

Marco tectonoestratigráfico y paleogeografía de la Cuenca de Maracaibo y áreas vecinas durante el Paleógeno¹

Pieter Pestman², Santosh Ghosh³, Luis Meléndez⁴ y María Antonieta Lorente⁵

¹ Contribución al Proyecto IGCP 301 "Paleógeno de América del Sur"

² P&G Consultores/Maraven S.A., Caracas, Venezuela <pipestman@etheron.net>

³ Ghosh Consultor/PDVSA E&P, Caracas, Venezuela <ghosh@telcel.net.ve>

⁴ Geocron Consultores/Maraven S.A., Caracas, Venezuela

⁵ Servicios Geológicos Especializados, PDVSA E&P, Caracas, Venezuela <lorenper@sa.omnes.net>

Resumen

Un estudio integrado de la sedimentación y la actividad tectónica paleógena en la Cuenca de Maracaibo, basado en sísmica, bio/litoestratigrafía y sedimentología, permitió entender mejor su desarrollo y afinar los modelos del sistema petrolífero.

Al fin del Cretácico, compresión entre la placa de Nazca y Sudamérica causó: 1) el levantamiento de la Cordillera Central colombiana, en cuyo flanco este se formó la cuenca de antepaís de Orocué, donde se depositó una molasa paleocena; y 2) el desplazamiento hacia el este la placa del Caribe. Desde el Paleoceno Tardío, la colisión oblicua de esta placa con Sudamérica causó el emplazamiento de la Napa de Lara al este-noreste de la Cuenca de Maracaibo, donde se desarrolló el depocentro de Trujillo, que se llenó de sedimentos turbidíticos. Entre ambos depocentros quedó ubicada la plataforma de Maracaibo donde, entre el Eoceno Temprano y Medio, se desarrolló un sistema clástico progradante de suroeste a noreste. Una fase compresiva en el Eoceno Medio causó el desarrollo de la discordancia intraeocena SB44. Después de 42,5 Ma, ocurrió una importante transgresión marina. En el oeste de la cuenca se establecieron condiciones parálicas, y en el este se acumularon sedimentos marinos profundos.

Durante el Oligoceno, la subsidencia continuó en la cuenca de antepaís de Orocué así como en Zulia nororiental y Falcón, asociada aquí a la transcurriencia de la Falla de Oca. Más tarde, la orogénesis andina resultó en inversión y erosión parcial de la sección paleógena.

Diferencias entre las cuencas de Maracaibo y Los Llanos incluyen la edad de las formaciones Mirador, Carbonera y León (debido a una retrogradación de facies) y la edad de la principal fase de erosión paleógena.

Palabras clave: Venezuela, Colombia, Cuenca de Maracaibo, Paleógeno, estratigrafía, paleogeografía, tectonismo.

Abstract

A study of Paleogene sedimentation and tectonic activity of the Maracaibo Basin, based on the integration of seismic, bio/lithostratigraphy and sedimentology, permitted to gain a better understanding of the development of the basin and to refine the models of the petroleum system.

At the end of the Cretaceous, compression between the Nazca plate and South America caused: 1) uplift of the Central Cordillera in Colombia and concomitant formation, east of it, of the Orocué foreland basin, in which Paleocene molasse deposited; and 2) eastward movement of the Caribbean plate. From the Late Paleocene onward, oblique collision of this plate with South America resulted in the emplacement of the Lara Nappe to the northeast of the Maracaibo Basin, causing the development of the Trujillo depocentre which was filled with turbiditic deposits. On the Maracaibo platform, located between the two depocentres, a northeastward prograding clastic system developed. A compressive phase in the Middle Eocene caused the development of the SB44 intra-Eocene unconformity. After 42.5 Ma, an important marine transgression took place. In the western part of the basin, paralic conditions prevailed, whereas in the east deep marine sediments were deposited.

During the Oligocene, subsidence continued in the Orocué foreland basin as well as in northeastern Zulia and Falcón, related here to transcurrent along the Oca fault. Finally, the Andean orogeny resulted in inversion and partial erosion of the Paleocene section.

Differences between the Maracaibo and Los Llanos basins include the ages of the Mirador, Carbonera and León formations (due to backstepping of facies) and the age of the main phase of Paleogene erosion.

Keywords: Venezuela, Colombia, Maracaibo Basin, Paleogene, stratigraphy, paleogeography, tectonism.

Juana et al. (1980), Lugo y Mann (1995) y Parnaud et al. (1995).

Introducción

La Cuenca de Maracaibo es una de las más prolíficas cuencas petrolíferas a nivel mundial. Se encuentra mayormente en el noroeste de Venezuela (Fig. 1). La porción suroccidental de la cuenca, que se encuentra en territorio colombiano, ha sido denominada

El propósito del presente trabajo es presentar, conjuntamente, los marcos tectónico y paleogeográfico de la Cuenca de Maracaibo y sus alrededores durante el Paleógeno. Esto permite entender mejor el desarrollo de la cuenca y afinar los modelos de generación, migración y entrampamiento de hidrocarburos.

Este trabajo está basado en gran parte en un estudio regional de la Cuenca de Maracaibo, realizado por Maraven, S.A. (Zambrano et al. 1995). El objetivo del estudio fue establecer el marco tectono-estratigráfico de la cuenca e identificar oportunidades de exploración, con un énfasis en el Eoceno. Se estableció el marco tectono-estratigráfico detallado del Eoceno mediante la combinación de transectos sísmicos y de pozos, información bioestratigráfica (Lorente et al. 1995 y 1997) y datos sedimentológicos, utilizando la metodología del análisis estratigráfico secuencial. Resultados parciales del estudio han sido publicados por Pestman et al. (1994 y 1996), Meléndez et al. (1996) y Ghosh et al. (1997a).

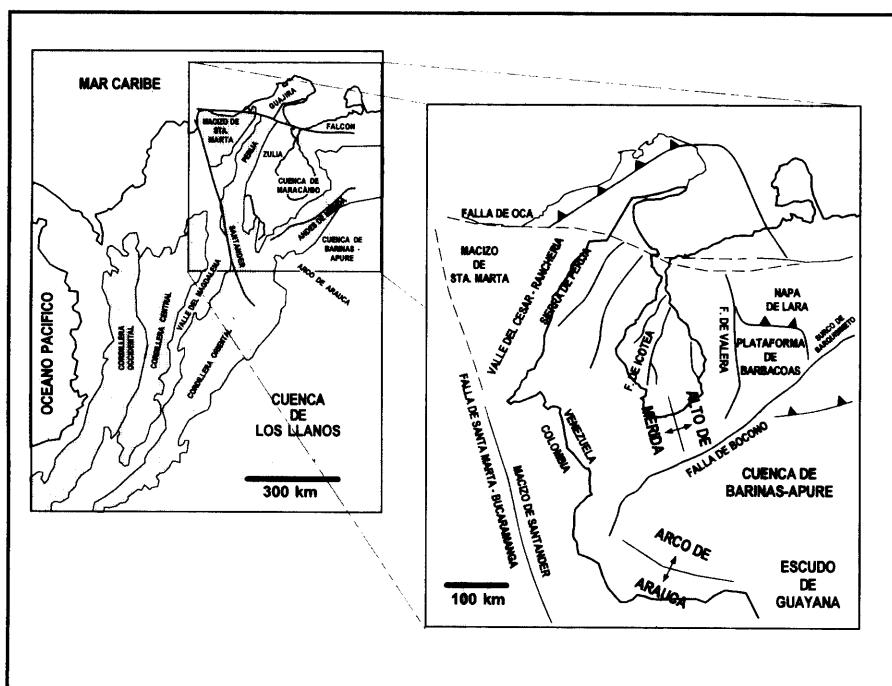


Figura 1.
Mapa de ubicación

“Cuenca del Catatumbo” aunque geológicamente no está separada de la Cuenca de Maracaibo (Kiser 1992). Los límites de la cuenca son la falla de Oca en el norte, la Serranía de Trujillo en el este, los Andes de Mérida en el sureste, y las serranías de Perijá y Los Motilones en el oeste. La Cuenca de Maracaibo, tal como se conoce hoy, empezó a existir en el Mioceno, cuando ocurrió el levantamiento de las mencionadas cadenas montañosas. Anteriormente, la cuenca era parte de una gran cuenca que abarcó el área entre la Cordillera Central colombiana al oeste, el arco de El Baúl al este y el Escudo de Guayana al sureste.

Trabajos regionales sobre la Cuenca de Maracaibo incluyen los de Zambrano et al. (1971), González de

Paleocene

Marco Tectónico

Tectónica de antepaís

El límite Cretácico-Paleoceno marca un cambio importante en el régimen tectónico del noroeste de Sudamérica. Mientras que, después de la formación de la Cordillera Central durante el Triásico-Jurásico, el Cretácico fue un período relativamente tranquilo, el Paleoceno se caracterizó por la orogénesis de la Cordillera Occidental de Colombia, la cual se formó debido a la acreción de un arco volcánico contra el margen occidental del cráton (Dengo y Covey 1993). También ocurrió levantamiento de la Cordillera Central

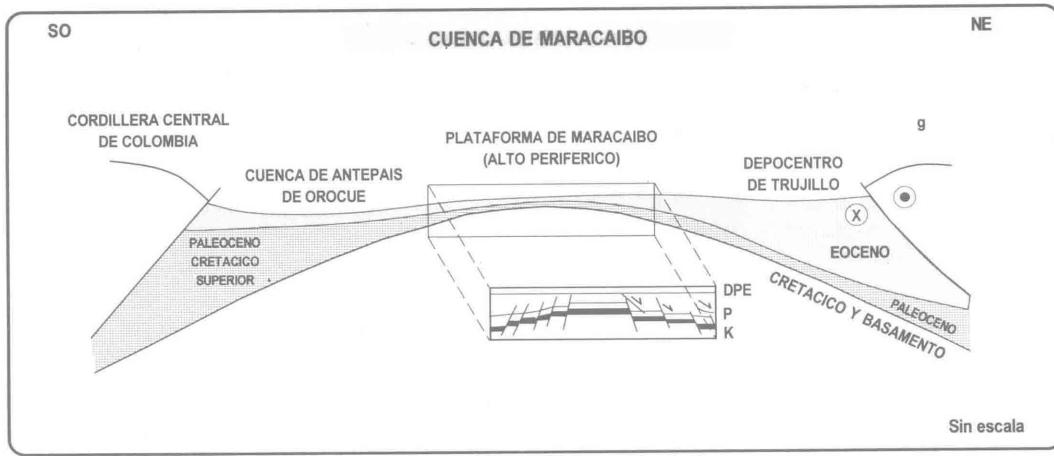


Figura 2.

Corte esquemático a través de la Cuenca de Maracaibo, mostrando la plataforma de Maracaibo, los dos depocentros, y el desarrollo de fallas extensionales en la plataforma. Véase figura 1 para la ubicación aproximada. Modificado de Meléndez et al. 1996.

preexistente, y se formó una cuenca de antepaís (“foreland basin”) al este de la misma. La cuenca se llenó principalmente de sedimentos molásicos conocidos, en el piedemonte llanero y la Cuenca de Maracaibo, como el Grupo Orocué. Por lo tanto, se propone utilizar el nombre “cuenca de Orocué” para designar esta cuenca de antepaís.

Parte de la cuenca de Orocué estuvo ubicada en el área de la Cuenca de Maracaibo, mientras que el depocentro se halló en territorio de la actual Colombia. El efecto estructural se visualiza en la figura 2 donde se observa la cuenca de antepaís de Orocué hacia el suroeste, así como, en el centro de la Cuenca de Maracaibo, una flexura con dirección NNO-SSE (Meléndez et al. 1996). Esta flexura, que pudiera ser considerada como un alto periférico, se discute más abajo.

Plataforma de Maracaibo

Al este de la cuenca de antepaís de Orocué, en la parte central y oriental de la Cuenca de Maracaibo, se desarrolló un área plataformal. Esta plataforma,

que ha persistido en el tiempo hasta el Oligoceno, se ha denominado “plataforma” de Maracaibo”.

