

EL LIMITE OLIGO-MIOCENO EN EL TERCIARIO MARINO DE COLOMBIA

HANS BÜRL

RESUMEN

La zona de *Cibicides* (vic. *Heterolepa*) *perlucida*, establecida por V. PETTERS & R. SARMIENTO (1956) contiene foraminíferos planctónicos que la correlacionan con la zona de *Globigerina oligocaenica* de W. H. BLOW & F. T. BANNER (1962). Por encima de esta sigue una zona con una fauna planctónica, que está caracterizada en primer lugar por *Catapsydrax ciproensis*. Esta se considera tentativamente como Oligoceno Superior. La próxima zona en Colombia contiene varias especies de *Globigerinoides*, *Globorotalia kugleri* y *Globorotalia mayeri* y corresponde, por lo tanto, a la parte alta de la zona de *Globorotalia kugleri* del Aquitaniano. Pero con estas formas miocenas se encuentran en abundancia especies oligocenas y, en menor número eocenas, cuya presencia se debe explicar por redeposición al principio de la transgresión del Mioceno. Las zonas de *Globigerina ampliapertura*, *Globorotalia opima opima*, *Globigerina ciproensis ciproensis* como también la parte inferior de la zona de *Globorotalia kugleri* no se pudieron reconocer claramente en Colombia hasta la fecha.

Este hiato en el límite Oligoceno-Mioceno no se observa solamente en el Terciario marino sino también en los sedimentos continentales. El intervalo correspondiente fue en los Andes colombianos un tiempo de intensos movimientos tectónicos y magmáticos, que se correlacionan con la Fase Sálica de H. STILLE (1924).

En los alrededores de los anticlinorios del Terciario marino, la base del Mioceno marino consta esencialmente de arcillas oligocenas y eocenas redepositadas, las cuales apenas se distinguen de las del Oligoceno y Eoceno Superior. Muchos geólogos la comprenden por tal razón en la misma unidad litostratigráfica (Formación Porquera). Como estas capas limítrofes son poco resistentes a la erosión y con frecuencia tapadas por el Cuaternario, el límite Oligo-Mioceno no fue reconocido hasta días muy recientes.

ABSTRACT

The *Cibicides* (vic. *Heterolepa*) *perlucida* zone, established by V. PETTERS & R. SARMIENTO (1956), contains a planctonic foraminifera assemblage of the *Globigerina oligocaenica* zone (W. H. BLOW & F. T. BANNER 1962). It is overlain by a zone with a fauna characterized particularly by *Catapsydrax ciproensis* and which is tentatively considered here to be of Upper Oligocene (Chatian) age. The next zone following upwards contains species of *Globigerinoides*, *Globorotalia kugleri* and *Globorotalia mayeri* and corresponds, therefore, to the upper part of the *Globorotalia kugleri* zone (H. M. BOLL 1957). But with these Miocene forms occur many planctonic and benthonic species known from other regions to be of Oligocene and, in a lesser number, of Eocene age. The presence of these foraminifera in association with *Globigerinoides triloba* and other Miocene forms can be

explained only by re-deposition at the begin of the Miocene transgression.

The zones of *Globigerina ampliapertura*, *Globorotalia opima opima*, *Globigerina ciproensis ciproensis* as well as the lower portion of the *Globorotalia kugleri* zone have never been clearly identified in Colombia.

This Oligocene-Miocene hiatus is observed not only in the region of marine sedimentation but also in the areas of continental facies. In the Colombian Andes in general, this interval was a time of intense tectonic and magmatic activity, which correlates with the world wide Savaen orogenic phase, recognized already in 1924 by H. STILLE.

Around the anticlinoria in the marine Tertiary region, the base of the Miocene consists essentially of re-deposited Oligocene and Eocene shales, which hardly differ from those of Oligocene and Eocene age. Many geologists, therefore, comprise them in the same lithostratigraphic unit (Porquera Shale). These shales, partly of pre-Miocene and partly of Early Miocene age are little resistant to erosion, frequently covered by Quaternary deposits and, therefore, scarcely well exposed. This and the foraminiferal contamination explain why in Colombia the true Oligocene-Miocene boundary has not been recognized until very recent date.

INTRODUCCION

La mejor y más completa subdivisión biostratigráfica del Oligoceno y Mioceno marinos de Colombia es la que V. PETTERS & R. SARMIENTO establecieron en 1956 en la sección Carmen-Zambrano, en el Departamento de Bolívar (fig. 1). En esta subdivisión no consideraron solamente las condiciones locales sino también una multitud de observaciones estratigráficas y faunísticas colectadas en otras partes del país. Especialmente por tal razón, esta biostratigrafía se pudo aplicar satisfactoriamente en todas las partes del Terciario marino de Colombia, desde la península de la Guajira en la región caribe, hasta Tumaco en la costa pacífica.

Las primeras correlaciones geocronológicas entre el Terciario de Colombia y Europa se hicieron a base de los moluscos (F. M. ANDERSON 1927, 1928, 1929; B. L. CLARK & J. W. DURHAM, 1946) y la mayoría de los micropaleontólogos que estudiaron las faunas de foraminíferos en este país adoptaron estas correlaciones (A. WERENFELS 1926, I. P. TOLMACHOFF 1934, C. D. REDMOND 1953, J. ROYO & GOMEZ 1942 y 1950, H. BÜRL & AL. 1955). V. PETTERS & R. SARMIENTO, en contraste, determinaron la posición geocronológica de sus zonas comparándolas con las zonas de foraminíferos de los países vecinos, cuya edad como se pensaba entonces estaba bien establecida (California, México, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Trinidad, Venezuela, Ecuador, Perú). Pero como también en estos países, la edad de las faunas de foraminíferos fue determinada originalmente

a base de los moluscos, ambos métodos aplicados en Colombia dieron el mismo resultado. Las zonas de foraminíferos de Colombia parecieron por lo tanto, bien incorporadas a la estratigrafía de las Américas y satisfactoriamente correlacionadas con los pisos europeos.

MIOCENO	Medio	<i>Rotalia beccarii</i>
	Inferior	<i>Uvigerina subperegrina</i>
		<i>Bulimina carmenensis</i>
		<i>Sigmoilina tenuis</i>
OLIGOCENO	Sup.	<i>Siphogenerina basispinata</i>
		<i>Planulina karsteni</i>
		<i>Guttulina caudriac</i>
	Med.	<i>Globigerina dissimilis</i>
	Inf.	<i>Gibicides perlucidus</i>
	Sup.	<i>Bulimina jacksonensis</i>
EOCENO		

Fig. 1 — Biostratigrafía del Oligoceno y Mioceno en Colombia según V. PETERS & R. SARMIENTO, 1956.

Como era costumbre en aquellos años, V. PETERS & R. SARMIENTO (1956) usaron para la definición y correlación de sus zonas en primer lugar foraminíferos bentónicos. En 1948, L. W. LE ROY llamó la atención sobre la importancia de los foraminíferos planctónicos para correlaciones inter-regionales. En 1952 él demostró que, por ejemplo, la aparición de la *Orbulina universa*, la cual muy probablemente fue simultánea en todos los mares, fue considerada en la región caribe como Oligoceno Medio o Superior, en otras regiones como Mioceno

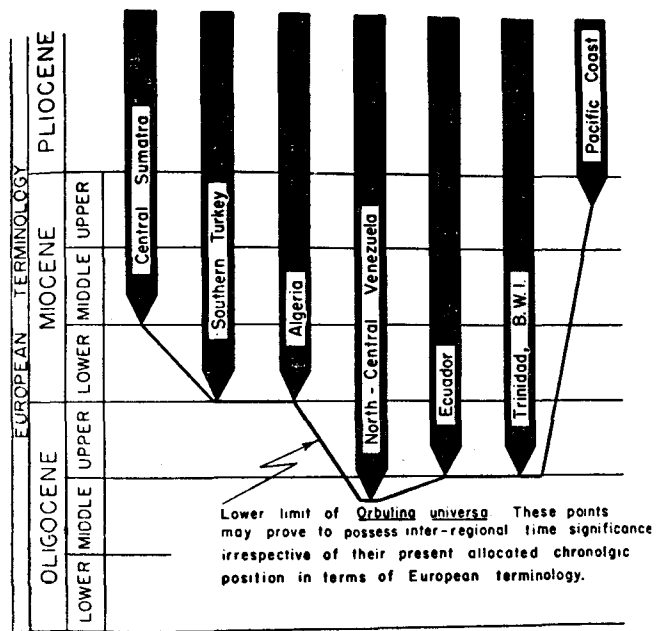


Fig. 2 — La aparición de *Orbulina universa* D'ORBIGNY en diferentes partes del mundo según la correlación transoceánica en uso en 1952. Según L. W. LE ROY, 1952.

