

Consideraciones sobre el estado actual de la estratigrafía del terciario en Colombia

JAIMÉ DE PORTA*

RESUMEN.—La estratigrafía del terciario marino y continental se ha establecido con base en unas secciones aisladas, poco numerosas e introduciendo las unidades cronestratigráficas empleadas en Europa. La generalización de las correlaciones ha conducido a conclusiones insostenibles no solo en relación con los resultados de las áreas vecinas sino también dentro del país. Una revisión de los principales puntos de la estratigrafía pone en evidencia una falta de correlación con los datos estratigráficos publicados en los últimos años en el Caribe y en Europa. Causa de esta discrepancia procede en parte de la insistencia en continuar empleando la llamada clasificación "conservativa". Sin embargo el problema no es tan simple como para indicar tan solo un desplazamiento del límite oligoceno-mioceno como consecuencia de colinear el aquitaniense en el mioceno (en la clasificación "conservativa" se coloca el aquitaniense en el oligoceno superior). Así pues aplicando los datos del área del Caribe, en la sección de Carmen-Zambrano (Departamento de Bolívar) el límite oligoceno-mioceno debe situarse dentro de la zona de *Globoigerina dissimilis* de Petters y Sarmiento o bien en la base de la misma. Si bien el límite oligoceno-mioceno sufre un descenso en la sección de Carmen-Zambrano, el mioceno de la sección de Arroyo Saco (Departamento del Atlántico) se modifica en sentido contrario, de tal manera que el límite aquitaniense-burdigaliense corresponde al punto donde se colocaba el límite burdigaliense-helvético. Por su parte el terciario continental presenta cambios aún más importantes. Sin duda el descenso del límite oligoceno-mioceno en la región del Caribe, hoy día completamente aceptado, conduce a una importante reducción del oligoceno, aún sin llegar a la posición extrema de aceptar su ausencia total. Las edades y las correlaciones deducidas de los análisis palinológicos tienen como fundamento los resultados obtenidos en las series marinas. Si los sedimentos marinos que correspondían al oligoceno medio y superior pertenecen ya al mioceno, indudablemente desaparecen todos los sedimentos de carácter continental atribuidos al oligoceno medio y superior; hecho que no es posible admitir y que está en contradicción con la existencia de una fauna de mamíferos precisamente del oligoceno superior. Estos resultados plantean el problema de poder establecer, con base en el diagrama polínico general de Colombia, que parte del antiguo oligoceno debe considerarse como mioceno y que otra parte debe corresponder al oligoceno medio y oligoceno superior. En las correlaciones que hemos establecido dentro del terciario marino se han adaptado las zonas de foraminíferos planctónicos utilizadas por Stainforth en lugar de las de Bollé, precisamente porque aquellas tienen un carácter más amplio y la lista de foraminíferos planctónicos publicada en Colombia no permite establecer una zonación tan detallada y en consecuencia es imposible buscar correlación con ellas. Dadas las condiciones actuales se impone no solo una revisión a fondo de la estratigrafía del terciario marino y continental sino también de las transgresiones, ciclos sedimentarios y fases tectónicas que caen por completo fuera de lugar.

ABSTRACT.—The stratigraphy of the Marine and Continental Tertiary in Colombia have been established on account of a few and isolated sections and presenting the chrono-

* Servicio Geológico Nacional, Bogotá.

Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional, Bogotá.

nostratigraphic units, used in Europe. Generalization of such correlations is questionable in relation with neighbor areas and even in the country itself. A review of the main points of the stratigraphy shows inconsistency and lack of correlation with the stratigraphic data published during the last years in the Caribbean region and in Europe. This is mainly due to the obstinacy in the use of the so called "conservative" classification. Nevertheless the problem is not solved with the displacement of the Oligocene-Miocene boundaries locating the Aquitanian in the Miocene instead of the Oligocene like in the "conservative" classification. In the section of Carmen-Zambrano (Departament of Bolívar) the limit Oligocene-Miocene must be located into the Petters and Sarmiento's zone of *Globigerina dissimilis* or in the basis of this zone. In spite that the Oligocene-Miocene boundary has a general lowering in Colombia, the Miocene of the Arroyo Saco's section (Departament of Atlántico) appears modified in the other direction, in such a manner that the Aquitanian-Burdigalian boundary corresponds to the point occupied before by the Burdigalian-Helvetic boundary. Besides the Continental Tertiary shows more outstanding changes. The lowering of the Oligocene-Miocene boundary in the Caribbean Region, generally accepted, means a reduction of the Oligocene. Ages and correlations deduced from palynological analysis have their foundation on the marine series. If the marine sediments which used to belong to the Middle and Upper Oligocene belong now to the Miocene, without doubt the same would happen with the respective continental sediments; but such fact is impossible to admit and it is contradictory with the existence of a faune of mammals precisely from the Upper Oligocene. Taking in account the previous results it is quite difficult to establish, in accordance with the composite palynological diagram of Colombia, what part of the old Oligocene it is possible to accept as Miocene, and as Middle and Upper Oligocene. In the Marine Tertiary we establish correlations adopting the zones of planktonic foraminifera presented by Stainforth instead of Bolli's because Stainforth's have a wider character and the list of planktonic foraminifera published in Colombia do not allow to establish a detailed zonation. With the present conditions it is necessary a complete review of the stratigraphy of the Marine and Continental Tertiary and also of transgressions, regressions, sedimentary cycles, and tectonic phases.

RESUME.—Depuis longtemps on a appliqué les unités chronostratigraphiques de l'Europe au tertiaire marin et continental de la Colombie mais les successions stratigraphiques n'étant pas assez bien établies on doit se méfier de ces corrélatons et même des corrélatons admises entre les unités lithologiques des différentes régions de la Colombie. Une étude critique de cette stratigraphie met en évidence des contradictions avec les résultats issus des dernières études dans la zone du Caribe et de l'Europe. Ces divergences étant dues en partie à l'emploi de la classification dite "conservative" néanmoins le problème n'est pas résolu avec un simple déplacement de la limite oligocène-miocène (dans la classification "conservative" on place l'aquitainien dans l'oligocène). Donc, en appliquant les données de la zone du Caribe, dans la coupe Carmen-Zambrano (Departamento de Bolívar) on doit placer la limite oligocène-miocène dans la zone à *Globigerina dissimilis* de Petters et Sarmiento on à la base de cette zone. Quoique la limite oligocène-miocène comporte un affaissement général dans tout le tertiaire de la Colombie, le miocène de la coupe d'Arroyo Saco (Departamento del Atlántico) se modifie en sens contraire de façon que la limite aquitainien-bourdigalien correspond à l'endroit où on plaçait la limite bourdigalien-helvétique. D'autre part le tertiaire continental présente des changements beaucoup plus importants. Sans doute l'affaissement de la limite oligocène-miocène dans la région du Caribe accepté à présent signifie une réduction importante de l'oligocène même si on n'accepte pas l'effacement total de l'oligocène. Les âges et corrélatons prélevés des analyses polliniques s'établissent d'après les résultats obtenus des séries marines. Si les sédiments marins qu'on attribuait à l'oligocène moyen et supérieur appartiennent en réalité au miocène certainement tous les sédiments continentales qu'on rapportait à l'oligocène moyen et supérieur n'existent plus ce qui est impossible à admettre et qui est aussi en contradiction avec la présence d'une faune de mammifères à l'oligocène supérieur. Ces résultats posent le problème d'établir, d'après le diagramme pollinique étalon de la Colombie, qu'une partie des niveaux qu'on plaçait dans l'oligocène doivent correspondre au miocène et qu'une autre partie de ces niveaux doivent correspondre à l'oligocène moyen et supérieur. Pour les corrélatons

estables dans le tertiaire marin nous avons appliqué les zones à foraminifères planctoniques de Stainforth au lieu des zones utilisés par Bolli, car les zones de Stainforth ont un sens plus large et la liste de foraminifères planctoniques de la Colombie ne permet pas d'établir une zonation aussi précise et pourtant il n'est pas possible d'établir des corrélations avec ces zonations. Il est nécessaire une révision de la stratigraphie du tertiaire marin et continental ainsi que des transgressions, regressions, cycles sédimentaires et phases tectoniques.

CONTENIDO

INTRODUCCION

INFORMACION SOBRE EL TERCIARIO MARINO DE COLOMBIA

- Area de Carmen-Zambrano
- Area de Arroyo Saco, Tubará e Isla de Tierrabamba
- Area de la Guajira
- Area de la Sabana de Bogotá

CORRELACIONES INTERNAS Y EDADES ASIGNADAS

RESUMEN DE LAS CORRELACIONES TRANSATLANTICAS

CORRELACION Y EDADES DE ALGUNAS SECCIONES DEL TERCIARIO MARINO DE COLOMBIA CON EL CARIBE

IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS BIOESTADISTICOS EN LOS FORAMINIFEROS

INFORMACION GENERAL SOBRE LAS AREAS CONTINENTALES

DISCUSION SOBRE LAS AREAS CONTINENTALES

EL LIMITE OLIGOCENO-MIOCENO EN COLOMBIA

ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE EL PLIOCENO

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

Las correlaciones entre el terciario de las Antillas y Sudamérica y el terciario de Europa se han venido intentando desde hace mucho tiempo. Los trabajos de Le Roy (1948, 1952) fueron los primeros que llamaron la atención sobre la no correspondencia del límite oligoceno-mioceno en ambos continentes. Posteriormente han sido varios los trabajos que se han destinado a una revisión de este límite y a buscar el modo de establecer una correlación lo más detallada posible. Los pasos realizados en este campo están descritos detalladamente en el trabajo de Stainforth (1960a) por lo que es obvio volverlos a repetir aquí y únicamente se dará una breve síntesis.

La zonación propuesta por Stainforth (1960a), con base en los foraminíferos planctónicos, para la región americana coincide en su mayoría con la establecida por Bolli (1957) en la formación Cipero y Lengua de Trinidad

y posteriormente ensayada por Blow (1959) en la formación San Lorenzo y Pozón de Venezuela. En Italia Cita y Silva (1960) han llegado a una zonación cuyos resultados coinciden en gran parte con los de Bolli y de Stainforth. Los dos trabajos realizados independientemente han aparecido en la misma fecha, factor que habla aún más a favor de que los límites y zonas propuestos son exactos y que se ha dado un paso importante en las correlaciones transatlánticas.

Los pocos trabajos que sobre la estratigrafía de Colombia se han publicado quedan pues anticuados y necesitan en general una revisión a fondo. En el presente artículo no se ha pretendido en ningún modo realizar esta revisión y las correlaciones que se proponen al discutir algunas secciones necesitarán sin duda una comprobación posterior. Se insiste más en algunos puntos y publicaciones porque ellos han servido posteriormente como comprobación de determinados argumentos e hipótesis que no parecen muy convincentes en relación con las últimas observaciones y resultados alcanzados.

En la discusión del oligoceno y mioceno se han omitido varios trabajos que hacen referencia a estas edades pero que no tienen una relación directa con los problemas propuestos; de la misma manera que no se ha tratado de la correlación entre todas las formaciones terciarias del país por quedar al margen de este artículo ya que se necesitaría para ello una revisión a fondo de la estratigrafía de cada una de ellas.

Por lo que respecta al terciario más inferior parece que no sufra grandes cambios y al igual que el límite cretácico-terciario se discutirán en otra publicación.

Antes de entrar en la discusión del terciario nos ha parecido interesante señalar las bases que han servido para la estratigrafía. Uno de los grupos principalmente empleados son los foraminíferos. En la mayor parte de las publicaciones éstos corresponden a formas bentónicas, mientras que las formas planctónicas parecen ser poco frecuentes y además se les ha prestado una atención muy relativa o nula. Otro grupo es el de los moluscos sobre los que se insistirá al hablar del mioceno. Los análisis y diagramas polínicos también se han utilizado para las determinaciones estratigráficas y muy especialmente para las correlaciones no solo dentro de Colombia sino también con respecto a Venezuela. Existen también otros grupos zoológicos que tienen un gran valor en la estratigrafía, tales como los Pterópodos y, entre los Vertebrados, un buen número de peces que por sus condiciones de vida no están afectados por la naturaleza y condiciones del fondo marino y pueden ser comparados desde este punto de vista con los foraminíferos planctónicos. Los Ostrácodos, aunque quizás no son tan eficaces para las correlaciones a larga distancia, proporcionan importantes datos sobre la cuenca de sedimentación. Ninguno de todos estos últimos grupos han sido utilizados en Colombia o por lo menos no aparecen en ninguna publicación.

Aparte de no tener en cuenta el mayor número posible de información, al pretender establecer una estratigrafía detallada, se ha querido implantar desde un principio la cronología europea y obtener una estratigrafía generalizada del país basándose solo en unas pocas secciones y sin conocer las secuencias estratigráficas completas. Bajo estas condiciones no es de extrañar que la estratigrafía sufra importantes modificaciones.

Para la correlación con la región del Caribe se han empleado aquellas zonas de foraminíferos planctónicos usadas por Stainforth (1960d) y no las

de Bolli (1957) que son subdivisiones más detalladas, sencillamente porque el conocimiento actual de los foraminíferos planctónicos en Colombia no permite establecer estas subdivisiones y en definitiva las correlaciones que se intenten establecer en este sentido son muy arriesgadas y sólo pueden contribuir a nuevas confusiones.

Al tratar de las zonas de foraminíferos planctónicos se ha insistido en repetir sucesivamente el nombre de sus autores especialmente en el caso de la zona de *G. dissimilis* ya que ésta se ha empleado en sentido diferente por Petters y Sarmiento, Bolli y Stainforth, para evitar posibles confusiones en la interpretación de las discusiones.

El autor quiere expresar su agradecimiento al doctor Guillermo Colom (España) por la lectura crítica de este manuscrito y de una manera especial agradece al doctor R. M. Stainforth de la Creole Petroleum Corporation de Venezuela las sugerencias durante la redacción de este trabajo y la comunicación personal de algunos datos sobre el mapa Geológico de Venezuela antes de su publicación.

