

REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL



# BOLETIN GEOLOGICO

VOL. V

ENERO - ABRIL 1957

NUMERO 2

REPUBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL

# BOLETIN GEOLOGICO

VOLUMEN V

MAYO - AGOSTO 1957

NUMERO 2

## CONTENIDO

	Páginas.
THOMAS VAN DER HAMMEN. — Periodicidad climática y evolución de floras suramericanas del Maestrichtiano y del Terciario (con 1 plancha y 9 figuras) .....	5 - 48
THOMAS VAN DER HAMMEN. — Climatic Periodicity and Evolution of South American Maestrichtian and Tertiary Floras (with 1 plate and 9 figures) .....	49 - 91
ENRIQUE HUBACH. — Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores (con 1 mapa y 2 columnas estratigráficas)	93 - 112
HANS BÜRGL. — Biostratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores (con 1 mapa y 19 planchas) .....	113 - 185
THOMAS VAN DER HAMMEN. — Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia) (con 3 planchas) .....	189 - 203

BOGOTÁ, D. E.  
IMPRENTA NACIONAL

1958

**PERIODICIDAD CLIMATICA Y EVOLUCION DE FLORAS SURAMERICANAS  
DEL MAESTRICHTIANO Y DEL Terciario**

**(UN ESTUDIO BASADO SOBRE ANALISIS DE POLEN EN COLOMBIA)**

*(con 1 plancha y 9 figuras)*

**POR**

**THOMAS VAN DER HAMMEN**

**PALEOBOTANICO - JEFE**

## CONTENIDO

RESUMEN .....	9
INTRODUCCIÓN .....	11
DATOS ANALÍTICOS DE POLEN .....	13
a) Correlación con base en cambios de vegetación y de clima .....	13
b) Métodos de trabajo .....	15
c) Descripción del diagrama de polen (Maestrichtiano-Mioceno Inferior) .....	18
d) Evolución y migración de especies .....	26
INTERPRETACIÓN ADICIONAL DE LOS DATOS ANALÍTICOS DE POLEN .....	29
e) Periodicidad de los cambios de vegetación .....	29
f) Naturaleza y causas de los cambios periódicos de la vegetación .....	32
g) Relación entre los cambios periódicos de la vegetación y evolución .....	38
h) Relación entre los cambios periódicos de vegetación, transgresiones y movimientos tectónicos .....	39
i) Un nuevo criterio estratigráfico .....	42
j) Conclusiones .....	44
Addendum .....	46
REFERENCIAS .....	48

## INDICE DE ILUSTRACIONES

- Plancha I. Diagrama palinológico compuesto (Maestrichtiano-Mioceno Inferior).
- Figura 1. Algunos representantes de los diferentes grupos de polen usados en los diagramas.
- ” 2. Algunos representantes de los diferentes grupos de esporas usados en los diagramas.
- ” 3. Origen y migración del género de palmas *Astrocaryum*.
- ” 4. Mapas areales de los géneros de palmas *Mauritia* y *Lepidocarium* (Mauritiaeae), con líneas que conectan sitios con igual número de especies.
- ” 5. Subdivisión del Maestrichtiano y del Terciario sobre la base de períodos de 6 y de 2 millones de años.
- ” 6. Curva de temperatura basada en plantas microfósiles de los Estados Unidos, comparada con una curva basada en la frecuencia del grupo de *Monocolpites medius* en Colombia.
- ” 7. Subdivisión del Mioceno con base en investigaciones paleontológicas y estratigráficas hechas por BUERGL c. s. (1955) en el Departamento del Atlántico (Colombia), correlacionada con los ciclos de 6 y de 2 millones de años.
- ” 8. Esquema de la supuesta correlación de los cambios cuantitativos de la vegetación, de fluctuaciones de temperatura y de radiación cósmica, transgresiones climáticamente determinadas, movimientos tectónicos y tipogénesis.
- ” 9. Los límites del Oligoceno-Mioceno y Mioceno-Plioceno en relación con los períodos de 6 millones de años y distintas escalas de tiempo “absoluto”.

## RESUMEN

El presente artículo trata (capítulo I) sobre datos de análisis de polen en Colombia, Suramérica, e incluye un diagrama completo que se extiende desde la base del Maestrichtiano hasta el inicio del Mioceno. Para la construcción se usaron principios especiales. El diagrama demuestra cambios periódicos en la composición numérica de la flora, asociados con la aparición de nuevas especies y la extinción de otras. Se pueden distinguir ciclos de 2 y de 6 millones de años, de los cuales los de 6 millones de años corresponden a *épocas* o *edades* (Paleoceno, Eoceno Inferior, etc.). El problema de evolución y migración se trata a la luz de estos y otros datos de análisis de polen.

En el capítulo II se aporta una interpretación adicional de los datos de análisis de polen, considerando las causas de los cambios de la vegetación (cambios de temperatura) y de la evolución. También se discute la relación entre estos cambios y los movimientos tectónicos y las transgresiones, y se muestra que estos movimientos pueden tener en parte una periodicidad comparable a la de los cambios de vegetación y de evolución, pero en estos casos ellos siempre son algo retardados. El registro de cambios periódicos de temperatura por medio de estadísticas de polen se propone como un posible nuevo criterio estratigráfico que sería independiente de fósiles índices, migración de especies, etc.

## INTRODUCCION

*En el transcurso de las investigaciones sobre análisis de polen y estratigrafía que hemos llevado a cabo durante los últimos cinco años en Colombia, Suramérica, con respecto a unidades sedimentarias del Cretáceo más Superior y del Terciario, han salido a luz algunos datos interesantes que, en opinión de nosotros, no sólo son de importancia local sino que tienen un significado mundial y que nos condujeron a formar el marco de una teoría de periodicidad. Con el fin de separar claramente los datos palinológicos exactos de la teoría, trataremos primero los resultados reales y enseguida nos referiremos a la interpretación, teórica en parte.*

*Estoy muy agradecido de muchos amigos y colegas que me asistieron con su ayuda, discutiendo los diferentes problemas expuestos en este artículo y dando sugerencias. Entre ellos deseo mencionar en primer lugar al doctor Enrique Hubach, Director del Instituto Geológico Nacional, quien estimuló el progreso de mi trabajo con el continuo interés personal, y quien me ayudó con su conocimiento detenido de la geología de Colombia.*

*También expreso mi gratitud al doctor Hans Bürgl, al Profesor doctor F. Florschütz y al doctor Johs Iversen, por sus consejos útiles y por su ayuda.*

*La Colombian Petroleum Company puso a mi disposición su extensa colección de muestras corazonadas de perforación en la Concesión Barco (región del Catatumbo, Norte de Santander), que sirvieron como base importante para el establecimiento de una parte del diagrama de polen. Desde este lugar quiero expresar mi sincera gratitud al Gerente de esta Compañía y a los geólogos de la Concesión Barco.*

*La colaboración sin interrupción de todo el personal del Departamento de Paleobotánica del Instituto Geológico Nacional fue de importancia decisiva para la realización de este estudio: la señorita Cecilia García Barriga y el señor Enrique González fueron los asistentes científicos; la señorita Irma Cortés hizo los gráficos, y el señor Juan B. Perico preparó todas las muestras en el laboratorio y fue mi ayudante durante el trabajo de campo en las diferentes regiones del país.*

## CAPITULO I

### DATOS DE ANALISIS DE POLEN

#### a) *Correlación con base en cambios de vegetación y de clima*

La mayor parte del trabajo analítico de polen hasta ahora ha sido hecho con respecto a cambios de vegetación del Pleistoceno y del Holoceno, que fueron producidos por variaciones climáticas, mientras que la evolución de especies es de poca importancia. En esta relación es decisivo, para la comprensión de nuestros puntos de vista, dar en la introducción una corta ojeada sobre los problemas.

En vastas regiones de Europa y de Norteamérica, la vegetación cuaternaria de selva fue removida y reemplazada, debido a la influencia de períodos sucesivos de clima frío y templado. En consecuencia, la inmigración y la emigración de especies existentes con dirección general Norte-Sur y Sur-Norte, fue un factor importante. Mas, la migración de ciertas especies de árboles embarga tiempo, y las especies, en el caso de un clima que va mejorando, llegarán, más tarde o más temprano, a su sitio, según sea la latitud de éste. Así, el primer arribo de una especie tratada en los diagramas de polen de varios sitios de diversas latitudes no será sincrónico. Este problema ha sido tratado anteriormente (VAN DER HAMMEN, 1951), cuando se adelantó la opinión de que en estos casos los límites exactos de tiempo solamente pueden trazarse sobre la base de la frecuencia de cambios de especies ya presentes.

La "conditio sine qua non" para esta clase de correlaciones consiste en que los cambios climáticos generales que originan los cambios de vegetación, sean exactamente simultáneos sobre vastas regiones o sobre todo el mundo. Hasta hace poco, esto sólo fue una materia de suposición. Pero desde que el fechamiento con  $C_{14}$  probó que el interestadial de Alleröd del Tardiglacial era contemporáneo en toda Europa y en Norteamérica y que, además, el último avance importante de hielo a continuación de este interestadial, no solamente es contemporáneo en el Hemisferio Norte sino probablemente también en el Hemisferio Sur, podemos considerar como un hecho que los grandes cambios climáticos del Cuaternario fueron simultáneos a través de toda la Tierra y que no fueron causados por movimientos polares sino por influencias provenientes directamente de fuera de la Tierra.

Dirigiendo nuestra vista hacia el Terciario, hallamos que uno de los pocos aspectos conocidos y reconocidos en general se refiere a que el clima, en el decurso de este período, iba volviéndose gradualmente más frío, simultáneamente, sobre todo el Hemisferio Norte. De mucho interés es en

esta relación un artículo de GERTH (1941), porque muestra, sobre la base de la distribución de la flora fósil de *Nothofagus*, de Suramérica, que el clima de la parte Sur del Hemisferio Occidental se volvió más frío durante el Terciario, justamente lo mismo como en el Hemisferio Norte. Esta tendencia general de desmejoramiento del clima dio por resultado una clara separación, en fajas latitudinales, de clima y vegetación tal como las conocemos hoy día.

Un traslado de la vegetación en fajas latitudinales también acontece sobre todo el mundo durante el Paleozoico Superior, en parte acompañado de glaciación. De estos hechos podemos concluir que algunos factores, que obran simultáneamente en toda la Tierra, causaron cambios sincrónicos en la vegetación, cualquiera que fuese la composición específica de esta vegetación.

Si nos fuera dable registrar estos cambios de la vegetación de un modo detallado, ellos serían una base excelente para correlaciones exactas de tiempo, de dimensiones mundiales. Por varias razones, el análisis de polen parece ser la ciencia más adecuada para resolver el problema de registro. Labora con un material que está presente doquiera y se halla abundantemente en muchos sedimentos, terrestres o marinos, y por lo tanto las investigaciones estadísticas se pueden verificar normalmente. Además, la Palinología ya ha mostrado su valor en cuanto a la correlación de las edades de glaciación del Pleistoceno.

Ahora, como una materia de facto, la evolución desempeña un papel sobresaliente en la historia de la flora precuaternaria. Pero, desde que, durante el período terciario, la vegetación estaba dividida en regiones de flora distintas, una diferencia profunda de especies de polen se presenta, por ejemplo, entre el Eoceno de Suramérica y el Eoceno de Europa. Además, según se observará adelante, aun dentro de un área de flora, una especie nueva requiere un lapso considerable para migrar de su lugar de origen a otras regiones. Empero, las asociaciones de polen son bastante constantes dentro de partes mayores de un área de flora.

De estos hechos podemos deducir las siguientes conclusiones:

1. Correlaciones dentro de sectores grandes de un área de flora se pueden ejecutar sobre la base de asociaciones de tipos de polen, pero jamás sobre la base de una o unas pocas especies.
2. Correlaciones dentro de un área completa de flora y correlaciones mundiales pueden llevarse a cabo con base en investigaciones cuantitativas de polen, registrando cambios importantes de vegetación (excluyendo fenómenos locales). La base de estas correlaciones es el concepto de que, cualquiera que sea el contenido específico de la flora, estos cambios profundos de vegetación, estadísticamente registrados, son la respuesta a cambios grandes y mundiales.

Sobre la base de estas consideraciones hemos tratado de adaptar el método estadístico de polen para satisfacer el registro de los cambios importantes de vegetación que acabamos de mencionar. Este método de trabajo se explica en el párrafo siguiente.

## b) *Métodos de trabajo*

Ante todo deseamos atraer la atención hacia el hecho de que nuestros métodos polen-analíticos de trabajo son diferentes de los que generalmente se usan. Los principios básicos de nuestro método de trabajo fueron publicados hace algún tiempo (VAN DER HAMMEN, 1954 a), en un estudio sobre el desarrollo de la flora y de la vegetación del Maestrichtiano, pero los hemos extendido en algunos aspectos, para ajustar las floras de polen del Terciario (VAN DER HAMMEN, 1957). Así, los diagramas (véase plancha I) fueron elaborados del siguiente modo:

1. De cada manto de carbón o de lignito se analiza una serie de muestras, y el porcentaje promedio para cada especie o grupo se calcula de la suma de estos análisis; o se hace un análisis de una muestra mixta de toda esa serie.
2. Se cuentan unos 200 a 300 granos de polen en cada muestra, y el porcentaje se calcula sobre la base de la suma de todos los granos de polen y de esporas de Pteridophytas.
3. Los espectros compuestos de una serie de sedimentos se reparten en un diagrama cuyo eje horizontal representa los porcentajes de diferentes grupos de polen y de esporas, agregados uno encima de otro, mientras que el eje vertical corresponde a la separación de los espectros en la columna estratigráfica. Los mejores resultados, en nuestro caso, se obtuvieron con una escala de 1:2.000 para la columna estratigráfica, y de 10 centímetros para el 100% de la suma del polen y de las esporas. Sin embargo, la escala puede cambiarse, de acuerdo con el espesor relativo de los sedimentos.
4. Los grupos de polen y de esporas (las especies mencionadas han sido descritas en VAN DER HAMMEN, 1954 a y 1956 b) se emplazan uno encima de otro, y se disponen de la siguiente manera (véase plancha I, figs. 1 y 2):

a) De izquierda, los porcentajes de los diferentes grupos de polen de palmas (fig. 1), en el orden:

Grupo de *Monocolpites medius* (incluyendo *M. minutus*, *medius*, *huer-tasi*, *grandis* y formas cercanamente relacionadas, todas relacionadas con algunos géneros recientes de palmas).

Grupo de *Monocolpites franciscoi* (incluyendo todos los granos de polen de las Mauritiaceae).

Grupo de *Proxapertites operculatus* (incluyendo todas las variedades de esta especie y formas cercanamente relacionadas, todas estas cercanamente relacionadas con la especie reciente de *Astrocaryum acaule*).

b) De derecha, los porcentajes de los diferentes grupos de esporas (fig. 2), en el orden:

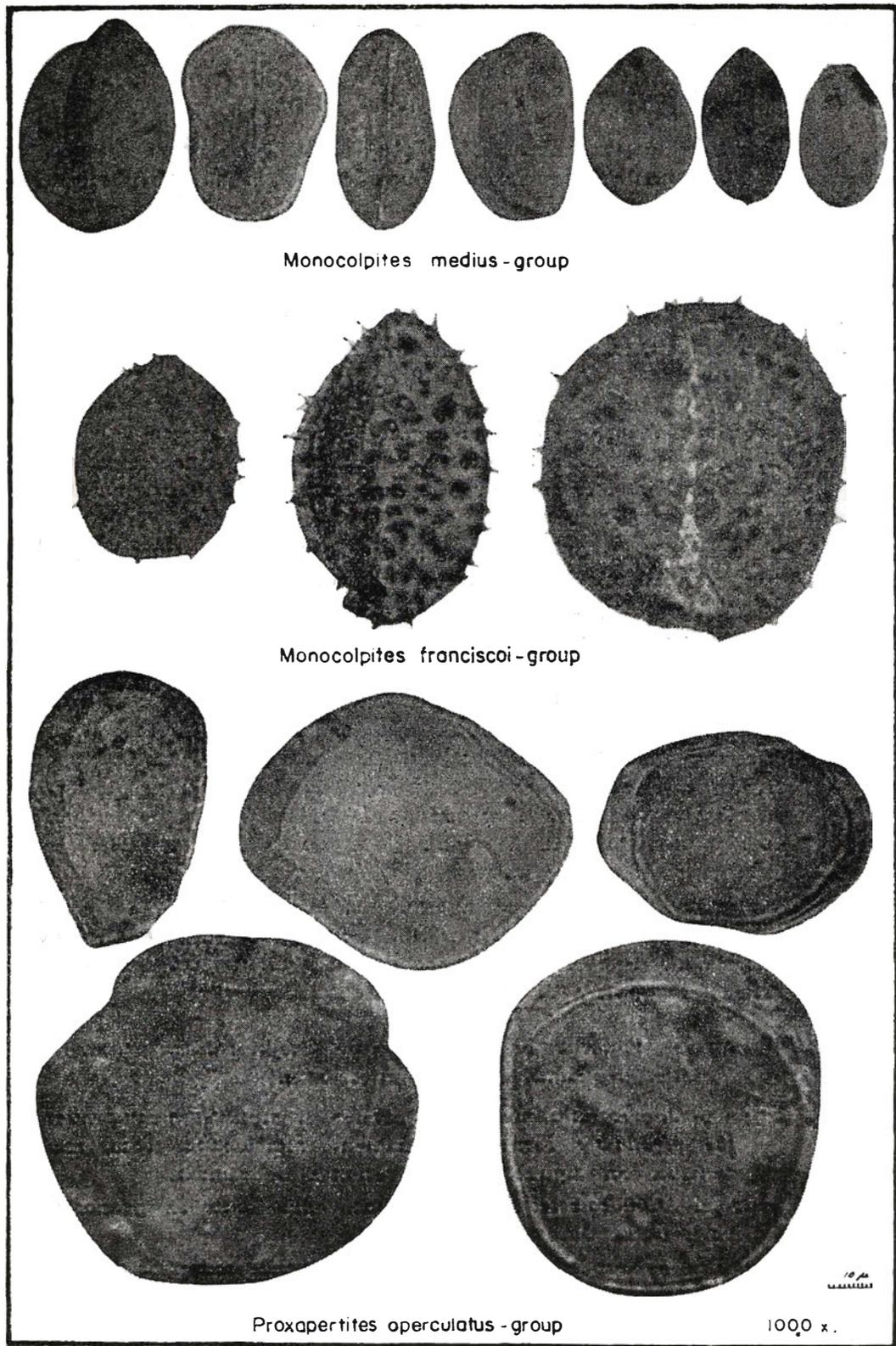


Fig. 1

ALGUNOS REPRESENTANTES DE LOS DISTINTOS GRUPOS DE POLEN DE PALMAS USADOS EN LOS DIAGRAMAS

SOME REPRESENTATIVES OF THE DIFFERENT PALM-POLLEN GROUPS USED IN THE DIAGRAMS

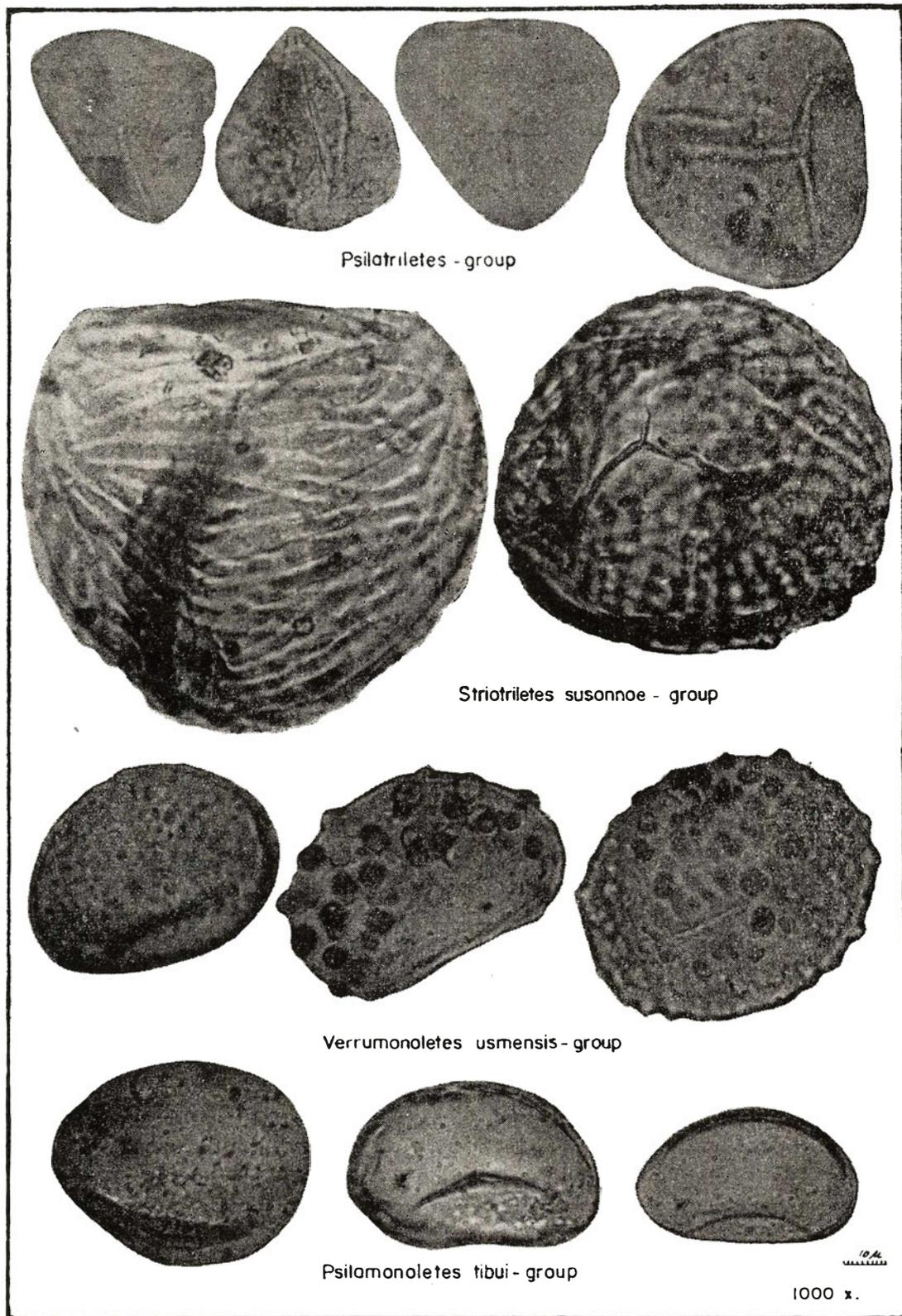


Fig. 2

ALGUNOS REPRESENTANTES DE LOS DISTINTOS GRUPOS DE ESPORAS USADOS EN LOS DIAGRAMAS

SOME REPRESENTATIVES OF THE DIFFERENT SPORE-GROUPS USED IN THE DIAGRAMS

- Grupo de *Psilatriteles* (incluyendo todas las esporas triletes, principalmente psiladas, excluyendo el grupo *Striatriteles susannae*).
- Grupo de *Striatriteles susannae* (incluyendo esta especie y formas relacionadas de esporas, que pertenecen en parte, o son cercanos parientes, al género reciente *Aneimia*).
- Grupo de *Verrumonoletes usmensis* (incluyendo las esporas mono-lete-verrucadas *V. usmensis* y *V. usmensoides*, y las formas cercanamente relacionadas, que probablemente pertenecen principalmente a las Polypodiaceae).
- Grupo de *Psilamonoletes tibui* (incluyendo todas las esporas mono-lete-psiladas: en parte de este grupo se hallan especies que no tienen abertura clara y que, conforme a eso, más bien habría que clasificar como "alete", pero siendo en lo demás idénticas con especies monoletes, se han referido aquí a este grupo).
- c) En la mitad, entre los grupos de polen de palmas (izquierda) y los grupos de esporas (derecha), están los porcentajes de la suma de todos aquellos granos de polen de Angiospermas (principalmente Dicotiledóneas) que no están incluidos en los grupos de polen de palmas. Llamaremos este grupo sencillamente "Grupo de Angiospermas".

Este tipo de diagrama se referirá como Diagrama PAF (Palmas, Angiospermas-Helechos = Ferns), entendiéndose, desde luego, que estos grupos son considerados en cuanto a la parte tropical de Suramérica, y habrá que cambiarlos para otras áreas de flora.

Además de este diagrama principal, se pueden trazar curvas en la forma usual para las especies separadas de Angiospermas, etc., y de los grupos mencionados.

Este tipo de espectros y de diagrama se ha escogido, después de muchos experimentos con otros tipos, porque refleja mejor los cambios importantes, numéricos, del total de la flora (de polen) y excluye cambios menores que pueden ser de origen local, como también cambios en las sucesiones de vegetación local. Estas sucesiones últimas, expuestas en diagramas basados en una serie de muestras superpuestas provenientes de un manto de carbón, pueden ser importantes para la correlación de mantos de carbón en una localidad minera, pero son de poco valor para correlaciones estratigráficas sobre distancias mayores.

Aun cuando solamente se han usado mantos de carbón para los espectros que componen nuestro diagrama, necesitamos acentuar que se han obtenido resultados similares del análisis de muestras de arcillas, en que cada espectro compuesto estuvo fundado en varios análisis de muestras, tomadas a distancias relativamente cortas entre sí.

c) *Descripción del diagrama de polen*  
(*Maestrichtiano-Mioceno Inferior*)

La parte maestrichtiana del diagrama (plancha I) está compuesta de dos secciones combinadas de la Sabana de Bogotá (VAN DER HAMMEN, 1957); además, comprende el Paleoceno de secciones de Tibú (Catatum-

bo) y de Lebrija (VAN DER HAMMEN, 1957), el Eoceno Inferior y Medio de secciones combinadas de Tibú, el Eoceno Superior y el Oligoceno Inferior y Medio de secciones combinadas de Tibú y de Timba (al sur de Cali), y el Oligoceno Superior y el Mioceno más Inferior de secciones combinadas de Timba y de Antioquia. La combinación de las diferentes secciones y de las partes correspondientes del diagrama se elaboró muy cuidadosamente y se realizó únicamente cuando se cumplían las siguientes condiciones:

1. En el caso de haber existido una superposición de al menos dos zonas de polen.
2. Que las partes superpuestas del diagrama se correspondían completamente en el curso de sus curvas diferentes o en el porcentaje relativo de espectros separados y en su contenido específico.
3. Que la sucesión estratigráfica de las diferentes secciones además correspondía una con otra.

Las diferencias de espesor relativo de las distintas secciones, si las había, fueron eliminadas mediante reducción proporcional o ampliación. Como una base para reducción adoptamos la escala 1:2.000, de las secciones de Tibú, Timba y Antioquia, las cuales tienen el mismo espesor en sus partes correspondientes. Como se enunció ya antes, todos los "espectros compuestos" han sido derivados de mantos de carbón, si bien obtuvimos resultados comparables —no incluídos aquí— con series de muestras de arcilla. Aquellas partes del diagrama que han sido reducidas sobre la base arriba aludida, están mencionadas en la plancha I.

Como todos estos espectros fueron obtenidos de mantos más bien gruesos de carbón, podemos estar seguros que todos ellos representan vegetación tropical de terrenos bajos, próximos al nivel del mar, de modo que no es necesario tener en consideración diferencias de altitud al comparar los diferentes espectros.

Podemos iniciar ahora la descripción del diagrama, comenzando con la parte más inferior (véase plancha I).

### *Maestrichtiano*

La parte más inferior del diagrama equivale al Maestrichtiano, y los resultados se publican en este mismo número con más detalles (VAN DER HAMMEN, 1957). El Maestrichtiano, con base palinológica, puede dividirse en tres zonas. Estas zonas, que son A, B y C, son idénticas con aquellas descritas hace tres años (VAN DER HAMMEN, 1954 a), con la única diferencia de que ahora preferimos colocar el límite entre las zonas B y C algo más alto, en donde comienza el máximo del grupo de *Monocolpites medius*, próximo al de la base de la zona B. La determinación de la edad ha sido comprobada suficientemente con los siguientes datos: 1º foraminíferos del Maestrichtiano y amonitas se hallan en toda la base de la zona A. 2º foraminíferos del Maestrichtiano todavía se hallan en la zona C del área del Catatumbo.

La parte maestrichtiana del diagrama solamente se compone de tres grupos: el grupo de *Monocolpites medius*, el de los demás tipos de Angios-

permas y el grupo de *Psilatrilletes* (principalmente *Psilatrilletes guaduen-sis*). Como la parte más inferior del Maestrichtiano es marina doquiera en Colombia, no se obtuvieron muestras de carbón de ese intervalo relativamente delgado, pero los mantos de carbón que siguen inmediatamente encima de esta parte muestran porcentajes, relativamente altos, del grupo de *Monocolpites medius*, y bajos porcentajes del grupo de *Psilatrilletes*. Luego la curva de *M. Medius* desciende, a medida que la del grupo de *Psilatrilletes* asciende. Una segunda cresta del grupo de *Monocolpites medius* viene en seguida, flanqueada por dos máximos de *Psilatrilletes*. A continuación, después de una caída, tenemos un tercer máximo del grupo de *Monocolpites medius*, otra vez flanqueado por máximos relativos del grupo de *Psilatrilletes*.

Inmediatamente después de cada una de las últimas dos crestas del grupo de *Monocolpites medius* aparece un número relativamente grande de nuevas especies (sobre este fenómeno, justamente después de la segunda cresta, véase el diagrama de las planchas II y III en VAN DER HAMMEN, 1954a). El máximo de la primera cresta del grupo de *Monocolpites medius* debe estar todavía algo debajo de la arenisca superior del Guadalupe, o en el hiato que puede existir entre esta arenisca y la formación de Guaduas.

Las tres zonas tienen aproximadamente el mismo espesor; solamente la zona C suele ser algo más delgada en algunos casos. Las tres zonas pudieron distinguirse sobre la base de máximos del grupo de *Monocolpites medius* y del grupo de *Psilatrilletes* (y sobre la base de asociaciones típicas de las demás Angiospermas), en todos los diagramas que hicimos del Maestrichtiano y en sitios que se hallan hasta 1.500 kms. de distancia entre uno y otro (longitud Norte-Sur de la Cordillera Oriental).

### *Paleoceno*

El Paleoceno se inicia con una cresta muy alta del grupo de *Monocolpites medius*, la mayor de todo el diagrama. Inmediatamente después de esta cresta, la composición específica (y cuantitativa) de la flora de polen cambia profundamente. *Proxapertites operculatus* constituye una parte importante del total, desde el inicio hasta el final del Paleoceno. El grupo de *Monocolpites franciscoi* (Mauritiaeae) aparece por primera vez en la base del Paleoceno, y también muchos tipos nuevos como *Tricolporites annae* (Bombacaceae), etc.

Una segunda cresta en el grupo de *Monocolpites medius*, y una tercera (pequeña, pero combinada con una cresta del grupo *Monocolpites franciscoi*), que se hallan a intervalos iguales, introducen algún cambio en la composición cuantitativa de la flora. Además unas pocas especies nuevas aparecen después de cada una de las crestas, pero el cuadro general no cambió de manera importante, hasta que después de la siguiente y muy alta cresta del grupo de *Monocolpites medius*, la vegetación vuelve a cambiar profundamente (al comenzar el Eoceno).

La edad paleocena de esta parte está probada por las siguientes investigaciones. La asociación típica de polen de esta sección del diagrama la encontramos también en el área de Cerrejón (Guajira), dentro de la formación de Hato Nuevo (Guajira occidental), que reposa sobre el Maes-

trichtiano fosilífero y debajo de la formación carbonífera del Eoceno. En el equivalente de la formación de Hato Nuevo, del lado venezolano de la frontera, la edad paleocena puede probarse por medio de foraminíferos.

### *Eoceno Inferior*

El Eoceno Inferior comienza con una cresta alta del grupo de *Monocolpites medius*, y poco debajo de ella está una cresta del grupo *Monocolpites franciscoi*. Inmediatamente después entran a figurar dos nuevos grupos, el de *Verrumonoletes usmensis* y el de *Psilamonoletes tibui*. Un número de nuevas especies de dicotiledóneas aparece después de la cresta de *Monocolpites medius*. Dos crestas mucho más bajas del grupo de *Monocolpites medius* vienen a continuación, cada una combinada con una cresta de los grupos de *Monocolpites franciscoi* y de *Psilamonoletes tibui*, en el siguiente orden: cresta de *Monocolpites franciscoi*, cresta de *Psilamonoletes tibui*, cresta de *Monocolpites medius*. Es de anotar que estas crestas, en la zona B, que es algo más gruesa, también están más espaciadas. La curva de *Monocolpites medius*, sin tener en cuenta las crestas mencionadas, es muy baja en la mayor parte del Eoceno Inferior, es decir, revela solamente uno o pocos por cientos.

La siguiente cresta vuelve a ser relativamente alta, y con su vértice se inicia el Eoceno Medio.

La edad de la sección descrita del diagrama se estableció como Eoceno Inferior por medio de correlación de polen de la parte más superior de la formación Los Cuervos y de la parte principal de la arenisca del Mirador (Catatumbo), sobre las cuales está fundada esta sección del diagrama, con formaciones que contienen foraminíferos en Venezuela (KUYL c. s., 1955).

### *Eoceno Medio*

El Eoceno Medio comienza con una cresta muy alta del grupo de *Monocolpites medius*, otra vez combinada con la cresta de otros grupos que van en el orden de: grupo de *Monocolpites franciscoi*, grupo de *Psilamonoletes tibui*, grupo de *Monocolpites medius*. Inmediatamente después de esta cresta se presentan unas pocas especies nuevas. Siguen dos crestas más bajas, a distancias cortas, combinadas con crestas del grupo de *Psilamonoletes tibui*. Tanto la del grupo de *Monocolpites medius* como la de *Psilamonoletes tibui* son relativamente altas a través de la mayor parte del Eoceno Medio, en cambio la del grupo de *Monocolpites franciscoi* es baja.

Con la cresta subsiguiente, que esta vez se combina con crestas tanto del grupo de *Psilamonoletes tibui* como del de *Monocolpites franciscoi*, se inicia la vegetación relativamente distinta del Eoceno Superior, que muestra el descenso brusco de todos los grupos de palmas y de esporas.

El Eoceno Medio es relativamente delgado, probablemente a causa de movimientos orogénicos que son generales en Colombia y Suramérica.

La edad de la sección descrita del diagrama se estableció como Eoceno Medio, correlacionando el polen de la parte más alta de la Arenisca

del Mirador (que sirve de base a esta sección del diagrama) con formaciones que contienen foraminíferos en Venezuela (KUYL c. s., 1955). Además, esta parte se puede correlacionar litológicamente con una serie de conglomerados y de calizas en el Departamento de Bolívar (Colombia), que contiene foraminíferos del Eoceno Medio (H. Bürgl, información verbal), encima de la cual se encontró una flora de polen del Eoceno Superior.

### *Eoceno Superior*

El Eoceno Superior comienza con una cresta del grupo de *Monocolpites medius*, precedido por importantes crestas del grupo de *Monocolpites franciscoi* y del grupo de *Psilamonoletes tibui*. Luego la vegetación cambia considerablemente, introduciéndose nuevas especies. Una segunda y tercera crestas del grupo de *Monocolpites medius* se presentan en seguida, a distancias casi iguales. Durante todo el Eoceno Superior, los grupos de palmas y de esporas son muy bajos, dominando completamente el grupo de Angiospermas. El Oligoceno Inferior se inicia con una cresta relativamente alta del grupo de *Monocolpites medius* y con un cambio profundo en la composición cuantitativa de la flora.

A partir del Eoceno Superior disponemos de diagramas, tanto del geosinclinal occidental como del geosinclinal oriental, que se corresponden perfectamente, aun en los detalles.

La edad del Eoceno Superior de esta sección del diagrama se pudo establecer por medio de correlación de polen con la parte media de la formación de Concentración de Paz del Río (Boyacá), donde hay dos horizontes fosilíferos. Estos fósiles fueron estudiados por ROYO Y GÓMEZ (informe inédito del Instituto Geológico Nacional). El horizonte inferior es del Eoceno Medio-Superior, y el superior, del Eoceno Superior-Oligoceno Inferior. Además, en otros sitios (Catatumbo, Valle del Cauca, etc.), estas zonas de polen se encuentran en el techo del Eoceno Medio y debajo de una formación con fósiles que probablemente corresponden al Oligoceno Inferior. Palinológicamente estas zonas de polen corresponden a la mayor parte de la formación Esmeraldas (al W. de Bucaramanga), que contiene un horizonte fosilífero del Eoceno Superior.

En el área del Catatumbo hay correspondencia con la parte inferior de la formación Carbonera que se correlacionó palinológicamente con formaciones del Eoceno Superior de Venezuela Occidental, que contienen foraminíferos (KUYL c. s., 1955).

### *Oligoceno Inferior*

Según vimos, el Oligoceno Inferior comienza con una cresta relativamente alta del grupo de *Monocolpites medius*, a la cual sigue inmediatamente un cambio sustancial de la composición cuantitativa de la flora de polen. Todos los grupos de esporas muestran valores relativamente altos, a igual que el grupo de *Monocolpites franciscoi*; el grupo de Angiospermas es muy bajo en la primera parte. Un hecho también importante es la presencia de la primera y pequeña cresta del grupo de *Striatriletes susannae* cerca de la base del Oligoceno Inferior.

La zona A del Oligoceno Inferior es más gruesa que las zonas B y C, y corresponde a un tiempo de intrusiones marinas, vastamente distribuidas y, probablemente, de mayor subsidencia y sedimentación.

Dos crestas del grupo de *Monocolpites medius*, algo más bajas que la primera, siguen a continuación. Están precedidas por crestas de varios otros grupos o van combinadas con ellos. Debe anotarse especialmente que el grupo de Angiospermas muestra porcentajes altos justamente antes de las crestas del grupo de *Monocolpites medius*. La cresta del grupo *Monocolpites medius* en la base de la zona B, está combinada con una cresta del grupo de *Proxapertites operculatus*, la primera cresta perceptible de este grupo que vuelve a presentarse después del final del Paleoceno. Esta cresta está presente tanto en el geosinclinal occidental como en el oriental.

Una cresta alta del grupo de *Monocolpites medius* indica el inicio del Oligoceno Medio.

La edad equivalente al Oligoceno Inferior de esta parte del diagrama se pudo establecer de la siguiente manera. Hay horizontes fosilíferos de más o menos esta edad en varias secciones (Catatumbo, Valle del Cauca, etc.), que pueden correlacionarse palinológicamente con la parte respectiva del diagrama. Además, la edad de la parte superior de la formación Carbonera del Catatumbo, de la cual se ha derivado este diagrama, se pudo establecer por correlaciones palinológicas con formaciones que contienen foraminíferos en Venezuela Occidental (KUYL c. s., 1955).

### *Oligoceno Medio*

El Oligoceno Medio se inicia con una cresta más bien alta del grupo de *Monocolpites medius*, precedido por un máximo del grupo de Angiospermas, además por un máximo del grupo de *Monocolpites franciscoi* y por una cresta relativamente alta del grupo de *Striatriletes susannae*; poco después entra a figurar cierto número de nuevas especies de Angiospermas. Dos crestas menores siguen a distancias casi iguales. La siguiente cresta otra vez es alta, y con ella comienza el Oligoceno Superior.

La edad equivalente al Oligoceno Medio de esta parte del diagrama pudo establecerse indirectamente. Esta edad es muy probable, en vista de la posición estratigráfica inmediatamente encima del techo del Oligoceno Inferior, sin hiato en la sucesión estratigráfica. Además, la sucesión estratigráfica respectiva del interior del país se puede comparar con la sucesión marina de la costa donde los estratos comparables contienen fósiles del Oligoceno Medio, según información verbal de H. BUERGL. La flora correspondiente también se encontró en el sinclinal de Usme, al sur de Bogotá, y BUERGL (1955) halló un foraminífero, *Globorotalia fohsi*, que se halla desde la parte alta del Oligoceno Medio hasta la parte baja del Oligoceno Superior, en un nivel estratigráfico algo más alto del mismo sinclinal, según muestra obtenida de una perforación en el predio de la Cervecería Andina, de Bogotá.

La mayor parte de las Arcillas de León (Catatumbo), a la cual corresponde palinológicamente esta parte alta del diagrama, se correlacionó palinológicamente con formaciones que contienen en el occidente de Venezuela foraminíferos del Oligoceno Medio (KUYL c. s., 1955).

### *Oligoceno Superior*

El Oligoceno Superior se inicia con una cresta relativamente alta del grupo de *Monocolpites medius*. Algo más arriba, el grupo de *Striatriletes susannae* presenta la cresta más alta de todo el diagrama. Dos crestas más bajas del grupo de *Monocolpites medius* siguen a distancias iguales. Después de la tercera cresta, a saber, desde la base de la zona C para arriba, comienza una subsidencia y sedimentación muy rápida que prosigue durante todo el Mioceno. Esta parte del diagrama (desde la base de la zona C hacia arriba) está representada a la mitad de la escala original, o sea a 1:4.000 en vez de la de 1:2.000 de las secciones del Catatumbo y Valle-Antioquia. Con una cresta relativamente alta del grupo de *Monocolpites medius* comienza el Mioceno Inferior. La edad de esta sección del diagrama pudo establecerse por medio de correlaciones de análisis de polen con la parte inferior de la formación La Cira, cerca de La Dorada, al norte de Honda (río Magdalena). Su edad corresponde, según el contenido en vertebrados fósiles, al Oligoceno Tardío (STIRTON, 1953). La formación La Cira también se considera equivalente del Oligoceno Superior, con base en comparación con otros horizontes fosilíferos. Esta sección del diagrama, además se puede correlacionar por medio de análisis de polen con la parte inferior de la formación Guayabo del área del Catatumbo, que por su parte se puede correlacionar con formaciones que contienen foraminíferos en Venezuela Occidental (KUYL c. s., 1955).

### *Mioceno Inferior*

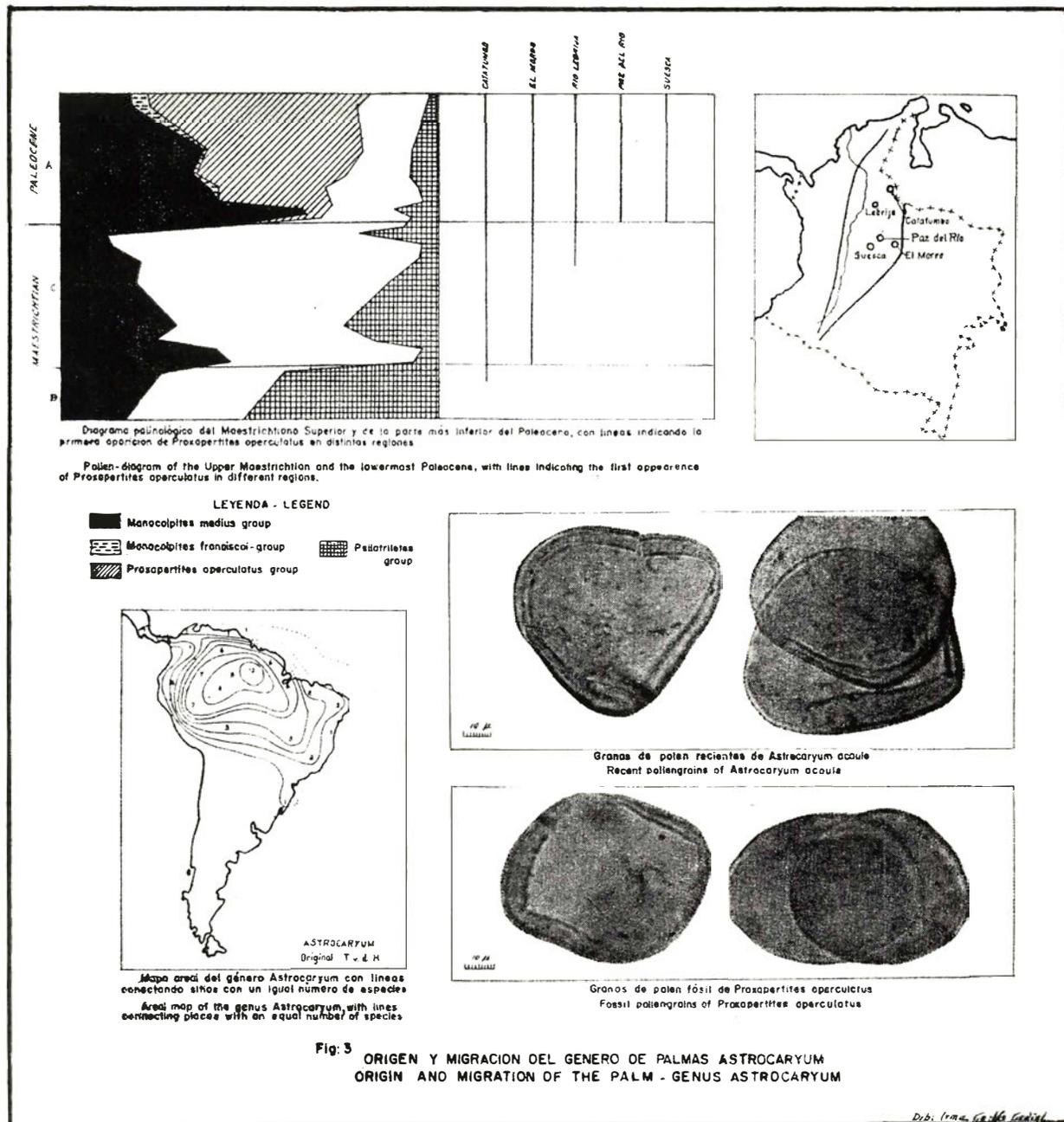
El Mioceno Inferior comienza con una cresta relativamente alta del grupo de *Monocolpites medius*. Una segunda cresta se presenta en nuestro diagrama, pero el resto del Mioceno todavía no ha sido analizado.

La edad miocena de la flora de polen, característica para esta parte del diagrama, pudo establecerse por medio de correlación con la formación de Honda (valle del Magdalena). Esta formación contiene fósiles vertebrados del Mioceno (STIRTON, 1953), y en su parte superior hay foraminíferos del Mioceno Superior (BUERGL, información verbal).

### *Conclusiones*

Ahora, considerando el diagrama en conjunto, vemos que los cambios en la composición cuantitativa de la flora de polen se presentan en intervalos, particularmente indicados por las crestas del grupo de *Monocolpites medius* al comenzar las épocas o edades<sup>1</sup>, y seguidos por dos crestas que son más bajas. Esta regla no tiene excepciones, y es sorprendente que las crestas del diagrama sean tan regulares en el conjunto. Las cres-

<sup>1</sup> Cuando usamos esos términos en el sentido restringido de la "American Commission on Stratigraphic Nomenclature", son escritos en bastardilla. Consideramos como épocas: Paleoceno, Eoceno, etc., y como edades: Eoceno Inferior, Eoceno Medio, etc. No obstante, se desprende de lo siguiente que el Paleoceno, el Eoceno Inferior, el Eoceno Medio, el Plioceno, etc., son unidades de igual duración de tiempo.



tas del grupo de *Monocolpites medius* van acompañadas frecuentemente o van precedidas por crestas de otros grupos, especialmente de *Monocolpites franciscoi*, y de diferentes grupos de esporas, que manifiestan a menudo un cierto orden constante.

#### d) *Evolución y migración de especies*

Según vimos en el párrafo anterior, cada *época* o *edad* (Paleoceno, Eoceno Inferior, etc.) comienza con un cambio fuerte en la composición cuantitativa de la vegetación, especialmente marcado por una cresta en la curva del grupo de *Monocolpites medius*. Con este cambio, un número de especies presentes en la fase anterior desaparece, e inmediatamente o poco después otras nuevas aparecen. Lo mismo, pero en menor grado, es el caso en los cambios secundarios de vegetación dentro de cada *época* o *edad*.

No puede haber duda de que un gran porcentaje de estas nuevas especies (que también pueden representar nuevos géneros naturales, etc.) ha sido formado por un proceso evolutivo intenso, que tuvo lugar al mismo tiempo que se realizaron los mencionados cambios cuantitativos de la vegetación.

Sin embargo hemos de tener en mente el factor tiempo de migración. La inmigración de árboles de selva a un terreno estéril en árboles al finalizar un período glacial o estadal, se realizó con relativa rapidez; pero no podemos comparar esto con la distribución de nuevas especies en un área tropical densamente selvática que representa lo que debería haberse llamado hoy día una "vegetación-clímax".

Si, en contraposición a este hecho, observamos que muchas especies aparecen, en el diagrama de una región, casi repentinamente, inmediatamente o poco después del cambio cuantitativo grande en la vegetación, lo podemos atribuir a uno o más de los siguientes factores:

1. Debemos tener presente que la distancia de los espectros en los puntos críticos del diagrama presenta un lapso considerable, y bien puede ser del orden de cien mil años.
2. La distribución puede haber sido facilitada por la perturbación o desequilibrio de la vegetación-clímax original.
3. Las especies tuvieron su origen en una región relativamente vecina, o en la región misma.

Sin duda, el primer punto es el más importante. Empero, hay muchos casos en que la migración de especies evidentemente se produjo con extrema lentitud.

Un ejemplo al respecto es un representante del género de palmas *Astrocaryum*, o sea la especie de polen *Proxapertites operculatus* (fig. 3). Esta especie tuvo su mayor distribución en el Paleoceno, y altos porcentajes de ella son, hasta cierto punto, característicos para esta época, si bien sigue subsistiendo en edades posteriores (en un caso hallamos hasta un 10% en el Oligoceno). La especie reciente *Astrocaryum acaule* tiene un tipo de polen muy similar.



Fig. 4

MAPAS AREALES DE LOS GENEROS DE PALMAS: MAURITIA Y LEPIDOCARYUM (MAURITIACEAE), CON LINEAS CONECTANDO SITIOS CON UN IGUAL NUMERO DE ESPECIES

AREAL MAPS OF THE PALM-GENERA MAURITIA AND LEPIDOCARYUM (MAURITIACEAE), WITH LINES CONNECTING PLACES WITH AN EQUAL NUMBER OF SPECIES

En la región del Catatumbo, esta especie aparece ya en el límite de las zonas B y C del Maestrichtiano, pero en el área del Lebrija (al W. de Bucaramanga), en la zona C y en el área de Suesca y Lenguazaque (Cundinamarca), al iniciarse el Paleoceno. También en la región del Morro (río Cravo Sur, piedemonte oriental de la Cordillera Oriental), *Prozapertites operculatus* aparece en el límite de las zonas B y C del Maestrichtiano, pero más al Oeste, en la región de Paz del Río, mucho más tarde. Así podemos sacar la conclusión de que la migración de *Prozapertites operculatus* tuvo lugar de Este a Oeste, y que su migración de la presente margen occidental de los Llanos Orientales hacia la parte interior de la Cordillera Oriental embargó el tiempo casi completo de la zona C del Maestrichtiano, o sean unos dos millones de años (véase capítulo segundo de este artículo).

Si ahora observamos en el mapa del área la distribución y la frecuencia de las especies del género *Astrocaryum* (fig. 3), nos damos cuenta de que este género tuvo su centro teórico de origen y de distribución en el escudo de La Guayana, cerca del límite de la Guayana Francesa con el Brasil. Así, estos datos teóricos coinciden bastante bien con los datos sobre la dirección de la migración obtenidos por medio de la palinología.

Luego hay varios géneros importantes, de los cuales sabemos que tenían su centro teórico de origen y radiación en la misma región guayanense, y aun muy cerca del mismo punto.

Un ejemplo es dado por los dos más importantes géneros de Mauritiaceae: *Mauritia* y *Lepidocaryum* (fig. 4), estando representado el tercer género, *Raphia*, sólo con una especie en Suramérica. Granos de polen de las Mauritiaceae aparecen en Colombia por primera vez en la base del Paleoceno.

De modo que podemos llegar a la conclusión de que —hasta donde nuestro conocimiento, todavía pobre, sobre la distribución de plantas tropicales de Suramérica, puede suministrarnos datos— varios (y probablemente muchos) géneros importantes tenían su origen en la región del antiguo núcleo del Continente y radiaban desde ahí.

Según lo explicado, los datos palinológicos se ciñen a esta conclusión y la confirman.

Al terminar este manuscrito conocimos el estudio de CROIZAT (1952); uno de sus "portones de Angiospermia" es el centro de Roraima, que corresponde a lo que nosotros llamamos el centro geológico del escudo de La Guayana. Así, su punto de vista a este respecto concuerda perfectamente con el nuestro. El hecho de que este centro de Roraima forma también un centro geológico (mayor espesor) de la formación de Roraima, probablemente mesozoica (GANSSE, 1954), y el otro hecho de que en los remanentes de erosión ("mesas") de esta formación (VAN DER HAMMEN, 1954) se haya encontrado en la Amazonia Colombiana una flora muy primitiva (R. E. SCHULTES, información verbal), hace supremamente interesante toda la cuestión de los puntos de vista sobre evolución y distribución (véase también párrafo g).

## CAPITULO II

### INTERPRETACION ADICIONAL DE LOS DATOS DE ANALISIS DE POLEN

#### e) *Periodicidad de los cambios de vegetación*

En el capítulo anterior se ha visto que cada *época* o *edad* comienza con un cambio fuerte, en general temporal, de la composición cuantitativa de la vegetación, seguido por dos o más cambios del mismo carácter, pero por lo general menos fuertes. Estos tres cambios dividen cada uno de estos tres períodos en tres zonas que llamamos A, B y C.

En aquellos casos cuando la subsidencia y la sedimentación avanzaban a una rata igual durante toda una *época* o *edad*, las tres zonas son aproximadamente del mismo espesor (véase: Maestrichtiano, Paleoceno, Eoceno Superior y Oligoceno Medio) y, por consiguiente, el tiempo respectivo debe haber sido de igual duración. En otros casos, los espesores de las zonas varían hasta cierto punto, pero todavía hay siempre tres zonas en cada una de las mencionadas unidades. Podemos asumir que todas las zonas son de la misma duración de tiempo, pero que las irregularidades de la subsidencia y de la sedimentación causaron la diferencia de espesor. La prueba de que esta aserción es correcta la encontramos en las siguientes experiencias:

1. En el caso de que cierta zona es más gruesa que las demás, las tres crestas (grupo de *Monocolpites franciscoi*, grupos de esporas y grupo de *Monocolpites medius*, y en veces el grupo de Angiospermas) que indican el cambio de vegetación se hallan más expandidas en la zona gruesa que en las zonas delgadas, proporcionalmente al espesor (véase especialmente la zona B del Eoceno Inferior).
2. Las zonas delgadas casi siempre van acompañadas de indicaciones de movimientos tectónicos.
3. En un caso (zona A del Oligoceno Inferior), una zona relativamente muy gruesa es contemporánea con una subsidencia fuerte que promueve una transgresión marina sobre todo el país.
4. En un caso, tres zonas muy delgadas —las del Eoceno Medio— corresponden a una época de movimientos tectónicos muy fuertes (con inconformidades), reconocidos en vastas regiones de Suramérica.
5. Zonas delgadas frecuentemente están provistas de un número de mantos de carbón mucho mayor que las gruesas, anunciando que la sedimentación minerógena y la subsidencia fueron más lentas.

6. Cada *edad* que se investigó (o *época* equivalente) tiene tres zonas.
7. En un caso, una zona relativamente gruesa (zona C del Oligoceno Superior) muestra las características litológicas de una sedimentación muy rápida y monótona, y lo mismo vale para las zonas gruesas del Mioceno.

Por lo tanto podemos concluir que desde la base del Maestrichtiano hasta el inicio del Mioceno hay establecida una periodicidad de cambios temporales en la composición cuantitativa de la vegetación, la cual subdivide cada una de las siguientes unidades en tres zonas de aparente duración igual de tiempo: Maestrichtiano (? Superior), Paleoceno, Eoceno Inferior, Eoceno Medio, Eoceno Superior, Oligoceno Inferior, Oligoceno Medio y Oligoceno Superior. El cambio en la composición cuantitativa de la vegetación es más fuerte en la base de cada una de estas unidades, siendo menos fuerte el de las otras dos.

Basándonos en los conocidos valores de las determinaciones de edad según los métodos de radio-plomo, etc., podemos calcular ahora la duración aproximada del tiempo correspondiente de cada zona (fig. 5). Desde la base del Terciario hasta la base del Mioceno, tenemos:  $3 + 9 + 9 = 21$  zonas. Si consideramos la edad de la base del Terciario como de 60 millones de años y la de la base del Mioceno de 18 millones de años, la duración del mismo lapso fue de  $60 - 18 = 42$  millones de años<sup>2</sup>.

Por consiguiente, la duración de cada zona fue aproximadamente de  $42:21 = 2$  millones de años, y la de cada unidad de tres zonas, de  $3 \times 2 = 6$  millones de años.

Desde que el Mioceno tuvo una duración de 12 millones de años, podemos calcular que esta época tiene teóricamente dos unidades, con tres zonas cada una. Todavía no hemos elaborado un diagrama completo del Mioceno, pero los datos palinológicos, hasta donde son obtenibles, parecen sustentar esta conclusión.

Del mismo modo, el Plioceno, con una duración de 6 millones de años, tendrá una unidad con tres zonas.

Si bien no tenemos datos disponibles de la edad del Maestrichtiano, podemos asumir, sobre la base de sus tres zonas, presentes en la parte analizada, que estas tres zonas tuvieron una duración de 6 millones de años.

De modo similar podemos calcular que el Paleoceno tuvo una duración de 6 millones de años, el Eoceno, de 18 millones de años, y el Oligoceno, también 18 millones de años. Estos números se conforman bastante bien con las determinaciones de edad por otros métodos.

La conclusión que podemos extraer de todo lo anteriormente dicho es que por medio de la interpretación de los diagramas de polen del Cretáceo más Superior y del Terciario de Colombia, aparenta haber una periodicidad en los cambios cuantitativos de la vegetación, con fases menores, de 2 millones de años, y fases mayores, de 6 millones de años (fig. 5). Si bien pueden aparecer posteriormente correcciones de edad por radium, etc., en cuanto al Terciario, las cifras dadas para las fases apenas cambiarán en lo esencial.

<sup>2</sup> Según la escala B, de HOLMES, la edad de la base del Mioceno es de 26 millones de años, y según la interpretación paleontológica de varios autores, nuestro Oligoceno Superior puede ser Mioceno Superior (véanse addendum y fig. 9).