Inferior, Medio o Superior (fig. 2). Por tal razón, él recomendó una revisión de las correlaciones transoceánicas usando la repartición vertical de foraminíferos planctónicos como marcadores de tiempo.

Estas sugerencias y las valiosas experiencias adquiridas con foraminíferos planctónicos en Trinidad y en Ecuador (J. A. CUSHMAN & R. M. STAINFORTH 1945, R. M. STAINFORTH 1948a) incitaron un estudio intenso de estos foraminíferos en diversas partes del mundo. Mientras que las correlaciones del Paleoceno y del Eoceno apenas fueron discutidas, se suscitó una controversia muy viva sobre la posición del límite Oligoceno-Mioceno, particularmente en la región caribe. En la figura 3 indicamos brevemente las opiniones expresadas por algunos autores a este respecto. No podemos entrar ahí

<i>Hyria trinitaria</i>	
<i>Amadara patricia</i>	
<i>Ostrea haitiensis</i>	
<i>Textularia cf. pozonensis</i>	
<i>Globarotalia menardii</i>	
<i>Globarotalia mayeri</i>	
<i>Globarotalia fohsi robusta</i>	OLSSON 1932, BOLLI 1950, KUGLER 1953, BÜRGEL & AL. 1955, OLSSON 1956, PETERS & SARMIENTO 1956, STAINFORTH 1948 a, b
<i>Globarotalia fohsi lobata</i>	
<i>Globarotalia fohsi fohsi</i>	
<i>Globarotalia fohsi barisonensis</i>	H. H. RENZ 1948, KUGLER 1954, 1956, † WEISS 1955
<i>Globigerinatella insueta</i>	
<i>Catapsydrax stainforthi</i>	
<i>Catapsydrax dissimilis</i> (en el sentido de H. BOLLI no PETERS & SARMIENTO)	BOLLI 1957, STAINFORTH 1960, VAN DEN BOLD 1961, DROOGER 1956
<i>Globarotalia kugleri</i>	BANDY 1964
<i>Globigerina ciperoensis ciperoensis</i>	WHEELER 1960
<i>Globarotalia opima opima</i>	
<i>Globigerina ampliapertura</i>	
<i>Globigerina oligocaenica</i> (no representada en Trinidad)	EAMES 1953, 1954, 1955, AKERS 1955, EAMES & CLARKE 1957, EAMES & AL. 1962

Fig. 3 — La posición del límite Oligoceno-Mioceno según diferentes autores.

Table I

Detrás: Clara de Breda

NOTA: Los nombres cronostratigráficos europeos referentes al Terciario, en la columna de H. BÉGIN, son tentativos (véase C. W. DROOGER 1964).

en una discusión de los argumentos en favor o en contra de una u otra correlación geocronológica, especialmente si consideramos que algunas de ellas sólo tienen hoy un interés histórico. Nos parece, que actualmente sólo dos opiniones se enfrentan en la discusión:

a) el límite Oligoceno-Mioceno (= chattiano-aquitano) está situado en Trinidad en la base de la zona de *Catapsydrax dissimilis* (H. BOLLI 1957) o dentro de la de *Globorotalia kugleri* (O. L. BANDY, 1964),

b) este límite debe colocarse en la base de la zona de *Globigerina ampliapertura* (F. E. EAMES 1953, F. E. EAMES & AL 1962).

A continuación demostraremos, que para Colombia esta alternativa no tiene importancia práctica, porque en este país, las zonas de

Globigerina ciperoensis ciperoensis

Globorotalia opima opima

Globigerina ampliapertura

como también la parte inferior de la zona de *Globorotalia kugleri*

no han sido reconocidas con seguridad y hay dudas de si fueron depositadas o no. Por tal razón estamos de acuerdo con casi todos los autores, si consideramos las capas con *Globorotalia kugleri* encima de esta laguna estratigráfica como Mioceno, y las capas con *Globigerina oligocaenica*, debajo de ésta como Oligoceno.

Desde que abrimos el Consultorio Paleontológico en Bogotá en el año de 1958, consideramos como nuestra tarea principal, correlacionar las zonas de PETTERS & SARMIENTO (1956) con las zonas de foraminíferos planctónicos, y lograr de tal manera una correlación más sólida con las unidades geocronológicas establecidas en Europa. No obstante que tuvimos la oportunidad de estudiar en nuestro laboratorio las muestras de unas treinta perforaciones profundas y varios miles de muestras de campo y de pozos sísmicos y estratigráficos (slim holes), sólo logramos este fin hasta principios del año 1963, debido a la escasez y la conservación deficiente de los foraminíferos planctónicos en extensas partes del país. Como lo muestra la tabla 1, la posición geocronológica de las zonas de foraminíferos en Colombia está hoy esencialmente establecida y los problemas que quedan por resolver aún, se refieren solamente a detalles secundarios, locales y a su correlación con las secciones típicas en Europa (C. W. DROOGER 1964, p. 369).

No es este el lugar para tratar todas las zonas de foraminíferos en su conjunto, y nos restringimos a discutir un capítulo de interés especial, cual es el límite entre el Oligoceno y el Mioceno, y que se identifica con el límite entre el Paleogeno y el Neogeno. En Colombia este presenta condiciones particulares, que según nuestros conocimientos no han sido observados o reconocidos en ningún otro país. Por tal razón nos parece que la descripción de estas condiciones no es solamente de interés local, sino que puede ayudar a la solución de problemas semejantes en otras regiones.

A continuación describimos las zonas inmediatamente debajo y encima de este límite, tratando particularmente los foraminíferos planctónicos que se encontraron en Colombia en estos niveles.

Zona de *Heterolepa perlucida*

Fósil guía: *Heterolepa perlucida* (NUTTALL) = *Cibicides perlucidus* NUTTALL 1932 (p. 33, pl. 8, figs. 10-12) = *Gavelinopsis perlucida* (NUTTALL) HOFKER 1956 (p. 948, figs. 85-87).

Nombre de la zona: Originalmente designada como "Cibicides perlucidus zone" por V. PETTERS & R. SARMIENTO (1956 pp. 11-13). H. BÜRL (1961a, p. 173) la llamó "zona de *Cibicides cushmani*"; sin embargo, *Hanzawaia cushmani* (NUTTALL) (1930, p. 291, pl. 25, figs. 3, 5, 6) tampoco está restringida a esta zona, y por razones de prioridad la designación de PETTERS & SARMIENTO sigue rigiendo, con la excepción del nombre genérico del fósil designativo.

Respecto a la localidad típica y la micro-fauna bentónica hacemos remisión a PETTERS & SARMIENTO (1956, pp. 11-13).

Límites: Según estos autores, el límite inferior de la zona se traza con la desaparición de

Bolivinosopsis nuttalli (LALICKER)

Bulimina jacksonensis (CUSHMAN)

Hantkenina alabamensis CUSHMAN

Hastigerinella eocanica NUTTALL

y la primera aparición de

Sigmoilina tenuis (CZJZEK)

Uvigerina mexicana NUTTALL

Anomalina alazanensis NUTTALL

"*Cibicides*" *granulosus* BERMUDEZ.

El límite superior está marcado, según estos autores, por la extinción de

Bulimina sculptilis CUSHMAN

Heterolepa perlucida (NUTTALL)

Martinottiella petrosa (CUSHMAN & BERMUDEZ)

Vulvulina chirana CUSHMAN & STONE

y por la primera aparición de

Uvigerina cf. *canariensis* D'ORBIGNY

Uvigerina gallowayi gallowayi CUSHMAN

Uvigerina rustica CUSHMAN & EDWARDS

"*Cibicides*" *cicatricosus* (SCHWAGER).

Fauna planctónica: En Colombia, particularmente en la región alrededor del golfo de Urabá, la zona de *Heterolepa perlucida* es una de las más ricas en foraminíferos planctónicos (y radiolarios) del Terciario. Sin embargo, las especies de importancia estratigráfica decisiva son sumamente escasas, y de algunas no observamos más que tres o cinco especímenes en el voluminoso material estudiado (por ejemplo de *Globigerina oligocaenica*). En la tabla II se citan los foraminíferos planctónicos que encontramos en esta zona y su extensión vertical según H. M. BOLLI (1957), P. J. BERMUDEZ (1961), BLOW & BANNER (1962), O. L. BANDY & R. L. KOLPACK (1963), O. L. BANDY (1962, 1963, 1964) y otros.