INFORMACIÓN SOBRE EL TERCIARIO MARINO DE COLOMBIA

Existen ya en la actualidad varios trabajos que se ocupan de la estratigrafía y cronología del terciario. En general la información más abundante corresponde al oligoceno y al mioceno; de tal manera que se prescindirá prácticamente del paleoceno y del eoceno mucho menos conocidos y a los que se aludirá tan sólo de una manera ocasional. Con objeto de facilitar la exposición de los datos se tratarán por separado las áreas más importantes desde el punto de vista estratigráfico y paleontológico, al mismo tiempo que se separarán dentro de lo posible las formaciones marinas de las continentales.

Área de Carmen-Zambrano.—La sección de Carmen-Zambrano (Departamento de Bolívar) constituye una de las mejores secciones del terciario por cuanto presenta una potencia aproximada de 5.385 m. con una microfauna muy abundante. Petters y Sarmiento (1956) han realizado un estudio muy completo de los foraminíferos y han establecido una serie de zonas basadas principalmente en los foraminíferos bentónicos. Desde la más moderna a la más antigua han distinguido las siguientes divisiones:

Zónula de *Rotalia beccarii*

Zona de *Uvigerina subperegrina*

Zona de *Bulimina carmenensis*

Zona de *Sigmollina tenuis*

Zona de *Siphogenerina basispinata* { Subzona de *Planulina karsteni*
Subzona de *Guttulina caudriac*

Zona de *Globigerina dissimilis*

Zona de *Cibicides perlucidus*

Zona de *Bulimina jacksonensis*

Bürgl (1961a) introduce entre estas zonas de foraminíferos bentónicos de Petters y Sarmiento otras zonas nuevas sin definir las ni indicar la localidad

ana, *Globigerinoides conglobata*, *G. nutalli*, *G. triloba*, *Globigerinella aequilateralis*, *Orbulina suturalis*, *O. universa*, *Globorotalia menardii*, y *G. scitula*. En el segundo ciclo se han citado las siguientes especies: *Globigerina bulloides*, *G. conglomerata*, *G. dutertrei*, *G. subcretacea*, *G. trilocularis*, *Globigerinoides conglobata*, *G. nutalli*, *G. triloba*, *Globigerinella aequilateralis*, y *Orbulina universa*. En el ciclo más moderno se han reconocido: *Globigerina bulloides*, *G. diplostoma*, *G. dutertrei*, *G. megastoma*, *G. trilocularis*, *Globigerinoides conglobata*, *G. rubra*, *G. triloba*, *Globigerinatella aequilateralis* y *Orbulina universa*. Para la distribución del resto de la microfauna el lector puede consultar el trabajo de Bürgl y Otr. (1955, pl. I).

Area de la Guajira.—El terciario de la Península de la Guajira ha sido estudiado principalmente por Bürgl (1958), Becker y Dusenbury (1958) y por Renz (1960). El primer autor establece de la más moderna a la más antigua las siguientes formaciones: Capas de Chimare, Capas de Siapana, Arcillas de Uitpa y Calizas de Uitpa. Las calizas de Uitpa forman un conglomerado brechoso en la base con intercalaciones lenticulares de "arcillas gredosas y arenisca ripiosa". Las arcillas intercaladas contienen una abundante fauna de foraminíferos entre los cuales la única especie planctónica citada es *Catapsydrax stainforthi*. Hacia la parte superior la formación pasa a unas areniscas y a calizas arenosas. Esta formación tiene según Bürgl un carácter transgresivo.

Las arcillas de Uitpa descansan sobre la formación anterior y contienen una abundante microfauna que ha sido estudiada por Becker y Dusenbury (1958) quienes dan una lista de 56 especies. Las únicas formas planctónicas son *Globigerina venezuelana* y *Sphaeroidina chilostoma*; ambas especies son abundantes. De la parte alta de esta formación Bürgl señala varios foraminíferos entre ellos *Globigerinoides triloba*.

Las Capas de Siapana están bien representadas en la sección que se extiende desde Arroyo Camama hasta Puerto López. Esta formación es bastante rica en fauna. Con base en los foraminíferos Bürgl ha distinguido dos zonas: La zona basal que correspondería a la zona de *Uvigerina subpergrina*, presenta las siguientes especies planctónicas: *Globigerina trilocularis*, *Globigerinoides rubra*, *Globigerinoides moragaensis*, *Globorotalia mayeri* y *G. praemenardii*. La parte superior de la formación es muy pobre en microfauna y según Bürgl consta casi exclusivamente de *Streblus beccarii* que corresponde a la zona de *Rotalia beccarii*.

Las Capas de Chimare son poco abundantes en foraminíferos y deben ser contemporáneas o más modernas que las Capas de Siapana (Bürgl, 1958).

Renz (1960) en el terciario del sureste de la Península de la Guajira describe las siguientes formaciones en orden descendente: formación Tucacas, formación Jimol, formación Uitpa y formación Siamana. Aparte de estas formaciones que corresponden al oligoceno y mioceno, Renz describe la formación Guasare que representa el paleoceno y unos sedimentos que atribuye al eoceno superior. La formación Siamana consta de unos conglomerados basales de unos 80 m. de potencia en la sección tipo y de una serie calcárea en la parte superior. La fauna está representada por un conjunto de moluscos y por foraminíferos grandes: *Miogypsina (Miogypsinoides) complanata*, *M. (M.) bermudezi*, *M. thalmani*, *Amphistegina*, *Operculinoides bullbrooki*, *O. tamansensis* y *Lepidocyclina canallei*.

La formación Uitpa consta predominantemente de lutitas y margas parcialmente arenosas. En la localidad tipo esta formación es concordante con la formación Siamana, pero en otros puntos parece que es transgresiva sobre ésta y sobre el cretácico. La fauna está representada por el conjunto de foraminíferos que citaron Becker y Dusenbury (1953).

La formación Jimol consta de sedimentos litorales y neríticos representados por capas calcáreas que alternan con margas y lutitas. Tomando como base el estudio de los foraminíferos grandes, principalmente *Miogypsina*, Renz (1960) ha establecido la zona de *Miogypsina günteri* en la base de la formación y la zona de *Miogypsina intermedia* en la parte alta.

Por último la formación Tucacas presenta una litología calcárea con intercalaciones de materiales ferruginosos y depósitos terrígenos. El conjunto de la fauna es muy variado debido a los cambios de facies que la formación presenta. En la parte inferior se ha citado *Miogypsina antillea*. Al parecer la fauna de *Miogypsina* se encuentra restringida a la base de la formación.

Area de la Sabana de Bogotá.—Al sur de la Sabana de Bogotá, la formación Usme aflora a lo largo del valle de Tunjuelo. Inmediatamente por encima de la Arenisca de La Regadera se han encontrado algunos foraminíferos arenáceos: *Haplophragmoides*, *Ammobaculites* etc. (Bürgl, 1955). También Hubach (1957b) indica la presencia de foraminíferos en la formación Usme que fueron determinados por la Compañía Shell. En estudios posteriores esta misma Compañía ha encontrado en el sinclinal de Usme y dentro de la formación Usme la siguiente microfauna: *Ammobaculites Ammobaculoides*, *Haplophragmoides*, *Trochamina* y *Reophax*.*

De unas arcillas procedentes de un pozo para la obtención de agua (Fábrica de Cerveza Andina, Bogotá) Bürgl (1955) encontró un ejemplar de *Globorotalia johsi* que describió como una nueva subespecie: *Globorotalia johsi andina*. Estratigráficamente la posición de este foraminífero corresponde a la parte superior de la formación Usme.

Según los datos de que se dispone actualmente la parte inferior de esta formación representa el último episodio marino dentro del terciario de la Cordillera Oriental.

CORRELACIONES INTERNAS Y EDADES ASIGNADAS

En la sección de Carmen-Zambrano Petters y Sarmiento (1956) dividen el oligoceno en cinco zonas de foraminíferos: La zona de *Cibicides porlucidas* del oligoceno inferior, la zona de *Globigerina dissimilis* del oligoceno medio, y el oligoceno superior representado por las subzonas de *Guttulina caudriac*, *Planulina karsteni* y la zona de *Signoilina tenuis*. En el mioceno inferior establecen la zona de *Bulimina carmenensis* y *Uvigerina subperegrina* y el mioceno medio estaría representado por la zónula de *Rotalia beccarii*.

Bürgl (1958) en su trabajo sobre la Península de la Guajira correlaciona la zona de *Catapsydrax stainforthi* de la base de las Calizas de Uit-

* El autor quiere expresar su agradecimiento al doctor Bakker, Jefe del Departamento de Exploración, y al doctor Hart paleontólogo de la Compañía Shell, por la comunicación de estos datos.

Peters y Sarmiento 1956		Guajira Bürgl. 1958	Guajira Renz. 1960	
Superior		Chimare		
Medio	<i>Rotalia beccarii</i>	Capos	Tucacas	
	<i>Uvigerina subperegrina</i>	de Siapana		
	<i>Bulimina cormenensis</i>			
Inferior				
Superior	<i>Sigmollina tenuis</i>	Arcillas	Jimol	
	<i>Siphogenerina bosispinata</i>	<i>Planulina karsteni</i>		de Uitpa
		<i>Guttulina caudriac</i>		Caliza de Uitpa
Medio	<i>Globigerina dissimilis</i>			
Inferior	<i>Cibicides perlucidus</i>			

Edad y correlaciones entre las secciones de Carmen-Zambrano y la Guajira.

ANDERSON 1929		Bürgl y Ott 1955
Plioceno	Techo de La Popa	
Sarmatiense	Grupo Galapa Base de la Popa T	
Tortonense	S	
	R	
Helveciense	Q	Mioceno Medio Bajo
	P	
Burdigaliense	O	Mioceno Inf. Alto
	M-N	Sug. Inf.
Aquitaniense	Grupo de Las Perdices	Mioceno Inferior Bajo
Chatiense	Serie de Pozo	

Formaciones y edades en el terciario del Departamento del Atlántico.

pa con la base de la subzona de *Guttulina caudriac* de Petters y Sarmiento y la considera de edad oligoceno superior. La parte inferior de las Arcillas de Uitpa la correlaciona también con la subzona de *Guttulina caudriac* mientras que la parte superior la correlaciona con la subzona de *Planulina karsteni* e indica la posibilidad de que también esté representada la zona de *Sigmoilina tenuis*. La edad de las Arcillas de Uitpa queda pues así determinada como oligoceno superior. Becker y Dusenbury (1958) consideran la microfaua de las Arcillas de Uitpa como oligoceno-mioceno (Aquitaniense). Por la fauna contenida en las capas inferiores de la formación Siapana Bürgl las coloca en la zona de *Uvigerina subperegrina* mientras que la parte alta, más pobre en foraminíferos, representaría ya la zona de *Rotalia beccarii*. Según el mismo autor existiría en la Guajira una laguna estratigráfica entre las Arcillas de Uitpa que representan el oligoceno superior y la formación Siapana que corresponde al mioceno inferior alto y mioceno medio bajo. El hiato correspondería a la zona de *Bulimina carmenensis* o a la parte alta de la zona de *Globorotalia johsi* de las zonas planetónicas. La fauna de las Capas de Chimare no permite una zonación y se consideran como mioceno medio alto y mioceno superior.

Renz (1960) tiene en cuenta la fauna de *Miogypsina* y obtiene unas edades diferentes a las de Bürgl. De esta manera coloca la formación Siapana en el oligoceno medio. El estudio morfogenético de la fauna de *Miogypsina* que se encuentra por debajo y por encima de la formación Uitpa indican que ésta corresponde a la parte superior del oligoceno medio. La formación Jimol con su zona de *Miogypsina günteri* en la base representa la parte superior del oligoceno medio mientras que la zona de *Miogypsina intermedia* en la parte superior corresponde al oligoceno superior.

El mioceno inferior según Renz estaría representado por la parte inferior de la formación Tucacas con *Miogypsina antillea*.

En el terciario marino del norte de Colombia Anderson coloca el Grupo de Las Perdices en el aquitaniense, dentro del Grupo Tubará los horizontes M-N y O señalan el burdigaliense y los horizontes P y Q el helveciense. Las correlaciones y edades asignadas a esta sección por Bürgl y Otr. (1955) pueden verse en la Tabla I.

RESUMEN DE LAS CORRELACIONES TRANSATLANTICAS

Las sucesivas etapas de las correlaciones transatlánticas establecidas directa o indirectamente están admirablemente expuestas en Stainforth (1960a). Por este motivo me limito a dar una breve exposición del estado actual de estas correlaciones según las opiniones más recientes basadas en la zonación de los foraminíferos planetónicos. La Tabla II expresa gráficamente las distintas opiniones.

Bolli (1957) divide la formación Ciperó de Trinidad en once zonas de foraminíferos planetónicos basándose en la pequeña dispersión estratigráfica de algunas especies. El mismo autor coloca el límite oligoceno-mioceno entre las zonas de *Globorotalia kugleri* y *Catapsidrax dissimilis*. En 1959 Blow pudo reconocer la misma zonación de Bolli en la formación Pozón y San Lorenzo de Venezuela. En 1960 aparecen casi simultánea-

BOLLI 1957	BLOW 1959	BOLLI 1959	CITA y SILVA 1960	STAINFORTH a) b) 1960	EAMES y otr. 1962	MAPA 18 CONGRESO VE- NEZOLANO del PETRO- LEO. 1962	
GLOBOROTALIA MENARDII	VINDOBONIENSE	HELVECIENSE		TORTONIENSE GLOBOROTALIA	VINDOBONIENSE	VINDOBONIENSE	
GLOBOROTALIA MAYERI			HELVECIENSE	HELVECIENSE MENARDII			
GLOBOROTALIA FOHSI ROBUSTA	BURDIGALIENSE	BURDIGALIENSE	LANGHIENSE ORBULINA SUTURALIS	BURDIGALIENSE	BURDIGALIENSE	BURDIGALIENSE	
GLOBOROTALIA FOHSI LOBATA							GLOBOROTALIA
GLOBOROTALIA FOHSI FOHSI							FOHSI
GLOB. FOHSI BARISANENSIS							
GLOBIGERINATELLA INSUETA	AQUITANIENSE	AQUITANIENSE	AQUITA	AQUITANIENSE	AQUITANIENSE	AQUITANIENSE	
CATAPSYDRAX STAINFORTHII							GLOBIGERINATELLA
CATAPSYDRAX DISSIMILIS							INSUETA
GLOBOROTALIA KUBLERI		CHATTIENSE		CHATT. STAMP.	AQUITANIENSE	AQUITANIENSE	
GLOBIGERINA CIPEROENSIS	RUPELIENSE						Indet. GLOBIGERINA DISSIMILIS
GLOBOROTALIA OPIMA OPIMA		LATTORFIENSE TONGRIENSE		LATTORFIENSE	LATTORFIENSE	OLIGOCENO	
GLOBIGERINA AMPLIAPERTURA							GLOBIGERINA CIPEROENSIS

TABLA II. — Criterios recientes sobre las zonas y edades del terciario, principalmente en el Caribe.

mente dos trabajos sobre la zonación del terciario a base de foraminíferos planctónicos que vienen a aportar más información sobre las correlaciones transatlánticas. Por una parte Cita y Silva indican la gran semejanza que existe entre los conjuntos de foraminíferos de la parte superior de la formación Cípero y la sección tipo del langhiense. Sin embargo Cita y Silva no establecen la misma zonación de Bolli por la ausencia o la rareza de algunas de las especies indicadoras de las zonas o subzonas. Por esta razón las zonas de Cita y Silva tienen un carácter más amplio que las de Bolli.