Durante el Paleoceno Temprano, la plataforma de Maracaibo se caracterizó por una leve subsidencia, resultando en un espesor reducido de sedimentos: mientras que el espesor del relleno sedimentario de la cuenca de antepaís está en el orden de kilómetros, los depósitos plataformales tienen un espesor de no más de unos cientos de metros.

El Paleoceno Tardío está representado en la plataforma por un hiatus que abarca, aproximadamente,

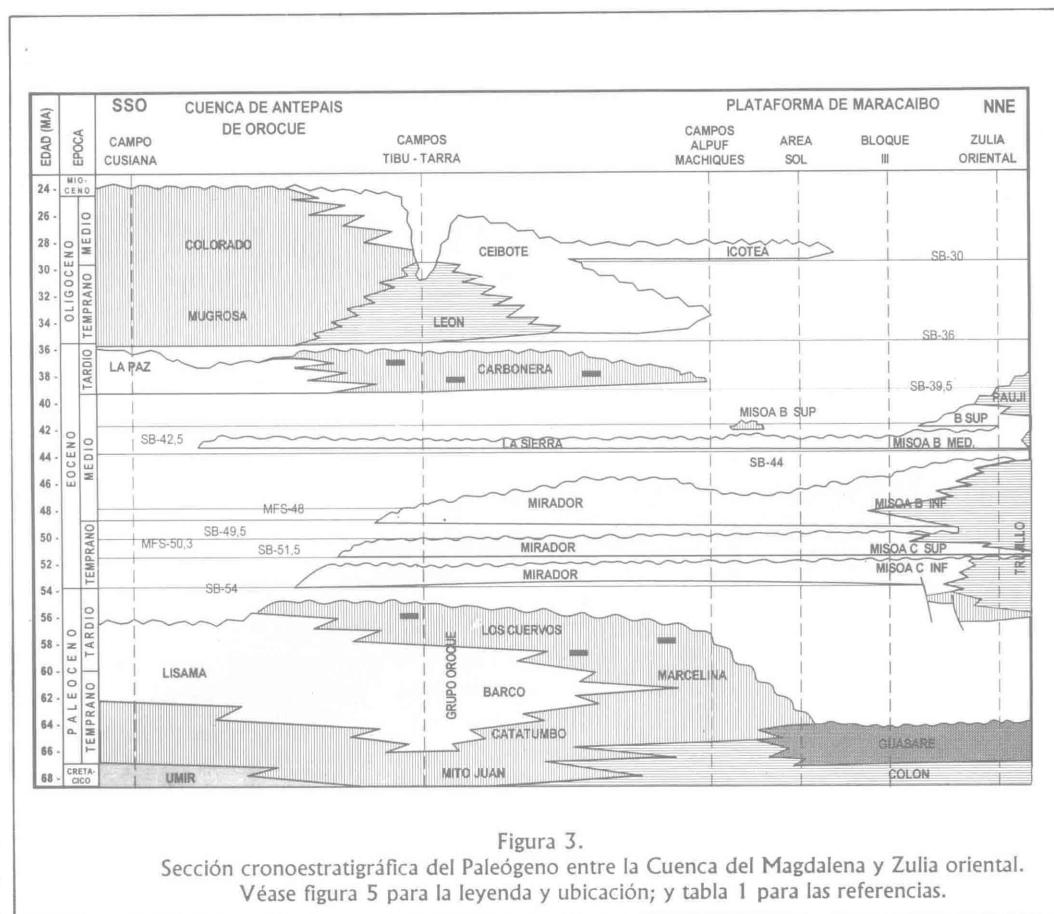


Figura 3.
Sección cronoestratigráfica del Paleoceno entre la Cuenca del Magdalena y Zulia oriental.
Véase figura 5 para la leyenda y ubicación; y tabla 1 para las referencias.

el intervalo desde 63 Ma hasta 54 Ma (Lorente et al. 1995 y 1997). Esto se debe a un ligero levantamiento de la plataforma, posiblemente causado por una flexión del alto periférico relacionada con el desarrollo de la cuenca de antepaís de Orocué.

Sedimentación y Paleogeografía

Marco lito-cronoestratigráfico

Las figuras 3 a 5 muestran el marco litocronoestratográfico de la Cuenca de Maracaibo y sus alrededores durante el Paleógeno. Se nota como, al oeste del actual Lago de Maracaibo y el Arco de Arauca, se depositó una sucesión sedimentaria que abarca la mayor parte del Paleoceno: el Grupo Orocué (que consiste de las formaciones Catatumbo, Barco y Los Cuervos) y sus equivalentes laterales, la Formación Lisama (Medio Magdalena) y la Formación Marcelina (Zulia noroccidental). En la plataforma de Maracaibo, sólo se depositó la Formación Guasare, en el Paleoceno Temprano. En las cuencas de Barinas-Apure y Los Llanos, no ocurrió sedimentación durante el Paleoceno.

Sedimentación y paleogeografía

La paleogeografía de la Cuenca de Maracaibo durante el Paleoceno Temprano se ilustra en figura 6.

Las áreas positivas de las Cordillera Central de Colombia y el Escudo de Guayana aportaron sedimentos clásticos a la cuenca de antepaís de Orocué. Esta sedimentación molásica fue continental, con la excepción de la Formación Catatumbo, la cual contiene localmente dinoflagelados marinos (Pocknall et al. 1996). En la parte central y oriental de la Cuenca de Maracaibo, el ambiente era plataformal, en una posición distal con respecto a las fuentes de la molasa de Orocué. La sedimentación era mixta deltaica-carbonática (Formación Guasare; Hernández et al. 1996). En el sureste de la cuenca, en los actuales Andes de Mérida, se depositaron las lutitas y areniscas fosilíferas de la Formación San Javier en un ambiente costero a marino plataformal (Ghosh y Odreman 1987). En Zulia oriental,

las calizas con moluscos típicas de la Formación Guasare pasan lateralmente a calizas con abundantes macroforaminíferos (Sutton 1946), indicando una profundización lateral de la plataforma de Maracaibo; estas calizas con foraminíferos se encuentran cerca de la Falla de Valera, la cual pudiera haber sido el límite este de la plataforma.

Sedimentos marinos profundos del Paleoceno Temprano se conocen sólo al sureste de la cuenca, donde las formaciones Valle Hondo y Ranchería representan la transición entre la plataforma de Barbacoas (mixta carbonática-clástica) y el talud. Más al este, en el Surco de Barquisimeto, se depositaron en este período las lutitas marinas profundas con olistolitos cretácicos de la Formación Barquisimeto.

En la Cuenca de los Llanos, la sedimentación paleocena tuvo el mismo carácter molásico que el descrito arriba.

Durante el Paleoceno Tardío, no ocurrió sedimentación (y, localmente, puede haber ocurrido erosión) en la plataforma de Maracaibo (Lorente 1995). En la cuenca de Orocué continuó la sedimentación. En el oriente de la Cuenca de Maracaibo empezó a ocurrir una fuerte profundización como consecuencia del emplazamiento de la Napa de Lara. Probablemente se inició ya la sedimentación turbidítica de la Formación Trujillo en esta depresión, aunque todavía no hay datos

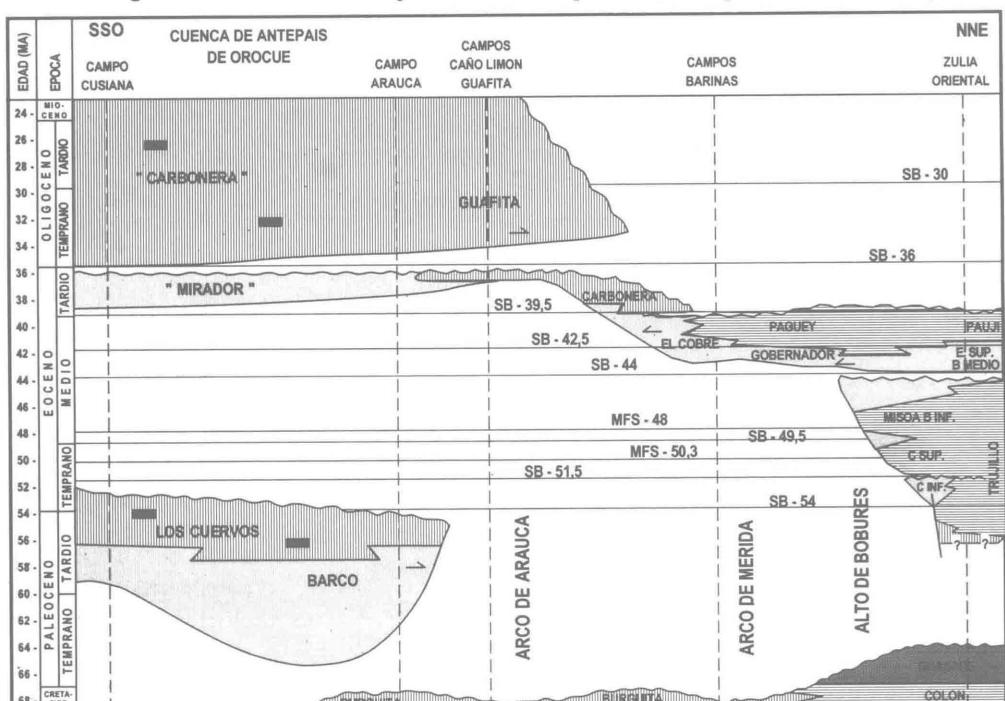


Figura 4.
Sección cronoestratigráfica del Paleógeno entre el Campo Cusiana y Zulia oriental. Véase figura 5 para la leyenda y ubicación; y tabla 1 para las referencias.

bioestratigráficos que indican una edad más vieja que

Eoceno Temprano para esta formación.

Eoceno Temprano-Medio (SB54-SB44)

Marco Tectónico

Emplazamiento de la Napa de Lara (Paleoceno - Eoceno)

A partir del Paleoceno Tardío, ocurrió el emplazamiento de la Napa de Lara al este de la Cuenca de Maracaibo (Figs. 1 y 7). Esta napa está relacionada genéticamente a la Cordillera Occidental de Colombia, la

modificada hacia el sureste por la presencia del Arco de Mérida (Lugo 1994).

Se asume que el límite occidental de la Napa de Lara coincide, en Falcón, con la Falla de Sabaneta o más probablemente la de Lagarto, y en Zulia oriental, con la Falla de Valera (Fig. 1; Pestman et al. 1996). Sólo al este de estas fallas se han reconocido secuencias alóctonas, mientras que al oeste de las fallas, los depósitos paleocenos son plataformales (Formación Guasare).

Stephan (1985) reconoció varias fases de emplazamiento de la Napa de Lara. En el Paleoceno Tardío se emplazó el cuerpo principal de la napa. En frente de la napa ocurrió deformación de estratos cretácicos

plataformales. La erosión de estos estratos proporcionó el material para los sedimentos marinos profundos tales como los de las unidades I y II de la Formación Matatere, depositadas en la antefosa que se formó al sur de la napa.

Alrededor del límite Paleoceno-Eoceno, ocurrió un corrimiento el cual desplazó hacia el sur los estratos cretácicos plataformales deformados.