De la tabla siguiente resulta, que la zona de *Heterolepa perlucida* puede corresponder solamente a la zona de *Globigerina oligocaenica* de BLOW & BANNER (1962). La única especie que parece extraña en este nivel es el *Catapsydrax ciperoensis*. Pero estos autores mencionan (1962, p. 108), que esta forma se encuentra también en la formación San Fernando (Eoceno Superior) en Trinidad y, por lo tanto, su presencia en la zona de *Heterolepa perlucida* no debe sorprender.

TABLA II

Extensión vertical de los foraminíferos planctónicos
de la zona de *Heterolepa perlucida*

	<i>Globigerina ciperoensis cip.</i>	<i>Globorotalia opima opima</i>	<i>Globigerina ampliapertura</i>	<i>Globigerina oligocaenica</i>	<i>Globigerina turritina turriti</i>	<i>Cribohamkenina danvillensis</i>	<i>Globigeraspis seminvoluta</i>	<i>Turborotaloides rohri</i>
<i>Globigerina ampliapertura ampliapertura</i> BOLLI								
<i>Globigerina angustumilicata</i> BOLLI								
<i>Globigerina ciperoensis ciperoensis</i> BOLLI								
<i>Globigerina euapertura</i> JENKINS								
<i>Globigerina officinalis</i> SUBBOTINA								
<i>Globigerina oligocaenica</i> BLOW & BANNER								
<i>Globigerina ouachitaensis gnaucki</i> BLOW & BANNER								
<i>Globigerina ouachitaensis ouachitaensis</i> HOWE & WALLACE								
<i>Globigerina praebuloides leroyi</i> BLOW & BANNER								
<i>Globigerina praebuloides occlusa</i> BLOW & BANNER								
<i>Globigerina praebuloides praebuloides</i> BLOW & BANNER								
<i>Globigerina senilis</i> BANDY								
<i>Globigerina tripartita tripartita</i> KOCH								
<i>Globigerina tripartita tapuriensis</i> BLOW & BANNER								
<i>Globigerina venezuelana</i> HEDBERG								
<i>Globigerina yeguaensis pseudovenezuelana</i> BLOW & BANNER								
<i>Globigerina yeguaensis yeguaensis</i> WEINZIERL & APPLIN								
<i>Globigerina "aff. yeguaensis"</i> BLOW & BANNER								
<i>Catapsydrax ciperoensis</i> (BLOW & BANNER)								
<i>Globigerinita martini scandretti</i> BLOW & BANNER								
<i>Globigerinita pera</i> (TODD) BLOW & BANNER								
<i>Globigerinita primitiva</i> BLOW & BANNER								
<i>Catapsydrax unicava</i> BOLLI, LOEBLICH & TAPPAN								
<i>Globorotalia opima nana</i> BOLLI								
<i>Turborotalia increbescens</i> (BANDY)								
<i>Turborotalia permicra</i> BLOW & BANNER								
<i>Globorotaloides suteri</i> BOLLI								

Según F. E. EAMES & AL. (1962), la zona de *Globigerina oligocaenica* corresponde al Lattorfiano y Rupe-
liano (Oligoceno Inferior y Medio) en Europa. Con-
secuentemente suponemos la misma edad para la zona de
Heterolepa perlucida.

Nivel litostratigráfico: Las capas con la fauna de
Heterolepa perlucida están comprendidas en la parte
inferior de la formación Porquera o Carmen según la
litostratigrafía de la International Petroleum (Colom-
bia) Ltda. y la Colombian Petroleum Company, respec-
tivamente. Una rica fauna planctónica de esta zona la
encontramos también en las delgadas intercalaciones ar-
cillosas de las calizas de Vijes en el Valle del Cauca,
mientras que las calizas mismas contienen en abundan-
cia *Palaeonummulites carmenensis* (ANDERSON) y otros
foraminíferos grandes.

Finalmente queremos mencionar, que el fósil deno-
minativo de esta zona, la *Heterolepa perlucida*, no está
restringido a esta zona que se encuentra también, a ve-
ces aún con mayor frecuencia, en la zona de *Bulimina*
jacksonensis (Eoceno Superior alto) de Colombia.

Zona de *Catapsydrax ciperoensis*

Fósil guía: *Globigerinita dissimilis ciperoensis* BLOW
& BANNER (1962, p. 107, pl. XIV A-C). Según A. R.
LOEBLICH & H. TAPPAN (1964, p. 676), *Globigerinita*
BRÖNNIMANN 1951 y *Catapsydrax* BOLLI, LOEBLICH &
TAPPAN 1957 representan géneros diferentes. El holótipo
de *Globigerinita dissimilis ciperoensis* presenta las carac-
terísticas del género *Catapsydrax*, pero muchos especí-
menes se acercan apreciablemente al género *Globigeri-*
nita. Por otra parte no observamos transiciones a *Ca-*
tapsydrax dissimilis y, por lo tanto, consideramos *C.*
ciperoensis como especie diferente.

Nombre de la zona: Ahí se distingue esta zona por
primera vez. V. PETTERS & R. SARMIENTO (1956) inclu-
yeron la fauna respectiva en la parte inferior de su zona
de "*Globigerina dissimilis*".

Límites: El límite inferior de esta zona está mar-
cado por la desaparición (en sentido cronológico) de
Bolivinaopsis trinitatensis CUSHMAN & RENZ
Tritaxia jarvisi (CUSHMAN)

Bulimina sculptilis CUSHMAN
Cibicides hutteri BERMUDEZ
Hanzawaia cushmani (NUTTALL)
Heterolepa perlucida (NUTTALL)
Globigerina pseudovenezuelana BLOW & BANNER
Globigerina yeguaensis WEINZIERL & APPLIN
Globigerina senilis BANDY

y la primera aparición de

Sphaeroidina variabilis REUSS
Globobulimina pacifica CUSHMAN
Bulimina dentoni PETTERS & SARMIENTO
Bolivina pisciformis GALLOWAY & MORREY
Cibicides carstensi CUSHMAN & ELLISOR
Cibicides falconensis RENZ
Cibicides matanzasensis HADLEY
Globigerina parva BOLLI
Globigerina rohri BOLLI.

El límite superior está particularmente marcado por la desaparición de

Vaginulopsis mexicana (NUTTALL)
Sigmomorphina trinitatensis CUSHMAN & OZAWA
Siphouvigerina chirana (CUSHMAN & STONE)
Anomalina pompilioides GALLOWAY & HEMINWAY
Heterolepa mexicana (NUTTALL)
Catapsydrax ciperoensis (BLOW & BANNER)
Globigerinita primitiva BLOW & BANNER.

Fauna planctónica: En todos los sitios donde observamos hasta la fecha esta zona, ella presenta una facies pelágica con muchos foraminíferos planctónicos y radiolarios. Particularmente es frecuente *Catapsydrax ciperoensis*, por cuya razón designamos esta zona según esta forma. En la tabla III citamos los foraminíferos planctónicos y su repartición vertical según los autores citados anteriormente.

TABLA III

Extensión vertical de los foraminíferos planctónicos de la zona de *Catapsydrax ciperoensis*

	<i>Catapsydrax stainforthi</i>	<i>Catapsydrax dissimilis diss.</i>	<i>Globorotalia kugleri</i>	<i>Globigerina ciperoensis cip.</i>	<i>Globorotalia opima opima</i>	<i>Globigerina ampliapertura</i>	<i>Globigerina oligocaenica</i>	<i>Globigerina turritina turritina</i>	<i>Cribohantkenina danvillensis</i>	<i>Globigeraspis semiinvoluta</i>	<i>Truncorotaloides rohri</i>
<i>Globigerina ampliapertura ampliapertura</i> BOLLI											
<i>Globigerina angustiumbilitata</i> BOLLI											
<i>Globigerina ciperoensis ciperoensis</i> BOLLI											
<i>Globigerina euapertura</i> JENKINS											
<i>Globigerina officinalis</i> SUBBOTINA											
<i>Globigerina ouachitaensis gnaucki</i> BLOW & BANNER											
<i>Globigerina ouachitaensis ouachitaensis</i> HOWE & WALLACE											
<i>Globigerina parva</i> BOLLI											
<i>Globigerina praebulloides leroyi</i> BLOW & BANNER											
<i>Globigerina praebulloides praebulloides</i> BLOW & BANNER											
<i>Globigerina rohri</i> BOLLI											
<i>Globigerina tripartita tripartita</i> KOCH											
<i>Globigerina venezuelana</i> HEDBERG											
<i>Catapsydrax ciperoensis</i> (BLOW & BANNER)											
<i>Globigerinita primitiva</i> BLOW & BANNER											
<i>Globorotalia opima nana</i> BOLLI											
<i>Globorotalia increbescens</i> (BANDY)											
<i>Turborotalia permicra</i> BLOW & BANNER											
<i>Globorotaloides suteri</i> BOLLI.											