Por otra parte Stainforth considera en la región americana cinco zonas de foraminíferos planctónicos que tienen también un carácter más extenso que las de Bolli, por considerar que éstas todavía no se han establecido definitivamente con un carácter regional. Stainforth engloba las zonas de *Globorotalia kugleri* y *Catapsydrax dissimilis* en la zona de *G. dissimilis*. Para Bolli la zona de *G. kugleri* viene determinada por la aparición y desaparición de esta especie y por la aparición del género *Globigerinoides* en la parte alta de la zona. Stainforth (1960a) caracteriza el tope de la zona de *Globigerina ciperoensis* por la aparición de *Globigerinoides triloba* y *Globoquadrina altispira* junto con la desaparición de *G. ampliapertura* y *G. ciperoensis*. Si en la delimitación de las zonas se emplea la aparición de formas nuevas como un carácter más significativo que la desaparición de las mismas, parece más adecuado considerar dentro de la zona de *Globigerina dissimilis* de Stainforth únicamente la parte superior de la zona de *G. kugleri* en vez de que esté representada toda la zona como lo ha hecho este autor y en definitiva colocar el límite entre las zonas de *G. ciperoensis* y *G. dissimilis* aproximadamente hacia el tope de la zona de *G. kugleri*.

A través de todos estos estudios sobre el terciario de la región del Caribe se aprecia una reducción importante del oligoceno, en toda el área, que se traduce en un descenso del límite oligoceno-mioceno. La máxima reducción del oligoceno ha sido señalada por Eames y Otr. (1962) quienes aducen una serie de razones para considerar que en la región del Caribe faltaría casi completamente el oligoceno.

Un hecho de singular importancia es el acuerdo que expresan todos los investigadores al colocar definitivamente el aquitaniense en la base del mioceno. Solo cabe señalar el criterio contrario expresado en el terciario de Colombia aún en las publicaciones más recientes (Bürgl, 1961 a y b).

La posición del límite oligoceno-mioceno tiene aún sus controversias. Bolli (1959) lo coloca entre las zonas de *Globorotalia kugleri* y *Catapsydrax dissimilis* basándose en el incremento de especies al pasar de una a otra zona. Incremento que se debe en gran parte a la aparición del género *Globigerinoides*. Este límite vendría expresado por lo tanto por el límite chattiense-aquitaniense. Cita y Silva no discuten las zonas inferiores al aquitaniense pero correlacionan su zona de *Catapsydrax* con la zona de *Catapsydrax dissimilis* de Bolli. Stainforth (1960a) establece el límite oligoceno-mioceno entre el chattiense y el aquitaniense y viene colocado dentro de la zona de *Globigerina dissimilis*, pero por debajo del tope de la misma. Quedaría pues un poco más alto que en los anteriores investigadores. El mismo Stainforth (1960b) al tratar de las secuencias americanas deja indeterminada la posición del límite oligoceno-mioceno y no discute el intervalo estampiense-chattiense por la existencia de datos

contradictorios. El contacto entre la zona de *G. ciperoensis* y *G. dissimilis* quedaría entre el estampiense y el chattienense.

Desde hace algunos años Eames (1955) sugiere que en Trinidad faltaría completamente el oligoceno. Recientemente Eames y Otr. (1962) han presentado una serie de argumentos que indican la ausencia del oligoceno en el Caribe. En este sentido el aquitaniense comenzaría en la base de la zona de *Globigerina ampliapertura*. Esta posición trae en consecuencia que la formación Cipero de Trinidad corresponde íntegramente al mioceno.

En Venezuela, Stainforth (1961) tiende a considerar la zona de *G. dissimilis* como un buen límite para la base del mioceno en la región del Caribe ya que este límite está bien definido por la aparición explosiva del clan de *Globigerinoides triloba*, grupo que tolera más fácilmente las condiciones de aguas poco profundas en relación con la mayoría del plancton. En el Mapa estratigráfico de Venezuela se ha colocado el límite oligoceno-mioceno en la base de la zona de *G. dissimilis* aplicando también el criterio expresado por Stainforth. En resumen existe pues sin duda una tendencia general a descender el límite oligoceno-mioceno. Las últimas ideas expresadas por Stainforth coinciden con el límite propuesto tentativamente por Bolli. Por otra parte parece que la comparación de las *Miogypsinidae* del Mediterráneo y de América tiende a colocar la zona de *G. dissimilis* en el aquitaniense.

Para la colocación del límite aquitaniense-burdigaliense existe bastante acuerdo: Bolli (1959), Blow (1959) y Stainforth (1960 a y b) lo sitúan entre la zona de *G. insueta* y *G. fohsi barisanensis*. Las únicas discrepancias corresponden a Cita y Silva que lo colocan un poco más bajo, entre las zonas de *Catapsydrax* y *Globigerina bolli*. Eames y Otr. por su parte extienden el aquitaniense hasta la zona de *G. fohsi fohsi*.

Para el límite burdigaliense-yindoboniense el acuerdo es todavía mayor y quedaría colocado entre las zonas de *G. fohsi robusta* y *G. mayeri*. Sin embargo Bolli (1959) hace coincidir la base de la zona de *G. menardii* con el helveciense. Stainforth separa el helveciense del tortoniense sobre la base del nivel de extinción de *G. mayeri* emplado por Bolli para subdividir la zona de *G. menardii*.

CORRELACION Y EDADES DE ALGUNAS SECCIONES DEL TERCIARIO MARINO DE COLOMBIA CON EL CARIBE

Para las correlaciones que se proponen en este artículo se ha tenido en cuenta casi exclusivamente como base las listas de foraminíferos publicados sobre el terciario de Colombia. Cabe señalar además que para las correlaciones se han empleado las zonas de foraminíferos planctónicos de Stainforth (1960 a y b) que son más amplias que las de Bolli, ya que en las listas publicadas hasta el presente faltan la mayoría de las especies índices utilizadas por Bolli en la zonación del terciario de Trinidad.

En la sección de Carmen-Zambrano, Petters y Sarmiento (1956) colocan la zona de *Cibicides perlucidus* en el oligoceno inferior. Bürgl (1961a) sustituye la zona de *C. perlucidus* por la zona de *Cibicides cushmani* para la cual no ha señalado ni localidad tipo ni la ha descrito nunca como zona.

Por otra parte Petters y Sarmiento señalan explícitamente que la especie *Cibicides cushmani*, si bien es una de las especies que caracterizan la zona de *C. perlucidus* en el área de Barranquilla, falta en la sección de Carmen-Zambrano. Por todos estos motivos la zona de *Cibicides cushmani* de Bürgl no puede considerarse válida y en todo caso debe colocarse como sinónima de la zona de *C. perlucidus*. Bürgl admite además la presencia de las zonas planctónicas *G. ampliapertura*, *G. opima opima* y *G. ciproensis* de Bolli y las correlaciona con la zona de *C. perlucidus*. Las especies planctónicas que se han citado en el terciario de Colombia son insuficientes para establecer aquí una zonación tan detallada.

La zona de *C. perlucidus* presenta entre otras especies planctónicas *G. cf. concinna* que es posible que se haya confundido con *G. ciproensis* como han señalado Bolli (1957) y Stainforth (1960a). Esta especie se encuentra desde la zona de *G. ampliapertura* hasta la zona de *G. ciproensis*. Por lo tanto esta sola especie no permite reconocer ninguna de las zonas de Bolli. Bürgl coloca la zona de *C. perlucidus* (= *C. cushmani*) en el oligoceno (latterfiense y rupeliense); sin embargo esta edad no debe corresponder a la de Stainforth (1960a) ya que en este sentido correspondería solo al oligoceno inferior (latterfiense). El empleo por parte de Bürgl de las zonas planctónicas principalmente según Bolli y las edades principalmente según Stainforth, contribuye a establecer una mayor confusión al no señalar en cada caso particular a quien se refiere.

La zona de *G. dissimilis* representa el oligoceno medio según Petters y Sarmiento. Bürgl la ha sustituido también sin dar mayores explicaciones por la zona de *Uvigerina mexicana* y *Uvigerina topilensis*, que por los motivos expresados anteriormente a propósito de *C. cushmani* debe considerarse sinónima de *G. dissimilis*. En la zonación planctónica esta zona correspondería a la de *Catapsydrax dissimilis* (Bürgl, 1961a).

El tope de la zona de *G. ciproensis* de Stainforth caería aproximadamente hacia la parte media de la zona de *G. dissimilis* de Petters y Sarmiento ya que coincide con la desaparición de *G. ciproensis* (= *G. cf. concinna*) y con la aparición de *Globigerinoides triloba* y *Globoquadrina altispira* (= *Globigerina altispira*). Debe estar representada también una parte de la zona de *G. dissimilis* del mismo autor. En la zonación planctónica propuesta por Bürgl (1961a, pp. 173, tabla 3) falta la zona de *G. kugleri*. Sin embargo aunque no se ha citado esta especie, aparece por primera vez el género *Globigerinoides* que según Bolli representa la parte superior de la zona de *G. kugleri*. De acuerdo con Bolli y con Stainforth (1961) se coloca el límite oligoceno-mioceno en la mitad de la zona de *G. dissimilis* de Petters y Sarmiento, a diferencia de Bürgl que lo coloca en la base de la misma zona. En este sentido la mitad superior de la zona de *G. dissimilis* debería corresponder al chattiense. Se plantea sin embargo el siguiente problema: ¿A qué corresponde en realidad la zona de *Cibicides perlucidus*? ¿Representa todo el oligoceno o solo una parte? La ausencia de especies como *Balimmina jacksonensis*, *Globorotalia cocoanensis*, *Globorotalia centralis* y *Hantkenina*, características del coceno, dentro de la zona de *Cibicides perlucidus* de Carmen-Zambrano y el contacto gradual que existe entre el coceno superior y la zona de *C. perlucidus*, son hechos que predisponen a colocar esta zona en el oligoceno inferior. Si se tiene en cuenta además que el contacto con la zona de *G. dissimilis* es también normal (Petters y Sarmiento) y que la parte alta de la zona de *G. dissimilis* puede ya representar el chattiense, parece evidente que la

sedimentación ha sido continua y que en definitiva la zona de *Cibicides perlucidus* y la parte media de la zona de *G. dissimilis* representen al oligoceno en general y así se ha expresado en la Tabla III. En el área de Barranquilla, Petters y Sarmiento indican que el oligoceno superior descansa directamente sobre el oligoceno inferior. Faltaría en este caso el oligoceno medio.

La información sobre los foraminíferos planetónicos de estas zonas no permite una mayor precisión y debería realizarse un esfuerzo para intentar reconocer un mayor número de formas planetónicas que facilitaría la resolución de este problema. Aunque quedan naturalmente algunos interrogantes planteados se pone claramente de manifiesto una reducción importante del oligoceno que quedaría con una potencia aproximada de 1.260 m tomando como base los datos de Petters y Sarmiento. Claro está que esta reducción puede ser todavía más importante si se llega a comprobar la hipótesis de Eames y Otr. sobre la ausencia del oligoceno en el Caribe.

El contacto entre la zona de *G. dissimilis* y *G. insueta* queda impreciso por la falta de las especies índices. Las zonas de *C. stainforthi* y *G. insueta* que Bürgl ha señalado, son imposibles de precisar. Es posible que el límite venga a caer dentro de la subzona de *Guttulina caudrine*. *Globoquadri-na alaspira alaspira* que según Bolli aparece por primera vez en la zona de *C. stainforthi*, en Carmen-Zambrano aparece ya en la zona de *G. dissimilis*. Las posibles causas de la falta de correspondencia entre la aparición y la desaparición de las especies que se observa entre los diferentes investigadores y al comparar cuencas distintas se discuten en el capítulo sobre bioestadística en los foraminíferos.

Con base en los foraminíferos planetónicos citados por Petters y Sarmiento el tope de la zona de *G. insueta* de Stainforth debe colocarse aproximadamente hacia la mitad de la subzona de *Guttulina caudrine*. La posición del límite entre las zonas de *G. insueta* y *G. johsi* se basa en la desaparición de *G. dissimilis* y en la aparición de *G. johsi* y *G. praemenardii* hacia la mitad de la zona. Bürgl señala este límite entre las subzonas de *Guttulina caudrine* y *Planulina karsteni*, en consecuencia el límite aquitaniense-burdigaliense quedaría en una posición ligeramente más alta según Bürgl.

La equivalencia entre las zonas bentónicas restantes y las zonas planetónicas de Bolli que establece Bürgl son imposibles de corroborar toda vez que faltan completamente todas aquellas especies y subespecies que determinan las zonas. Es mucho más correcto englobarlas bajo la zona de *G. johsi* en el sentido de Stainforth sin pretender buscar correlaciones tan detalladas que pueden conducir a falsas interpretaciones.

