, tuvieron lugar a fines del Plioceno. Estos movimientos no fueron sincrónicos en toda la cuenca, habiéndose formado ciertas estructuras, tales como el anticlinal de Cumarebo, antes de la sedimentación de la Formación La Vela (A. L. PAYNE, 1951). De la misma manera algunas grandes fallas, como Sabaneta y Los Médanos que bordean el Cratón de Paraguaná y el Alto de Coro, fueron activas durante la sedimentación miocena, como lo indican los mapas isópacos.

11.2 PENINSULA DE LA GOAJIRA

El Mioceno comienza con la sedimentación de arcillas con foraminíferos de aguas profundas de la Formación Uitpa. Por encima de ésta se depositan las areniscas calcáreas y calizas arenosas de ambiente menos profundo de la Formación Jimol. El ciclo termina con la Formación Castilletes, compuesta de caliza arcillosa y arcillas, de edad Mioceno superior a Plioceno. Su distribución geográfica es más restringida que las formaciones anteriores. Se desconoce la extensión de estas formaciones hacia el Golfo de Venezuela pero probablemente no exista separación entre las dos áreas.

A excepción de esta emersión progresiva, los efectos de la orogénesis miopliocena son muy reducidos en la Península de La Goajira. Durante el Pleistoceno existen todavía ciertos depósitos marinos en la región.

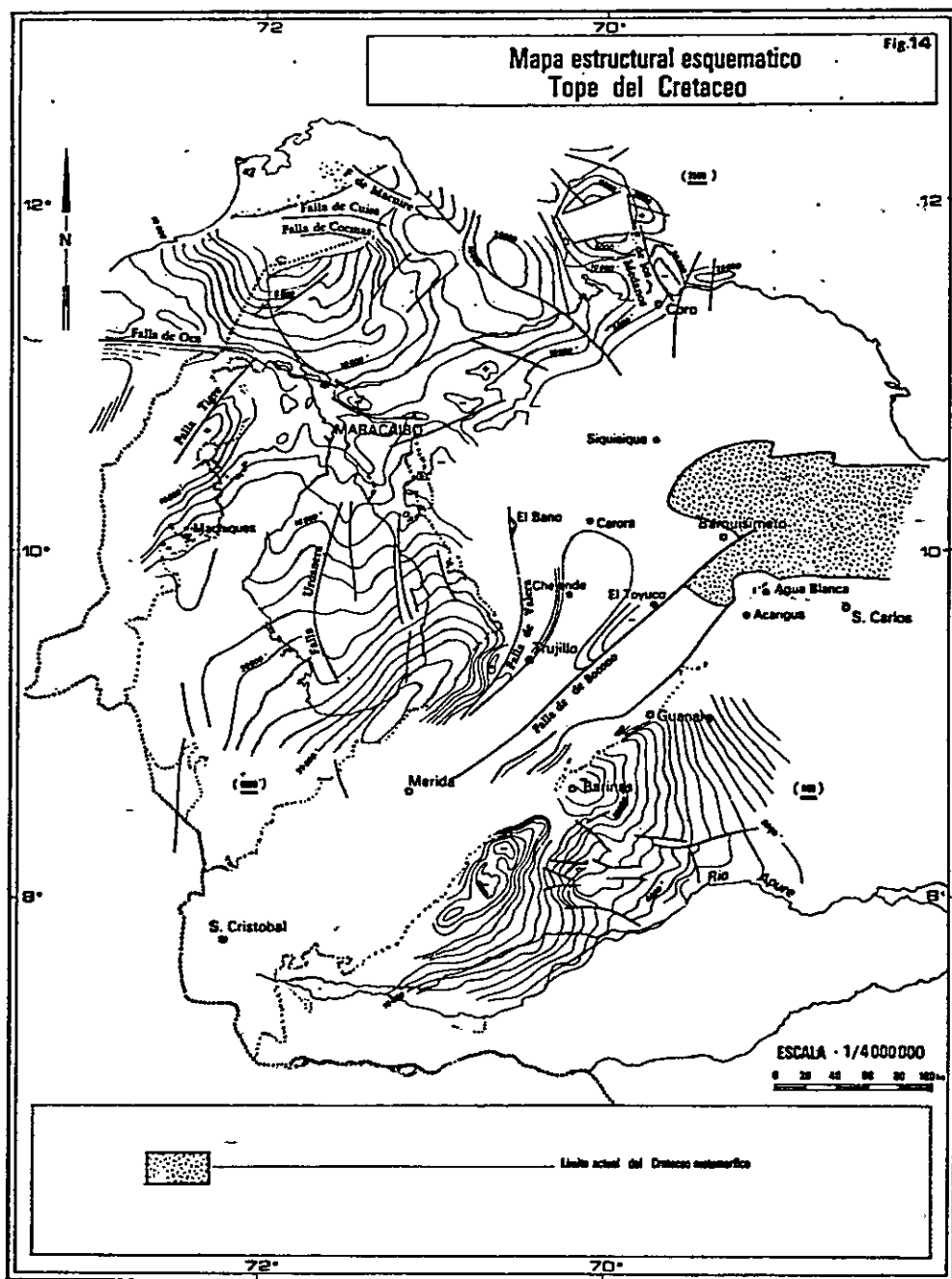
11.3 CUENCA DE MARACAIBO

En la mayor parte del Lago la transgresión máxima del ciclo post-Eoceno corresponde a la Formación La Rosa, constituida por las arenas basales del Miembro Santa Bárbara y las lutitas superiores de ambiente marino, que representan las manifestaciones más avanzadas hacia el suroeste de los depósitos subsidentes de Falcón. Por encima de ésta se sedimenta la Formación Lagunillas, de tendencia regresiva, consecuencia del retroceso progresivo del mar hacia el noreste. El equivalente en el flanco andino de las formaciones La Rosa y Lagunillas está representado por las formaciones Palmar e Isnotú.

En este período se produce la inversión de la flexión de la costa del Distrito Bolívar que origina una subsidencia cada vez mayor hacia el suroeste, mientras que la parte sur de la Serranía de Trujillo se mantiene positiva, como lo demuestra el adelgazamiento de los sedimentos miocenos sobre el borde occidental de la Serranía. Contemporáneamente con la sedimentación se observa reactivación de las fallas y plegamientos preexistentes.

Después de la Formación Lagunillas y sus equivalentes, la sedimentación es de agua dulce a salobre con incursiones marinas, correspondientes a la Formación La Puerta, ya conocida en Falcón occidental. Su edad es Mioceno superior-Plioceno.

Sobre el flanco noroeste de Los Andes se desarrolla una antefosa profunda (Fig. 14) en la cual se sedimentan los productos de erosión de la Cordillera, formados por conglomerados, areniscas con estratificación cruzada y lutitas abigarradas de la Formación Betijoque, cuyo espesor puede alcanzar unos 5.000 metros (16.000 pies).



Los Andes de Mérida, cuyo levantamiento se inició con la epirogénesis post-eocena, se desarrollan durante la intensa orogénesis post-miocena. Constituyen un pliegue de fondo en extensión, afectado por numerosas fallas generalmente verticales y normales. Algunas han sido interpretadas como fallas de desplazamiento lateral (falla de Boconó). Sin embargo, en algunos lugares el frente noroeste de la Cordillera puede presentar una inversión en el buzamiento. Este es el caso al noreste del Macizo de Avispa, donde una zona de cizallamiento y de fallas inversas crea sobre esta transversal una disimetría, ligada a un movimiento relativo de la cordillera en relación a su antifosa (compresión de sureste a noroeste).

Puede entonces admitirse que el efecto de un enfrentamiento entre los bloques rígidos de Barinas y de Maracaibo, que pone en juego fenómenos de compresión exteriores al edificio andino, se encuentra geográficamente limitado a una pequeña parte de la Cordillera (alrededor de 30 Kms.). Esta sección corresponde a la parte central, topográficamente la más elevada de la Cordillera. Generalmente, los fenómenos de distensión y los accidentes a nivel cortical, con reactivación sobre todo de antiguas zonas de debilidad mecánica o de inestabilidad periódica (flexiones sinsedimentarias) parecen traducirse en una dinámica más bien vertical y propia de la Sierra, que tangencial y exterior a la misma. Debe subrayarse la amplitud del levantamiento de esta unidad estructural; los esquistos del Pico Bolívar se encuentran a 5.000 metros (16.000 pies), mientras que en la parte más profunda de la antifosa el Basamento se presenta a profundidades a veces mayores de 10.000 metros (30.000 pies).

En la Cuenca de Maracaibo esta fase tectónica causa también las últimas deformaciones, especialmente de ciertos anticlinales al sur del Lago que bordean la antifosa en su lado noroeste.

En la parte occidental de la Cuenca de Maracaibo la sedimentación es continua a partir del Oligoceno. Al oeste del Lago de Maracaibo hasta la Sierra de Perijá y al sur hasta el Distrito Colón, las formaciones Macoa, Cuiba, Los Ranchos y La Villa, son equivalentes a La Rosa, Lagunillas y La Puerta, del Lago. El ambiente es de agua dulce a salobre.

En el Distrito Colón, el Grupo Guayabo corresponde al conjunto de las formaciones Palmar, Isnotú y Betijoque. Esta última se compone de conglomerados, cuyo espesor puede alcanzar los 600 metros (1.800 pies).

11.5 CUENCA DE BARINAS

Para esta época el levantamiento de Los Andes ha separado las Cuencas de Maracaibo y Barinas. En el flanco sureste de la Cordillera se desarrolla también una antifosa donde se acumulan los clásticos de ambiente continental de la Formación Parángula, cuya sedimentación había comenzado en el Oligoceno. Por encima se deposita la Formación Río Yuca, compuesta de conglomerados, areniscas, limolitas y arcillitas cuyo espesor llega a sobrepasar los 4.500 metros (13.500 pies). Su ambiente es continental y es equivalente a las formaciones Isnotú y Betijoque del flanco noroeste de Los Andes.

Las formaciones Parángula y Río Yuca se extienden por toda la cuenca con espesores menores que en la antifosa y sobrepasan los límites de erosión del Eoceno.

La cuenca adquirió su configuración actual al final de la sedimentación del Río Yuca, cuando se produjo una orogénesis muy acentuada que dio origen a las estructuras de piedemonte en los flancos de Los Andes. Esta orogénesis tuvo menor influencia en la parte central de la cuenca, donde se limitó a modificar ligeramente las formas ya existentes.

Por último, en toda la región de estudio, la historia geológica prosigue con movimientos tectónicos responsables del reajuste de fallas y levantamientos de áreas ya positivas, los cuales testimonian la continuación de un proceso iniciado a fines del Eoceno, y que se traduce hoy día en frecuentes movimientos sísmicos.

SEGUNDA PARTE

GEOLOGIA PETROLERA DEL OCCIDENTE DE VENEZUELA

A fin de aclarar la exposición de esta segunda parte se presenta a continuación la Tabla II, con las formaciones que se consideran capaces de generar hidrocarburos.