Curva de cambios de vegetacion y de temperatura  
 Curve showing changes in vegetation and temperature

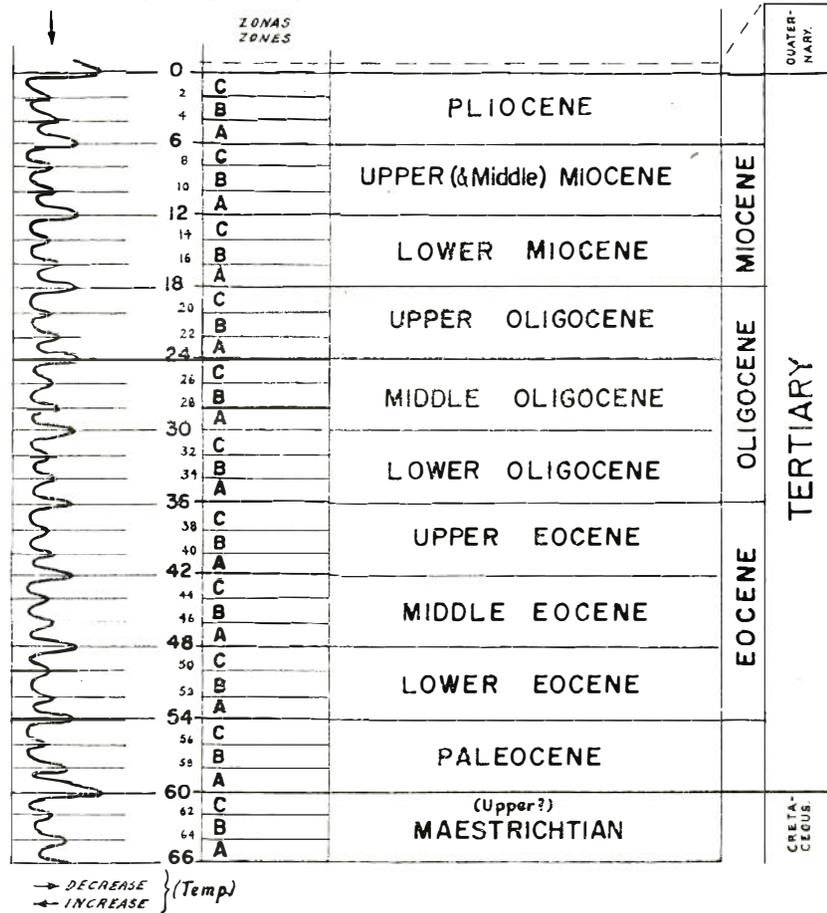


Fig. 5

SUBDIVISION DEL MAESTRICHTIANO Y DEL TERCIARIO BASADO SOBRE PERIODOS DE 6 Y 2 MILLONES DE AÑOS

SUBDIVISION OF THE MAESTRICHTIAN AND THE TERTIARY ON THE BASIS OF 6-AND 2-MILLION YEAR PERIODS

Dib: Irma Cortés Lediel

Vamos a finalizar este párrafo expresando que es probable que las influencias ejercidas sobre la vegetación sean de dimensiones mundiales y contemporáneas sobre toda la Tierra. Es verdad que no se conocen datos similares de otros Continentes, pero la palinología pre-cuaternaria es una ciencia muy joven, y resultados comparables podrán obtenerse en el futuro aplicando métodos de trabajo semejantes a los nuestros.

Como evidencia fuerte de la envergadura mundial de este fenómeno, podemos tener en cuenta los siguientes datos:

1. La periodicidad es continua en todos los lapsos investigados (unos 50 millones de años).
2. Las fases mayores de la periodicidad, es decir las de 6 millones de años, corresponden, en todos los casos que pudimos chequear, con las edades (o épocas) internacionales que pueden reconocerse sobre toda la Tierra con base en la Paleontología.
3. La periodicidad está íntimamente relacionada con la evolución, un proceso que muestra aceleraciones intermitentes que, por su parte, son contemporáneas sobre todo el mundo.

f) *Naturaleza y causa de los cambios periódicos de vegetación*

Según se vio en el párrafo c, los cambios periódicos de vegetación se manifiestan por crestas de diferentes grupos de polen y de esporas que obedecen a cierto orden y cierta configuración, que va siendo más compleja a medida que los cambios corresponden a un período más reciente.

El grupo índice más constante y mejor definido es el del grupo de palmas de *Monocolpites medius* que ya existía en el Cretáceo Superior y prosigue por todo el Terciario hasta la actualidad. El contenido específico de este grupo permanece extraordinariamente sostenido. De ahí que lleguemos a la conclusión de que se trata de un grupo muy resistente cuyas especies se afectan poco por influencias exógenas, y que por la misma razón muestran poca evolución.

A la luz de estos hechos, estamos ahora en condiciones de explicar por qué este grupo ofrece, a intervalos periódicos, crestas tan regulares, bien marcadas y frecuentemente altas.

Alguna influencia debe haber actuado periódicamente sobre la vegetación, a la cual muchas plantas no podían resistir. Varias plantas se extinguieron, otras desarrollaron nuevos caracteres por evolución, que las capacitaron para resistir. Mientras tanto, aquel grupo resistente (o grupos) que no sufrió esa influencia, aventajaba a los de menor resistencia. Las mismas condiciones óptimas de vida que rigieron para determinadas plantas (y que aún podían mejorar) fueron menos favorables para otras. De acuerdo con esto, las especies más resistentes comenzaron a dominar en la vegetación, o al menos aumentaron considerablemente, y esta situación perduró hasta que se restauraron condiciones normales, o hasta que se formaron, de otros grupos, especies nuevas y más resistentes.

Lo mismo debe ser el caso para los demás grupos que ofrecen crestas periódicas, concurrentes con las crestas del grupo de *Monocolpites medius*. Estos otros grupos también se hallan entre los constantes, así el

grupo de *Monocolpites franciscoi* (Mauritiaceae), el grupo de *Psilamonoletes tibui*, etc.; todos estos grupos, después de su primera aparición, persistieron sin cambios específicos, o con cambios muy leves hasta hoy día.

Cuando las crestas de los diferentes grupos están suficientemente espaciadas, un cierto orden puede notarse. En nuestro diagrama, este es el caso, por ejemplo, con respecto a la cresta que indica el cambio cuantitativo de vegetación en la base del Eoceno Medio. Mientras que aquí la curva del grupo de *Monocolpites medius* comienza a levantarse, el grupo de *Monocolpites franciscoi* llega a un máximo, y muy poco después lo mismo vale para el grupo de *Psilamonoletes tibui*; la curva ascendente del grupo de *Monocolpites medius* llega luego a su máximo, inmediatamente después del máximo de *Psilamonoletes tibui*. Esta configuración la encontramos repetidas veces en varios sitios del diagrama (plancha I), en forma más espaciada o más reducida.

Es posible encontrar en esta configuración la resistencia relativa de estos grupos contra la influencia creciente de afuera, a juzgar porque la tercera cresta (del grupo de *Monocolpites medius*) es la más resistente y constante. Pero también puede ser posible que efectos secundarios de clima, de influencia creciente (variaciones en densidad de lluvias, etc.) fuesen la causa de una o varias de las demás crestas.

En veces una repetición de una o varias de estas crestas puede estar presente encima del máximo del grupo de *Monocolpites medius*, lo cual puede indicar un proceso reversivo de disminución de la influencia exterior. Esto es claramente visible en la base tanto de la zona B como de la zona C del Maestrichtiano; aquí la cresta del grupo de *Monocolpites medius* está flanqueada en ambos casos por crestas del grupo de *Psilamonoletes* que están inmediatamente debajo y encima de aquélla.

Sin embargo, las crestas últimamente mencionadas (aquellas que están encima del máximo del grupo de *Monocolpites medius*) son mucho menos frecuentes, lo cual indica que el incremento de las influencias exteriores fue más lento que su decremento, o que la influencia no decreció a la medida del incremento, vale decir, que la influencia fue más o menos escalonada.

También podemos deducir que la cresta del grupo más resistente será más alta o más baja conforme a la fortaleza de la influencia. En general podemos decir que la influencia actuó más intensamente en la base de cada unidad de tres zonas. La influencia más fuerte (correspondiente a la cresta más alta del diagrama) tuvo lugar en la base del Paleoceno, pero también la de la base del Eoceno fue considerable. Ahora podemos resumir así:

Alguna influencia periódica actuó sobre la vegetación; con el incremento de esta influencia, diferentes grupos resistentes alcanzaron un máximo, posiblemente según el orden de su grado de resistibilidad, u originado en parte por efectos climáticos secundarios; el grupo más resistente alcanzó máximos más altos cuando las influencias actuaron con más intensidad.

Si dirigimos ahora la atención a las causas de la influencia periódica que es ejercida sobre la vegetación, parece a primera vista que muy poco de cierto se puede decir alrededor de este problema. Teóricamente hemos de considerar varias posibilidades: que la influencia puede haber venido de afuera o de adentro de la Tierra; o que la influencia puede

haber actuado sobre la vegetación, directa o indirectamente. Mas, es posible que haya tenido lugar una combinación de todas estas posibilidades, si bien una de ellas debe ser la primera causa. Vamos a postergar la discusión de este problema, pero adelantamos al respecto algunos aspectos de importancia.

Según veremos en el párrafo h, ni los movimientos tectónicos y orogénicos, ni las transgresiones u otras causas semejantes pueden ser el móvil (directo o indirecto) de los cambios de vegetación; con esto, la posibilidad de que la influencia primordial venía de adentro de la Tierra queda casi suprimida. Si la causa primaria está situada fuera de la Tierra, entonces parece ser lo más probable que la influencia fue climática y directa.

Nosotros consideramos muy probable que la influencia periódica causó cambios climáticos periódicos (¿en parte escalonada?), manifiestos en la disminución de la temperatura. Hay varias razones que favorecen fuertemente esta posibilidad, y ellas nos parecen concluyentes.

1. De acuerdo con UMBGROVE (1942) hemos de aceptar una disminución de la temperatura en el preciso inicio de cada *período* (Terciario, Cretáceo, etc.), que estriba en la formación de glaciares de montaña. Ahora, como hemos visto antes en nuestras investigaciones, la influencia más fuerte la hallamos ejercida en el comienzo del Terciario (Paleoceno), conforme al precepto de UMBGROVE.

2. Investigaciones analíticas de polen de reciente data, que estamos llevando a cabo en sedimentos cuaternarios del valle tropical del Bajo Magdalena, demuestran que los mismos grupos que indican los cambios de vegetación en nuestros diagramas pre-cuaternarios desempeñan un papel importante en la revelación de cambios climáticos del Cuaternario, que se deben primariamente a cambios de temperatura.

3. Hay una similitud sorprendente entre la curva de temperatura basada en macrofósiles de plantas de los Estados Unidos (DORF, 1955, y NOREM, 1956) y una curva basada en la frecuencia del grupo de *Monocolpites medius* de Colombia (fig. 6), que solamente se puede explicar por el caso de que las fluctuaciones del grupo de *Monocolpites medius* también dependen de temperatura.

4. Curvas isotópicas de temperatura para agua de superficie de océano, determinadas por EMILIANI (1956) en secciones del Oligoceno y del Mioceno tomando corazones de sondeo de mar profundo, demuestran que, aun cuando no se presentan cambios de temperatura comparables a las del Pleistoceno, varios decrementos interesantes de temperatura se sitúan a intervalos más o menos regulares. Podemos hacer la siguiente observación interesante: un corazón del Mioceno Inferior-Medio (profundidad 410-730 cms.) muestra los siguientes mínimos, empezando con temperaturas de más o menos 25 hasta 26°C: a saber, 22.75°C a 440 cms. de profundidad, y 22.5°C a 550 cms.; un mínimo muy poco pronunciado de 24.25°C se presenta a 640 cms., y uno igual a 720 cms. Un corazón del Oligoceno Medio (50-250 cms. de profundidad) muestra los siguientes mínimos, empezando con una temperatura de 29-29.5°C: 28°C a 105 cms., y 28°C a 205 cms. Otro corazón del Mioceno Inferior-Medio (700-1.500 cms. de profundidad) revela los siguientes mínimos, empezando con una temperatura de más o menos 23-25°C: 21°C a 702 cms. de profundidad (y a 765 cms.), 21°C a 860 cms., 21.5°C a 1.022 cms., 22°C a 1.202-1.235 cms.,

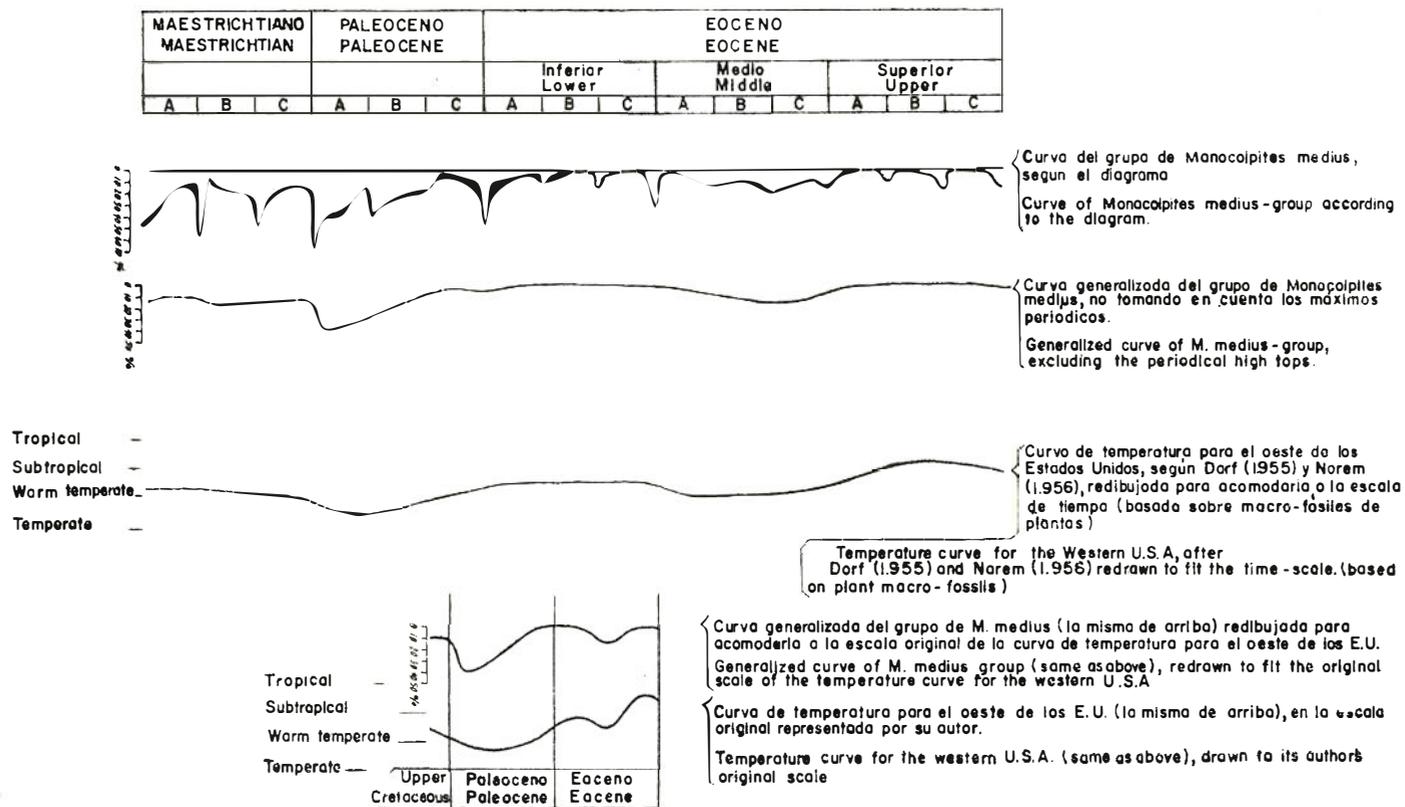


Fig. 6

CURVA DE TEMPERATURA PARA EL OESTE DE LOS ESTADOS UNIDOS, BASADA SOBRE MACRO-FOSILES DE PLANTAS, COMPARADA CON UNA CURVA PARA COLOMBIA (SURAMERICA) BASADA SOBRE LA FRECUENCIA DEL GRUPO DE MONOCLPITES MEDIUS

TEMPERATURE CURVE FOR THE WESTERN U.S, BASED ON PLANT MACRO-FOSSILS, COMPARED WITH A CURVE BASED ON THE FREQUENCY OF THE MONOCLPITES MEDIUS -GROUP IN COLOMBIA (SOUTH AMERICA) - MAINLY BASED ON A POLLEN DIAGRAM FROM TIBU, CATATUMBO.-

21.75°C a 1.462 cms. Así, las curvas isotópicas de temperatura muestran mínimos en un intervalo de más o menos 100 cms. en los dos corazones mencionados primero, y un intervalo de más o menos 150 hasta 200 cms., en el tercer corazón. Las diferencias máximas de temperatura de agua oceánica son de 3°C para ambos corazones del Mioceno Inferior-Medio, y de 1.5°C para el pequeño corazón del Oligoceno Medio.

Ahora surge la cuestión de si, entre lo conocido respecto de las condiciones ecológicas de las especies que constituyen los diferentes grupos resistentes que indiquen las influencias periódicas por su máximo, hay datos directos, y de si, desde este punto de vista, esas especies realmente pueden ser más resistentes contra una disminución de la temperatura que la mayoría de la demás especies (que principalmente son Dicotiledóneas).

No obstante el hecho de que hay probadamente otros factores climáticos que varían con una caída de temperatura, como el monto de lluvias, y que tienen cierta repercusión en la vegetación, vamos a considerar inicialmente el factor primario de temperatura, que parece ser proporcionalmente el más importante y constante.

Hemos de entender, ante todo, que mientras no conozcamos la posición sistemática exacta de la mayoría de las dicotiledóneas fósiles, muy poco se puede decir sobre sus condiciones óptimas y mínimas de vida. Además, nuestro conocimiento de la ecología de las plantas tropicales de Suramérica todavía es muy escaso, y las familias reconocidas hasta ahora entre las dicotiledóneas fósiles (Bombacaceae, Malvaceae, Malpighiaceae, Moraceae, Acanthaceae, etc.) incluyen géneros y especies recientes, de condiciones ecológicas más bien diferentes, y también de distribución más bien diferentes. Sin embargo, podemos decir que muchas dicotiledóneas recientes del trópico están bastante restringidas en su distribución latitudinal.

Si ahora nos dirigimos hacia las palmas del grupo de *Monocolpites medius*, vemos que varios géneros de palmas tienen granos de polen cercanamente relacionados a los de aquel grupo. Parece ser un hecho que dichas palmas tienen, en total, una distribución latitudinal bastante grande. Ejemplos al respecto son:

<i>Geonoma</i> .....	desde 20° lat. N.	hasta 25° lat. S.
<i>Sabal</i> .....	" 35° lat. N.	" 2° lat. N.
<i>Attalea</i> .....	" 20° lat. N.	" 35° lat. S.
<i>Acrocomia</i> .....	" 25° lat. N.	" 25° lat. S.

De este modo no parece improbable, también desde este punto de vista, que las palmas del grupo de *Monocolpites medius* hubiesen sido relativamente más resistentes a un rebajamiento de la temperatura que la mayoría de las dicotiledóneas.

La distribución latitudinal de las Mauritiaceae (15° lat. N. hasta 20° lat. S.) es más restringida que la del grupo mencionado. Esto puede concordar con la supuesta resistencia relativa de los diferentes grupos, pero especialmente en el caso de Mauritiaceae parece haber alguna razón para suponer que un aumento de caída de lluvias ---como un efecto secundario de la disminución de la temperatura--- pudiese haber sido la causa de las crestas del grupo de *Monocolpites franciscoi*.

Podemos resumir:

Hay razones importantes para asumir que los cambios periódicos de vegetación fueron causados por disminuciones periódicas de la temperatura, posiblemente acompañados por efectos climáticos secundarios, como el aumento anual de la precipitación.

Una cuestión importante se ha dejado aparte: si es posible estimar el grado de disminución de la temperatura durante los cambios periódicos de la vegetación. Ensayaremos resolverla de la siguiente manera indirecta:

Según vimos en el punto 4 de las razones mencionadas arriba, en favor de una disminución periódica de temperatura que coincide con nuestros cambios climáticos, EMILIANI (1956) elaboró curvas isotópicas de temperatura para aguas oceánicas de superficie a base de corazones de perforación tomados del fondo de mares ecuatoriales y subtropicales profundos. Las tres curvas que él publicó representan partes del Oligoceno Medio y del Mioceno Inferior-Medio. Como se dejó aclarado, caídas de temperatura de  $1.5^{\circ}$ - $3^{\circ}$  se presentan en estas curvas, a intervalos aproximados de 100 hasta 200 cms.

El mismo autor (EMILIANI, 1954) publicó en otro artículo importantes curvas del mismo tipo de las mismas regiones, referentes al Pleistoceno. Se hallaron fluctuaciones de temperatura con un período de 41.000 años, con una amplitud de aproximadamente  $6^{\circ}\text{C}$ ; este período no se presenta en las curvas del Terciario. La temperatura de la superficie del agua oceánica en el inicio del ascenso de la curva de temperatura, cuando iba terminando la última glaciación, fue de  $6$  a  $10^{\circ}\text{C}$  (promedio  $8^{\circ}\text{C}$ ) menor que la de hoy día. Así, los mínimos (debajo de la temperatura general de aquel tiempo) de las fluctuaciones oligo-miocenas del agua de la superficie oceánica fue  $\frac{1}{5}$  hasta  $\frac{3}{8}$  del promedio de este último mínimo, debajo de las temperaturas presentes. La temperatura media en el NW de Europa al comenzar el receso del hielo hacia el final de la última glaciación, probablemente fue unos  $10^{\circ}\text{C}$  más baja que hoy en día, y de acuerdo con investigaciones analíticas de polen, que se hallan en ejecución por el suscrito y se refieren a sedimentos de laguna del Tardiglacial y de la última glaciación en Colombia (Sabana de Bogotá;  $4\frac{1}{2}$  lat. N del Ecuador a una altitud de 2.600 m.), la disminución de temperatura fue aproximadamente la misma cerca del ecuador. De modo que, cuando una temperatura de agua oceánica que fue  $8^{\circ}$  más baja cerca del ecuador que hoy día, corresponde a una temperatura promedia de unos  $10^{\circ}$  más baja que la actual en el continente ecuatorial de Suramérica, y suponiendo que ambos promedios cambian proporcionalmente, entonces las disminuciones de la temperatura del Oligoceno Medio deben haber tenido mínimos debajo de la temperatura general de aquel tiempo de aproximadamente  $\frac{1}{5} \times 10^{\circ} = 2^{\circ}\text{C}$  con respecto al Continente y, en el Mioceno, de  $\frac{3}{8} \times 10^{\circ} = 3\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ . Desde que el mínimo de temperatura en la base del Terciario (Paleoceno) debe haber sido considerablemente más bajo, posiblemente un múltiplo de cifras podría aceptarse para aquel tiempo.

Conforme a la curva de temperatura publicada por NÖREM (1956), las temperaturas del Mioceno en el occidente de Estados Unidos fueron más o menos las mismas como las de hoy en día. Si esto es correcto y válido para todo el Hemisferio Occidental, entonces las caídas periódicas de temperatura del Mioceno podrían interpretarse como valores aproxima-

damente absolutos. Esto, sin embargo, parece prematuro, porque no sabemos si la curva de NOREM puede aplicarse directamente a Suramérica. Pero parece ser posible que los mínimos más inferiores de temperatura fueron más bajos que el promedio actual de temperaturas, y el mínimo en la base del Terciario puede haber sido aún considerablemente más bajo.

g) *Relación entre cambios periódicos de vegetación y evolución*

Según lo estatuido atrás, inmediatamente después de cada cambio periódico de la vegetación aparecen nuevas especies (que también pueden representar géneros y familias naturales); de otro lado, algunas especies se extinguieron con alguna antelación. Este "proceso de evolución" es más fuerte al iniciarse el "período de 6 millones de años" que en el comienzo del resto de los "períodos de 2 millones de años", vale decir, que más especies surgen en la base (inicio) de las subdivisiones internacionales de tiempo. Este "proceso de evolución" aparentemente tiene el carácter del "tipogénesis" de SCHINDEWOLF (1950), y usaremos este término muy útil en las páginas siguientes.

Por lo tanto hemos de concluir que el tipogénesis se halla íntimamente relacionado con los cambios periódicos que se producen en la composición cuantitativa de la flora, y que muestran la misma periodicidad, debiendo depender, por lo tanto, el tipogénesis, de las mismas causas primarias de esta periodicidad.

De aquí surge la cuestión si el proceso de evolución depende directamente de la misma causa como los cambios de vegetación o si otros factores más primarios o más secundarios de esta causa son responsables. Estamos entrando aquí a un campo puramente teórico y, en consecuencia, preferimos discutir esta materia en otra publicación. Pero queremos indicar ya que consideramos posible que tanto una disminución de la temperatura como un aumento simultáneo en radiación cósmica (originados ambos por ciclos solares de larga duración) son responsables de la aceleración periódica del proceso de evolución.

Según se mencionó anteriormente, hemos hallado que varios géneros importantes, y posiblemente muchos, tenían y tienen su centro de origen y de radiación en el núcleo estable del Continente (el escudo de La Guayana) y no en la zona marginal labil (el geosinclinal de Los Andes).

Esto sugiere que los movimientos orogénicos, las transgresiones y regresiones podrían no ser las causas primarias del tipogénesis.

Esto concuerda otra vez con el hecho mencionado de que este proceso depende directamente de una influencia periódica ejercida sobre la Tierra, y que los movimientos tectónicos no son, según lo veremos en el párrafo siguiente, contemporáneos con esta influencia periódica, sino que se presentan después. Desde luego, la evolución de las especies tuvo lugar también en las regiones marginales labiles, pero parece que ahí el factor de adaptación y de especialización igualmente desempeñó un papel. Así hallamos, por ejemplo, muchos representantes de familias y géneros tropicales en la vegetación subandina y en la andina alta. Un ejemplo es la familia tropical de las Melastomataceae, que tiene especies de matorros en la floresta de los arrabales subandinos y que hasta ofrece un represen-

tante herbáceo en los altos páramos de los Andes. Sin lugar a duda, aquí las especies evolucionaron durante y después de la erección de los Andes, mediante un proceso de cambio de caracteres en son de adaptación a las circunstancias nuevas y especiales.

Si las razones aducidas son correctas, hemos de distinguir dos procesos diferentes de evolución:

1. El tipogénesis que tiene lugar periódicamente a través de toda la Tierra y que depende directamente de influencias periódicas de afuera. El proceso se llevó a cabo tanto en los núcleos como en las zonas marginales de los Continentes, pero puede haber sido más intenso en los núcleos de las regiones tropicales. Las influencias directas pueden haber sido: disminución de temperatura y (o) aumento de radiación cósmica, ambos factores dependientes de ciclos solares de larga duración.

2. Un proceso evolutivo secundario que tiene lugar especialmente en los márgenes labiles de los Continentes, y que depende de especialización y adaptación a circunstancias locales alteradas. La influencia directa puede ser: erección de montañas que producen nuevos suelos y nuevos climas locales; transgresiones y regresiones que cambian las condiciones climáticas locales, el nivel del agua subterránea, la alcalinidad, etc.

Una definición del proceso de evolución puede ser la siguiente:

La facultad de evolución es inherente a las especies, pero el proceso de evolución es periódicamente acelerado (Tipogénesis de SCHINDEWOLF, 1950) por una influencia periódica de afuera. Como un proceso secundario de evolución se desarrolla el de la especialización y adaptación a circunstancias locales nuevas (Tipostasis, SCHINDEWOLF).

También concordamos con SCHINDEWOLF en rechazar la influencia de ciclos orogénicos etc., sobre tipogénesis. Pero se aclara, en relación con lo dicho arriba, que parece ser muy probable una relación entre tipogénesis periódica con fluctuaciones de temperatura y (o) fluctuaciones de radiación cósmica (ciclos solares de larga duración).

#### h) *Relación entre los cambios periódicos de vegetación, transgresiones y movimientos tectónicos*

Dentro de los geosinclinales de los Andes en Colombia se desarrollaron movimientos tectónicos y movimientos orogénicos menores durante el Cretáceo Superior y el Terciario. Existen solamente pocas inconformidades grandes, si bien menores pueden presentarse en muchos niveles. A este respecto, la sedimentación fue en gran parte sinorogénica. Los movimientos orogénicos mayores y el solevantamiento principal tuvieron lugar durante el Mioceno y especialmente en el Plioceno.

No obstante, todos los movimientos tectónicos que en parte se desarrollaron dentro del geosinclinal y en parte combinados con movimientos en la vieja Cordillera Central (la cual formó, durante el Cretáceo Superior y el Terciario, la separación entre los geosinclinales occidental y oriental, inf. HUBACH), parecen estar bien registrados en la sucesión estratigráfica de sedimentos fluviales y lacustres por medio de horizontes de areniscas de grano grueso y de conglomerados. Así, están presentes, casi en todas las partes de los geosinclinales andinos, horizontes constan-

tes de arenisca y de conglomerado, en veces inconformidades ligeras o fuertes, a saber: cerca de la base del Maestrichtiano (Arenisca Tierna), cerca de la base del Paleoceno (Arenisca del Cacho, Arenisca de Barco, Arenisca de Socha), en el Eoceno Inferior y en el Eoceno Medio (Arenisca del Mirador, Arenisca de La Paz, Arenisca de Usme, Conglomerado de Hoyón y Conglomerados del Gualanday Inferior, etc.), cerca de la base del Oligoceno Inferior, cerca de la base del Oligoceno Medio, cerca de la base del Oligoceno Superior (Conglomerado del Gualanday Superior, Conglomerados de Suárez), y cerca de las bases del Mioceno Inferior y del Superior.

Surge ahora la cuestión de si acaso hay alguna relación entre los movimientos tectónicos y las influencias periódicas en el área de sedimentación fluvial y lacustre.

La primera observación que podemos establecer es que nunca son contemporáneos. Pero siempre se manifiestan en la zona A del período de 6 millones de años, aunque considerablemente después del cambio climático en la base. En veces, los movimientos tectónicos caen en la mitad inferior de la zona A, y en veces en la mitad superior, y estimamos que el intervalo de tiempo entre el cambio climático y el comienzo de los movimientos tectónicos, de acuerdo con el espesor relativo, embargue algunos cientos de miles de años hasta casi 2 millones de años. Parece haber, pues, muy poca conexión entre movimientos tectónicos y los cambios climáticos en la base de las zonas B y C.

La conclusión a que llegamos es que en manera alguna los cambios climáticos dependen de movimientos tectónico-orogénicos. Lo mismo vale para transgresiones que, en los casos que pudimos chequear, advienen con retardo en el interior de los geosinclinales, después de los cambios de vegetación en la base de las zonas A. Sin embargo es un hecho curioso que los movimientos tectónicos y los orogénicos menores siempre caen en la zona A, demostrando de esta manera una periodicidad, menos pronunciada, de unos 6 millones de años; pero la fortaleza de los movimientos es muy irregular, en veces débil, en veces muy acentuada.

Por consiguiente parece haber alguna relación entre los cambios climáticos, los movimientos tectónicos y los menores orogénicos, pero la relación es débil e irregular, y como dijimos, los cambios climáticos de ninguna manera dependen del tectonismo.

La naturaleza de esta relación es completamente desconocida. Si bien HUNTINGTON & VISHNER (1932) trataron de correlacionar manchas de sol y cambios de temperatura con movimientos de la corteza, todavía es dudoso si esta relación existe realmente. Juzgamos como más probable que los movimientos corticales dependen primariamente de procesos internos de la Tierra. Pero puede ser que influencias exógenas tengan alguna influencia estimulante; así por lo menos lo sugiere la relación, aunque débil, establecida arriba, entre cambios climáticos y movimientos corticales.

Si esta influencia no fue originada por ciclos solares, se puede suponer que pudiera haber sido alguna causa primaria cósmica que influyó a la vez la Tierra y el Sol, habiendo sido retardado el resultado en la corteza rígida de la Tierra. Pero según una comunicación, por carta, de H. SHAPLEY, director del Harvard College Observatory, esto es muy improbable según nuestro presente conocimiento de la astronomía.

Aunque sea muy teórica, queremos indicar otra posibilidad que es capaz de explicar varios hechos.

Durante la disminución periódica de la temperatura, puede haberse formado una capa de hielo en los polos, que desaparecería o disminuiría cuando se restauraron temperaturas normales. Un aumento de hielo terrestre polar desde luego rebaja el nivel del mar sobre todo el mundo, mientras que una disminución del hielo terrestre polar levanta el nivel del mar.

Es por consiguiente posible que las regresiones establecidas en la cresta de los *períodos, épocas y edades*, y las transgresiones que siguen, algo más tarde, en la base del siguiente *período, época o edad*, dependen, en parte, de cambios de temperatura, y, solamente en parte, de movimientos de la corteza. En tal caso, las temperaturas que van descendiendo lentamente, reflejadas por el ascenso relativamente lento de la cresta del grupo de *Monocolpites medius* en nuestros diagramas, podría corresponder a regresiones, y la temperatura en rápido ascenso, reflejada por el decaimiento rápido del grupo de *Monocolpites medius* después de la cresta, coincidiría con transgresiones. Esto concuerda con el hecho de que se hallaron transgresiones encima de los cambios climáticos, en aquellos casos en que pudimos establecerlo.

Una evidencia fuerte de que lo dicho es correcto se puede encontrar en las investigaciones de BUERGL c. s. (1955), hechas en el Mioceno del Departamento del Atlántico (Colombia).

Según lo afirmado en el párrafo e, sobre la base de su duración de 12 millones de años, el Mioceno teóricamente debería tener dos períodos, cada uno de 6 millones de años, de los cuales cada uno constaría de tres períodos menores, de 2 millones de años. Esto fue calculado sobre la base de la duración total de 12 millones de años para el Mioceno, suponiendo que las fluctuaciones climáticas durante el Mioceno tendrían la misma periodicidad que las del Maestrichtiano, del Paleoceno, del Eoceno y del Oligoceno, sin haber tenido en cuenta los resultados de BUERGL c. s., que conocí después.

En la mencionada publicación, BUERGL correlacionó los depósitos miocenos del Atlántico con los pisos (stages) europeos, y encontró una transgresión en la base de cada uno de ellos (fig. 7; la transgresión en la base del Tortoniano está de acuerdo con estudios posteriores de BUERGL, inéditos). La curva que indica la relativa fortaleza de estas transgresiones es llamativamente de la misma forma que la curva del grupo de *Monocolpites medius* para dos períodos de 6 millones de años, doquiera que se hayan hecho investigaciones con análisis de polen en el Terciario y en el Cretáceo más Superior. Una transgresión relativamente fuerte se presenta en la base del Aquitaniano, seguida por dos menores en las bases del Burdigaliano Inferior y Superior; a continuación se presenta una transgresión relativamente fuerte en la base del Helveciano Inferior, seguido otra vez por dos menores en la base del Helveciano Superior y en la base del Tortoniano.

Si tenemos en mente que, en los casos donde encontramos indicaciones de transgresiones en nuestras secciones analizadas, ellas siempre están situadas encima de las crestas del grupo de *Monocolpites medius*, entonces hallamos en los datos mencionados arriba otra evidencia de que las

transgresiones y regresiones del Cretáceo Superior y del Terciario pueden haber sido determinadas parcialmente por el clima.

Esto no implica que pensemos que esta sea la única explicación de transgresiones y regresiones. Sin duda hay muchas transgresiones y regresiones que dependen de movimientos de la corteza, pero éstas no revelarán una conexión bien definida con la periodicidad climática.

Resta el problema de los movimientos tectónicos. Casi nada se puede decir, con algún grado de probabilidad, respecto a la naturaleza de la relación entre cambios climáticos y estos movimientos. Siendo más un problema físico, su investigación queda fuera de nuestra competencia. Pero, finalmente, deseamos presentar la cuestión de si no podría ser posible que perturbaciones relativamente pequeñas del equilibrio cortical, causadas por regresiones y transgresiones, pusieron en movimiento tensiones ya existentes, motivadas por procesos internos. Esto podría explicar a la vez la relación que parece existir con los cambios climáticos periódicos y la intensidad irregular de los movimientos que primariamente sería de origen interno.

### i) *Un nuevo criterio estratigráfico*

De hecho, la estratigrafía está basada en fósiles marinos de guía. Esto induce a preguntar de qué manera los animales marinos reaccionan a las influencias periódicas.

Según hemos visto, los períodos de 6 millones de años corresponden muy bien a *épocas* y *edades* internacionales, establecidas sobre la base de animales marinos. La conclusión ha de ser que la evolución de animales marinos va a la par con la de las plantas terrestres. La razón de este hecho puede radicar en que las disminuciones periódicas de temperatura (¿y los aumentos en radiación cósmica?) que parecen haber influenciado el proceso evolutivo de las plantas terrestres, también influenciaran las faunas marinas, fomentando la creación y desaparición (o aumento y disminución) de las capas polares que pueden haber ejercido una influencia muy grande sobre la temperatura del agua oceánica sobre toda la Tierra (véase arriba).

Al igual que en las plantas terrestres, el factor de migración desempeña un papel en los animales marinos, y en muchos casos la correlación más precisa entre espacios vastamente separados de la Tierra es hasta ahora imposible, debido también a diferencias de fauna por razones climáticas y de facies.

El mismo problema existe, en forma agravada, con respecto a correlaciones fundadas en especies de plantas, que no son realizables, por ejemplo, entre Continentes ampliamente separados, como Suramérica y Europa.

Pero el hecho de que una vegetación reacciona inmediatamente a un cambio de las condiciones climáticas mediante cambios de su composición cuantitativa, cualquiera que sea el contenido específico de esta vegetación, y que estos cambios pueden establecerse por medio de estadísticas de polen (esporas), introduce un nuevo criterio a la estratigrafía. No es del todo imposible que investigaciones similares a las palinológicas puedan aplicarse a fósiles marinos de abundancia, como por ejemplo los foraminíferos. Desde luego, esta posibilidad debe someterse a un estudio de-

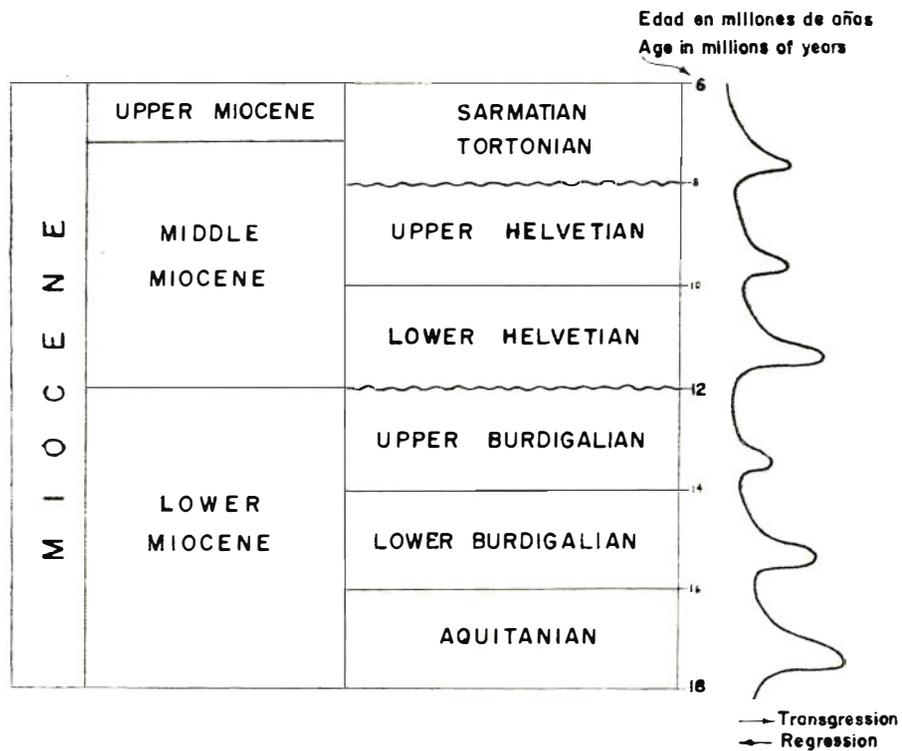


Fig: 7

SUBDIVISION DEL MIOCENO BASADO SOBRE INVESTIGACIONES PALEONTOLOGICAS Y ESTRATIGRAFICAS REALIZAS POR BÜRGL c.s (1955) EN EL DEPARTAMENTO DE ATLANTICO (COLOMBIA, SUR AMERICA), CORRELACIONADA CON LOS CICLOS DE 6 Y 2 MILLONES DE AÑOS

SUBDIVISION OF THE MIOCENE ON THE BASIS OF PALEONTOLOGICAL STRATIGRAFICAL INVESTIGATIONS CARRIED OUT BY BÜRGL c.s. (1955) IN THE DEPT. OF ATLANTICO (COLOMBIA, SOUTH AMERICA), CORRELATED WITH THE 6-AND 2 - MILLION YEAR CYCLES

tallado de los problemas que pueden surgir, y métodos especiales deben establecerse cuidadosamente, porque aquí los cambios de facies por medio de transgresiones y regresiones pueden tener una influencia grande sobre la composición cuantitativa de las comunidades.

Por lo tanto hemos de concluir que el registro de influencias periódicas universales (cambios periódicos) por medio de estadísticas de polen (y esporas) y eventuales métodos estadísticos paleontológicos, puede aportar un nuevo criterio para las correlaciones de tiempo en estratigrafía, en vista de que este método depende menos de la composición de la flora (y fauna) y es independiente de problemas de migración.

j) *Conclusiones* (Véase fig. 8).

1. Cambios periódicos de la composición cuantitativa de la vegetación terrestre pudieron establecerse sobre la base del análisis de polen en la parte NW de Suramérica (Colombia), con un período menor de 2 millones y otro mayor de 6 millones de años. Un cambio muy fuerte pudo reconocerse en la base del Terciario (período de 60 millones de años).
2. Durante estos cambios periódicos se manifiesta el tipogénesis, pero especialmente durante los cambios mayores, o sea los de 6 millones de años. Tipogénesis especialmente fuerte se presentó en la base del Terciario (período de 60 millones de años).
3. Hay razones importantes para asumir que las causas de estos cambios periódicos de vegetación y tipogénesis son disminuciones periódicas de temperatura y aumentos periódicos de radiación cósmica.
4. Tanto la disminución periódica de temperatura como el aumento de radiación cósmica se pueden explicar por variaciones periódicas de radiación solar (ciclos solares de larga duración), con períodos de aproximadamente 60, 6 y 2 millones de años.
5. Transgresiones y regresiones que muestran esta periodicidad pueden tener en parte la misma causa climática, a través del aumento y disminución (o formación y desaparición) de las capas de hielo terrestre polares. En general, ellas no tendrán sino una extensión relativamente pequeña.
6. Transgresiones y regresiones que dependen de movimientos corticales mostrarán poca o ninguna conexión con la mencionada periodicidad.
7. En el interior de los Andes de Colombia (con sedimentación terciaria principalmente fluviátil y lacustre), una cierta relación parece existir entre movimientos tectónicos y los períodos de 6 millones de años. Estos movimientos comienzan durante el tiempo de deposición de las zonas A, pero más bien en un lapso considerablemente posterior a los cambios periódicos de vegetación en el comienzo de la deposición de estas zonas. La fuerza irregular de estos movimientos tectónicos, sin embargo, muestra que su causa primaria probablemente se halla adentro de la Tierra.

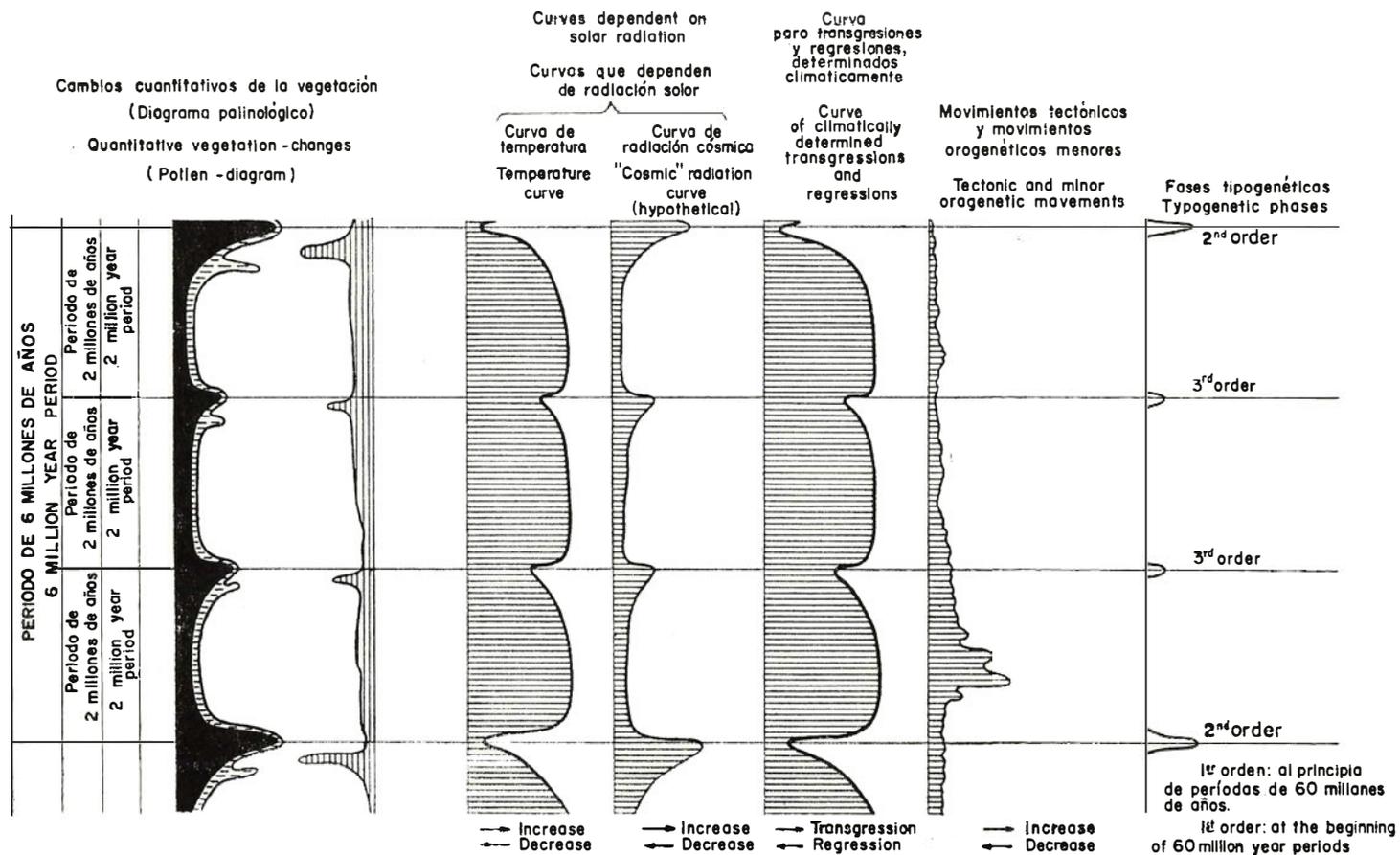


Fig. 8

ESQUEMA DE LA SUPUESTA CORRELACION DE LOS CAMBIOS CUANTITATIVOS DE LA VEGETACION, DE FLUCTUACIONES DE TEMPERATURA Y DE RADIACION COSMICA, CLIMATICAMENTE DETERMINADAS TRANSGRESIONES Y REGRESIONES, MOVIMIENTOS TECTONICOS Y TIPOGENESIS.

PLAN OF THE SUPPOSED CORRELATION OF THE QUANTITATIVE VEGETATION-CHANGES, FLUCTUATIONS OF TEMPERATURE AND COSMIC RADIATION, CLIMATICALLY DETERMINED TRANSGRESSIONS AND REGRESSIONS, TECTONIC MOVEMENTS AND TYPOGENESIS

8. La temperatura del agua oceánica también debe haber mostrado cambios periódicos de temperatura, relacionados con los de los Continentes.
9. Durante las disminuciones periódicas de temperatura, las temperaturas de la superficie del agua oceánica, como también las de los Continentes, pueden haber sido en parte más bajas que las de hoy en día en las mismas latitudes, y la temperatura, al iniciarse el Paleoceno, aún puede haber sido considerablemente más baja.
10. El registro de influencias periódicas universales (cambios climáticos) por medio de estadísticas de polen (y esporas) y eventualmente métodos estadísticos paleozoológicos puede introducir un nuevo criterio para correlaciones de tiempo en la estratigrafía. Este método de correlación, basado en la misma periodicidad como la del tipogénesis, da esencialmente las mismas unidades y límites internacionales, pero con mucho mejores posibilidades de correlación mundial exacta por ser independiente de la composición florística y faunística local específica, e independiente de problemas de migración.

### *Addendum*

Existe una controversia sobre la correlación del Oligoceno-Mioceno americano (del Caribe) con el europeo. Un grupo de paleontólogos (EAMES, 1953; DROOGER, 1956) pone el límite Oligoceno-Mioceno más bajo que otros (STAINFORTH, 1948; BUERGL c. s., 1955). Nosotros seguimos, en este estudio, a STAINFORTH y BUERGL, y lo que llamamos Oligoceno Superior debía ser Mioceno Inferior, según EAMES y DROOGER.

Usamos una escala de tiempo "absoluta", basada sobre estimaciones de varios autores. Si se usa la escala de tiempo B, de HOLMES (1947), nuestra escala de tiempo concuerda también perfectamente, si ponemos ambos límites Oligoceno-Mioceno y Mioceno-Plioceno en un período de 6 millones de años más bajo (véase fig. 9). Así, parece que las diferencias entre la escala de tiempo de HOLMES y la escala usada por nosotros depende solamente de donde fueron colocados los límites entre el Oligoceno y el Mioceno y entre el Mioceno y el Plioceno, y que nuestra división puede estar de acuerdo con ambas escalas.

DROOGER, G. W., 1956. — "Transatlantic correlation of the Oligo-Miocene by means of foraminifera". *Micropaleontology*, vol. 2, 2.

EAMES, F. E., 1953. — "The Miocene-Oligocene boundary and the use of the term Aquitanian". *Geol. Mag.*, vol. 90, 6.

HOLMES, A., 1947. — "The construction of a Geological Time-scale". *Trans. Geol. Soc. Glasgow*, vol. 21, pp. 117-52.

STAINFORTH, R. M., 1948. — "Description, correlation and paleoecology of Tertiary Ciperó marl formation", Trinidad, B. W. I. *Amer. Assoc. Petr. Geol., Bull.*, vol. 32, 7.

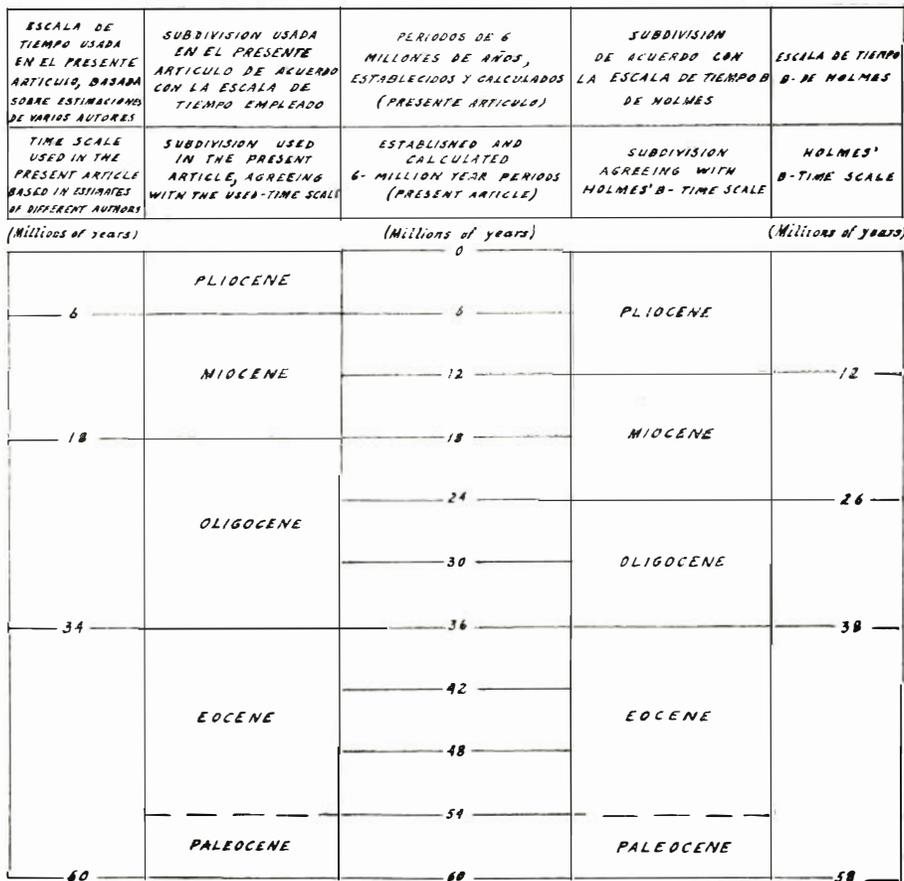


FIG. 9 OLIGOCENE - MIOCENE AND MIOCENE - PIOCENE BOUNDARIES IN CONNECTION WITH THE 6-MILLION YEAR PERIODS AND DIFFERENT "ABSOLUTE" TIME-SCALES

LOS LIMITES DEL OLIGOCENO MIOCENO Y MIOCENO - PIOCENO EN RELACION CON LOS PERIODOS DE 6 MILLONES DE AÑOS Y DISTINTAS ESCALAS DE TIEMPO "ABSOLUTO"

## REFERENCIAS

- BUERGL, H., 1955. — "Globorotalia fohsi en la formación de Usme". *Boletín Geológico*, vol. 3, 2, Instit. Geol. Nal., Bogotá.
- BUERGL, H., BARRIOS, M. & ROSTROM, A. M., 1955. — "Micropaleontología y estratigrafía de la sección de Arroyo Saco, Departamento del Atlántico". *Bol. Geol.*, vol. 3, 1, I. G. N., Bogotá.
- CROIZAT, L., 1952. — "Manual of Phytogeography". La Haya.
- DORF, E., 1955. — "Plants and the geological time scale". En: Poldervaart, A. "Crust of the Earth". *Geol. Soc. Am.*, Special Paper, vol. 62.
- EMILIANI, C., 1955. — "Pleistocene temperatures". *Journ. of Geol.*, vol. 63, pp. 538-578.
- EMILIANI, C., 1956. — "Oligocene and Miocene temperatures of the equatorial and subtropical Atlantic Ocean". *Journ. of Geol.*, vol. 64, 3.
- GANSSER, A., 1954. — "The Guyana Shield (S. America)". *Eclog. Geol. Helv.*, vol. 47, 1.
- GERTH, H., 1941. — "Geologische Rundschau", vol. 32, 3.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1951. — "Late glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands". *Leidse Geol. Medel.*, vol. 17.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1954, a. — "El desarrollo de la flora colombiana en los períodos geológicos. I: Maestrichtiano hasta Terciario más Inferior". *Bol. Geol.*, vol. 2, 1, I. G. N., Bogotá.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1954, b. — "Principios para la nomenclatura palinológica sistemática". *Bol. Geol.*, vol. 2, 2, I. G. N., Bogotá.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1954, c. — "La geología y los recursos del río Apaporis entre Soratama y Cachivera La Playa". *Rev. Territ. Nales.*, vol. 4, 8-9-10, Bogotá.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1956, a. — "A palynological systematic nomenclature". *Bol. Geol.*, vol. 4, 2-3, I. G. N., Bogotá.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1956, b. — "Description of some genera and species of fossil pollen and spores". *Bol. Geol.*, vol. 4, 2-3, I. G. N., Bogotá.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1957. — "Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá y alrededores (Cordillera Oriental)". *Bol. Geol.*, vol. 5, 2, I. G. N., Bogotá.
- HUNTINGTON, E. & FISHER, S. S., 1932. — "Climatic changes". Yale Univ. Press.
- KUYL, O. S., MULLER, J. & WATERBOLK, H. TH., 1955. — "The application of Palynology to Oil Geology with reference to Western Venezuela". *Geol. & Mijnb.*, New Series, vol. 17, 3.
- NOREM, W. L., 1956. — "Tertiary spores and pollen related to paleoclimates and stratigraphy of California". *Micropaleontology*, vol. 2, 4.
- NOTESTEIN, F. B., HUBMAN, C. W. & BOWLER, J. W., 1944. — "Geology of the Barco Concession, Rep. of Colombia". *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 55.
- SCHINDEWOLF, O. H., 1950. — "Grundfragen der Paleontologie". Stuttgart.
- STIRTON, R. A., 1953. — "Vertebrate paleontology and continental stratigraphy in Colombia". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 64, 6.
- UMBGROVE, J. H. F., 1942. — "The pulse of the earth". La Haya. Martinus Nijhoff.