El contacto entre las zonas de *Sigmoilina tenuis* y *Bulimina carmenensis* correspondería con la separación de las zonas de *G. johsi* y *G. mayeri* de Stainforth. Coincidiría por lo tanto con el límite burdigaliense-helveciense como ya ha señalado Bürgl. Cabe indicar además que *G. johsi* "barisanensis", *G. johsi* y *G. praemenardii* citadas por Petters y Sarmiento desaparecen en el tope de la zona de *Sigmoilina tenuis*. La aparición de *G. menardii* tiene lugar en la base de la zona de *Bulimina carmenensis*.

La zona de *Bulimina carmenensis* corresponde ya a la subzona de *G. mayeri* y representa el helveciense. Es curioso señalar aquí el hecho de que

resulta que la zona de *G. mayeri* debería colocarse en el techo de la subzona de *Planulina karsteni*, pues aquí empieza aparecer por primera vez *Sphaeroidinella rutschi* y *Hastigerina cf. aequilateralis* (= *Globigerinella cf. aequilateralis*). Tanto en Trinidad como en Venezuela y en Italia la aparición de esta especie se ha colocado en la base de la zona de *G. mayeri*. Esto trae consigo no solo una reducción de la zona de *G. johsi* sino también que especies como *G. johsi* y *G. praemenardii* se extiendan hasta la zona de *G. mayeri*. Por otra parte si la desaparición de *G. mayeri* se toma como índice para la subdivisión de la zona de *G. menardii* sin duda el contacto entre la zona de *Sigmoilina tenuis* y *Bulimina carmenensis* equivaldría al límite de las zonas *G. mayeri* y *G. menardii*. Por el momento existen estas dos soluciones que se representan en la Tabla III. Para una solución definitiva hace falta una revisión a fondo y poder disponer de un mayor número de formas planetónicas.

En el mioceno superior Bürgl utiliza todavía el término sarmatiense que está desde hace tiempo francamente en desuso. En Europa se empleó con categoría de piso pero casi siempre como término para indicar una facies. En Colombia el mioceno superior marino aún no se ha separado muy bien del plioceno; en todo caso creemos que el término sarmatiense debe abandonarse y sustituirlo más bien por el nombre de mesiniense como se propuso en la reunión del Comité del Neógeno mediterráneo que se efectuó en Viena en 1959.

El terciario del norte de Colombia fue estudiado en un principio por Anderson (1927, 1928 y 1929) quien distinguió el Grupo de Las Perdices que refirió al aquitaniense y el Grupo Tubará que comprendía el burdigaliense y el helveciense. A base de moluscos estableció una zonación de estos grupos. Si la correlación que establecen Bürgl y Otr. (1955, 1m.3) entre la sección de Arroyo Saco y los horizontes de Anderson es válida, se observa claramente que éstos coinciden con los distintos niveles litológicos. Esta concordancia es lógica ya que precisamente los moluscos están sumamente afectados por las variaciones del fondo marino y en consecuencia los cambios del fondo se paralelizan con los cambios de la fauna de moluscos debido a la dependencia que entre ambos existe. Royo Gómez (1942) sigue la estratigrafía de Anderson; Barrios (1958) en su estudio sobre la fauna de la sección de Arroyo Saco adopta la misma distribución estratigráfica que Anderson (1929) y Bürgl y Otr. (1955). Se puede concluir que la zonación de los moluscos no se debe interpretar necesariamente como una significación cronológica sino que en gran parte es producto de los cambios ecológicos.

La sección de Arroyo Saco se ha convertido en una de las clásicas dentro del terciario de Colombia. En ella se han reconocido tres ciclos sedimentarios, que se hacen corresponder respectivamente con el aquitaniense, burdigaliense y helveciense, con abundantes foraminíferos, en su mayoría bentónicos, y moluscos (Bürgl y Otr., 1955). Se insistirá sobre algunos puntos de esta sección ya que se ha interpretado como una comprobación de la fluctuación climática indicada por el diagrama polínico (Van der Hammen, 1957a).

Ninguno de los tres ciclos considerados corresponden al concepto de ciclo sedimentario ya que por definición todo ciclo implica forzosamente una simetría, es decir la existencia de una secuencia positiva seguida de una secuencia negativa. Una serie obtenida por la carretera que conduce

de Galerazamba a Tubará, casi paralela a la que ofrece Arroyo Saco, pone de manifiesto que se trata de una repetición de los niveles litológicos, o sea de una secuencia más o menos rítmica, que es en definitiva lo que indica la columna publicada por Bürgl y Otr. (1955). Por otra parte el verdadero ciclo acostumbra a estar acompañado de una fauna diferente. En toda la sección tanto los foraminíferos como los moluscos no presentan diferencias notables y las pocas que se pueden señalar corresponden a causas puramente ecológicas sin valor cronoestratigráfico.

Los pocos foraminíferos planetónicos que se han citado de esta región no permiten una discusión a fondo para establecer tentativamente una zonación. El mioceno inferior (aquitanense) de Bürgl y Otr. (1955) no presenta ninguna asociación característica que permita colocarla dentro de una zona determinada. La existencia de *Globigerinoides* poco indica a este respecto ya que se extiende a partir del tope de la zona de *G. jugleri*. Sin embargo la presencia de *Orbulina* hacia la parte media podría hacer pensar que la fauna no queda por debajo del tope de la zona de *Globigerinatella insueta*. Cabe considerar además que *G. menardii* se hubiera confundido con *G. praemenardii* con lo cual la base del mioceno inferior alto presentaría *Orbulina* y *G. praemenardii*. En estas condiciones podría corresponder con la separación entre las zonas de *G. insueta* y *G. johsi*. Es importante hacer resaltar que en este caso faltarían todas las subespecies de *G. johsi* en el resto de la serie. Precisamente estas subespecies están ampliamente representadas en las zonas de *G. insueta* y *G. johsi*. Un hecho de importancia es la aparición de *G. menardii*, *Hastigerina aequilateralis* (= *Globigerinella aequilateralis*) y *H. aequilateralis involuta* en la base del Grupo Tubará o en la base del mioceno inferior alto de Bürgl y Otr. La primera especie aparece en el tope de la zona de *G. johsi*. La segunda tanto en Trinidad (Bolli, 1957) como en Italia (Cita y Silva, 1960) aparece en la base de la zona de *G. mayeri*. En la formación Pozón de Venezuela, Blow (1959) señala que todas las subespecies de *H. aequilateralis* empiezan también a partir de esta zona. Con base en estos resultados parece más lógico considerar que el límite entre el mioceno inferior bajo y el mioceno inferior alto de Bürgl y Otr. (1955) debe corresponder a la separación entre las zonas de *G. johsi* y *G. mayeri*, por consiguiente se coloca tentativamente el límite burdigaliense-helvécico en este punto. Esto explicaría en parte la ausencia de las subespecies de *G. johsi* ya que deberían aparecer en la parte más baja de la serie (Grupo de Las Perdices) y en esta zona se encuentran pocos foraminíferos. Es indispensable para resolver definitivamente esta zonación efectuar nuevas búsquedas de foraminíferos planetónicos.

La zona I de Redmon (1953) cerca al pueblo de Tubará presenta *G. menardii* y *Orbulina universalis*. Estas citas constituyen datos difíciles de interpretar por el momento.

En la Isla de Tierrabomba, frente a Cartagena, Royo Gómez (1950) describe una fauna de moluscos y foraminíferos que coloca en la parte superior del mioceno medio. Esta edad parece bastante aceptable si tenemos en cuenta la distribución de los foraminíferos y la edad que se les asigna actualmente en toda la región atlántica americana. En efecto, entre los foraminíferos cita entre varias formas planetónicas: *Sphaeroidinella delticens* (Parker and Jones) que según Blow (1959) debe ser dividida en varias subespecies. Este mismo autor encuentra en la formación Pozón de Venezuela que todas las subespecies empiezan a partir de la zona de *Glo-*

borotalia mayeri. Representa pues la fauna de Tierrabomba posiblemente la zona de *G. mayeri* y por lo tanto el helveciense. En relación con la sección de Arroyo Saco coincidiría con el Grupo Tubará.

En la Península de la Guajira la correlación entre las formaciones de Bürgl (1958) y las de Renz (1960) se dificulta toda vez que el primer autor no ha publicado series estratigráficas detalladas. La fauna situada en la base de las Calizas de Uitpa se ha colocado en la zona de *C. stainforthi* de Bolli (Bürgl 1958). Entre esta microfauna la única especie planctónica es *C. stainforthi*. La sola presencia de esta especie no justifica en modo alguno atribuirla a esta zona; tanto en la formación Cípero de Trinidad como en la formación San Lorenzo de Venezuela su dispersión estratigráfica se extiende desde la zona de *G. dissimilis* hasta una buena parte de la zona de *G. insueta*. La ausencia de las formas planctónicas no permite precisar qué zona planctónica representa.

Ahora bien la presencia de *C. stainforthi* en la base de las Calizas de Uitpa y su condición de sedimentos transgresivos predisponen a colocarlas como un mioceno inferior en el sentido de Bolli y Stainforth, pero no permite por el momento una mayor precisión en cuanto a las zonas.

Las Arcillas de Uitpa son la única formación que permite una correlación más segura entre las formaciones de Bürgl y las de Renz. Ambos autores consideran que la microfauna descrita por Becker y Dusenbury (1958) procede de esta formación. Faltan las formas planctónicas casi en su totalidad. Ni los foraminíferos de la base ni los de la parte superior de la formación, citados por Bürgl, presentan características suficientes para poder determinar ninguna zona.

Las Capas de Siapana al parecer son discordantes con las Arcillas de Uitpa. Si se da preferencia a la extinción de formas, la edad de estas capas no puede situarse por encima del tope de la zona de *G. fohsi* ya que *G. praemenardii* se distribuye solamente desde la zona de *G. insueta* al tope de la zona de *G. fohsi*. Si como supone Stainforth (1960a) ha existido bastante confusión en la determinación de *G. praemenardii* y *G. menardii* la presencia de *Globigerinaoita morugaensis* estaría más de acuerdo con la presencia de *G. menardii* y el conjunto de la fauna de las Capas de Siapana podría corresponder a la zona de *G. mayeri* como ha señalado Bürgl (1958).

Bürgl (1958) señala que en la Guajira existe un hiato entre las Arcillas de Uitpa y las Capas de Siapana. Este hiato comprendería una parte del mioceno inferior particularmente la parte alta del nivel de *Globorotalia fohsi* o la zona de *Bulimina carmenensis*. Este vendría confirmado por el carácter transgresivo de las Capas de Siapana, mientras que en la sección de Arroyo Saco existiría una sedimentación continua según el mismo autor.

La presencia de este hiato está condicionada en gran parte al hecho de que no se ha empleado la misma cronología en las dos secciones. En primer lugar Bürgl (1958) coloca las Capas de Siapana en el mioceno inferior alto y mioceno medio bajo mientras que a las Calizas y Arcillas de Uitpa las deja en el oligoceno superior (equivalente al aquitaniense) en vez de colocarlas en el mioceno inferior bajo como en la sección de Arroyo Saco (Bürgl y Otr., 1955). En segundo lugar es imposible saber a qué zo-

se-helvécense. Aquí tampoco se ha podido definir de una manera clara la existencia de las zonas de *G. fohsi* de Bolli. Parece que esta zona correspondería a la parte inferior de la serie pero de ella se han citado foraminíferos solo en dos o tres puntos y no permiten ninguna precisión sobre el particular.

Renz (1960) señala que el contacto entre la formación Siamana y la formación Uitpa es concordante en la sección tipo, pero que en otros puntos la misma formación es transgresiva sobre la formación Siamana o sobre el cretácico. Este hecho ha sido también señalado por Bürgl (1958). Renz también indica que el contacto entre las formaciones Uitpa y Jimol es normal en la localidad tipo, pero que en la Serranía de Macuire esta última formación es transgresiva sobre el cretácico y sobre el basamento. Posiblemente esta parte transgresiva que ha indicado Renz debe corresponder a la misma transgresión y discordancia que señala Bürgl entre las formaciones Arcillas de Uitpa y Capas de Siapana.

Sin pretender desmerecer el valor de estas discordancias, principalmente en el último caso hay que insistir en que su interpretación merece mucho cuidado toda vez que aquellos puntos donde se han señalado las discordancias intraterciarias corresponden generalmente a zonas marginales de la cuenca. Bien sabido es el poco valor que se atribuye a tales discordancias sobre todo sin conocer el desarrollo de las cuencas.

Se puede concluir que en el estado actual no es posible saber, aún en el caso de que exista un hiato, si este corresponde a la parte superior del burdigaliense (tope de la zona de *G. fohsi*) o a la base del helvécense (base de la zona de *G. mayeri*).

En la Sabana de Bogotá, la base de la formación Usme está formada por la Arenisca de La Regadera de edad eoceno inferior y medio (Van der Hammen, 1958). Encima vienen una serie de lutitas grises con foraminíferos arenáceos. Hacia la parte superior aparecen lentejones de lignitos que corresponden al oligoceno medio, de tal manera que el resto de la formación Usme a partir de la Arenisca de La Regadera abarcaría desde el eoceno superior hasta el oligoceno medio (Van der Hammen, 1958). Un ejemplar de *Globorotalia fohsi andina* fue encontrado en un nivel estratigráficamente más alto que los lignitos. Su presencia ha determinado el límite oligoceno medio-oligoceno superior (Bürgl, 1955). A propósito de esta subespecie cabe señalar que por tratarse de una forma nueva difícilmente se puede utilizar para una determinación tan precisa, más aún tratándose de una forma completamente aislada y sin disponer de una asociación de foraminíferos. Aún considerando la proximidad de *Globorotalia fohsi andina* con *Globorotalia fohsi fohsi* y con *G. praemendii*, todas las subespecies de *G. fohsi* tienen una distribución estratigráfica más alta que la asignada a la subespecie *andina*. Actualmente el tipo de *G. fohsi andina* se ha perdido.

La presencia de una sola forma planctónica en la parte más alta de la formación Usme merece considerarse con cierta reserva. Los últimos fósiles marinos que aparecen están situados hacia la base de la formación y son especies principalmente arenáceas; las formas planctónicas faltan por completo. La base de la formación Usme señala en este sentido que se trata del último episodio con caracteres francamente marinos. El techo de la formación presenta ya caracteres con marcadas influencias continentales.