TABLA II

Edad	Formación	Litología	Cuencas
Mioceno inf. y medio	Socorro	Lutitas	Falcón
Mioceno inf. y medio	Portachuelo	Lutitas	Falcón
Mioceno inf. y medio	Mosquito	Lutitas	Falcón
Mioceno inferior	Agua Clara	Lutitas	Falcón
Mioceno inferior	Lagunillas (basal)	Lutitas	Maracaibo
Mioceno inferior	La Rosa	Lutitas	Maracaibo
Oligoceno-Mioceno inf.	Pecaya	Lutitas	Falcón
Eoceno superior	Pagüey	Lutitas	Maracaibo-Barinas
Eoceno medio	Paují	Lutitas	Maracaibo
Eoceno inf. y medio	Misoa	Lutitas	Maracaibo
Paleoceno	Guasare	Calizas y Lutitas	Maracaibo
Cretáceo Superior	Colón	Lutitas	Maracaibo
Cretáceo Medio-Superior	La Luna	Calizas	Maracaibo-Barinas

Las porciones lutíticas y calcáreas de estas unidades generalmente muestran las siguientes características favorables: ambiente marino, en algunos casos reductor, contenido de materia orgánica fósil y abundancia de indicios y concentración de hidrocarburos en los recipientes asociados. Esta selección concuerda con la distribución de los yacimientos, lo cual será demostrado a medida que se desarrolle este capítulo. Se han publicado análisis específicos sólo para la Formación La Luna (H. D. HEDBERG, 1931).

Uno de los factores primordiales reconocidos en la génesis del petróleo es la temperatura. Esta génesis sólo se inicia cuando la roca madre alcanza una temperatura crítica, que es función de la materia orgánica original, de la constitución de la roca, de los catalizadores presentes y de la historia térmica. Esta historia se relaciona íntimamente con la evolución del hundimiento; por lo tanto, para una temperatura crítica existe un hundimiento correspondiente, y esta relación es característica de un lugar determinado (gradiente geotérmico).

En algunos casos se ha logrado determinar valores de este hundimiento crítico (G. T. PHILIPPI, 1965; M. C. LOUIS y B. P. TISSOT, 1967). Para la Cuenca de Maracaibo los autores consideran conveniente emplear provisionalmente un valor entre los 1.300 metros (4.000 pies) y 1.600 metros (5.000 pies).

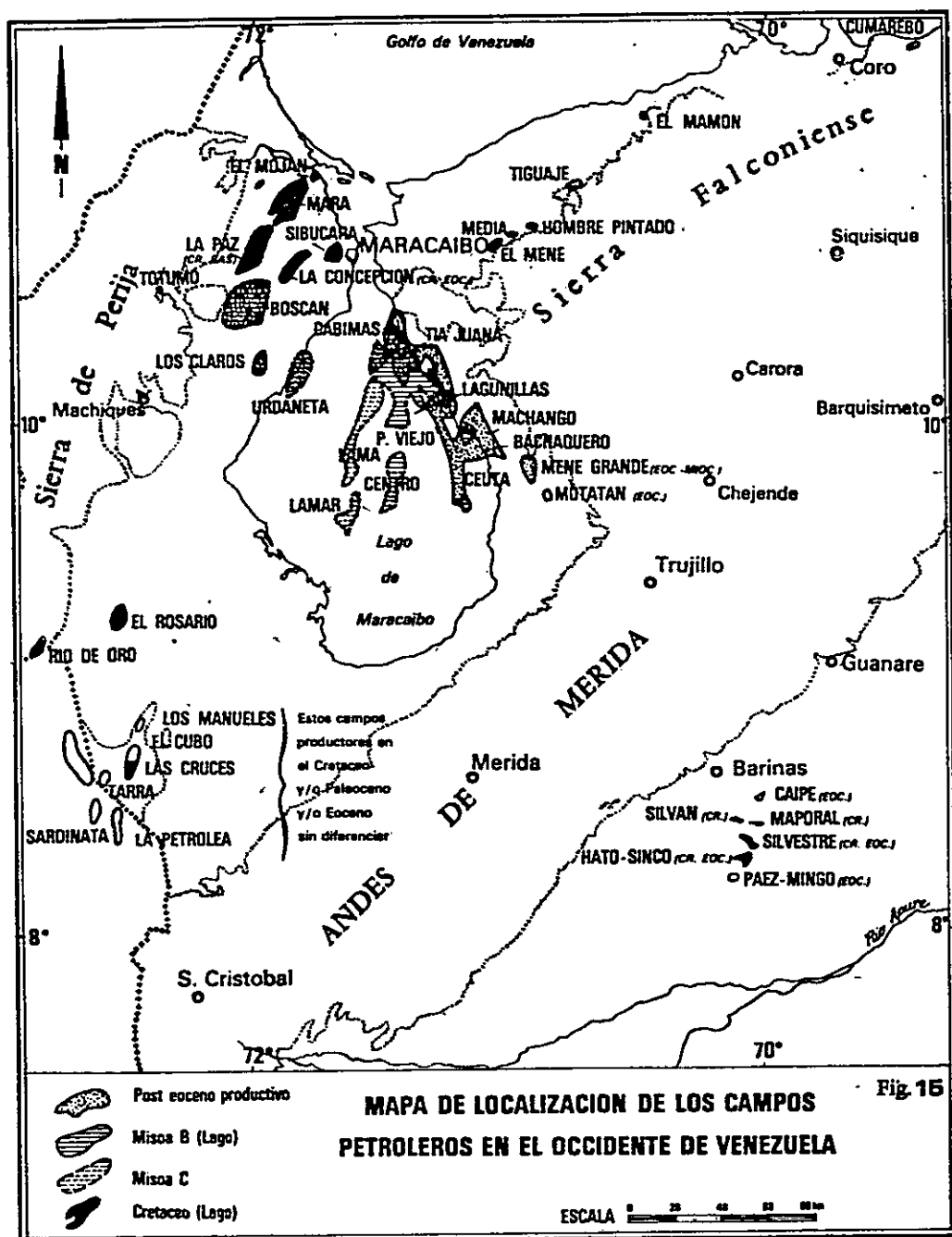
Los fenómenos de migración son menos conocidos. En lo que concierne a migración primaria, se sabe que la expulsión de petróleo formado es tanto más difícil cuanto más compactado esté el sedimento; es decir, que el hundimiento ha sido más importante, suponiendo que la velocidad de expulsión de los hidrocarburos sea proporcional a la velocidad de expulsión del agua. En otros términos, las condiciones favorables para la expulsión del petróleo degeneran con el tiempo después de la génesis. Esto conduce lógicamente a suponer que esta expulsión ocurre tan pronto como el petróleo se haya formado, en el caso de existir un recipiente natural a cortas distancias. O sea, el concepto de hundimiento crítico, en realidad, es válido para el conjunto "formación-expulsión".

En cuanto a la migración secundaria, es decir, la migración a través del primer recipiente o de un recipiente a otro, se ha seleccionado, entre varias soluciones que se presentan, la que contempla distancias de migración corta. Sin embargo, en ciertos casos, los argumentos estratigráficos y estructurales convergen, de tal manera que es necesario admitir la posibilidad de fenómenos de migración a distancia media (alrededor de 30 a 50 Kms.).

La historia geológica establecida en la primera parte de esta publicación ofrece los datos esenciales para reconstruir la historia petrolera del Occidente de Venezuela. La Figura 15 muestra la distribución de los principales campos petroleros en esta región.

Si ciertas rocas de la secuencia sedimentaria pre-cretácea han podido dar lugar a la formación de petróleo, se admite que los fenómenos de tectonismo y metamorfismo a los cuales fueron sometidas antes del Cretáceo destruyeron toda la acumulación, dejando sin interés petrolero a las rocas pre-cretáceas.

La Formación La Luna del Cretáceo se considera como la roca madre más favorable de la secuencia cretácea y de toda la columna sedimentaria de Venezuela Occidental. Sin embargo, no pueden excluirse las lutitas de la Formación Colón. Estas unidades se depositaron sobre toda la Cuenca de Maracaibo y una parte de



la superficie ocupada hoy en día por Los Andes de Mérida; sin embargo, están ausentes en la Cuenca de Barinas (Figs. 4 y 6). Es poco probable que se produjera una generación notable de petróleo durante el Cretáceo en la mayor parte de la región estudiada, ya que el espesor de los sedimentos depositados sobre las potenciales rocas madres más antiguas, fue insuficiente como para que las rocas madres llegaran a alcanzar la temperatura mínima necesaria (Figs. 6 y 19).

Durante el Paleoceno, se sedimentó una sección muy reducida en algunos sitios de las Cuencas de Maracaibo y Barinas, Arco de Mérida y Plataforma del Lago. Como en el caso del Cretáceo, este hecho limita la formación de petróleo durante el Paleoceno.

Por el contrario, en los surcos de Machiques y Táchira, pudo alcanzarse el hundimiento crítico de las calizas y lutitas de la Formación La Luna (Figs. 6 y 7). Sin embargo, los gradientes regionales desarrollados en los bordes de estos surcos fueron demasiado reducidos como para que pueda contemplarse una migración lateral notable en dirección de la plataforma.

La zona de flexión que bordea la Plataforma del Lago y el Arco de Mérida al este se caracteriza por estar situada en el límite de una zona muy subsidente, que a partir del Paleoceno ocupa la fosa geosinclinal de la Serranía de Trujillo y Surco de Carora-Barquisimeto. El hundimiento de las calizas de La Luna y de las lutitas de Colón en la zona de flexión es tal que el petróleo pudo haberse generado en las rocas madres cretáceas durante el paleoceno. Además, la pendiente a lo largo de esta zona es suficiente para el desarrollo del drenaje de este petróleo cretáceo en dirección de la plataforma, a través de las capas calcáreas del Grupo Cogollo y de la Formación La Luna. Sin embargo, esta migración lateral estuvo limitada por la poca permeabilidad de las calizas.

Los fenómenos relacionados con la historia geológica petrolera, en escala regional, comienzan con la fase tectónica post-paleocena.

12. CUENCA DE MARACAIBO

12.1 FASE TECTONICA POST-PALEOCENO

En esta cuenca, la epirogénesis post-paleocena da origen al sistema principal de fallas, pero es sólo a fines del Eoceno cuando se desarrollan las grandes trampas anticlinales del centro del Lago y del Distrito Mara, modeladas sobre las fallas mayores del sistema post-Paleoceno.

12.2 EOCENO

Durante el Eoceno ocurren los primeros fenómenos generalizados de génesis y migración del petróleo. La historia petrolera del Eoceno nos permite distinguir dos periodos: Eoceno inferior a medio y Eoceno superior.