Según esta tabla la zona de *Catapsydrax ciperoensis* es más moderna que la de *Globigerina oligocaenica* de BLOW & BANNER (1962), y por otra parte más antigua que la zona de *Globigerina ampliapertura* en Trinidad, por contener todavía *Globigerina ouachitaensis gnaucki*, *Globigerinita primitiva* y *Turborotalia increbescens*.

Parece, por lo tanto, que se trata de una zona microfaunística no observada todavía en ningún otro lugar.

Tentativamente la correlacionamos con el Chattiano en Europa.

Nivel litostratigráfico: La fauna de *Catapsydrax ciperoensis* se encuentra en arcillas lutíticas, designadas como Carmen o Porquera Shale. En cuanto a su litología, las capas de este nivel no se distinguen de las de la zona de *Heterolepa perlucida*.

HIATO OLIGO-MIOCENO

En Colombia nunca hemos observado faunas con la misma composición de la de las zonas de

Globigerina ciperoensis ciperoensis

Globorotalia opima opima

Globigerina ampliapertura

(J. A. CUSHMAN & R. M. STAINFORTH 1945, H. M. BOLLI 1957). *Globigerina ampliapertura* y *Globigerina ciperoensis ciperoensis* se encuentran escasamente en las zonas de *Heterolepa perlucida* y *Catapsydrax ciperoensis*, la primera también en la zona de *Bulimina jacksonensis* (Eoceno Superior), pero en otras asociaciones. Disponemos de especímenes de gran semejanza con la ilustración del holotipo de *Globorotalia opima opima* (H. M. BOLLI 1957, pl. 28, figs. 1-3). Pero paratipos de Trinidad que el doctor J. B. Saunders tuvo la bondad de mostrarnos, nos enseñaron que todos estos especímenes deben ser clasificados como *Globorotalia (Turborotalia) opima nana* BOLLI 1957.

Zona de *Globorotalia kugleri*

Fósil guía: *Globorotalia kugleri* BOLLI 1957, p. 118, pl. 28, figs. 5^a-6.

Nombre de la zona: Esta fue establecida por H. M. BOLLI (1957, p. 100) en Trinidad. En la biostratigrafía de V. PETTERS & R. SARMIENTO (1956) forma una parte de la zona de "*Globigerina dissimilis*".

Límites: Según H. M. BOLLI (1967), la zona coincide con la repartición vertical de *Globorotalia kugleri*. *Globigerina juvenilis* BOLLI y *Globigerina bradyi* WIENER se observan por primera vez en esta zona. En la parte alta de la zona aparece el género *Globigerinoides*.

W. H. BLOW & F. T. BANNER (1962, p. 115) informan que también *Globigerinoides primordia* BLOW & BANNER (1962) está restringida a esta zona. O. L. BANDY (1964) considera este nombre como un sinónimo junior de *Globigerinoides triloba altiapertura* BOLLI, que se extiende hacia arriba hasta, por lo menos, la zona de *Catapsydrax stainforthi*. Nuestras observaciones en Colombia no confirman esta opinión.

En California, O. L. BANDY (1964) no separa una zona especial de *Globorotalia kugleri*. Este autor traza la base del Aquitaniano con la primera aparición del género *Globigerinoides* e incluye este nivel en la zona de "*Globigerina dissimilis*" (= zona de *Catapsydrax dissimilis* BOLLI, pero no la zona de "*Globigerina dissimilis*" de V. PETTERS & R. SARMIENTO 1956). El incluye la parte inferior de la zona de *Globorotalia kugleri* BOLLI en el Chattiano.

Estas diferencias de opinión con respecto a la base del Aquitaniano tienen poca importancia para la zonificación de Colombia. Ahí, los primeros marcadores del hiato citado son diferentes especies (o subespecies) del género *Globigerinoides*, que se hallan en abundancia. Esporádicamente se encuentran con ellas *Globorotalia kugleri*, forma que nunca observamos debajo de la aparición de *Globigerinoides* o arriba, en conjunto con *Catapsydrax stainforthi*. *Globigerinoides primordia* también hemos observado solamente en este nivel.

Por lo tanto, definimos para Colombia los límites de la parte alta de la zona de *Globorotalia kugleri* como sigue:

Límite inferior: primera aparición de
Globigerinoides immatura LE ROY
Globigerinoides primordia BLOW & BANNER
Globigerinoides rubra (D'ORBIGNY)
Globigerinoides triloba (REUSS)
Globorotalia kugleri BOLLI
Globorotalia (Turborotalia) mayeri CUSHMAN & ELLISOR

Límite superior: extinción de
Globigerinoides primordia BLOW & BANNER y
Globorotalia kugleri BOLLI

y primera aparición de
Catapsydrax stainforthi BOLLI, LOEBLICH & TAPPAN.

Foraminíferos redepositados: El reconocimiento de la zona de *Globorotalia kugleri* se dificulta en alto grado por el gran número de foraminíferos redepositados. Es particularmente por tal razón que muchos estratígrafos no reconocieron la base de esta zona, que consideramos hoy día como límite entre el Oligoceno y el Mioceno (J. DE PORTA 1963). Las muestras de esta zona no solamente contienen una fauna transicional entre ésta y zonas más antiguas, con frecuencia las formas redepositadas se encuentran en mayor abundancia y, a veces, mejor conservadas que las autóctonas. El carácter alóctono de las especies redepositadas en la zona de *Globorotalia kugleri* se puede deducir solamente de dos hechos:

1. De las observaciones en otras regiones terrestres;
2. De la presencia no solamente de foraminíferos del Oligoceno sino también del Eoceno Superior y Medio.

Asociaciones como las que se encuentran en Colombia, de *Pseudogloborotalia crassata*, *Hastigerina boliviariana*, *Turborotalia centralis* y *Globigerinoides triloba*, de ninguna manera pueden ser consideradas como autóctonas. Ellas se explican únicamente por una abrasión y redeposición de rocas eocenas al principio del Mioceno. Pero si esta tuvo lugar, es claro que efectuó en primer lugar los depósitos del Oligoceno.

De tal manera se explica, que se encuentran con frecuencia en conjunto con varias especies de *Globigerinoides* y con *Globorotalia (Turborotalia) mayeri* formas planctónicas oligocenas como

Catapsydrax ciperoensis (BLOW & BANNER)
Globigerina tripartita tripartita KOCH
Globigerina senilis BANDY
Globigerina yeguaensis WEINZIERL & APPLIN
Globigerina ouachitaensis gnaucki BLOW & BANNER
Turborotalia increbescens (BANDY)
Turborotalia permicra BLOW & BANNER
Turborotalia postcretacea (MJATLIUK).

También foraminíferos bentónicos, particularmente arenáceos se encuentran redepositados, por ejemplo

Vulvulina jarvisi CUSHMAN
Tritaxia mexicana (CUSHMAN)
Textulariella barrettii (JONES & PARKER)
Vaginulinopsis mexicana (NUTTALL)
Sigmomorphina trinitatensis CUSHMAN & OZAWA.

Nivel litostratigráfico: En la clasificación litostratigráfica de la Colombian Petroleum Company, la zona de *Globorotalia kugleri* (más precisamente hablando, su

parte superior) forma la base de la Formación Rancho. Otras compañías suelen incluirla en la Formación Porquera. Puede parecer extraño, que los geólogos incluyan las capas oligocenas y aquitanianas en la misma unidad litostratigráfica. Sin embargo, más adelante veremos que realmente las capas por debajo y por encima del límite Oligo-Mioceno con frecuencia son muy semejantes. Como además, por su constitución arcillosa, están mal expuestas, no debe sorprender que este límite haya escapado a la atención de muchos geólogos.

Zona de *Catapsydrax dissimilis* y *C. stainforthi*

Estas dos zonas, establecidas por H. M. BOLLI (1957) en Trinidad, se pueden separar en Colombia solamente en sucesiones continuas (perforaciones), mientras que en muestras de campo aisladas por lo general no se distinguen. Nuestras observaciones en perforaciones y secciones continuas están de acuerdo con los resultados de H. M. BOLLI (1957), fig. 18) respecto a la repartición vertical de los foraminíferos planctónicos.

Entre las especies más características de estas zonas se encuentran con cierta frecuencia

Globigerina angustumbilicata BOLLI

Catapsydrax dissimilis (CUSHMAN & BERMUDEZ)

Catapsydrax stainforthi BOLLI, LOEBLICH & TAPPAN

Globigerinoides altiapertura BOLLI.