Durante el Eoceno Medio (parte temprana-?media) se emplazó la Napa de Tinaco-Tinaquillo al este de la Napa de

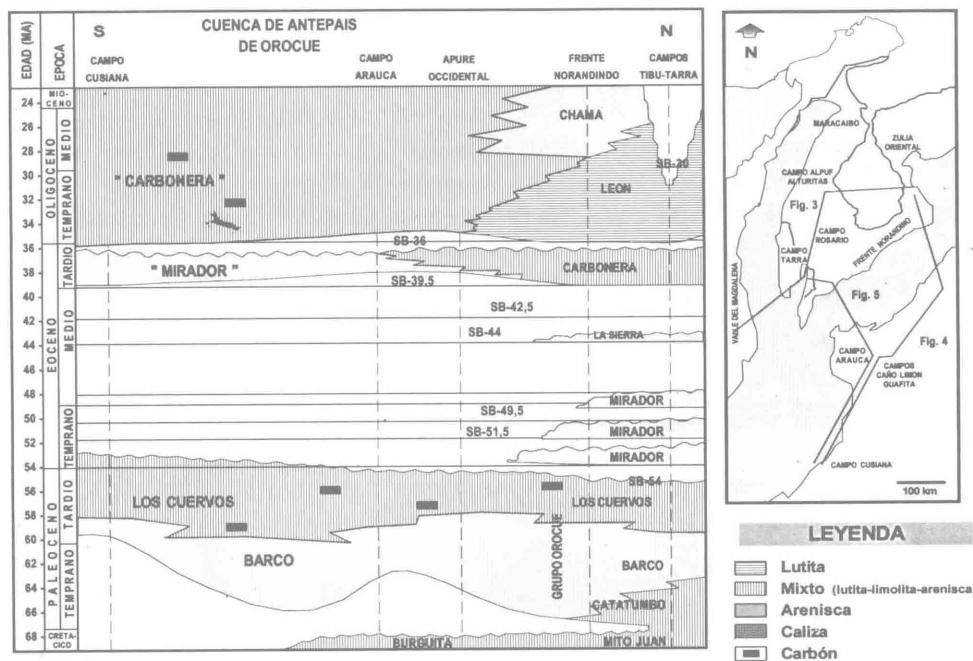


Fig. 5:
Sección cronoestratigráfica del Paleógeno entre el Campo Cusiana y los campos Tibú y Tarra. Véase tabla 1 para las referencias.

cual se formó debido a la colisión de placas oceánicas del Pacífico contra la Cordillera Central durante el Cretácico Tardío. Al norte de Colombia, las placas oceánicas no encontraron la resistencia de la Cordillera Central lo que les permitió seguir su desplazamiento hacia el este, así formando la placa del Caribe (Pindell y Barrett 1990). Aunque el movimiento de la placa del Caribe era, y todavía es, principalmente hacia el este, hubo varias fases de compresión entre la placa y el continente sudamericano. La primera de estas fases empezó en el Paleoceno, dando origen al emplazamiento de la Napa de Lara.

Es posible que inicialmente, la Napa de Lara se desplazó hacia el sur, y que esta trayectoria fue

Lara. Parte de esta sobrecorrió la Napa de Lara y formó la unidad de Siquisique (Fig. 8).

Hacia finales del Eoceno Medio, una nueva fase de compresión reactivó varios corrimientos y dio origen a un nuevo corrimiento frente a la Napa de Lara: el corrimiento de Carora-El Tocuyo (Fig. 8). Tanto el alóctono como la secuencia de la antefosa se desplazaron tectónicamente hacia el sur.

El emplazamiento de la Napa de Lara influyó profundamente a la Cuenca de Maracaibo. Las siguientes deformaciones se pueden relacionar directamente con el mismo (Figs. 2 y 8):

1. Formación de un depocentro en Zulia oriental y

- nororiental (Paleoceno Tardío-Eoceno Temprano);
- Flexión o reactivación del alto periférico (“peripheral bulge”) en la zona central de la cuenca;
 - Fallas normales con buzamiento hacia el NNE, así como fallas preexistentes reactivadas;
 - Compresión intraeocena, causando la discordancia de SB-44.

Depocentro en Zulia oriental

El depocentro en Zulia oriental persistió en el tiempo desde el Paleoceno Tardío hasta el Eoceno Medio tardío, de manera que se depositó una espesa secuencia eocena (Figs. 2 y 9). Cabe destacar que en el caso de este depocentro el uso del término “antefosa” o “cuenca de antepaís” no es correcto, puesto que se trata de una depresión a lo largo de la rampa lateral de la napa. La verdadera cuenca de antepaís se encontró al sur de la napa. Se propone referirse al depocentro en Zulia oriental como al “depocentro de Trujillo”, siendo la Formación Trujillo la unidad litoestratigráfica característica del área.

Alto periférico

El emplazamiento de la Napa de Lara causó un levantamiento por flexura (alto periférico) o la reactivación del alto periférico generado por la antefosa paleocena en varias áreas de la Cuenca de Maracaibo (Pindell y Barrett 1990; Meléndez et al. 1996). Aunque la forma y orientación de este alto no está segura (compárese Pindell y Barrett 1990 y Lugo 1994), el alto parece tener una orientación NO-SE (Fig. 1), pasando desde el Arco de Mérida (un alto de origen paleozoico) hasta el Alto de Palmar (un alto al oeste de Maracaibo, que se formó en el Paleoceno). El alto probablemente no fue continuo. En la parte occidental del Lago de Maracaibo (áreas Urdaneta y SOL), por ejemplo, no se ha detectado su presencia.

En el sur de la Cuenca de Maracaibo, el alto periférico coincide con el Arco de Mérida. La relación entre estos dos altos no está clara. El levantamiento descrito arriba pudiera ser interpretado como una reactivación del Arco de Mérida, lo que no necesariamente es igual a un alto periférico.

Fallas normales, transcurriencia

Como consecuencia de la flexión en el alto periférico, se desarrollaron una serie de fallas normales y lístricas sobre el mismo (Meléndez et al. 1996). Generalmente, los planos de estas fallas tienden a buzar hacia el norte-noreste, aunque hacia el suroeste del alto periférico, se han observado fallas normales en sentido opuesto (Bueno 1995, en Meléndez et al. 1996).

Al inicio del Eoceno Medio empezó a ocurrir transcurriencia a lo largo de fallas norte-sur tales como la Falla de Icotea. A lo largo de esta falla se han observado tanto transpresión (un bloque levantado en el Bloque I; Link et al. 1994) como transtensión (las fosas tectónicas, o sea “grábenes”, de Lama y Lago Centro; Arminio et al. 1994). El movimiento de la Falla de Icotea es sinestral, pero el desplazamiento transcurrente eoceno ha sido muy limitado (M. Link, com. pers. 1994).

Límites de secuencia eocenos

Se han identificado seis límites de secuencia de tercer orden en el Eoceno: SB54, SB51.5, SB49.5, SB44, SB42.5, SB39.5 y SB36 (Figs. 3 y 10). Localmente, estos límites de secuencia tienen el carácter de una discordancia angular. Esto indica que durante el Eoceno ocurrieron períodos de actividad tectónica.

Nótese que los números utilizados para

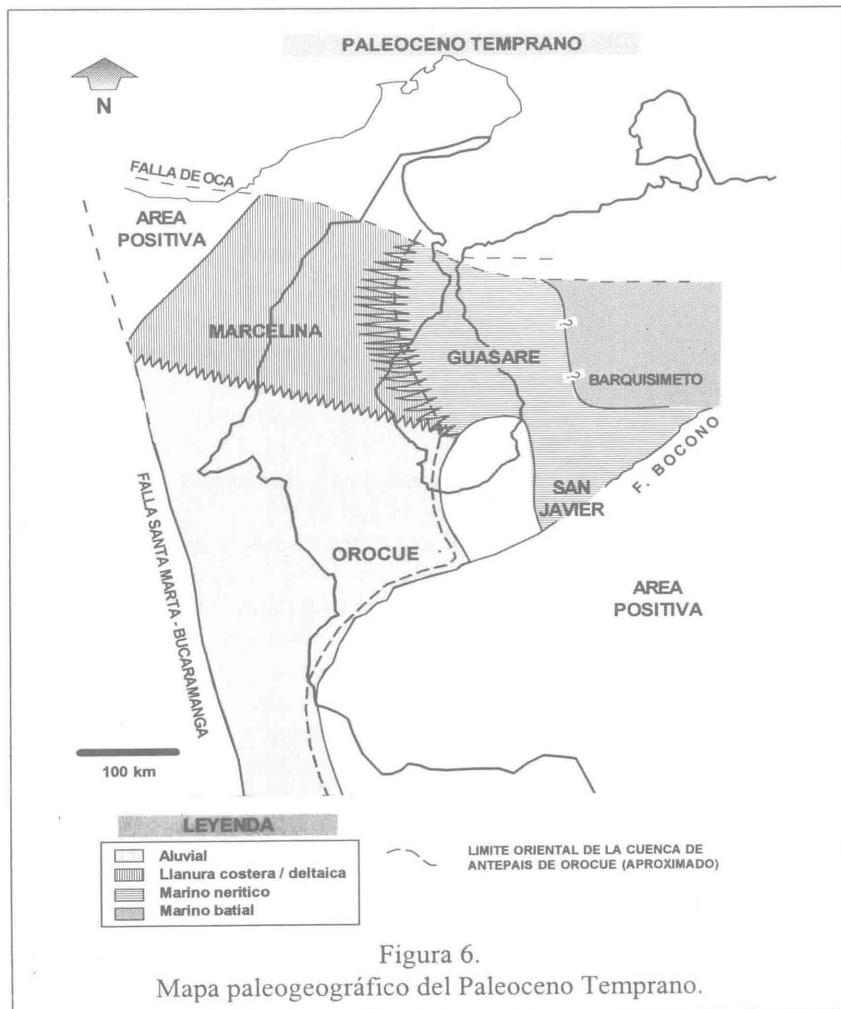


Figura 6.
Mapa paleogeográfico del Paleoceno Temprano.

identificar a los límites de secuencia se refieren a su edad estimada, en millones de años. Las edades se tomaron del "Global Cycle Chart" de Haq et.al. (1987), aunque los límites en el Eoceno de la Cuenca de Maracaibo tienen un origen atribuible, por lo menos parcialmente, a efectos tectónicos.

Sedimentación y Paleogeografía

Marco lito-cronoestratigráfico

Las secciones cronoestratigráficas (Figs. 3-5) muestran como los depósitos de edad comprendida entre 54 y 44 Ma están presentes sólo en la Cuenca de Maracaibo. Solapamientos hacia el sur sobre el Alto de Bobures (que forma parte del Arco de Mérida) indican que en la Cuenca de Barinas-Apure, no hubo sedimentación durante este período (Figs. 4 y 7). Por otro lado, la actual ausencia de sedimentos de 54-44 Ma en el área de la cuenca de antepaís de Orocué se debe muy

probablemente a erosión posterior, relacionada a la discordancia de SB44 y/o la de SB39,5 (Fig. 3).

La sedimentación eocena en la Cuenca de Maracaibo fue casi exclusivamente clástica (Fig. 7). Durante el Eoceno Temprano y la parte inicial del Eoceno Medio (hasta 44 Ma), la sedimentación fue arenosa con proporciones variables de lutita: la Formación Mirador (fluviodeltaica) en el suroeste de la cuenca, la Formación Misoa (delta-llanura costera-marino somero) en la parte central y oriental, y la Formación Trujillo (marino nerítico a batial; Bertorelli y Márquez 1996) en la parte oriental.

Cabe destacar que lo que se conoce en Colombia (Cordillera Oriental y Cuenca de Los Llanos) bajo el nombre de Formación Mirador, no es la misma unidad litoestratigráfica que se conoce en Venezuela (y en el Norte de Santander) bajo el mismo nombre: véase la discusión abajo.

Paleogeografía

La figura 7 muestra un mapa paleogeográfico para la parte inicial del Eoceno Temprano (el TST de SB54-SB51.5). Se observa una sucesión de franjas paleoambientales desde el plano aluvial en el extremo suroeste, pasando hacia el noreste por el plano costero-deltaico a marino nerítico (localmente batial). En general, el porcentaje de arena disminuye al acercarse a los ambientes marinos (Ghosh et al. 1997a).

Cabe destacar que el plano costero incluye ambientes estuarinos, y el paleoambiente nerítico depósitos de mareas. Sin embargo, esto no implica que todos los depósitos de la Formación Misoa, tanto lateralmente como verticalmente, hayan sido sedimentados en ambientes de mareas (compárese Higgs 1996).