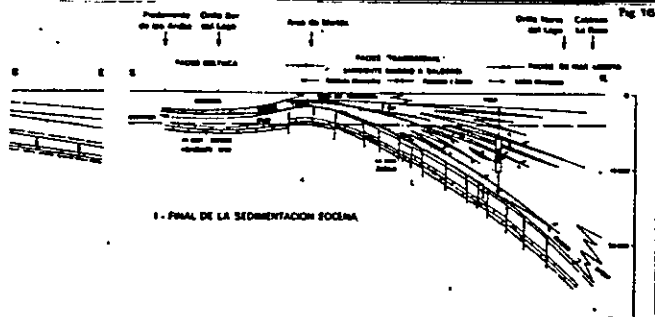
12.3 EOCENO INFERIOR A MEDIO

Durante el Eoceno inferior en la Cuenca de Maracaibo se produce una subsistencia importante de la provincia geosinclinal y el este de la provincia de plata-

PRINCIPALES EVENTOS PETROLEROS

DURANTE LA SEDIMENTACION SOCINA

1. Migración general del petróleo generada en el Cretácico y en los siglos subsiguientes del Terciario
2. Preservación general del Sotano
3. Estructura tectónica básica de Lago de Maracaibo



I - FINAL DE LA SEDIMENTACION SOCINA

DURANTE LA FASE TECTONICA Y EROSION

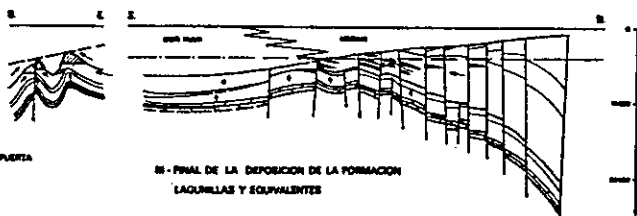
1. Estructura del petróleo por la estructura tectónica
2. Asimetrías tectónicas en el Sotano
3. Estructura tectónica de los Andes



II - FINAL DE LA FASE TECTONICA Y EROSION DEL EOCENO SUPERIOR - OLILOCENO INFERIOR

DURANTE LA DEPOSICION DE LA FORMACION LAQUILLAS

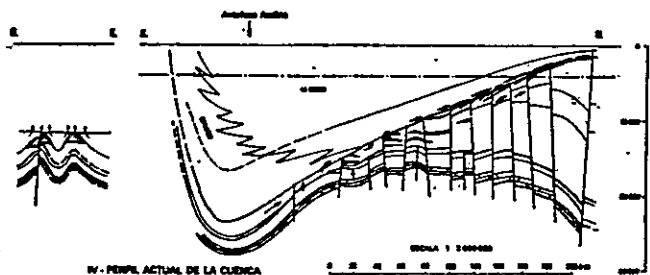
1. Estructura tectónica de los Andes
2. Estructura tectónica de los Andes
3. Estructura tectónica de los Andes



III - FINAL DE LA DEPOSICION DE LA FORMACION LAQUILLAS Y EQUIVALENTES

DURANTE LA DEPOSICION DE LA FORMACION LA PUERTA

1. Estructura tectónica de los Andes
2. Estructura tectónica de los Andes
3. Estructura tectónica de los Andes

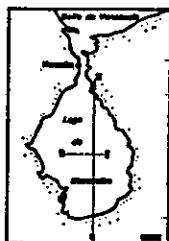


IV - PERFIL ACTUAL DE LA CUENCA

distancias verticales exageradas 10 veces

PERFILES PALEOTECTONICOS A TRAVES DEL LAJO DE MARACAIBO

- Dirección de migración del petróleo
- Línea indicativa de una zona tectónica importante



forma. Parte de la cuenca se caracteriza por tres hechos geológicos esenciales de carácter petrolero, contemporáneos con la sedimentación, ilustrados en la Fig. 16 (I), que son los siguientes:

- a) Las calizas y lutitas del Cretáceo y las lutitas inferiores del Eoceno, consideradas como rocas madres, fueron hundidas a profundidad suficiente para que se pudiera generar el petróleo, no sólo en la zona de subsidencia, sino también en las zonas de flexión y plataforma y hasta en el mismo Arco de Mérida.
- b) La Formación Misoa exhibe cambios laterales de facies que son muy importantes en la historia petrolera del Lago, marcados localmente por lenticularidad y regionalmente por enriquecimiento de las areniscas hacia el centro del Lago, a distancia de la flexión costanera. Esta interdigitación de areniscas permeables y lutitas, particularmente notable al nivel de los miembros C-2 y C-3 y de varios miembros "B", favorece la migración primaria del petróleo de origen eoceno. En cuanto a los cuerpos macizos y continuos de areniscas (tales como los miembros C-4 y B-6), éstos están cubiertos por lutitas de la misma formación, las cuales generan el petróleo que aquellos contienen. Es probable que los yacimientos primarios de tipo estratigráfico, por lenticularidad, o barrera de permeabilidad, se hayan desarrollado antes del Eoceno superior. Así, la presencia de petróleo en los lentes arenosos de la Formación Misoa (Lámina V), es resultado lógico de alimentación por parte de las mismas lutitas cercanas. En cuanto a las arenas basales del Eoceno, es decir los miembros C-4 y C-7, el petróleo pudo provenir de rocas tanto cretáceas como eocenas.
- c) La pendiente regional noreste, resultante de la subsidencia ya iniciada en la zona oriental durante el Paleoceno y que continúa acentuándose (Fig. 17-I), causa una migración secundaria hacia la zona más alta de la Cuenca en este período, es decir el Arco de Mérida, a través de los almacenes cretáceos y eocenos. Esta migración es tanto más fácil cuanto más continuas y macizas son las areniscas hacia el Arco de Mérida. La migración lateral es factible en el caso de un almacén que presenta una continuidad regional, como las areniscas basales, miembro C-7 o los miembros C-4 y B-6.

Es conveniente señalar que la discordancia Paleoceno-Eoceno, que tiene la misma pendiente regional, probablemente constituye una superficie de migración privilegiada a partir de este último período.

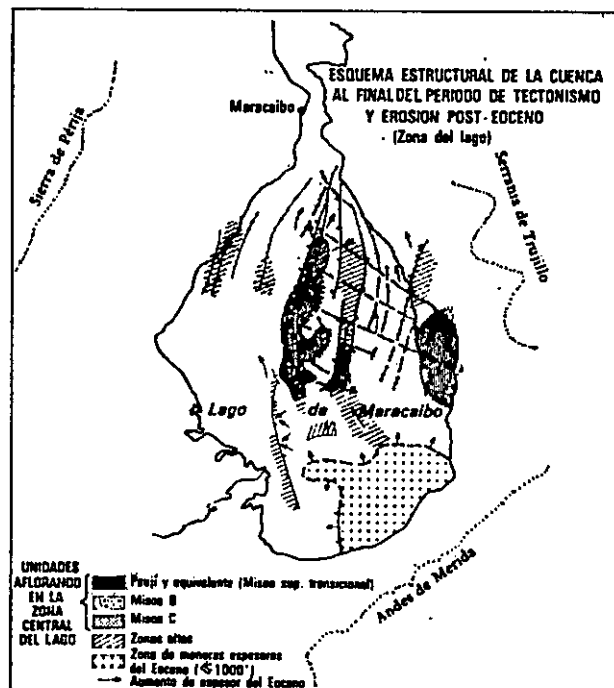
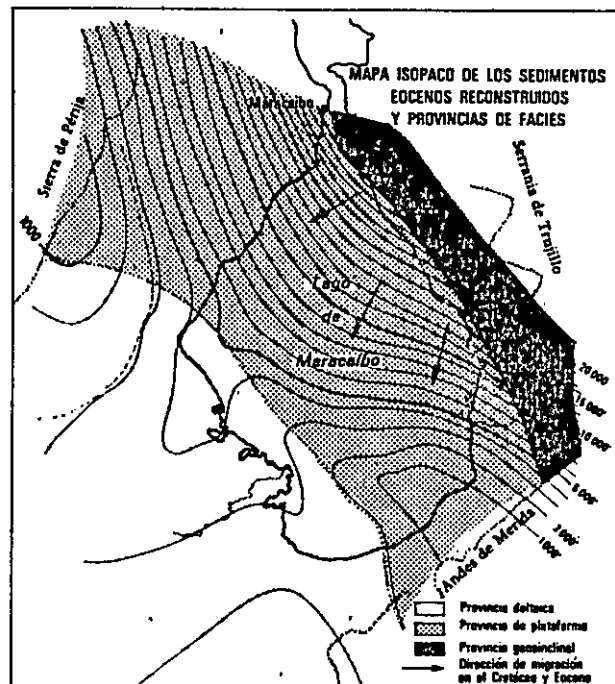
Se supone que el sistema de fallas creado durante la fase tectónica post-paleocena facilita el drenaje del petróleo por ascenso desde el Cretáceo hasta los almacenes eocenos, gracias a la permeabilidad asociada a las fisuras.

Es importante mencionar que en los campos costaneros del Distrito Bolívar las arenas inferiores de Misoa (Misoa "C") generalmente no contienen hidrocarburos; por el contrario, los horizontes superiores (Misoa "B") son productores. Los primeros constituyen los yacimientos hacia el Centro del Lago (H. D. BORGER y E. F. LENERT, 1959). Este hecho puede explicarse de las siguientes maneras: cuando se logra el hundimiento crítico el petróleo, éste es generado y expulsado de la roca madre (Cretáceo y/o

CUENCA DE MARACAIBO

EVOLUCION ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DURANTE EL EOCENO

ESCALA
0 20 40 80 Km



Eoceno); la pendiente regional durante el Eoceno es tal, que tan pronto como es recogido en los almacenes arenosos continúa su migración hacia el Arco de Mérida, donde se acumula formando los yacimientos de la región central del Lago. Otra explicación menos factible es que el petróleo haya sido generado, pero la rápida subsidencia ocasionó un aumento de la compactación y creó condiciones desfavorables para la expulsión del petróleo de la roca madre.

12.4 EOCENO SUPERIOR - EPIROGENESIS

En el mapa paleogeográfico correspondiente a este período (Fig. 11) se observa que la mayor parte del Lago fue positiva durante esta época, con sedimentación reducida o ausente. El hecho geológico-petrolero más importante es la epirogenesis iniciada en este período, que da lugar a los rasgos estructurales esenciales de la Cuenca, y en particular de la parte central del Lago de Maracaibo (Fig. 17-II). Se caracteriza por plegamientos y fallas de dirección norte-sur (alineamientos de Lama-Lamar y Centro) y erosión intensa. Esto provoca una considerable reducción local de la secuencia eocena en las crestas anticlinales y regionalmente sobre el Arco de Mérida. Tres fenómenos petroleros pueden haber tenido lugar en este período:

- a) Falta de protección vertical de los almacenes eocenos debido a la erosión y las numerosas fallas expuestas, lo cual favorece el escape de hidrocarburos. Los yacimientos eocenos sólo se encuentran cuando dicha protección está asegurada.
- b) Debido a esta epirogenesis las calizas cretáceas macizas y competentes del Grupo Cogollo y de la Formación La Luna adquieren el alto grado de fracturamiento necesario para constituir almacenes de buena calidad, en particular en las zonas estructuralmente más afectadas, es decir, en las crestas de los anticlinales tales como Lamar, Concepción, La Paz-Mara. El interés petrolero se reduce considerablemente al sur de los dos últimos campos citados, ya que las calizas macizas pasan a facies lutíticas intercaladas entre las capas de caliza lo cual disminuye el grado de fracturamiento de la sección cretácea. Este es el caso de las estructuras de Macoa, San José, Alturitas, etc. (A. SALVADOR y E. F. HOTZ, 1963).

Las acumulaciones comerciales en las calizas cretáceas han podido formarse desde esta época.