Un fósil guía bentónico de estas zonas es *Lenticulina wallacei* (= *Marginulina wallacei* HEDBERG, 1937, p. 670, pl. 90, figs. 15-17).

Como la mayoría de los foraminíferos planctónicos no habían sido descritos en 1956, V. PETERS & R. SARMIENTO incluyeron dichas zonas también en su zona de "*Globigerina dissimilis*" (fig. 1).

En estas zonas todavía se encuentran foraminíferos oligocenos y, en menor número, eocenos redepositados. Pero su número es muy reducido en comparación con la zona de *Globorotalia kugleri* y, en general, el reconocimiento de su carácter alóctono no presenta problemas, si consideramos los resultados obtenidos en otros países.

EVENTOS TECTONICOS DURANTE EL HIATO OLIGO-MIOCENO

Del estudio de los foraminíferos planctónicos resulta lo siguiente: al final del Oligoceno el mar se retiró de todo el territorio colombiano; las regiones anteriormente cubiertas por el mar fueron solevantadas y expuestas a la erosión; en el tiempo de la zona de *Globorotalia kugleri* el mar avanzó otra vez y mucho material oligoceno (y, en zonas anticlinales, del Eoceno) fue re-sedimentado en las capas basales de la nueva transgresión.

El período de no-sedimentación no fue solamente un tiempo de solevantamiento general sino también de plegamientos intensos. Estos se manifiestan en el territorio del Terciario marino particularmente en la Serranía de San Jacinto, al sur de Galerazamba y del Golfo de Morrosquillo, en todo el geosinclinal de Bolívar (A. A. OLSSON 1932, p. 53; 1953, W. E. NYGREN 1950) y en la península de la Guajira (O. RENZ 1960, H. BÜRL 1961). Interrupciones en la sedimentación en conexión con plegamientos pre-miocenos se conocen en Colombia también en las regiones de sedimentación continental; por ejemplo, en la base del Gualanday Superior en el valle

superior del río Magdalena (N. TELLEZ & J. NAVAS, 1962) y en la base de la Formación León de la concesión Barco (A. N. DUSENBURY JR. 1949, p. 149; F. B. NOTESTEIN & AL. 1944, p. 1201, y F. A. SURTON 1946, p. 1675, consideraron el contacto Carbonera-León como concordante). En otras regiones de sedimentación continental, el límite oligo-mioceno no está bien establecido. Las correlaciones de T. VAN DER HAMMEN (1961) a base del polen fósil no podemos aceptarlas siempre, porque nuevos hallazgos y la posibilidad que también el polen de diferentes niveles sea redepositado, demandan ciertas revisiones en el sistema biostratigráfico de este autor.

El geosinclinal de Bolívar, la región andina más móvil durante el Terciario, estaba en casi continuo hundimiento desde el principio del Paleoceno hasta el final del Oligoceno. Durante el Eoceno, sus sedimentos fueron intensamente impregnados con magmas básicos y ultrabásicos (A. GANSSER 1950). Al final del Oligoceno¹ el magmatismo de esta región cambió fundamentalmente: la producción de magmas básicos cesó y el antepaís de este geosinclinal, la Cordillera Occidental, fue plegado, intruído por magmas tonalíticos y levantado por encima del nivel del mar (H. F. BELDING 1954, p. 58, figs. 9 y 10). En su continuación por América Central se formó un archipiélago o un puente de tierra firme, que facilitó a roedores y a algunos monos la inmigración desde Norteamérica (G. G. SIMPSON 1940, E. THENIUS & H. BÜRL 1957).

Considerando todos los cambios paleogeográficos, los procesos tectónicos y magmáticos durante el intervalo entre el Oligoceno y el Mioceno (figs. 4 y 5) se llega a la conclusión de que, en la región andina de Colombia aquél era una fase orogénica de primer orden (H. BÜRL 1961a, p. 174). Se la conoce también en Ecuador y Perú (A. A. OLSSON 1931, R. M. STAINFORTH & W. RÜEGG 1953) y fue reconocida ya en 1924 como fase orogénica de extensión mundial por H. STILLE, y designada como Fase Sálica (1924, pp. 176-185).

Bajo estas condiciones debe parecer extraño que, particularmente en el área de la sección típica de Oligo-Mioceno, cerca de Carmen de Bolívar, por tanto tiempo los geólogos no reconocieran el límite correcto entre estos pisos e incluyeran los depósitos por debajo y por encima de él en la misma unidad litostratigráfica. Sin embargo, esto se explica fácilmente si se tienen en cuenta los detalles sedimentarios y tectogenéticos de esta región.

Durante la mayor parte del Paleogeno, el talud continental del territorio colombiano seguía la línea Ciénaga Grande (E Barranquilla) —El Carmen— —Chinú— pie oriental de la Serranía de San Jerónimo. Al oeste de esta línea se extendió un mar geosinclinal (cuenca del Sinú etc.) formando la continuación nororiental del geosinclinal de Bolívar. La región al oriente de esta línea formó una llanura costanera con un subsuelo constituido por rocas metamórficas, granodioríticas y diabásicas como las que constituyen el flanco occidental de la Cordillera Central. Durante la fase pirenaica (límite Eoceno Medio y Superior, H. STILLE 1924, pp. 165-174), los sedimentos al pie del talud sufrieron su primer plegamiento, la llanura al este del talud fue temporalmente inundada y allí se sedimentaron capas litorales, cenagales y lacustres de poco espesor (fig. 6-A).

¹ Según A. GANSSER al final del Oligoceno Inferior, de acuerdo con la correlación geocronológica de aquel tiempo.

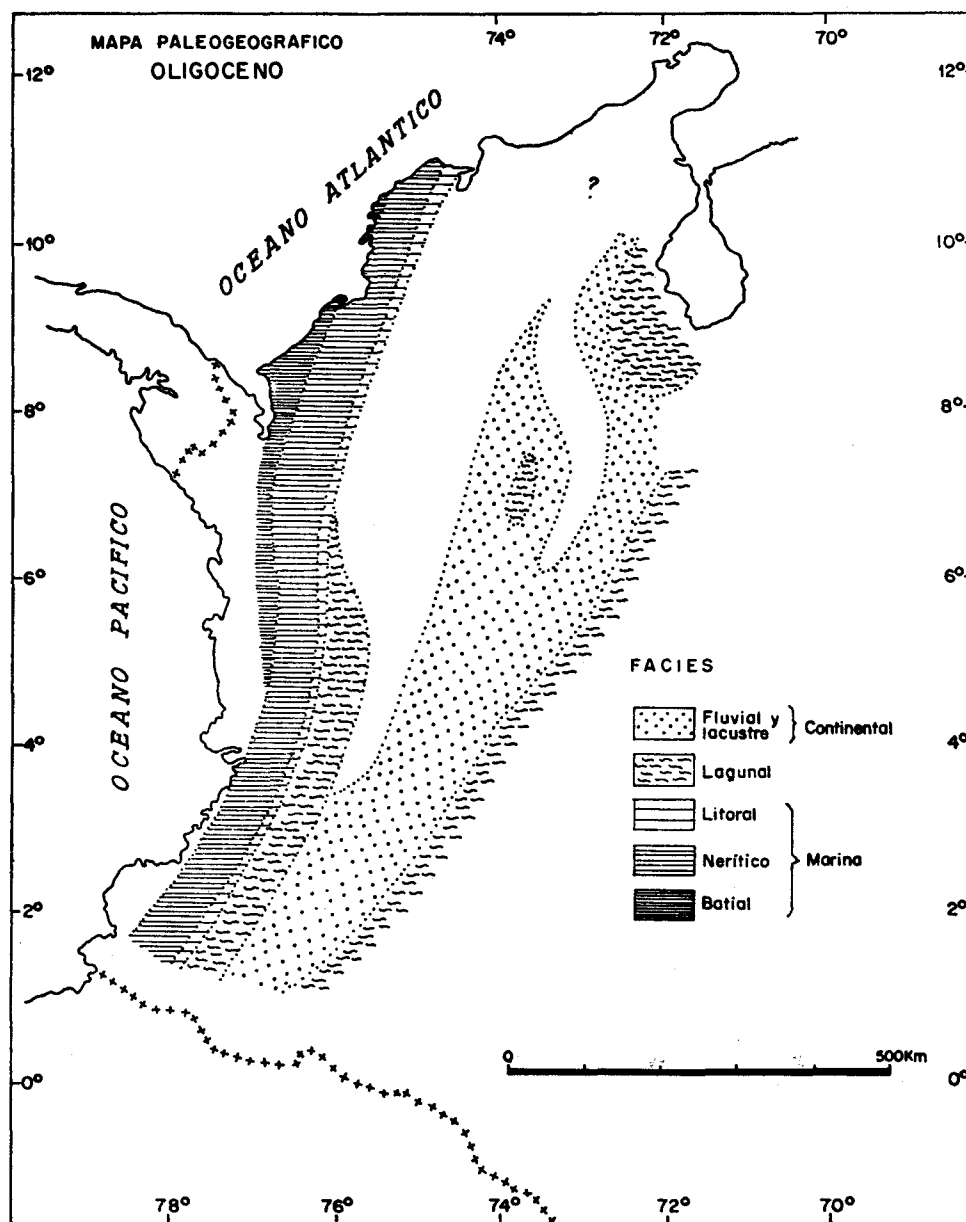


Fig. 4 — Mapa paleogeográfico de Colombia durante el Oligoceno.