Dejando aparte estas consideraciones, si *Globorotalia johsi andina* existe parece lógico que corresponda a la zona de *Globorotalia johsi* en el sentido de Stainforth; en su conjunto representa el burdigaliense. Estas condiciones colocarían el techo de la formación Usme dentro del burdigaliense. A este mismo resultado se llega si se aceptan las correlaciones de Van der Hammen (1958) que se discuten dentro de las formaciones continentales. En todo caso todo parece indicar una reducción del oligoceno.

IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS BIOSTATÍSTICOS EN LOS FORAMINIFEROS

A través de las publicaciones sobre foraminíferos planctónicos, en especial aquellas más recientes, se puede apreciar que el grado de coincidencia entre las zonas, tanto en la región interamericana como entre esta región y la europea, alcanza un alto grado. No obstante si se analiza en detalle la amplitud de dispersión estratigráfica de las especies, aun entre las mismas formas planctónicas, se pone en evidencia que la coincidencia no es total. Stainforth (1960a, pp. 388) analiza algunas de las causas que producen estas discrepancias a las que se pueden añadir las siguientes: al comparar dos secciones estratigráficas es muy difícil que estas correspondan a través de todo el perfil a posiciones completamente homólogas dentro de las cuencas sedimentarias que se comparan. Además, la existencia de competencias biológicas entre algunas especies puede desplazar localmente a una forma o a un grupo de ellas, lo que trae como consecuencia que estas no aparezcan o lo hagan en un nivel más superior cuando estas competencias han desaparecido. Estos inconvenientes se obviarán al estudiar muchas secciones dentro de una misma cuenca.

Los moluscos y en especial los foraminíferos, por su abundancia en los sedimentos y por el elevado número de individuos que en general se encuentra en cada muestra, se prestan admirablemente para los estudios estadísticos. Sin duda ha sido éste un aspecto bastante descuidado en su estudio.

Recientemente algunos investigadores (Cita y Silva, 1960) han utilizado la relación plancton/bentos. Este es un índice que proporciona una abundante información sobre las condiciones de sedimentación y paleogeografía de la cuenca. Los datos obtenidos serán todavía mayores si esta relación se emplea haciendo intervenir el número de individuos. El valor masivo de estos alcanza una importancia mayor de la que comúnmente se le ha concedido. Esto se pone en evidencia al comparar solamente dos listas faunísticas en las que solo se indica la presencia o ausencia. La presencia de un solo individuo en una asociación determinada puede ser debida a un factor casual o al azar, mientras que un número elevado de individuos ya tiene un significado distinto. Por otro lado también entra en juego la mayor o menor plasticidad de cada especie, es decir, la facilidad de adaptación momentánea o prolongada a condiciones de transición o ligeramente distintas.

Es frecuente en la literatura paleontológica que las especies vayan acompañadas de las palabras "rara", "frecuente", etc. Estos términos son un tanto ambiguos ya que no tienen un significado estricto y definido. Lo que para un autor es "rara" para otro puede ser "poco abundante" y

así sucesivamente. Una forma "rara" dentro de un conjunto pequeño de individuos no tiene la misma significación que si se trata de una asociación numéricamente mayor. Las proporciones tienen la enorme ventaja de que son mucho más exactas y comparables por estar reducidas a un término común de comparación. Si las proporciones se establecen solamente en categorías sistemáticas elevadas pierden mucho valor ya que las relaciones entre las especies y géneros quedan enmascaradas. Ésto es lo que sucede en el diagrama polínico de Colombia cuando se quiere emplear como factor indicador de la cronología. Es decir que los factores ecológicos no siempre pueden considerarse como cronológicos.

En la figura 1 se han expresado estadísticamente cómo varían proporcionalmente los diferentes géneros de foraminíferos planetónicos a través de las zonas faunísticas, incluyendo también para los cálculos las subespecies. Solo están representadas la zonación de la formación Cipero de Trinidad (Bolli, 1957) y la formación San Lorenzo y Pozón de Venezuela (Blow, 1959) que son las que presentan todas las zonas idénticas. También se han intentado buscar las mismas proporciones entre las zonas establecidas por Cita y Silva (1960) en el langhiense de Italia. Naturalmente que en este caso solo pueden tener un valor aquellas zonas que corresponden exactamente con las de Bolli. En el caso de las zonas de *Orbulina suturalis* que equivale a las zonas de *G. johsi johsi*, *G. johsi lobata* y *G. johsi robusta* las proporciones pueden sufrir variaciones importantes debido al carácter compresivo de la zona de *O. suturalis*. Lo mismo hay que señalar para la zona de *Catapsydrax* en el langhiense. En la sección de Carmen-Zambrano es difícil buscar estas proporciones toda vez que es difícil separar bien los límites exactos de las zonas planctónicas. Para la zona de *Orbulina suturalis* del langhiense se han representado los puntos frente a la zona de *G. johsi lobata* pero no corresponden a estas zonas; la posición tiene únicamente un valor de situación y no de equivalencia.

Como se desprende de esta figura las variaciones de estos géneros presentan gran semejanza, entre las zonas que se comparan, que no es posible adivinar al establecer la comparación directa entre las listas faunísticas.

Finalmente se pueden hacer algunas observaciones sobre la sistemática de los foraminíferos a propósito del trabajo de Drooger (1956) sobre el particular y transcrito por Stainforth (1960a). Este criterio tiene un significado pulverizador y constituye al mismo tiempo ventajas e inconvenientes. Desde el plano estratigráfico la elevación de las variantes a un rango sistemático más elevado puede ayudar a la zonación estratigráfica, pero desde el punto de vista biológico es poco aconsejable. Aún estratigráficamente puede inducir a muchos errores y a falsas conclusiones. Colocados ya en el aspecto morfológico cabe preguntar, ¿estas pequeñas diferencias que separan unas formas de otras son interpretadas en el mismo sentido por todos los autores? Es evidente que esto es muy difícil. Luego al comparar dos secciones los resultados quedarán siempre expuestos a que las pequeñas diferencias morfológicas no se hayan interpretado bajo un mismo sentido.

INFORMACION GENERAL SOBRE LAS AREAS CONTINENTALES

Las regiones de las que se dispone de mayor información son el Norte de Santander (Catatumbo-Tibú) y el Valle del Magdalena.

La primera ha sido estudiada principalmente por Notestein y Otr. (1944) y la zona venezolana contigua a Colombia por Kuyl y Otr. (1955). Van der Hammen (1957) para su diagrama polínico general de Colombia analizó una parte del área de Catatumbo y la correlacionó directamente con la zona de Venezuela, a través de los trabajos de Kuyl y Otr., extendiendo las correlaciones a otras formaciones de Colombia. Las edades fueron atribuidas a través de las correlaciones que en este sentido establecieron Kuyl y Otr. con formaciones que en el oriente de Venezuela presentan asociaciones de foraminíferos.

El Valle del Magdalena se ha venido dividiendo en Valle Medio y Valle Superior. El Valle Medio ocupa el área petrolífera productiva y se extiende hasta La Dorada o hasta Honda según los distintos investigadores. Morales y Otr. (1958) ya expresan la arbitrariedad de este límite pero no indican ninguna modificación a este respecto. El autor extiende geológicamente el Valle Medio del Magdalena hasta la zona de Guataquí-Piedras donde la barrera cretácica que se extiende de norte a sur desde Guataquí a Girardot separa las dos cuencas terciarias.*

Para el Valle Medio, Morales y Otr. han propuesto una nomenclatura standard con el objeto de unificar la estratigrafía de las formaciones que vienen empleando las diversas Compañías de Petróleo que trabajan en esta región. A pesar de que esta área es la más conocida todavía existen muchas lagunas en la estratigrafía.

En el Valle Superior en el sentido de Van der Hammen (1958) y otros autores, se han descrito un conjunto de formaciones todavía muy poco conocidas estratigráficamente. Los escasos datos paleontológicos los han proporcionado los Vertebrados y los estudios palinológicos. Del Valle Medio del Magdalena, Stirton (1953) ha citado restos de la subfamilia Albertogaudryinae procedentes de la formación Mugrosa. Todas las demás localidades con restos de Vertebrados corresponden al Valle Superior. De todas las localidades merecen citarse la fauna de Coyaima que representa según Stirton el oligoceno y las faunas de La Venta y de Carmen de Apicalá que se han asimilado al mioceno. Al discutir las correlaciones internas y las edades se tratará más ampliamente la información sobre el terciario continental.

DISCUSION SOBRE LAS AREAS CONTINENTALES

Las formaciones continentales presentan una encreujada extraordinaria en lo referente a las correlaciones y edades. El número de datos contradictorios es tan elevado que resulta difícil entrever una solución adecuada. Por este motivo solo se expondrá una visión general de los problemas sin intentar dar una solución definitiva.

La confusión en las correlaciones y en las edades procede de las siguientes causas:

Establecer correlaciones indirectas entre las series continentales y las series marinas.

* En un trabajo en preparación se discute más a fondo la división del Valle Medio y Superior del Magdalena.

Extender todas estas correlaciones a través de cuencas aisladas sin tener suficientes bases paleontológicas ni conocer la estratigrafía detallada.

Persistir en emplear la llamada clasificación "conservativa" y aplicarla en sentidos distintos incluso un mismo autor.

Las edades y las correlaciones entre las formaciones continentales se deben principalmente a Van der Hammen (1957 y 1958) quien elaboró un diagrama polínico general de Colombia que comprende desde el maestrichtiense hasta la base del mioceno. En este diagrama las variaciones de las proporciones entre los diferentes grupos, principalmente morfológicos, en el tiempo se han interpretado como una variación y evolución de la flora que señala una periodicidad climática. A este conjunto de caracteres se le ha dado una significación cronoestratigráfica, admitiendo al mismo tiempo la existencia de una triple correlación entre la periodicidad de los cambios de vegetación, las transgresiones y los movimientos tectónicos. Porta y Solé de Porta (1962) discuten más ampliamente el valor de estas interpretaciones.

Gran parte del diagrama (eoceno-oligoceno superior) está basado en la estratigrafía de la Concesión Barco en la región del Catatumbo (Norte de Santander), donde las edades están fundadas en correlaciones con otras formaciones que en Venezuela contienen foraminíferos.

En la Tabla V se ha indicado la diversidad de opiniones que existen entre los diferentes autores. Las edades y las formaciones de esta región publicadas por Notestein y Otr. (1946) coinciden con las de Van der Hammen (1958) y por este motivo no se han incluido en la tabla.

La formación Carbonera ha sido colocada siempre por todos los geólogos dentro del oligoceno, aunque cabe señalar dentro de aquí la existencia de divergencias.

La formación León ha sido considerada como oligoceno medio por Kuyl y Otr. (1955) extendiéndola hasta la base del oligoceno superior. Van der Hammen siguiendo a Kuyl y Otr. la coloca en el oligoceno medio. La posición estratigráfica más alta que se le ha atribuido corresponde a Sutton (1946) quien la correlaciona con la formación Palmar y formación La Rosa de Venezuela. Mohler (en Lex. Estr. de Venezuela, 1956) la considera ya como un oligoceno superior y en los trabajos más recientes también se le da esta misma edad (Col. Soc., 1959).

Encima de la formación León sigue, al parecer discordante, la formación Guayabo. Su edad ha sido también muy discutida. Sutton (1946) y Hubach (1957a) la han colocado en el mioceno. Parece que la única discrepancia es la de Kuyl y Otr. que la consideran como un oligoceno superior fundándose en la edad de la formación La Rosa. Van der Hammen sigue las interpretaciones de Kuyl y Otr. y la coloca dentro del oligoceno superior. Las variaciones en la edad de la formación Guayabo se paralelizan por consiguiente con las de la formación La Rosa de Venezuela. Para la edad de esta formación existen divergencias; para los que han tenido en cuenta los moluscos se ha venido considerando como un mioceno inferior, mientras que para aquellos que se han basado en los foraminíferos la consideran oligoceno superior. Dusenbury (en Lex. Estr. de Venezuela, 1956, pp. 360) analiza las distintas opiniones y admite que la fauna de la formación La Rosa es aquitaniense; el problema estriba en la colocación definitiva de este piso. Dusenbury correlaciona la formación La Rosa con

TABLA V

E D A D E S		Suiton 1946	Kayl y Or. 1955	Van der Hammen 1958	Colombian Society 1959	Van der Hammen, 1958		Morales y Or. 1959	Van der Hammen 1958	Van der Hammen 1958
		Congestión Barco	Congestión Barco	Cataunza Tiba	Congestión Barco	Valle del Magdalena Superior	Magdalena Interior	Valle Medio Magdalena	Sabana Bogota	Costa del Caribe
PLEISTOCENO								Grupo Mesa		
PLIOCENO		Necesidad			Necesidad					
MIOCENO	Superior	Guayabo								Grupo Tubero
	Medio				Guayabo	Honda	Real	Grupo Real		
	Inferior	León								Las Perdices
OLIGOCENO	Superior		Guayabo	Guayabo	León	La Cira	Colorada	Colorada		
	Medio		León	León						Serie de Pozo
	Inferior	Carboneras			Carbonera		Magrosa	Magrosa		
EOCENO	Superior	Mirador	Carbonera	Carboneras		Guanday		Esmeraldas	Esmeraldas	Usma
	Medio	Los Cuervos			Mirador					
			Mirador	Mirador	Los Cuervos		La Paz	La Paz		San Jacinto
	Inferior	Los Cuervos	Los Cuervos		Barco	Hoyón			Bogotá	

TABLA V. — Edades y correlaciones entre las principales formaciones continentales.

la zona de *Globorotalia fohsi* y *Siphogenerina transversa* de Agua Salada en el oriente de Falcón (Venezuela), y con la zona de *Globorotalia fohsi* de la formación Cípero de Trinidad. Posteriormente esta zona se ha considerado como burdigaliense (Bulli, 1959). Wheeler (1960) coloca la formación La Rosa en el mioceno inferior.

Otra de las regiones más importantes para la estratigrafía de las formaciones continentales es el Valle del Magdalena, tanto en su parte media como en su parte superior.