12.5 OLIGO/MIOCENO - PLIO/PLEISTOCENO

En el transcurso del Oligo-Mioceno se levantan Los Andes de Mérida que separan a las Cuencas de Maracaibo y Barinas. Las deformaciones acentuadas durante la fase orogénica paroxismal y después de ella pudieron modificar considerablemente la distribución del petróleo de las cuencas. Es conveniente destacar dos períodos sucesivos en la historia petrolera: el primero, que anuncia a esta orogénesis, corresponde a la sedimentación de las formaciones La Rosa-Lagunillas en la región del Lago, Palmar-Isnotú al sur, y Macoa-Cuibas-Los Ranchos al oeste. El segundo comienza a principios de la orogénesis mencionada y se extiende hasta el Mioceno y el Plio/Pleistoceno.

El límite entre estos dos períodos es difícil de situar, ya que no está marcado por una discordancia regional. Se considera que corresponde a la transición del Mioceno medio al superior.

12.5.1 *Período de sedimentación de las formaciones La Rosa-Lagunillas y sus equivalentes* (Fig. 16-III y 18-I)

- a) Después de la sedimentación de las lutitas de La Rosa la protección vertical de los almacenes eocenos, ya estructurados y a veces erosionados, está asegurada; es decir, que existen desde ahora todas las condiciones estructurales necesarias para el entrapamiento dentro de estos almacenes.
- b) La subsidencia se invierte con respecto al Eoceno y afecta ahora a la parte suroeste de la cuenca. La carga adicional de los sedimentos oligocenos, en la zona más afectada en este período por la subsidencia, es el factor dominante de la génesis y migración primaria en las rocas-madres cretácicas en el Arco de Mérida y en la zona situada al suroeste del Arco. Es la continuación o reactivación de un fenómeno que puede haberse iniciado en el Eoceno y que determinó acumulaciones en las rocas calcáreas del Cretáceo.

Es poco probable que un petróleo de origen eoceno haya alimentado una arena de la misma edad en la zona situada al suroeste del Arco, debido a la facies menos favorable de las formaciones deltáicas eocenas hacia esa dirección.

Por otra parte, las areniscas del Eoceno (Misoa "C"), están en contacto con las formaciones cretáceas debido al gran desplazamiento de ciertas fallas, tales como la Urdaneta. Esto apoya la idea de una alimentación a partir de estas formaciones en el centro del Lago. A este respecto, la acumulación conocida en las arenas del lado deprimido del campo Lama tiene gran significación (Lámina IV).

- c) En la provincia de plataforma del Eoceno la migración secundaria a través de las arenas eocenas y de las calizas cretáceas (en este caso menos acentuada), prosigue desde el noreste hacia el suroeste, debido a la pendiente regional que aún favorece este movimiento, a pesar del basculamiento iniciado hacia el suroeste. Sin embargo, hay que considerar la existencia de un denso sistema de fallas de dirección principalmente noroeste-suroeste, opuesta a la dirección de migración.

Una migración primaria pudo tener lugar desde las depresiones adyacentes hacia las crestas anticlinales. Este es el caso de los sinclinales que separan a los alineamientos de Lama-Lamar, Centra y Ceuta (Fig. 16-III, Fig. 17-II, Lámina VI).

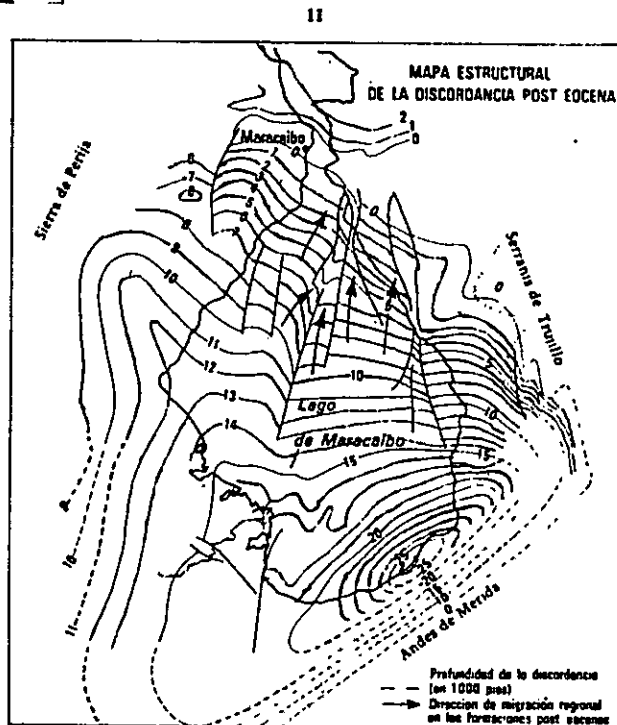
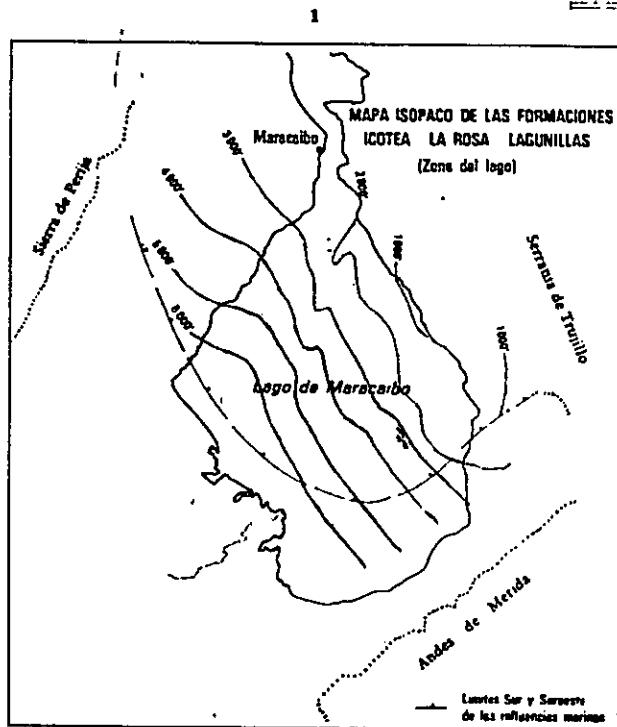
- d) Las estructuras eocenas sufren inclinación general hacia el suroeste, lo cual elimina ciertos cierres locales noreste, bien definidos hasta ahora, y provoca una redistribución del petróleo ya acumulado. Esto probablemente ocurre en cortas distancias, a causa de las fallas ya mencionadas y/o los truncamientos que afectan las arenas erosionadas por debajo de la discordancia post-eocena.

Fig 18

CUENCA DE MARACAIBO
EVOLUCION ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DESPUES DEL EOCENO

ESCALA

0 20 40 60 Km



Al final de este período, puede considerarse que la zona del Distrito Bolívar y del Centro del Lago se presenta como una inmensa trampa estratigráfica regional, donde los horizontes eocenos saturados de petróleo y truncados por debajo de la discordancia del Oligo/Mioceno son cada vez más antiguos de noreste a suroeste (Lámina V). Naturalmente, las fallas y ejes anticlinales desarrollados durante la epirogénesis del Eoceno superior controlan localmente la distribución del petróleo. Esta situación se ilustra en la sección oeste-este de la Lámina VI.

12.5.2 Período de sedimentación de las formaciones post-Lagunillas.

Se recordará que durante este período se desarrolla una antefosa subsidente a lo largo del flanco noroeste de Los Andes, que recibía los productos de erosión de los relieves en vías de levantamiento. Los últimos fenómenos petroleros de la historia de la cuenca son los siguientes:

- a) La pendiente regional ya no tiene dirección suroeste, sino sur y sureste y aumenta mucho con la aproximación a la antefosa. A consecuencia de este gradiente se produce una migración lateral orientada desde la antefosa hacia el norte (Fig. 18-II). Es preciso destacar que las estructuras más recientes de la cuenca están situadas precisamente en la línea de bisagra del flanco norte de la fosa, a partir de la cual la pendiente se hace más suave en dirección del Centro del Lago (Fig. 14).
- b) Durante este período, las formaciones arenosas del post-Eoceno, La Rosa y Lagunillas, están alimentadas por petróleo de los yacimientos ya existentes en las areniscas subyacentes de la Formación Misoa (J. B. MILLER *et al.*, 1958). Este fenómeno es posible por migración ascendente a través de la superficie de discordancia post-eocena, lo cual es favorecido por las numerosas fallas existentes.

La pendiente regional facilita la migración del petróleo a través de las arenas miocenas y a lo largo de la discordancia hacia el noreste, y se desarrolla una gran trampa estratigráfica regional que se extiende a lo largo de la costa del Distrito Bolívar, desde Cabimas al norte hacia Bachaquero al sur. En realidad, esta trampa consiste de un gran número de yacimientos muy complejos en detallé, donde el control del entrapamiento se debe a la lenticularidad de las arenas, a los sellos de asfalto buzamiento arriba cerca de la superficie, y a las fallas de edad miocena o pliocena. Algunos autores han considerado como rocas-madres a las lutitas de la Formación La Roca y a ciertas intercalaciones arcillosas y lutíticas de la Formación Lagunillas. El análisis estadístico de mediciones físico-químicas (destilación, cromatografía, refractometría infra-roja, etc.) efectuado en muestras de petróleo del Eoceno y del Oligo/Mioceno de los yacimientos del Distrito Bolívar, demostró que podían distinguirse dos tipos de crudos, uno dominante en el Eoceno y otro en el Oligo/Mioceno (M. C. BRENNEMAN, 1960). En un mismo horizonte pueden encontrarse crudos de ambos tipos. Estas observaciones apoyan la idea expuesta anteriormente de cierta permeabilidad de la superficie de discordancia respecto a migraciones tanto "*per ascensum*" como "*per descensum*", pero no conducen a conclusiones sobre el origen del petróleo. Por esta razón las lutitas de las formaciones La Rosa y Lagunillas Inferior fueron incluidas entre las posibles rocas-madres (Tabla II).

También se sabe que la gravedad media API del petróleo disminuye con la proximidad a la costa, tanto al mismo nivel estratigráfico como a niveles menos profundos en una misma vertical. Esto probablemente se debe a una combinación de varios factores: pérdida de las fracciones más livianas durante la migración, acción de las aguas meteóricas y posiblemente, a un factor genérico.

- c) El aumento de la pendiente hacia el sur provoca una redistribución del petróleo de los yacimientos formados anteriormente, tanto en el Cretáceo como en el Eoceno.

13. CUENCA DE BARINAS

13.1 FASE TECTONICA POST-PALEOCENO

En el Arco de Mérida durante esta fase tectónica y quizás a partir del Paleoceno, se establecen las condiciones estructurales para el futuro entrapamiento de los hidrocarburos en las areniscas de la Formación Fortuna, protegidos verticalmente por las lutitas de la Formación Esperanza. En efecto, durante este período comienzan a desarrollarse los anticlinales fallados de la zona central de Sinco, Silvestre, etc. Los anticlinales del flanco andino se forman más tarde.

13.2 EOCENO INFERIOR Y MEDIO

Es importante recordar que durante la mayor parte del Eoceno inferior y medio, la Cuenca de Barinas y una parte del Arco de Mérida se encuentran emergidas (Fig. 10). Al final del Eoceno medio la región es invadida por el mar desde el norte y noreste y se sedimenta la Formación Gobernador de carácter transgresivo.