MINISTERIO DE MINAS Y PETRÓLEOS  
INSTITUTO NACIONAL DE GEOLÓGIA Y MINERÍA  
SECC. DE MINERÍA

### DIAGRAMA PALINOLOGICO COMPUESTO MAESTRICHTIANO - MIOCENO INFERIOR COLOMBIA (SUR AMERICA)

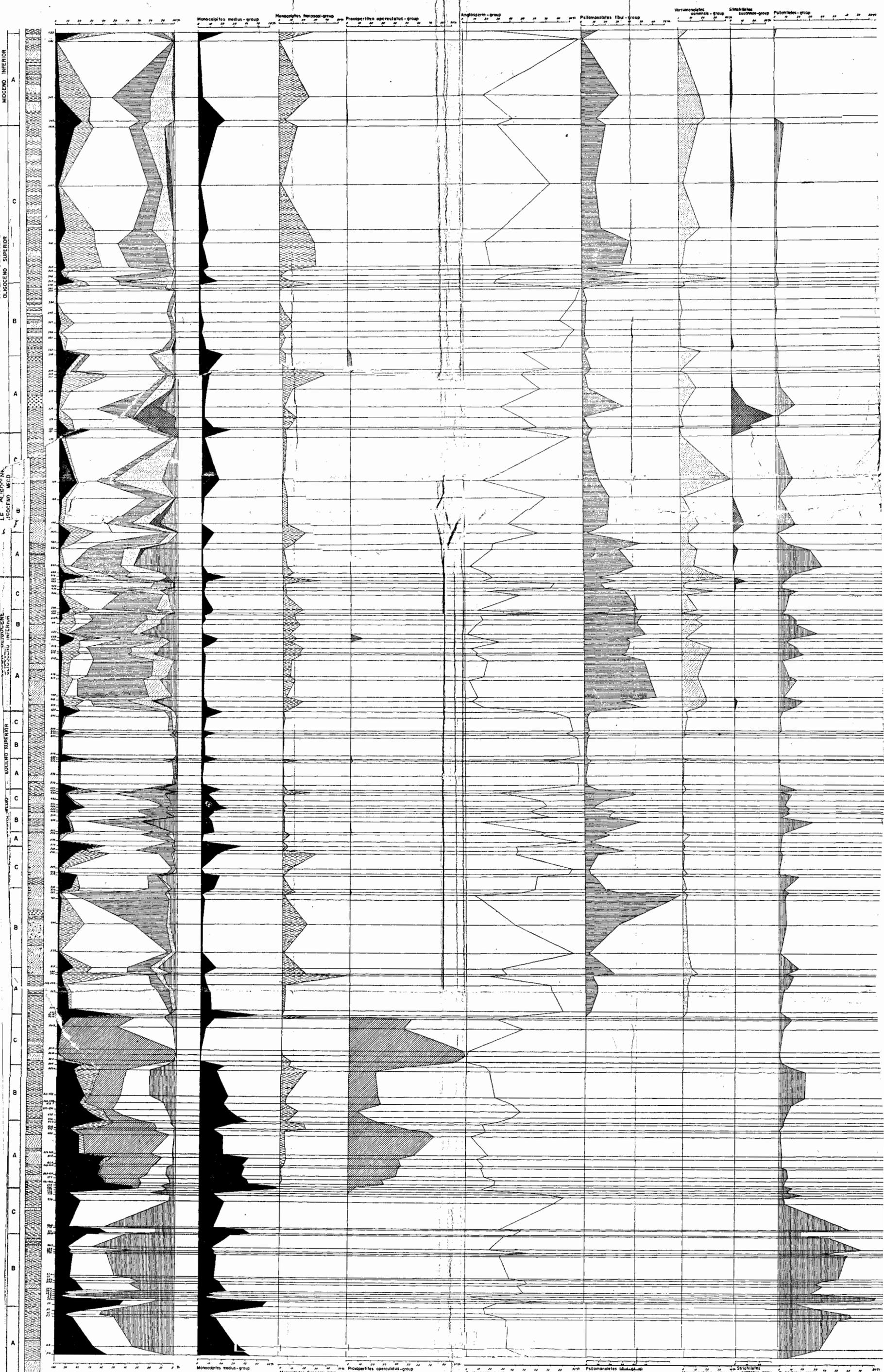
BASADO SOBRE ANALISIS PALINOLOGICOS DE SECCIONES DE LA  
SABANA DE BOGOTA, DE TIBU (CATATUMBO),  
TIMBA (VALLE DEL CAUCA) Y ANTIOQUIA

### COMPOSITE PALYNOLOGICAL DIAGRAM MAESTRICHTIAN - LOWER MIOCENE COLOMBIA (SOUTH AMERICA)

BASED ON PALYNOLOGICAL ANALYSIS OF SECTIONS FROM  
THE SABANA DE BOGOTA, FROM TIBU (CATATUMBO),  
TIMBA (VALLE DEL CAUCA) AND ANTIOQUIA

Anál.  
THOMAS VAN DER HAMMEN  
PALEOBOTANICO JEFE

Drawing:  
IRMA CORTES CEDEJ  
DIBUJANTE



LEYENDA (Columna estratigráfica)-LEGEND (Stratigraphical column)  
 ANCLAS ESQUISOSTAS, ONDAS ETC.  
 SANDSTONES  
 ANCLAS ESQUISOSTAS, ONDAS ETC.  
 SANDSTONES  
 CONGLOMERADOS  
 CONGLOMERATES  
 (FOTO DE LOS MANTOS DE CARBON ANALIZADOS  
 EN LA COLUMNA ESTRATIGRAFICA  
 PLACE OF ANALYZED COAL-SEAMS IN THE STRATIGRAFICAL COLUMN)

LEYENDA DIAGRAMA - LEGEND (DIAGRAM)  
 MONOCOLPITES MEDIUS-GROUP  
 MONOCOLPITES FRANCISCOI-GROUP  
 PROXAPERTITES OPERCULATUS-GROUP  
 ANGIOSPERM-GROUP (EXCEPT THOSE PALMS INCLUDED IN THE FORMER GROUPS)  
 PSILAMONETES TIBUI-GROUP  
 VERRUONOLETES USMENSIS-GROUP  
 STRIATILETES USSANAE-GROUP  
 PSILATRILETES-GROUP  
 (EXCEPTANDO LAS PALMAS INCLUIDAS EN LOS GRUPOS ANTERIORES)

LOS ESPESORES ESTAN BASADOS SOBRE OBSERVACIONES EN LAS AREAS DE TIBU, TIMBA Y ANTIOQUIA  
 DOS PARTES DE LAS CUALES NO SE PODIAN OBTENER BUENAS MUESTRAS EN ESAS REGIONES FUERON COMPLETADAS CON COLECCIONES EN OTRAS AREAS USANDO LOS ESPESORES OBSERVADOS EN LA SECCION DE TIBU (LA PARTE MAESTRICHTIANA DEL DIAGRAMA FUE TOMADO DE LA SECCION DE SUESCA, SANTA ROSITA, Y LA ZONA C DEL PALEOCENO DE LA SECCION DE LEBRIJA)  
 EXCEPCION: ZONA C DEL OLILOCENO SUPERIOR Y LA ZONA A DEL MIOCENO INFERIOR TIENEN UN ESPESOR VECEZ MAS GRANDE QUE LA REPRESENTADA, PARA FACILITAR LA REPRESENTACION DE ESTAS ZONAS  
 THICKNESSES ARE BASED ON OBSERVATIONS IN THE TIBU, TIMBA AND ANTIOQUIA AREAS  
 TWO PORTIONS OF WHICH IN THESE REGIONS NO GOOD SAMPLES COULD BE OBTAINED, WERE COMPLETED BY COLLECTIONS IN OTHER AREAS USING THE OBSERVED THICKNESSES IN THE TIBU SECTION (THE MAESTRICHTIAN PART OF THE DIAGRAM WAS TAKEN FROM THE SUESCA - SANTA ROSITA SECTION, AND ZONE C OF THE PALEOCENE FROM THE LEBRIJA SECTION)  
 EXCEPTION: ZONE C OF THE UPPER OLILOCENE AND ZONE A OF THE LOWER MIOCENE ARE TWICE AS THICK AS REPRESENTED, TO MAKE THE REPRESENTATION OF THESE VERY THICK ZONES EASIER.

ESCALA VERTICAL - VERTICAL SCALE  
 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100  
 METROS - METERS

CADA ESPECTRO CORRESPONDE A UN MANTO DE CARBON, Y ES EL PROMEDIO DE UNA SERIE DE MUESTRAS TOMADAS (DE ARRIBA HACIA ABAJO) DE ESTE MANTO.  
 EACH SPECTRUM CORRESPONDS TO A COAL SEAM, AND IS THE AVERAGE OF A SERIES OF SAMPLES TAKEN FROM TOP TO BOTTOM FROM THAT SEAM.

**CLIMATIC PERIODICITY AND EVOLUTION OF SOUTH AMERICAN  
MAESTRICHTIAN AND TERTIARY FLORAS**

**(A STUDY BASED ON POLLEN ANALYSIS IN COLOMBIA)**

**(with 1 plate and 9 figures)**

**BY**

**THOMAS VAN DER HAMMEN**  
**CHIEF PALEOBOTANIST**

## CONTENTS

ABSTRACT .....	53
INTRODUCTION .....	55
POLLEN ANALYTICAL DATA .....	57
a) Correlation on the basis of vegetational and climatic changes .....	57
b) Working methods .....	58
c) Description of the pollen-diagram (Maestrichtian-Lower Miocene) .....	62
d) Evolution and migration of species .....	68
FURTHER INTERPRETATION OF THE POLLEN-ANALYTICAL DATA .....	73
e) Periodicity of the vegetational changes .....	73
f) Nature and causes of the periodic vegetational changes .....	76
g) Relationship between the periodic vegetational changes and evolution .....	81
h) Relationship between the periodic vegetational changes, transgressions and tectonic movements .....	83
i) A new stratigraphical criterion .....	86
j) Conclusions .....	88
REFERENCES .....	91

## LIST OF ILLUSTRATIONS

- Plate I. Composite palynological diagram (Maestrichtian-Lower Miocene).
- Fig. 1. Some representatives of the different palm-pollen groups used in the diagrams.
- ” 2. Some representatives of the different spore-groups used in the diagrams.
- ” 3. Origin and migration of the palm-genus *Astrocaryum*.
- ” 4. Areal maps of the palm-genera *Mauritia* and *Lepidocarium* (Mauritiaceae), with lines connecting places with an equal number of species.
- ” 5. Subdivision of the Maestrichtian and the Tertiary on the basis of 6 and 2 million year periods.
- ” 6. Temperature curve for the Western United States, based on plant macrofossils, compared with a curve based on the frequency of the *Monocolpites medius*-group in Colombia.
- ” 7. Subdivision of the Miocene on the basis of paleontological and stratigraphical investigations carried out by BÜRGL c. s. (1955) in the Dep. of Atlantico (Colombia), correlated with the 6- and 2-million year cycles.
- ” 8. Plan of the supposed correlation of the quantitative vegetation-changes, fluctuations of temperature and cosmic radiation, climatically-determined transgressions and regressions, tectonic movement and typogenesis.
- ” 9. Oligocene-Miocene and Miocene-Pliocene boundaries in connection with the 6-million year periods and different “absolute” time-scales.

#### A B S T R A C T

The present article deals (chapter 1) with pollen-analytical data from Colombia (South America) and includes a complete pollen-diagram running from the base of the Maestrichtian until the beginning of the Miocene. Special principles were used in its construction. The diagram shows periodical changes in the numeric composition of the flora, which are associated with the entrance of new species and the extinction of other ones. 2 and 6 million-year cycles may be distinguished the latter corresponding to *epochs* or *ages* (Paleocene, Lower Eocene, etc.). The problem of evolution and migration is treated in the light of these and other pollen-analytical data.

In chapter 2 a further interpretation of the pollen-analytical data is given, taking into consideration causes of the vegetational changes (changes of temperature) and of evolution. The relationship between these changes and tectonic-orogenetic movements and transgressions is treated too, and it is known that these movements may partly have a periodicity comparable to vegetation-changes and evolution, but that in these cases they are always somewhat delayed. The registration of the periodic temperature-changes by means of pollen-statistics is proposed as a possible new stratigraphical criterion, being independent of index-fossils, migrations of species, etc.

## INTRODUCTION

*In the course of pollen-analytical and stratigraphical investigations carried out in the last five year in Colombia (South America), on the Upper Cretaceous and Tertiary series of sediments, some interesting data has come to light, which, in our opinion, is of not only local importance, but may have a world-wide significance, and may finally lead us to frame a theory of periodicity. In order to separate clearly the precise palynological data from the theory, we will first treat the actual results and afterwards the partly theoretical interpretation.*

*I am very grateful to the many friends and colleagues who have helped me, by discussing the different problems expounded in this paper and making suggestions. Amongst them I would like to mention in the first place doctor Enrique Hubach, former director of the National Geological Institute of Colombia, who stimulated my work throughout its course with his continual personal interest and who helped me with his unparalleled knowledge of the Geology of Colombia. I would also like to thank Dr. Hans Bürgl, Prof. Dr. F. Florschütz and Dr. Johs Iversen for their valuable advice and assistance.*

*The Colombian Petroleum Company put at my disposal their extensive collection of bore-hole samples in the Barco Concession (Catatumbo region), on which an important part of the pollen diagram is based. At this point I would like to express my sincere gratitude to the manager of that Company and the geologists of the Barco field.*

*The constant collaboration of all the personnel of the paleobotanical section of the National Geological Institute was of the utmost importance to the realization of this study: Miss Cecilia García Barriga and Mr. Enrique González as scientific assistants; Miss Irma Cortés, who did all the drawings; and Mr. Juan Perico, who prepared all the samples in the laboratory and was my assistant during the field work in different parts of the country.*

## CHAPTER I

### POLLEN - ANALYTICAL DATA

#### a) *Correlation on the basis of vegetational and climatic changes*

Most statistical pollen-analytical work up to now has been done on the vegetational changes of the Pleistocene and Holocene, which are originated by climatic variations, while evolution of species is of little importance. Nevertheless it is relevant to our subject to give a short introductory review on some of the problems.

In great regions of Europe and North America forest vegetation, during the Quaternary period receded and returned owing to the influence of successive cold and mild periods. Hence, immigration and emigration of existing species, with a general North-South and South-North direction, was an important factor. However, migration of a certain tree-species takes time, and the species will, in the case of an improving climate, arrive earlier or later, according to the latitude of the site. Thus the first appearance of a species in pollen-diagrams from various sites at different latitudes will not be synchronous. This problem has been treated before (VAN DER HAMMEN, 1951), and the opinion advanced that exact time-limits in these cases can only be drawn on the basis of frequency changes of species already present.

The "conditio sine qua non" for this type of correlation is that the climatic changes, in which the vegetational changes originate, are exactly simultaneous over large regions or over the whole world. Until recently this was only a matter of supposition. But since  $C_{14}$ -datings proved that the late-glacial Alleröd-interstadial was contemporaneous all over Europe and North America, and also that the last important ice advance following this interstadial was contemporaneous not only in the Northern hemisphere, but probably also in the Southern, we can consider it as fact that the great climatic changes of the Quaternary were simultaneous all over the earth, and were not caused by polar movements, but by influences coming directly from outside the earth.

Turning now to the Tertiary, we find that one of the few known and generally recognized features is that the climate in the course of this period gradually became colder simultaneously all over the Northern hemisphere. Of great interest in this connection is an article of GERTH (1941) as it shows, on the basis of the distribution of fossil *Nothofagus*-floras in South America, that the climate in the Southern part of the Western hemisphere grew colder during the Tertiary, just as in the Northern hemisphere. This general tendency to climatic decline, resulted in the clear separation of the climatic-vegetational latitudinal belts that we know today.

A shifting of the vegetation in the latitudinal belts also took place all over the earth in the Upper Paleozoic, in part accompanied by glaciation. From this evidence we can conclude that certain factors, simultaneously at work all over the earth, caused synchronous changes in the vegetation, whatever the specific composition of this vegetation may have been.

If we could register these changes in the vegetation in a detailed way, they would be an excellent basis for exact world-wide time correlations. For several reasons pollen-analysis seems to be the science best-equipped to solve the problem of registration. It works with a material present everywhere and found in abundance in many sediments, terrestrial and marine, and hence statistical investigations can usually be carried out. Moreover, Palynology has already demonstrated its value in the correlation of the Pleistocene ice-ages.

Now, it is a fact that evolution plays a great role in pre-quaternary floral history. Since during the Tertiary period the vegetation of the earth was separated into different floral regions, a profound difference is found between the pollen-species of, for instance, the South American Eocene and the European Eocene. Furthermore, as we will see later, a new species may, even within one floral area, need a considerable interim period to migrate from its place of origin to other regions. Nevertheless associations of pollen are fairly constant within quite extensive parts of a floral area.

From these facts we may draw the following conclusions:

1. Correlations within quite large sectors of a floral area may be carried out on the basis of type-pollen associations, but never on the basis of single "index-pollen".
2. Correlations within entire floral areas, and probably world-wide correlations may be carried out on the basis of quantitative pollen investigations, registering important vegetational changes (and excluding local phenomena). The basis of these correlations is the concept, that whatever may be the specific content of the flora, these profound vegetational changes, registered statistically, are the response to great and world-wide climatic changes.

On the basis of these considerations, we have tried to adapt the method of pollen statistics to fit the recording of the important vegetational changes just mentioned. This working-method is treated in the next paragraph.

#### b) *Working-methods*

First of all we want to point out that our pollen-analytical working-methods are somewhat different from those generally used. The basic principles of our working method were published some time ago (VAN DER HAMMEN, 1953), in a study on the development of the Maestrichtian flora and vegetation, but we have extended it in some respects to fit the Tertiary pollen-floras (VAN DER HAMMEN, 1957). Thus the diagrams (see plate I) are worked out in the following way.

1. From each coal or lignite layer a series of samples is analysed and the average percentage for each species or group is calculated from the sum of these analyses; or one analysis is made of one mixed sample of the same whole series.
2. Some 200 or 300 pollen-grains are counted in each sample, and the percentages are calculated on the basis of the sum of all the pollen grains and spores of pteridophytes.
3. The composite spectra of one series of sediments are demonstrated in a diagram, the horizontal axis representing the percentages of the different pollen and spore-groups, added one on top of the other, while the vertical axis represents the separation of the spectra in the stratigraphical column. Best results were obtained in our case with a 1:2.000 scale for the stratigraphical column and 10 centimeters for the 100% of the pollen and spore sum, but the scale may be changed according to the relative thickness of the sediments.
4. The pollen- and spore-groups (the species mentioned are described in VAN DER HAMMEN, 1954 a and 1956 b) are placed one on top of the other, and arranged in the following way (see plate I, and figs. 1 and 2) :

- a) From the left the percentages of the different groups of palm-pollen (fig. 1), in the order:

*Monocolpites medius* group (including *M. minutus*, *medius*, *huer-tasi*, *grandis* and nearly-related forms, all related to some recent genera of palms).

*Monocolpites franciscoi* group (including all the pollen grains of Mauritiaceae).

*Proxapertites operculatus* group (including all the varieties of this species, and nearly-related forms, all closely related to the recent species *Astrocaryum acaule*).

- b) From the right the percentages of the different groups of spores (fig. 2), in the order:

*Psilatriteles* group (including all trilete spores, mainly psilate, except the *Striatriteles susannae*-group).

*Striatriteles susannae* group (including this species and related spore forms, belonging (or closely related to), partly to the recent genus *Aneimia*).

*Verrumonoletes usmensis* group (including the monolete-verrucate spores *V. usmensis* and *V. usmensoides*, and nearly-related forms, probably belonging mainly to the Polypodiaceae).

*Psilamonoletes tibui* group (including all monolete-psilate spores: in part of this group occur species in which no clear aperture is found, and which, accordingly would have to be classified rather as "alete", but since they are otherwise identical with monolete species, they are here relegated to this group).

- c) In the middle, between palm-pollen groups on the left and spore groups on the right, are the percentages of the sum

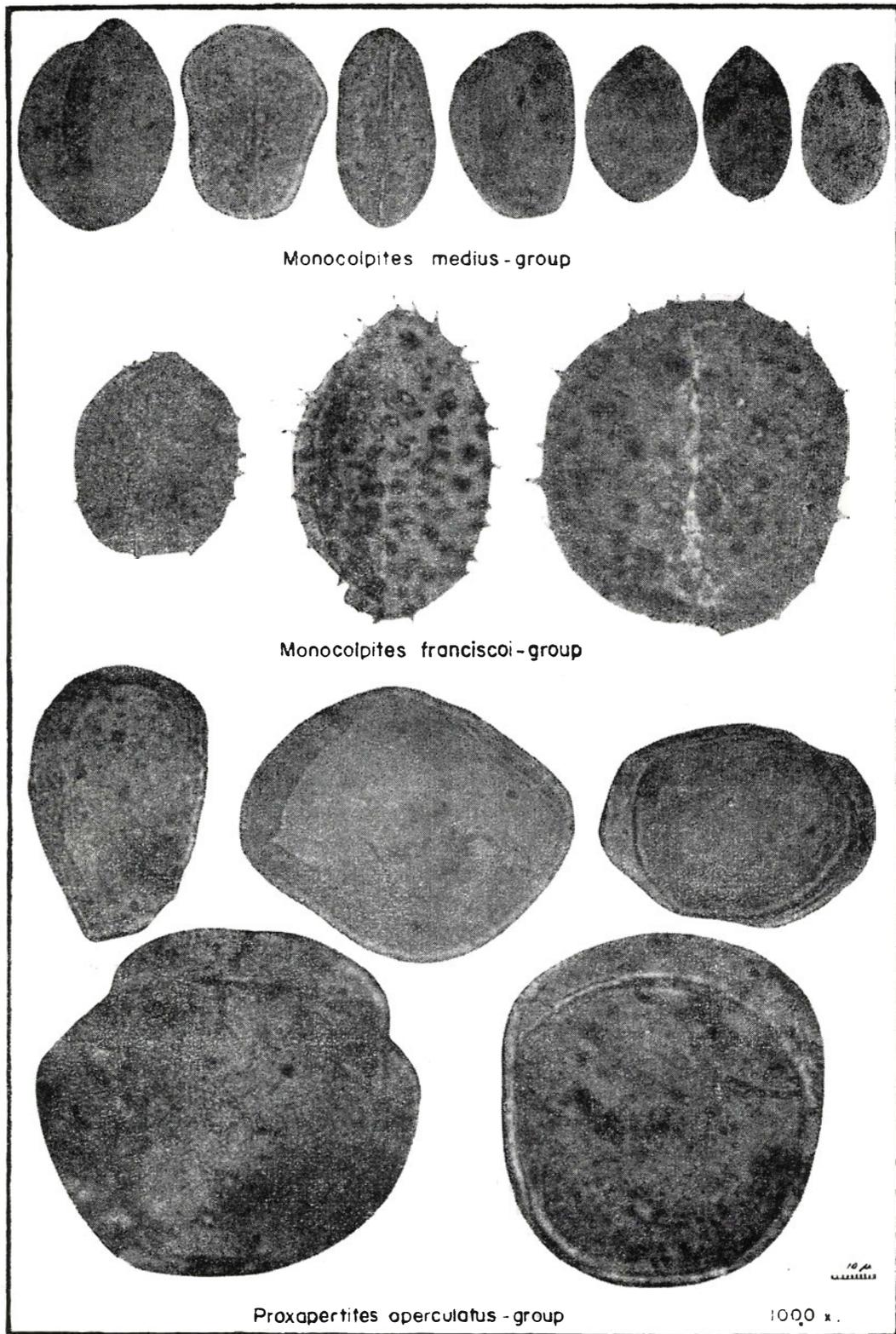


Fig. 1

ALGUNOS REPRESENTANTES DE LOS DISTINTOS GRUPOS DE POLEN DE PALMAS USADOS EN LOS DIAGRAMAS  
 SOME REPRESENTATIVES OF THE DIFFERENT PALM-POLLEN GROUPS USED IN THE DIAGRAMS

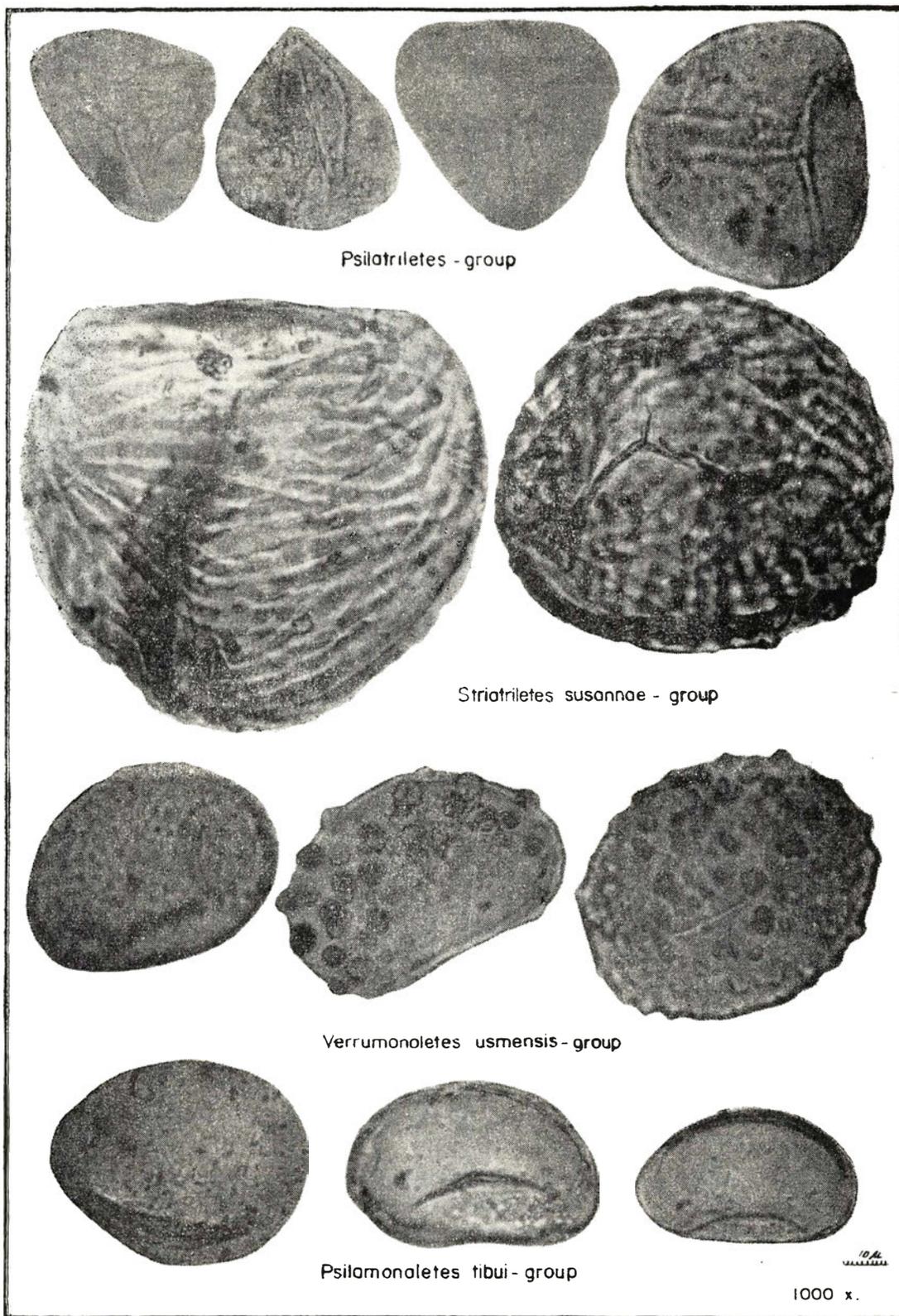


Fig. 2

ALGUNOS REPRESENTANTES DE LOS DISTINTOS GRUPOS DE ESPORAS USADOS EN LOS DIAGRAMAS  
 SOME REPRESENTATIVES OF THE DIFFERENT SPORE-GROUPS USED IN THE DIAGRAMS

of all those pollen grains of Angiosperms (mainly Dicotyledons) which are not included in the palm-pollen groups. We will call this group simply "Angiosperm-group".

This type of diagram will be referred to as PAF-diagram (Palms-Angiosperms-Ferns). Naturally these groups are appropriate to tropical South America, and would have to be changed for other floral areas.

In addition to this main diagram, curves for the separate species of Angiosperms, etc., and of the groups mentioned may be drawn in the usual way.

This type of spectra and diagram has been chosen after many experiments with other types, as it better than those reflects the important numeric changes of the total (pollen) flora, excluding minor changes which may be of local origin and also changes in local vegetational successions. Such successions, shown by diagrams based on a series of separate samples from one coal-layer, may be of importance for the correlation of coal-layers in one mining region, but are of little importance for stratigraphical correlations over greater areas.

Although only coal-layers were used for the spectra which make up our diagram, we want to stress that comparable results were obtained in analysing shale-samples, in which each composite spectrum was based on several analyses from samples taken at relatively short vertical distances from each other.

c) *Description of the pollen-diagram  
(Maestrichtian-Lower Miocene)*

The Maestrichtian part of the diagram (plate I) is composed of two combined sections from the Sabana de Bogotá (VAN DER HAMMEN, 1957), the Paleocene of combined Tibú-(Catatumbo) and Lebrija-sections (VAN DER HAMMEN, 1957), the Lower and Middle Eocene of combined Tibú-sections, the Upper Eocene, Lower Oligocene and Middle Oligocene of combined Tibú and Timba-(Valle del Cauca) sections, and the Upper Oligocene and lowermost Miocene of combined Timba and Antioquia-sections. The combination of the different sections and the corresponding parts of the diagram was carried out very carefully and was done only if the following conditions were all fulfilled:

1. There had to be an overlap of the diagrams of at least two pollen zones.
2. The overlapping parts of the diagrams had to correspond completely in the course of their respective curves or in the relative percentages of separate spectra and in their specific content.
3. The stratigraphical succession of the different sections had to correspond one with another.

Differences in relative thickness of different sections, if present, were eliminated by proportional reduction or amplification. As a basis for reduction we took a 1:2.000 scale of the Tibú, Timba and Antioquia-sections, having the same thickness in their corresponding parts. As stated

already, all the "composite spectra" are derived from coal-layers, although we obtained comparable results, not included here, with series of shale-samples. Those parts of the diagram which were reduced on the above-mentioned basis are mentioned on plate I.

As all the spectra were obtained from fairly thick coal-layers, we can be sure that they all represent tropical low-land vegetation, when comparing different spectra.

We shall now begin the description of the diagram, beginning with the lowermost part (see plate I).

### *Maestrichtian*

The lowermost part of the diagram is of Maestrichtian age, and is also published in this number together with more details (VAN DER HAMMEN, 1957). The Maestrichtian can be subdivided on a palynological basis into three zones. These zones A, B and C are identical with those described earlier (VAN DER HAMMEN, 1954 a), the only exception being that we now prefer to put the boundary between the B and C zones somewhat higher, at the beginning of the *Monocolpites medius*-group maximum next to the one at the base of the B zone. Age-determination can be said to be proved by the following data: 1° Maestrichtian foraminifera and ammonites are found at the very bottom of zone A; 2° Maestrichtian foraminifera are still found in zone C in the Catatumbo area.

The Maestrichtian part of the diagram is only composed of three groups: the *Monocolpites medius*-group, the Angiosperm-group and the *Psilatrilletes*-group (mainly *Psilatrilletes guaduensis*). As the lowermost part of the Maestrichtian is marine everywhere in Colombia, no coal-samples were obtained from that relatively thin interval, but the coal-layers immediately above it show relatively high percentages of the *Monocolpites medius*-group, and low percentages of the *Psilatrilletes*-group. Then the curve of the former goes down while the latter rises. A second top in the *Monocolpites medius*-group comes next, flanked by two *Psilatrilletes*-maxima. After another drop the *Monocolpites medius*-group reaches a third maximum, again flanked by relative maxima of the *Psilatrilletes*-group.

Immediately after each one of the last two tops of the *Monocolpites medius*-group a relatively large number of new species appear (for this phenomenon just after the second top see the diagram of plate II and III in VAN DER HAMMEN, 1954 a). The maximum of the first *Monocolpites medius*-group top must lie still somewhat lower than the first spectrum of the diagram, probably somewhat below the Upper Guadalupe sandstone, or in the hiatus which may exist between this sandstone and the Guaduas formation.

The three zones are approximately of the same thickness, only the C zone was in some cases found to be somewhat thinner. The three zones could be distinguished on the basis of the *Monocolpites medius*-group and *Psilatrilletes*-group maxima (and on the basis of type-associations of the other Angiosperms) in all the diagrams we made from the Maestrichtian, at sites up to 1.500 kilometers apart (North-South distance in the Eastern Cordillera).

### *Paleocene*

The Paleocene begins with a very high top of the *Monocolpites medius*-group, the highest of the whole diagram. Immediately after this top the specific (and quantitative) composition of the pollen flora changes profoundly. *Proxapertites operculatus* forms an important part of the total, from beginning to end of the Paleocene. The *Monocolpites franciscoi*-group (Mauritiaceae) appears for the first time at the base of the Paleocene, and also many new types like the *Tricolporites annae* (Bombacaceae), etc.

A second top in the *Monocolpites medius*-group, and third one (small, but combined with a top of the *Monocolpites franciscoi*-group) at nearly equal intervals, bring some change in the quantitative composition of the flora, and a few new species come in after each of them, but the general picture does not greatly change, until after the next, very high, top of the *Monocolpites medius*-group, the vegetation once again alters profoundly (beginning of the Eocene).

The Paleocene age of this part of the diagram is proved in the following way. The typical association of pollen in this diagram-section we found also in the Cerrejón area in the Hato Nuevo formation, which lies on top of fossiliferous Maestrichtian and below the Eocene coal-formation. In the Hato Nuevo formation equivalent on the Venezuelan side of the frontier a Paleocene age can be proved by means of foraminifera.

### *Lower Eocene*

The Lower Eocene begins with a high top of the *Monocolpites medius*-group, and a high *Monocolpites franciscoi*-group top lies a little below it. At the same time the *Proxapertites operculatus*-curve drops to zero. Immediately afterwards two new groups enter, the *Verrumonoletes usmensis*-group and the *Psilamonoletes tibui*-group. A number of new species of dicotyledons appear after the *Monocolpites medius* top. Two much lower tops of the *Monocolpites medius*-group follow, each combined with a top of the *Monocolpites franciscoi*- and *Psilamonoletes tibui*-groups, in the following order: *Monocolpites franciscoi*-top, *Psilamonoletes tibui*-top, *Monocolpites medius*-top. It is to be noted that these tops in the somewhat thicker B-zone are also more widespread. The *Monocolpites medius*-curve, not taking into account the tops mentioned, is very low throughout the greater part of the Lower Eocene, showing only one or a few percent.

The next top is again a rather high one, and with this top begins the Middle Eocene.

The age of the diagram-section here described was established as Lower Eocene by means of the pollen correlation of the uppermost part of the Los Cuervos formation and of the main part of the Mirador sandstone, on which this diagram-section is based, with formations containing foraminifera in Venezuela (KUYL c. s., 1955).

### *Middle Eocene*

The Middle Eocene begins with a high top of the *Monocolpites medius*-group, again combined with tops of other groups, in the order *Monocolpites franciscoi*-group, *Psilamonoletes tibui*-group, *Monocolpites medius*-group. Immediately after this top a few new species come in. Two lower tops follow, at short distances, combined with tops of the *Psilamonoletes tibui*-group. Both *Monocolpites medius*-group and *Psilamonoletes tibui*-group are relatively high during most of the Middle Eocene, but the *Monocolpites franciscoi*-group is low.

With the next top, this time combined with tops of both *Psilamonoletes tibui*-group and *Monocolpites franciscoi*-group, the rather different vegetation of the Upper Eocene begins while the palm- and spore-groups fall steeply. The Middle Eocene is relatively thin, probably due to orogenic movements, almost everywhere in Colombia.

The age of the diagram-section described was established as Middle Eocene by means of pollen correlation of the uppermost part of the Mirador-sandstone, on which this diagram-section is based, with formations containing foraminifera in Venezuela (KUYL c. s., 1955). Moreover lithologically this part can be correlated with a conglomerate and limestone series in Bolívar (Colombia), containing Middle Eocene foraminifera (BÜRGL, verbal information), above which an Upper Eocene pollen-flora was found.

### *Upper Eocene*

The Upper Eocene begins with a *Monocolpites medius*-group top, preceded by important tops of the *Monocolpites franciscoi*-group and the *Psilamonoletes tibui*-group. Then the vegetation changes considerably, and new species come in. A second and a third top of the *Monocolpites medius*-group follow, at almost equal distances. During the whole Upper Eocene the palm- and spore-groups are very low, the Angiosperms-group dominating completely. With a relatively high top of the *Monocolpites medius*-group and a profound change in the quantitative composition of the flora, the Lower Oligocene begins. From the base of the Upper Eocene onwards we have diagrams from both the East and West Andine Geosyncline, which agree perfectly even in details.

The Upper Eocene age of this diagram-section could be established by means of pollen-correlation with the middle part of the Concentración-formation of the Paz del Río area, where two fossil-horizons occur. These fossils were studied by ROYO Y GÓMEZ (internal report Servicio Geológico Nacional). The lowermost horizon was of Middle-Upper Eocene age, the higher one of Upper Eocene-Lower Oligocene age. Moreover in other places (Catatumbo, Valle, etc.), these pollen-zones are found on top of the Middle Eocene and below a formation with fossils of probably Lower Oligocene age. Palynologically these pollen-zones correspond to the major part of the Esmeraldas formation, which contains a fossiliferous horizon of Upper Eocene age.

In the Catatumbo area they correspond to the lower part of the Carboneras-formation, which was correlated palynologically with formations containing Upper Eocene foraminifera in Western Venezuela (KUYL c. s., 1955).

### *Lower Oligocene*

As we have seen before, the Lower Oligocene begins with a relatively high top of the *Monocolpites medius*-group, and immediately above this top the quantitative composition of the pollen-flora changes profoundly. The spore-groups all show relatively high values, and also the *Monocolpites franciscoi*-group; the Angiosperm-group is very low in the first part. An important fact is also the presence of the first, small top of the *Striatriletes susannae*-group, near the base of the Lower Oligocene.

The A-zone of the Lower Oligocene is thicker than the B- and C-zones, and corresponds to a time of widely distributed incursions of the sea, and probably of greater subsidence and sedimentation.

Two *Monocolpites medius*-group tops, somewhat lower than the first one, follow. They are preceded by or combined with tops of several other groups. It should be especially noted that the Angiosperm-group shows high percentages just before the *Monocolpites medius*-group tops. The *Monocolpites medius*-group top at the base of the B-zone is combined with a top of the *Proxapertites operculatus*-group, the first appreciable top presented by this group since the end of the Paleocene; this top is present in the East as in the West-Andine Geosyncline.

A high top of the *Monocolpites medius*-group indicates the beginning of the Middle Oligocene.

The Lower Oligocene age of this part of the diagram could be established in the following way. Fossiliferous horizons of approximately this age are present in various sections (Catatumbo, Valle, etc.), which could be correlated palynologically with this part of the diagram. Moreover the age of the Upper part of the Carboneras-formation (Catatumbo), from which this part of the diagram is derived, could be established by palynological correlations with formations containing foraminifera in Western Venezuela (KUYL c. s., 1955).

### *Middle Oligocene*

The Middle Oligocene starts with a rather high top of the *Monocolpites medius*-group, preceded by an Angiosperm-group maximum, a *Monocolpites franciscoi*-group maximum and a relatively high top of the *Striatriletes susannae*-group; shortly afterwards a certain number of new Angiosperms species enter. Two smaller tops at almost equal distances follow. The next top is again a higher one, with which the Upper Oligocene begins.

The Middle Oligocene age of this part of the diagram could only be established indirectly. This age is very probable because of its stratigraphical position immediately on top of the Lower Oligocene, without hiatus in the stratigraphical succession. Moreover the stratigraphical succession

from the interior can be compared with the marine succession at the coast, where the comparable strata contain, according to BÜRGL (verbal information) Middle Oligocene fossils. The corresponding flora was also found in the Usme-syncline, and BÜRGL (1955) found a foraminifer of upper Middle-Oligocene to lower Upper-Oligocene age at a somewhat higher stratigraphical niveau in a sample from a boring in Bogotá (Andina), in the same geosyncline.

The major part of the Leon-shales (Catatumbo-area), to which this part of the diagram corresponds palynologically, was correlated palynologically with formations containing Middle Oligocene foraminifera in Western Venezuela (KUYL c. s., 1955).

### *Upper Oligocene*

The Upper Oligocene begins with a relatively high top of the *Monocolpites medius*-group. A little higher the *Striatriletes susannae*-group reveals its highest top in the whole diagram. Two lower tops of the *Monocolpites medius*-group follow, at equal distances. After the third top, that is from the base of the C-zone onwards, begins a very rapid subsidence and sedimentation, which continues throughout the whole Miocene. This part of the diagram (from the base of the C-zone onwards) is represented at half the original scale, that is to say at 1:4.000 instead of 1:2.000 of the Catatumbo and Valle-Antioquia sections<sup>1</sup>. With a relatively high top of the *Monocolpites medius*-group the Lower Miocene starts. The age of this part of the diagram could be established by means of pollen-analytical correlation with the lower part of the La Cira-formation near La Dorada (Magdalena-Valley), which is, according to the contents of fossil vertebrates, of Late Oligocene age (STIRTON, 1953). The La Cira formation is also considered to be of Upper Oligocene age on the basis of other fossiliferous horizons. This diagram-section can also be correlated by pollen analysis with the lower part of the Guayabo-formation (Catatumbo-area), which could be correlated palynologically with formations containing foraminifera in Western Venezuela (KUYL c. s., 1955).

### *Lower Miocene*

The Lower Miocene begins with a relatively high top of the *Monocolpites medius*-group. A second top is present in our diagram, but the rest of the Miocene has not yet been analysed to date.

The Miocene age of the pollen-flora characteristic for this part of the diagram could be established by means of correlation with the Honda-formation (Magdalena-Valley). The Honda-formation contains Vertebrate-fossils of Miocene age (STIRTON, 1953), and in its upper part also foraminifera (BÜRGL, verbal information) of upper Miocene age.

### *Conclusions*

Considering now the diagram as a whole, we see that changes in the quantitative composition of the pollen-flora occur at intervals, particularly indicated by the tops of the *Monocolpites medius*-group, at the beginn-

<sup>1</sup> Posterior reduction of the diagram for reproduction is not taken in account here.

ing of *epochs* or *ages*<sup>1</sup> (Paleocene, Lower Eocene, etc.), followed by two tops which are lower. There is no exception to this rule, and it is surprising that the tops in the diagram as a whole are so regular. The *Monocolpites medius*-group tops are often accompanied or preceded by tops of other groups, especially of the *Monocolpites franciscoi*-group and of different spore-groups, and frequently show a certain constant order.

#### d) *Evolution and migration of species*

As we saw in the foregoing paragraph, each *epoch* or *age* (e. g. Paleocene, Lower Eocene, etc.) begins with a strong change in the quantitative composition of the vegetation, clearly marked by a top in the curve of the *Monocolpites medius*-group. With this change, a number of species present in the foregoing period disappears, and immediately or not long afterwards other new ones appear. The same, but to a much smaller degree, is the case with the secondary vegetational changes within each *age* (or *epoch*).

There can be no doubt that a great percentage of these new species (which may represent new natural genera, etc., as well) are formed by a strong evolution-process taking place at the same time as the quantitative vegetation-changes.

Nevertheless we have to bear in mind the time-factor of migration. Immigration of forest-trees into a tree-less area at the end of glacial or stadial period took place relatively very quickly; but we cannot compare this with the spread of new species in a densely-forested tropical area representing what would have been called today a climax-vegetation.

If we see that, notwithstanding this fact, many species appear in the diagram of a region almost at once immediately after the great quantitative change in the vegetation, we can attribute it to one or more of the following factors:

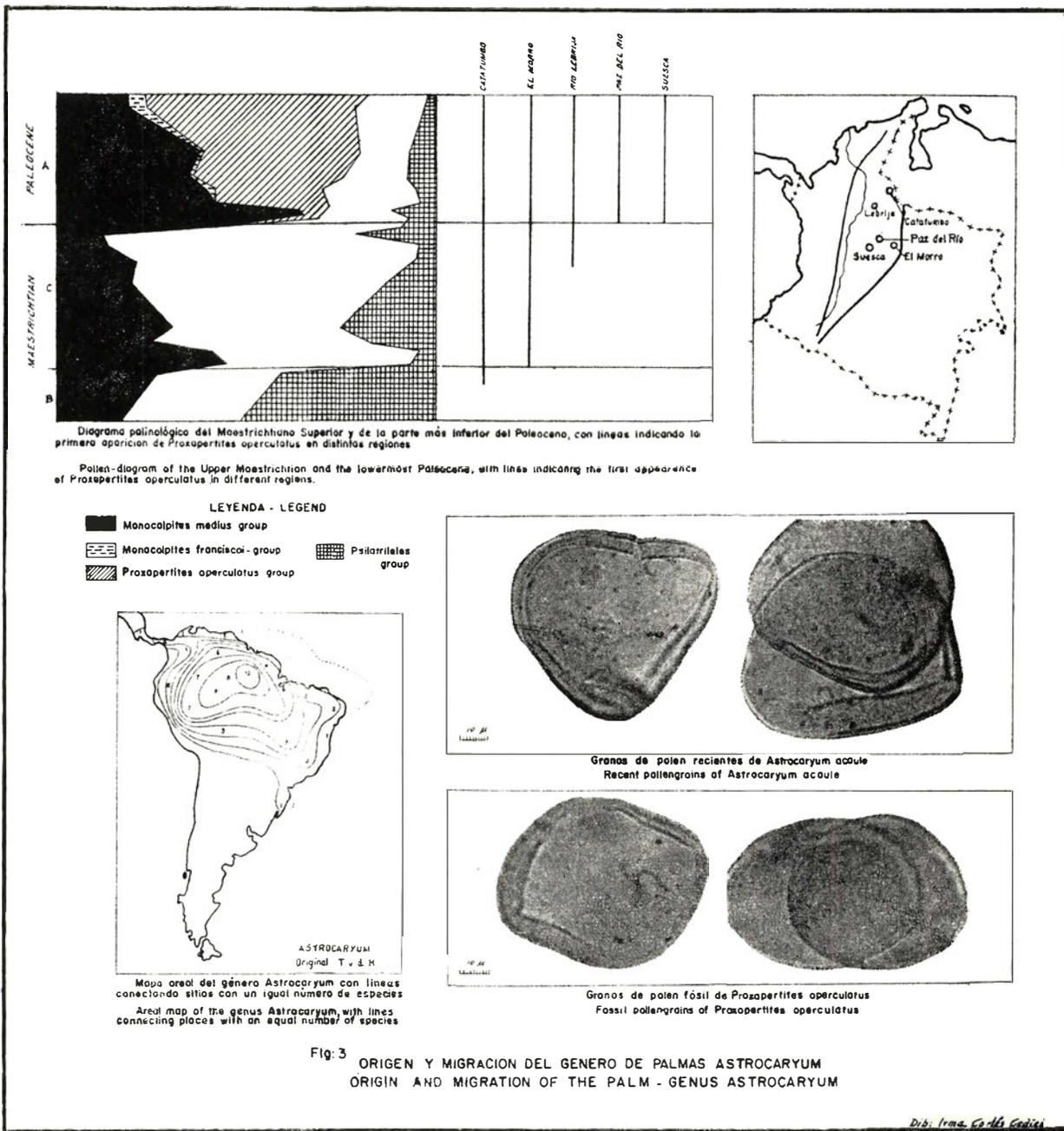
1. We have to keep in mind that the distance of the spectra at the critical points in the diagrams represents a considerable lapse of time and can easily be in the order of one hundred thousand years.
2. The distribution may have been facilitated by the disturbance or dis-equilibration of the original climax-vegetation.
3. The species had their origin in a relatively nearby region, or in the region itself.

Without any doubt, the first point is the most important one. Nevertheless there are many cases where migration of species evidently took place extremely slowly.

An example of this is a representative of the palm-genus *Astrocaryum*, the pollen-species *Proxapertites operculatus* (see fig. 3). This species had its greatest distribution in the Paleocene and high percentages

---

<sup>1</sup> When we use these terms in the restricted sense of the American Commission on stratigraphic nomenclature, they are written in italics. We consider as *epochs*: Paleocene, Eocene, etc., and as *ages*: Lower Eocene, Middle Eocene, etc. However it will be clear from the following that the Paleocene, the Lower Eocene, the Middle Eocene, the Pliocene, etc., are units of equal time length.



of it are to a certain extent characteristic of this epoch, although it continues to exist in later ages (in one case we found up to 10% in the Oligocene), and the recent *Astrocaryum acaule* has a very similar pollen-type.

In the Catatumbo region this species already appears at the limit of zones B and C of the Maestrichtian, though in the Lebrija area in zone C, and in the Suesca and Lenguazaque areas not until the beginning of the Paleocene. Also, in the El Morro region (eastern foot-hills of the Eastern Cordillera) *Proxapertites operculatus* appears at the limit of Maestrichtian B and C, but in the Paz del Río region much later. Thus we can draw the conclusion that the migration of the *Proxapertites operculatus* took place from east to west, and that its migration from the present western margin of the Eastern Planes to the inner part of the present Eastern Cordillera took the time of almost the whole C zone of the Maestrichtian, that is about two million years (see the second chapter of the present article).

If we now take a look at the map of the distribution area and frequency of species of the genus *Astrocaryum* (fig. 3), we see that this genus had its theoretical centre of origin and distribution on the Guiana-shield and radiated from a theoretical point in the geological centre of this shield, near the border of French Guiana and Brazil. These theoretical data thus agree quite well with the data on the direction of migration we obtained from palynology.

Now there are several important genera which we know had their theoretical centre of origin and radiation in the same region, and even close to the same spot.

One example is the two more important genera of the Mauritiaceae: *Mauritea* and *Lepidocaryum* (see fig. 4) (the third genus, *Raphia*, is represented with one species only in South America). Pollen grains of Mauritiaceae appear in Colombia for the first time at the base of the Paleocene.

Therefore, we can draw the conclusion that, in so far as our still poor knowledge of the distribution of South American tropical plants can provide us with data, several (and probably many) important genera had their origin on, and radiated from, the old nucleus of the continent.

As we have seen from the foregoing, palynological data agree with this conclusion, and confirm it.

While finishing this manuscript, we became acquainted with the work of CROIZAT (1952); one of his "gates of Angiospermy" is the Roraima centre, which corresponds with what we have called the geological centre of the Guiana Shield. Thus his point of view agrees in this respect perfectly with ours. The fact that this Roraima centre forms also the geological centre of the, probably Mesozoic, Roraima formation (GANSER, 1954), and the fact that on the erosion-remnants ("mesas") of this formation in the Colombian Amazonia (VAN DER HAMMEN, 1954) a very primitive flora has been found (R. E. SCHULTES, verbal information), make the whole question extremely interesting from the point of view of evolution and distribution (see also paragraph g).



Fig: 4

MAPAS AREALES DE LOS GENEROS DE PALMAS: MAURITIA Y LEPIDOCARYUM (MAURITIACEAE), CON LINEAS CONECTANDO SITIOS CON UN IGUAL NUMERO DE ESPECIES

AREAL MAPS OF THE PALM-GENERA MAURITIA AND LEPIDOCARYUM (MAURITIACEAE), WITH LINES CONNECTING PLACES WITH AN EQUAL NUMBER OF SPECIES

## CHAPTER II

### FURTHER INTERPRETATION OF THE POLLEN - ANALYTICAL DATA

#### e) *Periodicity of the vegetational changes*

In the preceding chapter we have seen that each *age* or *epoch* begins with a strong, in general temporary, change in the quantitative composition of the vegetation, followed by two more changes of the same character but generally less strong. These three changes divide each of these periods into three zones, which we have called A, B and C.

In those cases where subsidence and sedimentation went on at an equal rate during a whole *epoch* or *age*, the three zones are of approximately the same thickness (see Maestrichtian, Paleocene, Upper Eocene and Middle Oligocene), and therefore the corresponding time is presumably of the same length. In other cases the thickness of the zones varies to some extent but nevertheless there are always three zones in each *age* (or *epoch*). We may assume that the zones are still all of the same time-length, but that irregular subsidence and sedimentation has caused the differences in thickness. As proof that this is correct, we give the following data :

1. Where one zone is thicker than the others, the three tops (*Monocolpites franciscoi*-group, spore-groups and *Monocolpites medius*-group, and sometimes the Angiosperm-group) which indicate the vegetational change are more widespread in the thick zone than in the thin zones, in proportion to the thickness (see especially the B-zone of the Lower Eocene).
2. Thin zones are nearly always accompanied by indications of tectonic movements.
3. In one case (zone A of the Lower Oligocene) a very thick zone is contemporaneous with a strong subsidence and a marine transgression all over the country.
4. In one case three very thin zones, of the Middle Eocene, correspond to an epoch of strong tectonic movements (and inconformities) over great parts of South America.
5. Thin zones are often provided with many more coal-layers than the thick ones, indicating that minerogene sedimentation and subsidence were slower.
6. Every investigated *epoch* or equivalent *age* has three zones.
7. In one case a very thick zone (zone C of the Upper Oligocene) shows all the lithological characteristics of a very rapid, monotonous sedimentation, and the same is true for the thick Miocene zones.

Curva de cambios de vegetacion y de temperatura  
 Curve showing changes in vegetation and temperature

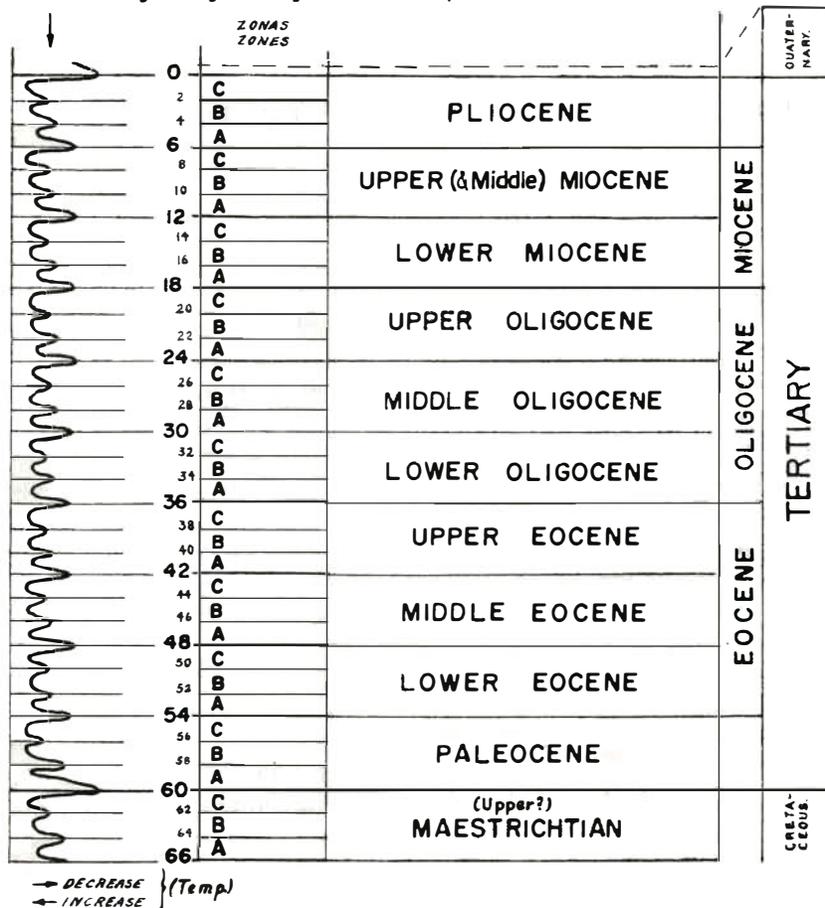


Fig: 5  
 SUBDIVISION DEL MAESTRICHTIANO Y DEL TERCARIO BASADO SOBRE PERIODOS  
 DE 6 Y 2 MILLONES DE AÑOS  
 SUBDIVISION OF THE MAESTRICHTIAN AND THE TERTIARY ON THE BASIS OF 6-AND 2-  
 MILLION YEAR PERIODS

*Dib. Irma Cortés Lediel*

We can therefore draw the conclusion that from the base of the Maestrichtian until the beginning of the Miocene a periodism of temporal changes in the quantitative composition of the vegetation has been established, subdividing each of the following units into three zones of apparently equal time-length: (Upper?) Maestrichtian, Paleocene, Lower Eocene, Middle Eocene, Upper Eocene, Lower Oligocene, Middle Oligocene, and Upper Oligocene. The change in the quantitative composition of the vegetation is stronger at the base of each of these units, the other two being less strong.

On the basis of the known intermediate values of the radium-lead, etc., age-determinations we may now calculate the approximate duration of the time corresponding to each zone (fig. 5).

From the base of the Tertiary to the base of the Miocene we have  $3 + 9 + 9 = 21$  zones. If we put the age of the base of the Tertiary at 60 million years and the base of the Miocene at 18 million years, the duration of the same lapse of time was  $60 - 18 = 42$  million years<sup>2</sup>.

Thus the duration of each zone was approximately  $42:21 = 2$  million years, and of each unit of three zones  $3 \times 2 = 6$  million years.

As the Miocene had a duration of 12 million years, we can calculate that theoretically this epoch has 2 units of three zones each. We have still not worked out a complete diagram of the Miocene, but palynological data, as so far available, seems to verify this conclusion.

In the same way the Pliocene, with a duration of 6 million years, will have one unit of three zones.

Although no age determinations for the Maestrichtian are available, we may now assume, on the basis of its three zones present in the part analysed, that it lasted 6 million years at least.

Similarly we can calculate that the Paleocene had a duration of 6 million years, the Eocene 18 million years and the Oligocene 18 million years. These numbers agree fairly well with the available datings.

The conclusion we can draw from all the foregoing is that by means of pollen-diagrams of the uppermost Cretaceous and the Tertiary of Colombia, a periodism seems to appear in the quantitative changes of the vegetation, with minor phases of 2 million years, and major phases of 6 million years (fig. 5). Although corrections of the radium, etc., age of the Tertiary may appear afterwards, the ciphers given for the phases will scarcely change to any significant extent.

We will end this paragraph by expressing the probability that the influences exercised on the vegetation are world-wide and contemporaneous all over the earth. It is true that similar data is not yet available from other continents, but pre-Quaternary palynology is a very young science, and comparable results may be obtained in the future through the use of similar working-methods.

However we can consider the following facts as being strong evidence that this phenomenon is world-wide.

---

<sup>2</sup> According to HOLMES' B-scale, the age of the base of the Miocene is 26 million years, and according to the paleontological interpretation of several authors, our Upper Oligocene may be Lower Miocene (see the postscript and fig. 9).

1. The periodicity continues over the whole investigated lapse of time (about 50 million years).
2. The major phases of the periodicity, of 6 million years, correspond, in all those cases where it could be checked, with the international *epochs* or *ages*, which can be recognized all over the earth on the basis of paleontology.
3. The periodicity is intimately related with evolution, a process showing intermittent accelerations which are contemporaneous all over the world.

f) *Nature and causes of the periodic vegetational changes*

As we saw in paragraph c, the periodic vegetational changes are indicated by tops of different pollen and spore-groups, with a certain order and configuration, which becomes more complex as the changes become more recent.

The group which is most constant and indicates this most clearly is the *Monocolpites medius* palm-group; it existed already in the Upper Cretaceous and continues throughout the whole Tertiary until recent times. The specific content of this group remains extraordinarily constant. Consequently we have to conclude that it is a very resistant group, whose species are little affected by influences from outside and, perhaps for the same reason, show very little evolution.

In the light of these facts we are now able to explain why this group shows such regular, well-marked and often high tops at periodic intervals.

Some influence must have worked periodically on the vegetation, against which many plants could not offer any resistance. Some of them died out, others developed new characters by evolution which enabled them to resist. Meanwhile, the resistant group (or groups) which did not suffer from the influence, had an advantage over the less resistant: while optimal living conditions for the former persisted (or may even have improved), living conditions were less favorable for the latter. Accordingly, the resistant species began to dominate in the vegetation or at least increased considerably, a situation which persisted until normal conditions were restored, or until new and more resistant species from other groups were formed.

The same must hold true for the other groups which show periodical tops concurrent with the tops of the *Monocolpites medius*-group. These other groups are also among the most constant ones, e. g. the *Monocolpites franciscoi*-group (Mauritiaceae), the *Psilamonoletes tibui*-group, etc.; all these are groups which after their first appearance, have persisted without, or only with very few, specific changes until recently.