El aporte principal de arena fue desde el suroeste. En esa parte de la cuenca existió un importante eje fluvial, caracterizado por un alto porcentaje (hasta > 80%) de areniscas apiladas de tipo tabular. Estas areniscas se pueden interpretar como depósitos de ríos entrelazados y meandriformes, aunque estudios palinológicos (véase Lorente et al. 1995) indicaron una cierta influencia marina (aguas salobres), lo que pudiera indicar condiciones estuarinas. Otros ejes menores de aporte de arenas están presentes en el noroeste de la cuenca y en el sur del actual Lago de Maracaibo.

En el suroeste de la cuenca, las areniscas apiladas se conocen como la Formación Mirador. En el área del lago, ya no se utiliza

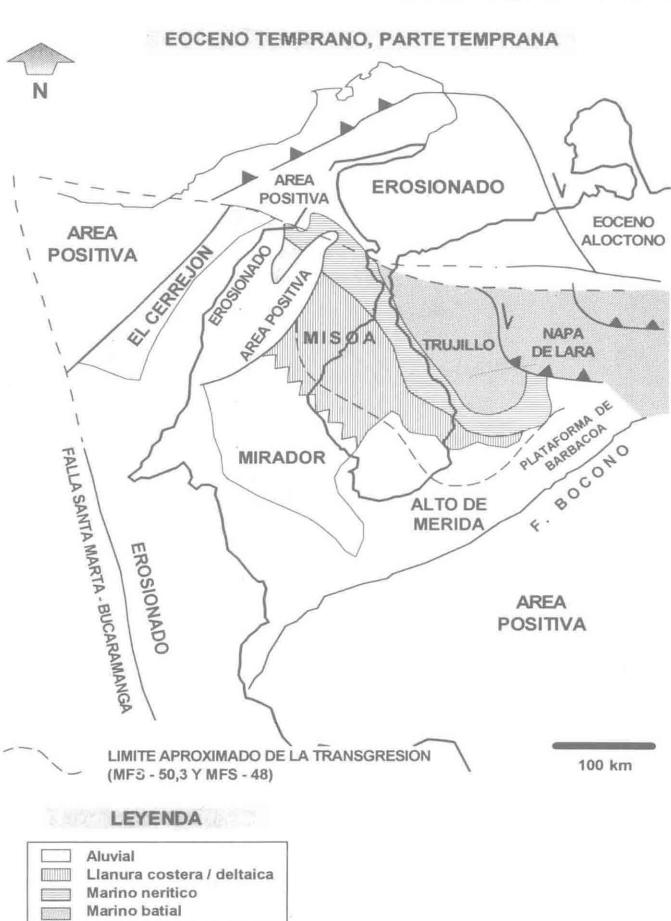


Figura 7.
Mapa paleogeográfico de la secuencia SB54-SB51.5 (Eoceno Temprano, parte temprana). Véase figura 6 para la leyenda.

este nombre, sino el de "Formación Misoa", sin existir un cambio abrupto de paleoambiente en la secuencia: las arenas siguen generalmente apiladas y tabulares, y estudios palinológicos (Lorente et al., op. cit.) indican ambientes de llanura costera.

La parte superior del Eoceno Temprano (SB51,5-49,5) se caracteriza por un importante aumento de la proporción de lutita hacia arriba, con un "cuello lutítico" entre Misoa C-2 y B-8 (Fig. 10). Esto refleja una importante transgresión, la cual empezó al inicio del Eoceno Temprano y culminó alrededor del límite entre el Eoceno Temprano y Medio. La máxima inundación marina alcanzada (hay dos MFS importantes, denominadas MFS50,3 y MFS48; Fig. 3) se indica en el mapa paleogeográfico (Fig. 7).

La transgresión se debe probablemente a una fuerte subsidencia en el depocentro de Trujillo, al parecer relacionada a acomodos de la corteza a raíz del emplazamiento de la Napa de Lara.

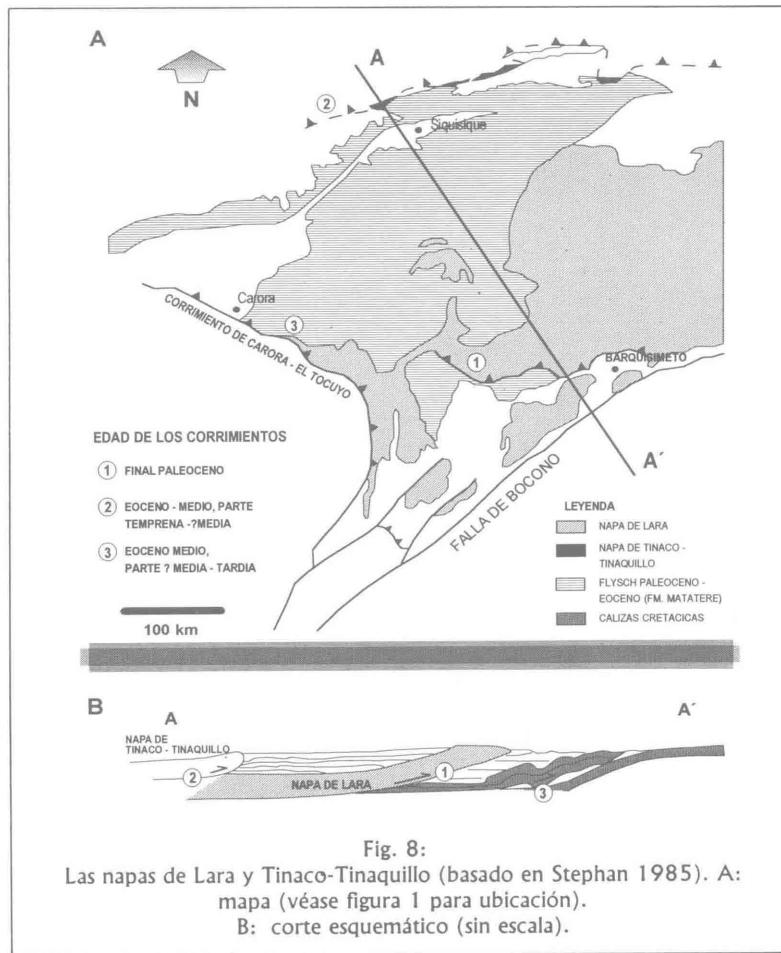


Fig. 8:
Las napas de Lara y Tinaco-Tinaquillo (basado en Stephan 1985). A: mapa (véase figura 1 para ubicación).
B: corte esquemático (sin escala).

La parte inicial del Eoceno Medio (SB49,5-SB44) se caracteriza por una base lutítica (la parte superior del

cuello lutítico; Fig. 10), a la cual suprayace una megasecuencia granocreciente ("coarsening upward"). Esta refleja una fuerte regresión, debida a una marcada progradación deltaica-costera. La progradación parece ser el efecto de tectonismo, posiblemente combinado con una bajada eustática del nivel del mar. El tectonismo probablemente está relacionado con la fase compresiva del Eoceno Medio, que inicialmente causó levantamiento en el área fuente de los sedimentos, seguido por levantamiento en la cuenca misma (dando origen a la discordancia del SB44 - véase abajo).

Al ocurrir progradaciones deltaicas o costeras, cambia el tipo de sedimentación en la llanura deltaica-costera. Los ríos tienden a ser meandriformes más que entrelazados, y los sedimentos de llanura de inundación crecen en importancia. Esta situación ocurrió también durante la fase de progradación de la secuencia SB49,5-SB44: en comparación con el intervalo inferior, las arenas tipo tabular están más restringidas, estando presentes sólo en el suroeste de la cuenca. En el resto de la cuenca, se hace notorio hacia el tope el desarrollo de arenas tipo granodecrecientes ("fining upward"), indicando sedimentación en ríos meandriformes en gran parte de lo que actualmente es el Lago de Maracaibo.

Eoceno Medio, parte tardía (SB44-SB39,5)

Marco tectónico: discordancia de SB44

La discordancia intra-eocena más importante es la que coincide con SB44 (Eoceno Medio, parte media; Meléndez et al. 1996). Esta se ve en la sísmica como una discordancia angular en varias partes de la cuenca (Arminio et al. 1994, y Link et al. 1994). La discordancia se encuentra en la base de la arena B-6 de la Formación Misoa (en el centro y oriente de la cuenca) y en la base de la Formación La Sierra (en el occidente de la cuenca). El SB44 es una discordancia claramente angular en ciertas áreas de la cuenca, tales como el Flanco Perijanero y el centro-sur del Lago de Maracaibo, mientras que en otras no se ve una angularidad, sino un hiato de mayor o menor importancia, dependiendo de su ubicación. En los altos eocenos, tales como el de Mérida-Bobures, el SB44 suprayace depósitos de edad cretácica, lo que indica que los sedimentos post-SB44 fueron los primeros en solapar completamente dichos altos (Fig. 11).

La presencia de areniscas conglomeráticas en las areniscas B-6 de ciertos pozos en el centro y oriente del Lago de Maracaibo, así como en la base de la Formación

Santa Rita de la misma edad (en Zulia oriental), refleja el hecho de que la discordancia del SB44 estuvo acompañada por levantamientos locales y/o regionales.

Cabe destacar que la edad de 44 Ma asignada a la discordancia bajo consideración se deriva del "Global Cycle Chart" de Haq (1987), sin pretender que dicha edad sea tan precisa. De hecho, otros autores, utilizando una escala cronoestratigráfica distinta, le han asignado una edad diferente y por ende, otro nombre. Parnaud et al. (1995) lo llaman SB-50.

La discordancia se debe probablemente a una fase compresiva. Stephan (1985) describe como, durante el Eoceno Medio (parte temprana a ?media), se emplazó la Napa de Tinaco-Tinaquillo al este-noreste de la Napa de Lara (Fig. 8). Parte de la napa sobrecorrió la Napa de Lara y formó la unidad de Siquisique. El régimen compresivo que causó el sobrecorrimiento, puede haber causado también levantamiento y posterior erosión en la Cuenca de Maracaibo. Alternativamente, la discordancia de SB44 se pudiera relacionar al relajamiento cortical después del emplazamiento de la Napa de Lara.

Después de 44 Ma, el régimen tectónico volvió a ser tensional aunque con pulsos compresivos. Las fallas más activas se encontraron en Zulia oriental donde se depositó una espesa secuencia durante el Eoceno Medio y Tardío, y donde se desarrollaron discordancias de importancia local: SB42,5, SB41,5 y SB40,5. Por otro lado, SB39,5, que en Zulia oriental no parece ser más que un hiatus menor, es una discordancia mayor en Colombia (véase abajo).

Sedimentación y Paleogeografía

Marco lito-cronoestratigráfico

El levantamiento de 44 Ma causó una fuerte regresión del mar, con un claro avance de facies hacia la cuenca ("basinward facies shift") y el aporte de grandes cantidades de sedimentos. Los primeros sedimentos en depositarse por encima de la discordancia SB44 fueron areniscas extensas: la arenisca B-6 de la Formación Misoa, y sus equivalentes laterales tales como la Formación La Sierra (Figs. 3 y 11). La B-6 forma parte del TST de la secuencia, aunque localmente en el área de la costa oriental del Lago de Maracaibo pudiera incluir depósitos de LST, tales como deltas de bajo nivel.

El SB44 marca el inicio de la sedimentación eocena en la Cuenca de Barinas-Apure (Figs. 4 y 11). Las formaciones arenosas de Gobernador y El Cobre de esta cuenca son equivalentes laterales de la arenisca B-6 (aunque se vuelven más jóvenes hacia el sur debido a

solapamiento).

A la arenisca B-6 le suprayacen las areniscas de Misoa "B" Superior (Figs. 3 y 10). Aunque algunas discordancias de carácter local, tales como la SB42,5, dividen esta unidad en varias secuencias, la sucesión total refleja una transgresión, que culmina con la inundación marina, alrededor de 41,5 Ma, del mar de Paují. La transgresión está marcada por las lutitas de la Formación Paují y sus equivalentes laterales: la Formación Jarillal en Falcón occidental, y la Formación Pagüey en la Cuenca de Barinas-Apure.