13.3 EOCENO SUPERIOR

Una subsidencia afecta la zona situada al norte de la cuenca de Barinas, evidenciada por los espesos depósitos de lutitas de la Formación Pagüey. El hundimiento de esta formación y de la Formación La Luna, consideradas como rocas madres, permitió la génesis del petróleo en este período. La distribución geográfica de estas formaciones se ilustra en la Figura 19.

La migración primaria se produce:

- a) Por las rocas cretáceas situadas precisamente en la zona de transición de las facies de roca-madre, lutítico-carbonáceas pelágicas del norte de la cuenca, a la facies lutítico-arenosa de la plataforma del sur.
- b) Por las rocas eocenas, debido a la presencia de una arenisca uniforme maciza basal (Gobernador) que recoge el petróleo generado en las lutitas suprayacentes de la Formación Pagüey.

Otra consecuencia de la subsidencia es la existencia de un fuerte gradiente regional norte-noreste y en la región del borde sur de Los Andes. Esto provoca la

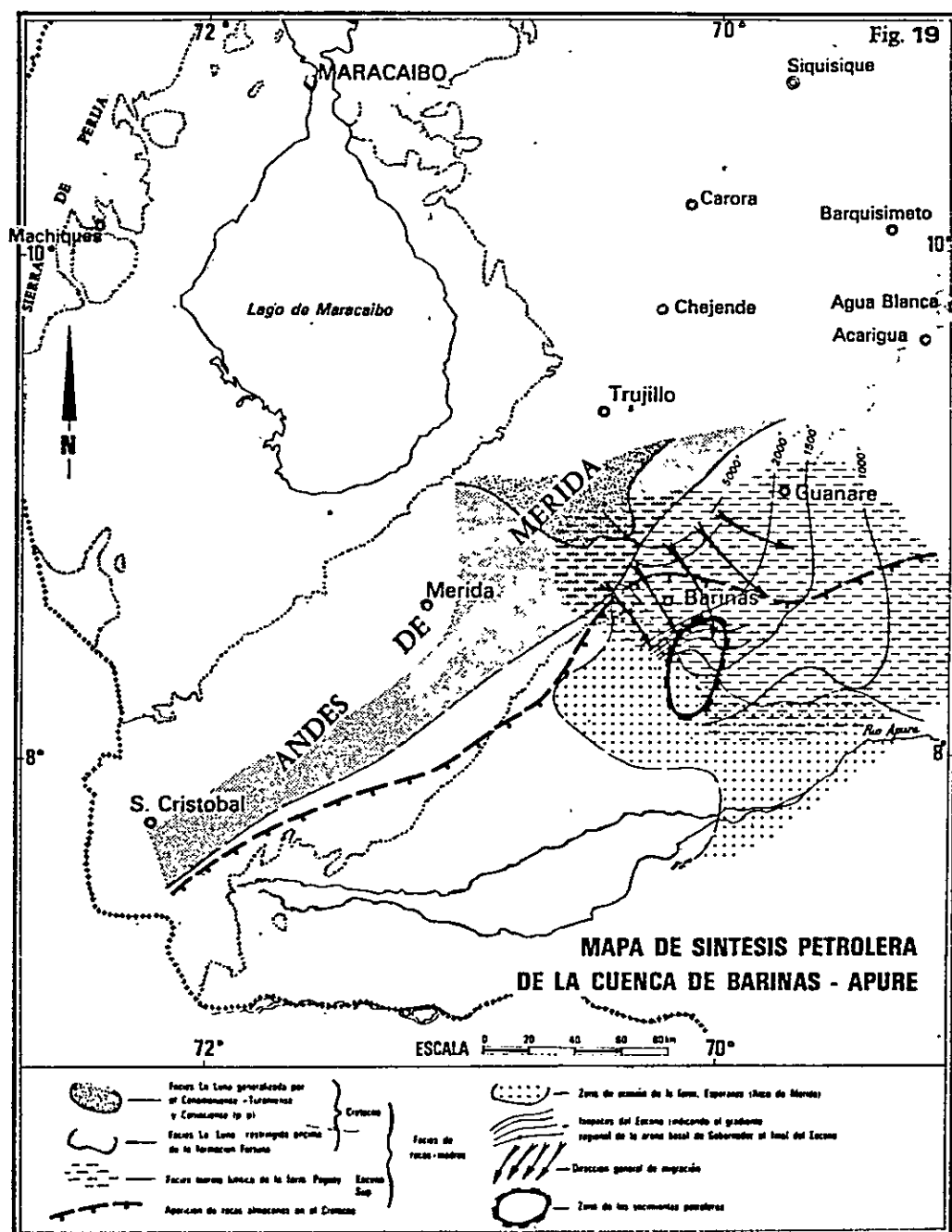
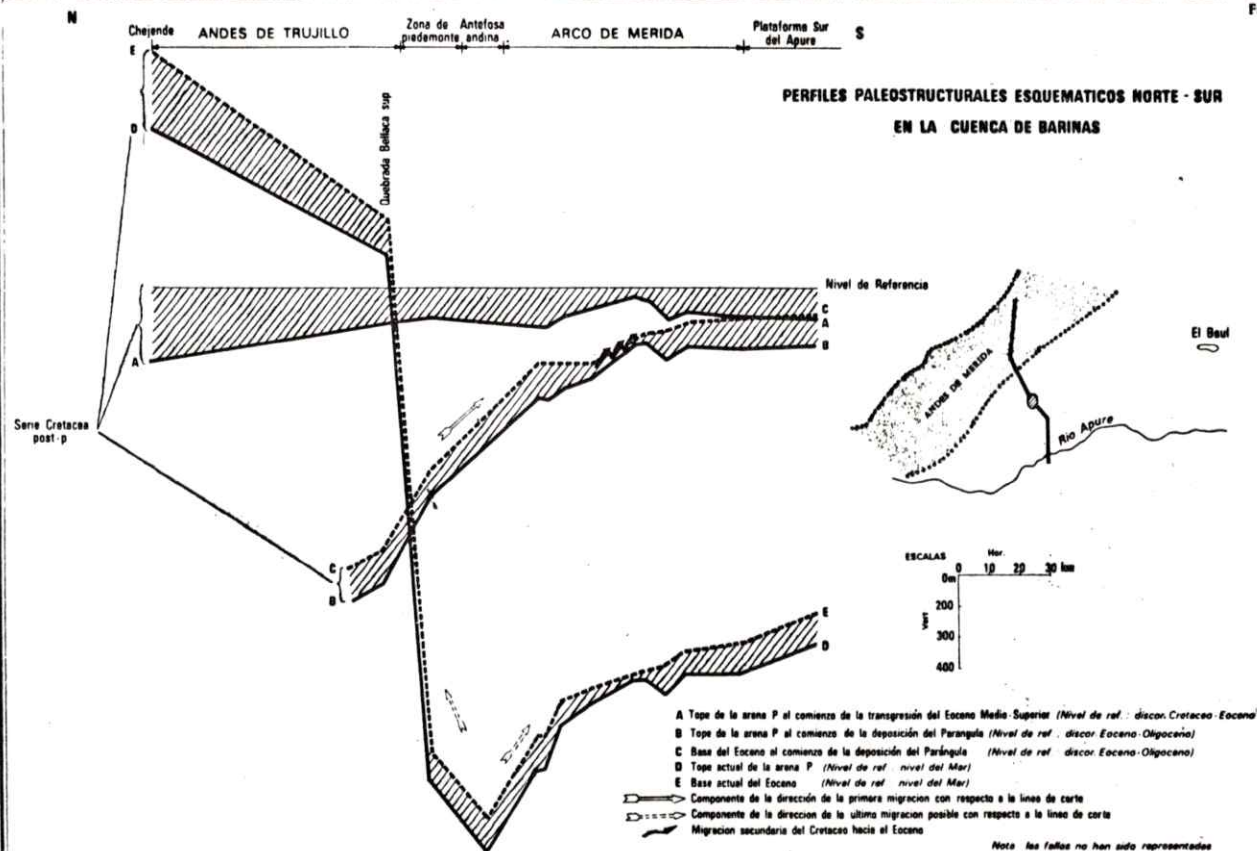


Fig 20



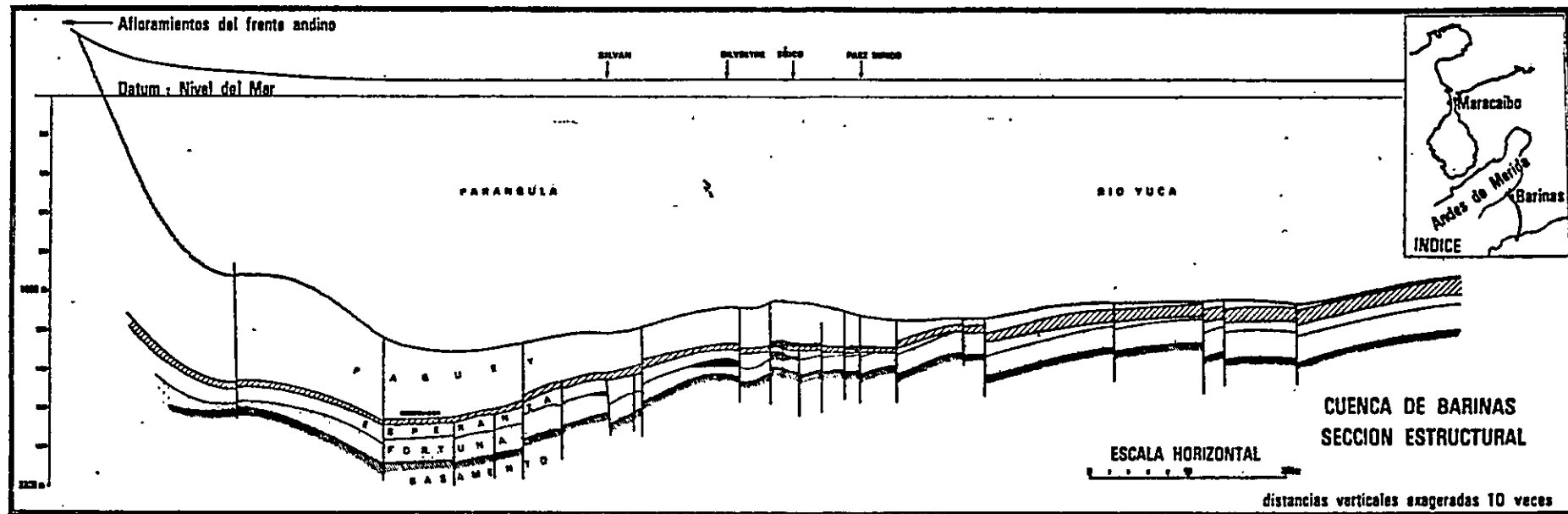


Fig. 21

migración secundaria del petróleo hacia la zona alta del Arco de Mérida a través de las areniscas de las formaciones Fortuna y Gobernador (Figs. 19 y 20).

En las areniscas de Fortuna el petróleo se entrampó en las estructuras ya existentes desde el Paleoceno. Las rocas eocenas aún no habían sido afectadas por ningún plegamiento; por lo tanto, las acumulaciones conocidas en las areniscas de Gobernador deben ser recientes.