When sufficiently spread, a certain order can be noted in the tops of the different groups. In our diagram this is the case, for instance, with the top indicating the quantitative vegetational change at the base of the Middle Eocene. While here the curve for the *Monocolpites medius*-group is already rising, the *Monocolpites franciscoi*-group reaches a maximum and shortly afterwards the same applies to the *Psilamonoletes tibui*-group; the rising curve of the *Monocolpites medius*-group now reaches its maximum immediately after the latter. This configuration we can find

MAESTRICHTIANO MAESTRICHTIAN			PALEOCENO PALEOCENE			EOCENO EOCENE								
						Inferior Lower			Medio Middle			Superior Upper		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C

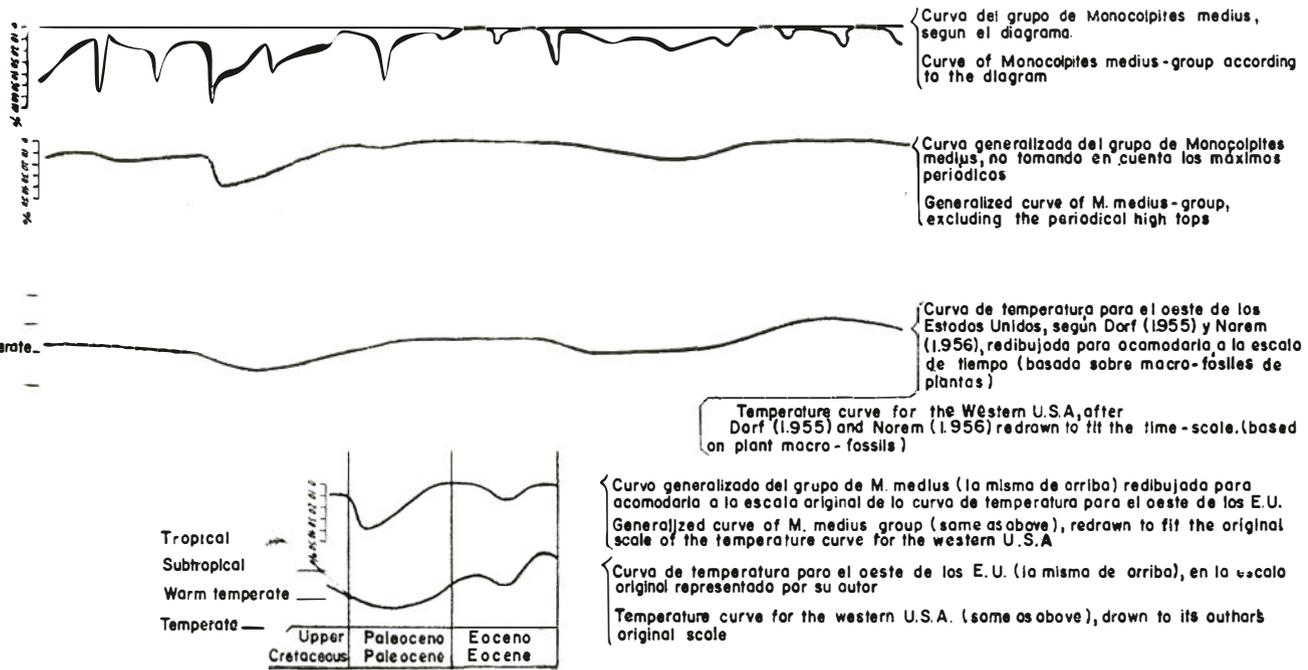


Fig 6

CURVA DE TEMPERATURA PARA EL OESTE DE LOS ESTADOS UNIDOS, BASADA SOBRE MACRO-FOSILES DE PLANTAS, COMPARADA CON UNA CURVA PARA COLOMBIA (SUR AMERICA) BASADA SOBRE LA FRECUENCIA DEL GRUPO DE MONACOLPITES MEDIUS

TEMPERATURE CURVE FOR THE WESTERN U.S, BASED ON PLANT MACRO-FOSSILS, COMPARED WITH A CURVE BASED ON THE FREQUENCY OF THE MONACOLPITES MEDIUS-GROUP IN COLOMBIA (SOUTH AMERICA) MAINLY BASED ON A POLLEN DIAGRAM FROM TIBU, CATATUMBO.

repeated at several places in the diagram (plate I), more widespread or less.

It is possible to find in this configuration the relative resistance of these groups against the growing influence from outside, the third top (of the *Monocolpites medius*-group) being the most resistant and constant one. However it is also quite possible, that secondary climatic effects of the growing influence (changes in rainfall, etc.) were the cause of one or more of the other tops.

Sometimes a repetition of one or more of these tops may be present above the maximum of the *Monocolpites medius*-group, which may indicate a reverse process of decrease of the influence from outside. This is clearly visible at the base of both B and C zones of the Maestrichtian; here the top of the *Monocolpites medius*-group is flanked in both cases by tops of the *Psilatrilletes*-group, immediately below and above it.

Nevertheless these tops (those above the maximum of the *Monocolpites medius*-group) are much less frequent, which seems to indicate that the increase of the outside influence was slower than its decrease, or that the influence did not decrease to the same extent as it increased, i. e. that the influence was more or less step-like.

We may also deduce that the top of the most resistant group will be higher or lower according to the strength of the influence. In general we may say that a stronger influence was exercised at the base of each unit of three zones. The strongest influence (corresponding with the highest top of the diagram) was exercised at the base of the Paleocene, but the one at the base of the Eocene was also considerable. We may now summarize as follows:

Some periodic influence worked on the vegetation; with the increase of this influence, different resistant groups reached a maximum, possibly according to their degree of resistibility or partly because of secondary climatic effects; the most resistant group reached higher maxima when the influence was stronger.

If we now turn to the causes of the periodic influence exercised on the vegetation, it seems at first that very little can be said about it with any certainty. Theoretically, we have to consider several possibilities: the influence may have come from outside or from inside the earth; moreover, the influence may have worked directly on the vegetation or indirectly. But it is even feasible that a combination of all these possibilities was realized, although one of them must have been the primary cause. We will leave the principal discussion on this problem for later, but we would like to put forward here some aspects which are of importance to this paragraph.

As we will see in paragraph h, neither tectonic-orogenetic movements nor transgressions, etc., can be the cause (directly or indirectly) of the vegetation changes; thus the possibility that the primary influence came from inside the earth has been reduced almost to nil. If the primary cause lies outside the earth, then it seems most probable that the influence was directly climatic.

As a matter of fact we think it very probable that the periodic influence caused temporal (or partly step-like?) climatic changes by a lowering of the temperature. There are several reasons which favour strongly this possibility, and altogether seem to us to be conclusive.

1. According to UMBGROVE (1942), we should accept a lowering of temperature at the very beginning of each *period* (Tertiary, Cretaceous, etc.), of which the result was the formation of mountain-glaciers. Now, as we have seen before, the strongest influence we found was that exercised at the beginning of the Tertiary (Paleocene).

2. Recent pollen analytical investigations we have carried out on Quaternary sediments of the tropical Lower Magdalena Valley show that the same groups which indicate the vegetational changes in our pre-quaternary diagrams, play an important role in the indication of the quaternary climatic changes, which were due primarily to changes in temperature.

3. There is a striking similarity between the temperature-curve based on plant-macrofossils in the United States (DORF, 1955 and NOREM, 1956), and a curve based on the frequency of the *Monocolpites medius*-group in Colombia (fig. 6), which only can be explained if the *Monocolpites medius*-group fluctuations also depend on temperature.

4. Isotopic temperature-curves for surface ocean-water determined by EMILIANI (1956) from Oligocene and Miocene sections of Atlantic deep-sea cores show that, although temperature changes like those of the Pleistocene do not occur, several interesting decreases of temperature are present at more or less regular intervals. We can make the following interesting observations. A core of Lower-Middle Miocene age (depth 410-730 cm) shows the following minima, starting from a temperature of  $\pm 25^{\circ}$  -  $26^{\circ}\text{C}$ :  $22.75^{\circ}\text{C}$  at 440 cm depth and  $22.5^{\circ}$  at 550 cm; a very little pronounced minimum of  $24.25^{\circ}$  is present at 640 cm, and an equal one at 720 cm. A core of Middle Oligocene age (depth 50-250 cm), shows the following minima starting from a temperature of  $29^{\circ}$ - $29.5^{\circ}\text{C}$ :  $28^{\circ}\text{C}$  at 105 cm depth and  $28^{\circ}\text{C}$  at 205 cm. Another core of Lower-Middle Miocene age (depth 700-1.500 cm) shows the following minima, starting from a temperature of  $\pm 23^{\circ}$ - $25^{\circ}\text{C}$ :  $21^{\circ}\text{C}$  at 702 cm depth (and 765 cm),  $21^{\circ}\text{C}$  at 860 cm,  $21.5^{\circ}\text{C}$  at 1.022 cm,  $22^{\circ}$  at 1.202-1.235 cm,  $21.75^{\circ}$  at 1.462 cm. The isotopic temperature curves thus show minima at an interval of  $\pm 100$  cm in the first two cores, and an interval of  $\pm 150$ - $200$  cm in the third core. Maximal temperature differences of the ocean-water are  $3^{\circ}$  for both Lower-Middle Miocene cores, and  $1.5^{\circ}$  for the small Middle Oligocene core.

Now the question arises whether anything is known directly about the oecological conditions of the species forming the different resistant groups, which indicate by their maxima the periodic influences, and if they, from this point of view, really could be more resistant against a decreasing temperature than the majority of the other species (which are mainly Dicotyledons).

Although there are certainly other climatic factors which must have altered with a fall in temperature, such as amount of rainfall, and which had a certain influence on the vegetation, we will first consider here the question of temperature which seems to be the principal and constant factor.

We have to realize first of all, that so long as we do not know the exact position in the natural system of the majority of the fossil dicotyledons, very little can be said about their optimum and minimum living conditions. Moreover our knowledge of the oecology of South American tropical plants is still very poor, and the families recognized up till now

among the fossil dicotyledons (Bombacaceae, Malvaceae, Malpighiaceae, Moraceae, Acanthaceae, etc.) contain recent genera and species with rather different oecological conditions and distribution. Nevertheless we can say that many recent tropical dicotyledons are fairly restricted in their latitudinal distribution.

If we turn now to the palms of the *Monocolpites medius*-group, we see that various genera of recent palms have pollen grains closely related to it. As a matter of fact it seems that those palms have, taken as a whole, quite a wide latitudinal distribution. Examples are, for instance:

<i>Geonoma</i> .....	from 20° lat. N. to 25° lat. S.
<i>Sabal</i> .....	" 35° lat. N. " 2° lat. N.
<i>Attalea</i> .....	" 20° lat. N. " 35° lat. S.
<i>Acromia</i> .....	" 25° lat. N. " 25° lat. S.

Thus it seems not unlikely, also from this point of view, that the palms of the *Monocolpites medius*-group were relatively more resistant to a decreasing temperature than the majority of the dicotyledons.

The latitudinal distribution of the Mauritiaceae (15° lat. N. to 20° lat. S.) is more restricted than that of the former group. This may agree with the supposed relative resistance of the different groups, but particularly in the case of the Mauritiaceae there seems to be some reason to suppose that an increase in rainfall, as a secondary effect of the decreasing temperature, might have been the cause of the tops of the *Monocolpites franciscoi*-group.

We may summarize:

There are important reasons for assuming that the periodic vegetational changes were caused by periodic decreases in temperature, possibly accompanied by secondary climatic effects, such as increase of annual precipitation.

One important question is left: whether it is possible to estimate the degree of decrease in temperature during the periodic vegetational changes. We will try to do so in the following indirect way:

As we saw in point 4 of the reasons stated hitherto in favour of a periodic temperature-decrease coinciding with our vegetational changes, EMILIANI (1956) worked out isotopic temperature curves for surface ocean-water from Atlantic equatorial and subtropical deep-sea cores. The three curves published by him represent parts of the Middle Oligocene and the Lower-Middle Miocene. As we stated above, temperature-falls of 1.5°-3° are present in these curves, at more or less regular intervals of 100-200 cm.

The same author (EMILIANI, 1955) published, in another very important paper, curves of the same type from the same regions for the Pleistocene. Temperature-fluctuations with a period of 41.000 years, a period not present in the tertiary curves, were found, with an amplitude of about 6°C. The temperature of the surface ocean-water at the beginning of the rise of the temperature-curve near the end of the last glaciation was 6°-10°C (average 8°C) lower than today. Thus the minima, below the general temperature during that time, of the Oligocene-Miocene fluctuations of the surface ocean-water were  $\frac{1}{5}$  -  $\frac{3}{8}$  of the average of this last ice-age minimum below present temperatures. The average tempera-

ture in NW. Europe at the beginning of the retreat of the ice near the end of the last glaciation was probably some  $10^{\circ}$  lower than today, and according to recent but still unpublished pollen-analytical investigations of late-glacial and glacial lake-sediments in Colombia ( $4\frac{1}{2}^{\circ}$  lat. N. from the equator at an altitude of 2.600 m), the decrease of temperature was almost the same near the equator. Thus, when near the equator a surface ocean-water temperature of  $8^{\circ}$  lower than today corresponds to an average temperature of approximately  $10^{\circ}$  lower than today on the equatorial South-American continent, and assuming that both change proportionally, then the Middle Oligocene temperature lowering would have had minima below the general temperature of that time of about  $\frac{1}{5} \times 10^{\circ} = 2^{\circ}\text{C}$  on the continent, and the Miocene  $\frac{3}{8} \times 10^{\circ} = 3\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ . As the temperature minimum at the base of the Tertiary (Paleocene), must have been considerably lower, a multiple of these ciphers may possibly be accepted for that time.

According to the temperature-curve published by NOREM (1956), the Miocene temperatures in the western United States were more or less the same as at the present-day. If this is right, and valid also for the whole Western hemisphere, then the periodic Miocene relative temperature-falls could be directly interpreted as more or less absolute values. But it seems premature to do this, as we do not know if NOREM's curve can be applied directly to South America. Nevertheless it seems possible that the deeper temperature minima were lower than the present-day average temperatures, and the minimum at the base of the Tertiary may even have been considerably lower.

g) *Relationship between the periodic vegetational changes and evolution.*

As stated above, immediately after each periodic change of the vegetation, new species (which may represent natural genera and families as well) appeared; on the other hand some species died out a little earlier. This "evolution-process" is stronger at the beginning of the "6 million year periods" than at the beginning of the rest of the "2 million year periods", that is to say more new "species" come in at the base of the international subdivisions. This "evolution process" is apparently of the character of SCHINDEWOLF's "typogenesis" (SCHINDEWOLF, 1950), and we will use this useful term in the following pages.

Thus we have to conclude that the typogenesis is intimately related with the periodic changes in the quantitative composition of the flora, that it shows the same periodicity and that therefore it must depend on the same primary causes of this periodicity.

Now the question arises as to whether the evolution process depends directly on the same cause as the vegetation changes, or whether other more primary or more secondary factors of this cause are responsible. We are here entering a purely theoretical field, and shall therefore discuss this matter in another publication. But we want to indicate here already that we consider it possible that both lowering of temperature and simultaneous increase in cosmic radiation, both originated by long

range solar cycles, are responsible for the periodic acceleration of the evolution-process.

As mentioned before, we have found that various important genera, and possibly many, had and have their center of origin and radiation on the stable continental precambrian nucleus (the Guiana shield) and not in the labile marginal zone (the geosyncline of the Andes).

This suggests that the orogenetic movements, transgressions and regressions may not be the primary causes of the typogenesis.

This agrees again with the fact mentioned before that this process depends directly on a periodic influence exercised on the earth, and that the orogenetic movements, are not, as we will see in the next paragraph, contemporaneous with this periodic influence but come afterwards. Of course, evolution of species took place in the labile marginal regions too, but it seems that here the factor of adaptation and specialization also played a role. So we find for instance many representatives of tropical families and genera in the subandine and high andine vegetation. An example is the tropical Melastomataceae family, which has many shrub-like species in the subandine woods and shrub-vegetations, and even a herbaceous representative in the high andine "Paramo". Without any doubt species evolved here during and after the uplift of the Andes, by a process of change of characteristics through adaptation to the new special circumstances. But even in these cases the periodic influences may have "helped".

If the reasons given above are correct, then we may distinguish two different evolution-processes:

1. Typogenesis, taking place periodically all over the earth, depending directly on periodic influences from outside. The process went forward on the nuclei just as in the marginal zones of the continents, but may have been more intensive on the nuclei in tropical regions. Direct influences may have been: decrease of temperature and (or) increase of cosmic radiation (both dependent on long range solar cycles).

2. A secondary evolution process taking place in the labile marginal areas of the continents, depending on specialization and adaptation to changed local circumstances. Direct influences may have been: uplift of mountains, giving new soils and new local climates; transgressions and regressions, changing local climatic conditions, groundwater-level, alkalinity, etc.

A definition of the evolution-process could be:

The ability to evolve is inherent in the species, but the evolution process is periodically accelerated (Typogenesis, SCHINDEWOLF, 1950) by a periodic influence from outside. As a secondary evolution-process, specialization and adaptation to newly-formed local circumstances takes place (Typostasis, SCHINDEWOLF).

We also agree with SCHINDEWOLF in rejecting the influence of orogenetic cycles, etc., on typogenesis; however it will be clear from the foregoing that some connection between periodic typogenesis and temperature-fluctuations and (or) fluctuations of cosmic radiation (long range solar cycles) seems most probable.

h) *Relationship between the periodic vegetational changes, transgressions and tectonic movements*

Within the geosynclines of the Colombian Andes tectonic and minor orogenetic movements took place throughout the Upper Cretaceous and Tertiary. There are only few big unconformities, although smaller unconformities may be present at many levels, and the sedimentation in this respect was partly synorogenic. However orogenetic movements and the principal upheaval took place during Miocene and especially Pliocene times.

Nevertheless, all the tectonic movements taking place partly within the geosyncline and combined partly with movements in the old Central Cordillera (which formed the Upper Cretaceous and Tertiary separation of the East-andine and West-andine geosynclines; inf. HUBACH), seem to be well registered in the stratigraphical succession of fluviatile and lacustrine sediments, as the presence of coarse sandstone and conglomerate horizons demonstrate. Thus constant sandstone or conglomerate horizons, and sometimes smaller or greater unconformities, are present almost everywhere in the andean geosynclines: near the base of the Maestrichtian ("arenisca tierna"), near the base of the Paleocene (Cacho sandstone, Barco sands, Socha sands), in the Lower Eocene and in the Middle Eocene (Mirador sst, La Paz sst, Usme sst, Hoyon conglomerates and Lower Gualanday conglomerates, etc.), near the base of the Lower Oligocene, near the base of the Middle Oligocene, near the base of the Upper Oligocene (Upper Gualanday conglomerate, Suárez conglomerates), and near the base of the Lower Miocene and of the Upper Miocene.

We must now consider whether there is some relation between tectonic movements and periodic influences in the area of fluviatile and lacustrine sedimentation.

The first thing that can be established is that they are never contemporaneous. Nevertheless, the more important tectonic movements always fall within the A-zone of the 6-million year periods, although in general a considerable time after the climatic change at the base. Sometimes these movements fall in the lower half of the A-zone, sometimes in the upper half, and we may estimate the time-interval between the climatic change and the beginning of the tectonic-orogenetic movements, according to the relative thicknesses, ranging from some hundreds of thousands of years to almost  $\frac{1}{2}$  million years. There seems to be very little connection between tectonic movements and the climatic changes at the base of the B and C zones.

We may deduce, that climatic changes by no means depend on tectonic-orogenetic movements. The same is true for transgressions, which, in those cases where we could check, come, in the interior of the geosyncline, some time after the vegetation-changes at the base of the A-zones. Nevertheless it is a curious fact that the tectonic and minor orogenetic movements always fall in the A-zone, showing in this way a, less pronounced, periodicity of about 6-million years; but the strength of the movements is very irregular, being now very feeble, now very strong.

Thus there seems to exist some relationship between climatic changes and tectonic and minor orogenetic movements, but it is rather feeble and irregular, and climatic changes at any rate do not depend on the latter.

The nature of this relationship is completely unknown. Although HUNTINGTON & VISHER (1932) tried to correlate sunspot- and temperature-changes with crustal movements, it still remains doubtful if it really exists. We think it most probable that crustal movements depend primarily on internal processes of the earth, but it may be that influences from outside have some secondary stimulating influence; this at least is suggested by the relationship established above, feeble though it may be.

One might suppose that, if this influence did not originate in solar cycles, there may have been some primary cosmic cause which affected both sun and earth, the effect being delayed in the stiff earths' crust, but according to a communication by letter from H. SHAPLEY (Director of the Harvard College Observatory), this is very unlikely according to our present knowledge of Astronomy.

Although highly theoretical, we would like to indicate another possibility here, which can explain various facts.

During the periodical decreases of temperature an ice-cap may have formed at the poles, disappearing (or diminishing) again when normal temperatures were restored. An increase of polar (land-)ice naturally lowers the sea-level all over the world, and a decrease of polar (land-)ice will raise the sea-level.

Thus it is possible that regressions established at the end of *periods*, *epochs* and *ages*, and transgressions coming a little afterwards at the beginning of the next *period* (*epoch* or *age*), depend partly on temperature-changes, and only partly on movements of the land. In that case the relatively slowly falling temperatures reflected by the relatively slowly rising top of the *Monocolpites medius*-group in our diagrams could correspond with regressions, and the rapidly rising temperature reflected by the relatively rapid fall of the *Monocolpites medius*-group after its top, with transgressions. This agrees with the fact that transgressions were found above the climatic changes in those cases which could be established.

Strong evidence that this postulate may be correct, can be found in the investigations of BÜRGL c. s. (1955), carried out in the Miocene of the Dept. of Atlántico (Colombia, S. A.).

As stated before (paragraph e), the Miocene, on the base of its duration of 12 million years, theoretically should have two 6-million year periods, each of three 2-million year periods. This was calculated on the basis of a total duration of 12 million years for the Miocene, on the assumption that the climatic fluctuations during the Miocene have the same periodism as the Maestrichtian, Paleocene, Eocene and Oligocene ones, completely independent of the results of BÜRGL c. s.

BÜRGL, in the above-mentioned publication, correlated the Miocene deposits from Atlántico with the European stages, and found a transgression at the base of each of them (fig. 7; the presence of the transgression at the base of the Tortonian is postulated in the later studies of BÜRGL, not yet published). The curve indicating the relative strength of these transgressions is in form remarkably like the *Monocolpites medius*-group curve for two 6-million year periods wherever in the Tertiary and uppermost Cretaceous. A relatively strong transgression is present at the base

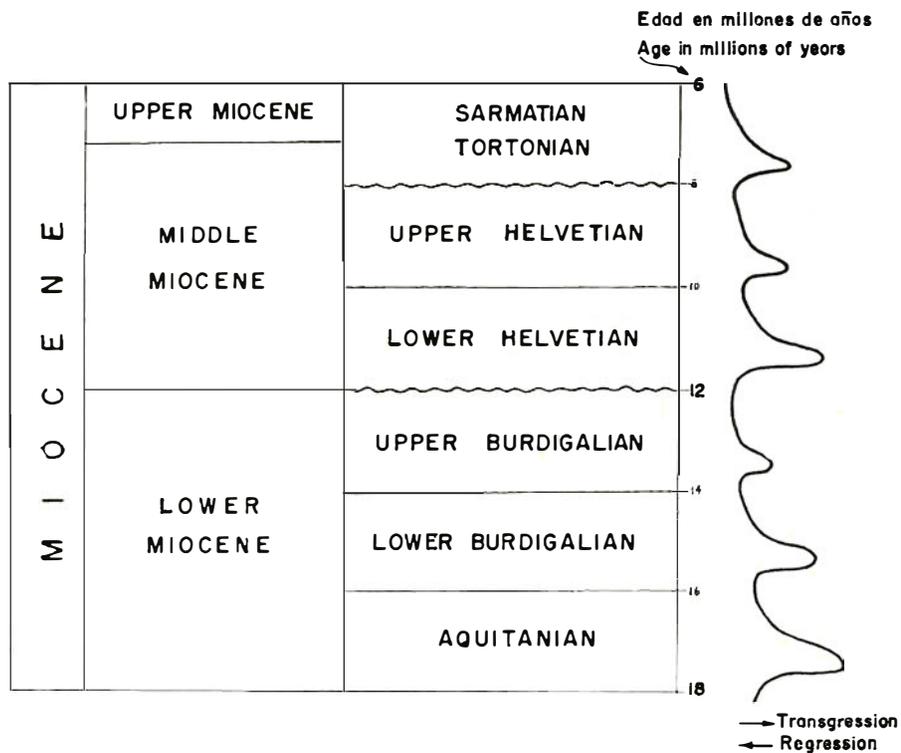


Fig: 7

SUBDIVISION DEL MIOCENO BASADO SOBRE INVESTIGACIONES PALEONTOLOGICAS Y ESTRATIGRAFICAS REALIZAS POR BÜRGL c.s (1955) EN EL DEPARTAMENTO DE ATLANTICO (COLOMBIA, SUR AMERICA), CORRELACIONADA CON LOS CICLOS DE 6 Y 2 MILLONES DE AÑOS

SUBDIVISION OF THE MIOCENE ON THE BASIS OF PALEONTOLOGICAL STRATIGRAPHICAL INVESTIGATIONS CARRIED OUT BY BÜRGL c.s. (1955) IN THE DEPT. OF ATLANTICO (COLOMBIA, SOUTH AMERICA ), CORRELATED WITH THE 6-AND 2 - MILLION YEAR CYCLES

*Dib: Irma Cortés Cediel.*

of the Aquitanian, followed by two minor ones at the bases of the Lower and Upper Burdigalian; another relatively strong transgression is found at the base of the Lower Helvetian, again followed by two minor ones, at the bases of the Upper Helvetian and the Tortonian.

If we bear in mind that, in the cases where we found indications of transgressions in our analysed sections, they always lay above the *Monocolpites medius*-group tops, then we find that this data yields further evidence for the assumption that the transgressions and regressions in the Upper Cretaceous and Tertiary may have been partly climatically determined.

This does not imply that we think this is the only explanation of transgressions and regressions. Doubtless there are many which depend on movements of the land, but these will not show a well-defined connection with the climatic periodicity.

There remains the problem of tectonic movements. Practically nothing can be said with any degree of probability about the nature of the relationship between climatic changes and these movements. The treatment of this problem, being more of a geophysical nature, is beyond our competence. Nevertheless we would like finally to ask the question whether it not might be a possibility that relatively small crustal disturbances of equilibrium, the result of regressions and transgressions, brought into movement tensions already present and caused by internal processes. This could explain both the relationship which seems to exist between the periodical climatic changes and the irregular intensity of the movements, which are primarily of internal origin.

### i) *A new stratigraphical criterion*

As a matter of fact stratigraphy is based on marine index-fossils. Now the question arises in which way the marine animals react on the periodic influences.

As we saw above, the 6-million year periods correspond very well to the international *epochs* or *ages*, established on the basis of marine fossils. The conclusion must be that the evolution of marine animals is parallel to that of land-plants. The reason for this fact may be that the same periodic decreases of temperature (and increases of cosmic radiation?) which seemed to have influenced the evolution process of land-plants, influenced the marine faunas by means of the formation and disappearance (or increase and decrease) of polar ice-caps, which may have exercised a very great influence on the temperature of the ocean water all over the earth (see above).

Just as with the land-plants, the factor of migration plays a role with marine animals, and in many cases, the finer correlation of widely separated places on earth is difficult or has to date been impossible; faunal differences due to climatical or facies-reasons must also be taken into account here.

The same problem exists, and is even greater, with correlations based on plant-species, which are impossible (or almost impossible) between widely separated continents such as South-America and Europe.

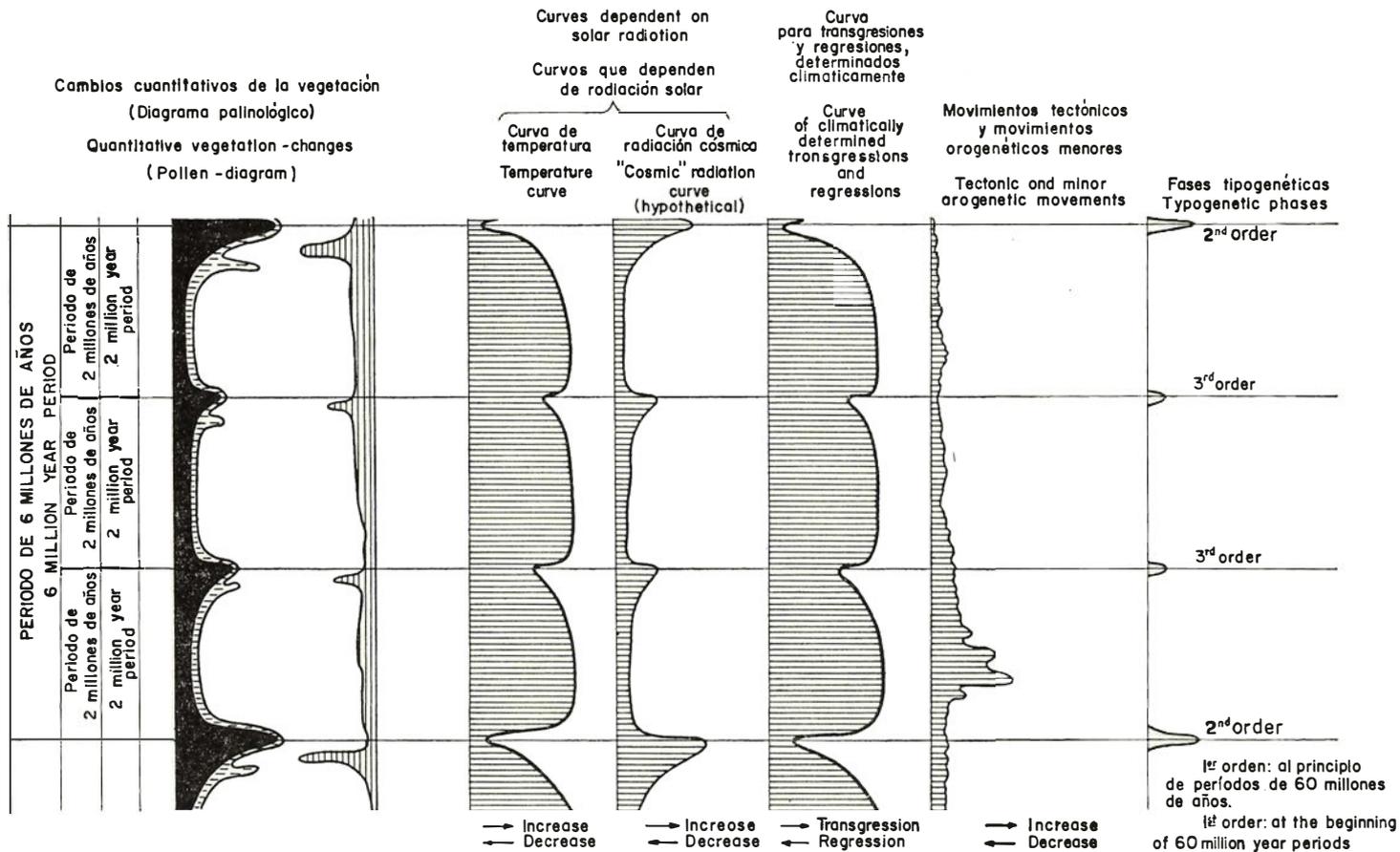


Fig: 8 ESQUEMA DE LA SUPUESTA CORRELACION DE LOS CAMBIOS CUANTITATIVOS DE LA VEGETACION, DE FLUCTUACIONES DE TEMPERATURA Y DE RADIACION COSMICA, CLIMATICAMENTE DETERMINADAS TRANSGRESIONES Y REGRESIONES, MOVIMIENTOS TECTONICOS Y TIPOGENESIS.

PLAN OF THE SUPPOSED CORRELATION OF THE QUANTITATIVE VEGETATION-CHANGES, FLUCTUATIONS OF TEMPERATURE AND COSMIC RADIATION, CLIMATICALLY DETERMINED TRANSRESSIONS AND REGRESSIONS, TECTONIC MOVEMENTS AND TYPOGENESIS

But now the fact that a vegetation reacts immediately to an alteration in the climatic conditions by changes in its quantitative composition, whatever the specific content of this vegetation may be, and that these changes can be established by means of pollen (and spore) statistics, gives us a possible new criterion in stratigraphy. It is not quite impossible that similar investigations can be carried out on the abundant marine fossils, e. g. foraminifera. This possibility will of course have to be submitted to a detailed study of the problems which may arise and special working-methods will have to be established carefully as here changes of facies by means of transgressions and regressions may have a very great influence on the quantitative composition of the communities.

We may therefore conclude, that the registration of universal periodic influences (climatic changes) by means of pollen (and spore) statistics (and eventually by statistical paleontological methods), may bring a new criterion for time-correlations in stratigraphy, as this method is less dependent on the specific composition of local flora (or fauna) and is independent of migration-problems.

### *Conclusions.* (See fig. 8).

1. Periodical changes of the quantitative composition of the terrestrial vegetation could be established on the basis of pollen analysis in the NW. part of South America, with a minor period of 2- and a major period of 6-million years. A very strong change could be recognized at the base of the Tertiary (60-million year period).
2. Typogenesis takes place during all these periodical changes, but especially during the major ones, those with a 6-million year period. Specially strong typogenesis took place at the base of the Tertiary (60-million year period).
3. There are important reasons for assuming that the causes of these periodical vegetation-changes and typogenesis are periodical decreases of temperature and (or) combined periodical increase of cosmic radiation.
4. Both periodical decreases of temperature and increase of cosmic radiation can be explained by periodical variations of solar radiation (long range solar cycles), with periods of about 60, 6 and 2 million years.
5. Transgressions and regressions which show this periodicity may have partly the same climatic cause, by means of the increase and decrease (or formation and disappearance) of polar (land-)ice-caps. In general they will have a relatively small extension.
6. Transgressions and regressions which depend on crustal movements will show little or no connection with periodism.
7. In the interior of the Colombian Andes (with principally fluvial, lacustrine and lagunar sedimentation) a certain relationship seems to exist between tectonic movements and the 6-million year periods. These movements begin during the time of the deposition of the A-zones, but always a fairly considerable time after the periodical

T. VAN DER HAMMEN, *Periodicidad climática etc.*

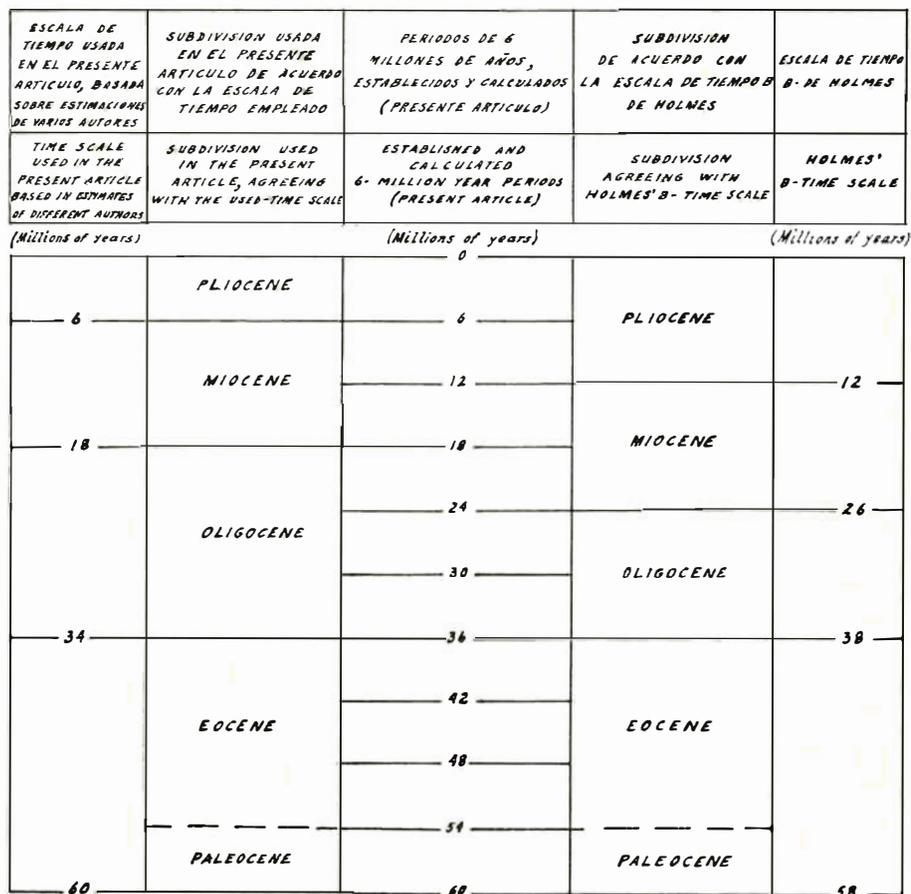


FIG. 9 OLIGOCENE - MIOCENE AND MIOCENE - PLIOECENE BOUNDARIES IN CONNECTION WITH THE 6-MILLION YEAR PERIODS AND DIFFERENT "ABSOLUTE" TIME-SCALES

LOS LIMITES DEL OLIGOCENO MIOCENO Y MIOCENO - PLIOECENO EN RELACION CON LOS PERIODOS DE 6 MILLONES DE AÑOS Y DISTINTAS ESCALAS DE TIEMPO "ABSOLUTO"

Dib. Irma Cortés Cediel.

- vegetation-changes at the beginning of the deposition of these zones. The irregular strength of these tectonic movements show nevertheless that their primary cause probably lies inside the earth.
8. The temperature of the ocean-water must have shown periodical changes contemporary with the temperature oscillations on the continents.
  9. Temperatures during the periodic decreases of temperature during the Tertiary, both of surface ocean water and on the continent, may have been somewhat lower than those of the present day in the same latitude, and the temperature at the beginning of the Paleocene may even have been considerably lower.
  10. The registration of universal periodical influences (climatic changes) by means of pollen (and spore) statistics, and eventually statistical paleozoölogical methods, may bring a new criterion for time-correlations in stratigraphy. This method of correlation, being based on the same periodism as shown by the typogenesis, gives essentially the same international units and limits but with much better possibilities of exact world-wide correlation as it is in the main independent of the specific composition of local flora or fauna and of migration-problems.

### *Postscript*

There exists a controversy on the correlation of the American (Caribbean) Oligocene-Miocene with the European. One group of students (EAMES, 1953; DROOGER, 1956) puts the boundary Oligocene-Miocene lower than others (STAINFORTH, 1948; BÜRGL c. s., 1955). We followed in this study STAINFORTH and BÜRGL, and what we called Upper Oligocene, should be lower Miocene according to EAMES and DROOGER.

We used an "absolute" time scale based on estimations by various authors. If using the B-scale of HOLMES (1947) our time-scale fits also perfectly, if we take the Oligocene-Miocene limit and the Miocene-Pliocene limit each one 6-million year period lower (see fig. 9).

Thus it seems that the differences in the time-scales of HOLMES and the one used by us depend only on where the Oligocene-Miocene and Miocene-Pliocene boundaries are placed and that our division on the basis of 6-million year periods may agree with both scales.

DROOGER, G. W., 1956. — "Transatlantic correlation of the Oligo-Miocene by means of foraminifera". *Micropaleontology*, vol. 2, 2.

EAMES, F. E., 1953. — "The Miocene-Oligocene boundary and the use of the term Aquitanian". *Geol. Mag.*, vol. 90, 6.

HOLMES, A., 1947. — "The construction of a Geological Time-scale". *Trans. Geol. Soc. Glasgow*, vol. 21. pp. 117-52.

STAINFORTH, R. M., 1948. — "Description, correlation and paleoecology of Tertiary Ciperó marl formation, Trinidad, B. W. I". *Amer. Assoc. Petr. Geol., Bull.*, vol. 32, 7.

## REFERENCES

- BÜRGL, H., 1955. — "Globorotalia fohsi en la formación de Usme". Bogotá. *Bol. Geol.*, vol. 3, 2.
- BÜRGL, H., M. BARRIOS & A. M. ROSTROM, 1955. — "Micropaleontología y estratigrafía de la sección de Arroyo Saco, Departamento del Atlántico". Bogotá. *Bol. Geol.*, vol. 3, 1.
- CROIZAT, L., 1952. — "Manual of Phytogeography". The Hague.
- DORF, E., 1955. — "Plants and the geologic time scale". In: Poldervaart, A., "Crust of the Earth". *Geol. Soc. Amer.*, Spec. Paper, vol. 62.
- EMILIANI, C., 1955. — "Pleistocene temperatures". *Journ. of Geol.*, vol. 63, pp. 538-578.
- EMILIANI, C., 1956. — "Oligocene and Miocene temperatures of the equatorial and subtropical Atlantic Ocean". *Journ. of Geol.*, vol. 64, 3.
- GANSSER, A., 1954. — "The Guiana Shield (S. America)". *Eclog. Geol. Helvet.*, vol. 47, 1.
- GERTH, H., 1941. — *Geologische Rundschau*, vol. 32, 3.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1951. — "Late glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands". *Leidse Geol. Meded.*, vol. 17.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1954, a. — "El desarrollo de la flora colombiana en los períodos geológicos. I: Maestrichtiano hasta Terciario más inferior". Bogotá, *Bol. Geol.*, vol. 2, 1.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1954, b. — "Principios para la nomenclatura palinológica sistemática". Bogotá, *Bol. Geol.*, vol. 2, 2.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1954, c. — "La Geología y los recursos del río Apaporis entre Soratama y Cachivera La Playa". Bogotá, *Rev. Territ. Nales.*, vol. 4, 10-12.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1956, a. — "A palynological systematic nomenclature". Bogotá, *Bol. Geol.*, vol. 4, 2-3.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1956, b. — "Description of some genera and species of fossil pollen and spores". Bogotá, *Bol. Geol.*, vol. 4, 2-3.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1957. — "Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá y alrededores (Cordillera Oriental de Colombia, S. A.)". Bogotá, *Bol. Geol.*, vol. 5, 2.
- HUNTINGTON, E. & VISHNER, S. S., 1932. — "Climatic changes". Yale Univ. Press.
- KUYL, O. S., J. MULLER & H. TH. WATERBOLK, 1955. — "The application of Palynology to Oil Geology with reference to Western Venezuela". *Geologie & Mijnbouw*, New Series, vol. 17, 3.
- NOREM, W. L., 1956. — "Tertiary spores and pollen related to paleoclimates and stratigraphy of California". *Micropaleontology*, vol. 2, 4.
- SCHINDEWOLF, O. H., 1950. — "Grundfragen der Paleontologie". Stuttgart.
- STIRTON, R. A., 1953. — "Vertebrate paleontology and continental stratigraphy in Colombia". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 64, 6.
- UMBGROVE, J. H. F., 1942. — "The pulse of the earth". The Hague. Martínez Nyhoff.

# ESTRATIGRAFIA DE LA SABANA DE BOGOTA Y ALREDEDORES

(con 1 mapa y 2 columnas estratigráficas)

POR  
**ENRIQUE HUBACH**

## CONTENIDO:

INTRODUCCIÓN .....	95
SUCESIÓN ESTRATIGRÁFICA .....	95
Formación de la Sabana .....	95
Formación de Tilatá .....	96
Formación de Usme .....	97
Formación de Bogotá.....	98
Formación de Guaduas .....	99
Formación de Guadalupe .....	101
Formación de Villeta .....	103
Formación de Cáqueza .....	105
Serie de Quetame .....	106
ANOTACIONES SOBRE LA TECTÓNICA .....	106
ASPECTOS ECONÓMICOS .....	107
Suelos .....	107
Materias terrosas .....	108
Materiales de construcción .....	109
Agua subterránea .....	109
Sal .....	110
Yeso .....	110
Caliza .....	110
Hierro .....	110
Carbón .....	111
Gas metano .....	111
Indicaciones de petróleo .....	112

## INTRODUCCION

*A solicitud del Departamento de Suelos, del Instituto Geográfico de Colombia "Agustín Codazzi", se ha elaborado el croquis estratigráfico de la Sabana de Bogotá, adjunto con sus columnas correspondientes. El Departamento de Fotogeología del Instituto Geológico Nacional emprenderá la obra de hacer el mapa geológico detallado de la misma zona.*

*Aparte de la estratigrafía se caracterizan en este informe las materias útiles del suelo y subsuelo del área croquizada. Otro fin que se persigue es normalizar la nomenclatura estratigráfica.*

*La Sabana de Bogotá es una cuenca terciaria compleja que prolonga la subsidencia cretácea del área de la Cordillera Oriental al Oligoceno y, con intermitencias, al Pleistoceno y localmente al Holoceno.*

## SUCESION ESTRATIGRAFICA

La sucesión estratigráfica se halla especificada en las columnas del croquis, una para el lado occidental y otra para el lado oriental. En la Sabana misma y en su hoya hidrográfica no asoman sino formaciones que van del Cenomaniano Superior (nivel de *Exogyra Mermeti*) hasta el Pleistoceno y el Reciente. Las formaciones anteriores hay que buscarlas hacia el oriente y hacia el occidente de la Sabana. Las columnas y el croquis demuestran hasta donde asoman. Es de advertir que hay fuertes y en veces sorprendentes cambios de facies y de magnitud en casi todas las formaciones, así como también influencias tectónicas con respecto al espesor.

**Formación de la Sabana** Pleistoceno (Cuaternario) y Reciente. ✓  
Lacustre y Paludal.

Se trata de depósitos lacustres, paludales y marginales distribuidos en la planicie de la Sabana de Bogotá y anexos, en los valles que desembocan en ellas, y en algunos cerros bajos, como los de Madrid y Mosquera. En las partes altas, arriba de 3.000 metros de elevación, se encuentran los depósitos glaciares, p. e., en la zona del Cruz Verde, al sureste de Bogotá, y en la parte norte del Sumapaz, que no se han tenido en cuenta en el croquis.

El Pleistoceno del interior de la Sabana se compone de arcillas plásticas, grises, de arcillas turbosas, restos de maderos, de diatomitas y de arenas finas hasta medianas. Hacia los bordes aumenta la proporción de

arena y se presentan bancos irregulares de bloques y de piedras de cantos más o menos angulares, excepto en la vecindad de cerros entrantes donde la facies arcillosa se aproxima al pie y con un espesor grande (Madrid y Mosquera). Cascajos, y en general material transportado por ríos, son escasos y se hallan, por ejemplo, en la salida del Tunjuelo a la Sabana, en el valle del río Frío y en el valle de Sibaté. En las hoyas alternan capas de gredas y de bloques grandes hasta pequeños.

La estratificación es irregular, tanto en las márgenes como en el interior de la Sabana, y no se conocen capas de guía. El espesor que suele pasar de 200 m es muy variable y todavía imposible de fijar en su máximo, por la ignorancia del límite preciso entre el Pleistoceno y el Tilotá.

En la formación de la Sabana se han encontrado restos de mastodontes, vertebrados de los que hay una colección en el Museo Geológico Nacional. Estos restos se encuentran sólo en puntos aislados, y por ello no solventan el problema de la determinación del Pleistoceno. Más pueden servir los restos de vegetación (polen) que están incluidos en el subsuelo de la Sabana, porque los de los períodos glaciales del Pleistoceno indudablemente son de clima frío, mientras los del Tilotá son de clima caliente (*Saccoglottis*). Esto, además, indica una inconformidad o una disconformidad. Para obtener un criterio más detallado del Cuaternario y de la Formación de Tilotá, en especial de los cambios de clima (glaciaciones) y vegetación, se tratará de hacer un estudio palinológico a base de muestras obtenidas de una perforación, presupuestada entre Funza y Tenjo.

Las dificultades de separación del Pleistoceno del Tilotá se manifestaron al hacer una serie de perforaciones en la parte occidental del dique de la represa del Muña, donde se hallaron pepas de *Saccoglottis* en sedimentos arcillosos verdes, azules y anaranjados que habrían podido estimarse litológicamente como Pleistoceno. Capas de color semejante, pero sin la *Saccoglottis*, se atravesaron en Muzú, suroeste de Bogotá, a profundidades de 50 a 80 metros. Esto da a entender que la mayor parte del subsuelo de la Sabana y aun partes de los bordes sean Tilotá.

En el lado occidental de la Sabana, especialmente a la salida del río Bogotá, entre Alicachín y El Charquito, la formación de la Sabana probablemente está representada por la formación de "Bloques", consistente en grandes bloques angulosos de arenisca con matriz de guijos angulosos de arenisca y lidita, y de greda, todo derivado del Guadalupe Superior. La estratificación es irregular y la superposición fuertemente inconforme con el Tilotá y el Guadalupe. Más al Oeste, en las faldas desde Santandercito hasta Albán, la formación tiene una gran extensión, y su espesor llega hasta 70 m (Los Alpes, cerca de Albán). Se supone que los conglomerados redondeados de La Mesa (de Juan Díaz) sean un equivalente de esta formación de planicie tendida del Pleistoceno.

### *Formación de Tilotá* ? Plioceno. Continental. ✓

R. Scheibe dio el nombre de Tilotá a una formación que se halla en capas horizontales entre Tilotá y la represa del Sisga, formada alternativamente de gredas, arenas y capas arenosas y cascajos, con unos 100 metros de grueso visible. Esta misma formación se extiende desde Tilotá

por la mayor parte de la cuenca de Chocontá, donde presenta conglomerados de bloques hacia los bordes (al norte de Villapinzón). Dentro de esta área, las capas tienen posición generalmente horizontal, pero se notan pequeñas fallas y ligeros plegamientos, signo de que no se trata de Pleistoceno sino de una formación anterior, derivada de la erosión del Terciario Inferior y del Cretáceo Superior, y puesta en fuerte discordancia (inconformidad) sobre ellos.

Con estas capas del lado oriental de la Sabana se hace coincidir la formación expuesta en la hoya de El Charquito (abajo de la salida del río Bogotá de la Sabana), que se considera tipo occidental del Tilatá, formado de la misma clase de sedimentos como la del sitio de Tilatá, pero con la diferencia de que tiene pepas de *Saccoglottis (cipaconense Berry)* en la base. Como se dijo, dichas pepas también se hallan en la parte oeste del dique del Muña y en Zipacón, aquí igualmente en la base de la formación (pero no en el Guaduas, como lo supone Berry). También en estos lugares se distinguen ligeros plegamientos y fallas, mas en ningún sitio el Tilatá está fuertemente plegado ni sobreescurrecido, y debe haberse formado, por lo tanto, con posterioridad al paroxismo neoterciario de la Cordillera Oriental. El material proviene en gran parte del Guadalupe Superior, a igual que el del propio Tilatá.

En cuanto al resto del Tilatá indicado en el croquis, sobre todo en las hoyas que bajan a la Sabana, no es posible decir si se trata de esa formación o de depósitos pleistocenos fluvio-glaciales.

El espesor observado del Tilatá no pasa de 100 metros, pero es posible que en el interior de la Sabana pueda tener una magnitud mayor, como lo indican perforaciones en la Sabana, que han pasado 300 ms. de capas Pleistocenas y ?Tilatá, entre Funza y Tenjo.

No se han encontrado fósiles distintos a la *Saccoglottis*, que únicamente nos dice, por la boca de Berry, que es una planta típica de pantanos a nivel del mar, o sea que en el tiempo del Tilatá, la Sabana, ya preformada y con sus rasgos tectónicos y orogénicos actuales, se hallaba a un nivel muy bajo y cálido, cosa sorprendente considerando su posterioridad al paroxismo andino.

### *Formación de Usme* (Tu). ? Oligoceno. Salobre-marina y paludal.

En la sucesión cretáceo-terciaria, conforme hasta desconforme, de 6.000 a 8.000 metros, que se halla expuesta al oriente de la Sabana (hacia Quetame), la formación de Usme ocupa la parte superior, aunque en perfil incompleto. Además, ella es interesante, porque este período terminal de la sedimentación vasta en el oriente de Colombia, vuelve a presentarse marino, después de que el Guaduas (a excepción de la base) y el Bogotá fueron lacustres y paludales. Los foraminíferos del Usme fueron determinados por la Shell, según muestras del suscrito, e indican edad oligocena <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Estudios palinológicos posteriores de Th. Van der Hammen (1954) indican que el Usme de la hoya de Usme comprende el Eoceno Superior y el Oligoceno Inferior. Una perforación hecha a continuación N. del sinclinal de Usme hacia la Sabana, en el lado oeste de Bogotá (Cervecería Andina), dio en arcillas rojas: *Globorotalia fohsi* del Oligoceno Superior, según H. Bürgl.

El Usme sólo se ha visto expuesto en el interior del sinclinal del Tunjuelo, desde el cerro al sur del hospital de San Carlos (Bogotá-Sur) hasta las cabeceras de los riachuelos del Curubital y del Hato. Es probable que se conserve en el subsuelo de la Sabana y en algunas de las anchas hoyas sinclinales del perímetro.

La parte baja está formada por un conjunto de areniscas de grano medio y grueso, entreveradas con cascajos bien redondeados, entre ellos, si bien se recuerda, rodados de plaeners. Entre las areniscas se intercalan arcillas grises. En la parte inferior del valle del Tunjuelo (lado oriental), el conjunto está subdividido en más horizontes de areniscas (más finas) que en el lado occidental de La Regadera. Encima hay una sucesión de arcillas gris-claras que contienen los foraminíferos, y que van separadas por bancos medianos hasta delgados de arenisca clara de grano medio.

El espesor de la parte conservada del Usme se estima en 500 a 600 metros.

Aparentemente, el Usme se halla en concordancia con el Bogotá. Sin embargo, el carácter finamente conglomeráceo y la posible inclusión de rodados de plaeners (transportados de larga distancia) indican que puede haber desconformidad (hiato).

Según referencias, puede haber un lente alargado de carbón en la quebrada Juan Rey, que podría representar el tipo de carbón antioqueño en la Sabana de Bogotá.

*Formación de Bogotá* (Tb) Paleoceno Superior- ? Eoceno.  
Agua dulce.

El límite entre el Guaduas y el Bogotá se distingue fácilmente por el conjunto de areniscas de grano grueso del Cacho (R. Scheibe), el cual se destaca en el terreno como filo y que representa la base del Bogotá. El límite superior está señalado por la arenisca de La Regadera del Usme.

Se trata de una sucesión monótona de gredas abigarradas (grises, violáceas, moradas y rojas), sin fósiles de clase alguna, que forman horizontes más o menos gruesos, y que van separadas por bancos de arenisca arcillosa blanda, la cual le da a la topografía un aspecto cinteado. En la parte alta, al oeste de La Regadera, hay gredas rojas con concreciones de cal. En la parte baja, en la subida de la carretera, al sur de San Cristóbal, ocasionalmente se encuentra algo de arcilla carbonácea, a poca distancia encima del Cacho. La arenisca basal, o Cacho, está caracterizada, en el sur de Bogotá y otras partes de la Sabana, por dos horizontes de arenisca que son, según R. Scheibe, el Infracacho y el Supracacho, este último de grano fino y aquél de grano grueso y ferruginoso, separados entre sí por greda abigarrada.

Como tipo del Cacho se considera, en la zona de Bogotá, el afloramiento del río San Cristóbal en la puerta de la Fábrica de Municiones; en la zona de Guatavita, el del cruce del río Siecha y el de La Cueva del Chulo; y en Lenguazaque, el de la arenisca oriental del Boquerón del Rabanal.

El grueso total de la formación probablemente no es menor de 1.500 metros. El Cacho mide 50 hasta 100 metros y adquiere una magnitud mayor en la travesía desde Subachoque hasta el cerro de Tablazo. La parte

alta (gredas rojas con nódulos de cal), según exposición al oeste de la represa de La Regadera, se ha separado como conjunto superior.

Por falta de flora y fauna fósil, la edad sólo se puede inferir, excepto algunos estratos algo carbonáceos encima del Cacho cuyo polen (Van der Hammen) es paleoceno, siendo de suponer que se trata del Paleoceno Superior, porque la parte alta del Guaduas que está debajo también es paleocena. Así, cabe la presunción de que el resto del Bogotá corresponda al Eoceno Inferior y tal vez Medio.

El Bogotá completo sólo se halla expuesto en los flancos del sinclinal de Usme, al sur de Bogotá. Al nordeste del valle de Zipaquirá no parece estar conservada la parte alta, igual que en la cuenca de Chocontá. En los demás lugares sólo aflora la parte inferior, especialmente la arenisca del Cacho.

*Formación de Guaduas* (Kg) Paleoceno hasta Maestrichtiano.  
Agua dulce, base marina.

Conviene aclarar lo que se entiende aquí por formación de Guaduas, ya que hay muchos conceptos sobre ella. Hettner designó como formación de Guaduas la serie que se extiende desde la superficie del Guadalupe de la zona al este de la población de Guaduas hasta el pie sinclinal del valle de Guaduas. Esta serie abarca el Gualanday en la parte alta, cuya base es la arenisca gruesa hasta conglomerácea que forma el primer filo destacado al este de la población. En la parte baja se presenta una formación de arcillas oscuras con carbón (Guaduo-Caparrapí) que traspasan a gredas abigarradas y rojas. Esta parte baja es la que R. Scheibe considera como Guaduas en la Sabana de Bogotá (véase columna), y dicha aplicación se divulgó de tal manera que todos los mineros de carbón la conocen con ese nombre de Guaduas. Habiéndose vuelto costumbre, se adopta esta definición del Guaduas, aun cuando la población del mismo nombre queda en el Gualanday de R. Lleras Codazzi. La mejor exposición del Guaduas de la Sabana se halla en Guatavita, entre la Arenisca Tierna del Guadalupe que forma el domo del Montecillo y el filo prominente al Sur, constituido de la Arenisca del Cacho.

La posición del Guaduas en la Sabana, entre la Arenisca del Cacho y la Arenisca Tierna del Guadalupe Superior, facilita grandemente su determinación. Además es la formación carbonífera de la Sabana.

La formación se divide en tres conjuntos, de los cuales el superior está formado de gredas rojizas, azulosas, verdosas y moradas, entre las cuales localmente hay mantos inexplotables de carbón y bancos de arenisca no estables, de grano más o menos grueso. En el nordeste de la Sabana suele haber mantos de carbón hacia la base del conjunto superior, que son explotables (con intercalación de arcillas que se soplan). La parte media o productiva contiene los mantos de carbón que usualmente se explotan en la Sabana y se distingue además por la presencia de areniscas de las cuales la superior se llama Lajosa y la inferior La Guía. Las arcillas intermedias gris-oscuras son compactas o franjeadas y muchas veces carbonáceas. Restos de plantas son comunes, pero es raro encontrar hojas enteras.

En la parte occidental de la Sabana, pero ya en el conjunto inferior, hay un manto de carbón subbituminoso hasta semiantracítico, por ejemplo, en la cuenca del Tequendama y al oeste de Subachoque. El conjunto inferior consta, en el norte de la Sabana, esencialmente de arcillas gris-oscuras que llevan en la base amonitas aplastadas y bivalvas (lado oriental del sinclinal de Suesca, minas de Cogontá), es decir, a pocos centímetros encima del Guadalupe. O. Dietrich considera esta fauna maestrichtiana. En la parte sur de la Sabana el franjeamiento entre arcillas y areniscas cuarcíticas es típico y no hay rastros de fósiles en la base. Sólo en el túnel del Salto de Tequendama (Empresas Unidas de Energía Eléctrica), cerca del mismo, se encontró un lente residual petrolífero de caliza, separado del Guaduas por una capa de arena gruesa como síntoma de desconformidad, y colocado directamente sobre la superficie de la Arenisca Tierna del Guadalupe. A. Olsson considera las bivalvas de la caliza como maestrichtianas.

Por lo visto, el Guaduas encierra en su parte baja el Maestrichtiano, y como no hay visible suspensión en la sedimentación, se juzga que incluya el Daniano y también el Paleoceno<sup>2</sup>. El conjunto superior es principalmente rojo como el "Guaduas" del Alto Magdalena - Alto Caquetá (Grosse) que, por su parte, guarda relación litológica con la formación Puca de Bolivia y Perú.

El espesor del Guaduas es generalmente de 700 metros, pero puede ascender a 1.000 metros (Lenguazaque).

La variabilidad de la facies del Guaduas es muy grande y se hace menester reconocerla por la distribución de los mantos de carbón. A rasgos generales, se tiene que de un número de 21 mantos de carbón que hay en El Rabanal, al norte de Lenguazaque, se va reduciendo a 5 hasta 8 mantos explotables en el norte y nordeste de la Sabana, luego a uno en la parte sur, y, finalmente, hacia el alto Tunjuelo se extingue el último. Esta extinción también se presenta en dirección a Cunday y hacia la banda occidental del río Magdalena. En esa dirección Sur, o sea hacia la masa rígida azoica de Garzón, la parte inferior y acaso la media tienden a extinguirse también, quedando como parte predominante el conjunto rojo superior. Estas son indicaciones que refuerzan la suposición de que entre el Guadalupe y el Guaduas hay desconformidad, pero no orogenismo (localmente si, por ejemplo en la carretera de Cambao, en el lado oeste del Alto del Trigo y en Tocaima).