En el área de la cuenca de antepaís de Orocué, casi no se conocen depósitos de edad Eoceno Medio. Es posible que ocurrió sedimentación durante esa época, pero de haber sido así, los sedimentos fueron erosionados por una fase de erosión posterior (SB39,5). El análisis de reflectancias de vitrinita pudiera ayudar a aclarar esta incógnita.

Paleogeografía

Las areniscas tabulares de B-6 tienen la geometría de un manto arenoso. Aunque el espesor de las areniscas disminuye hacia el noreste, estas abarcan casi toda la Cuenca de Maracaibo. El ambiente de sedimentación de B-6 era una extensa llanura costera-deltaica inferior, o sea un ambiente parálico influido por mareas (Ghosh et al. 1997a). En el extremo este de la cuenca, el paleoambiente es nerítico, con sedimentación tipo

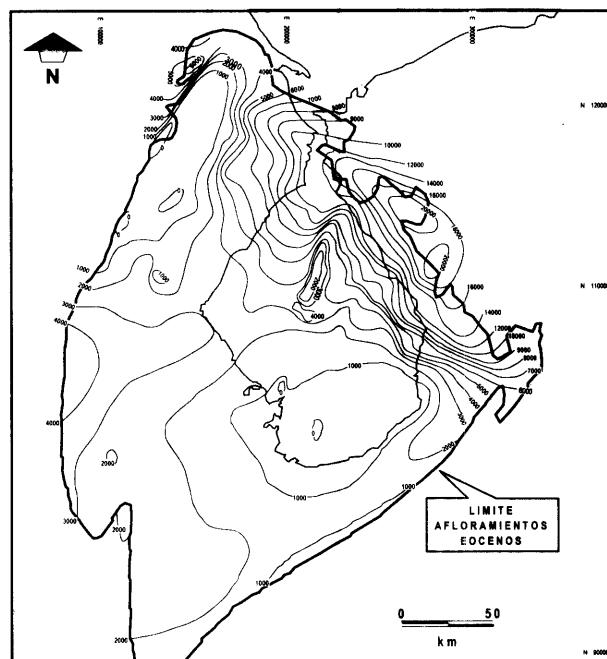


Figura 9.
Mapa isópoco total del Eoceno (SB54 - Discordancia Posteoocena). Tomado de Meléndez et al. 1996. (Espesores en pies.)

Trujillo (Bertorelli y Márquez 1996).

La figura 11 ilustra la paleogeografía durante la fase inicial del período 44-42,5 Ma y abarca la sedimentación de bajo nivel y transgresiva, con un énfasis en las areniscas de B-6. Así como durante el Eoceno Temprano, el aporte principal de sedimentos es desde el suroeste, aunque con aportes menores de otras direcciones (compárese p.ej. Lugo y Mann 1995; Bertorelli et al. 1997; Truskowski y Pestman 1997).

La parte superior del Eoceno Medio (secuencia SB42,5-SB39,5) se caracteriza por la gradual transgresión del mar, que causó un cambio de sedimentación en el este de la cuenca: de arenoso (Formación Misoa) a lutítico (formaciones Paují, Jarillal y Pagüey). Estas formaciones lutíticas representan sedimentación desde la plataforma marina hasta

profundidad es batiales (compárese Parnaud et al., 1995). En el sureste de la cuenca, en los actuales Andes de Mérida, el límite entre las formaciones Misoa y Paují está conformado por las arenas glauconíticas de las formaciones Caús y San Javier (Ghosh y Odreman 1987). La

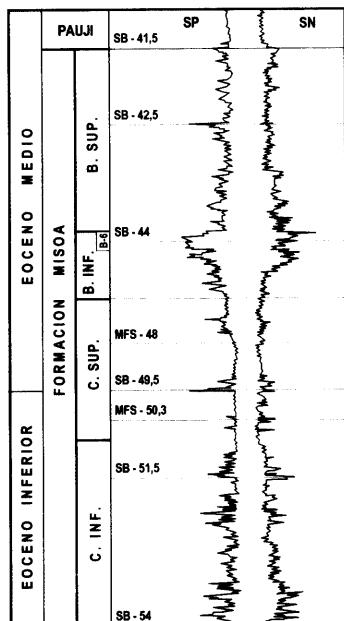


Figura 10.
Registro de un pozo tipo del área de Ceuta,
con las principales superficies
cronoestratigráficas del Eocene (registro
tomado de Lagazzi et al. 1993).

figura 12 ilustra la paleogeografía durante la fase inicial (TST) de este período.

La causa de la transgresión del mar de Paují es principalmente tectónica, puesto que una subida eustática del nivel del mar no puede explicar la fuerte profundización de la cuenca. Se asume que esta causa tectónica fue la culminación del emplazamiento de la Napa de Lara. Hacia finales del Eocene Medio, una nueva fase de compresión reactivó la Napa de Lara y dio origen a nuevos corrimientos. Esta deformación desplazó el alóctono hacia su posición más meridional, y el frente

de la napa se ubicó por primera vez en el área del actual frente surandino (Stephan 1985). Por consiguiente, el depocentro de Trujillo, que al inicio del Eocene solamente abarcó Falcón occidental y Zulia oriental, se extendió entonces desde Falcón hasta el norte de Barinas. Fue por este alargado depocentro que entró el mar de Paují.

El límite entre las formaciones Misoa y Paují (así como el límite entre Gobernador y Pagüey) es diacrónico (entre aproximadamente 42,5 Ma y 41Ma), reflejando la transgresión del mar de Paují: desde el suroeste hacia el noreste, las arenas superiores de la Formación Misoa gradan lateralmente en las arenas basales de la Formación Paují, las cuales a su vez se adelgazan y se vuelven lutíticas en la dirección del mar abierto (Pestman et al. 1996).

No se sabe con seguridad cuál fue el límite occidental de la sedimentación de las lutitas de la Formación Paují, debido a la erosión posteocena. En las áreas donde la secuencia SB42,5-SB39,5 está presente, las lutitas no parecen cruzar las fallas de Pueblo Viejo, Tía Juana y Cabimas. Por lo tanto, se piensa que nunca fueron depositadas en la plataforma de Maracaibo, o por lo menos no con espesores grandes. En el área del graben de Lama, la sedimentación durante este período fue arenosa (costera).

Eocene Tardío - Oligoceno

Marco Tectónico

Discordancia SB39,5

En el suroeste de la Cuenca de Maracaibo, así como en el área de la cuenca de antepaís de Orocué en general, los estratos del Eocene Tardío descansan, con o sin discordancia angular, sobre capas de mayor edad (típicamente paleocenas). Este hiato/discordancia parece haber sido causado por una fase compresiva alrededor de 39,5 Ma, es decir el límite entre el Eocene Medio y Tardío.

En el oriente de la Cuenca de Maracaibo, el SB39,5 generalmente no se reconoce como tal, ya que una importante fase de erosión oligocena (véase abajo) ha resultado en la remoción de un espeso paquete de estratos de edad Eocene Medio, parte tardía, y Tardío. Allí donde sí se preservaron los depósitos de esa edad, el SB39,5 no es una discordancia ni un hiato importante. Más bien, parece que ocurrió una sedimentación lutítica más o menos continua, siendo allí el SB39,5 una superficie de conformidad correlativa ("correlative conformity surface"). La mayor discordancia en esta cuenca, denominada la Discordancia Post-Eocene, se debe a la erosión ocurrida en el Oligoceno.

Discordancia Post-Eocena (DPE)

Durante el Oligoceno y Mioceno, varios pulsos de levantamientos andinos causaron erosión en gran parte de la Cuenca de Maracaibo (ver mapa de subafloramiento por debajo de la DPE, en Pestman et al. 1996).

Las unidades estratigráficas que más fueron afectadas por la erosión posteocena, son el Eocene Superior y el Oligoceno. En la actualidad, los depósitos de estas unidades sólo se encuentran a lo largo de los bordes de la Cuenca de Maracaibo: en el suroeste, en el Flanco Norandino, y en ciertas áreas de Zulia oriental (Figs. 13 y 14). Debido a la erosión oligomiocena, esta distribución muy probablemente no refleja toda el área en la cual estos depósitos se acumularon originalmente.

Debido a la erosión posteocena, se desconoce cuál era el área de deposición del Eocene Superior. Al

parecer, esta fue limitada, y generalmente controlada por fallas. Datos sísmicos de Zulia oriental sugieren una deposición del Eocene Superior en un graben orientado aproximadamente norte-sur. De ser correcta esta interpretación, una fase de tectonismo extensional debe haber ocurrido en esta época.

En Zulia suroriental, se depositaron localmente turbiditas marinas profundas hacia finales de Eocene Medio (Formación Mene Grande; Furrer 1967); mientras que algunos pozos perforados en el Flanco Norandino penetraron secciones del Eocene Tardío con conjuntos faunales de ambientes turbidíticos (T. Boesi, com. pers.). Esto implica una profundización de la cuenca, probablemente relacionada al desarrollo del graben del Eocene Tardío.

Las incógnitas acerca del Eocene Superior se pueden aplicar también a los depósitos del Oligoceno. Hoy en día, estos sólo se encuentran en el oeste y suroeste de la Cuenca de Maracaibo, así como en el estado Falcón (Fig. 14).

Falla de Oca

A finales del Eocene empezó a ocurrir transcurriencia dextral a lo largo de la Falla de Oca (Fig. 1; Ghosh et al. 1997b). Esta transcurriencia resultó, en el Eocene Tardío u Oligoceno, en la apertura de la Cuenca de Falcón. Se desconoce la influencia sobre la Cuenca de Maracaibo que pudo haber tenido la actividad de la Falla de Oca. Es posible que el graben del Eocene Tardío en Zulia oriental, mencionado arriba, esté relacionado genéticamente a la actividad de esta falla.

Depocentros

Los depocentros durante el Eocene Tardío y Oligoceno se encuentran en el área de la cuenca de antepaís de Orocué. Esto probablemente se debe al continuo levantamiento de las Cordilleras Occidental y Central en Colombia. El depocentro de Trujillo parece haber terminado su actividad, excepto localmente en grábenes aislados.

Sedimentación y Paleogeografía

Marco lito-cronoestratigráfico

El Eocene Tardío está representado en la Cuenca de Maracaibo por la Formación Carbonera (de ambiente parálico) en el suroeste, y una secuencia predominantemente lutítica (Formación Paují) con algunas intercalaciones arenosas, localmente en el este.



Figura 11.
Mapa paleogeográfico de la secuencia SB44-SB42,5 (Eocene Medio, parte media).

Hacia el sur y suroeste, la Formación Carbonera pasa lateralmente a las formaciones más arenosas y fluviales de La Paz y "Mirador" (véase discusión abajo; Figs. 3 y 5).

La secuencia oligocena está separada de la eocena por una discordancia, correspondiente a SB36. En la Cuenca de Maracaibo, los depósitos oligocenos se encuentran en el oeste y suroeste. El Oligoceno Temprano está representado por las lutitas de la Formación León, que pasan lateralmente a formaciones depositadas en ambientes parálicos, tales como la Formación Mugrosa hacia el suroeste, y la Formación Guafita- "Carbonera" hacia el sur (Figs. 3-5). El Oligoceno Superior, separado en la Cuenca de Maracaibo por SB30, una discordancia de importancia local, del Oligoceno Inferior, consiste de las formaciones arenosas de Ceibote e Icotea, que solapan hacia el este sobre la superficie peneplanizada formada por estratos eocenos levantados y parcialmente erosionados, marcando el inicio de una nueva fase tectonosedimentaria en el desarrollo de la Cuenca de Maracaibo (Fig. 3).