Esta teoría se justifica al considerar la distribución de los yacimientos cretáceos, todos situados sobre los anticlinales fallados del Arco de Mérida, aproximadamente transversales a la dirección de la migración. La combinación de los sistemas de fallas NO-SE y NE-SO, con el labio sur deprimido son buenas barreras y controlan el entrampamiento.

Esta interpretación no implica necesariamente distancias de migración importantes. En realidad, el orden de magnitud de la distancia que separa los yacimientos cretáceos del límite sur de las facies de roca madre no sobrepasa los 30 Kms. Además, este mismo límite ha sido asumido, o sea, que más al sur todavía se observa una gran interdigitación de rocas madres y de almacenes. En fin, las areniscas atravesadas por los fluidos en el curso de la migración secundaria son continuas y de calidad óptima en cuanto a permeabilidad.

Podría preguntarse si las lutitas de la Formación Esperanza no constituyen una posible roca madre. Aparentemente las arenas intercaladas en esta formación sólo presentan indicios escasos de hidrocarburos. La arenisca "H", almacén de espesor notable, es de calidad mediocre y nunca ha producido.

13.4 EPIROGENESIS DEL EOCENO SUPERIOR

Durante esta epirogénesis se afirma la estructura regional, en particular el gradiente hacia el norte, y se reactivan los anticlinales y fallas desarrollados durante la fase tectónica post-Paleoceno.

A consecuencia de esta epirogénesis, desde ahora en adelante las trampas existen también para las rocas eocenas, por lo cual se encuentran algunas acumulaciones en las areniscas de Gobernador, alimentadas por el petróleo formado en las lutitas de Pagüey.

A partir de su formación buzamiento abajo de las trampas, este petróleo ha seguido un trayecto de migración secundaria conforme al gradiente regional, o procede de la misma cercanía del yacimiento (Figs. 19 y 20). Se observará que ahora es menos necesario referirse a distancias importantes de migración a causa del gran espesor y distribución de las lutitas marinas de Pagüey en una zona que incluye parte de los yacimientos.

Puede esperarse entonces una distribución de los yacimientos similar a la de los conocidos en las areniscas de Fortuna, y en efecto, el descubrimiento reciente de Caipe, situado unos diez kilómetros al norte de la directriz ("trend") Silván-Maporal, ha confirmado esta tesis.

Sin embargo, no todo es tan sencillo y hacia el sur a partir de Caipe, se observa que las areniscas de Gobernador carecen de petróleo en la directriz Silván-Maporal para luego hacerse productivas más al sur. El yacimiento de Silvestre presenta una

columna corta y el yacimiento de Sinco una columna más extensa. Más al sur el interés petrolero se limita exclusivamente al Eoceno, como lo confirman los resultados de los yacimientos Páez y Mingo. Aún más al sur las posibilidades petroleras son muy reducidas debido a la ausencia de protección vertical por la invasión arenosa que afecta la columna estratigráfica (Fig. 21).

Puede postularse una explicación satisfactoria para esta distribución. Por una parte, se ha visto que el carácter de ambiente marino de la Formación Pagüey disminuye hacia el sur (Fig. 11), por lo cual puede pensarse que la facies de roca madre se degenera en esta dirección. Por otra parte, se recordará que la erosión asociada a la fase tectónica post-cretácea afecta en mayor grado a la secuencia cretácea cuanto más se acerca a la zona central del Arco (Fig. 21). La protección del almacén principal de la Formación Fortuna, arenisca "P", sufre entonces una fuerte reducción, lo cual afecta la capacidad de las trampas en ciertos sitios donde la discordancia corta a la arena "P". El petróleo, ya acumulado en las estructuras del Paleoceno o post-Paleoceno, migra a través de la discordancia y da lugar a los yacimientos de la Formación Gobernador (Fig. 20). El fenómeno descrito ha podido iniciarse desde el final de la epirogénesis del Eoceno superior, pero su desarrollo puede situarse más recientemente durante el Oligoceno o el Mioceno inferior.

En conclusión, la génesis del petróleo de los yacimientos en rocas eocenas de la zona central es atribuible a una fuente cretácea, sin despreñar el posible suministro por una fuente eocena, particularmente en las estructuras más septentrionales.

13.5 OLIGO/MIOCENO - PLIO/PLEISTOCENO

En el transcurso del Oligo-Mioceno se levantaron Los Andes de Mérida que separaron a las cuencas de Maracaibo y Barinas.

Durante el primer período del Oligo-Mioceno, se deposita parte de la Formación Parángula; esta carga adicional sobre las lutitas de Pagüey permite tanto la continuación de la formación del petróleo de origen Eoceno, como su iniciación en las partes de la cuenca donde se había depositado un espesor de sedimentos eocenos demasiado pequeño. Esto es válido para el borde de la cuenca marina eocena, donde se presentan interdigitaciones de lutitas y areniscas, lo cual permite vislumbrar por una parte, una alimentación complementaria de la arenisca basal de Gobernador y por otra, la formación de los yacimientos primarios en los lentes de la zona "D" (Pagüey basal). Este último punto fue investigado en pozos, pero no hay acumulaciones comerciales.

La migración iniciada en el Eoceno superior prosigue, siempre desde norte a sur. Durante este período finaliza la acumulación de petróleo en los yacimientos en Barinas. Durante la fase tectónica paroxismal al final de la sedimentación de Río Yuca hay un último reajuste local de los fluidos. La distribución de los yacimientos a lo largo del trayecto de migración norte-sur, en las estructuras ya delimitadas desde el Paleoceno hasta el Eoceno medio justifica esta teoría.

Se ha visto que durante esta orogénesis principal se forman las estructuras de piedemonte en los flancos de Los Andes. Estas trampas potenciales, anticlinales disimétricos y fallados, se formaron después de las grandes migraciones. Esta es sin duda la causa de los fracasos registrados en los piedemontes andinos. La única posibilidad de encontrar hidrocarburos resultaría de una redistribución del petróleo ya acumulado

en trampas vecinas más antiguas, o de una migración desde la antifosa. Este mismo tipo de problema existe en el flanco noroeste de Los Andes donde las perforaciones siempre resultaron negativas.

14. REGION DE FALCON

14.1 EOCENO

En la Plataforma de Dabajuro y su periferia no debe excluirse la eventualidad de rocas madres eocenas. Por otra parte, se han encontrado indicios de petróleo en los lentes arenosos del borde de la plataforma (Mene de Mauroa). La ausencia de acumulación comercial en el Eoceno de esta región probablemente se deba a la combinación de tres factores: pobre calidad de los almacenes, destrucción de los yacimientos durante la epirogénesis del Eoceno superior, o ignorancia de la verdadera configuración estructural de las capas eocenas, con excepción de los anticlinales antiguos que bordean la Plataforma de Dabajuro.

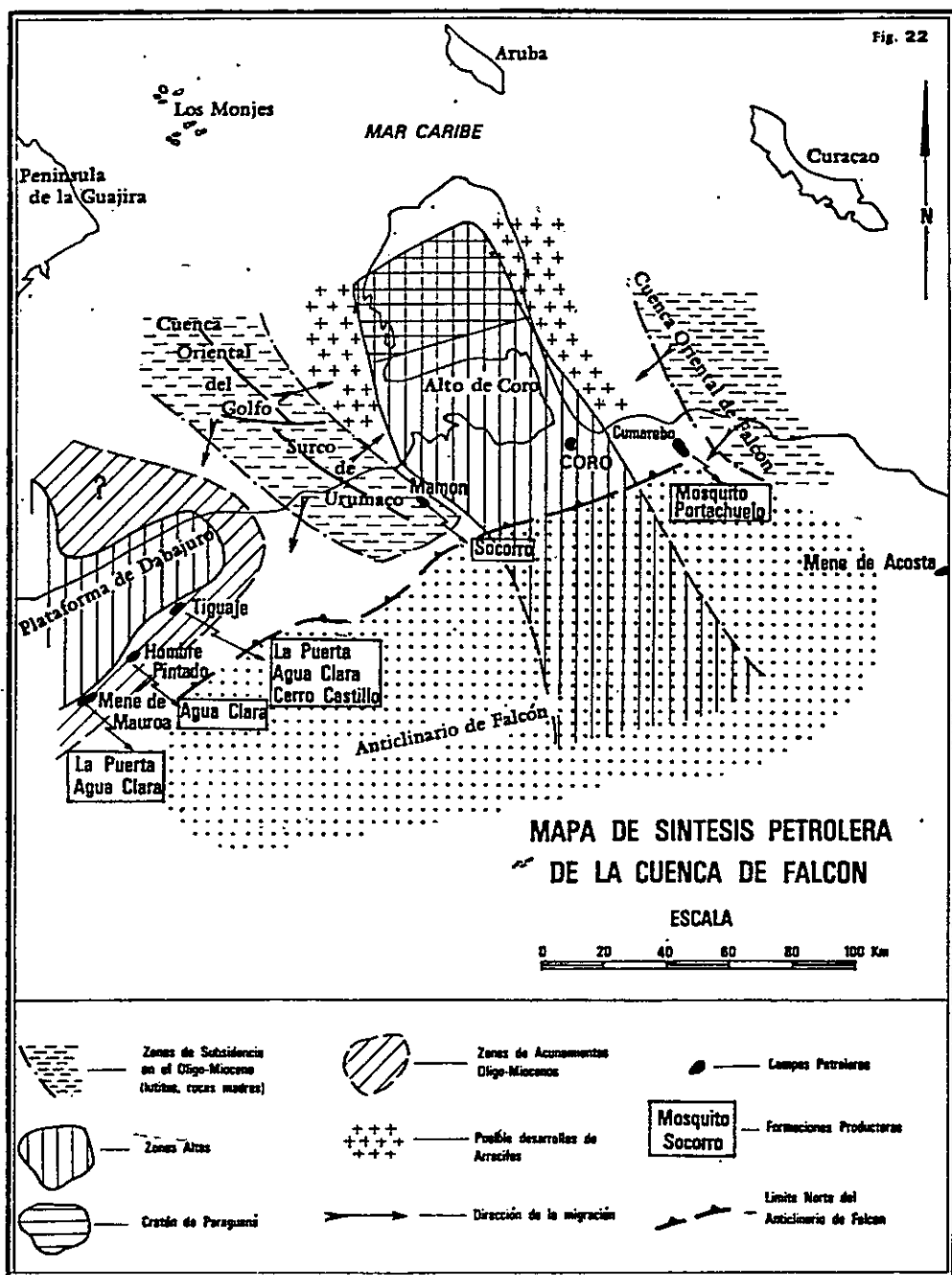
14.2 OLIGO/MIOCENO - PLIO/PLEISTOCENO

Como se deduce de la historia geológica, la evolución de la Cuenca de Falcón desde el punto de vista petrolero (Fig. 22) es diferente de la que se puede reconstruir para las Cuencas de Maracaibo y de Barinas. Los rasgos esenciales que influyeron esta evolución son:

- a) Existen rocas madres en varias formaciones marinas de la secuencia estratigráfica post-eocena; Pecaya (Oligoceno), Agua Clara (Mioceno inferior), Querales (Mioceno inferior), Socorro-Caujarao (Mioceno inferior o medio), y sus equivalentes al este (Mosquito-Portachuelo). La intensa y rápida subsidencia activa en la cuenca causó la generación y migración primaria poco después de la sedimentación.
- b) Las arenas de esta secuencia se depositaron de modo muy irregular. Su gran lenticularidad impide las migraciones a distancia como las contempladas para ciertos horizontes en las Cuencas de Barinas y Maracaibo.
- c) Un tectonismo intenso afecta la cuenca durante el Mioceno superior y sobre todo en el Plioceno. La parte central de la cuenca se caracteriza por largos pliegues, a menudos agudos, cuya dirección general sigue la del Arco Falconiano, con capas del Oligoceno expuestas en los ejes anticlinales. Los bordes del canal, hacia la Plataforma de Dabajuro y los flancos oeste y este del Alto de Coro, contienen pequeñas estructuras falladas, con pendientes elevadas y áreas cerradas reducidas. Este tectonismo es muy diferente al del Eoceno superior que originó los yacimientos en el Lago.