Con respecto a cambios menores de facies del Guaduas, juzgados por el carbón, se cita el ejemplo del valle de La Calera hasta Sopó, donde no ha sido posible encontrar un manto explotable, a pesar de que se halla en una zona donde todavía debería serlo. En el ascenso de la carretera de Gachetá, desde el valle de Sopó al de Guasca, el Guaduas parece ser muy delgado, y contiene un mantito de carbón en la parte baja. Encima sigue una arenisca de grano grueso que debería ser el Cacho. Otras zonas en que al menos los conjuntos inferior y medio se reducen mucho, es el cerro de Suba y el cerro entre Puente del Común y el valle de Sopó.

---

<sup>2</sup> Th. Van der Hammen determinó más tarde el límite palinológico Maestrichtiano Paleoceno en el límite litológico entre el Guaduas Medio y el Guaduas Superior.

*Formación de Guadalupe* (Kg) ? Campaniano hasta Turoniano<sup>3</sup>.  
Marina.

Al establecer la formación, Hettner no determinó su límite inferior, cosa de capital importancia por la variación de facies que la afecta. De todos los niveles vistos, el que mejor se presta para la separación del Villeta —aunque tampoco idealmente— es el de la caliza de *Exogyra Mermeti*<sup>4</sup> que puede seguirse intermitentemente hacia Málaga (Santander), hacia la cabecera del Magdalena, y por el lado occidental de la Cordillera Oriental, desde Tena hacia San Vicente de Chucurí. Esta caliza se considera como la parte alta del Villeta y suele llamarse caliza de Chipaque. Como guía sirve además en el lado oriental y al norte y nordeste de la Sabana su posición a unos 200 metros encima de la arenisca estable de Une que aún se conserva al oeste y al nordeste de Chiquinquirá. Al oeste de la Sabana, la caliza se halla a unos 50 metros abajo de las lilitas con concreciones amonitíferas de la frontera del Coniaciano y Turoniano, ya sea representada por areniscas calosas con *Exogyra mermeti*, ya sea por uno o dos bancos de areniscas margosas que raras veces tienen fósiles. Es de esta manera que se considera que el Guadalupe se desarrolla entre la base del Guaduas y el tope de la Caliza de *Exogyra Mermeti*, o sea entre el Maestrichtiano inferior y el Cenomaniano, respectivamente.

El Guadalupe consta, en la Sabana de Bogotá, de dos conjuntos típicos y bastante bien sostenidos: el conjunto superior, compuesto de areniscas y plaeners, y el inferior, que es esquitoso-arcilloso con intercalación de horizontes y bancos de arenisca cuarcítica.

El conjunto superior tiene tres horizontes. El superior se llama la Arenisca Tierna, formada de una arenisca friable, clara hasta blanca, de grano fino hasta medio, cuyo tipo se halla bien expuesto en las rocas de Suesca y en las areneras al norte de Usaquén. El espesor no pasa de 50 a 70 metros. En el lado oriental de la Sabana se encuentra rara vez alguna ostrea grande; en los esquistos negros intercalados en el lado oeste del precipicio del Salto de Tequendama hay foraminíferos que indican edad campaniana (Shell). Esta Arenisca Tierna parece ser de singular importancia estratigráfica, porque es, hasta donde se puede decir, la única guía sostenida en la Cordillera Oriental hasta el páramo del Almorzadero, en su borde llanero y en el valle alto del Magdalena, desde Honda al Sur. Todo el resto del Guadalupe puede volverse lidítico o arcilloso dentro de este recinto, como ya sucede desde la Sabana hacia el nordeste, pero la Arenisca Tierna no cede.

El horizonte medio consta de los plaeners, formados de cintas planas y paralelas de lilitas arcillosas, margosas y puras (vulgarmente “piedra panelita”), con intercalación de arcilla gredosa silícea adherente (Saug-schiefer), de arenisca lajosa con ondaje (rippelmarks) y de la Arenisca de Labor, compacta, de 5 a 8 metros de grueso, que es la que se utiliza

<sup>3</sup> H. Bürgl halló que en la Sabana de Bogotá (al oeste de Chía y al norte de Suesca), el Guadalupe incluye el Maestrichtiano. Así, la desconformidad Guaduas-Guadalupe caería dentro del Maestrichtiano, probablemente el Inferior.

<sup>4</sup> En el siguiente artículo, H. BÜRGL usa el nombre *Exogyra squamata*, creado por A. D'ORBIGNY en 1842 para esta forma colombiana.

como piedra de revestimiento en los edificios y para monumentos (tipo Terreros). La abundancia de foraminíferos en los plaeners ya fue constatada por H. Karsten, y R. Valencia Samper determinó el nivel de amonitas aplastadas y de lamelibranquios al norte de Usaquén. Se estima que la edad sea santoniana. El grueso del conjunto es de unos 100 metros.

La Arenisca Dura, o sea el horizonte inferior con 300 metros hasta más de magnitud, es una sucesión de bancos gruesos hasta medianos de arenisca de grano fino, que se vuelve especialmente dura y apta para triturado, en la parte más baja. En el Oriente de la Sabana la intercalación de plaeners es escasa, y más al Oriente, éstos traspasan a arenisca. Hacia el lado occidental, los plaeners aumentan notablemente y predominan como liditas en el trayecto de Apulo-Guadueró. De Villapinzón hacia el nordeste, la Arenisca Dura se vuelve arcillosa. En la base se ha encontrado, en el Oriente, la *Ostrea Nicaisei*. Un control detenido de la fauna de la base de este conjunto es necesario para reconocer el nivel de separación entre el Guadalupe Superior e Inferior fuera de la Sabana, donde la facies es distinta.

En el oriente de la Sabana el conjunto inferior del Guadalupe (Guadalupe Inferior) está compuesto principalmente de arcillas esquistosas ferruginosas, con intercalación de areniscas cuarcíticas, bien estratificadas. En La Calera, en la calera del Salitre (valle de Sopó-Sur), en Nemocón, en La Caldera y en La Pradera, algunos bancos arenosos margosos han sido sustituidos por limonita, hematita y siderita. Una regresión marina pasajera está determinada por el banco de carbón de El Cerezo (al norte de Chipaque), al cual corresponde un hilo de carbón cerca de Zipacón (Sebastopol), y un manto en Saboyá. Hasta ahora no se han encontrado fósiles característicos, siendo frecuentes escamas de peces. El grueso del conjunto es de uno 800 metros. En el lado occidental de la Sabana, la facies es más marina (La Pradera) y se vuelve arcillo-silíceo en el borde occidental exterior. Ahí se intercalan, en la parte media y alta, bancos medianos de lidita, pero no subdivididos sino compactos. En la parte baja aparece un importante nivel de guía que es el de las liditas concrecionarias de La Frontera (horno de cal al norte de Albán), el cual contiene amonitas de tipo coniaciano y, en la base, amonitas turonianas. Estas últimas se hallan a unos 50 metros encima del nivel de la *Exogyra Mermeti* que debe considerarse como Cenomaniano Superior. Así, el Turoniano tendría un espesor muy reducido, salvo que las investigaciones paleontológicas demostraran que existe un error de interpretación de edad de la *Exogyra Mermeti*. Llama la atención en este lado la abundancia de restos de peces, y con esto puede relacionarse la presentación de gas petrolífero (Sebastopol). Las concreciones calosas y piríticas del horizonte de La Frontera llevan muchas veces intercalación de una especie de "asfaltita" muy dura; ésta también se presenta en trozos de madera del mismo nivel. El control de los foraminíferos de la base del conjunto y acaso (calera Wiesner en Zipaquirá y La Pradera) de las amonitas aplastadas es importante para la separación entre el Villeta y el Guadalupe. El cambio de especies de *Inoceramus*, del Villeta Superior hasta el Guadalupe Superior en esta parte occidental de la Sabana y de su borde exterior, seguramente concederá otras buenas guías regionales.

*Formación de Villeta* (Kv) Cenomaniano hasta Hauteriviano  
Superior. Marina y Paludal.

Esta potente formación tiene como tope la caliza de *Exogyra Mermeti* y equivalentes litológicos, y se asienta en la Arenisca de Cáqueza (tipo puente de Cáqueza y buzada o plunge al oeste de Villeta) que representa la parte alta de la formación de Cáqueza.

En la Sabana, apenas la parte más alta, la caliza de *Exogyra Mermeti* alcanza a aflorar en contados puntos (eje del anticlinal de Tabio, calera Wiesner de Zipaquirá, calera del Salitre y calera de La Siberia). Por esta razón hay que interpretar la formación por su desarrollo en lado exterior oriental y en el occidental de la Sabana. La facies del lado oriental es nerítica, y más al Oriente, costanera; la del lado occidental es en general de mar negro, probablemente de aguas no muy profundas, a juzgar por los fósiles. Ella traspasa desde Girardot al Sur, hacia el pie de la Cordillera Central, a la facies costanera calosa, pero con la transgresión retardada, a partir del Aptiano.

La abundancia de amonitas y el carácter litológico permiten subdividir el Villeta, en ambos lados de la Sabana, en un conjunto superior (caliza de Chipaque), otro medio (arenisca de Une en el Oriente y Norte) y el inferior (Esquistos arcillosos de Fóméque).

El conjunto superior consta en Chipaque de unos 200 metros de sedimentos, constituidos de bancos de caliza con la *Exogyra Mermeti*, de bancos de caliza arenosa y de esquistos arcillosos, combinación que da suelos de gran fertilidad. En La Calera y en El Salitre, la caliza presenta un banco uniforme bajo el cual siguen esquistos arcillosos, en parte bituminosos, con fósiles. En ambos sitios, especialmente en El Salitre, las calizas son bituminosas y encierran oquedades con petróleo parafínico. En Zipaquirá, la caliza apenas asoma en la calera Wiesner, donde la *Exogyra* aparece deformada notablemente a causa del ambiente concentradamente salado en que vivía y que luego dio lugar a la deposición de sal. La caliza de Tabio muestra varios bancos de caliza con intermedios de esquistos arcillosos. Al avanzar hacia el oeste de la Sabana, la situación cambia. No es seguro si las calizas de la hacienda de La Primavera, en el descenso de la carretera de Facatativá a Anolaima, son del Villeta Superior, pero más al Occidente es difícil encontrar capas con el fósil de guía. Hasta ahora el único sitio donde se halló es en el camino de San Antonio de Tena a Tena, en el descenso hacia la finca de Zaragoza. En los demás sitios, el nivel está indicado por una arenisca gris-clara (fresca), más o menos margosa, en que ocasionalmente se hallan fragmentos de amonita (bajada de Albán a Hiló). Más al Oeste, sobre la línea Apulo-Útica, toda esta sección puede estar suprimida por un sobrescurrimiento del lado oriental del cordón del Trigo.

El conjunto medio muestra una variación de facies aún más fuerte que el superior. En el lado exterior oriental de la Sabana consta de unos 400 metros de arenisca cuarcítica de grano medio hasta grueso (Arenisca de Une), con bancos delgados de esquisto arcilloso pirítico y cintas de 20 centímetros de antracita pura y plantas bien conservadas. En esta forma se presenta también al norte de la Sabana y en especial en el descenso de la carretera de Chiquinquirá a Muzo, donde se halla el *Oxytropidoceras*

del Albiano debajo de la arenisca. Hacia el Oriente, teniendo en cuenta la facies arenosa con plantas que caracteriza todo el Villeta del borde llanero hasta el río Margua, la arenisca de Une es generalmente difícil de separar de las del Albiano hasta el Hauteriviano. Al occidente de la Sabana no se halla rastro de arenisca, y el conjunto medio está desarrollado en facies muy pirítica, y es dos a tres veces más grueso que en el Oriente. Esta masa arcillosa esquistosa debe equivaler al Une, porque está entre el Albiano y el nivel de *Exogyra Mermeti* y, además, contiene amonitas cenomanianas en la parte baja (al oeste de San Francisco) que encontró R. Valencia Samper después de largas búsquedas. La parte alta del conjunto medio linda claramente en Zaragoza con el nivel de la *Exogyra Mermeti*.

El conjunto inferior consta del Albiano, Aptiano, Barremiano, y, en la base, de la parte alta del Hauteriviano. Se ha incluido esta parte del Hauteriviano al Villeta porque la arenisca de Cáqueza que está debajo y representa la parte alta de la formación de Cáqueza es un nivel de guía destacado y preciso <sup>5</sup>.

En la parte oriental, lo que puede ser el Albiano, consta de esquistos arcillosos piríticos en los cuales no se ha encontrado fósil alguno, pero se halla sobre el Aptiano y debajo de la Arenisca de Une. Hacia el Occidente, este nivel aumenta enormemente de espesor, y puede tener hasta 1.000 metros en la zona al norte y oeste de Sasaima. Los esquistos arcillosos de esta formación son negros con meteorización gris clara, y las liditas, en parte arcillosas, divididas en varios horizontes inestables, son negras y contienen abundancia de *Oxytropidoceras*. En la parte alta hay esquistos arcillosos pizarrosos, de fracción nodular, franjeados, que se asemejan exteriormente a liditas y que todavía contienen *Oxytropidoceras*.

El Aptiano del lado oriental consta de esquistos arcillosos más o menos piríticos con intercalación de bancos de caliza arenosa y de arenisca calosa con abundancia de fósiles. Al Occidente, el Aptiano es más pirítico y las calizas de la angostura abajo de Sasaima son más delgadas, pero engruesan notablemente en el trayecto de Villeta a Guaduas, o sea en dirección hacia la Cordillera Central, donde son neríticas hasta costaneras y transgreden sobre el Triásico (O. Renz). También el Aptiano es más grueso en este lado de la Sabana que en el oriental.

El Barremiano con las Pulchellias es un nivel esquistoso arcilloso pirítico con lentes y bancos menores de caliza, más grueso en la zona de Villeta que al oriente de la Sabana. En la región de Villeta su descomposición rojiza es típica.

La parte alta del Hauteriviano, con *Astieria*, se halla tanto al Oriente encima de la Arenisca de Cáqueza (puente de Cáqueza) como encima de las mismas areniscas en la buzada sur de la cúpula de Villeta. Se trata en ambos casos de esquistos arcillosos oscuros con intercalación de arenisca arcillosa. Se ve que, a partir del Barremiano, las facies oriental y occidental van asemejándose.

---

<sup>5</sup> Estudios posteriores entre Cundinamarca y los Santanderes demuestran que es preferible, litológica y paleontológicamente, separar la parte hauteriviana de la base del Villeta e incluirla en la parte alta del Cáqueza.

### *Formación de Cáqueza* (Kc).

Esta formación desempeña un papel importante en la Cordillera Oriental y hubo que separarla del Villeta. Su mayor magnitud la tiene en el lado oriental de la Cordillera Oriental, desde Gutiérrez-Cáqueza hasta al menos la Salina de Chita, con facies bastante bien sostenida. El espesor entre Cáqueza y Quetame se estima en 3.000 a 4.000 metros, y es de suponer que no disminuya notablemente hacia el nordeste.

En contraposición al Villeta, los sedimentos arcillosos de esta formación están notablemente transformados y adquieren en la parte baja aspecto de esquistos lustrosos.

En Cáqueza, la parte alta, o sea la Arenisca de Cáqueza, consta de dos horizontes de arenisca de grano grueso, separados por esquistos arcillosos. El horizonte superior en partes contiene gravilla, y la parte baja es margosa. En Apulo (Cemento Diamante) y entre Villeta, el desarrollo es semejante, pero con guijos finamente conglomeráceos. Además se intercala en Apulo un banco potente de caliza. La caliza que se encuentra arriba de Útica (Ferrocarril de Cundinamarca) no ha sido todavía definida estratigráficamente. Al lado de una fauna marina se encuentran restos de plantas. El carácter del conjunto es de regresión. La presencia de Astierias encima y debajo del conjunto indica que éste pertenece al Hauteriviano (pero un estudio paleontológico detenido es aconsejable para saber si estas Astierias realmente son hauterivianas, o acaso valanginianas).

El conjunto medio es una sucesión monótona de esquistos arcillosos, con Astierias en la parte alta, y de un gran espesor. La población de Cáqueza está colocada sobre los esquistos arcillosos piríticos de la parte alta.

El conjunto inferior es otra sucesión potente cuya parte alta lleva areniscas cuarcíticas ferruginosas. Debajo siguen esquistos arcillosos en bancos delgados. Más abajo yacen pizarras negras (La Culebra) con una fauna bastante abundante, pero aplastada, de amonitas y braquiopodos, y de plantas del Wealden. Entre las amonitas se distinguen tipos valanginianos inequívocos del Perú. Debajo de este conjunto, los esquistos arcillosos son lustrosos y las areniscas son cuarcíticas. Los restos de la fauna se hallan en malas condiciones de determinación, y por este motivo no se puede afirmar si estos estratos incluyen el Titoniano, que es el nivel común de transgresión en los Andes. El conglomerado basal de bloques se halla expuesto abajo del puente de Quetame sobre el río Negro, y consta de material derivado de las series de Quetame.

Los conjuntos medio o inferior no se hallan expuestos en Apulo y en la cúpula de Villeta-Útica. Por este motivo no se puede definir cómo se extingue el Cretáceo Inferior (hasta el Aptiano exclusive) hacia la Cordillera Central. Hacia los Llanos, la extinción, en cambio, está bien expuesta en los dos sinclinales que median entre Servitá y Villavicencio, caso que es de interés mayor.

### *Serie de Quetame*

La expresión "serie" usada aquí, se explica en el sentido de que puede tratarse de una serie de formaciones.

El Cáqueza se recuesta en discordancia sobre la serie de Quetame, complejo metamórfico cuya edad no se ha podido definir todavía. Tampoco se sabe con seguridad si la sucesión del Quetame, tal como se halla indicada en la columna respectiva del Croquis, es regular.

Al este de las filitas claras en que se halla la población de Quetame, se encuentra un horizonte de areniscas cuarcíticas que incluye un banco de caliza fétida, al cual siguen al este esquistos filíticos que quedan al contacto con la arenisca de Monterredondo, cuarcíticas, de grano medio hasta grueso, y que está subdividida por esquistos grafíticos que parecen ser menos metamórficos que las filitas. A estas areniscas siguen esquistos cloríticos que representan la transformación de varias especies de filitas.

Hasta ahora no se han encontrado rastros de fósiles, y no hay relaciones litológicas para estimar la edad del Quetame.

### ANOTACIONES SOBRE LA TECTONICA

La Sabana de Bogotá es una cuenca compleja que consta de la cuenca de la misma Sabana y de las cuencas anexas de La Calera-Sopó-Suesca, de Guatavita-Guasca y de Chocontá-Sisga. En el lado occidental sólo hay pequeñas cuencas como la de Facatativá, la de Zipacón y la del Tequendama. Hacia el Sur se desarrolla la cuenca relativamente regular y grande de Fusagasugá.

El elemento predominante en la cuenca de Bogotá es el plegamiento, y luego vienen los sobrescurrimientos y las fallas.

Los plegamientos son intensos y la inversión hacia el Oeste y hacia el Este son frecuentes, sin regla fija. Las ondulaciones, visibles en los anticlinales, son abundantes en el lado oriental, mientras que en el lado occidental no lo son e intervienen fallas y sobrescurrimientos. Entre los domos (cúpulas) que son típicos para el lado oriental, el anticlinal de Bogotá lleva las de Bogotá, de Usaquén, de Torca, La Caro y Tibitó en su curso descendente; desde Tibitó vuelve a levantarse el eje y carga las cúpulas de Gore, la del Arenal y la compleja de Nemocón. Al norte de Suesca se halla la gran cúpula de la Ovejera con su tendido oriental suave y amplio. El domo de Sesquilé es invertido. El de Guatavita tiene la forma de volcán, caso excepcional de un plegamiento.<sup>1</sup> La cúpula de Suesca culmina frente a Suesca y se tiende larga y suavemente hacia el Nordeste. La cúpula del Salitre es ancha y se estrecha bruscamente en el Norte. En la calera de La Siberia está sobrescurrida hacia el Oriente. Se pone de presente que los horizontes de sal no se hallan en la cima de los domos sino siempre hacia o en las depresiones.

Los sinclinales son reconocibles por las hoyas en sedimentos del Guaduas, del Bogotá y del Usme y por las ensenadas de la Sabana de Bogotá, como también son partes de ellos las cuencas menores al oriente de la Sabana. El sinclinal más sostenido es el de Zipaquirá-Samacá.

Un terreno fuertemente afectado por fallas es el del valle del río Teusacá. También se halla fallado el terreno al oeste de Facatativá-Su-bachoque. Un sobrescurrimiento hacia el Norte se presenta entre Facatativá y La Tribuna.

## ASPECTOS ECONOMICOS

### *Suelos*

Los suelos de la formación de la Sabana provienen, en su gran mayoría, del detrito aportado de las formaciones arcillosas y gredosas del Bogotá y del Guaduas, y del conjunto arenoso del Guadalupe Superior. En menor cuantía (Tunjuelo) provienen del Usme, del Tilatá y del Cuaternario mismo. Todos estos dadores de sedimentos son pobres en cal, a excepción del horizonte margoso de Plaeners, cuyos suelos son típicos entre Bosa y Soacha. Esto explica en parte el poco rendimiento del suelo. Sin embargo, hay zonas de gran fertilidad dentro de la Sabana, específicamente en donde ha habido deposición de sedimentos derivados de ecemas de sal y de yacimientos anexos de calizas. Esto es el caso de la hacienda del Salitre (al sur de Sopó), en la zona de Tabio, en la de Zipaquirá-Nemocón y en la salina de Sesquilé (poca extensión). A la fertilidad de estas tierras también ha contribuido el aporte de sedimentos provenientes de los esquistos del Guadalupe Inferior.

Los suelos del Tilatá, que son típicos para la cuenca de Chocontá, se forman de la descomposición de esa formación, que tiene abundancia de guijos de Plaeners y por lo tanto un aliciente para la vegetación. Los terrenos, en el estado actual de los cultivos, son de mediana calidad (véase región Tilatá-E de Chocontá).

Las arcillas del Usme no manifiestan su valor agrícola porque afloran escasamente, y gran parte se halla en la zona de páramo. Se considera que pueden dar suelos de calidad regular a buena.

Las gredas de la formación de Bogotá tienen la ventaja de que se hallan en llanadas, motivo por el cual se someten a cultivos a pesar de su mala calidad, y los suelos se prestan principalmente para cultivos de trigo, lo mismo que las arcillas del Guaduas.

Las Areniscas Tiernas del Guadalupe dan suelos pobres, pero desde que son porosas y admiten vegetación baja, forman suelos arenosos negros, aptos para cultivos de papas. De igual modo admiten el desarrollo de árboles de raíz profunda.

Los plaeners son un nivel blando entre las areniscas del Guadalupe Superior, y por este motivo forman franjas llanas en los cerros, especialmente en el Sur, y éstas se distinguen de lejos por los cultivos de trigo. En lugares abrigados podrían dar lugar al desarrollo de árboles frutales. El secreto de la fertilidad consiste en la cal (foraminíferos) y quizá en alguna proporción el fosfato proveniente de restos de peces.

Los esquistos arcillosos del Guadalupe Inferior contienen bastantes escamas de peces (fosfato), pero en cuanto a cal no se vislumbra el contenido. Sin embargo, ellos dan un suelo bueno, mejor que el de las formaciones de Guaduas y Bogotá, según se puede estimar por los cultivos (por ejemplo, el crecimiento de los árboles en la hoya del río San Francisco

al este de Bogotá, y las labranzas establecidas en suelos de esa índole entre Villapinzón y el Puente de Boyacá).

Los mejores suelos geológicos resultan del Villeta Superior, cuya combinación de calizas y esquistos piriticos es la causante. En la Sabana, los afloramientos son pequeños, y en parte han sido cubiertos por explotaciones de cal, razón por la cual no se aprovechan para la agricultura. Pero la región de Chipaque, en la zona de la *Exogyra Mermeti*, es una manifestación tan palpable de la feracidad, que el nivel geológico se puede definir por la bondad de la tierra. Ya se dijo que los suelos más fértiles de la Sabana son aquellos cuyo detrito se deriva del Villeta Superior.

Los suelos en conjuntos más antiguos del Villeta, del Cáqueza y del Quetame no interesan con respecto a la Sabana de Bogotá. Brevemente se hace referencia a ellos. Al occidente de la Sabana, el Cenomaniano hasta el Barremiano contiene una proporción demasiado alta de pirita y generalmente muy poco o ninguna cal, razón por la cual el suelo resulta ácido y los productos menos nutritivos de lo que serían si la proporción de cal fuese adecuada. Los mismos pisos cretáceos (Villeta Medio e Inferior) dan suelos mejores al oriente de la Sabana, entre Cáqueza y Choachí, exceptuando desde luego la Arenisca de Une, que es más o menos improductiva, y la zona del supuesto Albiano que da suelos ácidos. El Aptiano y el Barremiano con su proporción regular (aunque insuficiente) de cal dan suelos buenos, especialmente en el lado de Fómeque donde las condiciones de suelo son comparables a las del Valle de Tenza, de la misma naturaleza litológica pero con mejor distribución de margas. Cabe llamar la atención aquí sobre el alto contenido local en selenio de la formación de Villeta reconocido por Jorge Ancízar Sordo, en Leiva, Sutamarchán y al oeste de Útica. Este elemento es nocivo y perjudicial a la ganadería y a la agricultura. El Cáqueza no aflora al oeste de la Sabana sino con respecto a la arenisca de Cáqueza que no da margen para estimarlo debidamente. En la zona de Cáqueza-Quetame, los esquistos arcillosos carecen de cal, y este es el motivo por qué no dan sino suelos regulares, supeditados además por el clima seco. Seguramente también influye en la reducción de la productividad el hecho de que son más diagenticos (“metamórficos”) que los del Villeta. A este último motivo se debe la pobreza manifiesta de los suelos de la serie metamórfica de Quetame, lenta en la transformación de los minerales en materias de suelo.

### *Materias terrosas*

El Instituto Geológico Nacional no ha podido prestar todavía la debida atención al estudio de las materias terrosas utilizables para ladrillos, productos refractarios, lozas, porcelanas y vidrios, que tienen una gran demanda. En general, se puede decir que el Cuaternario (Formación de la Sabana) puede rendir arcillas grasas, tierra diatomácea, tierra caolínica y otros productos. Las gredas del Bogotá tienen preferencia, en la fabricación de ladrillos, sobre las arcillas del Guaduas. En la parte alta del Guaduas existen buenas arcillas para material refractario. El Guadalupe Superior da arena para vidrio.

### *Materiales de construcción*

Arenas de grano medio provienen de la Arenisca Tierna del Guadalupe (norte de Usaquén), y se utiliza en proporción mayor, a pesar de que el grano es demasiado menudo. Las areniscas de grano grueso se obtienen de un banco del Cacho y de la arenisca de La Regadera y son ferruginosas. La explotación en Bogotá ha sido suspendida y se ha trasladado hacia el lado sur de San Cristóbal y al valle de La Calera (Alto Teusacá). Los cascajos son materia escasa; hay algunos bancos en el Cuaternario del Bajo Tunjuelo, en el río Frío y en el Tilatá del Charquito, mezclados con materias gredosas.

La piedra de triturado se obtiene, en las mejores condiciones, de la parte baja de las Areniscas del Guadalupe Superior. Las areniscas de las partes altas son blandas y no llenan satisfactoriamente este fin, sobre todo si se emplean para el balastaje de carreteras. A este fin sirven principalmente las lilitas puras y margosas del conjunto de Plaeners, separándolas del material arcilloso y escogiendo las capas útiles. Este material se encuentra en abundancia y da superficies lisas y durables.

La Arenisca de Labor del Conjunto de Plaeners es una arenisca de grano medio, compacta, de 5 hasta 8 metros de grueso, que es por ahora en Bogotá el único material natural para enlucimiento de fachadas y para monumentos, relativamente fácil de trabajar, duradero y de aspecto bello.

Debido a que todos los mármoles estudiados hasta ahora se hallan fracturados (chiteados), con excepción del de Leiva, cuyos orificios se pueden emparejar artificialmente, puede pensarse en la utilización de la caliza del Villeta Superior (El Salitre, La Siberia) como sustituto del mármol.

### *Agua subterránea*

La principal fuente de agua subterránea de la Sabana es el Cuaternario, al cual se agrega seguramente en la profundidad el Tilatá. Las condiciones son en general favorables para núcleos de población. La mayor profundidad alcanzada en la formación de la Sabana y del Tilatá es de 300 metros. Para la información sobre agua subterránea se refiere el informe de W. Diezemann: "Informe N° 707 - Aguas subterráneas en Bogotá y sus alrededores". Servicio Geológico Nacional.

Agua de roca se podría obtener de la Arenisca de La Regadera, pero ésta sólo se manifiesta en el valle del Tunjuelo. Más utilidad tendría la Arenisca del Cacho, que es porosa y da un agua de buena calidad. La determinación de los puntos de perforación requiere un estudio tectónico adecuado, en vista de las complicaciones estructurales que se presentan. Un agua de superior calidad la rinden las Areniscas Tiernas del Guadalupe cuyas condiciones tectónicas son análogas a las del Cacho. Además de obtener el agua mediante perforaciones, se la puede conseguir por medio de socavones y de aljibes. Las Areniscas Duras en sí no favorecen la circulación y el almacenamiento del agua, pero en zonas de fracturamiento pueden producir cantidades satisfactorias.

En cuanto a las aguas termales de la Sabana, no se conoce su origen, influyendo desde luego la profundidad (gradiente térmica), pero es posible que contribuya la descomposición de las piritas de los esquistos arcillosos del Guadalupe Inferior y del Villeta al contacto con agua vadosa que penetra hacia ellos. No hay indicio de que el carácter termal se deba a rocas ígneas como en el caso de Paipa e Iza (volcanes dacíticos). El aprovechamiento de estas fuentes para la salud y para baños públicos es indispensable para la población. Las hay en Suba, en Tabio, en Zipaquirá, en Nemocón, en El Salitre, al sur de La Calera y en la quebrada Honda, al oeste de Subachoque.

### *Sal*

Los yacimientos de sal de la Sabana de Bogotá se han formado por el almacenamiento tectónico de bancos más o menos delgados de sal del Villeta Superior hacia puntos frágiles que son los flancos bajos de los domos. El único sitio donde se ha determinado la sal en su estratificación regular se halla en el eje del anticlinal de Tabio, al nordeste de las minas de hierro de La Pradera; están ahí en el nivel de la *Exogyra Mermeti*. La extensión del recinto dentro del cual se ha decantado la sal del mar cenomaniense se puede juzgar por las salinas. Estas son: Tabio, Zipaquirá, Nemocón, Tausa, Suesca, Sesquilé, El Salitre y La Calera. En este último sitio, la sal se encontró en capas falladas con fósiles aptianos, y puede dar a entender que se trata de otro nivel de sal, más antiguo. En el borde llanero de la Cordillera Oriental, la sal proviene del Valanginiense, así en Upiá o Restrepo (al norte de Villavicencio) y en las fuentes saladas de la Salina de Chita.

### *Yeso*

El único sitio de la cuenca de Bogotá donde se explota yeso en cantidades pequeñas es en las gredas de la formación de Bogotá, al norte de Chocontá. Se trata de hojas intercaladas en las diaclasas de la greda, de origen secundario.

### *Caliza*

Los dos únicos yacimientos de caliza, explotables en grande escala dentro de la cuenca de Bogotá, son los de La Siberia y del Salitre, ambos situados en el domo del Salitre.

### *Hierro*

El mineral de hierro (limonita, hematita y siderita) se encuentra en el Guadalupe Inferior (El Salitre, La Pradera, La Caldera al norte de Zipaquirá) y Nemocón. Como el de Pacho, estos yacimientos se prestan para la instalación de Altos Hornos, de mediana y posiblemente mayor

capacidad. Un yacimiento pequeño se halla en la parte superior del Guaduas, en Guatavita. A este respecto, el estudio de B. Alvarado y R. Sarmiento: "Contribución al conocimiento de la riqueza mineral de Colombia", orienta más detalladamente.

### *Carbón*

Las reservas de carbón de la cuenca de Bogotá son prácticamente inagotables; una estimación de la cantidad tropieza con la variación de facies y con el encubrimiento vasto del Guaduas por depósitos cuaternarios y del Tiltatá. Siendo la cantidad suficiente para un abasto indefinido, lo que debe interesar es la explotabilidad en las condiciones actuales y en el próximo futuro. A este respecto debe tenerse presente que la mayor parte de los mantos de carbón se halla en posición erguida o invertida, y esto dificulta la explotación mecánica. Los yacimientos de suave buzamiento, favorables para ese fin, son escasos (flanco este del domo de Suesca, flanco carbonífero al oeste de Subachoque y estribación norte del sinclinal de Subachoque). Un campo ideal puede ser la parte norte de la cuenca de Fusagasugá, donde el Guaduas buza suavemente hacia el Suroeste. Sin embargo, es necesario estudiar detenidamente el desarrollo de los mantos de carbón.

Otro punto de vista importante del carbón es la calidad. En la parte occidental de la Sabana es común el tipo de carbón del Tequendama, que corresponde al conjunto inferior del Guaduas, y que es bajo en volátiles, en veces antracítico, y alto en valor calorífico (8.000 calorías). Es el mejor carbón de la cuenca de Bogotá, y debería tener preferencia en el mercado. Es en la cuenca de Fusagasugá, parte norte, donde mejores expectativas hay para encontrarlo en gran cantidad y en condiciones de explotación mecánica. Los carbones del conjunto medio son bituminosos. Su importancia consiste en que muchos son coquizables. Ellos forman, en el norte y nordeste de la Sabana, un número de 5 a 8 mantos con espesores hasta de 3 metros. De ahí hacia la latitud de Bogotá disminuye el número de mantos explotables a unos, pero hay zonas intermedias, como la del lado oriental del valle de La Calera-Sopó, donde no hay manto explotable alguno. De Bogotá hacia el Sur, el carbón va desapareciendo y menos lentamente en la cuenca de Fusagasugá, donde todavía hay uno cerca del Puente de Pandi. Más al Oeste, el carbón del Guaduas termina desde Tocaima hacia Girardot. Desde luego, esta disminución de los mantos de Nordeste y Sudoeste no es pareja sino muy variada dentro y fuera de la Sabana.

### *Gas metano*

El metano sólo se encuentra en la formación de la Sabana y acaso en el Tiltatá. Las cantidades encontradas hasta ahora son pequeñas (Madrid-Funza-Mosquera), pero últimamente una perforación en Funza produjo cantidades apreciables. La cuestión por saber es si este y otros que se puedan encontrar son durables.

Este gas proviene de la materia vegetal incluida en los sedimentos del subsuelo de la Sabana, y la repartición de esta materia es irregular. Sólo se puede decir que la zona de Mosquera-Funza se conoce como favorable al respecto.

### *Indicaciones de petróleo*

En los alrededores de la Sabana no se han encontrado indicaciones petrolíferas anteriores al nivel de la *Exogyra Mermeti*, o sea del Villeta Superior. Con posterioridad al Villeta Superior hay indicios de gas petrolífero en el Guadalupe Inferior y de petróleo parafínico en el lente ocasional y reducido de caliza del Salto de Tequendama que media entre el Guaduas y el Guadalupe (Maestrichtiano).

En las calizas del Villeta Superior, que comúnmente son bituminosas, se encuentran muchas de petróleo parafínico en La Siberia (La Calera), y oquedades de 5 a 10 centímetros de diámetro con petróleo parafínico en la caliza del Salitre, al sur de Sopó. Esto se puede interpretar como un indicio de que en estructuras que mantienen sellado el Villeta puede encontrarse petróleo comercial. La más atrayente al respecto es el domo de Sopó, en cuya cima hay puntos donde una perforación puede iniciarse más o menos en el límite del Guadalupe Superior con el Inferior, siendo la profundidad normal para llegar de ahí al Villeta Superior de 700 m. Sin embargo, sobre el anticlinal que carga las cúpulas de Sopó y del Salitre se presenta disminución de espesor del Guaduas y del Guadalupe Superior, de modo que hay posibilidad de encontrar el Villeta Superior a menor profundidad de los 700 metros previstos. Otro lugar favorable es la planadita de Sagamaza, en el kilómetro 30 de la Carretera Central del Norte, situada en la parte norte de la cima de la cúpula de La Caro, es decir, sobre el anticlinal de Bogotá. Hay ahí la ventaja de que también se puede iniciar la perforación en la parte baja del Guadalupe Superior; la desventaja consiste en que se desconoce el grueso de la caliza del Villeta Superior, almacenadora del petróleo.

Gas petrolífero se ha encontrado en el lado occidental de la Sabana de Bogotá. Una manifestación se halla en Sebastopol, abajo de Zipacón. Otra fue descubierta por el doctor Jorge Valencia S. en la planta eléctrica abajo del Salto del Tequendama, al hacer una perforación de sondeo. Como no hay propiamente capas almacenadoras de gas ni en el Guadalupe Inferior ni en el Villeta Superior, es bastante dudoso si existan cantidades comerciales de gas. Vale mencionar que una manifestación de gas también se ha encontrado en un manto de carbón del Guaduas del flanco oriental del anticlinal de Guachetá, al nordeste de Ubaté. En el eje del anticlinal asoma la probable caliza del Villeta Superior, pero no se sabe si el gas asciende desde ese nivel estratigráfico.

En la parte oriental de la Sabana de Bogotá hay numerosos domos, bastante cerca unos de otros. Esto hace presumir que, si hay petróleo en algunos de ellos, la cantidad no será grande, aunque sí puede ser comercial. Una cuestión que desorienta bastante, con respecto al éxito de una exploración de taladro, es que no se conoce la génesis de las estructuras.

**BIOSTRATIGRAFIA DE LA SABANA DE BOGOTA  
Y SUS ALREDEDORES**

(con 1 mapa y 19 planchas)

**POR**  
**HANS BÜRGL**  
**PALEONTOLOGO - JEFE**

## CONTENIDO

	Página
Resumen . . . . .	117
Abstract . . . . .	117
Zusammenfassung . . . . .	117
Introducción . . . . .	119
Horizontes fosilíferos . . . . .	121
Listas de fósiles . . . . .	129
Devoniano medio . . . . .	129
Carboniano superior . . . . .	130
Titoniano . . . . .	131
Berriasiano . . . . .	131
Valanginiano superior . . . . .	132
Hauteriviano . . . . .	132
Barremiano . . . . .	133
Aptiano inferior . . . . .	134
Aptiano superior . . . . .	135
Albiano inferior . . . . .	136
Albiano medio bajo . . . . .	136
Albiano medio alto . . . . .	136
Albiano superior . . . . .	137
Cenomaniano . . . . .	137
Turoniano inferior . . . . .	137
Turoniano superior . . . . .	138
Coniaciano inferior . . . . .	138
Coniaciano superior . . . . .	139
Santoniano? . . . . .	140
Campaniano . . . . .	140
Maestrichtiano inferior . . . . .	142
Maestrichtiano superior . . . . .	143
Oligoceno . . . . .	144
Plioceno . . . . .	144
Pleistoceno . . . . .	144
Bibliografía . . . . .	145

## PLANCHAS

- 1-19 Fotografías de fósiles de guía.
- 20 Mapa de las localidades citadas en el texto.

## RESUMEN

En adición al artículo precedente de E. HUBACH se tratan brevemente las zonas fosilíferas de Cundinamarca, desde el Devoniano hasta el Pleistoceno. Todos los fósiles de Cundinamarca descritos o conservados en el Museo Geológico Nacional, con excepción de polen y esporas, se citan en forma de listas, subdivididas según los pisos y subpisos. Algunos de los fósiles de guía importantes, están figurados en 19 planchas.

## ABSTRACT

In addition to E. HUBACH's preceding article, the fossiliferous zones of the Department Cundinamarca, from Devonian to Pleistocene, are briefly discussed. Then, the fossils from this region hitherto described or deposited in the Geological Museum in Bogotá (with exception of spores and pollen) are cited in form of lists, subdividing them according to stages and substages. Some of the important key fossils are figured on 19 plates.

## ZUSAMMENFASSUNG

In Ergänzung des vorstehenden Aufsatzes von E. HUBACH werden die fossilführenden Zonen der Provinz Cundinamarca vom Devon bis zum Plistozän kurz geschildert. Die von dieser Provinz bisher beschriebenen oder im Geologischen Museum in Bogotá befindlichen Fossilien (mit Ausnahme der Sporen und Pollen) werden sodann in Listen, nach Stufen und Unterstufen getrennt, angeführt. Einige wichtige Leitfossilien sind auf 19 Tafeln abgebildet.

## INTRODUCCION

La investigación científica de los fósiles de los alrededores de Bogotá comenzó ya en el año de 1801, cuando Alejandro de Humboldt y Carlos Degenhardt visitaron la Nueva Granada y efectuaron allí extensos estudios geográficos, geológicos, etnológicos y meteorológicos (J. E. RAMÍREZ, 1955). Ellos colectaron un gran número de fósiles en las capas cretáceas de Cundinamarca, que entregaron al "Cabinet de Minéralogie", de Berlín. Una parte de este material fue estudiada por LEOPOLD VON BUCH (1839), quien reconoció la edad cretácea en la mayor parte de las capas de la Cordillera Oriental de Colombia. Desafortunadamente, las ilustraciones y en parte también las descripciones de esta primera obra sobre fósiles colombianos son tan deficientes que solamente algunos de éstos pueden ser reconocidos. Dicho autor describe de los alrededores de Zipaquirá, *Trigonia alaeformis* (= *Tr. tocaimaana* LEA), *Astarte truncata* (= *Astarte debilidens* GERHARDT), *Arca rostellata* (no identificable); de Tunja, *Arca perobliqua* (= *Cucullaea dilatata* D'ORBIGNY = *C. gabrielis* LEYMERIE); del "Plateau de Bogotá", *Ammonites galeatus* (= *Pulchellia galeata*) y de Tausa, *Ammonites aequatorialis* (= ?? *Pediaceras caque-sensis*). Las localidades mencionadas por L. VON BUCH deben considerarse en sentido muy amplio, ya que, por ejemplo, se tiene que salir por lo menos a 40 km de Zipaquirá para encontrar una "Trigonia alaeformis", o a 60 km de Bogotá para conseguir una *Pulchellia galeata*.

En los años siguientes aparecieron entonces los estudios paleontológicos básicos de J. LEA (1840), A. D'ORBIGNY (1842), E. FORBES (1845) y H. KARSTEN (1858), por los cuales la Cordillera Oriental de Colombia ingresó a la literatura científica como una región clásica de formas cretáceas; basado en dichos trabajos, E. SUESS reconoció a Colombia como una parte típica y esencial de la *Tethys*.

Alcanzó a transcurrir casi medio siglo hasta la aparición de otra contribución importante al conocimiento de la paleontología de Colombia y en particular de Cundinamarca. Este fue el estudio de K. GERHARDT (1897) sobre los fósiles colectados por Sievers en la cordillera de Mérida, y por Hettner, Reiss y Stübel en la Cordillera de Bogotá.

De las numerosas contribuciones paleontológicas del siglo XX, mencionamos, en primer lugar la de L. RIEDEL (1938), sobre las amonitas de la colección de R. Scheibe, y las de J. ROYO Y GÓMEZ (1945 a, b, c), sobre el Paleozoico, Cretáceo Inferior y Terciario continental.

*A excepción de H. KARSTEN y ROYO Y GÓMEZ, los demás paleontólogos que estudiaron los fósiles colombianos no tuvieron la oportunidad de observar los sitios de su procedencia. Como consecuencia, resultaron considerables errores estratigráficos que aparecen en tratados de paleontología y geología regional, y por cuya razón resulta a veces difícil correlacionar las capas de Colombia con las de países vecinos (CH. SCHUCHERT 1935, H. GERTH 1939 y 1955, A. A. OLSSON 1956).*

*En el presente artículo se trata, por lo tanto, de eliminar algunos de estos errores por medio de una lista nominativa de los fósiles del Departamento de Cundinamarca según su posición estratigráfica. En dicha lista, de los fósiles mencionados en la literatura antigua, se consideran solamente aquellos cuya localidad y posición estratigráfica son bien conocidas y están verificadas; además, los fósiles estudiados en años recientes por el suscrito, cuyos resultados figuran en informes y notas internos, todavía sin publicar. De tal manera, la presente contribución contiene las bases paleontológicas del artículo precedente, de E. HUBACH, sobre la "Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores".*

## HORIZONTES FOSILIFEROS

En Colombia se conocen faunas del Cambriano y del Siluriano (HARRISON 1930, HARRINGTON & KAY 1951), pero no del Departamento de Cundinamarca, donde todavía no han sido observadas. Los restos orgánicos más antiguos de dicha región son los del **Devoniano medio**, los cuales se hallan en la zona de Ubalá-Gachalá-Quetame-Gutiérrez-Sumapaz, en dos facies litológicas: en arcillas negras, rojas y amarillas del tipo de las del Devoniano de Floresta, Boyacá (CASTER 1939), y en calizas grises, macizas, con lentes fosilíferos. En ambas facies predominan los braquiópodos, y en la arcilla también son abundantes los briozoos. El hallazgo más interesante en la facies calcárea es el de los fragmentos de un Dalmanitide gigante (cf. *Coronura*)<sup>1</sup>, cuyo largo total probablemente fue de unos 40 centímetros. Es el único trilobites devoniano encontrado hasta la fecha en Cundinamarca. La sucesión estratigráfica del Devoniano al Carboniano de Gachalá no ha sido establecida aún.

En la zona geográfica de Ubalá-Gachetá-Medina al nordeste de Bogotá (SUÁREZ-HOYOS 1945) y en la Cueva del Cobre en el páramo de Sumapaz, al sur de Bogotá, se presentan capas fosilíferas del **Carboniano**, “en areniscas gris-amarillentas y rojas, en calizas grises y en esquistos grafitosos negros” (STUTZER 1926) que pertenecen a la “Formación de Gachalá”; la fauna fue descrita por GERTH (1931), KEHRER (1933), SCHMIDT (1938) y ROYO Y GÓMEZ (1945 a). Según este último autor, se trata de estratos del Carboniano inferior alto y Carboniano superior bajo. La fauna consta en primer lugar de braquiópodos, particularmente varias especies de *Spirifer*, aunque también se encuentran corales, briozoos, lamelibranchios, gasterópodos, equinodermos y un trilobites.

El Permiano, Triásico y Liásico se conocen en facies marina de los Departamentos del Magdalena, Tolima y Santander (TRUMPY 1943, MILLER & WILLIAMS 1945, THOMPSON & MILLER 1949), en tanto que en Cundinamarca no hemos encontrado aún ningún testigo paleontológico que denote la existencia de estos períodos.

El grupo de **Cáqueza**, que transgredió sobre diversas formaciones más antiguas, contiene fósiles del Titoniano, Berriasiano, Valanginiano y Hauteriviano, que indican una conexión estrecha con la parte sur de la provincia faunística andina (véase TERMIER & TERMIER 1952, OLSSON 1956). Algunos niveles del Cáqueza son bastante ricos en fósiles, particularmente en amonitas, las cuales, en su mayor parte, están en extremo mal conservadas, y su identificación presenta por lo tanto considerables dificultades. Por esta razón subsisten todavía ciertos desacuerdos con relación a los pisos comprendidos en el grupo de Cáqueza. J. ROYO Y GÓMEZ (1945 a) distingue solamente el Valanginiano y Hauteriviano, y considera la Arenisca de Cáqueza como el miembro más alto del Valangi-

<sup>1</sup> Según la amable determinación de R. & E. Richter, Frankfurt/Main.

niano. El presente autor reconoció también el Titoniano y el Berriasiano y coloca la Arenisca de Cáqueza en la base del Hauteriviano.

El nivel basal del grupo de Cáqueza está formado, según E. HUBACH (1945) y ROYO Y GÓMEZ (1945 a), por conglomerados no fosilíferos de 50 m de magnitud. Encima siguen —según las investigaciones del autor— arcillas esquistosas del **Titoniano** superior con *Substeuerocheras* cf. *lamellicostatum* (BURCKHARDT) con unos 1.000 m de espesor, al cual corresponden los horizontes 2, 3 y 4 de E. HUBACH. El **Berriasiano** empieza con areniscas cuarcíticas finas de 50 a 60 m de espesor (horizonte 5 de E. HUBACH). En la parte baja (950 m) de los esquistos arcillosos del Berriasiano se hallaron solamente lamelibranquios, gasterópodos y unas pocas impresiones indeterminables de amonitas. En contraste, la parte alta (1.100 m), que contiene en su techo calizas y capas de yeso, es a veces sumamente rica en impresiones de amonitas (*Neocomites*, *Cuyaniceras*, *Neocosmoceras*, *Argentineras*, *Himalayites*) y *Aucella*, correspondiendo a la parte inferior del horizonte 6 de E. HUBACH.

La presencia del Valanginiano inferior es problemática. En el río Batá (quebrada Honda), sigue inmediatamente después del Berriasiano el **Valanginiano superior** (1.640 m) con *Leptoceras*, *Crioceratites*, *Spiriferes* y *Olcostephanus* (*Mexicanoceras* ?). Son arcillas algo ferruginosas, las cuales corresponden a la parte alta del horizonte 6 de E. HUBACH.

El **Hauteriviano** inferior está desarrollado —según el concepto del presente autor— en la facies de la Arenisca de Cáqueza (arcillas silicosas y areniscas en parte calcáreas, 250-600 m), y es relativamente pobre en amonitas, pero a veces abundante en *Nerinea* (puente de Brigard en el río Guavio y en Calvario), *Turritella*, *Trigonia*, *Exogyra* y *Toxaster*. Encima se presentan nuevamente esquistos arcillosos negros con ejemplares bien preservados de *Olcostephanus* (Hauteriviano superior).

En una facies semejante se presenta el grupo de Cáqueza en el anticlinorio Villeta-Río Negro. En los alrededores de Villeta, las capas más profundas que alcanzan la superficie son parecidas a la Arenisca de Cáqueza y contienen *Olcostephanus* y *Choffatella sogamosae* (KARSTEN), un foraminífero que en su localidad típica caracteriza el límite Hauteriviano-Barremiano (V. PETERS 1954). Más al Norte, en la angostura del Río Negro, aparecen debajo del nivel de la Arenisca de Cáqueza pizarras y esquistos arcillosos negros del Valanginiano superior con *Leptoceras*, *Neocomites* y *Olcostephanus*. De la parte occidental de Cundinamarca no conocemos todavía fósiles pre-valanginianos. Pero más al Norte, cerca al pueblo de Bolívar, suroeste de Vélez, el doctor Gansser halló un fragmento de *Berriasella* aff. *privasensis* (PICTET) (? cf. *subprivasensis* KRANTZ ?), fósil típico para el Titoniano superior y el Berriasiano inferior.

El **Barremiano** comenzó con una transgresión, que conectó estrechamente a Cundinamarca con el mar de la Tethys; con este piso principia en Colombia el grupo de Villeta. Está expuesto en Cundinamarca en dos zonas geográficas: una al este de Bogotá, con buenos afloramientos fosilíferos en la región de La Unión-Fómeque-Ubaque, y la otra al oeste, o sea a lo largo del anticlinorio Apulo-Villeta-Útica. Los fósiles de este piso se hallan frecuentemente incluidos en concreciones calcáreas (geodas) que los protegen contra deformaciones causadas por movimientos tectónicos. Los fósiles de este piso se presentan por lo tanto en relativo buen estado y han atraído la atención de los paleontólogos, ya desde el

tiempo de Alejandro de Humboldt. Fuera de otros moluscos son frecuentes las amonitas, y entre éstas es particularmente característica la familia Pulchelliidae. Por medio de los géneros y subgéneros de esta familia, H. BÜRGL (1956) subdividió el Barremiano en las siguientes zonas paleontológicas:

Barremiano superior:	sin Pulchelliidae.
Barremiano medio:	zona IV. con <i>Pulchellia</i> y <i>Heinzia</i> .
	zona III. con <i>Pulchellia</i> sin <i>Heinzia</i> .
Barremiano inferior:	zona II. con <i>Nicklesia</i> y Pulchellias primitivas ( <i>Semipulchellia</i> , <i>Nicklesiella</i> ).
	zona I. con <i>Nicklesia</i> sin <i>Pulchellia</i> .

Las Pulchelliidae constituyen un elemento faunístico restringido a la parte occidental del mar de Tethys y se extienden desde el Perú hasta el Cáucaso; ellas designan el mar barremiano de Colombia como una parte característica de esta región marítima (E. SUESS 1888). Es interesante el hecho constatado por H. BÜRGL (1956) de que solamente durante la deposición de las zonas I y IV, Colombia estaba conectada con la región mediterránea, mientras que estaba aislada durante las fases II y III.

En la región barremiana occidental de Cundinamarca, las amonitas son mucho más escasas que en la oriental; sin embargo, se encuentran esporádicamente las mismas especies de la zona oriental. En ambas zonas son frecuentes intercalaciones de depósitos litorales (areniscas, calizas arenosas) con una fauna de lamelibranquios. Particularmente llamativas son las formas robustas como *Cucullaea*, *Trigonia*, *Exogyra*; pero éstas tienen poco valor estratigráfico, ya que se encuentran en los depósitos litorales de los pisos comprendidos desde el Barremiano hasta el Albiano superior.

El contenido en fósiles del **Aptiano inferior** de Cundinamarca es relativamente bajo comparado con la riqueza de este piso en Boyacá y Santander. En la zona Apulo-Villeta el nivel está representado por areniscas calcáreas, calizas de *Serpula* y conglomerados con relativamente pocos horizontes arcillosos. *Cucullaea*, *Trigonia* y *Ptychomya* se encuentran en abundancia en estas capas, mientras que las amonitas (*Deshayesites*, *Chelonicerias*) son escasas.

El **Aptiano superior** representa también un piso muy rico en amonitas. Esto tiene validez particularmente para los bancos de caliza con concreciones en la parte más alta, mientras que en los esquistos arcillosos que predominan en este piso, raras veces están bien preservadas. La mayoría de las especies pertenece a la familia de Parahoplitidae (*Parahoplites*, *Acanthohoplites*, *Dufrenoya*, *Colombiceras*), y con cierta distancia siguen representantes de las Desmoceratidae (*Uhligella*). También en el Aptiano se nota una estrecha comunicación faunística con la región mediterránea de la Tethys.

El **Albiano** se puede subdividir, basándonos en amonitas, en cuatro niveles, que son:

Albiano superior con *Pervinquieria* y *Venezoliceras*.

Albiano medio alto con *Oxytropidoceras* y *Venezoliceras*.

Albiano medio bajo con *Dipoloceras* y *Prolyelliceras*.

Albiano inferior con *Colombiceras*, *Lyelliceras*, *Desmoceras*, *Beudanticeras*.

Sin embargo, son muy pocos los sitios en Cundinamarca en donde la presencia de todos estos niveles se pueda comprobar por medio de amonitas. Solamente en Apulo (BÜRGL 1955 a), el Albiano inferior y el Albiano medio bajo son ricos en amonitas, y algunas pocas del Albiano inferior (*Beudanticeras*, *Hamites*) se hallaron cerca a Sasaima. Es seguro que estos niveles afloran también en Pacho (Ferrería) y posiblemente también al este de la Sabana de Bogotá, pero hasta la fecha no hemos logrado hallar amonitas.

En contraste, el Albiano medio alto, compuesto de esquistos arcillosos duros y lidíticos, llenos de impresiones de *Oxytropidoceras* e *Inoceramus*, representa uno de los horizontes más llamativos en su aspecto faunístico, litológico y morfológico del grupo de Villeta, particularmente en la zona Apulo-Sasaima y Pacho. Al oeste de Pacho y Chiquinquirá, el Albiano superior (con *Pervinquieria* y *Venezolliceras*) está compuesto de esquistos arcillosos muy duros y de areniscas cuarcíticas muy resistentes a la erosión, y forma siempre serranías y picos altos, muy llamativos. La misma facies litológica pero sin amonitas vemos en la Arenisca de Une en la zona Une-Choachí al este de Bogotá, y suponemos por lo tanto que la parte baja de esta arenisca representa el Albiano superior.

En algunos sitios al oeste de la Sabana (Reventones, San Francisco, Supatá), la parte más alta del Albiano superior está marcada por la presencia de varias formas del grupo Turrilites (*Mariella*, *Turrilitoides*, *Paraturrilites*).

Fuera de amonitas, el Albiano de Cundinamarca a veces contiene también bancos delgados con lamelibranchios y gasterópodos, pero éstos no pueden servir como horizontes de guía.

En el *Cenomaniano* de Cundinamarca, los fósiles son muy escasos. En San Francisco, las arcillas blandas de este piso contienen, con cierta frecuencia, concreciones calcáreas y piriticas con *Schloenbachia* ? Cerca de Choachí se colectaron algunos ejemplares mal conservados de *Mantelliceras* en las partes altas de la Arenisca de Une. Del *Cenomaniano* superior tenemos una sola amonita (*Tarrantoceras*) de los alrededores de Mesitas del Colegio. La zona más fosilífera dispersamente distribuida es la caliza (en la zona San Francisco-Pacho arenisca) con *Exogyra squamata* D'ORBIGNY (por varios autores llamada *E. mermeti* COQUAND) en la parte alta del *Cenomaniano*. Entre la laguna de Fúquene y Guachetá, el doctor Clarence Lee halló en este nivel un ejemplar de *Mantelliceras villiei* (COQUAND). Según la definición de E. HUBACH, la zona con *Exogyra squamata* forma el techo del grupo de Villeta.

Nuestro material del **Turoniano** está algo restringido por la mala conservación de los fósiles. Los esquistos arcillosos negros de la parte basal de este piso, en la región Anolaima-Albán-San Francisco, están caracterizados por frecuentes impresiones de Mammitidae (*Mammites*, *Pseudaspidoceras* ?), de las cuales todavía no logramos encontrar especímenes bien conservados; estas formas se presentan conjuntamente con *Inoceramus labiatus* SCHLOTHEIM. Encima aparecen *Thomasites* y *Vascoceras*, a veces bien conservados (Mesitas del Colegio). La parte superior del *Turoniano* contiene esporádicamente grandes *Mammites* y *Coi-*

*lopoceras*. Relativamente frecuentes son las intercalaciones de capas con *Inoceramus (labiatus)* y otras especies).

En el Cretáceo inferior y en el Cenomaniano, los foraminíferos son sumamente escasos y están restringidos a ciertos horizontes (V. PETTERS 1954). En la región del Alto Magdalena, los foraminíferos comienzan en el Turoniano superior a formar un elemento constante de la fauna, mientras que en la Sabana de Bogotá y sus alrededores no se encuentran sino hasta el Coniaciano. Los primeros que aparecen en mayor cantidad son *Gümbelina globulosa* y *Globigerina cretacea*. La fauna, compuesta casi exclusivamente de estas dos especies, caracteriza en la zona occidental de Cundinamarca (Girardot-Guataquí) al Turoniano superior y al Coniaciano inferior, mientras que en las inmediaciones de la Sabana de Bogotá se presenta en el Coniaciano superior. Este contraste faunístico entre la parte occidental y central de Cundinamarca aumenta en el Senoniano superior, razón por la cual PETTERS (1955) distinguió, con respecto al Campaniano y al Maestrichtiano inferior, dos provincias faunísticas: la "provincia de Bogotá", con depósitos de una región litoral algo particular, y la "provincia de Alto Magdalena", depositada en un mar algo más profundo.