Paleogeografía

Los mapas paleogeográficos del Eoceno Tardío y el Oligoceno Temprano (Figs. 13 y 14) muestran como la sedimentación ocurrió principalmente en el área de la cuenca de antepaís de Orocué. Ambientes marinos (Formación Paují), marinos-deltaicos (Formación Guafita; Ortega et al. 1987) y salobres a lacustres (Formación León; Higgs 1993; Lorente 1995) se encontraron en las zonas distales, mientras que en las zonas proximales con respecto a la fuente de sedimentos en el oeste y suroeste, los ambientes eran fluviales.

Neógeno: orogénesis andina

Aunque la orogénesis andina (Oligoceno- Presente) ocurrió después del Eoceno, es importante considerarla en el marco del estudio del Eoceno, puesto que, en primer lugar, la estructuración andina afectó también a la secuencia eocena, y en segundo lugar, causó una importante erosión de la secuencia paleógena (véase arriba).

Las deformaciones andinas del Mioceno, causadas por el choque del arco de Panamá con Suramérica, fueron intensas. En Colombia, se formó la Cordillera Oriental (Dengo y Covey 1993). En Venezuela, la actividad tectónica no sólo creó la antefosa andina (causando el basculamiento de la cuenca), sino también

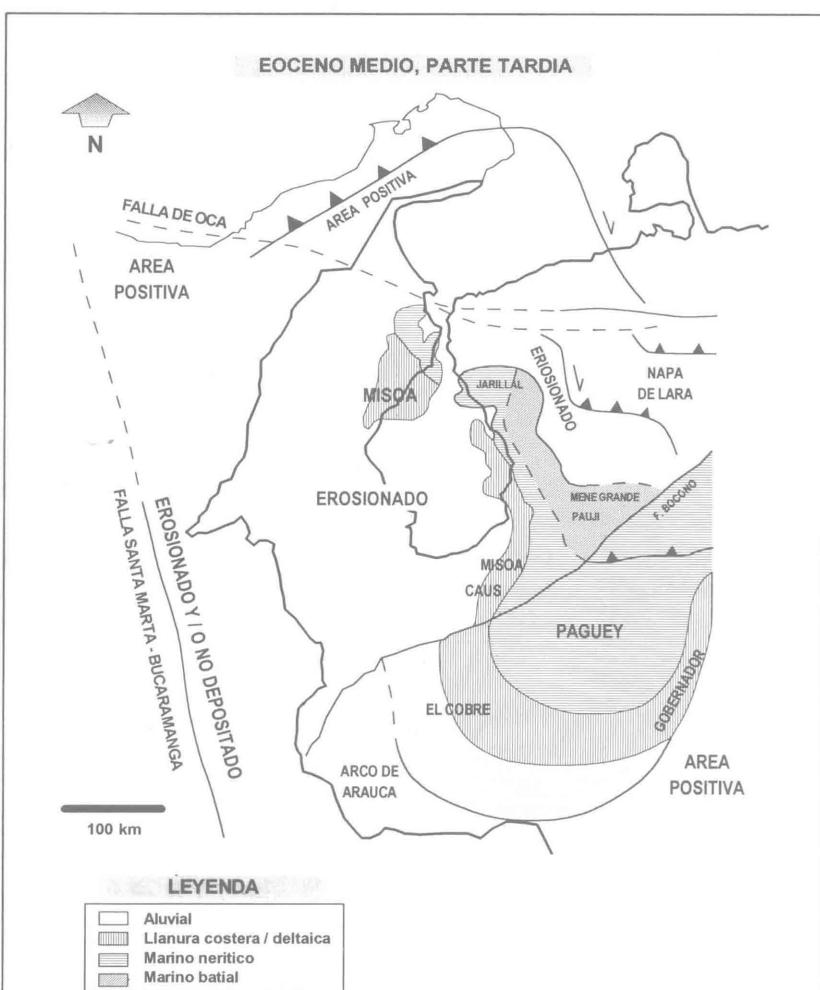


Figura 12.
Mapa paleogeográfico de la secuencia SB42,5-SB39,5 (Eoceno Medio, parte tardía). Véase figura 11 para la leyenda.

produjo una intensa inversión estructural a lo largo de las grandes fallas (especialmente las norte-sur) y en Zulia oriental. Aunque hubo varias fases de deformación, la deformación más significativa ocurrió durante el Mioceno Tardío y el Plioceno (Meléndez et al. 1996).

Discusión

Diacronismo de unidades litoestratigráficas

La carta cronoestratigráfica mostrada en la figura 5 y los registros de la figura 15 muestran como los nombres formacionales de Mirador y Carbonera están siendo utilizados para depósitos cuyas edades varían lateralmente. En el suroeste de la Cuenca de Maracaibo (incluyendo la porción colombiana), la Formación Mirador tiene una edad de Eoceno Temprano a Medio (parte temprana). La Formación Carbonera, que la suprayace, es de edad Eoceno Medio (parte tardía) a

Tardío, mientras que la sedimentación del Oligoceno Temprano corresponde principalmente a las lutitas de la Formación León.

En la Cordillera Oriental colombiana y la Cuenca de Los Llanos se utilizan los mismos nombres formacionales para designar unidades más jóvenes: la Formación "Mirador" de edad Eoceno Tardío, la Formación "Carbonera" de edad Oligoceno-Mioceno Temprano, y la Formación "León" de edad Mioceno.

Litológicamente, la Formación Mirador en la Cuenca de Maracaibo es muy parecida a la en la Cuenca de los Llanos. Tanto en la localidad tipo (Cerro Mirador, en el límite suroccidental del Estado Zulia; González de Juana et al. 1980) y en Zulia occidental (Catlin et al. 1994), como en el Campo Cusiana (Cooper et al. 1995), la formación consiste de dos miembros arenosos, separados por un cuello lutítico. Las areniscas representan canales fluviales superpuestos, que en ambas áreas contienen palinomorfos e icnofósiles indicativos de una cierta influencia de agua salobre a salada

(especialmente en el miembro superior). La granulometría en todas las áreas varía de fino a grueso. Es posible que haya diferencias en la cantidad de lutitas carbonosas y carbones, y/o en la composición mineralógica de las areniscas, pero se requieren estudios más profundos para determinar eso.

Asimismo, las formaciones Carbonera y León son parecidas en las dos cuencas, aunque faltan estudios detallados para corroborar esto.

Puesto que cada una de las formaciones mencionadas tiene litologías muy parecidas tanto en la Cuenca de Maracaibo como en la de los Llanos, aunque varía en edad, se puede afirmar que este cambio lateral de edad se debe a paleoambientes que cambiaron de posición a través del tiempo.

La Formación Mirador arenosa representa un ambiente principalmente fluvial, mientras que la Formación Carbonera, que es heterolítica y contiene carbones, refleja una sedimentación parálica, de llanura costera. Las lutitas de la Formación León son las más distales con respecto a la fuente de sedimentos, y son el resultado de sedimentación en un cuerpo de agua dulce o salobre, con baja energía (Higgs 1993; Lorente 1995).

El diacronismo de las formaciones representa una retrogradación ("backstepping") de estos ambientes. La línea de la costa se movió hacia el sur: en el Eoceno Temprano-Medio, se encontró en la parte oriental del actual Lago de Maracaibo (Fig. 7), en el Eoceno Tardío en la parte central del Lago (Fig. 13), y en el Oligoceno Temprano en el suroeste de la Cuenca de Maracaibo (Fig. 14).

El hecho de que las formaciones Mirador, Carbonera y León tengan una edad en la Cuenca de Maracaibo y otra, bien distinta, en la Cuenca de los Llanos, hace surgir la interrogante si habría que aplicar nombres formacionales distintos en las dos cuencas. Por un lado, las formaciones son unidades litoestratigráficas, por lo cual se refieren a una cierta litología y no a una determinada edad. Esto implica que unidades litológicamente idénticas, aunque de edad distinta, pueden tener el mismo nombre. Por otro lado, la Formación Mirador en la Cuenca de Maracaibo se encuentra por debajo de la Discordancia Panamericana, SB39,5, mientras que en la Cuenca de los Llanos, la formación suprayace la SB39,5. El código estratigráfico norteamericano (North American Commission 1983) recomienda evitar de establecer unidades litoestratigráficas que se encuentren tanto por debajo como por encima de una importante discordancia regional (Artículo 22e).

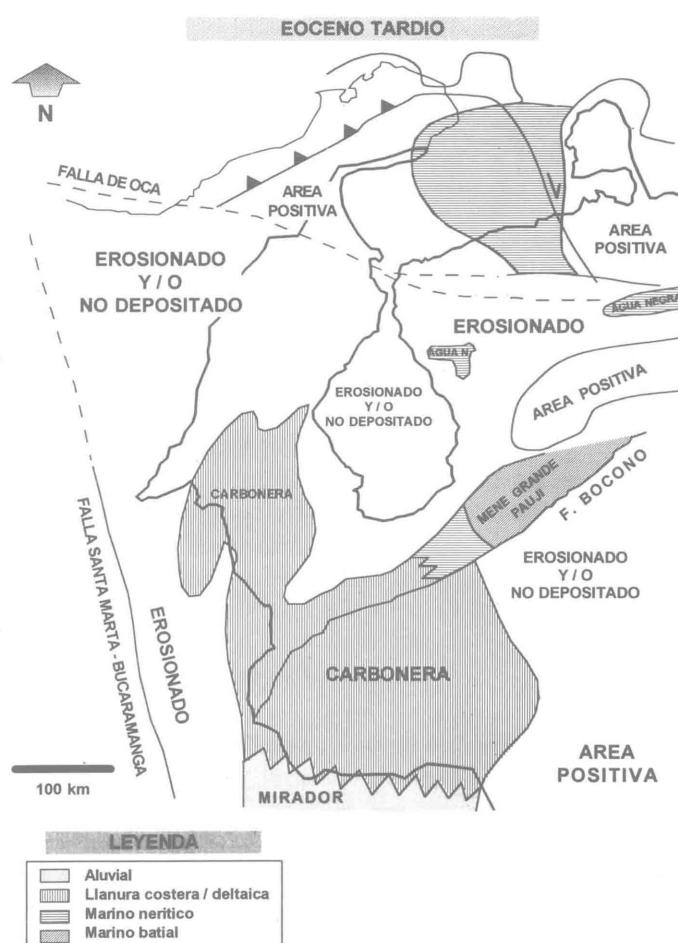


Figura 13.
Mapa paleogeográfico del Eoceno Tardío. Los datos del área al norte de la Falla de Oca se tomaron de Macellari (1995). Véase figura 11 para la leyenda.

Este asunto, ya señalado por Dueñas (1985), González (1985) y otros, ha sido resuelto en la Cuenca de Barinas-Apure introduciendo la Formación Guafita con sus dos miembros, el Miembro Arauca (ex-Mirador) y el Miembro Guardulio (ex-Carbonera; Ortega et al. 1987). En el caso de la Cuenca de los Llanos, pudiera ser conveniente cambiar el nombre de Formación Mirador en “Arenas Basales de la Formación Carbonera”, tal como propuesto por González (1985) y Cabrera (1995). En el presente trabajo, se están utilizando comillas para distinguir las formaciones “Mirador”, “Carbonera” y “León” en la Cuenca de los Llanos, de las formaciones homónimas en la Cuenca de Maracaibo, donde se encuentran las localidades tipo.