Durante la fase sálica, los pliegues al oeste del talud continental fueron nuevamente plegados, sollevantados y expuestos a la abrasión. La transgresión marina del Mioceno Inferior inundó toda la Cuenca del Magdalena Inferior (fig. 6-B). En las partes internas de esta cuenca, se formaron en la base brechas, conglomerados y arenas, compuestas del detrito de la descomposición de las granodioritas, diabasas y rocas metamórficas¹. Pero en los flancos de los pliegues prominentes al oeste del talud (Serranía de San Jacinto y otros anticlinorios), los sedimentos basales del Mioceno eran arcillas, provenientes de la abrasión de las capas oligocenas y eocenas. Estas arcillas redepositadas apenas se distinguen litológicamente de las arcillas pre-miocenas. Ambas constituyen capas poco resistentes a la erosión y forman, por lo tanto, depresiones morfológicas entre las rocas resistentes del Eoceno Superior bajo (Formación San Jacinto) y el Aquitaniano más alto ("Sandstone Unit", V. PETTERS & R. SARMIENTO 1956, tabla 1). En el Cuaternario, los ríos y arroyos siguieron el curso de estas depresiones y cubrieron las capas blandas del Oligoceno y Mioceno basal con arenas y gravillas fluviales (fig. 7).

Seguir el límite Oligo-Mioceno adentro de estas capas blandas, mal expuestas y cubiertas por el Cuaternario con métodos geológicos corrientes es casi imposible. Como este nivel no tiene expresión morfológica, tampoco la aereofotografía puede ayudar en esta tarea. La única manera adecuada de trazar el contacto con precisión, es por medio de perforaciones de poca profundidad (slim holes). Tales perforaciones fueron efectuadas en los últimos años por compañías de petróleo en varias áreas del Terciario marino, y se puede constatar ahí solamente que estas perforaciones confirmaron plenamente los puntos de vista, expuestos en este artículo respecto al límite Oligo-Mioceno.

RECONOCIMIENTOS

Es deber del autor manifestar sus agradecimientos a los doctores VIKTOR PETTERS y R. M. STAINFORTH por sus valiosas sugerencias anotadas al manuscrito, así como también a la señora CLARA QUIMBAY DE PAULE por su contribución prestada en la preparación de los dibujos.

¹ Condiciones análogas se observan en la península de la Guajira.

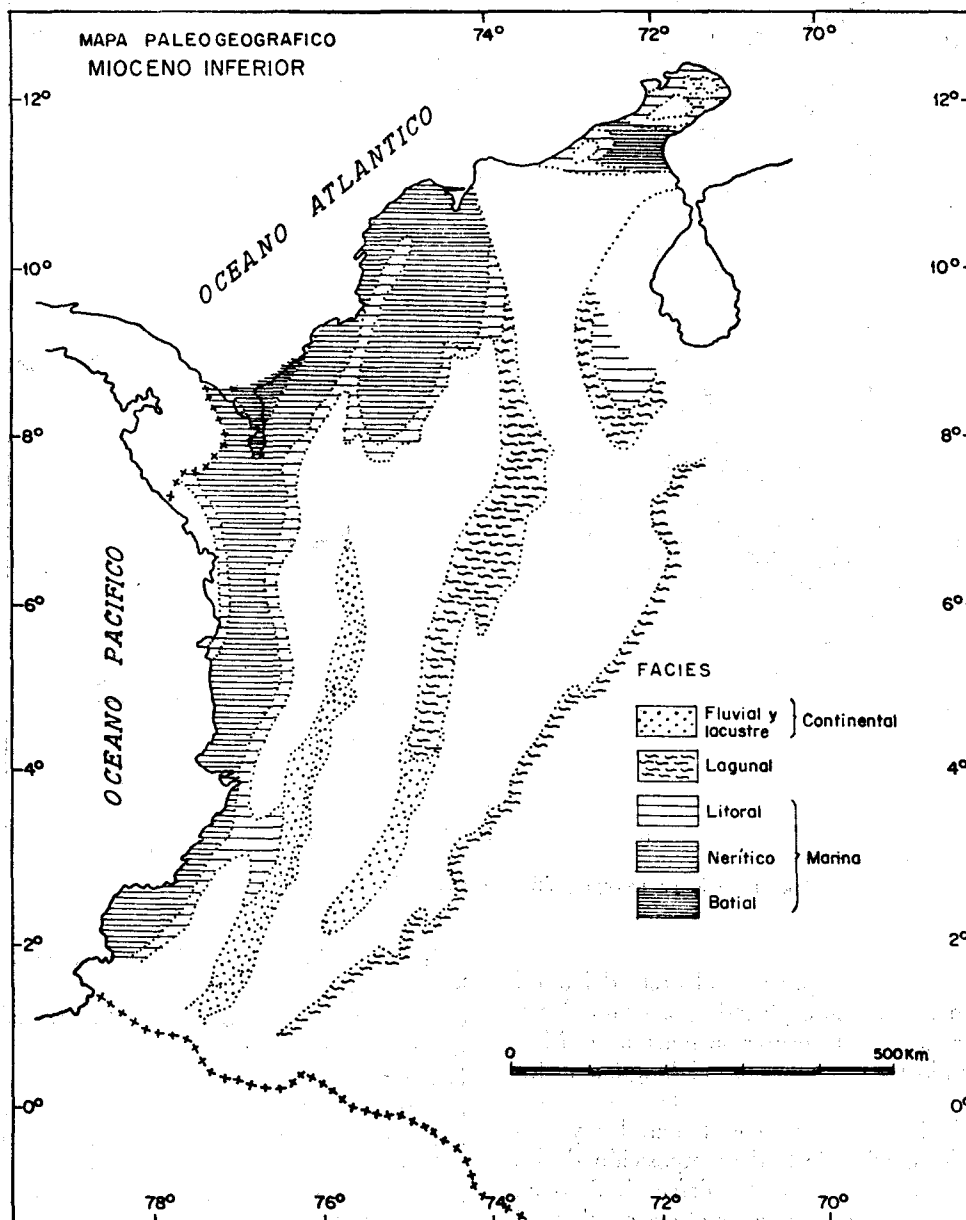
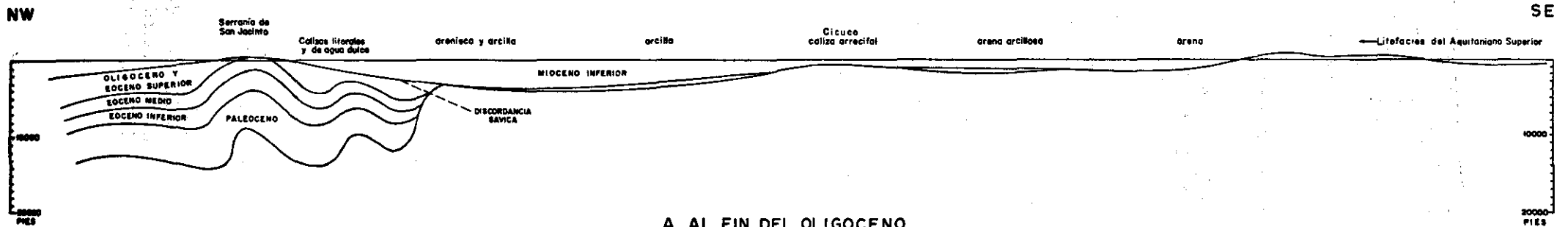
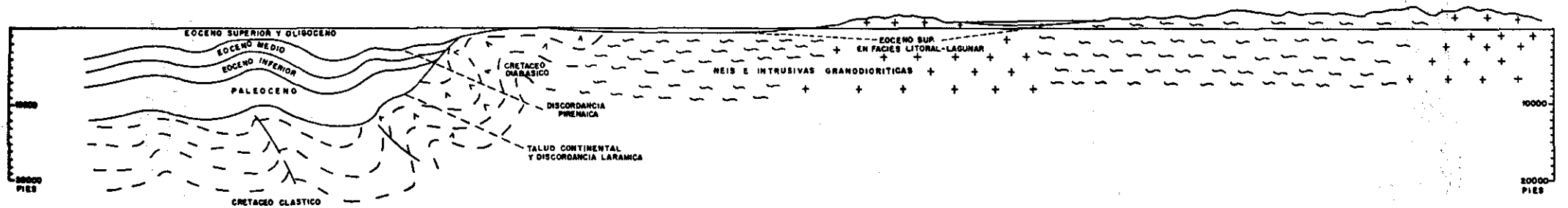


Fig. 5 — Mapa paleogeográfico de Colombia durante el Mioceno Inferior.