En el Valle Medio, Morales y Otr. (1958) han propuesto una nomenclatura standard para unificar la diversidad de nombres y de unidades litológicas que han empleado las diferentes Compañías de Petróleo. Los caracteres generales de la estratigrafía son más o menos conocidos en las áreas productivas, pero aún dista mucho de conocerse a fondo. Dos factores han contribuido a este estado: el empleo de nomenclaturas distintas por cada Compañía y el excesivo valor que se ha concedido a la presencia de las discordancias intraterciarias para la separación de las unidades y su empleo en la correlación (Julivert, 1961a). Cabe añadir también como otro factor la extensión del nombre de las formaciones a zonas en las que la facies ha cambiado por completo y la correlación es dudosa por no presentar una continuidad bien establecida. Las correlaciones con las unidades tiempo son, por falta de bases paleontológicas, muy inexactas.

La formación La Paz, de carácter continental, no ha proporcionado hasta el presente ningún fósil. Su edad se ha deducido de su posición estratigráfica. Van der Hammen (1957, 1958) determinó la edad de la formación, a base de análisis palinológicos, como eoceno inferior y la parte superior podría incluir también el eoceno medio.

La formación Esmeraldas presenta en su techo un horizonte de fósiles de agua dulce que Pilsbry y Olsson (1935) asignaron al eoceno superior. Los análisis palinológicos de Van der Hammen señalan la misma edad y correlacionan esta formación con la base de la formación Carboneras en el área de Catatumbo. Quedaría por lo tanto debajo del nivel de *Hannotoma* que se ha considerado como eoceno superior.

La formación Mugrosa queda comprendida entre el nivel de fósiles de la formación anterior y el horizonte de fósiles de La Mugrosa. La edad de esta formación presenta una serie de divergencias según los grupos paleontológicos empleados. Pilsbry y Olsson (1935) consideran que los moluscos de agua dulce del tope de la formación representan el oligoceno medio. De la Concesión de Mares. Stirton (1953) determinó varios restos de Vertebrados representados por peces, reptiles y un molar de *Astrapotheridae* correspondiente a la subfamilia *Albertogaudryinae*. La edad sería eoceno superior según Stirton. Van der Hammen (1958) con base en los datos palinológicos admite que la base de la formación debe representar el oligoceno inferior y la parte superior el oligoceno medio. La edad atribuida por Pilsbry y Olsson se basa en los moluscos de agua dulce; todos ellos corresponden a nuevas especies y sólo existe una estrecha relación con alguna de las formas descritas en la formación Antiguas de Cuba. Los otros datos paleontológicos tampoco son decisivos como se ha señalado en otro trabajo (Porta, 1961, pp. 87).

La formación Colorado descansa concordante con la formación Mugrosa y se extiende hasta el tope del horizonte de fósiles de La Cira, que com-

prende una sucesión de arcillas carbonosas con areniscas. Pilsbry y Olson describen una asociación de moluscos de agua dulce con varias especies de *Hemisiurus*. Algunos de los moluscos citados son representantes actuales de las orillas de los ríos sudamericanos. Mezclada con esta fauna se han encontrado dos formas de aguas salobres: *Mytilopsis* y *Corbula*. A pesar de que toda la asociación de moluscos está formada por especies nuevas, Pilsbry y Olson colocan la formación entre el oligoceno superior y el mioceno inferior. Los análisis de polen de la parte superior de la formación, que en la Dorada presenta unos bancos de carbón, indicarían que se trata de un oligoceno superior (Van der Hammen, 1957a y 1958).

Discordante con la formación anterior está el Grupo Real o Honda que se tratará más adelante.

En el Valle Superior del Magdalena (parte alta del Valle Medio en el sentido de Porta y Solé de Porta, 1962) se han descrito otras formaciones: Hoyón, Gualanday, La Cira y Honda. La correlación establecida por Van der Hammen con las formaciones del Valle Medio están en la Tabla V.

La formación Hoyón descansa sobre la formación Lisama de edad paleoceno. Raasveldt (1957b) en el Mapa Fotogeológico Plancha K 9 (Armero) engloba la formación Lisama con la parte superior de la formación Guaduas, toda vez que litológicamente no son fáciles de separar.

Recientemente Porta y Solé de Porta (1962) en un trabajo que se publica en este mismo Boletín demuestran que la base de la formación Hoyón contiene un conjunto de polen con *Cicatricosisporites* que según Van der Hammen hace su aparición en el oligoceno inferior. Se modificaría así la edad de la formación Hoyón y en consecuencia la de la formación Gualanday que se le superpone.

En el Valle Superior del Magdalena las formaciones continentales atribuidas al oligoceno solo ofrecen una información muy fragmentaria. Stirton (1953) encontró en la formación Tuné (cerca a Chaparral, Departamento del Tolima) una fauna de Vertebrados que colocó en el oligoceno inferior por su semejanza con la hallada en la formación Deseado en la Argentina. Stirton considera que la formación Tuné forma parte del Grupo Gualanday.

La formación Gualanday en su localidad típica descansa directamente sobre la formación Guaduas. Faltaría entre ambas la formación Hoyón, por lo menos en su aspecto típico (Van der Hammen, 1958, Raasveldt 1956). Téllez y Navas (1962) señalan la posibilidad de que exista un área positiva durante la sedimentación del Hoyón. Para Van der Hammen la formación Gualanday comprendería desde el coceno medio (o bien eoceno inferior cuando falta la formación Hoyón) hasta el oligoceno superior. Correlaciona además la formación Gualanday en su localidad típica con la formación del mismo nombre en la región de San Juan de Rioseco (parte alta del Valle Medio). Porta y Solé de Porta (1962) señalan la imposibilidad de que ambas formaciones sean contemporáneas tomando como base los resultados del diagrama palinológico de Van der Hammen.

En la parte alta del Valle Medio del Magdalena existe una discordancia entre la formación Gualanday y la formación La Cira, (sinclinal de San Juan de Rioseco).

Van der Hammen (1957a y 1958) considera la formación La Cira como un oligoceno superior. La base de la correlación entre la formación La Cira y la formación Colorado está indicada principalmente por la existencia en la primera de un nivel de moluscos de agua dulce que se ha hecho corresponder con el nivel de fósiles que se encuentra en el tope de la formación Colorado y que por algunos autores ha sido llamado formación La Cira. Sin embargo como señalan Porta y Solé de Porta (1962) la posición estratigráfica de este nivel en las dos formaciones no es la misma. Mientras en la formación Colorado ocupa el techo, en la formación La Cira viene situado por encima de la base de la formación. Por otra parte en la formación La Cira existe más de un nivel con moluscos de agua dulce. El nivel más bajo estratigráficamente forma a veces una verdadera linaquela con *Corbula* sp. Otros bancos más altos están formados por lutitas que contienen una abundante fauna de *Hemisinus* y *Anidontites*. Tales son por ejemplo los bancos que se encuentran por encima de la serie de lutitas carbonosas en la Quebrada del Tabaco (Municipio de Jerusalén). Bürgl (en Champetier de Ribes y Otr. 1961) coloca la formación La Cira en el oligoceno superior.

En el Valle Superior del Magdalena la fauna de Vertebrados de los alrededores de Coyaima descrita por Stirton (1953) se ha considerado como representativa del oligoceno superior. Raasveldt (1957a) coloca los conglomerados, arenas y lutitas rojas de Coyaima en la formación Honda. Es indiscutible que no se conoce completamente la fauna de Coyaima, pero la presencia de *Cochilius* induce a admitirla como un oligoceno. En sudamérica este género nunca se ha encontrado en el mioceno o asociado a una fauna de esta edad. Por otra parte Stirton ha insistido en las diferencias litológicas que existen entre los sedimentos de Coyaima y los de la formación Honda en la localidad tipo.

La formación Honda se ha correlacionado con el Grupo Real. Tanto la primera como el segundo se encuentran en el Valle Medio del Magdalena. Su edad se ha venido considerando desde hace mucho tiempo como miocénica. Posteriormente el nombre de la formación Honda se ha extendido al Valle Superior del Magdalena. Berry que estudió una flora procedente de Falán en la Cordillera Central, considera que la formación Honda es mioceno. Este yacimiento se encuentra en un afloramiento aislado que Raasveldt (1957) ha considerado como parte de la formación Mesa de edad pliocénica. Stirton (1953) ha descrito de la formación Honda una fauna de Mamíferos, en La Venta y Carmen de Apicalá (Valle Superior del Magdalena), claramente miocénica. Hay que señalar que la formación Honda del Valle Medio y la misma formación en el Valle Superior forman en realidad dos cuencas aisladas y que en la localidad tipo hasta el presente no se ha encontrado ninguna fauna que permita establecer una correlación directa.

En la Sabana de Bogotá la base de la formación Usme está representada por la Arenisca de La Regadera (Hubach, 1957b) que corresponde al eoceno inferior y posiblemente también el eoceno medio; el resto de la formación llegaría hasta el oligoceno medio. Esta edad viene confirmada según Van der Hammen por el hallazgo de *Globorotalia fohsi* en un nivel algo más alto que el nivel de lignitos.

Finalmente en el norte de Colombia se encuentran algunas formaciones de carácter continental con fauna de Vertebrados. La carretera de

Toluviejo a Sincelajo (Departamento de Bolívar) ofrece un buen corte del mioceno que contiene una fauna de moluscos prácticamente idéntica a la que se encuentra en la sección de Arroyo Saco. Aun cuando esta fauna pueda corresponder al mioceno ya se han expresado anteriormente las dificultades que en este aspecto presentan los moluscos. Este mioceno marino queda recubierto por una masa de gravas y arenas que yacen discordantes (Porta, 1961). En la parte superior se encontró un roedor que Stirton (1953) determinó como *Scleromys royi*. La edad quedaría comprendida entre un mioceno superior y un plioceno inferior.

A través de la poca bibliografía sobre la estratigrafía de las formaciones continentales y de las breves consideraciones anteriores, se evidencia la inseguridad en las correlaciones aún dentro de un plano regional; en consecuencia esta inseguridad alcanza mayores proporciones al aplicar las unidades tiempo.

Para las formaciones del área del Catatumbo ya se ha visto el desplazamiento de algunas formaciones.

Según Van der Hammen (1957a) la sucesión estratigráfica del interior del país se puede comparar con los resultados obtenidos por Bürgl en los sedimentos marinos del Norte de Colombia. Si se aceptan estas correlaciones no existe ninguna duda de que el oligoceno superior y una gran parte del oligoceno medio deben considerarse como mioceno por comparación directa de los foraminíferos planctónicos y con los resultados aceptados en el Caribe. Si una gran parte de la formación León y la formación Guayabo se consideran miocénicas, el mismo desplazamiento hay que admitir para el Gualanday medio y la formación La Cira. Existirá pues una notable reducción del oligoceno y aumentaría la potencia del mioceno.

Varias objeciones hay que hacer al respecto. La reducción del oligoceno marino no implica necesariamente una disminución en los sedimentos continentales. Por otra parte si el oligoceno superior pasa a mioceno esto está en contradicción con la fauna descrita por Stirton.

Otra objeción importante reside en la interpretación de Bürgl (1961a, pp. 170) al paralelizar la transgresión del oligoceno superior de la Guajira (Capas de Siapana) con el nivel de moluscos de La Cira y con la presencia de *Globorotalia fohsi andina* en la parte superior de la formación Usme. El horizonte fosilífero de la formación La Cira corresponde precisamente a una fauna de agua dulce con dos especies de aguas salobres. Posiblemente ni siquiera ha existido una conexión directa con el mar o en todo caso hubo una baja influencia como ya señalan Pilsbry y Olsson (1935).

En la formación Usme aún en el supuesto de que se haya encontrado un ejemplar de *G. fohsi andina* nada indica que se trate de una transgresión. Precisamente el conjunto de la serie señala la existencia de un pequeño episodio marino, con foraminíferos arenáceos, inmediatamente encima de la Arenisca de La Regadera. Los sedimentos de la parte alta de la formación Usme y su discordancia con los niveles más bajos (comunicación personal de M. Julivert) señalan más bien una regresión con una fuerte influencia continental.

Estas correlaciones todavía se complican más por el hecho de que la clasificación "conservativa" no se ha empleado en el mismo sentido; mien-

tras unas veces el oligoceno superior se ha considerado equivalente al aquitaniense y se ha colocado en la base del mioceno, otras veces se ha dejado en el oligoceno superior (Bürgl 1955 y 1961 a y b). Incluso dentro de una misma publicación el aquitaniense marino se ha colocado en el mioceno y lo que se consideraba equivalente al aquitaniense dentro de las formaciones continentales, se ha continuado admitiendo en el oligoceno superior (Van der Hammen, 1958).

Quedan planteados estos problemas para cuya resolución será indispensable conocer a fondo la estratigrafía de las áreas continentales y aplicar las unidades tiempo solo cuando se haya establecido una verdadera correlación directa con las series marinas.

EL LIMITE OLIGOCENO—MIOCENO EN COLOMBIA

Uno de los problemas relacionados con este límite está en la posición del aquitaniense, que ha sido objeto de muchas controversias especialmente en Europa. Algunos investigadores lo colocan en el oligoceno superior, mientras que para otros correspondería al mioceno inferior. Las diferencias principales radican en el grupo zoológico que se considera. En Europa los mamíferos del aquitaniense conservan un aspecto oligocénico y la renovación de la fauna no se manifiesta claramente hasta el burdigaliense. En cambio la fauna marina, especialmente los foraminíferos, sufre una renovación en el aquitaniense. Al considerar la separación entre oligoceno y mioceno parece que existe un desfase entre el ciclo faunístico y el ciclo sedimentario.