Edad de la Discordancia Posteocena

Tanto en la Cuenca de Maracaibo como en las cuencas de los Llanos y el Magdalena ocurrió una importante fase de erosión que afectó grandes partes de

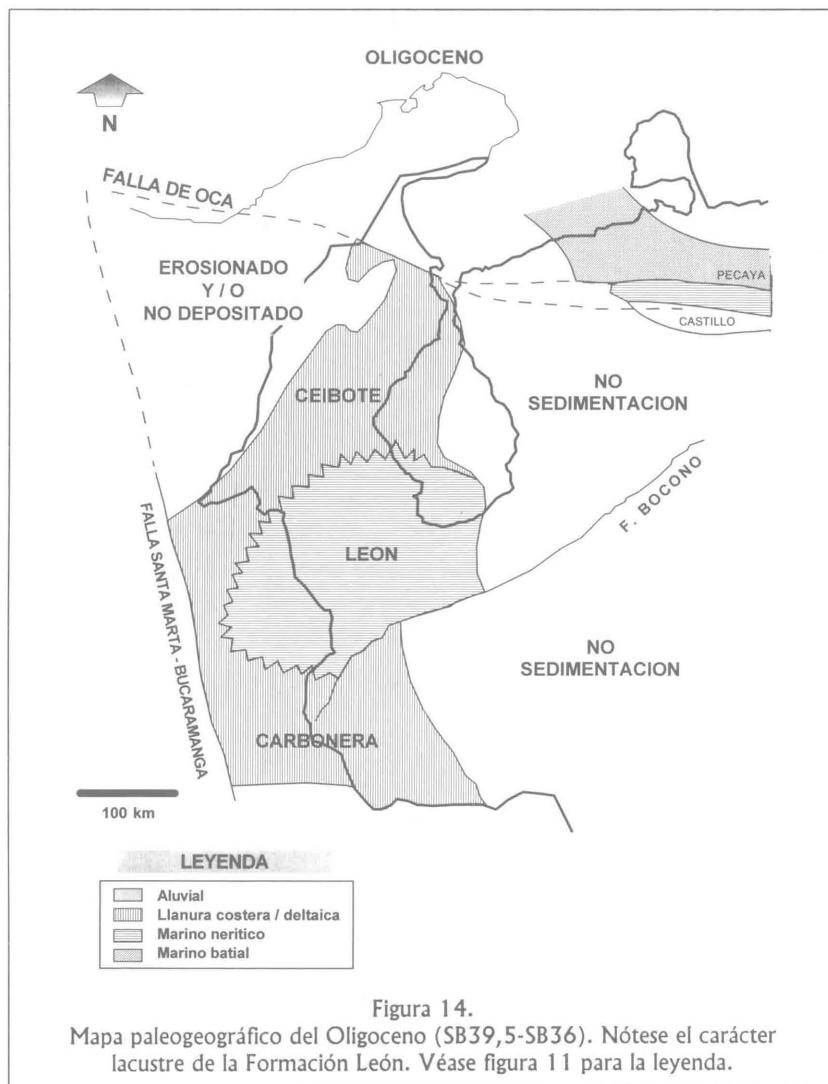
la fase de erosión en Venezuela es distinta a la de Colombia: mientras que en el área de la cuenca de Orocué la mayor erosión ocurrió entre el Eoceno Medio y Tardío, es decir alrededor de 39,5 Ma, en la Cuenca de Maracaibo la discordancia principal, denominada Discordancia Posteocena (DPE), se debe a erosión principalmente oligocena.

En extensas áreas de la Cuenca de Maracaibo, la DPE erosionó hasta parte de los estratos del Eoceno Medio, de manera que el límite de secuencia SB39,5 está incluido en la DPE. En muchos trabajos se está utilizando el término “SB39,5” para referirse a la DPE, aunque la erosión ocurrió en el Oligoceno.

•En términos generales, consideramos poco práctico utilizar una edad para referirse a una discordancia de una magnitud y una extensión areal tal como la DPE. En primer lugar, la DPE está caracterizada por un hiato importante. Pero, ¿cuál es la edad de un hiato? El tiempo faltante en la columna estratigráfica tiene un inicio y un fin, y por lo tanto se debería describir un hiato en esos términos, no con una sola edad. Es decir, utilizar por ejemplo “SB42,5/25” en lugar de “SB39,5”.

En segundo lugar, el evento compresivo que causó la discordancia fue diacrónico, ya que sus efectos se manifestaron de manera sucesiva en áreas geográficas vecinas y distintas. En cada área estos efectos se registraron con intensidades diversas. Por consiguiente, el hiato que acompaña a la DPE es distinto en lugares distintos. Esto se ilustra en la figura 3, la cual muestra que el hiato en el Bloque III del Lago de Maracaibo abarca el período desde 42,5 Ma hasta por lo menos 25 Ma. En Zulia oriental, el hiato abarca, en ciertos lugares, desde finales del Eoceno Tardío hasta el Mioceno Medio-Superior. En la costa oeste del lago, el hiato es más limitado: desde 42,5 Ma hasta 30 Ma. En el Valle Medio del Magdalena, existe un hiato desde aprox. 56 Ma hasta 39 Ma.

Por lo tanto, consideramos más adecuado y por ende proponemos, designar a esta discordancia con un nombre, en lugar de utilizar una cifra numérica (tal como una edad). En la Cuenca de Maracaibo, se está utilizando el nombre “Discordancia Posteocena”, el cual se puede abreviar a “DPE”, tal como lo hemos empleado en el presente artículo. Evidentemente, este nombre no se puede utilizar en la Cuenca de Orocué y tampoco en partes de la Cuenca de Barinas-Apure, donde la mayor fase de erosión ocurrió antes de finalizar el Eoceno Medio. Se propone entonces formalizar el término hasta



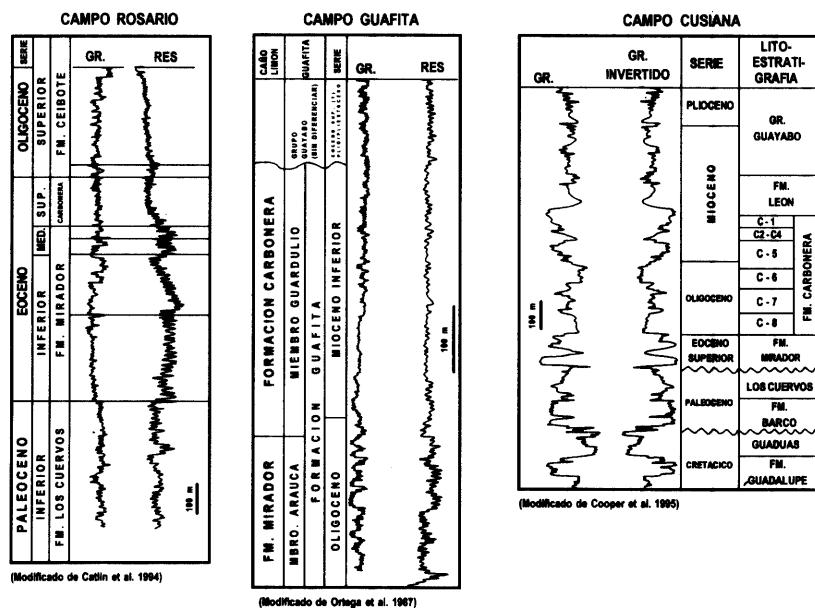
la columna sedimentaria eocena. Sin embargo, la edad de

ahora informal de “Discordancia Panamericana” para designar a esta gran discordancia, causada por levantamientos ocurridos desde finales del Eoceno Medio hasta el Oligoceno, genéticamente relacionados con la interacción de las placas del Pacífico y Suramérica.

Conclusiones

1. La Cuenca de Maracaibo consistió durante el Paleoceno de un área plataforma, la plataforma de Maracaibo, ubicada entre dos depocentros: la cuenca de antepaís de Orocué al oeste, y el depocentro de Trujillo al este. La cuenca de Orocué se desarrolló a finales del Cretácico, cuando ocurrió el levantamiento de la Cordillera Occidental colombiana, y se mantuvo existiendo hasta el fin del Oligoceno. El depocentro de Trujillo se formó a lo largo de la rampa lateral occidental de la Napa de Lara, cuyo emplazamiento ocurrió, en varias fases, desde el Paleoceno Tardío hasta el Eoceno Medio.

- las turbiditas de la Formación Trujillo.
3. Durante el Eoceno Temprano se depositó en la plataforma de Maracaibo un sistema clástico progradante de suroeste a noreste (Formaciones Mirador y Misoa), bajo un régimen tectónico predominantemente extensional. Una fase compresiva en el Eoceno Medio causó el desarrollo de la discordancia intraeocena SB44 (“Base B-6” en el lago). Después de 42,5 Ma, ocurrió una importante transgresión marina. En el oeste de la cuenca se establecieron condiciones parálicas (Formaciones La Sierra y Carbonera), y en el este, donde hubo extensión tectónica, se acumularon sedimentos marinos profundos (Formaciones Paují, Mene Grande, Jarillal y Pagüey).
 4. Depósitos del Eoceno Temprano-Medio están prácticamente ausentes en la cuenca de Orocué, debido a erosión relacionada a SB39,5 (y SB44). En la Cuenca de Barinas-Apure, no ocurrió sedimentación eocena hasta 44 Ma, cuando empezó a ocurrir una importante transgresión.
 5. Durante el Oligoceno, la subsidencia continuó en la



Comparación de las formaciones Mirador y Carbonera en los campos Rosario, Guafita y Cusiana (véase figura 5 para ubicación). Nótese los cambios de edad de las formaciones.

2. Durante el Paleoceno, sedimentación molásica (Grupo Orocué) ocurrió en la cuenca de Orocué (después de una transición desde un ambiente marino al inicio del Paleoceno), mientras que un ambiente mixto deltaico-carbonático (Formación Guasare) prevaleció en la plataforma de Maracaibo. En el depocentro de Trujillo empezó a finales del Paleoceno la sedimentación de

cuenca de Orocué y en el norte-noreste de la cuenca, asociada aquí a la transcurriencia de la Falla de Oca. Posteriormente, la orogénesis andina resultó en inversión y erosión parcial de la sección paleógena.

6. Los nombres formacionales “Mirador”, “Carbonera” y “León” se están utilizando tanto en la Cuenca de Maracaibo como en la de los Llanos, para denominar

- unidades litológicamente parecidas pero de edades diferentes. Esto se debe a una retrogradación de las facies fluviales en el tiempo.
7. La mayor discordancia paleógena en el área de estudio, la "Discordancia Panamericana", se debe a erosión alrededor de 39,5 Ma en las cuencas de los Llanos y el Magdalena, y a erosión oligocena en la Cuenca de Maracaibo.

Recomendación

Se recomienda incrementar los esfuerzos para integrar la geología venezolana y la colombiana, con la finalidad no sólo de eliminar las confusiones de nomenclatura estratigráfica descritas arriba, sino también de lograr una visión más completa sobre el desarrollo geológico del noroeste del continente sudamericano. El presente artículo, el cual carece de una base de datos suficientemente grande para abarcar adecuadamente la geología colombiana, no puede ni pretende ser sino un pequeño paso hacia esta integración geológica colombo-venezolana.

Agradecimientos

Los autores desean expresar sus agradecimientos a la empresa PDVSA E&P por el permiso de publicar el presente trabajo; al Sr. Tito Boesi, por sus comentarios constructivos; y a los señores Jesús Villarroel y Mauricio Quintana por los dibujos.