CORTES A TRAVÉS DE LA CUENCA DEL MAGDALENA INFERIOR
B. AL FIN DEL MIOCENO INFERIOR



A. AL FIN DEL OLIGOCENO



Dibujó: Clara O. de Paula

Fig. 6 — Cortes a través de la cuenca del Magdalena Inferior:
A. — al final del Oligoceno.
B. — al final del Mioceno Inferior.

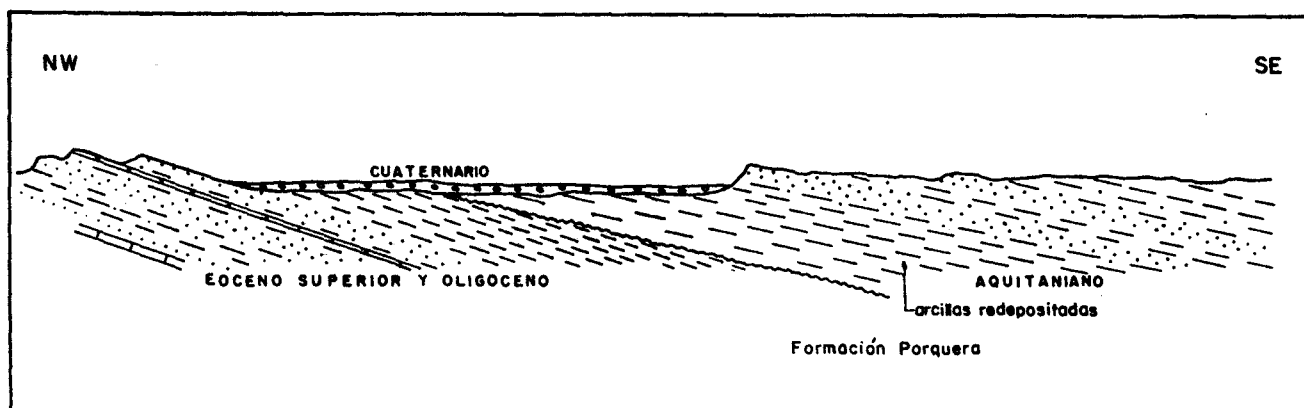


Fig. — 7 Corte esquemático a través del contacto Mioceno-Oligoceno al norte de San Juan Nepomuceno.

BIBLIOGRAFIA

- AKERS, W. H.
1955 Some planctonic foraminifera of the American Gulf Coast and suggested correlation with the Caribbean Tertiary. — *Journ. Paleont.*, vol. 29, Nº 4, pp. 647-664, pl. 65, 3 figs. en el texto.
- ANDERSON, F. M.
1927 The marine deposits of North Colombia. — *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 4th series, vol. 16, Nº 3, pp. 87-95, pls. 2 y 3.
- ANDERSON, F. M.
1928 Notes on Lower Tertiary deposits of Colombia and their Molluscan and Foraminiferal fauna. — *Proc. Californ. Acad. Sci.*, 4th ser., vol. 17, pp. 1-29, pl. 1, 11 figs.
- ANDERSON, F. M.
1929 Marine Miocene and related deposits of North Colombia. — *Proc. Californ. Acad. Sci.*, 4th ser., vol. 18, Nº 4, pp. 83-213, pls. 8-23.
- BANDY, O. L.
1962 Cenozoic foraminiferal zonation and basinal development for part of the Philippines. — *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, vol. 46, Nº 2, pp. 260 (Abstract).
- BANDY, O. L.
1963 Cenozoic planctonic foraminiferal zonation and basinal development of Philippines. — *Amer. Assoc. Petr. Geol. Bull.* vol. 47, Nº 9, pp. 1733-1745, 8 figs.
- BANDY, O. L.
1964 Cenozoic foraminiferal zonation. — *micropaleont.*, vol. 10, Nº 1, pp. 1-17, 6 figs., 1 tabl.
- BANDY, O. L. & KOLPACK, R. L.
1963 Foraminiferal and sedimentological trends in the Tertiary section of Tecolote Tunnel, California. — *micropaleont.*, vol. 9, Nº 2, pp. 117-170, 35 figs.
- BELDING, H. F.
1955 Geological development of the Colombian Andes. — *Proced. Conf. Latin-American, Geol.* March 1954, pp. 43-63, 12 figs., Austin, Texas.
- BERMUDEZ, P. J.
1961 Contribución al estudio de las Globigerinidea de la región Caribe-antilleana (Paleoceno-reciente). — *Mem. 3 Congr. Geol. Venezolano*, t. 3, *Bol. de Geol., Publ. Espec.* 3, pp. 1119-1393, 20 pls., Caracas.
- BLOW, W. H. & BANNER, F. T.
1962 The Mid-Tertiary (Upper Eocene to Aquitanian) Globigerinaceae. — En F. E. EAMES, F. T. BANNER, W. H. BLOW, W. J. CLARKE & L. R. COX, *Fundamentals of Mid-Tertiary Stratigraphical Correlation*, part II, pp. 61-151, pls. 8-17, figs. 6-20, Univ. Press Cambridge.
- BOLLI, H.
1950 The direction of coiling in the evolution of some Globorotaliidae. — *Contr. Cushman Found. Foram. Res.*, vol. 1, pp. 82-89, 5 figs., 2 tabl.
- BOLLI, H. M.
1957 Planctonic foraminifera from the Oligocene-Miocene Cipero and Lengua formations of Trinidad, B. W. I. — *U. S. Nat. Mus. Bull.* 215, pp. 97-123, figs. 17-21, pls. 22-29, Washington.
- BOLLI, H. M., LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H.
1957 Planctonic foraminiferal families Hantkeninidae, Orbulinidae, Globorotaliidae and Globotruncinidae. — *U. S. Nat. Mus. Bull.* 215, pp. 3-50, figs. 1-9, pls. 1-11, Washington.
- BRÖNNIMANN, P.
1951 Globigerinita naparimiensis, n. gen., n. sp. from the Miocene of Trinidad, B. W. I. — *Contr. Cushman Found. Foram. Res.*, vol. 2, pp. 16-18, 14 figs.
- BÜRGL, H.
1961a Historia geológica de Colombia. — *Rev. Acad. Ciencias Exact., Fís. y Natur.*, vol. 11, Nº 43, pp. 137-191, 41 figs., Bogotá.
- BÜRGL, H.
1961b Geología de la Península de la Guajira. — *Bol. Geol.*, vol. 6, Nos. 1-3, pp. 129-168, pl. 8, Bogotá.
- BÜRGL, H., BARRIOS, M. & RÖSTRÖM, A. M.
1955 Micropaleontología y estratigrafía de la sección Arroyo Saco, Departamento del Atlántico. — *Bol. Geol.*, vol. 3, Nº 1, pp. 1-114, 9 pls., Bogotá.
- CLARK, B. L. & DURHAM, J. W.
1946 Eocene faunas from the Department of Bolivar, Colombia. — *Geol. Soc. Amer. Mem.* 16, 126 pp. 27 pls., 1 mapa.
- CUSHMAN, J. A. & STAINFORTH, R. M.
1945 The Foraminifera of the Cipero Marl formation of Trinidad, B. W. I. — *Cushman Lab. Foram. Res., Spec. Publ.* Nº 14, pp. 75, 16 pls., Sharon, Mass.
- DROOGER, C. W.
1956 Transatlantic correlation of the Oligo-Miocene by means of foraminifera. — *micropaleont.*, vol. 2, Nº 2, pp. 183-192, 1 pl.