Esta diferencia entre ambas provincias se manifiesta ya en el **Coniaciano**, particularmente en cuanto a la fauna de foraminíferos. En la provincia de Bogotá, como se dijo anteriormente, la fauna con *Blobigerina* y *Gümbelina* tiene un gran desarrollo en este piso; cerca del río Magdalena, la microfauna se vuelve muy rica hacia arriba, y forma en el Coniaciano superior una zona muy característica con *Dentalina lorneiana*, *Bulimina compressa* y *Anomalina redmondi*. Las amonitas son relativamente frecuentes en la provincia occidental: en el Coniaciano inferior se halla *Barroisiceras* y *Prionocycloceras* y los lamelibranquios *Inoceramus peruanus* y *Didymotis* forman, en ciertas capas, verdaderos tapices. La parte alta del Coniaciano está caracterizada por *Peroniceras* y *Texanites*.

Hasta la fecha no conocemos, de Cundinamarca, fósiles restringidos al **Santoniano**. La microfauna con *Anomalina redmondi*, que fue considerada como santoniana por BÜRGL & DUMIT (1954), se observa a veces junto con *Barroisiceras*, *Peroniceras* y *Texanites* perteneciendo, por lo tanto, al Coniaciano (PETTERS 1955, p. 214). En los alrededores de Girardot corresponde posiblemente al Santoniano la microfauna entre la zona con *Anomalina redmondi* y la de *Siphoge nerinoides*, que está caracterizada por *Wheelerella* y *Sporobulimina*. En la Sabana de Bogotá, las capas limítrofes entre el Coniaciano y el Campaniano están caracterizadas por nódulos y granos de fosfato, que indican una regresión del mar y una deposición en agua muy baja.

En la provincia del Alto Magdalena, la iniciación del **Campaniano** está bien marcada por la aparición de abundantes individuos y especies del género foraminífero *Siphogenerinoides*. El mejor fósil de guía del Campaniano en ambas provincias faunísticas es *Siphogenerinoides cretacea*, que está restringido al Campaniano y a la base del Maestrichtiano. Raras veces se consiguen amonitas (*Stantonoceras*, *Nostoceras*) y acumulaciones de lamelibranquios y gasterópodos mal conservados y no estudiados en detalle todavía.

El **Maestrichtiano** inferior comienza con una transgresión (BÜRGL & DUMIT 1954, BÜRGL 1955 b) que trae como nuevo elemento faunístico

*Siphogenerinoides bramlettei*, la única guía práctica de este piso. En la provincia de Bogotá, el Maestrichtiano basal consta de arcillas silicosas con *Nostoceras* y *Ostreatecticosta*, entre las cuales se intercalan a veces (Usaquén-Sopó) lumaquelas de lamelibranquios. Su fauna muestra ciertas semejanzas a la del Neylandville marl y a la del Nacatoch sand de Texas (parte inferior de grupo Navarro). Estas arcillas y lumaquelas están superpuestas por la Arenisca Tierna (HUBACH), que marca según este autor el techo del grupo de Guadalupe.

Encima de una ligera disconformidad sigue entonces la formación Guaduas, que fue subdivida por E. HUBACH en tres niveles. Algunas capas del Guaduas inferior contienen todavía fósiles marinos como *Siphogenerinoides bramlettei* y *S. ewaldi*, pero en su mayoría este nivel es un depósito de lagunas, ciénagas y ríos. También el Guaduas medio, caracterizado por los mantos de Carbón explotable, contiene a veces horizontes marinos con *Scaphites* y *Siphogenerinoides* (BÜRGL 1955 b). Según TH. VAN DER HAMMEN, la base de las arcillas rojas (parte alta del Guaduas superior en el sentido de E. HUBACH) corresponde al límite Cretáceo-Terciario.

En la región occidental de Cundinamarca, en los alrededores de las poblaciones de Guaduas y Dindal, toda la serie desde el Campaniano hasta la base de las arcillas rojas (Paleoceno) se acerca algo a la facies Umir. La parte baja contiene, entre otros muchos foraminíferos, *Siphogenerinoides cretacea* (Campaniano y Maestrichtiano más bajo); encima sigue la zona de *Siphogenerinoides bramlettei*, que contiene en su parte alta el conglomerado calcáreo de Menal con la caliza de Cimarrona con *Lepidorbitoides* y *Sulcoperculina vermunti* (CAUDRY 1948, 1950). Esta caliza, que corresponde probablemente al nivel de la Arenisca Tierna en la Sabana de Bogotá, está superpuesta por esquistos oscuros con *Spiroplectammina semicomplanata*, *Massilina texasensis* y *Eponides bolli*, formas típicas del Maestrichtiano superior (Navarro superior de Texas y formación Lizard Spring de Trinidad).

En los alrededores de Girardot solamente el Maestrichtiano inferior está presente y en una facies litológica y faunística algo intermedia entre las de Guaduas-Dindal y la de la Sabana de Bogotá (BÜRGL & DUMIT 1954).

A medida que en el transcurso del Maestrichtiano los restos de animales marinos se vuelven más escasos, los restos de plantas continentales se tornan progresivamente más frecuentes. Son particularmente los mantos de carbón y las arcillas que los acompañan los que representan una fuente inagotable de hojas, de esporas y polen. Este último, que es una base excelente para la estratigrafía detallada y para el conocimiento de la flora y las condiciones climáticas, fue estudiado por TH. VAN DER HAMMEN (1954).

El Terciario de la Sabana de Bogotá y de sus alrededores está desarrollado, con pocas excepciones, en facies continental, y contiene muy pocos restos de animales. Más frecuentes son los restos de plantas, como hojas, frutos y polen, siendo por lo tanto las formaciones terciarias, en primer lugar, dominio del paleobotánico, especialmente del palinólogo (E. W. BERRY, VAN DER HAMMEN).

Algunos horizontes marinos con foraminíferos en la formación Usme indican que ésta fue depositada durante el Oligoceno. Los foraminíferos mencionados por E. HUBACH en el artículo precedente no están a

nuestra disposición; H. BÜRGL (1955 a) considera las capas más altas de la formación de Usme como Oligoceno medio alto u Oligoceno superior bajo (perforación Andina, Bogotá), basándose en el hallazgo de una *Globorotalia fohsi andina*. H. C. KUGLER (1953, 1954) y C. W. DROOGER (1956) consideran, sin embargo, esta especie como característica del Tortoniano.

La formación Honda, que se extiende a lo largo del río Magdalena y en los alrededores de Girardot, un poco adentro de Cundinamarca, contiene, en los Departamentos de Tolima y Huila (Coyaima, La Venta, Carmen de Apicalá), faunas ricas de vertebrados, las cuales fueron tratadas particularmente por R. A. STIRTON (1953) y ROYO Y GÓMEZ (1945 c), quienes designan la edad de esta formación como comprendida entre el *Oligoceno superior* (Coyaima) y el *Mioceno superior* (La Venta, Carmen de Apicalá).

En la formación Tilatá son abundantes los restos de plantas, particularmente hojas y frutos, varios de los cuales fueron descritos por E. W. BERRY (1928, 1924 a, b, c, 1925).

Una fauna bastante rica del **Pleistoceno superior** se encuentra en las "arcillas arenosas con bancos irregulares de bloques y de piedras de cantos" (E. HUBACH) en Las Cátedras, cerca de Mosquera. De esta fauna, STIRTON (1953) identificó *Haplomastodon chimborazi* y *Myloodon* ? spec. En la terraza abajo de Fusagasugá se hallaron varias partes de esqueleto de *Megatherium*. En Quipile se hallaron recientemente restos de *Megatherium* y muelas de *Equus* (? *curvidens*), y en Tocancipá, muelas de un Mastodonte, también una especie del Pleistoceno moderno.

## FOSILES MARINOS DE GUIA EN CUNDINAMARCA

Cuaternario.		Depósitos predominantemente continentales.	
Terciario.			
CRETACEO	SUPERIOR	Maestrichtiano.	<i>Scaphites, Massilina texasensis, Eponides bollii.</i> <i>Siphogenerinoides bramlettei, Nostoceras, Ostrea tecticosta.</i>
		Campaniano.	<i>Siphogenerinoides cretacea, Stantonoceras.</i>
		Santoniano ?	<i>Wheelerella, Sporobulimina.</i>
		Coniaciano.	<i>Paralenticeras, Peroniceras, Anomalina redmondi.</i> <i>Barroisiceras, Prionocycloceras, Didymotis.</i>
		Turoniano.	<i>Collignoniceras, Coilopoceras, Inoceramus labiatus.</i> <i>Thomasites, Vascoceras, Pseudaspidoceras, Mammites.</i>
	Cenomaniano.	<i>Exogyra squamata, Acanthoceras, Tarrantoceras.</i> <i>Mantelliceras, Schloenbachia (?)</i>	
	INFERIOR	Albiano.	<i>Venezoliceras, Pervinquieria, Paraturrilites.</i> <i>Oxytropidoceras, Venezoliceras, Engonoceras.</i> <i>Dipoloceras, Prolyelliceras, Brancoceras.</i> <i>Colombiceras, Lyelliceras, Puzosia, Beudanticeras.</i>
		Aptiano.	<i>Acanthohoplites, Parahoplites, Dufrenoya, Colombiceras.</i> <i>Deshayesites, Chelonoceras / Cucullaea, Trigonía, Ptychomya.</i>
		Barremiano.	<i>Ancyloceras, Hamulina, Ptychoceras.</i> <i>Heinzia, Pulchellia, Pedioceras.</i> <i>Nicklesia, Pulchellia, Pseudohaploceras.</i>
		Hauteriviano.	<i>Olcostephanus, Rogersites, Choffatella sogamosae.</i> <i>Nerinea, Trigonía, Exogyra boussingaultii, Toxaster roulini.</i>
Valanginiano (superior).		<i>Leptoceras, Crioceratites, Olcostephanus.</i>	
Berriasiano.		<i>Argentiniceras, Cuyanoceras, Spiticeras, Neocosmoceras.</i>	
Titoniano sup.		<i>Substeueroceras, Berriasella, Aulacosphinctes.</i>	
Jurásico.	Desconocido.		
Triásico.	Desconocido.		
Permiano.			
Carboniano	Superior. Inferior.	<i>Chaetetes, Fenestella, Spirifer, Productus, Bellerophon.</i>	
Devoniano.	Superior.	Desconocido.	
Devoniano.	Medio.	<i>Coronura ?, Atrypa, Stropheodonta, Fenestella, Cyathophyl- lum.</i>	

Esquistos cristalinos.

# LISTAS DE FOSILES

## DEVONIANO MEDIO

Plancha I.

### Trilobites.

*Coronura* ? spec. .... Gachalá.

### Moluscos.

*Orthoceras* ? spec. .... Gutiérrez.

### Braquiópodos.

*Atrypa harrisi* CASTER .... Gutiérrez.

*Atrypa harrisi nasuta* CASTER .... Quetame.

*Stropheodonta* aff. *erratica* WHINCHELL .... Gutiérrez.

*Stropheodonta* cf. *koslowskii* CASTER .... Gutiérrez.

*Stropheodonta* aff. *demissa* (CONRAD) .... Ubalá.

*Dictyostrophia cooperi* CASTER .... Gutiérrez.

*Pentagonia gemmisulcata* CASTER .... Ubalá.

*Scaphiocoelia boliviensis* WHITEFIELD .... Ubalá.

*Spirifer* (*Frimbriospirifer*?) *chiquisasca* ULRICH .. Ubalá.

*Brachyspirifer andaculus zulianus* WEISBORD .... Ubalá.

*Acrospirifer* spec. .... Ubalá.

*Elytha* aff. *colombiana* CASTER .... Ubalá.

### Equinodermos.

*Bogotacrinus scheibei* SCHMIDT .... Río Batá (SCHMIDT 1938).

### Briozoos.

*Fenestella venezuelensis* WEISBORD .... Gutiérrez, Ubalá.

### Corales.

*Pleurodictyum* spec. .... Gutiérrez.

*Cyathophyllum venezuelense* WEISBORD .... Ubalá.

Corales indet. .... Gutiérrez.

## CARBONIANO SUPERIOR

## Plancha I.

**Corales.**

- Zaphrentis* ? ..... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Chaetetes radians* FISCHER ..... Gachalá (KEHRER 1933,  
 ROYO 1945 a).  
*Chaetetes milleporaceus* EDWARDS & HAIME ..... Ubalá, Sumapaz.

**Trilobites.**

- Ameura* ? spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).

**Briozoos.**

- Fenestella* spec. indet. .... Gachalá (SCHMIDT 1938).  
*Fenestrellina retiformis* (SCHLOTHEIM) ? ..... Medina (KEHRER 1933),  
 Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Fenestrellina* spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Sulcoretopora* spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Glyptopora* spec. .... Ubalá (ROYO 1945 a).

**Braquiópodos.**

- Schizophoria* cf. *resupinata* DAVIDSON ..... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Spiriferina* cf. *campestris* WHITE ..... Gachalá (KEHRER 1933).  
*Spirifer* cf. *increbescens* HALL ..... Gachalá (ROYO 1945 a),  
 (SCHMIDT 1938).  
*Spirifer* cf. *regulatus* KUTORGA ..... Gachalá (KEHRER 1933).  
*Spirifer* cf. *condor* D'ORBIGNY ..... Gachalá (KEHRER 1933).  
*Spirifer pellaensis cavereckensis* HERNON ..... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Spirifer* cf. *trigonalis* MART. .... Gachalá (GERTH 1931; KEHRER  
 1933).  
*Spirifer cameratus* MART. .... Gachalá (ROYO 1945 a), Quetame.  
*Spirifer* spec. nov. ? ..... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Productus semireticulatus* (MART.) ..... Gachalá (ROYO 1945, GERTH 1931,  
 KEHRER 1933).  
*Productus* spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Hustedia mormoni* MARCOU ..... Medina (KEHRER 1933).  
*Buxtonia* spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Atychospira* ? spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Pustula pustulosa* (PHILL.) ..... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Derbya buchi* D'ORBIGNY ..... Gachalá (GERTH 1931),  
 Medina (KEHRER 1933).  
*Derbya* cf. *crassa* (MEEK & HAYDEN) ..... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Derbya* spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Composita* spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).

**Lamelibránquios.**

- Pteria* ? spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Myalina* spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Aviculopecten* ? spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Nucula* spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Parallelodon* ? spec. .... Gachalá (ROYO 1945 a).  
*Leiopteria hirundo* DE KONINCK ..... Gachalá (SCHMIDT 1938).  
*Pteromites* cf. *angustatus* M'COY ..... Gachalá (SCHMIDT 1938).

**Gasterópodos.**

<i>Bellerophon</i> spec. ....	Gachalá (ROYO 1945 a) Ubalá.
<i>Euphemites</i> aff. <i>vittatus</i> (M'CHESNEY) .....	Ubalá.
<i>Trochus</i> ? spec. ....	Gachetá (ROYO 1945 a).
<i>Straparollus</i> cf. <i>savagei</i> KNIGHT .....	Gachalá (ROYO 1945 a).

**Equinodermos.**

<i>Lophocrinus</i> ? spec. ....	Gachalá (SCHMIDT 1938, ROYO 1945 a).
<i>Archaeocidaris</i> spec. indet. ....	Gachalá (SCHMIDT 1938).

TITONIANO

Plancha II.

**Amonitas.**

<i>Substeuerocheras</i> cf. <i>lamellicostatum</i> (BURCKHARDT)	Río Batá.
<i>Thurmannicerias</i> cf. <i>duraznense</i> GERTH .....	Río Batá.
<i>Berriasella</i> ( <i>Parodontoceras</i> ) aff. <i>calistoides</i> (BEHR.)	Cáqueza-Quetame.
<i>Berriasella</i> aff. <i>delphinensis</i> (KILIAN) .....	Gachalá.
<i>Berriasella</i> spec. ....	Gachalá.
<i>Aulacosphinctes mangaensis</i> (STEUER) .....	Gachalá.

**Gasterópodos.**

<i>Turritella</i> spec. ....	Río Batá.
------------------------------	-----------

BERRIASIANO

Planchas II y III.

**Amonitas.**

<i>Leptoceras</i> spec. ....	Río Batá.
<i>Argentiniceras fasciculatum</i> (STEUER) .....	Cáqueza (ROYO 1945 a).
<i>Argentiniceras</i> spec. ....	Río Batá.
<i>Thurmanniceras</i> ( <i>Kilianella</i> ) cf. <i>lucensis</i> (SAYN) ?	Cáqueza (ROYO 1945 a).
<i>Thurmanniceras thurmanni</i> (PICT. & CAMP.) .....	Cáqueza (ROYO 1945 a).
<i>Neocomites neocomiensis</i> (D'ORBIGNY) .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Neocomites neocomiensis subtenuis</i> SAYN .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Neocomites</i> aff. <i>neocomiensis</i> (D'ORBIGNY) .....	Río Batá.
<i>Neocomites limensis</i> LISSON ? .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Neocomites</i> ( <i>Cuyanicerias</i> ) <i>transgrediens</i> (STEUER)	Río Batá.
<i>Neocomites</i> ( <i>Cuyanicerias</i> ) aff. <i>raripartitus</i> (STEUER)	Río Batá.
<i>Neocomites</i> ( <i>Cuyanicerias</i> ) spec. ....	Río Batá.
<i>Protacanthodiscus</i> ( <i>Neocosmoceras</i> ) spec. ....	Río Batá.
<i>Spiticeras</i> ( <i>Kilianiceras</i> ) <i>gigas</i> LEANZA .....	Río Batá.
<i>Spiticeras</i> cf. <i>negreli</i> (MATHERON) .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Spiticeras uhligi</i> BURCKHARDT .....	Río Batá.
<i>Spiticeras</i> spec. ....	Río Batá.
<i>Holcoptychites</i> cf. <i>neuquensis</i> (DOUVILLE) .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Platylenticeras nicolasei</i> (D'ORBIGNY) .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Paquiericeras</i> cf. <i>paradoxum</i> SAYN ? .....	Gachalá (ROYO 1945 a).

**Lamelibranquios.**

<i>Nucula</i> ? spec. ....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Pseudoavicula</i> ? spec. nov. ....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Posidonomya</i> spec. nov. ....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Cyrena</i> ? spec. ....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Aucella</i> spec. ....	Río Batá.
<i>Inoceramus</i> spec. ....	Río Batá.

**Plantas.**

<i>Equisetes peruanus</i> NEUMANN .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Equisetites</i> ? .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Podozamites</i> ? .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Brachyphyllum pompeckji</i> SALFELD .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
Impresiones no determinadas .....	Río Batá.

**VALANGINIANO (Superior).**

## Plancha IV.

**Amonitas.**

<i>Leptoceras hubachi</i> (ROYO) .....	Cáqueza (ROYO 1945 a).
<i>Crioceratites</i> aff. <i>andinum</i> GERTH .....	Río Batá.
<i>Mexicanoceras rarituberculatum</i> IMLAY .....	Río Batá.
<i>Olcostephanus</i> cf. <i>bosei</i> (RIEDEL) .....	Río Batá.
<i>Olcostephanus</i> ( <i>Rogersites</i> ) cf. <i>boussingaultii</i> (D'ORB.) .....	Río Batá.
<i>Spiticeras</i> spec. ....	Río Batá.
Olcostephanidae gen. et spec. indet. ....	Río Batá.

**HAUTERIVIANO**

## Plancha IV.

**Foraminíferos.**

<i>Choffatella sogamosae</i> (KARSTEN) .....	Villeta (PETTERS 1954).
--	-------------------------

**Equinodermos.**

<i>Toxaster roulini</i> AGASSIZ .....	Cáqueza.
---------------------------------------	----------

**Amonitas.**

<i>Olcostephanus astierianus</i> (D'ORBIGNY) .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Olcostephanus bosei</i> (RIEDEL) .....	Villeta, Cáqueza (RIEDEL 1938).
<i>Olcostephanus boussingaultii</i> (D'ORBIGNY) .....	Cáqueza.
<i>Olcostephanus</i> spec. nov. ....	Villeta, Cáqueza.
<i>Olcostephanus</i> ( <i>Subastieria</i> ) aff. <i>sulcosus</i> (PAYLOW & LAMPLUGH) .....	Cáqueza.
<i>Olcostephanus</i> ( <i>Rogersites</i> ) aff. <i>atherstoni</i> SHARPE .....	Cáqueza (RIEDEL 1938).
<i>Olcostephanus</i> ( <i>Rogersites</i> ) cf. <i>prorsiradiatus</i> IMLAY .....	Cáqueza.
<i>Olcostephanus</i> ( <i>Rogersites</i> ) cf. <i>paucicostatus</i> IMLAY .....	Cáqueza.
<i>Thurmanneras</i> ? cf. <i>angulocostatum</i> IMLAY .....	Cáqueza.
<i>Acanthodiscus</i> aff. <i>radiatus</i> (BRUGUIERE) .....	Gachalá (ROYO 1945 a).
<i>Leopoldia</i> ( <i>Hoplitoides</i> ) cf. <i>provincialis</i> SAYN ....	Gachalá (ROYO 1945 a).

**Lamelibranchios.**

<i>Trigonia</i> aff. <i>ornata</i> D'ORBIGNY .....	Cáqueza.
<i>Trigonia</i> cf. <i>caudata</i> AGASSIZ .....	Cáqueza (ROYO 1945 a).
<i>Exogyra boussingaultii</i> D'ORBIGNY .....	Cáqueza.
<i>Opis</i> ? spec. ....	Cáqueza (ROYO 1945 a).
<i>Lucina</i> cf. <i>potosina</i> CASTILLO & AGUILERA ? .....	Cáqueza (ROYO 1945 a).
<i>Corbis</i> ( <i>Sphaera</i> ) <i>corrugata</i> SOWERBY ? .....	Cáqueza (ROYO 1945 a).
<i>Protocardium</i> cf. <i>elongatum</i> GERHARDT .....	Cáqueza.

**Gasterópodos.**

<i>Nerinea</i> spec. nov. ? .....	Cáqueza (ROYO 1945 a).
<i>Turritella</i> spec. ....	Río Batá.

**BARREMIANO**

Planchas V y VI.

**Amonitas.**

<i>Pseudohaploceras inca</i> (FORBES) .....	Útica.
<i>Spitidiscus ursulae</i> RIEDEL .....	Útica (RIEDEL 1938).
<i>Ammonites neoggerathi</i> KARSTEN .....	Cáqueza (KARSTEN 1856).
<i>Nicklesia colombiana</i> (D'ORBIGNY) .....	Apulo (BÜRGL 1955 a, 1956).
<i>Nicklesia dumasiana dumasiana</i> (D'ORBIGNY) ...	Ubaque (ROYO 1945 b, BÜRGL 1956), Fómeque (BÜRGL 1956).
<i>Nicklesia dumasiana richardsi</i> ROSCHEN .....	Fómeque (BÜRGL 1956).
<i>Nicklesia dumasiana retrocurvata</i> BÜRGL .....	Fómeque (BÜRGL 1956).
<i>Nicklesia nodosa</i> BÜRGL .....	Villeta, Ubaque (BÜRGL 1956).
<i>Nicklesia lenticulata</i> HYATT .....	Ubaque (ROYO 1945 b, BÜRGL 1956), Villeta (ROYO 1945 b, BÜRGL 1956).
<i>Nicklesia didayana didayana</i> (D'ORBIGNY) .....	Villeta (BÜRGL 1956).
<i>Nicklesia</i> spec. nov. aff. <i>didayana</i> (D'ORBIGNY) ...	La Unión (BREISTROFFER 1936).
<i>Nicklesia</i> ? aff. <i>bogotensis</i> (FORBES) .....	La Unión (BREISTROFFER 1936).
<i>Nicklesia zeilleri</i> (NICKLES) .....	Villeta, Ubaque (ROYO 1945 b).
<i>Nicklesia alicantensis</i> HYATT .....	Villeta (ROYO 1945 b, BÜRGL 1956), Ubaque (BÜRGL 1956).
<i>Nicklesia karsteni</i> (UHLIG) .....	La Unión (BREISTROFFER 1936), Fómeque, Ubaque (BÜRGL 1956).
<i>Pulchellia</i> ( <i>Semipulchellia</i> ) <i>communis</i> BÜRGL .....	Fómeque, Ubaque, Villeta (BÜRGL 1956).
<i>Pulchellia</i> ( <i>Pulchellia</i> ) <i>galeata galeata</i> (BUCH) ...	Villeta (BUCH, RIEDEL 1938, ROYO 1945 b, BÜRGL 1956), Cáqueza.
<i>Pulchellia</i> ( <i>Pulchellia</i> ) <i>riedeli</i> BÜRGL .....	Villeta.
<i>Pulchellia</i> ( <i>Pulchellia</i> ) <i>multicostata</i> RIEDEL .....	Villeta (BÜRGL 1956).
<i>Pulchellia</i> ( <i>Caicedia</i> ) aff. <i>caicedi</i> (KARSTEN) ....	La Unión (BREISTROFFER 1936).
<i>Pulchellia</i> ( <i>Caicedia</i> ) <i>fasciata</i> GERHARDT .....	Villeta (ROYO 1945 b).
<i>Pulchellia</i> ( <i>Hettneria</i> ) <i>hettneri</i> GERHARDT .....	Fómeque (BÜRGL 1956).
<i>Pulchellia</i> ( <i>Hettneria</i> ) <i>selecta</i> GERHARDT .....	Villeta (ROYO 1945 b).
<i>Heinzia</i> ( <i>Gerhardtia</i> ) <i>vezeziensis</i> HYATT .....	Villeta (ROYO 1945 b) Fómeque.
<i>Heinzia</i> ( <i>Gerhardtia</i> ) <i>galeatoides</i> (KARSTEN) ....	Villeta (ROYO 1945 b) Fómeque, BÜRGL 1956).
<i>Heinzia</i> ( <i>Heinzia</i> ) <i>colleti</i> BÜRGL .....	Fómeque (BÜRGL 1956).
<i>Heinzia</i> ( <i>Carstenia</i> ) <i>lindigii</i> (KARSTEN) .....	Cáqueza (ROYO 1945 b, BÜRGL 1956).
<i>Psilotissotia chalmasi</i> (NICKLES) .....	Villeta, Fómeque (ROYO 1945 b, BÜRGL 1956).
<i>Psilotissotia maxima</i> BÜRGL .....	Ubaque (BÜRGL 1956).

- Pedioceras caquesensis* (KARSTEN) ..... Ubaque (KARSTEN 1856, GERHARDT 1897, Cáqueza, Fómeque (ROYO 1945 b).  
*Crioceras duvalii undulatum* (KARSTEN) ..... Cáqueza (KARSTEN 1856, ROYO 1945 b), Villeta (ROYO 1945 b).  
*Leptoceras beyrichii* (KARSTEN) ..... La Unión (BREISTROFFER 1936).  
*Ancyloceras van-den-heckei* ASTIER ..... Cáqueza (ROYO 1945 b).  
*Hamulina* cf. *dauidsoni* (COQUAND) ..... Fómeque (ROYO 1945 b).  
*Hamulina* cf. *astieri* D'ORBIGNY ..... Fómeque (ROYO 1945 b).  
*Hamulina* spec. .... Cáqueza (ROYO 1945 b).  
*Ptychoceras humboldtianus* KARSTEN ..... Cáqueza (KARSTEN 1856).

### Gasterópodos.

- Nododelphinula* ? spec. .... Villeta (ROYO 1945 b).  
*Rostellaria* ? *boussingaultii* D'ORBIGNY ..... Ubaque, Fómeque (ROYO 1945 b).  
*Turritella (Haustator) scheibei* JAWOSKI ..... Ubaque, Fómeque (ROYO 1945 b).  
*Turritella (Haustator) columbiana* JAWORSKI ..... Fómeque (ROYO 1945 b).  
*Chenopus (Tessarolax) americana* (D'ORBIGNY) .. Villeta (ROYO 1945 b).  
*Chenopus* spec. .... Cáqueza (ROYO 1945 b).  
*Pseudoglauconia studeri peruana* FRITZSCHE ..... Cáqueza (ROYO 1945 b).  
*Pseudoglauconia* aff. *strombiformis* (SCHLOTHEIM) Apulo (HUBACH 1931).

## APTIANO INFERIOR

Planchas VII y VIII.

### Amonitas.

- Deshayesites* aff. *codazzianus* (KARSTEN) ..... Útica.  
*Deshayesites columbianus* RIEDEL ..... Tocaima, Cáqueza, Pubenza (RIEDEL 1938).  
*Deshayesites stutzeri* RIEDEL ..... ? ?  
*Chelonicerias* spec. .... Apulo (PETTERS 1954, BÜRGL 1955 a).  
*Crioceras (Pseudocrioceras) abichi* BAC. & SIM. .. Villeta.  
*Melchiorites emerici medius* RIEDEL ..... Útica (RIEDEL 1938).

### Lamelibranquios.

- Gervilleia alaeformis* SOWERBY ..... Ubaque (DIETRICH 1938).  
*Cucullaea (Idonearca) gabrielis* (LEYMERIE) ..... Ubaque (DIETRICH 1938) Fómeque, Cáqueza (ROYO 1945 b).  
*Cucullaea (Idonearca) brevis* (D'ORBIGNY) ..... Cáqueza (ROYO 1945 b).  
*Cucullaea* spec. .... Ubaque (BOTERO 1936).  
*Arca* spec. .... Cáqueza (ROYO 1945 b).  
*Trigonia (Quadratortrigonia) hondaana* LEA ..... Tocaima (LEA 1840), Ubaque (DIETRICH 1938), Cáqueza (ROYO 1945 b), Apulo (BÜRGL 1955 a).  
*Trigonia (Notoscabrottrigonia) tocaimaana* LEA ... Tocaima (LEA 1840), Ubaque (DIETRICH 1938), Cáqueza (ROYO 1945 b), Apulo (BÜRGL 1955 a).  
*Trigonia subcrenulata* D'ORBIGNY ..... Ubaque (BOTERO 1936).  
*Trigonia (Laevitrigonia) scheibei* DIETRICH ..... Ubaque (DIETRICH 1938) Fómeque, Cáqueza (ROYO 1945 b).  
*Exogyra boussingaultii* D'ORBIGNY ..... Fómeque (ROYO 1945 b), Apulo (BÜRGL 1955 a).

<i>Cyprina (Venericardia) spec.</i> .....	Cáqueza (ROYO 1945 b).
<i>Crassatella ? aequalis</i> GERHARDT .....	Villeta, Cáqueza (ROYO 1945).
<i>Pholadomya picteti</i> MAYER-EYMAR .....	Útica-Villeta (DIETRICH 1938).
<i>Ptychomya robinaldina buchiana</i> (KARSTEN) .....	Ubaque (DIETRICH 1938), Cáqueza (ROYO 1945 b), Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Corbis (Sphaera) corrugata</i> SOWERBY .....	Cáqueza (ROYO 1945 b).
<i>Corbis pulchelliphila</i> GERHARDT .....	Villeta (ROYO 1945 b).
<i>Nucula spec. nov. ?</i> .....	Ubaque, Fόμεque (ROYO 1945 b).
<i>Corbula cf. convergens</i> (GERHARDT) .....	Fόμεque (ROYO 1945 b).
<i>Corbula spec. nov.</i> .....	Ubaque, Fόμεque (ROYO 1945 b).
<i>Anomia spec.</i> .....	Ubaque (ROYO 1945 b).
<i>Astarte spec.</i> .....	Ubaque (ROYO 1945 b).
<i>Lucina (Phacoides) porrecta</i> GERHARDT .....	Villeta, Ubaque (ROYO 1945 b).
<i>Lucina (Phacoides) plicatocostata</i> D'ORBIGNY .....	Villeta (ROYO 1945 b).
<i>Protocardia spec.</i> .....	Ubaque (ROYO 1945 b).
<i>Protocardia peregrinorsa</i> (D'ORBIGNY) .....	Cáqueza (ROYO 1945 b).
<i>Isocardia spec.</i> .....	Cáqueza (ROYO 1945 b).
<i>Tellina (Linearis) andium</i> GERHARDT .....	Cáqueza (ROYO 1945 b).
<i>Tellina cf. carteroni</i> D'ORBIGNY .....	Ubaque (ROYO 1945 b).
<i>Tellina spec.</i> .....	Cáqueza (ROYO 1945 b).

### Anélidos.

<i>Serpula spec.</i> .....	Apulo (BÜRGL 1955 a).
----------------------------	-----------------------

### Foraminíferos.

<i>Epistomina mosquensis</i> UHLIG .....	Apulo (PETERS 1954).
--	----------------------

## APTIANO SUPERIOR

### Planchas VII y VIII.

### Amonitas.

<i>Acanthohoplites acutecostatus</i> RIEDEL .....	Apulo (BÜRGL 1955 b).
<i>Acanthohoplites aff. abichi</i> ANTHULA .....	Viotá (RIEDEL 1938).
<i>Acanthohoplites bigoureti</i> (SEUNES) .....	Viotá (RIEDEL 1938).
<i>Acanthohoplites interiectus</i> RIEDEL .....	Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Acanthohoplites cf. interiectus</i> RIEDEL .....	Topaipí.
<i>Parahoplites inconstans</i> RIEDEL .....	Útica (RIEDEL 1938).
<i>Parahoplites obliquus</i> RIEDEL .....	Útica (RIEDEL 1938).
<i>Parahoplites obliquus remotus</i> RIEDEL .....	Útica (RIEDEL 1938).
<i>Colombiceras rotundatum</i> (GERHARDT) .....	Villeta.
<i>Colombiceras tobleri discoidale</i> SINZON .....	Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Colombiceras aff. tobleri</i> JACOB .....	Útica (RIEDEL 1938).
<i>Dufrenoya texana</i> BURCKHARDT .....	Apulo (BÜRGL 1955 a) La Mesa.
<i>Uhligella zürcheri</i> JACOB & TOBLER .....	Viotá (RIEDEL 1938).
<i>Uhligella ? aff. zürcheri</i> JACOB & TOBLER .....	Topaipí.
<i>Uhligella latecostata</i> RIEDEL .....	Viotá (RIEDEL 1938).
<i>Chelonicerias clanseyense</i> JACOB .....	Útica (RIEDEL 1938).
<i>Chelonicerias horridum</i> (RIEDEL) .....	Útica (RIEDEL 1938).

### Plantas.

<i>Musa spec.</i> .....	Sasaima (HUERTAS & VAN DER HAMMEN 1953).
-------------------------	---

## ALBIANO INFERIOR

Planchas IX y X.

**Amonitas.**

<i>Douvilleiceras</i> spec. ....	Útica.
<i>Colombiceras karsteni</i> (MARCOU) .....	Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Sonneratia colombiana</i> SCOTT .....	Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Puzosia hopkinsi</i> (FORBES) .....	Apulo.
<i>Puzosia</i> nov. sp. aff. <i>mayoriana</i> (D'ORBIGNY) ....	Útica.
<i>Lyelliceras prorsocurvatum</i> (GERHARDT) .....	Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Desmoceras</i> cf. <i>latidorsatum</i> (MICHELIN) .....	Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Beudanticeras</i> cf. <i>laevigatum</i> (SOWERBY) .....	Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Beudanticeras subparandieri</i> SPATH .....	Sasaima.
<i>Hamites tenuis</i> SOWERBY .....	Sasaima.

**Lamelibránquios.**

<i>Exogyra couloni</i> DEFRANCE .....	Útica.
<i>Trigonia (Laevitrigonia) scheibei</i> DIETRICH .....	Cáqueza.

**Foraminíferos.**

<i>Orbitolina concava texana</i> (ROEMER) .....	Apulo (PETTERS 1954).
---	-----------------------

## ALBIANO MEDIO BAJO

Plancha X.

**Amonitas.**

<i>Dipoloceras</i> aff. <i>bouchardianum</i> (D'ORBIGNY) ....	Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Dipoloceras</i> aff. <i>subdelaruei</i> SPATH .....	Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Prolyelliceras lobatum</i> RIEDEL .....	Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Brancoceras</i> aff. <i>aegoceratoides</i> STEINMANN .....	Apulo (BÜRGL 1955 a).

## ALBIANO MEDIO ALTO

Plancha XI.

**Amonitas.**

<i>Oxytropidoceras carbonarium</i> (GABB) .....	Pácho, Sasaima, Reventónes, Apulo (BÜRGL 1955 a).
<i>Oxytropidoceras roissyanum</i> (D'ORBIGNY) .....	Pácho.
<i>Dipoloceras</i> aff. <i>sergipense</i> (WHITE) .....	Pácho.
<i>Venezoliceras karsteni</i> (STIELER) .....	Reventónes.
<i>Engonoceras</i> spec. ....	Supatá.

**Lamelibránquios.**

<i>Inoceramus</i> spec. ....	Sasaima, Quipile, Pácho, Reventónes.
------------------------------	---

**Crinoideo.**

<i>Roiometra columbiana</i> CLARK .....	Sasaima (CLARK 1944).
---	-----------------------

ALBIANO SUPERIOR

Planchas X y XI.

**Amonitas.**

<i>Venezolicerias venezolanum</i> (STIELER) .....	Tocaima, Viotá, Anolaima, Pacho, San Francisco.
<i>Venezolicerias karsteni</i> (STIELER) .....	Pacho.
<i>Venezolicerias</i> cf. <i>trinitense</i> (GABB) .....	Pacho, Chipaque.
<i>Pervinquieria</i> spec. ....	Pacho, Supatá.
<i>Turrilites</i> ( <i>Mariella</i> ) <i>bergeri</i> BRONGNIART .....	San Francisco.
<i>Turrilitoides hugardianus</i> (D'ORBIGNY) .....	Supatá.
<i>Paraturrilites</i> aff. <i>quadrituberculatus</i> BAYLE .....	Anolaima.

**Lamelibránquios.**

<i>Nucula subrecurva</i> PHIL. ....	Chipaque.
<i>Astarte debilidens</i> GERHARDT .....	Chipaque.
<i>Nododelphinula</i> ? cf. <i>bellisculptata</i> JAWORSKI ....	Chipaque.
<i>Ostrea</i> ( <i>Lopha</i> ) cf. <i>syphax</i> COQUAND .....	La Mesa (DIETRICH 1938).
<i>Anomia</i> cf. <i>laevigata</i> SOWERBY .....	La Mesa (DIETRICH 1938).
<i>Inoceramus</i> aff. <i>concentricus</i> PARKINSON .....	Supatá.

**Gasterópodos.**

<i>Turritella</i> ( <i>Haustator</i> ) aff. <i>columbiana</i> JAWORSKI	Chipaque.
<i>Turritella</i> ( <i>Haustator</i> ) <i>scheibei</i> JAWORSKI .....	Cambao.
<i>Turritella</i> aff. <i>vibrayana</i> D'ORBIGNY .....	Chipaque.

CENOMANIANO

Plancha XII.

**Amonitas.**

<i>Schloenbachia</i> (?) nov. spec. ....	San Francisco.
<i>Mantelliceras</i> cf. <i>brazoense</i> BÖSE .....	Choachí.
<i>Mantelliceras</i> cf. <i>villiei</i> (COQUAND) .....	Guachetá-Lenguazaque.
<i>Acanthoceras</i> (?) <i>ospinae</i> (KARSTEN) .....	Ubaté.
<i>Tarrantoceras</i> cf. <i>rotatile</i> STEPHENSON .....	El Colegio.

**Lamelibránquios.**

<i>Exogyra squamata</i> D'ORBIGNY .....	Chipaque, Ubaté.
<i>Ostrea</i> aff. <i>syphax</i> COQUAND .....	Gachetá.
<i>Pecten</i> aff. <i>tenouklensis</i> COQUAND .....	Machetá.

TURONIANO INFERIOR

Plancha XIII.

**Amonitas.**

<i>Thomasites rollandi</i> PERON .....	El Colegio, Girardot, (BÜRGL & DUMIT 1954).
<i>Vascoceras</i> spec. ....	El Colegio.
<i>Pseudaspidoceras</i> ? spec. ....	Reventones, Albán, San Francisco.
<i>Mammites</i> aff. <i>nodosoides</i> (SCHLOTHEIM) .....	Albán.
<i>Mammitidae</i> ? gen. n. spec. ....	El Colegio.

**Lamelibranquios.**

- Inoceramus labiatus* SCHLOTHEIM ..... Reventones, Albán, San Francisco.  
*Inoceramus dimidius* WHITE ..... San Francisco.

## TURONIANO SUPERIOR

Plancha XIII.

**Amonitas.**

- Collignoniceras* cf. *woollgari* (MANTELL) ..... Guachetá.  
*Coilopoceras* aff. *colleti* HYATT ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954).  
 Anolaima, Supatá.

**Lamelibranquios.**

- Inoceramus labiatus* SCHLOTHEIM ..... Villeta, Girardot, Zipaquirá,  
 Guachetá.  
*Inoceramus* cf. *dimidius* WHITE ..... Gachetá.

**Foraminíferos.**

- Gümbelina globulosa* (EHRENBERG) ..... Girardot, Guachetá.  
*Globigerina cretacea* D'ORBIGNY ..... Girardot, Guachetá.  
*Globotruncana marginata* (REUSS) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954).  
*Buliminella colonensis* CUSHMAN & HEDBERG .... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954).  
*Bulimina proluxa* CUSHMAN & PARKER ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954).

## CONIACIANO INFERIOR

Planchas XIV - XVI.

## 1. PROVINCIA DEL ALTO MAGDALENA

**Moluscos.**

- Peronicerus moureti* DE GROSSOUVRE ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954).  
*Prionocycloceras guayabanum* (STEINMANN) ... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954).  
*Prionocycloceras* aff. *mediotuberculatum* (GERH.) Girardot.  
*Barroisicerus rhombiferum* (GERHARDT) ..... Pubenza (RIEDEL 1938).  
*Barroisicerus subtuberculatum* (GERHARDT) ..... Girardot, Pubenza (RIEDEL 1938).  
*Barroisicerus (Harleites)* spec. .... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Monotis (Didymotis) roemeri* (KARSTEN) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Inoceramus peruanus* BRÜGGEN ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).

**Foraminíferos.**

- Gümbelina globulosa* (EHRENBERG) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Buliminella carseyae* PLUMMER ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Globigerina cretacea* D'ORBIGNY ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Globotruncana marginata* (REUSS) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).

2. PROVINCIA DE BOGOTA

**Moluscos.**

- Prionocycloceras mediotuberculatum* (GERHARDT) . Zipaquirá, Tabio.  
*Inoceramus peruanus* BRÜGGEN ..... Albán, Guachetá.  
*Inoceramus aequivalvis* BRÜGGEN ..... Tabio.

**Peces.**

- Enchodus* ? spec. .... La Mesa.

CONIACIANO SUPERIOR

Planchas XIV - XVI.

1. PROVINCIA DEL ALTO MAGDALENA

**Moluscos.**

- Texanites* aff. *serratmarginatus* (REDTENBACHER) Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Inoceramus peruanus* BRÜGGEN ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).

**Foraminíferos.**

- Haplophragmoides excavata* CUSHMAN & WATERS Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Ammobaculites coprolithiformis* (SCHWAGER) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Ammobaculites alexanderi* CUSHMAN ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Pseudogaudrynella mollis* (CUSHMAN) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Robulus münsteri* (ROEMER) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Robulus pseudosecans* CUSHMAN ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Dentatina* cf. *lorneiana* D'ORBIGNY ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Palmula suturalis* (CUSHMAN) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Kyphopyxa christineri* (CARSEY) ..... Girardot BALSEIRO 1954.  
*Gümbelina striata* (EHRENBERG) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Gümbelina* cf. *reussi* CUSHMAN ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Gümbelina globulosa* (EHRENBERG) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Siphogenerinoides* spec. .... Girardot.  
*Buliminella colonensis* CUSHMAN & HEDBERG ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Buliminella carseyae* PLUMMER ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Buliminella vitrea* CUSHMAN & PARKER ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Bulimina kickapoensis pingua* CUSHMAN & PARKER Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Bulimina proluxa* CUSHMAN & PARKER ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Bulimina compressa* CARSEY ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Neobulimina canadensis* CUSHMAN & WICKENDEN . Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Loxostoma gemmum* (CUSHMAN) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Loxostoma cushmani* WICKENDEN ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Gyroidina depressa* (ALTH) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Globigerina* aff. *triloba* REUSS ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Globigerina cretacea* D'ORBIGNY ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Rugoglobigerina macrocephala* BRONNIMANN ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Globotruncana fornicata* PLUMMER ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Globotruncana canaliculata* (REUSS) ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Anomalina redmondi* PETTERS ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).

## 2. PROVINCIA DE BOGOTA

**Moluscos.**

<i>Peroniceras (Gauthiericeras) bajuvaricum</i> (REDT.)	Chía (BÜRGL 1955 b).
<i>Peroniceras</i> spec. ....	Ubaté.
<i>Paralenticeras</i> cf. <i>sieversi</i> (GERHARDT) ....	Ubaté.
<i>Texanites</i> ? cf. <i>texanum</i> (ROEMER) ....	La Calera, Ubaté.
<i>Inoceramus peruanus</i> BRÜGGEN ....	Ubaté.
<i>Inoceramus</i> cf. <i>subquadratus</i> SCHLÜTER ....	Chía (BÜRGL 1955 b).
<i>Didymotis</i> cf. <i>variabilis</i> GERHARDT ....	Usaquén (DIETRICH 1938).
<i>Lucina</i> spec. ....	Chía (BÜRGL 1955 b.)
<i>Cymbophora</i> spec. ....	Chía (BÜRGL 1955 b.)

**Foraminíferos.**

<i>Gümbelina globulosa</i> (EHRENBERG) ....	Ubaté, Guachetá.
<i>Globigerina cretacea</i> D'ORBIGNY ....	Guachetá.

## SANTONIANO ?

## 1. PROVINCIA DEL ALTO MAGDALENA

**Foraminíferos.**

<i>Robulus pseudosecans</i> CUSHMAN ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b)
<i>Buliminella carseyae</i> PLUMMER ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b)
<i>Sporobulimina perforata</i> BENTON STONE ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b)
<i>Neobulimina canadensis</i> CUSHMAN & WICKENDEN	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b)
<i>Wheelerella magdalenaensis</i> PETTERS ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Gyroïdina depressa</i> (ALTH) ....	

## CAMPANIANO

## Plancha XVII.

## 1. PROVINCIA DEL ALTO MAGDALENA

**Moluscos.**

<i>Stantonoceras</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Nostoceras</i> div. spec. indet. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Turrilites</i> aff. <i>splendidus</i> SHUMARD ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Pachydiscus</i> (?) spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Gryphaeostrea vomer</i> (MORTON) ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).

**Anélido.**

<i>Serpula</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
---------------------------	----------------------------------

**Foraminíferos.**

<i>Robulus</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Robulus münsteri</i> (ROEMER) ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Marginulina</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Nodosaria</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Dentalina</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Pseudoglandulina</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Vaginulina wadei</i> KELLEY ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Palaeopolymorphina pleurostomelloides</i> (FRANKE) ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Operculina</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Gümbelina globulosa</i> (EHRENBERG) ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Rectogümbelina</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Siphogenerinoides bermudezi</i> BENTON STONE ...	Girardot, Melgar (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Siphogenerinoides clarki</i> CUSHMAN & CAMPBELL	Girardot, Melgar (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Siphogenerinoides aff. clarki</i> CUSHMAN & CAMP.	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Siphogenerinoides revoluta</i> BENTON STONE ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Siphogenerinoides reticulata</i> BENTON STONE ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Siphogenerinoides cretacea</i> CUSHMAN ....	Girardot, Melgar (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Siphogenerinoides landesi</i> BENTON STONE ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Buliminella colonensis</i> CUSHMAN & HEDBERG ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Buliminella vitrea</i> CUSHMAN & PARKER ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Bulimina kickapooensis</i> COLE ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Bulimina proluxa</i> CUSHMAN & PARKER ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Bulimina aff. proluxa</i> CUSHMAN & PARKER ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Bulimina reussi</i> MORROW ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Bulimina reussi navarroensis</i> CUSHMAN & PARKER	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Bulimina exigua</i> CUSHMAN & PARKER ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Bulimina aff. exigua</i> CUSHMAN & PARKER ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Bulimina compressa</i> CARSEY ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Bulimina aspera</i> CUSHMAN & PARKER ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Bolivina incrassata</i> REUSS ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Virgulina</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Loxostomum clavatum</i> (CUSHMAN) ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Loxostomum plaitum</i> (CARSEY) ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Ellipsonodosaria alexanderi</i> CUSHMAN ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Valvulineria cf. umbilicatula</i> (D'ORBIGNY) ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Valvulineria infrequens</i> MORROW ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Gyroidina</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Globigerina cretacea</i> D'ORBIGNY ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Globigerina aff. quadrata</i> WHITE ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Anomalina navarroensis</i> PLUMMER ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Anomalina henbesti</i> PLUMMER ....	Girardot, Melgar (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Anomalina nelsoni</i> BERRY ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Anomalina semicomplanata</i> CUSHMAN ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Planulina</i> spec. ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Planulina nacatochensis</i> CUSHMAN ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).
<i>Planulina taylorensis</i> (CARSEY) ....	Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).

## MAESTRICHTIANO INFERIOR

## Plancha XVII.

## 1. PROVINCIA DEL ALTO MAGDALENA

**Moluscos.**

*Gryphaeostrea vomer* (MORTON)..... Melgar.

**Foraminíferos.**

*Lepidorbitoides* spec. .... Guaduas (CAUDRY 1948).  
*Sulcoperculina vermunti* THIADENS ..... Guaduas (CAUDRY 1948).  
*Robulus münsteri* (ROEMER) ..... Girardot.  
*Gümbelina globulosa* EHRENBERG ..... Girardot ?, Guaduas.  
*Siphogenerinoides bermudezi* BENTON STONE .... Girardot, Melgar, Guaduas, Dindal.  
*Siphogenerinoides bramlettei* CUSHMAN ..... Dindal.  
*Siphogenerinoides clarki* CUSHMAN & CAMPBELL ..... Girardot, Melgar, Guaduas, Dindal.  
*Siphogenerinoides cretacea* CUSHMAN ..... Girardot, Melgar, Guaduas, Dindal.  
*Siphogenerinoides ewaldi* (KARSTEN) ..... Melgar.  
*Siphogenerinoides plummeri* (CUSHMAN) ..... Girardot, Melgar, Guaduas.  
*Siphogenerinoides revoluta* BENTON STONE ..... Girardot ?, Melgar, Guaduas.  
*Siphogenerinoides reticulata* BENTON STONE .... Girardot ?, Guaduas, Dindal.  
*Bulimina kickapooensis* COLE ..... Guaduas.  
*Bulimina prolixa* CUSHMAN & PARKER ..... Girardot, Guaduas, Dindal.  
*Bulimina* cf. *reussi* MORROW ..... Dindal.  
*Loxostomum plaitum* CARSEY ..... Dindal.  
*Stilostomella* cf. *horridens* (CUSHMAN) ..... Dindal.  
*Valvulineria allomorphinoides* (REUSS) ..... Dindal.  
*Globigerina cretacea* D'ORBIGNY ..... Girardot (BÜRGL & DUMIT 1954 b).  
*Globigerina quadrata* WHITE ..... Guaduas.  
*Rugoglobigerina macrocephala* BRONNIMANN ... Girardot.  
*Globotruncana fornicata* PLUMMER ..... Guaduas.  
*Globotruncana ventricosa* WHITE ..... Guaduas.  
*Anomalina bentonensis* MORROW ..... Dindal.  
*Anomalina henbesti* PLUMMER ..... Melgar.  
*Anomalina nelsoni* BERRY ..... Girardot, Guaduas.  
*Planulina correcta* CARSEY ..... Dindal.  
*Planulina nacatochensis* CUSHMAN ..... Girardot.

## 2. PROVINCIA DE BOGOTA

**Amonitas.**

*Nostoceras* aff. *stantoni aberrans* HYATT ..... Chía (BÜRGL 1955 b).  
*Sphenodiscus* ? spec. .... Usaquén-Sopó.

**Gasterópodos.**

*Anchura* ? cf. *rostrata* GABB ..... Usaquén-Sopó.

**Lamelibranchios.**

*Nuculana corsicana* STEPHENSON ..... Usaquén-Sopó.  
*Nemodon* aff. *enfaulensis* GABB ..... Usaquén-Sopó.  
*Breviarca* spec. div. .... Usaquén-Sopó.

<i>Idonearca capax</i> CONRAD .....	Usaquén-Sopó.
<i>Ostrea panda</i> MORTON .....	Usaquén-Sopó.
<i>Ostrea tecticosta</i> GABB .....	Usaquén-Chía (BÜRGL 1955 b), Suesca.
<i>Inoceramus cf. balticus</i> BOEHM .....	Suba.
<i>Exogyra</i> spec. ....	Usaquén-Sopó.
<i>Trigonia</i> spec. ....	Usaquén-Sopó.
<i>Pecten (Camponectes) cf. kaufmannensis</i> STEPH.	Usaquén-Sopó.
<i>Spondylus</i> spec. ....	Usaquén-Sopó.
<i>Lima aff. utahensis</i> STANTON .....	Usaquén-Sopó.
<i>Lima</i> spec. ....	Usaquén-Sopó.
<i>Veniella conradi</i> (MORTON) .....	Usaquén-Sopó.
<i>Cuspidaria</i> spec. ....	Usaquén-Sopó.
<i>Etea corsicana</i> STEPHENSON .....	Usaquén-Sopó.
<i>Astarte</i> spec. ....	Usaquén-Sopó.
<i>Crassatella aff. vadosa</i> MORTON .....	Usaquén-Sopó.
<i>Crassatella vadosa cedarensis</i> STEPHENSON .....	Usaquén-Sopó.
<i>Lucina aff. mattiformis</i> STEPHENSON .....	Usaquén-Sopó.
<i>Cardium</i> spec. ....	Usaquén-Sopó.
<i>Meretrix (Aphrodina) tippiana</i> CONRAD .....	Usaquén-Sopó.
<i>Cyprimeria depressa</i> CONRAD .....	Usaquén-Sopó.
<i>Cyprimeria cf. coonensis</i> STEPHENSON .....	Usaquén-Sopó.
<i>Cymbophora scabellum</i> STEPHENSON .....	Usaquén-Sopó.
<i>Cymbophora inflata</i> STEPHENSON .....	Usaquén-Sopó.

### Foraminíferos.

<i>Haplophragmoides excavata</i> CUSHMAN & WATERS	Usaquén-Sopó.
<i>Haplophragmoides glabra</i> CUSHMAN & WATERS .	Usaquén-Sopó.
<i>Siphogenerinoides bermudezi</i> BENTON STONE ...	Chía, Suesca, Guachetá.
<i>Siphogenerinoides bramlettei</i> CUSHMAN .....	Chía, Guachetá, Usaquén-Sopó.
<i>Siphogenerinoides clarki</i> CUSHMAN & CAMPBELL .	Suesca, Guachetá.
<i>Siphogenerinoides cretacea</i> (CUSHMAN) .....	Guachetá.
<i>Siphogenerinoides ewaldi</i> (KARSTEN) .....	Chía, Suesca, Guachetá, Usaquén.
<i>Siphogenerinoides plummeri</i> (CUSHMAN) .....	Suesca.
<i>Globigerina quadrata</i> WHITE .....	Guachetá.

### Equinodermos.

Ofiuroideo no det. ....	Usaquén-Sopó.
-------------------------	---------------

### Vertebrados.

Aletas, vértebras y escamas de peces .....	Usaquén-Sopó, Subachoque.
--	---------------------------

## MAESTRICHTIANO SUPERIOR

Planchas XVII y XVIII.

### FORMACION GUADUAS Y UMIR

### Amonitas.

<i>Scaphites aff. mandanensis</i> (MORTON) .....	Zipaquirá (BÜRGL 1955 b).
--	---------------------------

**Foraminíferos.**

<i>Siphogenerinoides ewaldi</i> (KARSTEN) .....	Chía (BÜRGL 1955 b).
<i>Spiroplectammina semicomplanata</i> CARSEY .....	Guaduas.
<i>Massilina texasensis</i> CUSHMAN .....	Guaduas.
<i>Eponides bollii</i> CUSHMAN & RENZ .....	Guaduas.
<i>Anomalina nelsoni</i> BERRY .....	Guaduas.

**Plantas.**

<i>Musa</i> spec. ....	Monserate (BERRY).
Polen y esporas .....	Lenguazaque, Suesca (VAN DER HAMMEN 1954).

## OLIGOCENO

Plancha XVIII.

**Foraminíferos.**

<i>Globorotalia fohsi andina</i> BÜRGL .....	Bogotá (BÜRGL 1955 c).
--	------------------------

## PLIOCENO

Plancha XVIII.

**Plantas.**

<i>Saccoglottis cipaconensis</i> BERRY .....	Zipacón (BERRY 1924 a).
<i>Simaruba versicoloroides</i> BERRY .....	Guasca (BERRY 1924 a).
<i>Vantanea colombiana</i> BERRY .....	Zipacón (BERRY 1924 b).
<i>Anacardium peruvianum</i> BERRY .....	? (BERRY 1924 c).

## PLEISTOCENO

Plancha XIX.