La relativa pobreza petrolera de la Cuenca de Falcón se debe a estos dos últimos hechos. Es difícil estudiar la evolución petrolera de la cuenca en su totalidad, o a escala regional; en contraste con las Cuencas de Barinas y Maracaibo, es más conveniente considerar los problemas desde un punto de vista local.

La historia petrolera de la cuenca en el Mioceno-Plioceno-Pleistoceno puede resumirse como sigue:



- a) Probablemente durante el período de transición del Oligoceno al Mioceno, hay formación y recolección de petróleo en las interdigitaciones de las lutitas marinas de Pecaya, y las arenas y conglomerados que componen la facies marginal de Cerro Castillo. Los acúñamientos de capas de estas formaciones contra el borde de la Plataforma de Dabajuro suministran teóricamente trampas estratigráficas favorables, posiblemente alimentadas por el Eoceno subyacente. En efecto, se han encontrado indicios en las areniscas de la Formación Castillo, que han producido en los pequeños anticlinales de Las Palmas y Tiguaje.
 - b) Las arcillas de la Formación Agua Clara (Mioceno inferior) constituyen las rocas madres principales de los yacimientos de Buchivacoa, zona marginal de la Plataforma de Dabajuro (G. W. HALSE, 1947). En el yacimiento de Mene de Mauroa, los lentes saturados con petróleo de la Formación Agua Clara están truncados por la discordancia en la base de la Formación La Puerta, o aislados a profundidades mayores sin ser afectados por la erosión. Las areniscas basales de La Puerta también producen petróleo. Puede decirse, pues, que para la mayor parte de las acumulaciones conocidas en la región, el entrapamiento se ha efectuado durante el Mioceno superior o quizás el Plioceno.
- A pesar del importante papel desempeñado por el factor estratigráfico, el elemento estructural es primordial, ya que los yacimientos se localizan sobre anticlinales eocenos rejuvenecidos en el Mioceno inferior y medio, en la zona intensamente truncada y plegada que limita el borde sur del bloque estable de Dabajuro.
- c) La ausencia de recipientes arenosos en la Formación Agua Clara restringe su interés petrolero en Falcón oriental, es decir, al este del Alto de Coro, donde por el contrario, los sedimentos lutítico-arenosos de Mosquito y Portachuelo (Mioceno inferior a medio) suministran una producción importante, restringida al yacimiento de Cumarebo. Es importante notar que al este del yacimiento mencionado, el Mioceno se vuelve arcilloso a corta distancia, y el campo está situado en una zona estrecha y privilegiada de cambio de facies. Así pues, queda demostrado el origen del petróleo de Cumarebo en las lutitas fosilíferas de Mosquito-Portachuelo, particularmente las que bordean el anticlinal (A. L. PAYNE, 1951). La migración ocurrió al final del Mioceno, o quizás a principios del Plioceno.
 - d) El yacimiento de Mamón, de tamaño pequeño, situado en el Surco de Urumaco, producía lentes arenosos de la Formación Socorro y está agotado.

15. CONCLUSIONES

La consideración de la historia paleogeográfica del Occidente de Venezuela condujo a la idea de que la distribución de las provincias sedimentarias se relaciona estrechamente con la dinámica de las cuencas, en especial con los fenómenos de subsidencia y basculamientos. A continuación, se resumen los hechos paleogeográficos más importantes:

- a) El cratón meridional de Guayana suministró casi permanentemente gran parte del material clástico de la columna sedimentaria Cretáceo-Eoceno de la Plataforma Maracaibo-Barinas. A partir del Paleoceno se postula la existencia de una fuente adicional situada al oeste de la región, hacia Colombia.
- b) Los surcos de Táchira y Trujillo, separados por el Arco de Mérida, son un rasgo paleogeográfico del Cretáceo. Dicho arco y su prolongación hacia la Plataforma de Maracaibo permanecen hasta el final del Eoceno medio, y fueron particularmente afectados por las epirogénesis post-Paleoceno y post-Eoceno y la erosión asociada.
- c) Resalta el papel importante de la Plataforma de Barbacoas en la distribución de las tectofacies durante el Paleoceno y Eoceno.
- d) Las flexiones de la Costa del Distrito Bolívar y de Siquisique limitan la subsidencia Paleoceno-Eoceno del Surco de Carora-Barquisimeto (facies geosinclinal). La inversión de estas flexiones durante el Oligo-Mioceno se asocia con el hundimiento de la Plataforma de Maracaibo y el Canal de Falcón.
- e) La separación de la Plataforma Maracaibo-Barinas en dos cuencas se debe al levantamiento de Los Andes de Mérida a partir de la fase tectónica post-eocena, que alcanzó su paroxismo durante la orogénesis miopliocena. Este fenómeno está acompañado por el desarrollo de dos antefosas al pie de Los Andes.

La historia geológica petrolera de las Cuencas de Barinas y de Maracaibo muestra que, además de la distribución de rocas madres y de almacenes, los fenómenos de migración y entrapamiento de hidrocarburos resultaron también de la existencia y evolución de ciertos rasgos paleogeográficos. Los puntos más importantes de esta historia geológica petrolera son los siguientes:

- a) Existen varias hipótesis acerca del origen del petróleo en las cuencas de Maracaibo y Barinas. Se ha visto que una fuente múltiple (Cretáceo, Eoceno) corresponde a los rasgos tanto regionales como locales. La posible génesis del petróleo mioceno del Distrito Bolívar sigue en discusión. Es necesario destacar el papel de los sedimentos cretáceos marinos que cubrieron la mayor parte de la Cuenca de Maracaibo, Los Andes y posiblemente parte de Falcón y del Golfo, formando un manto casi uniforme de rocas madres de excelente calidad.
- b) A partir del Paleoceno y aun del Cretáceo Superior, existe una verdadera historia petrolera continua en las Cuencas de Maracaibo y Barinas. La formación de las trampas resulta de tres fases tectónicas: las epirogénesis post-Paleoceno y Eoceno superior y la orogénesis y epirogénesis del Mioplioceno. Las acumulaciones del Lago son resultado de una trampa estratigráfica regional inicial con redistribución ulterior, y de una trampa estratigráfica posterior en el Mioceno. Las discordancias desempeñan así un papel principal en la geología petrolera de estas regiones.

- c) El Eoceno superior es el período sobresaliente en la historia petrolera. En la Cuenca de Barinas se produce una migración procedente del norte y una acumulación en las trampas más antiguas, cuya configuración estructural se acentúa durante esta época. En la Cuenca de Maracaibo se desarrollan las estructuras principales, tales como los yacimientos en las rocas del Cretáceo, y continúa la migración desde la parte más profunda y lutítica de la cuenca.
- d) Las provincias petroleras se asocian estrechamente con bloques o plataformas:

El bloque Cretáceo del Lago de Maracaibo, rodeado por surcos, favorece el desarrollo de facies calcáreas de plataforma en las cuales se encuentran los yacimientos cretáceos del Distrito Mara y del centro del Lago.

Sobre el Arco de Mérida se forman, a partir del Paleoceno, las trampas de la Cuenca de Barinas.

La plataforma eocena, en la cual se han desarrollado los grandes yacimientos del Lago, situados entre la prolongación del Arco de Mérida y la flexión costanera del Distrito Bolívar.

En los bordes de la Plataforma de Dabajuro y el Alto de Coro se han desarrollado las facies arcilloso-arenosas productoras de Agua Clara (Mene de Mauroa) y de Mosquito-Portachuelo (Cumarebo) respectivamente.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUERREVERE, S. E. (1938) *Contribución al estudio de la cuenca sedimentaria Zulía-Falcón*. Bol. Geol. y Min., Caracas, Tomo II, Nos. 2, 3 y 4.
- ARNOLD, H. C. (1961) *The Pre-Cretaceous geology of the Venezuelan Andes*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 50, N° 11, p. 2366-2386.
- ASOCIACION VENEZOLANA DE GEOLOGIA, MINERIA Y PETROLEO (1964) *Guidebook to the geology of Western Táchira*. Field trip of October 24, 25 and 26, 1964.
- BARR, K. W. (1963) *The structural framework of the Caribbean region*. Tulsa Geological Society Digest, Vol. 31, p. 75-102.
- BELLIZZIA, A. y RODRIGUEZ, D. (1967) *Guía de la excursión a la región de Duaca-Barquisimeto-Bobare*. Bol. Geol., Caracas, Vol. VIII, N° 16, p. 289-309.
- (1968) *Consideraciones sobre la estratigrafía de los Estados Lara, Yaracuy, Cojedes y Carabobo*. Bol. Geol., Caracas, Vol. IX, N° 18, p. 515-563.
- BERTAGNE, R. C. (1963) *Some aspects of the tectonics of the Maracaibo Block, Venezuela*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 6, N° 8, p. 235-260.