En Colombia poco se ha realizado en este campo. Los foraminíferos han sido estudiados parcialmente y siempre han tenido un paralelismo con la región del Caribe, de tal manera que los cambios y problemas que afectan la estratigrafía de esta región repercuten indudablemente en la estratigrafía de Colombia. Para los estudios de foraminíferos se han utilizado secciones incompletas y poco numerosas, tratándose de formas principalmente bentónicas, para establecer con exactitud las secciones estratigráficas tipo. El diagrama polínico, en general se ha basado sobre los resultados de la micropaleontología a pesar de que en algunos puntos no concuerdan exactamente. En él están representados grupos que contienen categorías sistemáticas más bien elevadas. El diagrama así concebido no permite observar el valor que realmente tiene la modificación de la flora al pasar del oligoceno al mioceno, y en general cualquier cambio, ya que los grupos sistemáticos son demasiado amplios. Aquí cabe señalar lo que se ha indicado para los foraminíferos. Solé de Porta (comunicación personal) ha observado que ya a partir del Guaduas (posiblemente maestrichtiense y paleoceno) en las series situadas fuera de la sección tipo del diagrama, aparecen una cantidad enorme de formas nuevas de tal manera que si faltan los pocos tipos que han servido para su determinación es difícil situar la sección en el diagrama general. Este hecho se debe por una parte a una diferenciación de la flora con relación al medio y por otra a que el diagrama general se ha establecido teniendo en cuenta muy pocas secciones como se ha señalado en el caso de la micropaleontología. En cuanto a los Mamíferos falta hasta el presente una sucesión completa y solo se dispone de yacimientos separados en el tiempo: oligoceno superior y mioceno superior; pero no se conoce nada respecto al mioceno infe-

rior. Con estas bases tan poco firmes es natural que la estratigrafía experimente cambios sucesivos y a veces importantes.

Además cabe señalar que la posición del aquitaniense no se ha mantenido constante sino que ha sufrido desplazamientos aún para un mismo investigador.

Para la región de Carmen-Zambrano, Petters y Sarmiento (1956) colocan el límite oligoceno-mioceno entre la zona de *Sigmollina tenais* y la zona de *Bulimina carmenensis*, Bürgl (1961a) sitúa este límite entre las zonas de *Cibicides perlucidus* (= *Cibicides cushmani*) y de *G. dissimilis* (= *Uvigerina mexicana* y *U. topilensis*) que coincide según el mismo autor con el límite entre la zona de *G. ciperoensis* y la zona de *G. dissimilis* en las zonas planctónicas de Bolli. Como se ha indicado al tratar de esta sección Bürgl no figura la zona de *G. kugleri* y no señala ninguna aclaración al respecto.

En el presente trabajo se coloca el límite oligoceno-mioceno hacia la parte media de la zona de *G. dissimilis* de Petters y Sarmiento y aproximadamente hacia la mitad de la zona de *G. dissimilis* de Stainforth.

En la Guajira la base de las Calizas de Uitpa corresponde a la base del oligoceno superior y equivale a la subzona de *Guttulina caudriac* (Bürgl, 1958). Si se tiene en cuenta que *Catapsydrax stainforthi* se extiende desde la zona de *G. dissimilis* a la zona de *G. insueta* de Bolli, las Calizas de Uitpa pueden quedar comprendidas entre la zona de *G. dissimilis* y la zona de *G. insueta* de Stainforth. Si se acepta la correlación de Bürgl entre las Calizas de Uitpa y la zona de *Guttulina caudriac* faltaría la base del aquitaniense, mientras que en la sección de Carmen-Zambrano esta estaría representada por una parte de la zona de *G. dissimilis* de Petters y Sarmiento. Lo expuesto parece indicar que la base del mioceno no es sincrónica en las dos regiones. Esto se debe en gran parte a que Bürgl coloca las Calizas de Uitpa en la zona de *Catapsydrax stainforthi*. La sola presencia de *C. stainforthi* no permite definir ninguna zona, de tal manera que provisionalmente se ha colocado la Caliza de Uitpa como base aproximada del aquitaniense. Por el momento una posición definitiva es imposible.

Esta falta de unidad se debe a varias razones. En primer lugar cabe preguntar: ¿las diferentes zonas y aun entre las mismas propuestas por varios paleontólogos, corresponden en realidad al mismo criterio? En este sentido debe hacerse resaltar que la presencia de una especie, aún aquellas que dan nombre a la zona tienen una dispersión mayor. Así pues la sola presencia de la especie no determina la zona. Otro factor importante está en que la comparación de las secciones no siempre corresponden a la misma posición dentro de la cuenca sedimentaria lo que ocasiona que la correlación detallada se establezca entre dos secciones no homólogas.

Según los resultados a que llegó Bolli (1957) en la zonación de la formación Cipero en Trinidad, la colocación del límite oligoceno-mioceno parece que tiene una comprobación en líneas generales en toda el área del Caribe y por otra parte Cita y Silva (1960) han llegado a conclusiones muy parecidas en Italia. A juzgar por las listas de foraminíferos planctónicos publicadas por estos autores el género *Globigerina* experimenta una reducción en proporción con el resto de los géneros planctónicos. Esta característica se pone de manifiesto también en las secciones de Carmen-

Zambrano. En conjunto las proporciones entre todos los géneros planetónicos se mantienen muy iguales en Carmen-Zambrano, en la formación Cípero de Trinidad y en la base del langhiense en su localidad típica. Sobre las proporciones entre los foraminíferos planetónicos se insistió al tratar de los estudios bioestadísticos.

El límite oligoceno-mioceno para las cuencas continentales se ha establecido a base de análisis palinológicos y ya se señaló al principio que se basa en gran parte en los resultados de la micropaleontología. Cabe añadir que la separación entre el oligoceno y el mioceno viene indicada en el diagrama polínico (Van der Hammen, 1957a) por una cresta relativamente alta del grupo de *Monocolpites medius*, basado en conjunto sobre las periodicidades climáticas.

Si las correlaciones dadas por Van der Hammen (1958) son válidas sin duda las formaciones continentales que se han colocado en el oligoceno superior y una buena parte de las que se han considerado como oligoceno medio deben corresponder al mioceno. En este caso la formación Guayaibo y por lo menos la parte alta de la formación León corresponderían al mioceno. En parte esto viene confirmado por las publicaciones más recientes (Colom. Soc., 1959). Sin embargo no queda excluida la posibilidad de que toda la formación León corresponda al mioceno siempre y cuando las correlaciones que se han dado sean verdaderas. En este caso la formación La Cira y el Conglomerado Superior de la formación Guanday pertenecen al mioceno. Existiría pues una reducción importante de todo el oligoceno en la mayoría de las cuencas continentales de Colombia.

Por la existencia de datos contradictorios resulta más prudente no insistir sobre la posición del límite oligoceno-mioceno dentro de las formaciones continentales y esperar disponer de un mayor número de datos que tengan presente la revisión a fondo de todas las correlaciones.

ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE EL PLIOCENO

Tanto el plioceno marino como el continental se han estudiado muy poco. Una de las mayores dificultades con que tropieza la estratigrafía del terciario superior es la delimitación del mioceno-plioceno y plioceno-pleistoceno. Existen indudablemente formaciones pliocénicas de carácter marino en la costa atlántica de Colombia, pero su separación del mioceno no es fácil. La mayor parte de la fauna de moluscos está inédita y tiene un aspecto más moderno que la del mioceno. Pero sin un conocimiento más profundo las diferencias no pueden indicar con seguridad un valor cronológico. Por lo que respecta a los foraminíferos son prácticamente desconocidos en las publicaciones aparecidas. En los alrededores de Cartagena las arcillas grisáceas y las calizas coralígenas de La Popa se han considerado a veces como miocénicas, otras como plioceno. Recientemente Solé de Porta (1960) ha descrito unas asociaciones de polen pertenecientes a las arcillas grisáceas. El conjunto de la flora tiene un carácter indudablemente más moderno que la del mioceno, pero es distinta a la descrita por Van der Hammen y González (1960) en la Sabana de Bogotá. Un carácter que llama la atención es la presencia de *Arauc.* Por lo que se refiere a esta especie cabe señalar que es un inmigrante nórdico que

pudo haber llegado a Colombia en el pleistoceno pero que dado el carácter marino de los sedimentos de Cartagena, la presencia de *Alnus* no indica que debiera encontrarse forzosamente en Colombia, sino que muy bien pudo ser transportado por corrientes marinas. Van der Hammen (1957b) cita la presencia de *Alnus* en la parte media de la formación Tilatá (Sabana de Bogotá) y la considera de edad pliocénica. En un trabajo reciente Julivert (1961b) considera la formación Tilatá como pleistoceno*.

En los alrededores de Sinoclejo y Corozal se extiende una alternancia de gravas, arenas y arcillas que llegan hasta las proximidades del Magdalena y reposan discordantes sobre las Areniscas de Savana de Werenfels (1926). En Corozal se encuentran varios restos de Vertebrados representados por fragmentos de un Quelónido, *Caiman* sp, y un Toxodóntido próximo a *Trigonodops* que muy posiblemente pertenecen al plioceno (Porta, 1962 a y b). Hasta el presente esta sería la única fauna pliocénica conocida en Colombia.

Por todo el Valle del Magdalena se extiende la formación Mesa que se ha incluido en el plioceno y según algunos investigadores comprendería también parte del pleistoceno. Faltan en absoluto los datos paleontológicos de esta formación de tal manera que las únicas bases empleadas para atribuirle esta edad son las observaciones de campo. Tanto el nombre de la formación como la separación de los estratos de la formación Honda provienen de la disposición horizontal de sus capas en relación con la formación infrayacente y la existencia de una supuesta discordancia. La discordancia, por lo menos en la localidad típica, no es clara y tiene la apariencia de una sedimentación continua. La separación entre formación Honda y formación Mesa debe establecerse sobre una base litológica (Porta, en preparación).

La formación Mesa que se ha citado en el Valle Superior del Magdalena (Royo Gómez 1945) no corresponde con la Mesa del Valle Medio ya que en el primer caso se han considerado como formación Mesa sedimentos que corresponden sin duda a terrazas fluviales, mientras que en la localidad tipo los depósitos no guardan ninguna relación directa con las terrazas del río Magdalena.

Con respecto al límite plio-pleistoceno nada se conoce con seguridad en Colombia. Por este motivo es frecuente en la literatura geológica hablar de sedimentos plio-pleistocenos en general sin intentar una separación.

CONCLUSIONES

Si se aplican la cronología y la zonación del terciario superior que se ha establecido en la región del Caribe, indudablemente nos encontramos ante una discrepancia bastante grande con los resultados anteriores. El problema no es tan sencillo como para indicar que se trata de un simple desplazamiento en la escala cronológica. A pesar de que la no coincidencia de los límites en unidades tiempo entre estas regiones ya se viene se-

* Según comunicación personal de Van der Hammen la presencia de *Alnus* sería un indicador del pleistoceno. En este sentido se confirmaría la edad pleistocénica asignada últimamente a la formación Tilatá.

ñalando desde hace mucho tiempo, se persiste en emplear la llamada clasificación "conservativa" hasta en los trabajos más recientes (Bürgl, 1961a). La estratigrafía queda entonces ante el dilema de seguir una u otra tendencia. Si se continúa usando la clasificación "conservativa" las correlaciones que se establezcan son falsas pues lo que se entiende aquí como oligoceno medio, superior, etc., no equivale a lo que estos términos significan en el Caribe y en Europa. Si se sigue la clasificación propuesta últimamente hay que realizar grandes cambios no siempre fáciles de acomodar. Van der Hammen (1957a) y Bürgl (1961a) consideran que lo que se ha llamado oligoceno superior pasa a ser mioceno inferior. La cuestión no parece tan simple ya que como se ha señalado en los capítulos anteriores, a veces todo el oligoceno medio o una buena parte de él pasan al mioceno inferior. Tal es el caso de la sección de Carmen-Zambrano al considerar el mioceno en la base de la zona de *G. dissimilis* o que el límite oligoceno-mioceno caiga dentro de esta zona. Aun en la sección de Arroyo Saco no existe ninguna seguridad de que el mioceno inferior bajo de Bürgl y Otr. (1955) corresponda al límite aquitaniense-burdigaliense sino más bien al límite burdigaliense-helveciense. Otra consecuencia de estos cambios está en el desplazamiento de las fases de plegamiento propuestas por Van der Hammen (1958).

Los resultados señalados anteriormente hacen necesaria una revisión de la relación entre las transgresiones, regresiones y proporción de *Monocolpites medius* propuesta por Van der Hammen (1957a). Lo mismo sucede con los niveles de areniscas y conglomerados situados en la base de cada período o piso, por lo menos en las cuencas continentales. En el Valle Medio del Magdalena (entre Honda y Cuataquí) las series continentales que incluyen desde la formación Hoyón hasta la formación Mesa presentan una alternancia de arcillas, areniscas y conglomerados de tal manera que la separación entre dos formaciones o miembros dentro de las mismas, se hace a veces imposible sin tener en cuenta las características petrográficas debido a los cambios de facies, desaparición de capas, etc., con todo se podrían trazar multitud de límites coincidiendo siempre con una arenisca o un conglomerado basal (Porta, en preparación).

Podemos concluir que la estratigrafía del terciario en Colombia está aun muy mal conocida y es necesario establecer secuencias estratigráficas detalladas y conocer a fondo las cuencas, antes de querer aplicar una cronología detallada basada en unidades tiempo.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, F. M., 1927. — The marine miocene deposits of North Colombia, *Proceedings*, Calif. Acad. Scienc., v. 16, n. 3, pp. 87-95, Berkeley.
- ANDERSON, F. M., 1928. — Notes on the lower tertiary deposits of Colombia and their molluscan and foraminiferal fauna, *Proceedings*, Calif. Acad. Scienc., v. 17, n. 1, pp. 1-29, 11 fs., 1 lm., Berkeley.
- ANDERSON, F. M., 1929. — Marine miocene and related deposits of North Colombia, *Proceedings*, Calif. Acad. Scienc., v. 18, n. 4, pp. 73-213, 16 fs., Berkeley.
- BARRIOS, M. M., 1958. — Algunos moluscos del terciario medio de Colombia, *Bolet. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. 6, n. 1-3, pp. 213-306, 12 fs., Bogotá.