**Mamíferos.**

<i>Haplomastodon</i> spec. ....	Tocancipá.
<i>Haplomastodon chimborazi</i> (PROANO) .....	Mosquera (STIRTON 1953).
? <i>Mylodon</i> spec. ....	Mosquera (STIRTON 1953).
<i>Megatherium</i> spec. ....	Fusagasugá.
<i>Equus</i> (? <i>curvidens</i> OWEN) .....	Quipile. ✓

## BIBLIOGRAFÍA

- BALSEIRO, L. M. (1954).—“Upper Cretaceous Foraminifera of Southern Colombia”. Thesis submitted to the Faculty of Miami University. Inédito.
- BERRY, E. W. (1918).—“Age of Certain plant-bearing beds and associated marine formations in South America”.—*Bull. Geol. Soc. America*, vol. 29, pp. 637-648.
- BERRY, E. W. (1924 a).—“Fossil fruits from the Eastern Andes of Colombia”. *Bull. Torrey Botanical Club*, vol. 51, pp. 61-67.
- BERRY, E. W. (1924 b).—“An Oligocene Cashew Nut from South America”. *Amer. Journ. Science*, 5th serie, vol. 8, N° 44, pp. 123-126, New Haven.
- BERRY, E. W. (1924 c).—“New Tertiary Species of *Anacardium* and *Vantanea* from Colombia”. *Pan-American Geologist*, vol. 42, pp. 259-262.
- BERRY, E. W. (1925).—“A species of *Musa* in the Tertiary of South America”. *Proc. National Acad. Sciences U. S. America*, vol. 11, N° 6, pp. 298-299, Washington.
- BERRY, E. W. (1937).—“Un banano del Terciario de Colombia”. *Bol. de Petróleo*, Nos. 97-102, pp. 253-263, Bogotá.
- BEURLEN, K. (1938).—“Algunos fósiles cretácicos (vermes, equínidos, crustáceos) de la Cordillera Oriental”. *Estud. Geol. y Paleont. sobre la Cordillera Oriental de Colombia*, parte 3, pp. 128-136, 1 pl., Bogotá.
- BOTERO, A. G. (1936).—“Bosquejo de Paleontología Colombiana”. *An. Esc. Minas*, vol. 35, 86 pp., 70 figs., 3 cuadros, 4 mapas, Medellín.
- BREISTROFFER, M. (1936).—“Sur quelques Céphalopodes du Crétacé de Colombie”. *C. R. S. Soc. Geol. France 1936*, N° 9, pp. 155-157, París.
- BUCH, L. VON (1939).—“Pétrifications recueillies en Amérique par Mr. de Humboldt et par Charles Degenhardt”. En J. EWALD, J. ROTH & W. DAMES, *Leopold von Buch gesammelte Schriften*, pp. 519-542, pls. 30 y 31, Berlín, 1885.
- BÜRGL, H. (1954).—“El Cretáceo Inferior en los alrededores de Villa de Leiva”. *Bol. Geol.*, vol. 2, N° 1, pp. 5-22, 4 pls., Bogotá.
- BÜRGL, H. (1955 a).—“El anticlinal de Apulo”. *Bol. Geol.*, vol. 3, N° 2, pp. 2-22, 4 pls., Bogotá.
- BÜRGL, H. (1955 b).—“La formación Guadalupe entre Tabio y Chía en la Sabana de Bogotá”. *Bol. Geol.*, vol. 3, N° 2, pp. 23-55, 4 pls., Bogotá.
- BÜRGL, H. (1955 c).—“Globorotalia fohsi en la formación de Usme”.—*Bol. Geol.*, Vol. 3, N° 2, pp. 56-65, Bogotá.
- BÜRGL, H. (1956).—“Catálogo de las amonitas de Colombia. I. Pulchelliidae”. *Bol. Geol.*, vol. 4, N° 1, 119 pp., 28 pls., Bogotá.
- BÜRGL, H. (1957).—“La variabilidad de la amonita *Dufrenoya texana* BURCKHARDT”. *Bol. Geol.*, vol. IV, Nos. 2-3, pp. 1-22, 3 pls., Bogotá.
- BÜRGL, H. & DUMIT TOBON Y. (1954).—“El Cretáceo Superior en la región de Girardot”. *Bol. Geol.*, vol. 2, N° 1, pp. 23-48, 8 pls., 12 fotos, Bogotá.
- CASTER, K. E. (1939).—“A Devonian Fauna from Colombia”. *Bull. Americ. Paleont.*, vol. 24, N° 83, pp. 3-218, 14 pls.
- CAUDRI, C. M. BRAMINE (1948).—“Note on the stratigraphic distribution of *Lepidorbitoides*”. *Journ. Paleont.*, vol. 22, N° 4, pp. 473-481.
- CAUDRI, C. M. BRAMINE (1950).—“The age of the Guaduas Formation in Colombia”. *Journ. Paleont.*, vol. 24, N° 3.
- CLARK, A. H. (1944).—“A new fossil comatulid from the Cretaceous of Cundinamarca, Colombia”. *Journ. Washington Acad. Sciences*, vol. 34, N° 9, pp. 303-308.
- CLARK, A. H. (1945).—“Un Comatúlido fósil nuevo del Cretáceo de Cundinamarca”. *Com. Estud. Geol. Ofic. en Colombia*, vol. 6, pp. 495-504, 1 pl., Bogotá.
- CLEMENTS, T. (1946).—“Stratigraphic section East of Bogotá”. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, vol. 30, N° 1, p. 130.

- DIETRICH, W. O. (1938).—“Lamelibranchios cretácicos de la Cordillera Oriental”. *Estud. Geol. y Paleont. sobre la Cordillera Oriental de Colombia*, parte 3, 8 pls., pp. 81-108, Bogotá.
- DROOGER, C. W. (1956).—“Transatlantic correlation of the Oligo-Miocene by means of Foraminifera”. *Micropaleontology*, vol. 2, N° 2, pp. 183-192, 1 pl.
- FORBES, E. (1845).—“Report on the Fossils from Santa Fe de Bogotá”. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. 1, London.
- GERHARDT, K. (1897).—“Beitrag zur Kenntnis der Kreideformation in Kolumbien”. En STEINMANN'S *Beiträge zur Geologie und Paläontologie von Südamerika. N. Jahrb. f. Min. etc., Beilageband 11*, pp. 118-208, 3 pls. 14 figs. del texto, Stuttgart.
- GERTH, H. (1931).—“Neue Vorkommen von marinem Oberkarbon in den nördlichen Anden”. *N. Jahrb. f. Min. etc., Beilageband 65*, pp. 521-534, Stuttgart.
- GERTH, H. (1939).—“Die Kordilleren von Südamerika”. *Regionale Geologie der Erde*, vol. 3, N° IV b, 63 pp., 12 figs. en el texto, 1 pl., Leipzig.
- GERTH, H. (1955).—“Bau der südamerikanischen Kordillere”. 264 pp., 6 pls., 20 diagr., 62 figs. en el texto, Berlin, Bornträger.
- GIGNOUX, M. (1950).—“Geologie stratigraphique”. París.
- HAMMEN, TH. VAN DER (1954).—“El desarrollo de la flora colombiana en los periodos geológicos”. *Bol. Geol.*, vol. 2, N° 1, pp. 49-106, Bogotá.
- HARRINGTON, H. J. & KAY, M. (1951).—“Cambrian and Ordovician Faunas of Eastern Colombia”. *Journ. Paleont.*, vol. 25, N° 5, pp. 655-668, 2 pls.
- HARRISON, J. V. (1930).—“The Magdalena Valley, Colombia, South America”. *C. R. 15th Int. Geol. Congr. South Africa*, vol. 2, pp. 399-409.
- HUBACH, E. (1931).—“Exploración en la región de Apulo-San Antonio-Viotá”. *Bol. Minas y Petróleos*, vol. 4, pp. 41-60, Bogotá.
- HUBACH, E. (1945).—“La formación ‘Cáqueza’ (1), Región de Cáqueza (oriente de Cundinamarca)”. *Comp. Estud. Geol. Ofic. en Colombia*, pp. 25 y 26, lám. VI, Bogotá.
- HUERTAS G., G. & HAMMEN, TH. VAN DER (1953).—“Un posible banano (Musa) fósil del Cretáceo de Colombia”. *Rev. Acad. Colombiana de Ciencias*, vol. 9, Nos. 33 y 34, pp. 115-116, 1 pl., Bogotá.
- KARSTEN, H. (1858).—“Über die geognostischen Verhältnisse des westlichen Kolumbien, der heutigen Republiken Neu-Granada und Ecuador”. *Amtl. Ber. über die 32. Versammlung der Deutschen Naturforschenden Gesell. in Wien 1856*, Viena.
- KAYSER, E. (1913).—“Lehrbuch der Geologie 2 Teil, Geologische Formationskunde”, 5 Aufl., Stuttgart.
- KEHRER, G. (1933).—“El Carboniano del borde llanero de la Cordillera Oriental”. *Bol. Minas y Petróleos*, Nos. 49-54, pp. 105-121, 1 pl., Bogotá.
- KUGLER, H. G. (1953).—“Jurassic to recent sedimentary environments in Trinidad”. *Assoc. Suisse. Géol. Ing. Pétr. Bull.*, vol. 20, pp. 27-60, 2 figs.
- KUGLER, H. G. (1954).—“The Miocene/Oligocene Boundary in the Caribbean Region”. *Geol. Mzg.*, vol. 91, pp. 410-413.
- LEA, J. (1840).—“Notice of the Oolitic Formation in America, with description of some of its organic remains”. *Trans. Americ. Phil. Soc.*, vol. 7, article 16.
- MILLER, A. K. & WILLIAMS, J. S. (1945).—“Permian Cephalopods from Northern Colombia”. *Journ. Paleont.*, vol. 19, N° 4, pp. 347-349, 1 pl., 1 fig., en el texto.
- MILLER, A. K. & THOMPSON, M. L. (1949).—“Permian Fusulinids and Cephalopods from the vicinity of the Maracaibo Basin in Northern South America”. *Journ. Paleont.*, vol. 23, N° 1, pp. 1-24, 8 pls.
- OLSSON, A. A. (1956).—“Colombia”. En W. F. JENKS, *Handbook of South American Geology, Mem. Geol. Soc. America*, vol. 65, pp. 297-326, 2 figs. en el texto.
- ORBIGNY, A. D' (1842).—“Coquilles et échinodermes fossiles de Colombie, recueillis par M. Boussingault”. 64 pp., 6 pls., Bertrand Paris, Levrault Strassbourg.

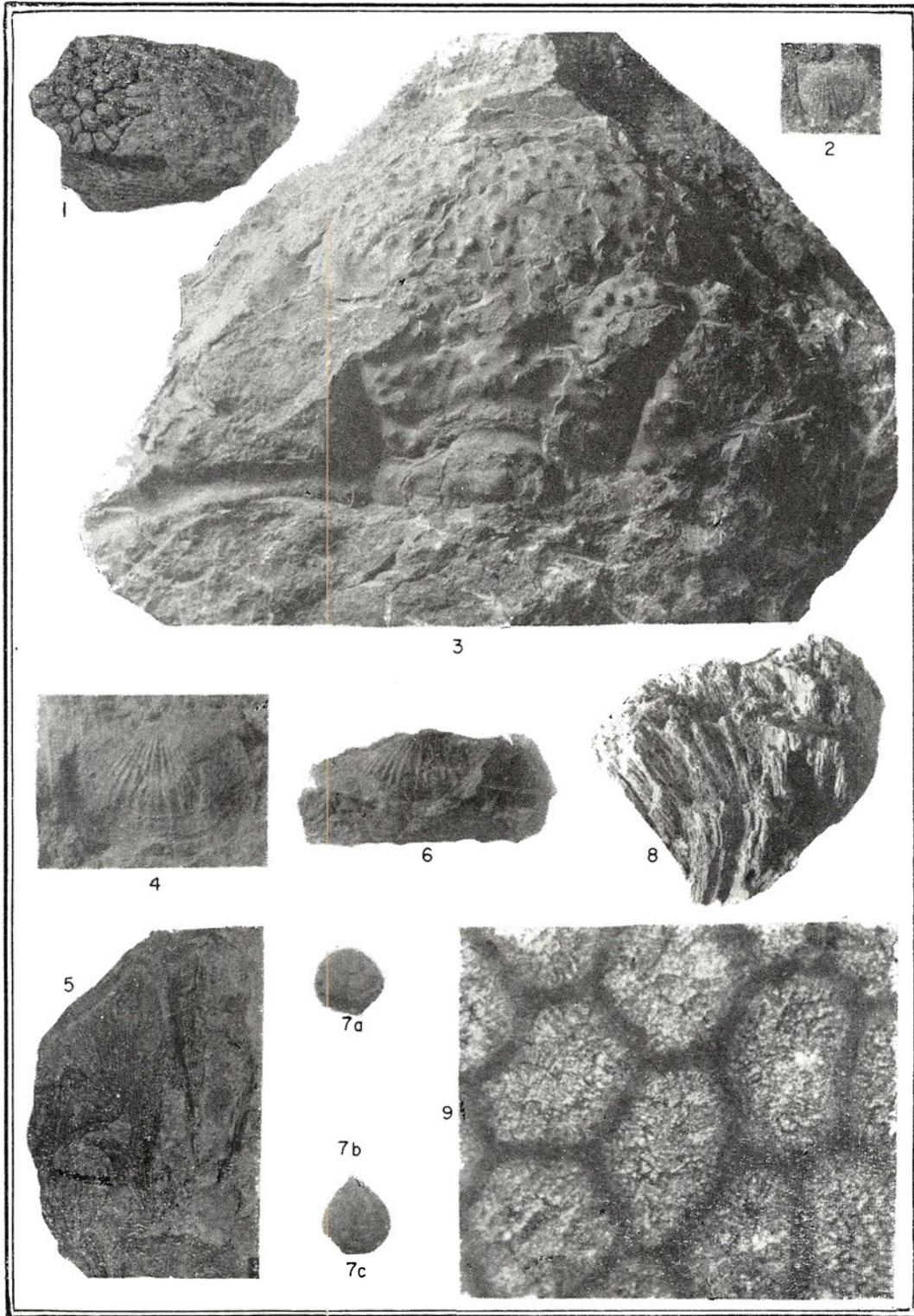
- PETTERS, V. (1954).—“Typical foraminiferal horizons in the Lower Cretaceous of Colombia”. *Contr. Cushman Found. Foraminifera Research.*, vol. 5, Nº 3, pp. 128-137, 1 pl., 7 figs. en el texto.
- PETTERS, V. (1955).—“Development of Upper Cretaceous foraminiferal faunas in Colombia”. *Journ. Paleont.*, vol. 29, Nº 2, pp. 212-225, 7 figs. en el texto.
- RAMÍREZ, J. E. (1955).—“Los alemanes y las ciencias geológicas y geográficas en Colombia”. Instituto Geofísico de los Andes, Serie C, Geología, Bol. Nº 4, Bogotá.
- RIEDEL, L. (1938).—“Amonitas del Cretáceo Inferior de la Cordillera Oriental”. *Estud. Geol. y Paleont. sobre la Cordillera Oriental de Colombia*. Parte 3, pp. 81-108, 8 pls., Bogotá.
- RIVERA, R. (1951).—“La fauna de los estratos Puente Inga, Lima”. *Bol. Soc. Geol. Perú*, vol. 22, 53 pp., 9 pls., Lima.
- ROYO Y GÓMEZ, J. (1945 a).—“Fósiles carboníferos e infracretáceos de Cundinamarca”. *Comp. Estud. Geol. Ofic.*, vol. 6, pp. 193-250, 7 pls., Bogotá.
- ROYO Y GÓMEZ, J. (1945 b).—“Fósiles del Barremiense Colombiano”. *Comp. Estud. Geol. Ofic.*, vol. 6, pp. 455-494, 1 pl., Bogotá.
- ROYO Y GÓMEZ, J. (1945 c).—“Los vertebrados del Terciario continental colombiano”. *Rev. Acad. Ciencias*, vol. 4, Nº 24, pp. 496-511, Bogotá.
- SCHMIDT, W. E. (1938).—“Fósiles paleozoicos de la Cordillera Oriental”. *Estud. Geol. y Paleont. sobre la Cordillera Oriental*, parte 3, pp. 1-6, 2 pls., Bogotá.
- SCHUCHERT, CH. (1935).—“Historical Geology of the Antillean-Caribbean Region”. 811 pp., 16 mapas, 107 figs., Wiley & Sons Inc., New York-London.
- STEHLIN, H. G. (1939).—“Ein Nager aus dem Miozän von Kolumbien”. *Eclogae Geol. Helv.*, vol. 32, pp. 179-183.
- STEINMANN, G. (1929).—“Geologie von Perú”. 448 pp., 9 pls., 271 figs. en el texto, 1 mapa, Heidelberg.
- STIRTON, R. A. (1953).—“Vertebrate paleontology and continental stratigraphy in Colombia”. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 64, pp. 603-622.
- STUTZER, O. (1926).—“Ueber einige Ergebnisse meiner geologischen Reisen in Kolumbien”. *Ber. Freiburger Geol. Ges.*, 50-54.
- SUÁREZ HOYOS, V. (1945).—“Reconocimiento geológico de la región del Guavio, Gachalá (Cundinamarca)”. *Comp. Est. Geol. Ofic. en Colombia*, vol. VI, pp. 117-192, 2 pls., Bogotá.
- SUESS, E. (1888).—“Das Antlitz der Erde”. 2. Band. 2. Aufl., Prag-Wien-Leipzig.
- TERMIER, H. & TERMIER, G. (1952).—“Histoire Géologique de la Biosphère”. 721 pp., 35 mapas, 8 pls., 117 figs., en el texto, Masson, París.
- THOMPSON, M. L. & MILLER, A. K. (1949).—“Permian Fusulinids and Cephalopods from the vicinity of the Maracaibo Basin in Northern South America”. *Journ. Paleont.*, vol. 23, Nº 1, pp. 1-24, 8 pls.
- TRUMPY, D. (1943).—“Pre-Cretaceous of Colombia”. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 54, pp. 1281-1304, 1 pl., 6 figs. Traducido en español en 1945 con el título: “El Pre-cretáceo de Colombia”, Inst. Colomb. Petr., Est. Técn., Nº 9.
- YENNE, K. A. (1939).—“Pedioceras, a synonym of Crioceras (Pseudocrioceras)”. *Journ. Paleont.*, vol. 23, Nº 6, pp. 623-624, 1 pl., Tulsa.

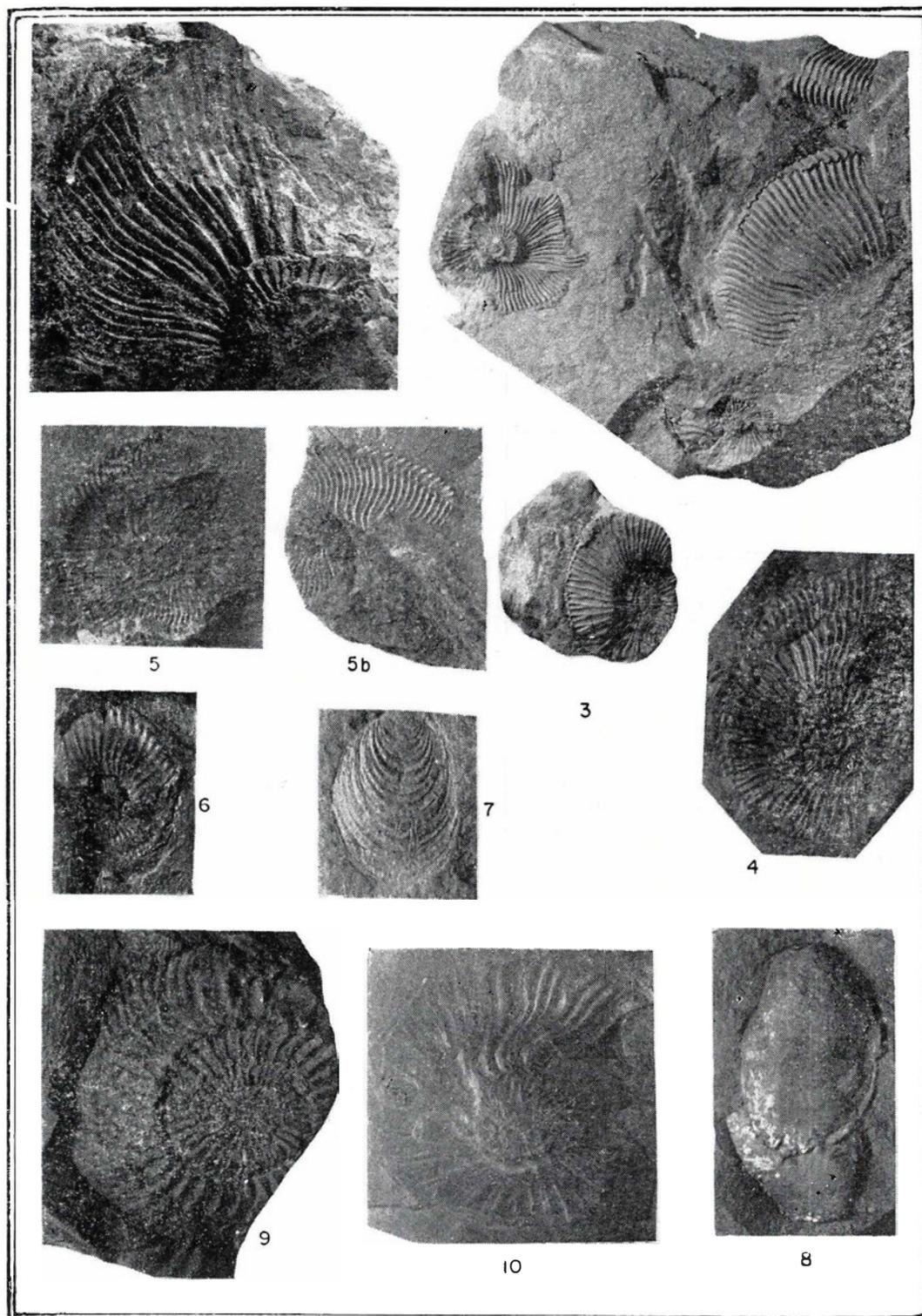
## PLANCHAS

PLANCHA I

DEVONIANO Y CARBONIANO

- Fig. 1. *Pleurodictyum* spec.  
Especimen Wo 682/2, Gutiérrez, col. Wokittel.  
Devoniano medio. Tamaño natural.
- ” 2. *Stropheodonta* aff. *erratica* WINCHELL.  
Especimen Wo 683/2, Gutiérrez, col. Wokittel.  
Devoniano medio. Tamaño Natural.
- ” 3. Cefalón de *Coronura* ? spec.  
Especimen Wo 61/2, Farallones de Medina, Gachalá, col. Wokittel.  
Devoniano medio. Tamaño natural.
- ” 4. *Stropheodonta* aff. *demissa* (CONRAD).  
Especimen Wo 61, Farallones de Medina, Gachalá, col. Wokittel.  
Devoniano medio. Tamaño natural.
- ” 5. *Fenestella* spec.  
Especimen Ro 107/2, Quetame, col. A. Ronderos.  
Devoniano medio. Tamaño natural.
- ” 6. *Spirifer* (*Spirifer*) *increbescens* HALL.  
Especimen V 52, Gachalá, col. V. Suárez Hoyos.  
Carboniano. Tamaño natural.
- Figs. 7 a, b, c. *Composita* spec.  
Especimen V 59, Ubalá, col. V. Suárez Hoyos.  
Carboniano. Tamaño natural.
- Fig. 8. *Chaetetes milleporaceus* EDWARDS & HAIME.  
Especimen A 14, Hoya de Cobre, Sumapaz, col. R. Wokittel.  
Carboniano superior. Tamaño natural.
- ” 9. *Chaetetes milleporaceus* EDWARDS & HAIME.  
Especimen A 14, Hoya de Cobre, Sumapaz, col. R. Wokittel. Sección transversal que muestra la forma hexagonal de los coralites.  
Carboniano superior. Aumento 40 x.





PLANCHA II

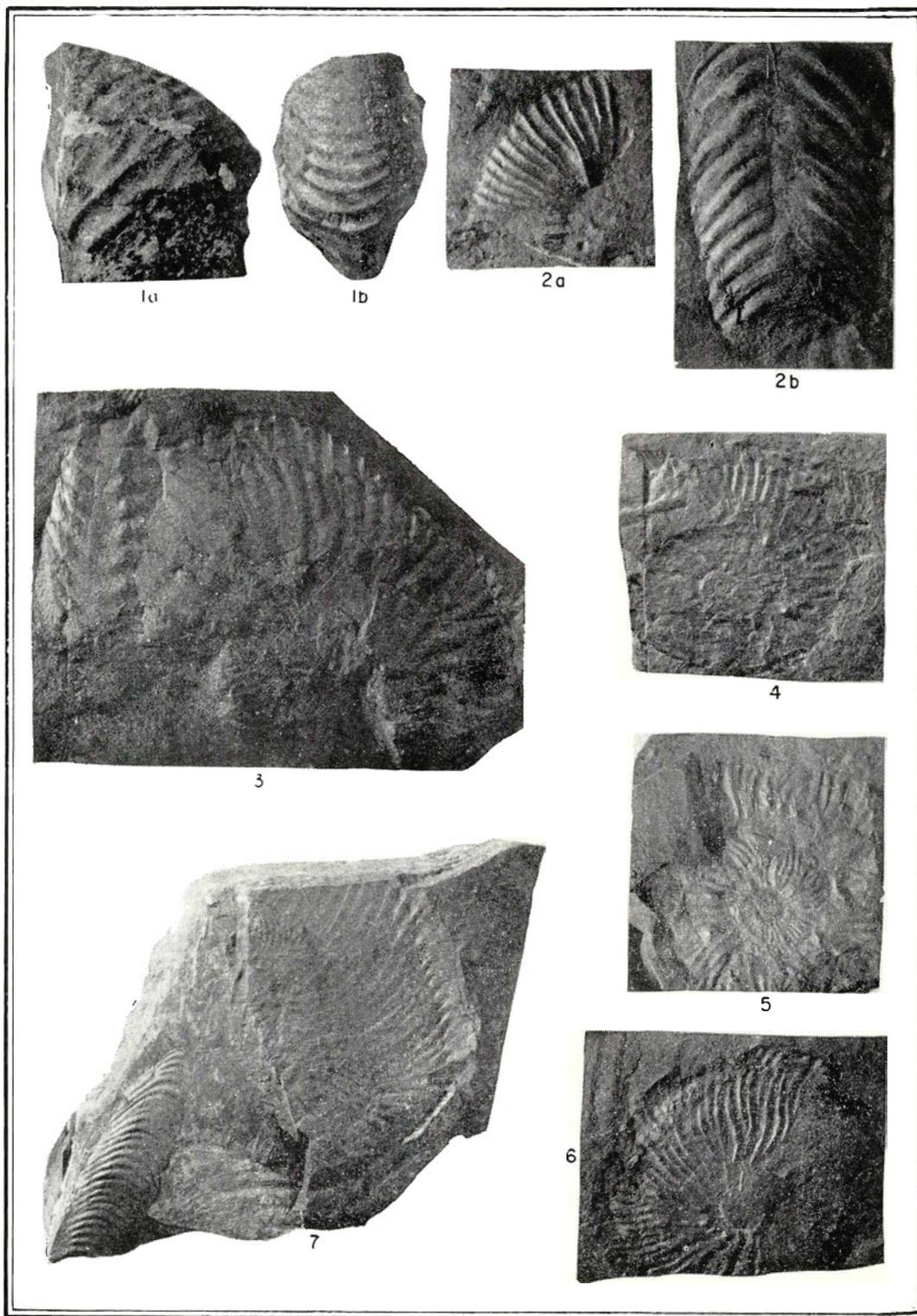
TITONIANO Y BERRIASIANO

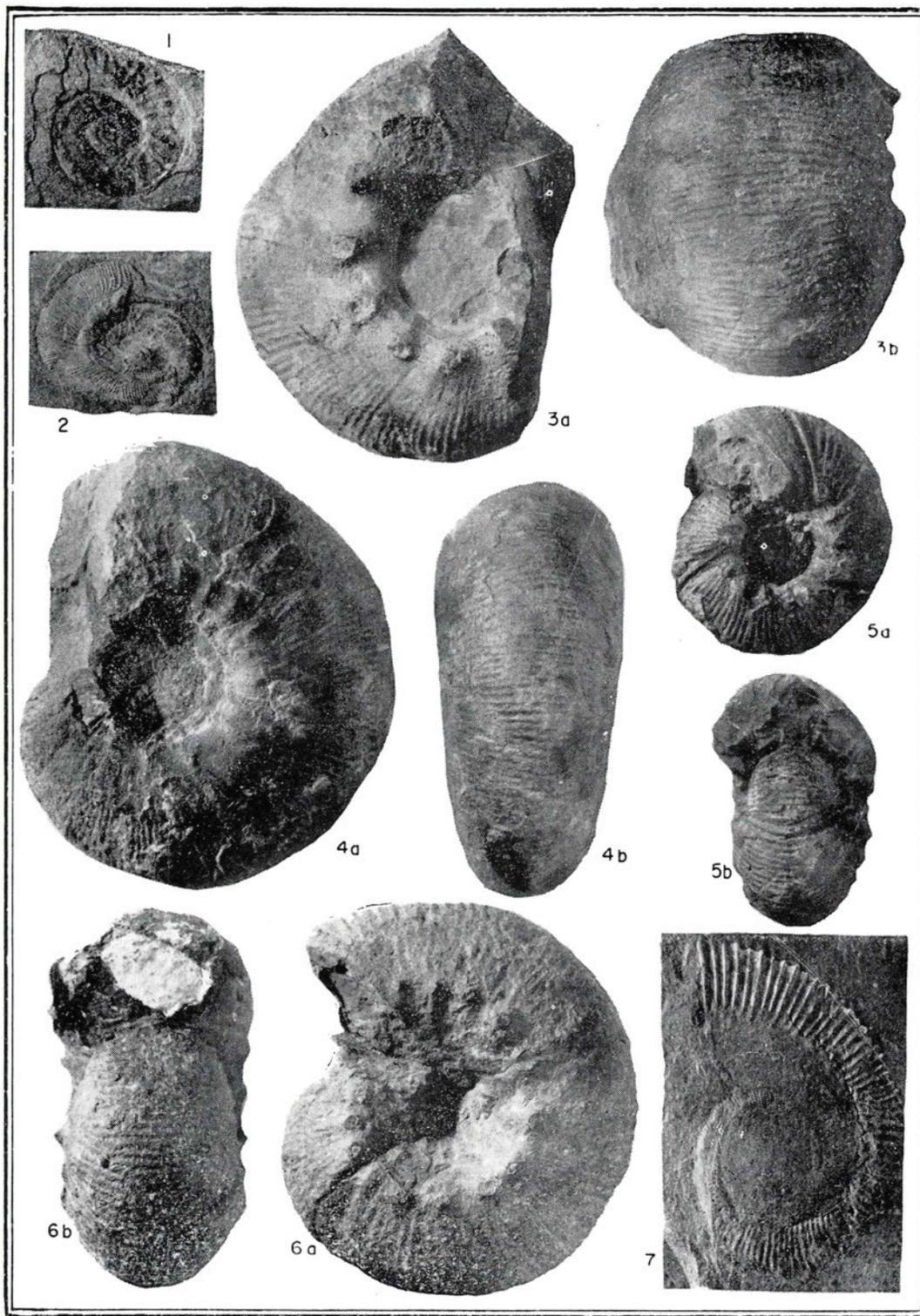
- Fig. 1. *Substeueroceras* aff. *lamellicostatum* (BURCKHARDT).  
Especimen HB 1769, río Batá, col. Bürgl.  
Titoniano superior. Tamaño natural.
- " 2. *Thurmanniceras* cf. *duraznense* GERTH.  
Especimen SR 10/1, Gachalá, col. V. Suárez Hoyos.  
RÓYO Y GÓMEZ 1945, p. 227, pl. XXXI, fig. 1.  
Titoniano superior. Tamaño natural.
- " 3. *Aulacosphinctes mangaensis* (STEUER).  
Especimen SR 10/3, Gachalá, col. V. Suárez Hoyos.  
RÓYO Y GÓMEZ 1945, lám. XXXI, fig. 1.  
Titoniano superior. Tamaño natural.
- " 4. *Berriasella* aff. *delphinensis* (KILIAN).  
Especimen SR 10/2, Gachalá, col. V. Suárez Hoyos.  
Titoniano superior. Tamaño natural.
- " 5. *Cuyaniceras* cf. *transgrediens* (STEUER).  
Especimen HB 1768/7, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.
- " 6. *Neocomites* aff. *neocomiensis* (D'ORBIGNY).  
Especimen HB 1768/10, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.
- " 7. *Aucella* spec.  
Especimen V 85/1, Cáqueza, col. Keizer & Nelson.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.
- " 8. *Aucella* spec.  
Especimen HB 1791/4, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.
- " 9. *Spiticeras* (*Kilianiceras*) *gigas* LEANZA.  
Especimen HB 1768/45, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.
- " 10. *Cuyaniceras* spec.  
Especimen HB 1791, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.

PLANCHA III

BERRIASIANO

- Fig. 1. *Spiticeras* ? spec.  
Especimen HB 1768/40, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.
- ” 2. *Spiticeras* ? spec.  
Especimen HB 1768/38, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.
- ” 3. *Neocomites* ? spec.  
Especimen HB 1768/18, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.
- ” 4. *Protacanthodiscus* spec.  
Especimen HB 1768/27, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.
- ” 5. *Protacanthodiscus* spec.  
Especimen HB 1768/33, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.
- ” 6. *Protacanthodiscus* spec.  
Especimen HB 1768/35, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.
- ” 7. *Argentiniceras* ? spec.  
Especimen HB 1768/50, río Batá, col. Bürgl.  
Berriasiano alto. Tamaño natural.





PLANCHA IV

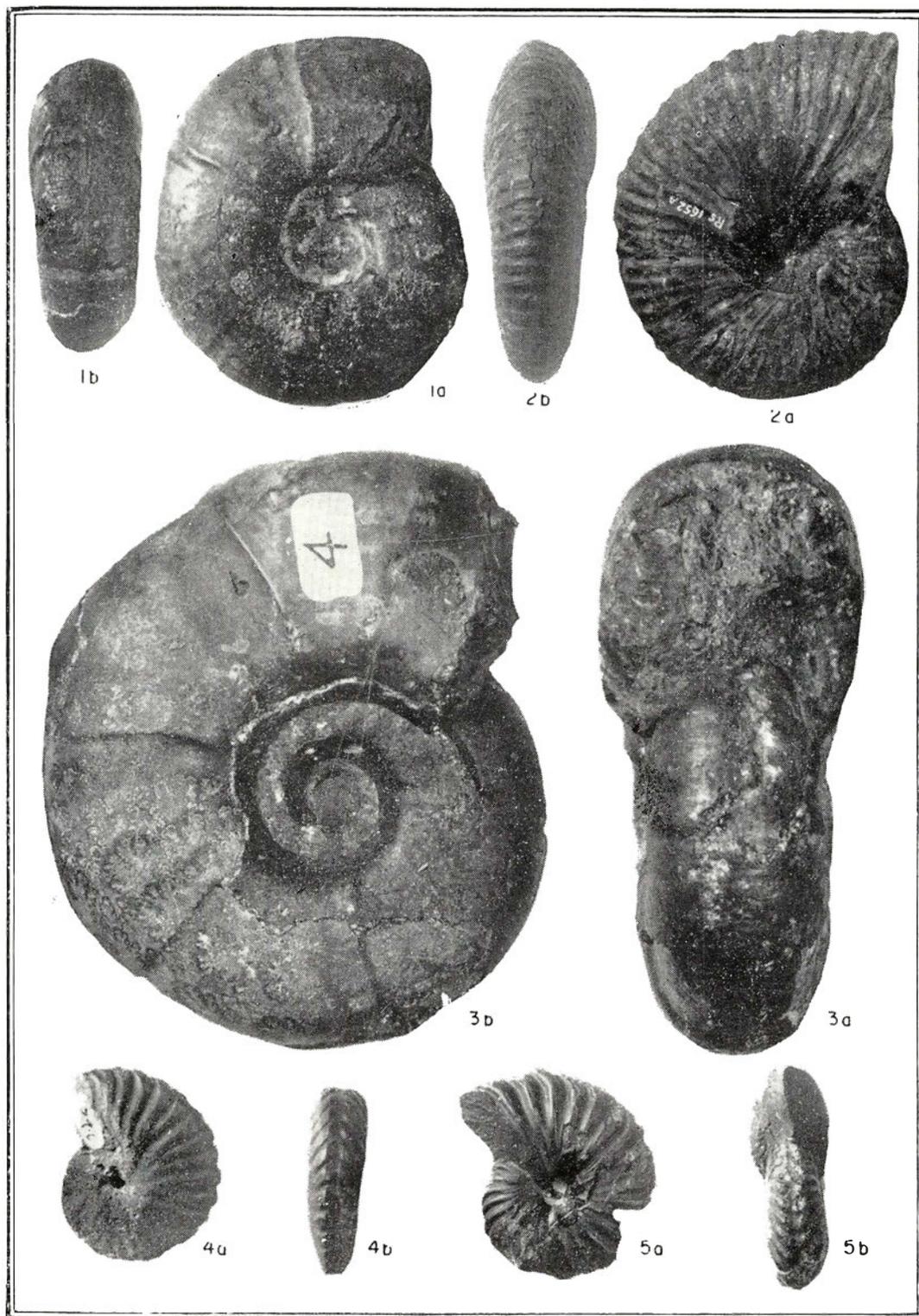
VALANGINIANO Y HAUTERIVIANO

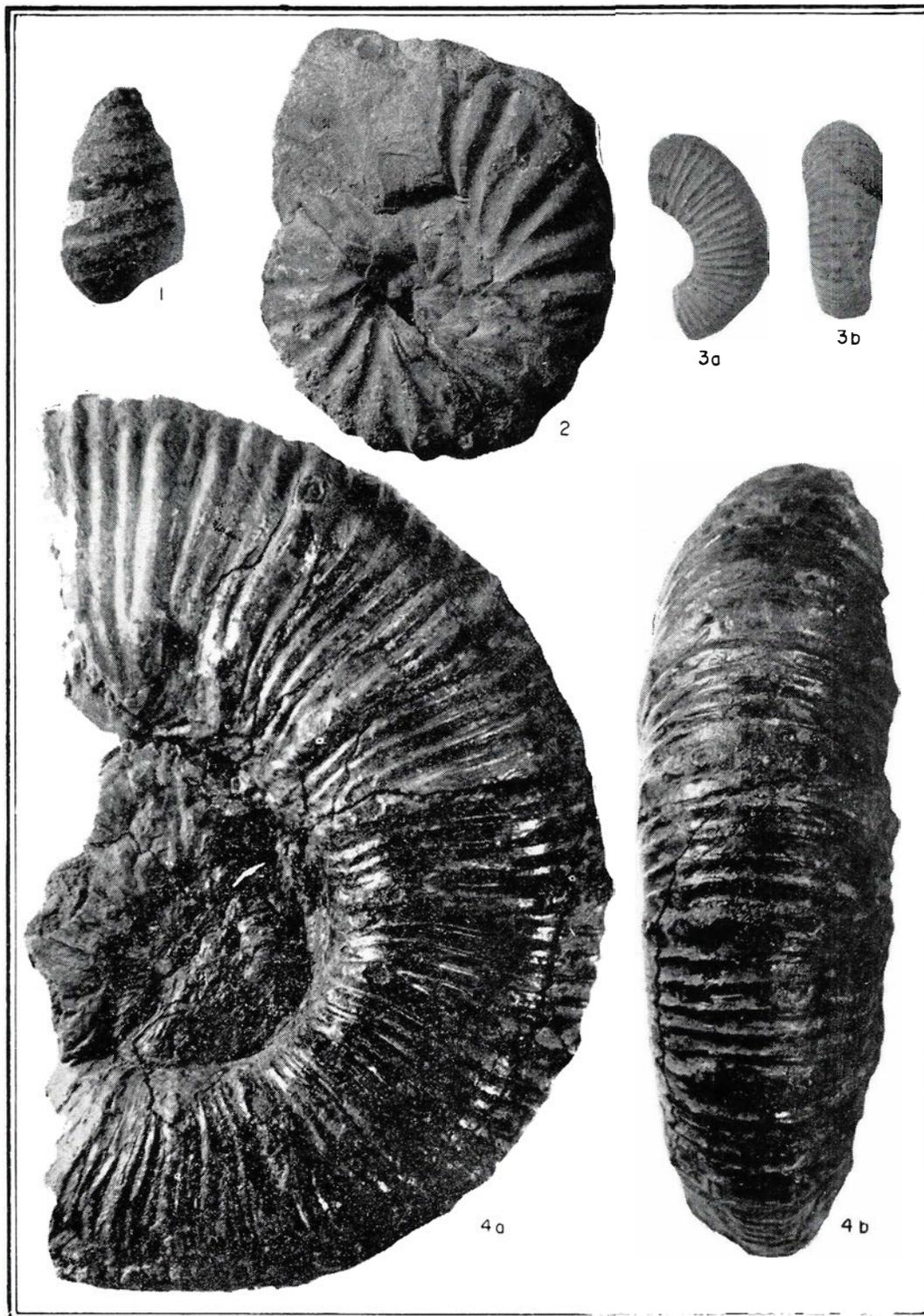
- Fig. 1. *Crioceratites* aff. *andinum* GERTH.  
Especimen HB 1803/1, río Batá, col. Bürgl.  
Valanginiano. Tamaño Natural.
- " 2. *Spiticeras* ? spec.  
Especimen HB 1807/3, río Batá, col. Bürgl.  
Valanginiano. Tamaño natural.
- " 3. *Rogersites* ? *boussingaultii* (D'ORBIGNY).  
Especimen LR 92, Cáqueza, col. L. F. Rincón.  
Hauteriviano. Tamaño natural.
- " 4. *Olcostephanus bösei* (RIEDEL).  
Especimen 1240, Cáqueza, col. Royo y Gómez.  
Valanginiano. Tamaño natural.
- " 5. *Olcostephanus* (*Subastieria*) aff. *sulcosus*  
(PAVLOW & LAMPLUGH).  
Especimen Ro 107/1, Quetame, col. A. Ronderos.  
Valanginiano y Hauteriviano. Tamaño natural.
- " 6. *Olcostephanus* aff. *astierianus* (D'ORBIGNY).  
Especimen 1010, Cáqueza, col. Royo y Gómez.  
Valanginiano y Hauteriviano. Tamaño natural.
- " 7. *Leptoceras hubachi* (ROYO).  
Especimen HB 1804/1, río Batá, col. Bürgl.  
Valanginiano basal. Tamaño natural.

PLANCHA V

BARREMIANO

- Fig. 1. *Pseudohaploceras inca* (FORBES).  
Especimen 1518, Río Negro-Útica, col. Royo y Gómez  
Barremiano inferior. Tamaño natural.
- ” 2. *Nicklesia karsteni* (UHLIG).  
Especimen Rs 1652A, Ubaque, col. Rosset.  
Barremiano inferior. Tamaño natural.
- ” 3. *Pseudohaploceras inca* (FORBES).  
Especimen 4 bis, Río Negro-Útica, col. R. Scheibe.  
Barremiano inferior. Tamaño natural.
- ” 4. *Pulchellia (Pulchellia) galeata galeata* (VON BUCH).  
Especimen 78, Villeta, col. R. Scheibe.  
Barremiano medio. Tamaño natural.
- ” 5. *Pulchellia (Pulchellia) riedeli* BÜRGL.  
Especimen 25, Villeta, col. Breistroffer.  
Barremiano medio. Tamaño natural.





PLANCHA VI

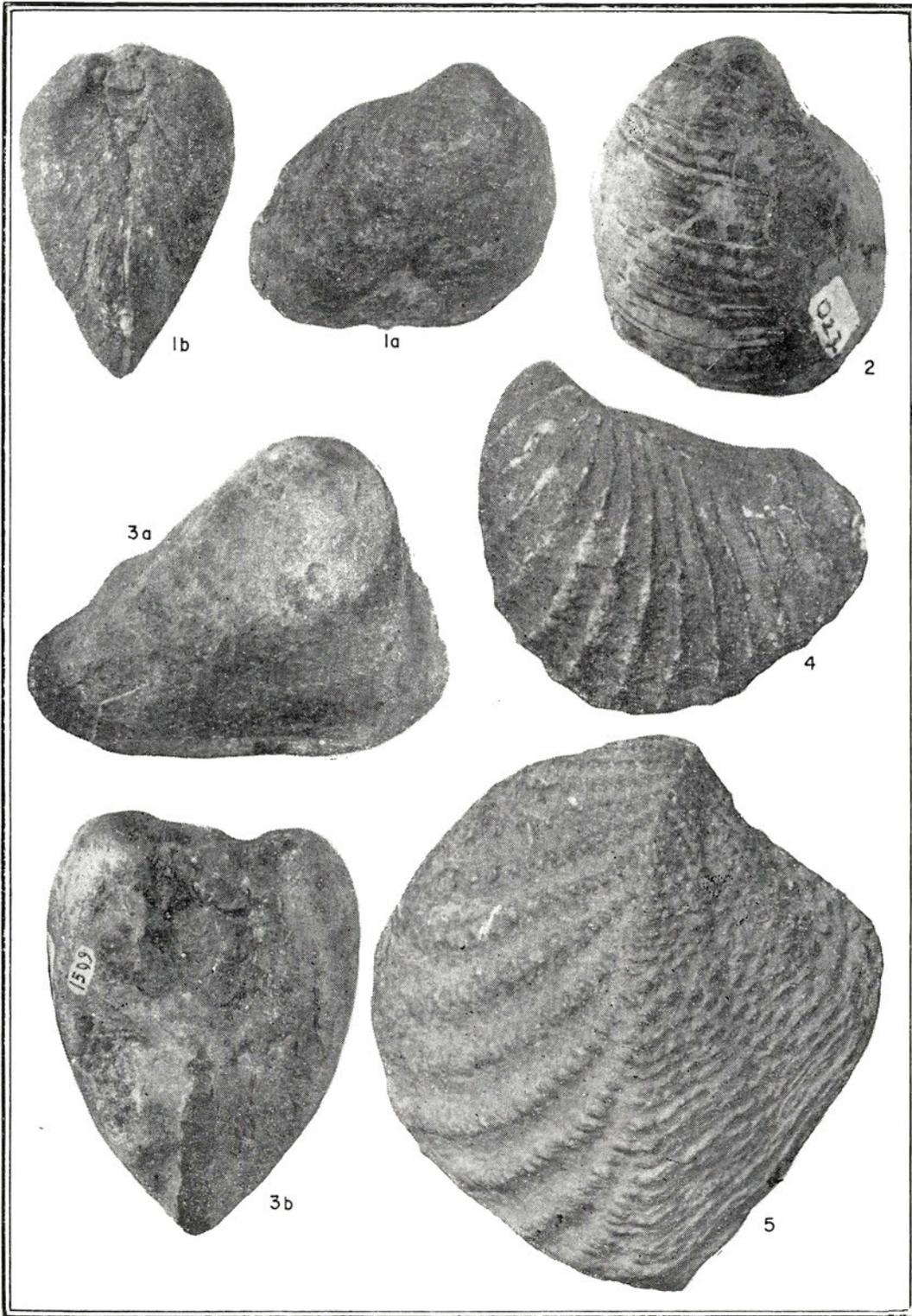
BARREMIANO

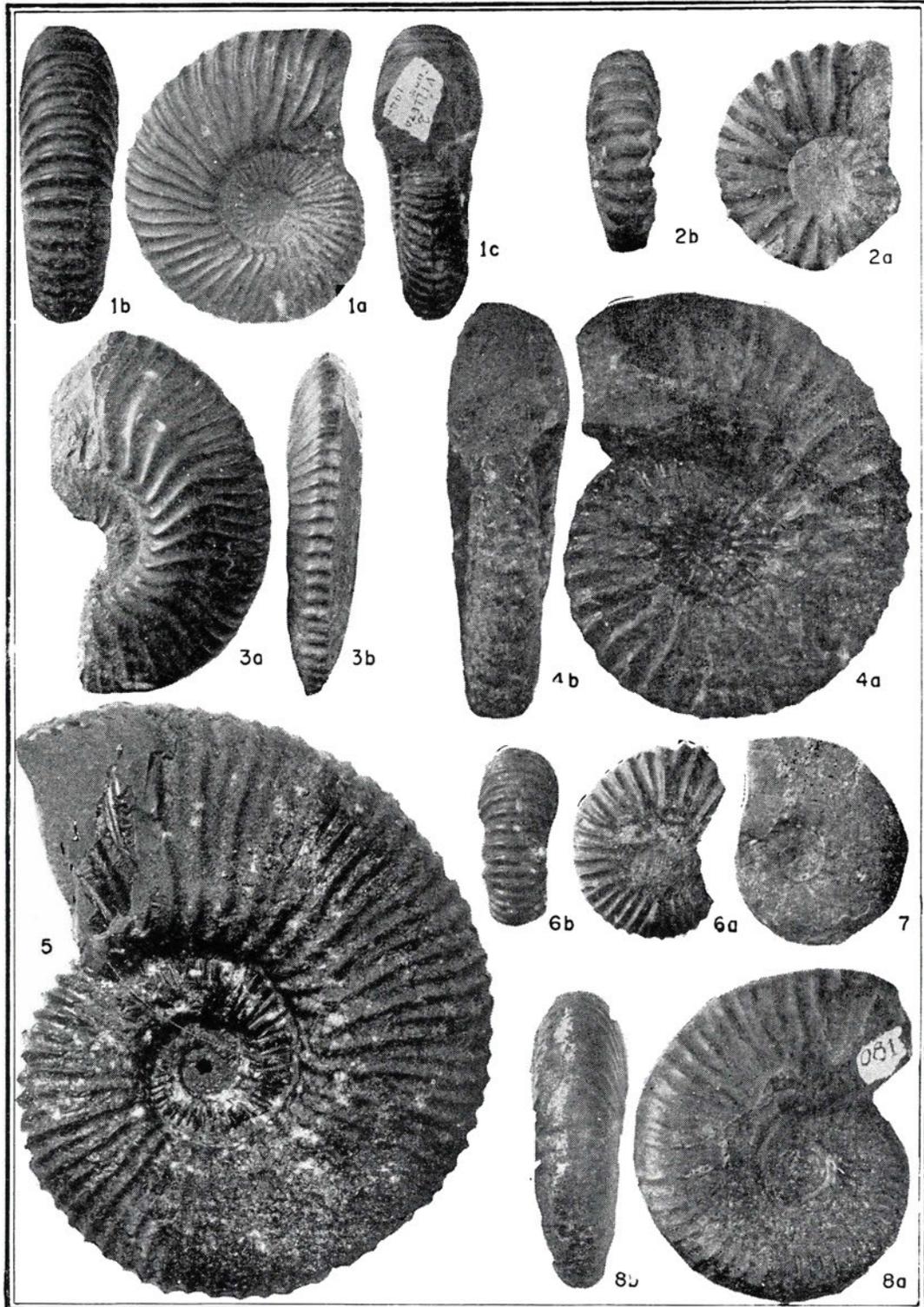
- Fig. 1. *Pseudoglauconia studeri peruana* FRITZSCHE.  
Especimen 1371, Cáqueza, col. Clements.  
Barremiano. Tamaño natural.
- " 2. *Heinzia (Gerhardtia) galeatoides* (KARSTEN).  
Especimen 1559, Villeta, col. Royo y Gómez.  
Barremiano medio alto. Tamaño natural.
- " 3. *Pedioceras caquesense* (KARSTEN).  
Especimen 1244, Fόμεque, col. Royo y Gómez.  
Barremiano. Tamaño natural.
- " 4. *Pedioceras caquesense* (KARSTEN).  
Especimen 1244, Fόμεque, col. Alvarado & Royo y Gómez.  
Barremiano inferior. Tamaño natural.

PLANCHA VII

APTIANO

- Fig. 1. *Cucullaea brevis* D'ORBIGNY.  
Especimen 1240, Bogotá-Cáqueza, col. Royo y Gómez.  
Aptiano inferior. Tamaño natural.
- " 2. *Pholadomya picteti* MAYER-EYMAR.  
Especimen 0023, original de W. DIETRICH, 1938, lám. 22, fig. 4.  
Camino de Útica a Villeta, NW de la quebrada Negra, col. R.  
Scheibe.  
Aptiano inferior. Tamaño natural.
- " 3. *Cucullaea gabrielis* LEYMERIE.  
Especimen Pal. 1509, Útica, col. Royo y Gómez.  
Aptiano inferior. Tamaño natural.
4. *Trigonia (Notoscabrotrigonia) tocaimaana* LEA.  
Especimen H 154, Payandé, col. Herrera Aldana.  
Aptiano inferior. Tamaño natural.
- " 5. *Trigonia (Quadratotrigonia) hondaana* LEA.  
Especimen Pal. 0030, Payandé, col. R. Scheibe.  
Aptiano inferior. Tamaño natural.





PLANCHA VIII

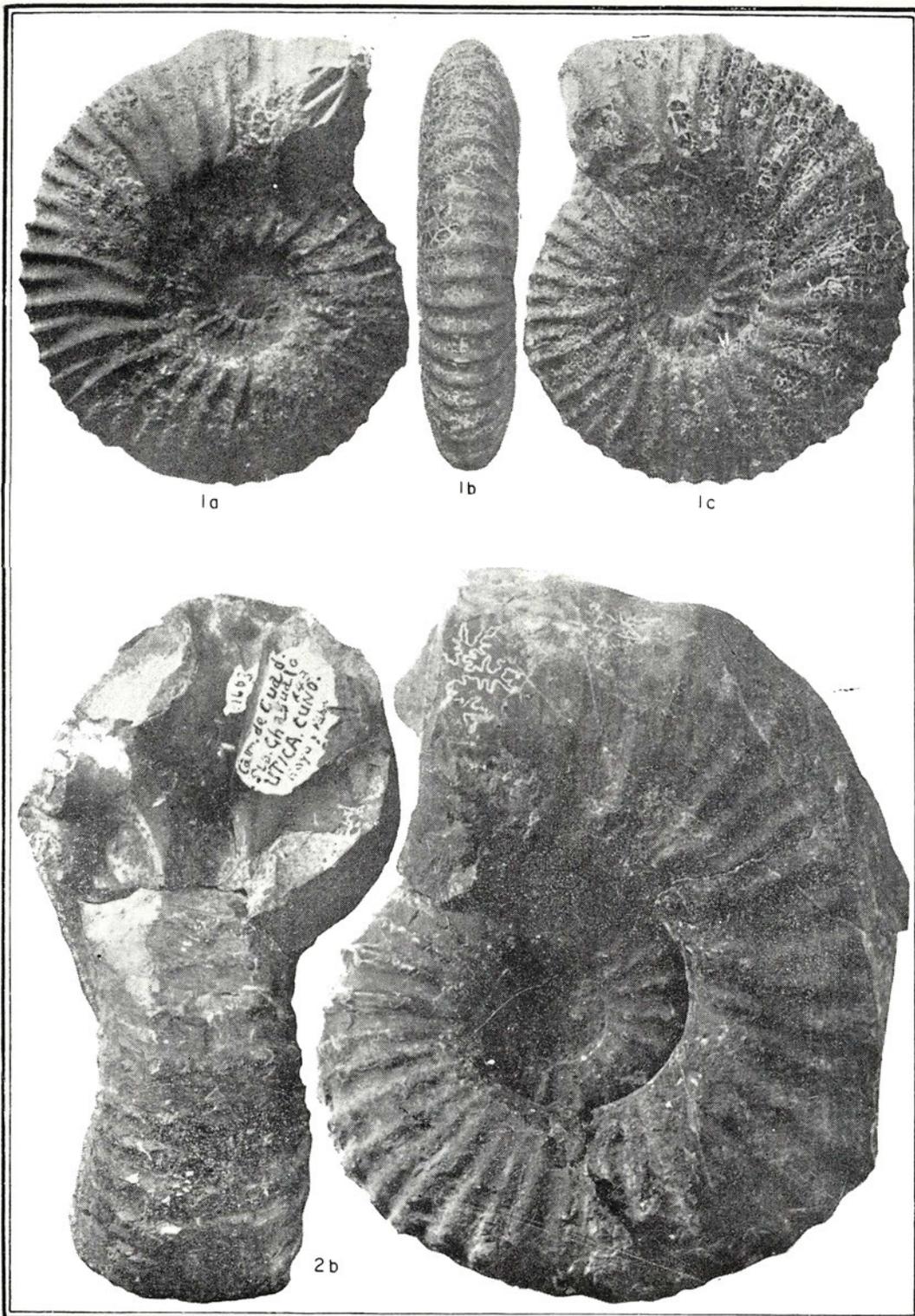
APTIANO

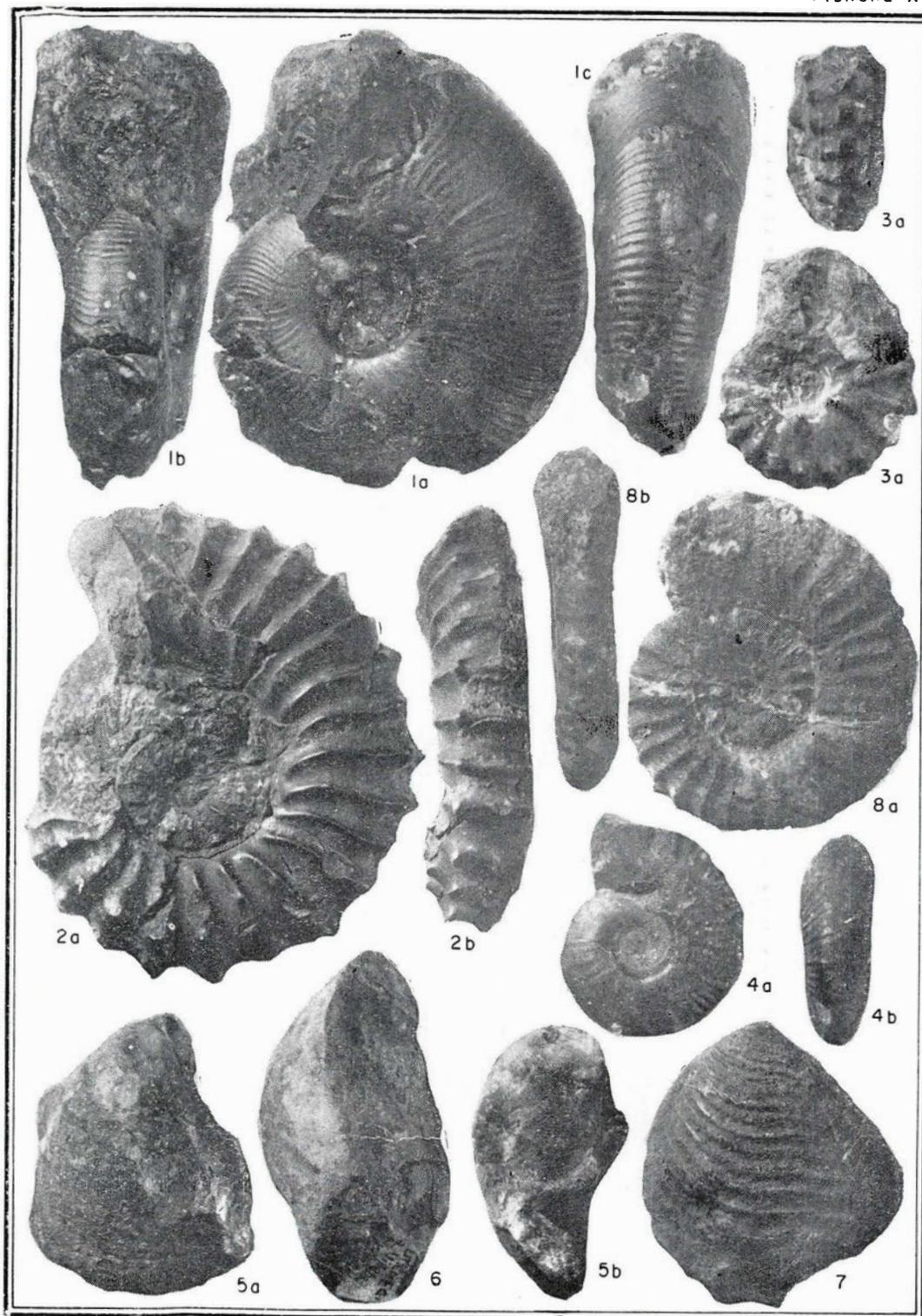
- Fig. 1. *Colombiceras alexandrinum* (D'ORBIGNY).  
Especimen 1948, Villeta, col. Royo y Gómez.  
Aptiano superior. Tamaño natural.
- " 2. *Colombiceras* nov. spec.  
Especimen HB 2327/1, Las Mesitas del Colegio, col. Bürgl.  
Aptiano superior. Tamaño natural.
- " 3. *Deshayesites stutzeri* RIEDEL.  
Especimen 5, localidad desconocida.  
Aptiano inferior. Tamaño natural.
- " 4. *Dufrenoya texana sanctorum* BÜRGL.  
Especimen PEA 21, La Mesa, col. Padre Acosta.  
Aptiano superior. Tamaño natural.
- " 5. *Deshayesites* nov. spec. aff. *codazzianus* (KARSTEN).  
Especimen ANP-21, Útica, col. Noriega.  
Aptiano inferior. Tamaño natural.
- " 6. *Colombiceras* nov. sp. aff. *tobleri* (JACOB).  
Especimen 666, Útica, col. Narváez.  
Aptiano superior. Tamaño natural.
- " 7. *Melchiorites emerici medius* RIEDEL.  
Especimen Pal. 0017, Útica, col. R. Scheibe.  
Aptiano inferior. Tamaño natural.
- " 8. *Uhligella zürcheri* JACOB & TOBLER.  
Especimen 0081, Viotá, col. R. Scheibe.  
Original de L. RIEDEL 1938, lám. 4, figs. 12 y 13.  
Aptiano superior. Tamaño natural.