Referencias

- Arminio, J.F. y Allen, G.P. 1990. Estratigrafía litológica y secuencial de la sección terciaria de Río Chama en el flanco norte de los Andes centrales, Venezuela. Mem. V Congr. Venez. Geofísica, p. 244-251.
- Arminio, J.F., Zubizarreta, J. y González, G. 1994. Evolución tectónica y habitat de hidrocarburos del área Lama Sur, Lago de Maracaibo. Mem. VII Congr. Venez. Geofísica, p. 384-392.
- Bertorelli, G. y Márquez, F. 1996. Determinación de ambientes sedimentarios y fuentes de aporte de sedimentos para el Eoceno, en una región de Zulia oriental. Trabajo especial de grado, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela, Caracas. Inédito.
- Bertorelli, G., Márquez, F., Zapata, E., Padrón, V., Rey, O. y Falcón, R. 1997. Múltiples fuentes de sedimentos en el Eoceno Medio: Ejemplos de la Serranía de Trujillo. Mem. I Congr. Latinoam. Sedimentología, Margarita, Tomo I, p. 81-87.
- Boesi, T., Rojas, G., Durán, I., Galea, F., Lorente, M.A. y Velásquez, M. 1988. Estudio estratigráfico del Flanco Norandino en el sector Lobatera-El Vigía. Mem. III Simp. Bolivariano, p. 1-41.
- Catlin, T.J., González Guzman, E. y Stredel, M. 1994. Stratigraphic framework for the Eocene, southwest of Lake Maracaibo, Venezuela. Mem. V Simp. Bolivariano, p. 43-61.
- Chigne, N. y Hernández, L. 1993. Guafita Field. En: N.H. Foster and E.A. Beaumont (comp.), Treatise of Petroleum Geology - Structural Traps VIII; 231-253. AAPG, Tulsa, OK, 328 págs.
- Cooper, M.A., Addison, F.T., Alvarez, R., Coral, M., Graham, R.H., Hayward, A.B., Howe, S., Martínez, J., Naar, J., Peñas, R., Pulham, A.J. y Taborda, A. 1995. Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia. AAPG Bulletin, 79, p. 1421-1443.
- Dengo, C.A. y Covey, M.C. 1993. Structure of the Eastern Cordillera of Colombia: Implications for trap styles and regional tectonics. AAPG Bulletin, 77, p. 1315-1337.
- Dueñas-Jiménez, H. 1985. Observaciones sobre la nomenclatura estratigráfica de la Cuenca de los Llanos Orientales, Colombia. Mem. II Simp. Bolivariano, Tomo II.
- Furrer, M.A. 1967. The depositional environment of the Mene Grande Formation. Boletín Informativo Asociación Venezolana Geología Minería Petróleo 10, p. 193-195.
- Galea-Alvarez, F., Morales, M. y Callejon G., A. 1994. Geología y geoquímica del occidente de Apure, zona fronteriza colombo-venezolana: Resultados preliminares. Mem. VII Congr. Venez. Geofísica, p. 299-306.
- Ghosh, S.K. y Odreman, O. 1987. Estudio sedimentológico-paleoambiental del Terciario en la zona del Valle de San Javier, Estado Mérida. Boletín Soc. Venez. Geólogos, 31, p. 36-46.
- Ghosh, S., Pestman, P., Meléndez, L., Lorente, M.A. y Zambrano E. 1997a. El Eoceno en la Cuenca de Maracaibo: Facies sedimentarias y paleogeografía. Mem. I Congr. Latinoam. Sedimentología, Porlamar, Tomo I, p. 283-293.
- Ghosh, S., Pestman, P., Meléndez, L., Truskowski, I. y Zambrano, E. 1997b. Evolución Tectonoestratigráfica y sistemas petrolíferos de la Cuenca de Falcón, Venezuela Noroccidental. Mem. VIII Congr. Geol. Venez., Porlamar, Tomo I, p. 317-329.
- González de Juana, C., Iturrealde de Arozena, J.M. y Picard Cadillat, X. 1980. Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. 2 Vols. Ediciones Foninves, Caracas, 1031 págs.
- González Guzmán, A.E. 1967. A palynological study on

- the upper Los Cuervos and Mirador formations (Lower and Middle Eocene; Tibú area, Colombia). Tesis PhD. E.J. Brill, Leiden, Países Bajos.
- González Guzmán, E. 1985. Comentarios bioestratigráficos en relación al Terciario en áreas adyacentes a los Andes Colombo-Venezolanos. Mem. II Simp. Bolivariano, Tomo II.
- Haq, B.U., Hardenbol, J. y Vail, P.R. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic (250 Myr ago to present). *Science*, 235, p. 1156-1167.
- Hernández, E., Oldershaw, A. y Krause, F. 1996. The Guasare Formation (Paleocene), Maracaibo Basin: A carbonate or a terrigenous play? (Resumen.) AAPG Bulletin, 80, p. 1301.
- Higgs, R. 1993. Sedimentological evidence for early uplift (Oligocene) of the Venezuelan Andes (resumen). AAPG Bulletin, 77, p. 325.
- Higgs, R. 1996. A new facies model for the Misoa Formation (Eocene), Venezuela's main oil reservoir. *J. Petroleum Geol.*, 19, p. 249-269.
- Kiser, G.D. 1989. Relaciones estratigráficas de la cuenca Apure/Llanos con áreas adyacentes, Venezuela suroeste y Colombia oriental. Soc. Venez. Geol., Monografía 1, 77 págs.
- Kiser, G.D. 1992. Cuencas sedimentarias de Venezuela. Boletín Soc. Venez. Geólogos, 45, p. 7-27.
- Lagazza, R., Boesi, T., Chacartegui, F., Sampson, E. y Falcón, R. 1993. An integrated view of the Eocene Misoa Formation, Maracaibo Basin, Venezuela. Guía de excursión, I AAPG/SVG International Conference, Caracas, 14-17 marzo 1993.
- Link, M.H., Taylor, C.K., Bueno, E. y Mitchum, R.M. 1994. Structure, stratigraphy and sequence stratigraphy, Maraven Block I: A seismic perspective, Maracaibo Basin, Venezuela. Mem. VII Congr. Venez. Geofísica, p. 401-408.
- Lorente, M.A. 1995. El Paleógeno en la Cuenca de Maracaibo (resumen). En: Paleógeno de América del Sur; 34. Asoc. Paleont. Argentina, Publ. Espec. No. 3.
- Lorente, M.A., Durán, I., Pittelli, R. y Rull, V. 1995. Consideraciones sobre el marco lito-biocronoestratigráfico de la Cuenca de Maracaibo: con énfasis en el análisis bioestratigráfico. Nota técnica interna Maraven, RS-278. Inédito.
- Lorente, M.A., Rull, V., Ruiz, M., Durán, I., Truskowski, I. y Di Giacomo, E. 1997. Nuevos aportes para la datación de los principales eventos tectónicos y unidades litoestratigráficas de la Cuenca de Maracaibo, Venezuela Occidental. Boletín de Geología, Vol. 18, No. 31, p. 33-50.
- Lugo, J. 1994. The Mérida Arch: Tectonic control on deposition from late Mesozoic to early Cenozoic in western Venezuela. Mem. V Simp. Bolivariano, p. 291-310.
- Lugo, J. y Mann P. 1995. Jurassic-Eocene tectonic evolution of Maracaibo Basin, Venezuela. En A.J. Tankard, R. Suárez y H.J. Welsink (eds.), *Petroleum Basins of South America*. AAPG Memoir 62, p. 699-725.
- McCollough, C.N. y Carver J.A. 1992. The giant Caño Limón Field, Llanos Basin, Colombia. En: M.T. Halbouty (ed.), *Giant oil and gas fields of the decade 1978-1988*; 175-195. AAPG Memoir 54, Tulsa, OK, 526 págs.
- Meléndez, L., Ghosh, S., Pestman, P. y Zambrano, E. 1996. El Eocene en la Cuenca de Maracaibo: Evolución tectonosedimentaria. Mem. 8^{vo} Congr. Venez. Geofísica, p. 165-172.
- Molina, A. 1993. Tarra Field. En: N.H. Foster and E.A. Beaumont (comp.), *Treatise of Petroleum Geology - Structural Traps VIII*; 255-269. AAPG, Tulsa, OK, 328 págs.
- Navas, J. 1985. Campo de Arauca. Mem. II Simp. Bolivariano, Vol. I.
- North American Commission On Stratigraphic Nomenclature. 1983. North American stratigraphic code. AAPG Bulletin, 67, p. 841-875.
- Ortega, J.F., van Erve, A. y de Monroy, Z. 1987. Formación Guafita: Nueva unidad litoestratigráfica del Terciario en el subsuelo de la Cuenca Barinas-Apure, Venezuela suroccidental. Boletín Soc. Venez. Geol., 31, p. 9-35.
- Osuna, S., Macsotay, O. y Arnstein, R. 1995. Sedimentación de antefosa. Eocene Medio-Superior en Barinas, Venezuela. Mem. IX Congr. Latinoamericano de Geol., Caracas (publicado en disquete).
- Parnaud, F., Gou, Y., Pascal, J.-C., Capello, M.A., Truskowski, I. y Passalacqua, H. 1995. Stratigraphic synthesis of western Venezuela. En A.J. Tankard, R. Suárez y H.J. Welsink (eds.), *Petroleum Basins of South America*. AAPG Memoir 62, p. 681-698.
- Pestman, P.J., Bartok, P., Ghosh, S.K. y Meléndez, L. 1994. Influencia tectónica y de fluctuaciones del mar en sistemas fluviales, con ejemplos del Eocene en la Cuenca de Maracaibo, Venezuela. Mem. V Simp. Bolivariano, p. 65-84.
- Pestman, P., Ghosh, S., Meléndez, L. y Zambrano, E. 1996. El Eocene en la Cuenca de Maracaibo: Incógnitas por resolver. Mem. 8^{vo} Congr. Venez. Geofísica, p. 165-172.
- Pindell, J.L. y Barrett S.F. 1990. Geologic evolution of the Caribbean: a plate-tectonic perspective. En: G. Dengo y J.E. Case (eds.), *The Caribbean*, Volume

- H: Decade of North American Geology, Geol. Soc. America, p. 405-432.
- Pocknall, D.T., Ehrlich, R.N., Stein, J.A. y Lorente, M.A. 1996. The palynofloral succession across the Cretaceous to Paleocene transition zone, Merida Andes, western Venezuela (Resumen). Abstracts Ninth Int. Palynol. Congr., Houston, p. 125-126.
- Stephan, J.F. 1985. Andes et Chaîne Caraïbe sur la transversale de Barquisimeto (Vénézuéla). Evolution géodynamique. Mem. Symp. Géodynamique des Caraïbes, Paris 1985; p. 505-529. Editions Technip, Paris.
- Suárez, M.A. 1997. Tectonoestratigrafía del Terciario y potencial petrolífero de la Formación La Paz, Cuenca del Valle Medio del Magdalena (parte norte), Colombia. Mem. VI Simp. Bolivariano, Tomo II, p. 95-98.
- Sutton, F.A. 1946. Geology of the Maracaibo Basin, Venezuela. AAPG Bull., 30, p. 1621-1741.
- Truskowski, I. y Pestman, P. 1997. Nuevos aportes sobre la estratigrafía del Eoceno en Barú-Motatán-Serranía de Trujillo, costa suroriental del Lago de Maracaibo, Venezuela. Mem. VI Simp. Bolivariano, Cartagena, Tomo II, p. 248-251.
- Zambrano, E., Vásquez, E., Duval, B., Latreille, M. y Coffinières, B. 1971. Síntesis paleogeográfico y petrolero del occidente de Venezuela. Mem. IV Congreso Geológico Venezolano, Tomo I, p. 483-552. Pub. Especial Boletín Geología, No. 5.
- Zambrano, E., Ghosh, S.K., Pestman, P., Meléndez, L., Bartok, P., Lorente, Ma.A. y otros 1995. Síntesis geológica, marco secuencial y perspectivas exploratorias del Eoceno de la Cuenca de Maracaibo. Informe interno Maraven, EPC-13494. Inédito

Alpuj-Machiques:	Catlin et al. 1994
Apure occidental:	Zambrano et al. 1995
Arauca:	Kiser 1989
Barinas:	Galea-Alvarez et al. 1994
Bloque III:	Navas 1985
Caño Limón-Guafita:	Kiser 1989
Cusiana:	Osuna et al. 1995
Frente Norandino:	R. Arnstein, com. pers. 1996
Magdalena Medio:	Zambrano et al. 1995
SOL:	Ortega et al. 1987
Tibú-Tarra:	McCullough y Curver 1992
Zulia oriental:	Chigne y Hernández 1992
	A.E. González G., com. pers. 1997
	Cooper et al. 1995
	Boesi et al. 1988
	Arminio y Allen 1990
	Cooper et al. 1995
	Suárez 1997
	Zambrano et al. 1995
	González 1967
	Molina 1993
	Ma.A. Lorente, com. pers. 1997
	Zambrano et al. 1995

Tabla 1.
Referencias bibliográficas para las secciones cronoestratigráficas (Figs. 3-5)