- DROOGER, C. W.
1964 Problems of mid-Tertiary stratigraphic interpretation. — micropaleontology, vol. 10, Nº 3, pp. 369-374.
- DUSENBURY JR., A. N.
1949 The Hannatoma fauna in Colombia and Venezuela. — Journ. Paleont., vol. 23, pp. 147-149.
- EAMES, F. E.
1953 The Miocene-Oligocene boundary and the use of the term Aquitanian. — Geol. Mag., vol. 90, Nº 6, pp. 388-392, Londres.
- EAMES, F. E. & CLARKE, W. J.
1957 The ages of some Miocene and Oligocene foraminifera. — micropaleont., vol. 3, Nº 1, pp. 80.
- EAMES, F. E., BANNER, F. T., BLOW, W. H., CLARKE, W. J. & COX, L. R.
1962 Fundamentals of Mid-Tertiary stratigraphical correlations. — 163 pp., 17 pls. 20 figs., Univ. Press Cambridge.
- GANSSE, A.
1950 Geological and petrographical notes on Gorgona Island in relation to North-Western S. America. Bull. Suisse de Min. et Pét., vol. 30, pp. 219-237, 10 fots., 6 figs., 2 mapas.
- HAMMEN, T. VAN DER
1961 Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes colombianos. — Bol. Geol., vol. 6, Nos. 1-3, pp. 67-128, 7 pls., Bogotá.
- HEDBERG, H. D.
1937 Stratigraphy of the Río Qerecual section of Northeastern Venezuela. — Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 48, pp. 1971-2024, 2 figs.
- HOFKER, J.
1956 Tertiary foraminifera of Coastal Ecuador, Part II, Additional notes on the Eocene species. — Journ. Paleont., vol. 30, Nº 4, pp. 891-958, 101 figs.
- KUGLER, H. G.
1953 Jurassic to Recent sedimentary environments in Trinidad. — Bull. Assoc. Suisse des Géol. et Ing. du Pétrole, vol. 20, Nº 59, pp. 27-60, 2 figs.
- KUGLER, H. G.
1954 The Miocene-Oligocene boundary in the Caribbean region. — Geol. Mag., vol. 91, Nº 5, pp. 410-414, Londres.
- KUGLER, H. G.
1956 Trinidad. — Geol. Soc. Amer. Bull., Mem. 65, pp. 351-366, 1 tabl., 1 mapa.
- LE ROY, L. W.
1948 The foraminifer *Orbulina universa* D'ORBIGNY a suggested middle Tertiary time indicator. — Journ. Paleont., vol. 22, Nº 4, pp. 500-508, 4 figs.
- LE ROY, L. W.
1952 *Orbulina universa* D'ORBIGNY in Central Sumatra. — Journ. Paleont., vol. 26, Nº 4, pp. 576-584, 4 figs.
- LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H.
1964 Sarcodina. — En R. C. MOORE, Treatise on Invertebrate Paleontology, Part C, Protista 2, 2 vol., pp. 900, 653 figs., Geol. Soc. Amer.
- NOTESTEIN, F. B., HUBMAN, C. W. & BOWLER, J. W.
1944 Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America. — Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 35, pp. 1165-1216, 12 figs.
- NUTTALL, W. L. F.
1930 Eocene foraminifera from Mexico. — Journ. Paleont., vol. 4, pp. 271-293, pls. 23-25.
- NUTTALL, W. L. F.
1930 Lower Oligocene foraminifera from Mexico. — Journ. Paleont., vol. 6, Nº 1, pp. 3-35, pls. 1-9.
- NYGREN, W. E.
1950 Bolivar geosyncline of Northwestern South America. — Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., vol. 34, Nº 10, pp. 1998-2006, 3 figs.
- OLSSON, A. A.
1931 Contributions to the Tertiary Paleontology of Northern Peru: Part IV, The Peruvian Oligocene. — Bull. Amer. Paleont., vol. 17, Nº 63, 264 pp., 21 pls.
- OLSSON, A. A.
1932 Contributions to the Tertiary Paleontology of Northern Peru: Part 5, The Peruvian Miocene. — Bull. Amer. Paleontol., vol. 19, Nº 68, pp. 272, 24 pls.
- OLSSON, A. A.
1956 Colombia. — En W. F. JENKS, Handbook of South American Geology. — Geol. Soc. Amer. Mem. 65, pp. 293-326, 2 figs.
- PETTERS, V. & SARMIENTO, R.
1956 Oligocene and Lower Miocene biostratigraphy of the Carmen-Zambrano area, Colombia. — micropaleont., vol. 2, No 1, pp. 7-35, 1 pl., 2 figs., 2 tabl.
- PORTA, J. DE
1962 Consideraciones sobre el estado actual de la estratigrafía del Terciario en Colombia. — Bol. de Geol., Nº 9, pp. 5-43, 5 tabl., 1 fig., Bucaramanga.
- REDMOND, C. D.
1953 Miocene foraminifera from the Tubará beds of Northern Colombia. — Journ. Paleont., vol. 27, Nº 5, pp. 708-733, pls. 74-77, 1 fig.
- RENZ, H. H.
1948 Stratigraphy and fauna of the Agua Salada group, State of Falcón, Venezuela. — Geol. Soc. Amer. Mem. 32, 219 pp., 12 pls.
- RENZ, O.
1960 Geología de la parte sureste de la península de la Guajira (República de Colombia). — Bol. de Geol., Publ. Espec. Nº 3, pp. 317-350, 9 figs., Caracas.
- ROYO Y GOMEZ, J.
1942 Fósiles de Terciario marino del norte de Colombia. — Compil. Estud. Geol. Ofic. Colombia, vol. 5, pp. 461-488, Bogotá.
- ROYO Y GOMEZ, J.
1950 Geología de la isla de Tierrabomba, Cartagena, y estudio del abastecimiento de Caño de Loro mediante aguas subterráneas. — Compil. Estud. Geol. Ofic. Colombia, vol. 8, pp. 33-66, lám. 5 y 6, Bogotá.
- SIMPSON, G. G.
1940 Review of the mammal-bearing Tertiary of South America. — Amer. Philos. Soc. Proc., vol. 38, pp. 649-709, 4 figs.
- STAINFORTH, R. M.
1948a Applied micropaleontology in Coastal Ecuador. Journ. Paleont., vol. 22, pp. 113-151, pls. 24-26.

STAINFORTH, R. M.

- 1948b Description, correlation and paleoecology of Tertiary Cipero Marl formation, Trinidad, B. W. I. — *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 32, Nº 7, pp. 1292-1330, 2 figs.

STAINFORTH, R. M.

- 1960 Current status of transatlantic Oligocene-Miocene correlation by means of planktonic foraminifera. — *Rev. de Micropaléont.*, vol. 2, Nº 4, pp. 219-230, Paris.

STAINFORTH, R. M.

- 1960 Estado actual de las correlaciones transatlánticas del Oligo-Mioceno por medio de foraminíferos planctónicos. — *Bol. de Geol., Publ. Espec. Nº 3*, pp. 383-406, 1 fig., Caracas.

STAINFORTH, R. M. & RÜEGG, W.

- 1953 Mid-Oligocene transgression in Southern Perú. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 37, Nº 3, pp. 568-569.

STILLE, H.

- 1924 Grundfragen der vergleichenden Tektonik. — 443 pp., 14 figs., Gebr. Bornträger, Berlin.

SUTTON, F. A.

- 1946 Geology of Maracaibo Basin, Venezuela. — *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, vol. 30, Nº 10, pp. 1621-1741, 9 pls., figs.

TELLEZ, N. & NAVAS G. J.

- 1962 Interferencia de direcciones en los pliegues cretácico-terciarios entre Coello y Gualanday. — *Bol. de Geol.* Nº 9, pp. 45-61, 3 figs., Bucaramanga.

THENIUS, E. & BÜRGL, H.

- 1957 Los mamíferos suramericanos en perspectiva histórica. — *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact., Fís. y Natur.*, vol. 10, Nº 39, pp. 123-130, 1 fig., Bogotá.

TOLMACHOFF, I. P.

- 1934 A Miocene microfauna and flora from the Atrato River, Colombia, South America. — *Carnegie Mus. Pittsburgh Ann.*, vol. 23, pp. 275-356.

WERENFELS, A.

- 1926 A stratigraphical section through the Tertiary of Toluvejo. — *Ecclog. Geol. Helv.*, Vol. 20, Nº 1, pp. 79-83, Basilea.

WHEELER, C. B.

- 1960 Estratigrafía del Oligoceno y Mioceno Inferior de Falcón occidental y noroccidental. — *Bol. de Geol., Publ. Espec. Nº 3*, pp. 407-465, 12 figs., Caracas.

WEISS, L.

- 1955 Planctonic index foraminifera of northwestern Perú. — *micropaleont.*, vol. 1, Nº 4, pp. 310-318, pls. 1-3.