- BLOW, W. H. (1959) *Age, correlation and biostratigraphy of the Upper Tocuyo (San Lorenzo) and Pozon Formations, Eastern Falcón, Venezuela*. Bull. Am. Paleont., Vol. 39, N° 178, p. 67-251.
- BOLLI, H. M. (1959) *Planktonic foraminifera as index fossils in Trinidad, West Indies and their value for world-wide stratigraphic correlation*. Eclog. Geol. Helv., Vol. 52, N° 2, p. 627-637.
- BORGER, H. D. y LENERT, E. F. (1959) *The geology and development of the Bolívar Coastal Field at Maracaibo, Venezuela*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 2, N° 9, p. 236-256.
- BRENNEMAN, M. C. (1960) *Estudio químico de los petróleos crudos de la Cuenca de Maracaibo*. III Cong. Geol. Venez., Caracas, 1959, Mem., Tomo III, p. 1025-1069.
- BRONDIJK, J. F. (1967) *The Misoa and Trujillo formations*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 10, N° 1, p. 3-19.
- (1967) *Formaciones del Eoceno en la parte suroccidental de la Cuenca de Maracaibo*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 10, N° 2, p. 35-50.
- y WALTON, W. M. (1967) *Contributions of the A.V.G.M.P. Maracaibo Basin Eocene Nomenclature Committee. Explanatory diagrams and regional correlation chart*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 10, N° 6, p. 181-187.
- BUSHMAN, J. R. (1959) *Geology of the Barquisimeto area. A summary report*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 2, N° 4, p. 65-84.
- (1965) *Geología del área de Barquisimeto, Venezuela*. Bol. Geol., Caracas, Vol. VI, N° 11, p. 3-111.
- (1967) *Geología de la región entre Agua Blanca y San Carlos, Venezuela*. Bol. Geol., Caracas, Vol. VIII, N° 16, p. 311-336.
- CHRIST, P. (1927) *La coupe géologique le long du chemin de Mucuchachí a Santa Bárbara dans les Andes Vénézuéliennes*. Eclog. Geol. Helv., Vol. 20, N° 3, p. 397-414. Revisión por C. M. Zimmerman en: Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull. Vol. 12, N° 11, p. 1123-1125.
- CHRISTENSEN, A. D. (1962) *Silvestre Oil Field*. Primer Congreso Venezolano de Petróleo.
- CORONEL, G. (1967) *A geological outline of the Gulf of Venezuela*. VII World Petroleum Congress (Mexico), Proceedings.
- y RENZ, O. (1960) *Estudios submarinos del noroeste de Barquisimeto, Estado Lara*. III Cong. Geol. Venez., Caracas, 1959, Mem., Tomo II, p. 743-757.
- CORRIE, R. D. (1960) *Resumen descriptivo del Post-Eoceno, Bloques I y II de la Compañía Shell de Venezuela en el Lago de Maracaibo*. III Cong. Geol. Venez., Caracas, 1959, Mem., Tomo IV, p. 1441-1451.
- DUFOUR, T. (1955) *Some oil geological characteristics of Venezuela*. IV Petroleum World Congress (Roma), Proceedings, Section I.

- ENGLEMAN, R. (1935) *Geology of Venezuelan Andes*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 19, N° 6, p. 769-792.
- EVANOFF, J., ZOZAYA, D., ALCANTARA, C y FERNANDEZ, J. C. (1957) *Arcillas blancas en el Estado Lara*. Bol. Geol., Caracas, Vol. IV, N° 9, p. 83-94.
- , BUSHMAN, J. R. y ARAUJO, E. (1959) *Bloques de rocas antiguas incrustados en sedimentos del Terciario Inferior en la Cuenca de Lara*. Bol. Geol., Caracas, Vol. V, N° 10, p. 67-80.
- FLANDRIN, J. (1956) *Le petrole au Venezuela*. Revue de l'Institut Francais du Pétrole et Annales des Combustibles Liquides, Vol. 11, N° 3, p. 291-325.
- FORD, A. y HOUBOLT, J. (1963) *Las microfases del Cretáceo de Venezuela occidental*. International Sedimentary Petrographical Series, Vol. 6.
- FURRER, M. A. (1967) *El ambiente deposicional de la Formación Mene Grande*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 10, N° 7, p. 193-197.
- GAENSLEN, G. (1962) *A discussion of the Cretaceous stratigraphy of the south-west Barinas mountain front* (Nota Técnica). Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 5, N° 3, p. 65-74.
- GAMERO, G. y GAMERO, L. de (1963) *Estudio de una sección de referencia de las formaciones Cerro Pelado y Socorro en la región de El Saladillo, Edo. Falcón*. Geos., Univ. Centr. Venez., N° 9, p. 7-44.
- GONZALEZ DE JUANA, C. (1937) *Geología general y estratigráfica de la región de Cumarebo, Edo. Falcón*. Bol. Geol. y Min., Caracas, Vol. 1, Nos. 2-4, p. 197-217.
- (1938) *Contribución al estudio de la cuenca sedimentaria Zulía-Falcón*. Bol. Geol. y Min., Caracas, Vol. 2, Nos. 2-4, p. 123-128.
- (1951) *Introducción al estudio de la geología de Venezuela*. Bol. Geol., Caracas, Vol. 1, Nos. 1, 2 y 3.
- y RODRIGUEZ, L. P. (1951) *Fundamental geological characteristics of the Venezuelan oil basins*. III World Petroleum Congress (La Haya), Proceedings, Section I.
- GORTER, N. E. y VAN DER VLERK, I. M. (1932) *Larger foraminifera from central Falcón (Venezuela)*. Leidsche Geol. Mededeel, Vol. 4, N° 2, p. 94-122.
- GUEVARA, E. H. (1967) *Las formaciones Santa Rita, Jarillal y La Victoria*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 10, N° 2, p. 51-69.
- HABICHT, K. (1960) *La sección de El Baño, Serranía de Trujillo (Estado Lara)*. III Cong. Geol. Venez., Caracas, 1959, Mem., Tomo I, p. 192-207.
- HALSE, G. W. (1937) *Oil fields of West Buchivacoa, Venezuela*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 31, N° 8, p. 1238-1244.
- (1937) *La estratigrafía del occidente del Distrito Buchivacoa, Edo. Falcón, Venezuela*. Bol. Geol. y Min., Caracas, Vol. I, Nos. 2-4, p. 183-193.

- (1961) *Correlation of geologic formations in Venezuela*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 4-6, p. 199-203.
- RENZ, O. (1959) *Estratigrafía del Cretáceo en Venezuela occidental*. Bol. Geol., Caracas, Vol. 5, N° 10, p. 3-48.
- (1960) *Geología de la parte sureste de la Península de la Guajira (República de Colombia)*. III Cong. Geol. Venez., Caracas, 1959, Mem., Tomo I, p. 317-347.
- ROD, E. (1959) *Formación Capacho en Trujillo septentrional y en Lara suroccidental*. Bol. Geol., Caracas, Vol. 5, N° 10, p. 49-66.
- y MAYNC, W. (1954) *Revision of Lower Cretaceous stratigraphy of Venezuela*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 38, N° 2, p. 193-283.
- ROLLINS, J. F. (1965) *Stratigraphy and structure of the Guajira Peninsula, Northwestern Venezuela and Northeastern Colombia*. University of Nebraska, New Series, N° 30.
- RUBIO, F. E. (1960) *Condiciones de las acumulaciones de petróleo en los Campos Costaneros del Distrito Bolívar, Lago de Maracaibo*. III Cong. Geol. Venez., Caracas, 1959, Mem., Tomo III, p. 1009-1023.
- SALVADOR, A. y HOTZ, E. F. (1963) *Petroleum occurrence in the Cretaceous of Venezuela*. VI World Petroleum Congress (Frankfurt/Main), Proceedings, Section I.
- SCHAUB, H. P. (1958) *Outline of sedimentation in Maracaibo Basin, Venezuela*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 32, N° 2, p. 215-227.
- SENN, A. (1940) *Paleocene of Barbados and its bearing on history and structure of the Antillean-Caribbean Region*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 24, N° 9, p. 1548-1610.
- SIEVERS, W. (1888) *Die Cordillera Von Mérida nebst Bemerkungen über das Karibische Gebirge*. Geogr. Abhandl. (Penck), Vol. 3, N° 1, p. 238.
- SMITH, J. E. (1951) *The Cretaceous limestone-producing areas of the Mara and Maracaibo District, Venezuela*. III World Petr. Cong. (La Haya), Proceedings, 1951.
- SMITH, W. R. y ARNOLD, H. C. (1964) *Paleozoic rocks of Mérida Andes, Venezuela*. Am. Assoc. Petr. Geol., Bull., Vol. 48, N° 1, p. 70-84.
- SOC. GEOLOGICA DE VENEZUELA OCCIDENTAL (1960) *Guidebook to the geology of Toas, San Carlos and Zapara Islands, Dto. Mara, Edo. Zulia*.
- *Guidebook to the geology of northeastern Trujillo, Field Trip of October 7-8, 1961*.
- SOCIEDAD VENEZOLANA DE INGENIEROS DE PETROLEO (1963) *Aspectos de la industria petrolera en Venezuela*. Primer Congreso Venezolano de Petróleo, 1962.
- STAFF OF CARIBBEAN PETROLEUM COMPANY (1948) *Oilfields of Royal Dutch-Shell Group in Western Venezuela*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 32, N° 4, p. 517-628.

- STAINFORTH, R. M. (1959) *Estado actual de las correlaciones transatlánticas del Oligo-Mioceno por medio de foraminíferos planktónicos*. III Cong. Geol. Venez., Caracas, 1959, Mem., Tomo 1, p. 382-400.
- (1966) *Contribuciones del Comité de la A.V.G.M.P. sobre Nomenclatura del Eoceno en la Cuenca de Maracaibo*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 9, N° 12.
- (1968) *El desarrollo de la terminología estratigráfica en el Estado Lara*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 11, N° 9, p. 243.
- STEPHENSON, M. (1951) *The Cretaceous limestone-producing areas of the Mara and Maracaibo Districts, Venezuela: Reservoir and Production Engineering*. III World Petroleum Congress (La Haya), Proceedings, Section II.
- SUTER, H. H. (1947) *El Mene de Acosta field, Falcón, Venezuela*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 31, N° 12, p. 2193-2206.
- SUTTON, F. A. (1946) *Geology of Maracaibo Basin, Venezuela*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 30/1, p. 1631-1741.
- TASH, G. E. (1937) *Stratigraphy and paleontology of Mene Grande and vicinity*. Bol. Geol. y Min., Caracas, Vol. I, Nos. 2-4, p. 157-172.
- TERCER CONGRESO GEOLOGICO VENEZOLANO (1960) *Guías de las excursiones C6-C7-C8-C9*. III Cong. Geol. Venez., Caracas, 1959, Mem., Tomo I.
- VAN ANDEL, T. H. (1958) *Origin and classification of Cretaceous, Paleocene and Eocene sandstones of Western Venezuela*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 42, N° 4, p. 734-763.
- VARIOS AUTORES (1963) *Symposium on petroleum geology of South America*. Tulsa Geological Society Digest, Vol. 31, p. 73-239.
- VON DER OSTEN, E. y ZOZAYA, D. (1957) *Geología de la parte suroeste del Estado Lara, región de Quibor (Carta 2308)*. Bol. Geol., Caracas, Vol. IV, N° 9, p. 3-52.
- (1966) *The stratigraphy of Sinco Field*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 9, N° 9, p. 253-272.
- WALTON, W. M. (1966) *The Pauji and Mene Grande formations*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 9, N° 12, p. 325-339.
- (1967) *The informal units of the subsurface Eocene*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 10, N° 1, p. 21-30.
- WHEELER, C. B. (1963) *Oligocene and Lower Miocene stratigraphy of western and northeastern Falcon Basin, Venezuela*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 47, N° 1, p. 35-68.
- WIEDENMAYER, C. (1937) *Informe geológico sobre los depósitos carboníferos de Coro, Distrito Miranda, Edo. Falcón*. Bol. Geol. y Min., Caracas, Tomo I, N° 1, p. 65-81.
- YOUNG, G. A. (1958) *Correlación de formaciones Oligo-Miocenas en los Dis-*

tritos de Urdaneta y Perijá, Edo. Zulia. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 1, N° 4, p. 117-135.

———— (1961) *Problems of Eocene correlation in Lake Maracaibo, Venezuela*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inf., Vol. 4-8, p. 231-255.

———— *et al.* (1956) *Geología de las cuencas sedimentarias de Venezuela y de sus campos petrolíferos*. Bol. de Geol., Caracas, Publicación Especial N° 2, 140 p.