- BECKER L. E. and DUSENBURY A. N., 1958. — Mio-Oligocene (Aquitanian) Foraminifera from the Guajira peninsula, Colombia, *Cush. Found. for Forum. Res.*, Spec. Public. n. 4, 48 pp., 7 fs., 1 tab., New York.
- BERRY, E. W., 1925. — Age of the Uplift of the Andes, *Exemplar e Xenia Gorjanovic Kumbergeriana*, 11 pp.
- BERRY, E. W., 1937. — Plantas miocénicas de Colombia, *Bol. de Petrol.*, n. 97 a 102, pp. 221-241, 13 fs., Bogotá. (Traducción de Bull. of the Torrey Bot. Club, n. 63, pp. 53-66, 2 fs., 1916).
- BLOW, W. H., 1957. — Transatlantic correlation of Miocene sediments, *Micropaleontology*, v. 3, n. 1, pp. 77-79, New York.
- BLOW, W. H., 1959. — Age, correlation and biostratigraphy of the Upper Tocuyo (San Lorenzo) and Pozón Formations, Eastern Falcón, Venezuela, *Bull. of Amer. Paleont. Paleont. Res. Instit.*, v. 39, n. 178, 251 pp., 1 cuadros, 4 mapas, 19 fs., Ithaca.
- BOLLI, H. M., 1951. — Notes on the direction of Coiling of Rotalid Foraminifera, *Cush. Found. for Forum. Res., Contr.*, v. 2, part. 4, pp. 139-143, 1 f., Ithaca.
- BOLLI, H. M., 1957. — Planktonic Foraminifera from the Oligocene-Miocene Cipera and Lengua Formations of Trinidad, *U. S. Nat. Mus., Bull.* 215, pp. 97-123, 5 fs., 8 fs., Washington.
- BOLLI, H. M., 1959. — Planktonic Foraminifera as Index Fossils in Trinidad, West Indies and their value for worldwide stratigraphic Correlation, *Ecl. Geol. Helv.*, v. 52, n. 2, pp. 627-637, 1 tab., Basel.
- BURGL, H., 1955. — *Globotulin foiai* en la Formación de Usme, *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. 3, n. 2, pp. 56-65, 1 f., Bogotá.
- BURGL, H., 1957. — Biostratigrafía de la Subana de Bogotá y sus alrededores, *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. 5, n. 2, pp. 113-185, 19 fs., 1 mapa, Bogotá.
- BURGL, H., 1958. — Geología de la Península de la Guajira, *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. 6, n. 1-3, pp. 129-168, 5 fs., 20 f., 1 lm., Bogotá.
- BURGL, H., 1961a. (aparecido en 1962). — Historia geológica de Colombia, *Rev. Acad. Colomb. de Cien. Ex. Fis. y Nat.*, v. 11, n. 43, pp. 137-191, 41 fs., 4 tab., Bogotá.
- BURGL, H., 1961b. — Geología de los alrededores de Ortega, Tolima, *Bol. de Geol. Univ. Ind. Santander*, n. 8, pp. 21-38, 1 f., 1 map., Bucaramanga.
- BURGL, H., y Otros, 1955. — Micropaleontología y Estratigrafía de la sección de Arroyo Saco, Departamento del Atlántico, *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. 3, n. 1, 114 pp., 9 fs., Bogotá.
- BUTLER, J. W. Jr., 1942. — Geology of Honda district, Colombia, *Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.*, v. 26, n. 5, pp. 793-837, 14 fs., Tulsa.
- CITA, M. B., SILVA, I. P., 1960. — Pelagic Foraminifera from type Langhian, *Intern. Geol. Congr., Rep. Twenty-First Ses., Part. 22*, pp. 39-50, 4 fs., Copenhagen.
- COLOMBIAN SOCIETY OF PETROLEUM GEOLOGISTS AND GEOPHYSICISTS, 1959. — Field Conference Barco Concession, 36 pp., Bogotá.
- CRUSAFONT PAIRO, M. y TRUYOLS SANTOJA, J., 1959. — Sobre el nuevo proyecto de estructuración y nomenclatura del Mioceno mediterráneo, *Not. y Com., Inst. Geol. Min. de España*, n. 54, pp. 33-54, Madrid.
- CHAMPETIER De RIBES, G., y Otros, 1961. — *Mapa Geológico de la República de Colombia*, Serv. Geol. Nal., Plancha K 10 (Villeta), E. 1: 200.000, Bogotá.
- DROOGER, C. W., 1956. — Transatlantic correlation of the Oligo-Miocene by means of foraminifera, *Micropaleontology*, v. 2, n. 2, pp. 183-192, 1 f., 1 lm., New York.
- DUSENBURY, A. N., 1955. — Formación La Rosa. (in *Léxico Estratigráfico de Venezuela*), *Bol. de Geol.*, Publ. Esp., n. 1, Minist. Min e Hidr., 229 pp., 2 mapas, Caracas.
- EAMES, F. E., 1955. — The Miocene-Oligocene boundary in the Caribbean region, *Geol. Mag.*, v. 90, n. 1, 86 pp.,

- EAMES y Otros, 1962. — *Fundamentals of Mid-Tertiary Stratigraphy*, Cambridge University Press.
- HUBACH, E., 1957a. — Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia, *Ins. Geol. Nat., Inf.* 1212, 166 pp., (Inédito), Bogotá.
- HUBACH, E., 1957b. — Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores, *Bol. Geol., Serv. Geol. Nat.*, v. 5, n. 2, pp. 93-112, 1 f., 1 mapa, Bogotá.
- JULIVERT, M., 1961a. — Las estructuras del Valle Medio del Magdalena y su significación, *Bol. de Geol., Univ. Ind. Santander*, n. 5 pp. 33-52, 4 fs., Bucaramanga.
- JULIVERT, M., 1961b. — Observaciones sobre el cuaternario de la Sabana de Bogotá, *Bol. de Geol., Univ. Ind. Santander*, n. 7, pp. 5-34, 12 fs., 2 ls., Bucaramanga.
- KUYL, O. S., y Otros, 1955. — The application of Palynology to oil Geology with reference to Western Venezuela, *Geol. en Mijbouw, New ser.*, v. 17, n. 3, pp. 49-76, 8fs., 8 fs., Gravenhage.
- LEROY, L. W., 1943. — The Foraminifera *Orbulina universa* D'Orbigny, a suggested middle Tertiary time indicator, *Jour. Pal.*, v. 22, n. 4, pp. 509-508, Tulsa.
- LEROY, L. W., 1952. — *Orbulina universa* D'Orbigny in Central Sumatra, *Jour. Pal.* v. 26, n. 4, pp. 576-584, 4 fs., Tulsa.
- MORALES, L. G., y Otros, 1958. — General Geology and Oil occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia, *Habitat of Oil, Symposium Am. Ass. Petr. Geol.*, pp. 641-695, 29 fs., Tulsa.
- NOTESTEIN, F. B., y Otros, 1944. — Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, v. 55, pp. 1165-1261, 12 fs., 6 ls., New York.
- PETTERS, V., y SARMIENTO, R., 1956. — Oligocene and Lower Miocene Biostratigraphy of the Carmen-Zambrano area, Colombia, *Micropaleontology*, v. 2, n. 1, pp. 7-14, 2 fs., 1 lm., New York.
- PILSBRY, M. A. y OLSSON, A. A., 1935. — Tertiary fresh-water mollusks of the Magdalena embayment, Colombia, *Acad. Nat. Sci. Proc.*, v. 87, pp. 7-20, Philadelphia.
- PORTA, J. de, 1961. — Algunos problemas estratigráficos-faunísticos de los Vertebrados en Colombia (con una bibliografía comentada), *Bol. de Geol.*, n. 7, pp. 83-104, 2 fs., Bucaramanga.
- PORTA, J. de, 1962 a. — El Terciario superior en los alrededores de Sincelajo, *Serv. Geol. Nat., Inf.* 1407, (Inédito), Bogotá.
- PORTA, J. de, 1962 b. — El Terciario de la región comprendida entre Toluviejo y Ovejas, (Depto. de Bolívar, Colombia), *In lit.*
- PORTA, J. de y SOLE DE PORTA, N., 1962. — Discusión sobre las edades de las formaciones Hoyón, Guanday y La Cira en la región de Honda-San Juan de Rioseco (Valle del Magdalena), *Boletín de Geología, Univ. Ind. Sant.*, n. 9, Bucaramanga.
- RAASVELDT, H., 1956. — *Mapa Geológico de la República de Colombia*, *Serv. Geol. Nat., Plancha L 9* (Gieardot), E. 1:200.000, Bogotá.
- RAASVELDT, H., 1957 a. — *Mapa Geológico de la República de Colombia*, *Serv. Geol. Nat., Plancha M 8* (Ataco), E. 1:200.00, Bogotá.
- RAASVELDT, H., 1957 b. — *Mapa Geológico de la República de Colombia*, *Serv. Geol. Nat., Plancha K 9* (Armero), E. 1:200.000, Bogotá.
- REDMON, C. D., 1953. — Miocene Foraminifera from the Tubara beds of Northern Colombia, *Jour. Pal.*, v. 27, n. 5, pp. 308-333, 1 l., 3 ls., Tulsa.
- RENZ, O., 1960. — Geología de la parte sureste de la Península de la Guajira (República de Colombia), *Mem. Tercer Congr. Geol. Ven.*, v. 1, pp. 317-347, 8 fs., Caracas.
- RENZ, H. H., 1961. — The cretaceous / Tertiary and Oligocene / Miocene boundaries in Venezuela: a reply, *Boletín Informativo, Ass. Ven. Geol. Min. y Petr.*, v. 4, n. 8, pp. 259-261, Caracas.

- ROYO Y GOMEZ, J., 1942. — Fósiles del Terciario marino del Norte de Colombia, *Comp. Est. Geol. Ofic. Col. Serv. Geol. Nal.*, v. 5, pp. 461-468, Bogotá.
- ROYO Y GOMEZ, J., 1945. — Los Vertebrados del Terciario continental colombiano, *Acad. Col. Cien. Ex. Fis. Quim. y Nat.*, v. 6, n. 24, pp. 496-512, 5 ls., Bogotá.
- ROYO Y GOMEZ, J., 1950. — Geología de la Isla de Tierra Bomba, Cartagena y estudio del abastecimiento de Caño de Loro mediante aguas subterráneas, *Comp. Est. Geol. Ofic. Col. Serv. Geol. Nal.*, v. 3, pp. 33-36, 2 fs., 2 mapas, Bogotá.
- SIMPSON, G. C., 1945. — The principles of Classification and Classification of Mammals, *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, v. 85, 359 pp., New York.
- SOLE DE PORTA, N., 1960. — Observaciones palinológicas sobre el plioceno de Cartagena (Colombia), *Bol. de Geol. Univ. Ind. Santander*, n. 4, pp. 45-50, 2 fs., Bucaramanga.
- SOLE DE PORTA, N., 1961. — Contribución al estudio palinológico del terciario de Colombia, *Bol. de Geol. Univ. Ind. Santander*, n. 7, pp. 55-61, 2 fs., 5 ls., Bucaramanga.
- STAINFORTH, R. M., 1960 a. — Estado actual de las correlaciones transatlánticas del Oligo-Mioceno por medio de Foraminíferos planctónicos, *Mem. Tercer Congr. Geol. Ven.*, v. 1, pp. 382-406, 1 f., Caracas.
- STAINFORTH, R. M., 1960 b. — Current status of Transatlantic Oligo-Miocene correlation by means of planktonic foraminifera, *Revue de Micropaleontologie*, n. 4, pp. 219-230, 1 tab., París.
- STAINFORTH, R. M., 1961. — The Cretaceous / Tertiary and Oligocene / Miocene boundaries in Venezuela, *Boletín Informativo. As. Ven. Geol. Min. y Petr.*, v. 4, n. 8, pp. 256-258, Caracas.
- STIRTON, R. A., 1953. — Vertebrate paleontology and continental stratigraphy in Colombia, *Bull. Soc. Amer.*, v. 64, pp. 603-622, 13 fs., New York.
- SUTTON, F. A., 1946. — Geology of Maracaibo Basin, Venezuela, *Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.*, v. 30, n. 10, pp. 1621-1741, 11 fs., 9 ls., Tulsa.
- TELLEZ, N. y NAVAS, J., 1962. — Interferencia de direcciones en los pliegues cretácico-terciarios entre Coello y Gualanday (Valle Superior del Magdalena), *Boletín de Geología. Univ. Ind. Sant.*, n. 9, pp. 45-61, 2 fs., 1 map. lt., Bucaramanga.
- VAN DER HAMMEN, Th., 1957 a. — Periodicidad climática y evolución de flora sa-mericanas del Maestrichtiano y del Terciario, *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. 5, n. 2, pp. 5-8, 9 fs., 1 lm., Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, Th., 1957 b. — Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia), *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. 5, n. 2, pp. 189-203, 3 ls., Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, Th., 1958. — Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos, *Bol. Geol. Serv. Geol. Nal.*, v. 6, n. 1-3, pp. 67-128, 7 ls., Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, Th., 1961 a. — Upper Cretaceous and Tertiary Climatic periodicities and their causes, *Annals, New York Acad. of Scienc.*, v. 95, pp. 440-448, 4 fs., New York.
- VAN DER HAMMEN, Th., 1961 b. — The Quaternary climatic changes of Northern South America, *Annals, New York Acad. of Scienc.*, v. 95 pp. 676-683, 3 fs., New York.
- VAN DER HAMMEN, Th., y GONZALEZ, E., 1966. — Upper pleistocene and holocene climate and vegetation of the "Sabana de Bogotá" (Colombia, South America), *Leids Geol. Meded.*, Deel 25, pp. 261-315, 3 fs., 45 lms., 2 lms. lt., Leiden.
- WHEELER, O. C., 1935. — Tertiary Stratigraphy of the Middle Magdalena Valley, *Proc. Acad. Nat. Scienc.*, Philadelphia, v. 37, pp. 7-39, Philadelphia.
- WHEELER, O. C., 1960. — Estratigrafía del Oligoceno y Mioceno inferior de Falcón occidental y nororiental, *Mem. Tercer Congr. Geol. Ven.*, v. 1, pp. 407-465, 12 fs., Caracas.
- WERENFELS, A., 1926. — A stratigraphical section through the Tertiary of Tolúviejo, Colombia, *Ecl. Geol. Helv.*, v. 20, n. 1, pp. 79-83, 2 fs., Basel.