PLANCHA IX

ALBIANO

- Fig. 1. *Colombiceras karsteni* (MARCOU).  
Especimen HB 570/35a, Apulo, col. Bürgl.  
Albiano inferior. Tamaño natural.
- ” 2. *Douvilleiceras* spec.  
Especimen 1603, Útica, col. Royo y Gómez & Paba.  
Albiano inferior. Tamaño natural.





PLANCHA X

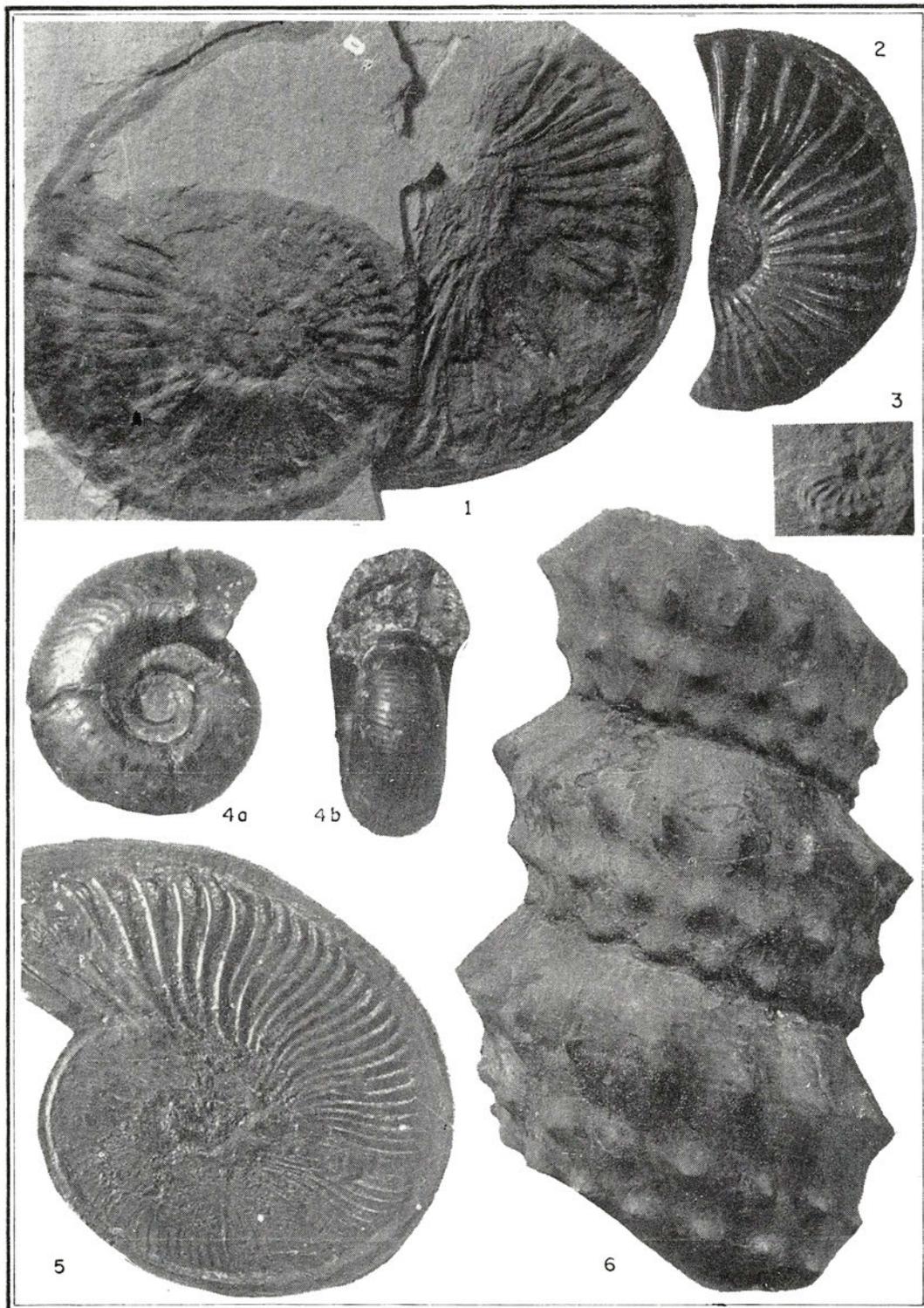
ALBIANO

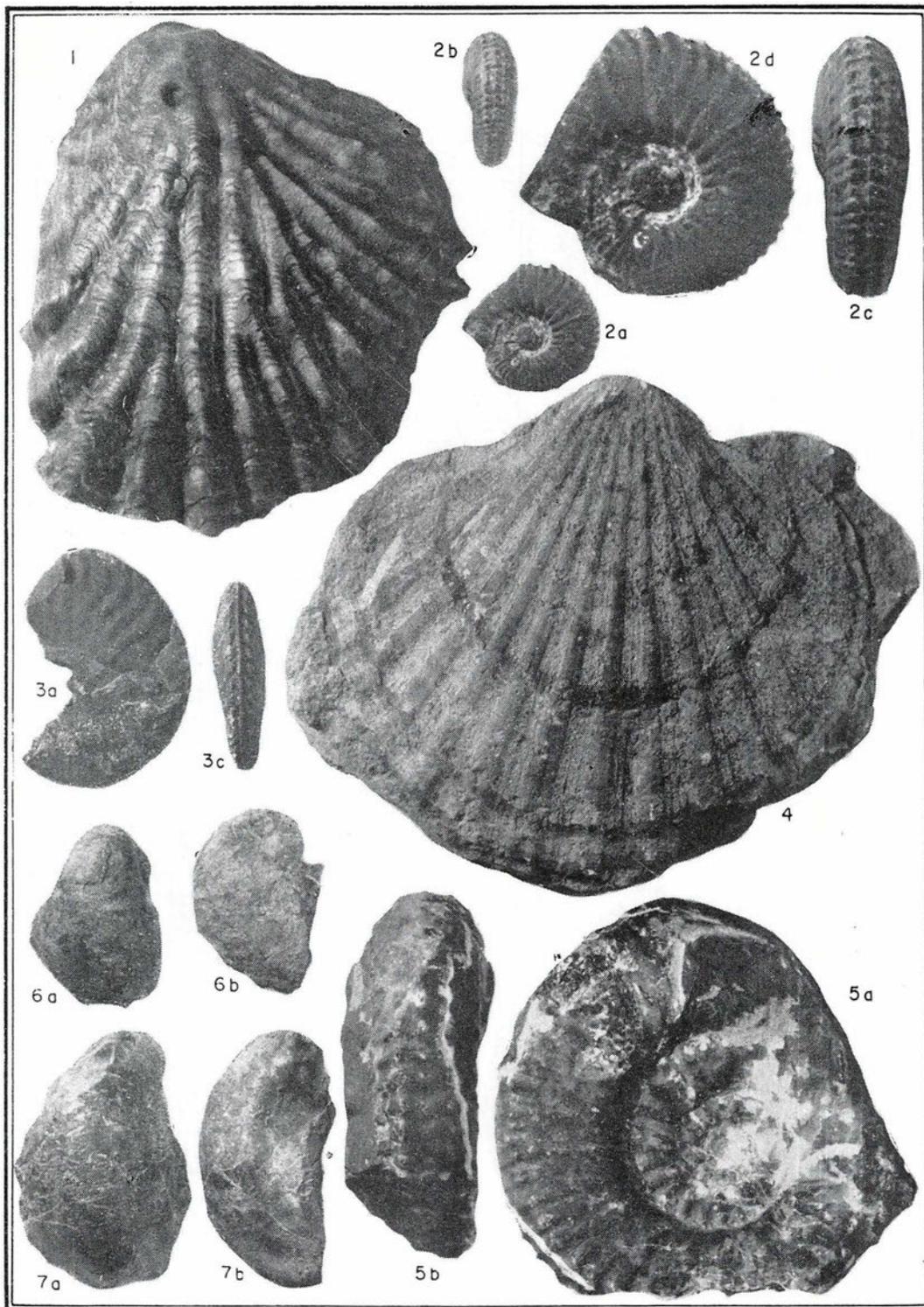
- Fig. 1. *Puzosia hopkinsi* (FORBES).  
Especimen HB 602, Apulo, col. Bürgl.  
Albiano inferior. Tamaño natural.
- " 2. *Lyelliceras prorsocurvatum* (GERHARDT).  
Especimen Pal. 1519, Útica, col. Royo y Gómez & Paba.  
Albiano medio bajo. Tamaño natural.
- " 3. *Lyelliceras scheibei* RIEDEL.  
Especimen 17, localidad desconocida.  
Albiano inferior. Tamaño natural.
- " 4. *Desmoceras (Beudanticeras) subparandieri* SPATH.  
Especimen GHG 71, Sasaima, col. Padre G. Huertas.  
Albiano superior. Tamaño natural.
- " 5. *Exogyra couloni* DEFRANCE.  
Especimen 1506/1, Útica, col. Royo y Gómez.  
Albiano inferior. Tamaño natural.
- " 6. *Exogyra couloni* DEFRANCE.  
Especimen 1506/2. Útica, col. Royo y Gómez.  
Albiano inferior. Tamaño natural.
- " 7. *Trigonia (Laevitrigonia) scheibei* DIETRICH.  
Especimen 1240, Cáqueza, col. Serv. Geol. Nal.  
Albiano inferior. Tamaño natural.
- " 8. *Brancoeras* aff. *aegoceratoides* STEINMANN.  
Especimen HB 570, Apulo, col. Bürgl.  
Albiano medio bajo. Tamaño natural.

PLANCHA XI

ALBIANO

- Fig. 1. *Oxytropidoceras roissyanum* (D'ORBIGNY).  
Especimen 1611 bis, Pacho, col. Royo y Gómez.  
Albiano medio alto. Reducción  $\frac{1}{2}$ .
- " 2. *Dipoloceras* spec. nov. aff. *sergipense* (WHITE).  
Especimen Pal. 2161, Pacho, col. Alvarado.  
Albiano medio. Tamaño natural.
- " 3. *Turrilites* (*Mariella*) cf. *bergeri* BRONGNIART.  
Especimen HB 2, San Francisco, col. Bürgl.  
Albiano superior alto. Tamaño natural.
- " 4. *Puzosia* nov. spec. aff. *mayoriana* (D'ORBIGNY).  
Especimen ANP 22, Útica, col. Noriega.  
Albiano infer. Tamaño natural.
- " 5. *Oxytropidoceras carbonarium* (GABB).  
Especimen M 8/1, Pacho, col. Alvarado.  
Albiano medio alto. Tamaño natural.
- " 6. *Paraturrilites* aff. *quadrituberculatus* (BAYLE).  
Especimen HB 2330/1, Anolaima, col. Bürgl.  
Albiano superior alto. Tamaño natural.





PLANCHA XII

CENOMANIANO

- Fig. 1 *Ostrea* aff. *sypfax* COQUAND.  
Especimen Pal. 1981, Gachetá, col. Rosso.  
Cenomaniano superior. Tamaño natural.
- " 2. *Tarrantoceras* cf. *rotatile* STEPHENSON.  
Especimen Sh 101, El Colegio, col. Shell-Cóndor.  
Cenomaniano superior. a, b-tamaño natural, c, d-aumento 2 x.
- " 3. *Schloenbachia* (?) nov. spec.  
Especimen HB 2, San Francisco, col. Rassveldt.  
Cenomaniano inferior. Tamaño natural.
- " 4. *Pecten* aff. *tenouklensis* COQUAND.  
Especimen 1148, calera arriba de Machetá, col. Hubach.  
Cenomaniano. Tamaño natural.
- " 5. *Acanthoceras ospinae* (KARSTEN).  
Especimen Rs 989A, Ubaté, col. Rosset.  
Cenomaniano. Tamaño natural.
- " 6. *Exogyra squamata* D'ORBIGNY.  
Especimen OE 115, Chipaque, col. E. Hubach.  
Cenomaniano superior. Tamaño natural.
- " 7. *Exogyra* aff. *squamata* D'ORBIGNY.  
Especimen Pal. 0011, Zipaquirá, col. R. Scheibe.  
Cenomaniano superior. Tamaño natural.

PLANCHA XIII

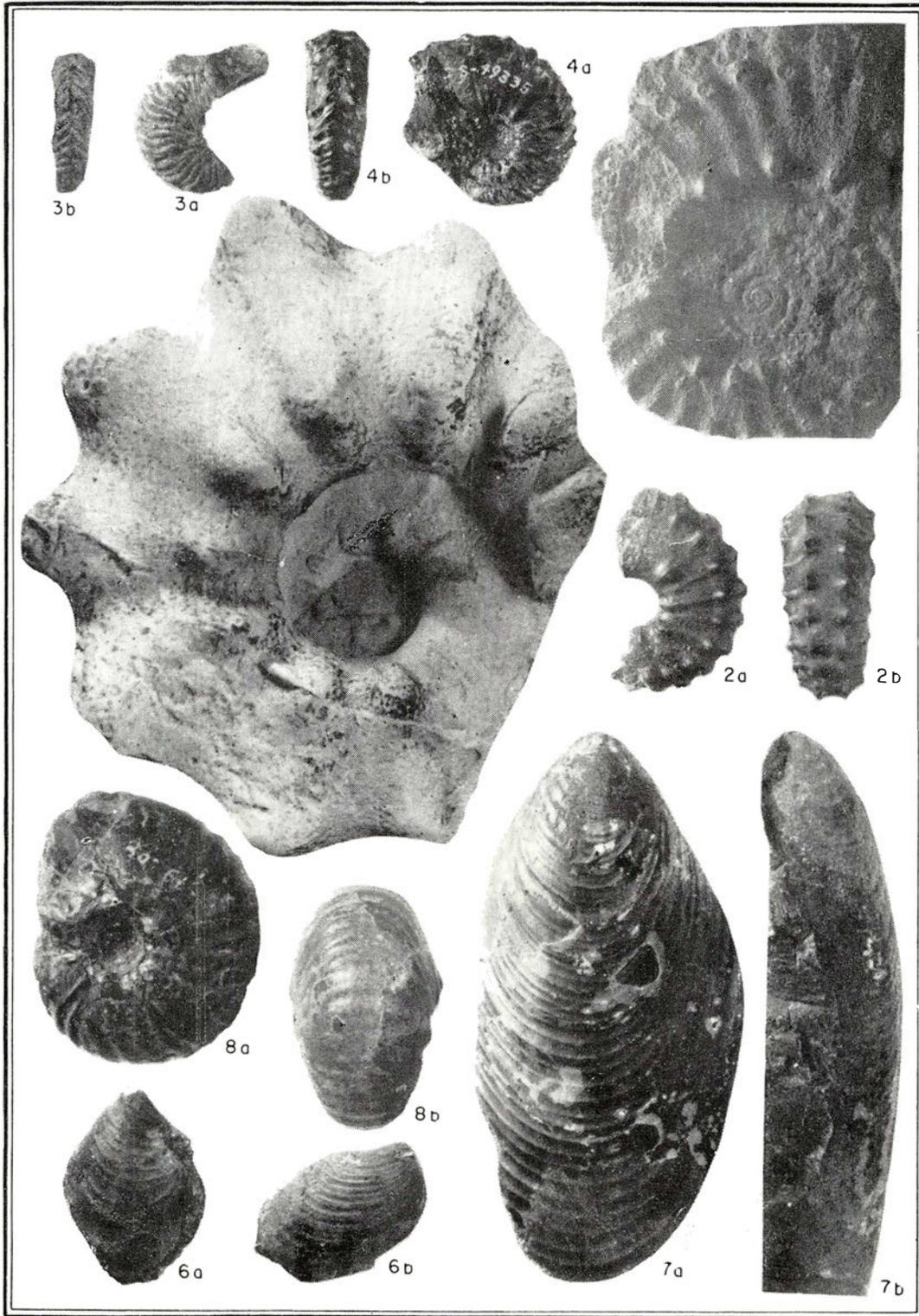
TURONIANO

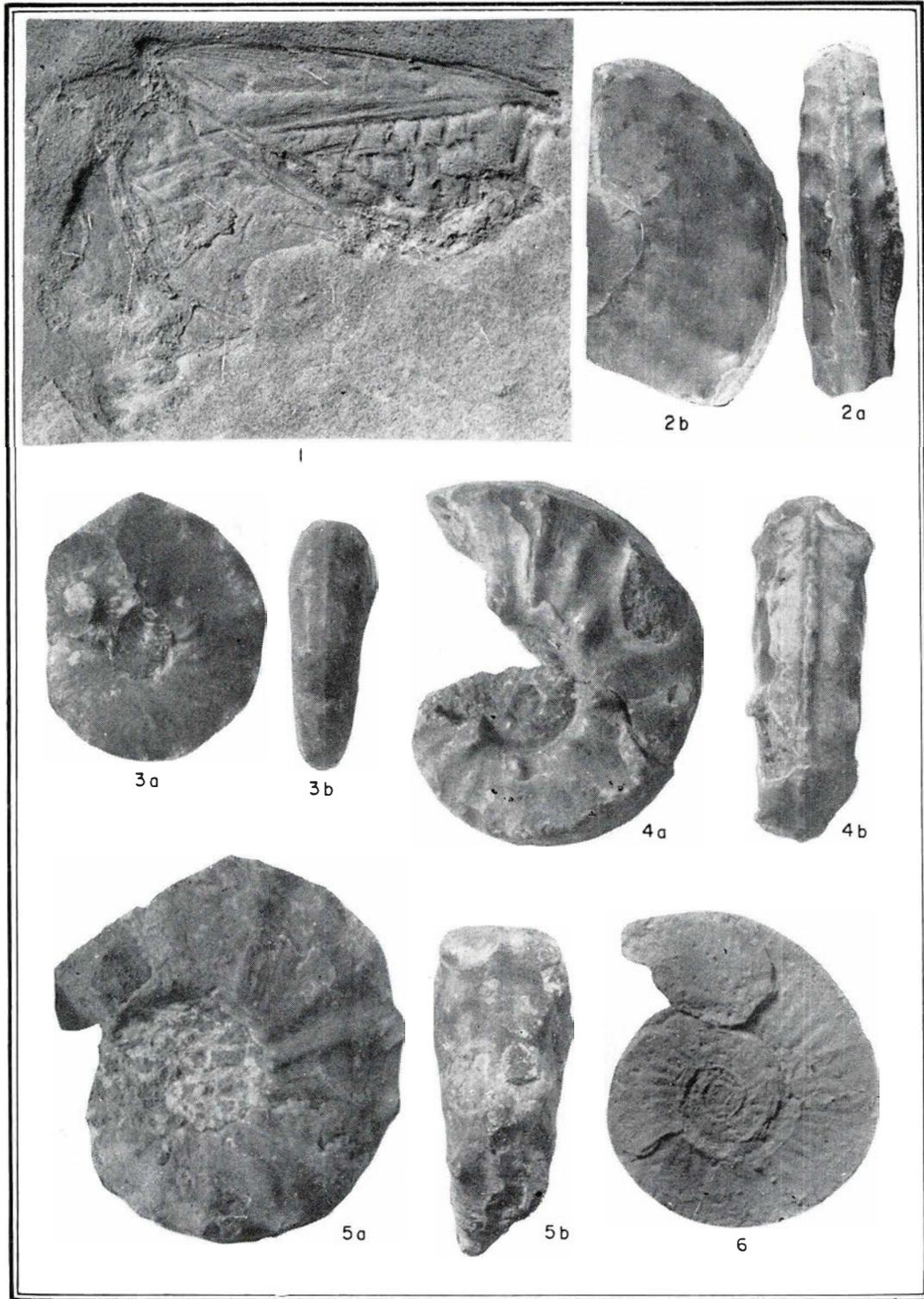
- Fig. 1. *Collignonicerias* cf. *woolgari* (MANTELL).  
Molde de espécimen HA 122/4, Guachetá, col. van der Hammen.  
Turoniano (superior?). Tamaño natural.
- ” 2. *Mammities* aff. *nodosoides* (SCHLOTHEIM).  
Espécimen 629, Albán, col. Royo y Gómez.  
Turoniano inferior. Tamaño natural.
- ” 3. Mammitidae ? n. gen. n. spec. 1.  
Espécimen S-49308, El Colegio, col. Intercol.  
Turoniano inferior. Tamaño natural.
- ” 4. Mammitidae ? n. gen. n. spec. 2.  
Espécimen S-49335, El Colegio, col. Intercol.  
Turoniano inferior. Tamaño natural.
- ” 5. *Pseudaspidoceras* ? spec.  
Espécimen 623, Albán, col. Royo y Gómez.  
Turoniano superior. Tamaño natural.
- ” 6. *Inoceramus dimidius* WHITE.  
Espécimen HB 1759, San Francisco, col. Bürgl.  
Turoniano inferior. Tamaño natural.
- ” 7. *Inoceramus labiatus* SCHLOTHEIM.  
Espécimen Bf 182, carretera Guaduas-Villeta, col. Breistroffer.  
Turoniano superior. Tamaño natural.
- ” 8. *Vascoceras* spec. nov.  
Espécimen S 49308, El Colegio, col. Intercol.  
Turoniano inferior. Tamaño natural.

PLANCHA XVI

CONIACIANO

- Fig. 1. *Barroisiceras subtuberculatum* (GERHARDT).  
Especimen 0083, original de L. RIEDEL 1938, lám. 10, fig. 1.  
Sierra de Virginia, col. Domingo Ortiz.  
Coniaciano. Tamaño natural.
- ” 2. *Hoplitoides* spec.  
Especimen 208, Villeta, col. A. del Río.  
Turoniano o Coniaciano. Tamaño natural.
- ” 3. *Peroniceras* spec.  
Especimen Dz 30, Ubaté, col. Diezemann.  
Coniaciano superior. Tamaño natural.





PLANCHA XIV

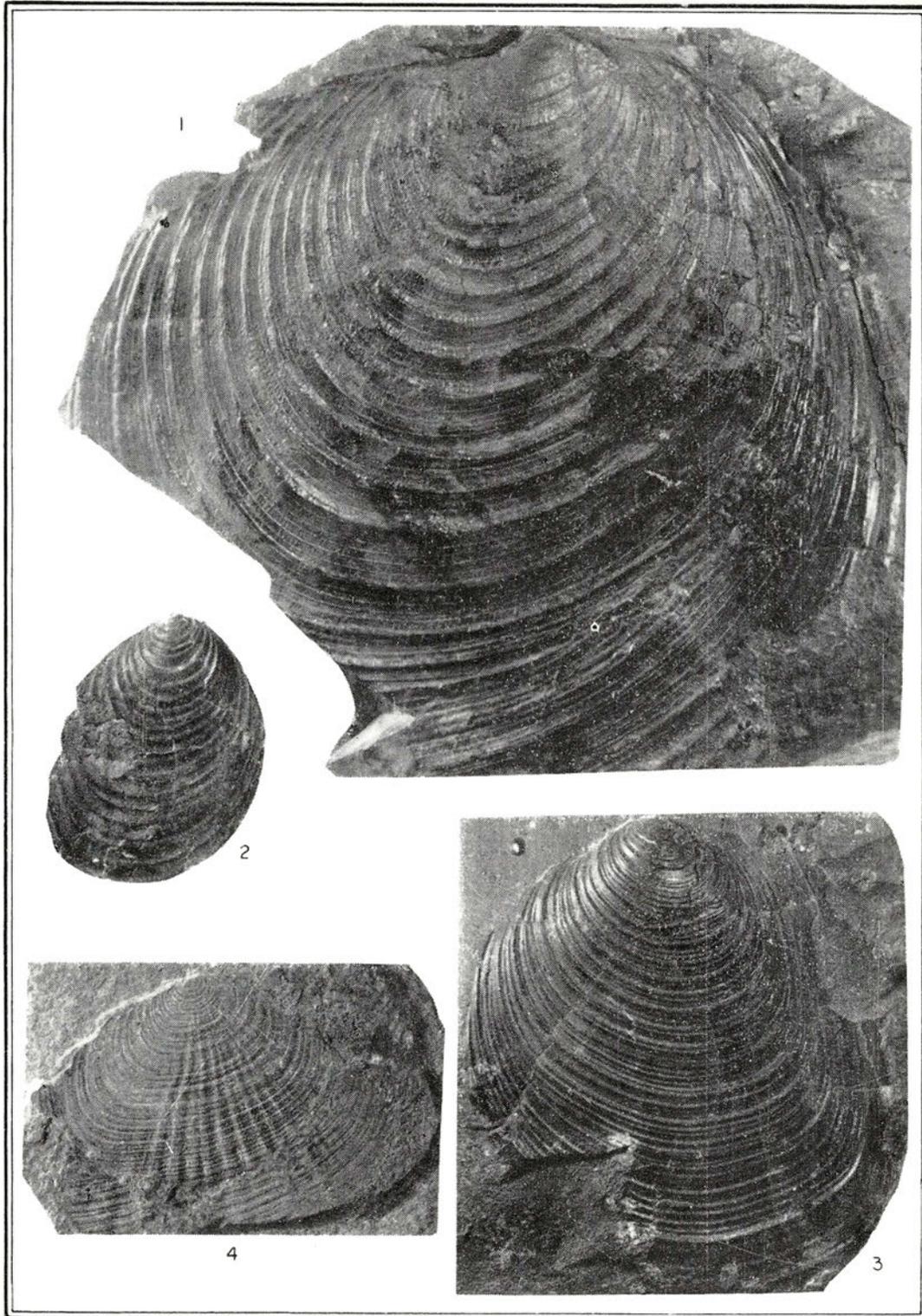
CONIACIANO

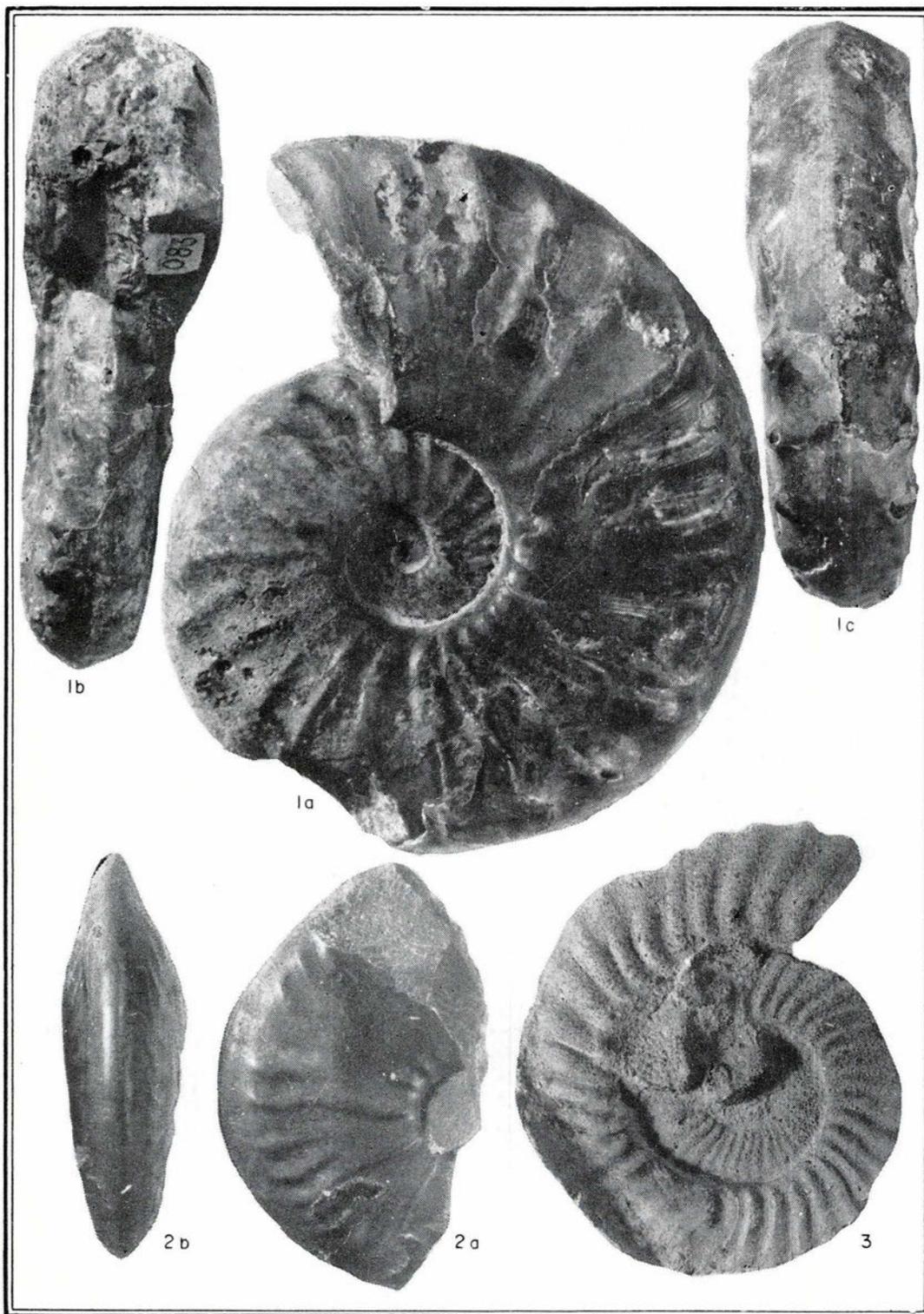
- Fig. 1. *Enchodus* ? spec.  
Especimen FAO 21, La Mesa, col. F. Acevedo Ortiz.  
Senoniano inferior? Tamaño natural.
- " 2. *Prionocycloceras* aff. *mediotuberculatum* (GERHARDT).  
Especimen HB 216/1, Girardot-Nariño, col. Bürgl.  
Coniaciano inferior alto. Tamaño natural.
- " 3. *Prionocycloceras* spec. nov.  
Especimen 2 bis, localidad desconocida.  
Coniaciano inferior alto. Tamaño natural.
- " 4. *Prionocycloceras mediotuberculatum* (GERHARDT).  
Especimen 2, localidad desconocida.  
Coniaciano inferior alto. Tamaño natural.
- " 5. *Prionocycloceras* spec. nov.  
Especimen HB 31/10, Girardot-Nariño, col. Bürgl.  
Coniaciano inferior alto. Tamaño natural.
- " 6. *Peroniceras (Gauthiericeras) bajuvaricum* (REDTENBACHER).  
Especimen HB 415/4, Tabio-Chía, col. Bürgl.  
Coniaciano superior. Tamaño natural.

PLANCHA XV

CONIACIANO

- Fig. 1. *Inoceramus* spec.  
Especimen M 320 bis, Tabio, col. R. Sarmiento Soto.  
Coniaciano inferior. Tamaño natural.
- ” 2. *Inoceramus peruanus* BRÜGGEN.  
Especimen 624, Albán, col. Royo y Gómez.  
Coniaciano inferior. Tamaño natural.
- ” 3. *Inoceramus* spec.  
Especimen 620, Albán, col. Royo y Gómez.  
Coniaciano inferior. Tamaño natural.
- ” 4. *Didymotis roemeri variabilis* GERHARDT.  
Especimen St 8, Subachoque, col. R. Sarmiento Soto.  
Coniaciano medio. Tamaño natural.

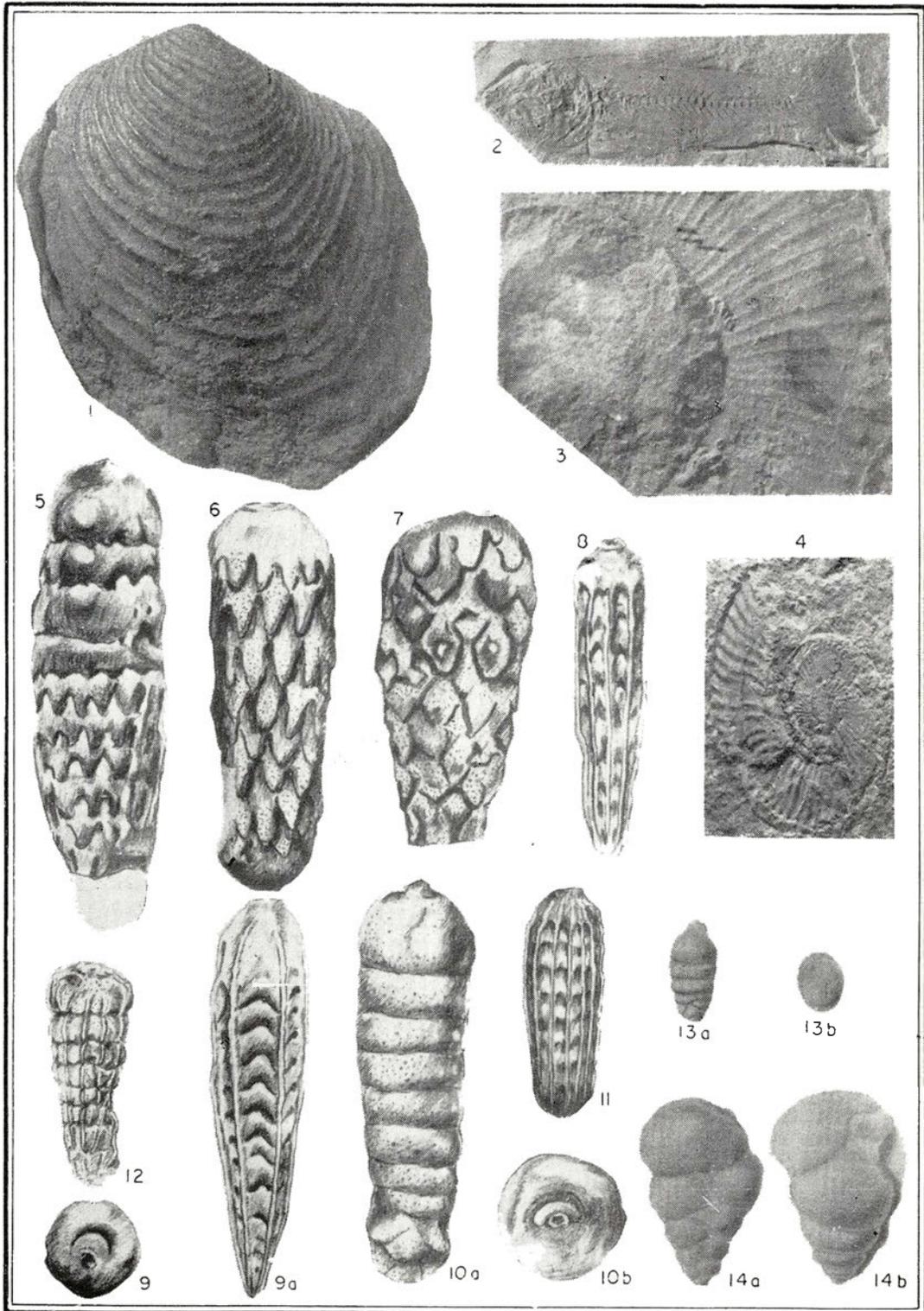


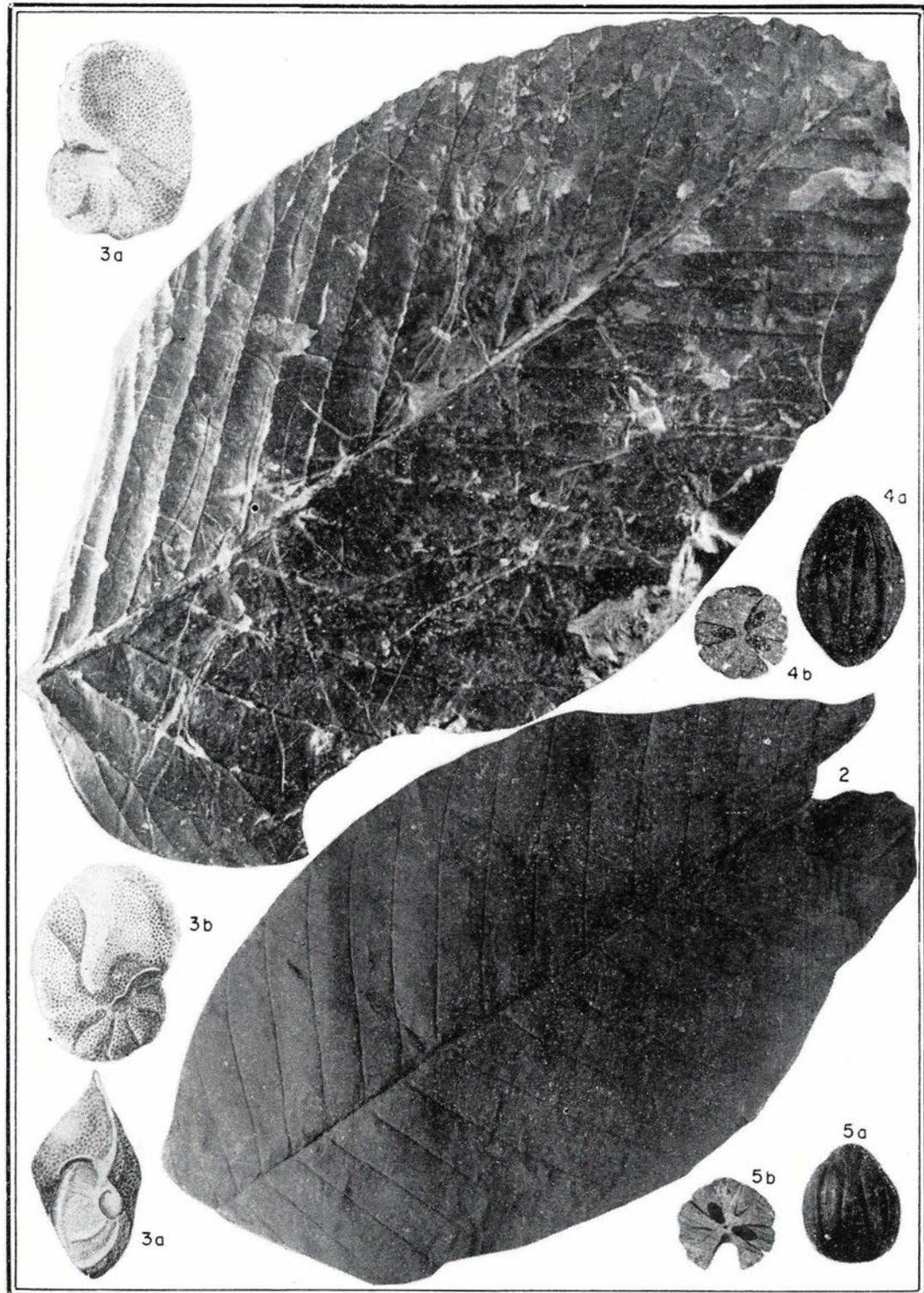


PLANCHA XVII

CAMPANIANO - MAESTRICHTIANO

- Fig. 1 *Inoceramus* aff. *balticus* BÖHM.  
Especimen 2543, Suba, col. Royo y Gómez.  
Senoniano superior. Tamaño natural.
- " 2. Clupeide gen. ? spec. ?  
Especimen Sth 51, Gachancipá, col. M. Stehle.  
Senoniano superior. Tamaño natural.
- " 3. *Nostoceras* aff. *stantoni aberrans* HYATT.  
Especimen HB 434/1, Tabio-Chía, col. Bürgl.  
Maestrichtiano inferior. Tamaño natural.
- " 4. *Scaphites* aff. *mandanensis* (MORTON).  
Especimen GHG 12, parte media de la formación Guaduas, ar-  
cillas debajo de los mantos de carbón de la mina Isaza, vereda  
El Cedro, Zipaquirá, col. Padre G. Huertas.  
Maestrichtiano superior. Tamaño natural.
- " 5. *Siphogenerinoides landesi* BENTON STONE.  
Muestra HB 117, Girardot-Melgar, col. Bürgl.  
Maestrichtiano inferior. Aumento 49 x.
- " 6. *Siphogenerinoides revoluta* BENTON STONE.  
Muestra HB 3, Guaduas, col. Bürgl.  
Maestrichtiano inferior. Aumento 50 x.
- " 7. *Siphogenerinoides reticulata* BENTON STONE.  
Muestra HB 117, Girardot-Melgar, col. Bürgl.  
Maestrichtiano inferior. Aumento 49 x.
- " 8. *Siphogenerinoides brammlettei* CUSHMAN.  
Muestra HB 385, Lebrija, Santander, col. Bürgl.  
Maestrichtiano. Aumento 46 x.
- " 9. *Siphogenerinoides* aff. *brammlettei* CUSHMAN.  
Muestra HB 62, Girardot-Nariño, col. Bürgl.  
Maestrichtiano inferior. Aumento 50 x.
- " 10. *Siphogenerinoides clarki* (CUSHMAN & CAMPBELL).  
Muestra HB 3, Guaduas, col. Bürgl.  
Maestrichtiano inferior. Aumento 17 x.
- " 11. *Siphogenerinoides cretacea* CUSHMAN.  
Muestra HB 63, Girardot-Nariño, col. Bürgl.  
Campaniano. Aumento 49 x.
- " 12. *Siphogenerinoides* aff. *cretacea* CUSHMAN.  
Muestra HB 3, Guaduas, col. Bürgl.  
Maestrichtiano inferior. Aumento 50 x.
- " 13. *Wheelerella magdalenaensis* PETTERS.  
Muestra 56059, Ortega, Tolima; col. Intercol.  
Santoniano ? Aumento 42 x.
- " 14. *Sporobulimina perforata* BENTON STONE.  
Muestra HB 172, Girardot-Nariño, col. Bürgl.  
Santoniano ? Aumento 43 x.





PLANCHA XVIII

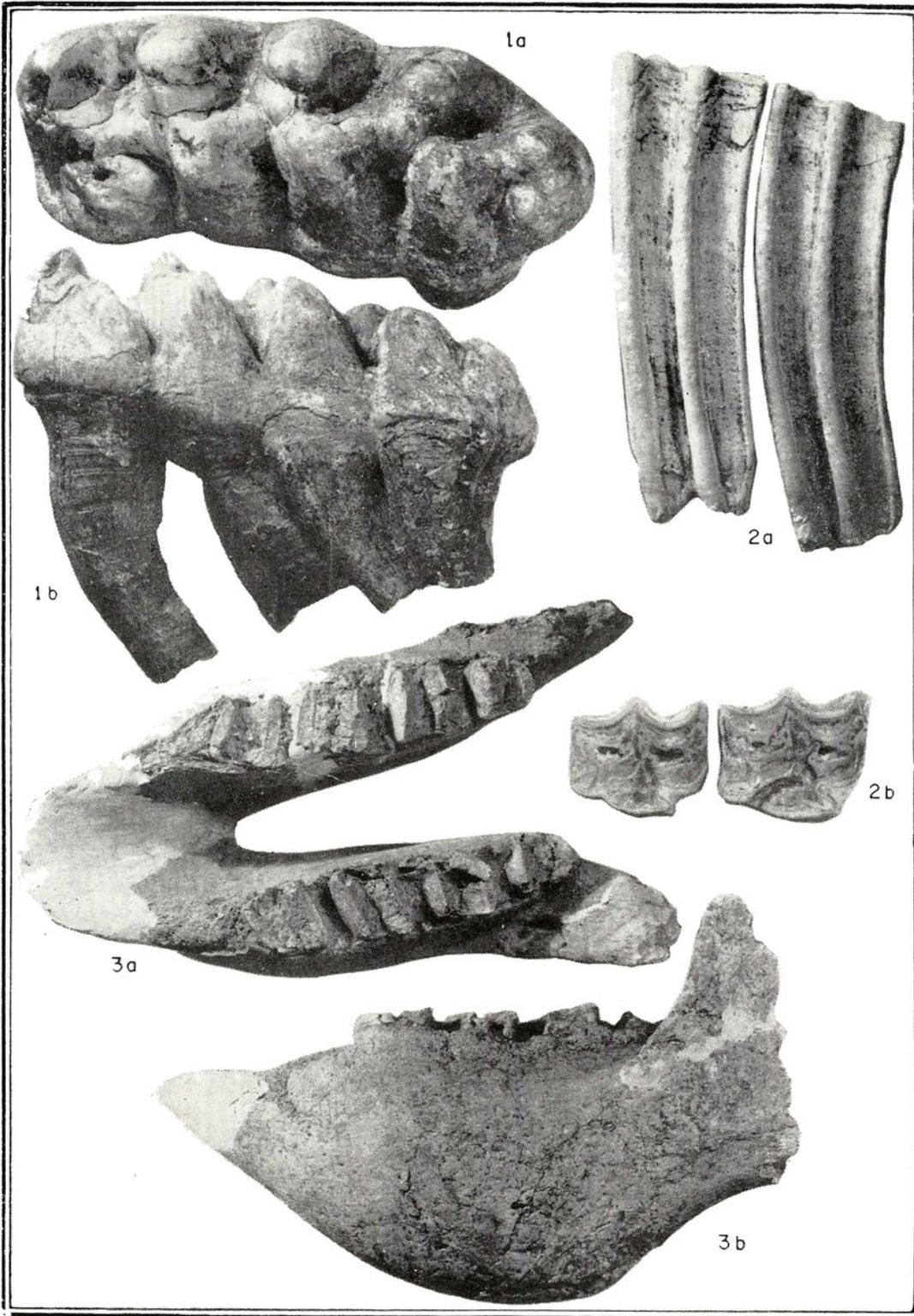
TERCIARIO.

- Figs. 1 y 2. Hojas de Angiospermas no identificadas.  
Zipaquirá, vereda El Cedro, col. Padre G. Huertas.  
Paleoceno inferior. Tamaño natural.
- Fig. 3. *Globorotalia fohsi andina* BÜRGL.  
Holotipo, perforación Andina N<sup>o</sup> 2, Bogotá, col. Diezemann.  
Oligoceno medio-superior, formación Usme.  
Aumento 100 x.
- Figs. 4 y 5. *Saccoglottis cipacoensis* BERRY.  
Especimen JV 301, represa del Muña, Soacha, col. J. Valencia.  
Plioceno. Tamaño natural.

PLANCHA XIX

PLEISTOCENO

- Figs. 1a y 1b Molar de *Haplomastodon chimborazi* (PROANO).  
Especimen 3353, Mosquera, col. Royo y Gómez.  
Pleistoceno inferior. Reducción aprox.  $\frac{1}{2}$ .
- Figs. 2a y 2b Dos molares de *Equus* (? *curvidens* OWEN).  
Especímenes GFC 10, Quipile, col. G. Forero C.  
Pleistoceno superior. Tamaño natural.
- Figs. 3a y 3b Mandíbula de *Megatherium* (s. l.) sp.  
Especimen H 162/1, Fusagasugá, col. E. Herrera Aldana.  
Pleistoceno superior. Reducción aprox.  $\frac{1}{3}$ .



Equivalentes en facies marginal de la formación de la Sabana se encuentran en muchas partes alrededor de la antigua laguna, así al suroeste de la laguna de La Herrera, cerca de Mosquera (gredas arenosas a veces con guijarros, etc.), en valles erodados en la formación de Tilatá. En la parte baja de los afluentes de la Sabana se pueden distinguir varios horizontes gruesos, de color oscuro, que representan suelos fósiles que son exactamente iguales al suelo holoceno que se puede ver en el mismo sitio en la superficie. Sin duda estos suelos fósiles representan interglaciales durante los cuales el clima era igual o casi igual al actual, y los sedimentos entre estos suelos representan los glaciales.

## BIBLIOGRAFÍA

- BÜRGL, H., 1955. — "Globorotalia fohsi en la formación de Usme". Bogotá, *Boletín Geológico*, vol. 3, 2.
- GARCÍA BARRIGA, C., 1956. — "Investigación Palinológica de la formación Guaduas del Anticlinal de Guachetá-Lenguazaque-Tausa". Informe N° 1159. I. G. N. (sin publicar).
- CUSHMAN, J. A., & H. D. HEDBERG, 1941. — "Upper Cretaceous foraminifera from Santander del Norte, Colombia". Cushman Lab. Foram. Res., Contr., vol. 17, 4, 232, p. 79.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1954. — "El desarrollo de la flora colombiana en los períodos geológicos. I: Maestrichtiano hasta Terciario más Inferior". Bogotá, *Boletín Geológico*, vol. 2, 1.
- HAMMEN, T. VAN DER, 1957. — "Climatic changes and evolution of South American Maestrichtian and Tertiary floras". Bogotá, *Boletín Geológico*, en el presente número.
- HUBACH, E., 1957. — "La estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores". Bogotá, *Boletín Geológico*, en el presente número.
- KUYL, O., S. J. MULLER & H. T. J. WATERBOLK, 1955. — "The application of Palynology to oil Geology with reference to Western Venezuela". *Geologie & Mijnbouw*, vol. 17, 3, pp. 49-76.
- NOTESTEIN, P. B., C. W. HUBMAN & J. W. BOWLER, 1944. — "Geology of the Barco Concession, Rep. of Colombia, South America". *Bul. Geol. Soc. Am.*, vol. 55, pp. 1165-1216.
- PETTERS, V., 1955. — "Development of Upper Cretaceous foraminiferal faunas in Colombia". *Journ. of Paleont.*, vol. 29, 2.



## BOLETIN GEOLOGICO

### CONTENIDO DE LOS TOMOS ANTERIORES

Año I, 1953.

#### Nº 1. Enero.

HUBACH, E. — *Yacimientos de mineral de hierro, de carbón y de caliza en Colombia como base de la industria siderúrgica*, pp. 1-30, 5 pls.

BUENO, J. A. — *Informe sobre algunos yacimientos calcáreos de posible aplicación para producir cal agrícola para el Departamento de Nariño*, pp. 31-79, 1 pl.

#### Nº 2. Febrero.

SUESCÚN G., D. — *Contribución al conocimiento de la Geología Económica del Tolima*, pp. 1-125, 11 pls.

#### Nº 3. Marzo.

HUBACH, E. — *Estado actual de la exploración de fosfatos en Colombia*, pp. 1-6, 1 pl.

SARMIENTO SOTO, R. — *Fosfatos en el Páramo de Pisba*, pp. 7-20, 2 pls.

SUÁREZ HOYOS, V. — *Comisión geológica de La Guajira*, pp. 21-39.

SARMIENTO ALARCÓN, A. — *Comisión de la isla de Malpelo*, pp. 40-56, 5 pls.

SARMIENTO ALARCÓN, A. — *Fosfatos en los ríos Catatumbo y Orú*, pp. 58-66, 1 pl.

HUBACH, E. — *Labores del Servicio Geológico Nacional en febrero de 1953*, pp. 67-77.

#### Nº 4. Abril.

WOKITTEL, R. & LÓPEZ CASAS, J. — *Estudios mineros y geológicos de la región del Guavio y de los Farallones de Medina*, pp. 1-61.

NELSON, H. W. — *Estudio petrográfico de cinco rocas provenientes de las cabeceras del río Humea Chico*, pp. 62-65, 4 pls.

HUBACH, E. — *Labores del Servicio Geológico Nacional en marzo de 1953*, pp. 66-73.

#### Nº 5. Mayo.

HUBACH, E. — *Carbón del Páramo del Almorzadero y carbón y fuentes de agua sal de Molagavita, en el Departamento de Santander*, pp. 1-12, 1 pl., anexos.

WOKITTEL, R. — *Aspectos del yacimiento de caliza en la hoya del Cobre en el Páramo de Sumapaz, al sur de Bogotá*, pp. 14-25, 3 pls.

HUBACH, E. — *El yacimiento de cinabrio de "La Esperanza" Salamina, Departamento de Caldas*, pp. 25-37, 1 pl.

BUENO, J. A. — *La región metalífera de San Joaquín, Municipio de Mercaderes (Cauca)*, pp. 37-48, 2 pls., anexos.

HUBACH, E. — *Labores del Instituto Geológico Nacional en el mes de abril de 1953*, pp. 52-58.

Nos. 6 y 7. Junio y julio.

- DIEZEMANN, W. & LÓPEZ CASAS, J. — *Consideraciones sobre la hidrogeología oficial*, pp. 1-16.
- DIEZEMANN, W. — *Abastecimiento de agua para el Municipio de Chía*, pp. 17-46, 2 pls., 2 anexos.
- DIEZEMANN, W. — *El problema de agua potable para la urbanización nueva en la isla del Morro, Municipio de Tumaco, Nariño*, pp. 47-66, 4 pls.
- DIEZEMANN, W. — *El posible abastecimiento de Tumaco y de la urbanización nueva en la isla del Morro con agua de dunas y de lluvias*, pp. 67-70.
- DIEZEMANN, W. — *Posibilidades geohidrológicas para la construcción de un acueducto de aguas subterráneas en Sincelejo, y algunas observaciones en Corozal y Tolú (Departamento de Bolívar)*, pp. 71-80, 1 pl.
- MONTENEGRO, B. C. — *Estudio sobre algunas aguas minerales de Nariño*, pp. 85-99, 1 pl.
- BUENO, J. A. — *Informe de las labores del Instituto Geológico Nacional en el mes de mayo de 1953*, pp. 100-108.

Nos. 8, 9 y 10. Agosto-septiembre.

- HAMMEN, Th. VAN DER. — *Informe preliminar sobre los yacimientos de carbón de Quinchía, Río Sucio*, pp. 1-12, 55 pls.
- SARMIENTO ALARCÓN, A. — *Comisión para localizar caliza en el Departamento del Cauca*, pp. 13-32, 2 pls.
- SANDOVAL, J. — *Yacimientos de diatomita en el Valle del Cauca*, pp. 33-58, 2 pls.

Nos. 11 y 12. Noviembre y diciembre.

- SARMIENTO ALARCÓN, A. & ARCE H. M. — *Comisión geológica del archipiélago de San Andrés y Providencia. Estudios de fosfatos*, pp. 27-42, 3 pls., anexos.
- SARMIENTO ALARCÓN, A. — *Prospección de yacimientos de cobre, plomo y zinc (Departamento del Tolima)*, pp. 43-75, 2 pls.

## Vol. II, 1954.

Nº 1. Enero-abril.

- BÜRGL, H. — *El Cretáceo Inferior en los alrededores de Villa de Leiva, Boyacá*, pp. 5-22, 3 pls.
- BÜRGL, H. & DUMIT TOBÓN, Y. — *El Cretáceo Superior en la región de Girardot*, pp. 23-48, 8 pls. 12 fot.
- HAMMEN, Th. VAN DER. — *El desarrollo de la flora colombiana en los períodos geológicos. I: Maestrichtiano hasta Terciario más Inferior*, pp. 49-106, pls. I-VII y 1-21.
- SALAS, G. P. — *Fotogeología y su aplicación a la exploración petrolera*, pp. 107-110.

Nº 2. Mayo-septiembre.

- HAMMEN, Th. VAN DER. — *Principios para la nomenclatura palinológica sistemática*, pp. 1-21, 3 pls.

## Vol. III, 1955.

Nº 1. Junio.

- BÜRGL, BARRIOS & RÖSTRÖM. — *Micropaleontología y estratigrafía de la sección Arroyo Saco, Departamento del Atlántico*, pp. 1-114, 9 pls.

Nº 2. Septiembre.

BÜRGL, H. — *El anticlinal de Apulo*, pp. 2-22, 4 pls.

BÜRGL, H. — *La formación Guadalupe entre Tabio y Chía en la Sabana de Bogotá*, pp. 23-55, 4 pls.

BÜRGL, H. — *Globorotalia fohsi en la Formación de Usme*, pp. 56-65, 1 fig. en el texto.

Nº 3. Diciembre.

BUENO, J. A. — *Yacimientos de uranio y otros metales en la región de La Baja, Municipio de California, Departamento de Santander*, pp. 1-21A, 3 pls.

### Vol. IV, 1956.

Nº 1. Abril.

BÜRGL, H. — *Catálogo de las amonitas de Colombia. Parte I. Pulchelliidae*, 119 pp., 28 pls.

Nos. 2-3. Agosto-diciembre.

BÜRGL, H. — *La variabilidad de la amonita "Dufrenoya texana" BURCKHARDT*, con 3 planchas.

HAMMEN, Th. VAN DER. — *Nomenclatura palinológica sistemática*, con 12 planchas.

HAMMEN, Th. VAN DER. — *A palynological systematic nomenclature*, with 12 plates.

HAMMEN, Th. VAN DER. — *Descripción de algunos géneros y especies de polen y esporas fósiles*, con 2 planchas.

HAMMEN, Th. VAN DER. — *Description of some genera and species of fossil pollen and spores*, with 2 plates.

## ERRATAS

Página 27, figura 4 . . . . .	Mauritiaceae; debe ser: Mauritieae.
Página 28, líneas 24 y 26 . . . . .	" " " "
Página 33, línea 1 . . . . .	" " " "
Página 36, líneas 42 y 45 . . . . .	" " " "
Page 51, line 28 . . . . .	Mauritiaceae; should be: Mauritieae.
Page 59, line 26 . . . . .	" " " "
Page 64, line 7 . . . . .	" " " "
Page 70, line 26 and 29 . . . . .	" " " "
Page 71, figure 4 . . . . .	" " " "
Page 76, line 38 . . . . .	" " " "
Page 80, line 17 and 20 . . . . .	" " " "

In those places where is used the word *top* in connection with the curves of the diagram, read *maximum*.



CORRELACION PALINOLOGICA DE COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS  
DEL ORIENTE ANDINO DE COLOMBIA  
Maestrichtiano - Eoceno Inferior

PALINOLOGICAL CORRELATION OF STRATIGRAFICAL COLUMNS  
FROM THE EAST ANDINE REGION, COLOMBIA ( SOUTH AMERICA)  
Maestrichtian - Lower Eocene

THOMAS VAN DER HAMMEN  
PALEOBOTANICO JEFE

RIA CORTES CEDEIL  
DIBUJANTE

**GENERAL DIAGRAM**  
The Maestrichtian part is based on the diagrams of Suesca and Santa Rosita.  
The Paleocene part is based on the diagrams of the Catatumbo (Tibú) and Río Lebrija.  
The Eocene part is based on the diagram of the Catatumbo (Tibú).

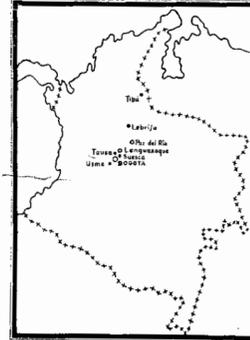
**DIAGRAMA GENERAL**  
La parte Maestrichtiana está basada, sobre los diagramas de Suesca y Santa Rosita.  
La parte Paleoceno está basada sobre los diagramas del Catatumbo (Tibú) y Río Lebrija.  
La parte Eoceno está basada sobre el diagrama del Catatumbo (Tibú).

LEYENDA DIAGRAMAS  
LEGEND (DIAGRAMS)

- *Maracolpites medius* (grupo group)
  - ▨ *Menacolpites francisci* (grupo group)
  - ▩ *Paxapertites apiculatus* (grupo group) (Astrocaryum)
  - *Angiospermae* exceptuando las palmas incluídas en los grupos anteriores except. the palms included in the former groups
  - ▤ *Pilamonoletes tibul* (grupo group)
  - ▥ *Vrrumonoletes umensis* (grupo group)
  - ▧ *Pilatrites* (grupo group)
- Palmae
- Pteridophytes

Cada espectro corresponde a un manto de carbón, y es el promedio de una serie de muestras de ese manto.  
Each spectrum corresponds to a coal-seam, and is the average of a series of samples from that seam.

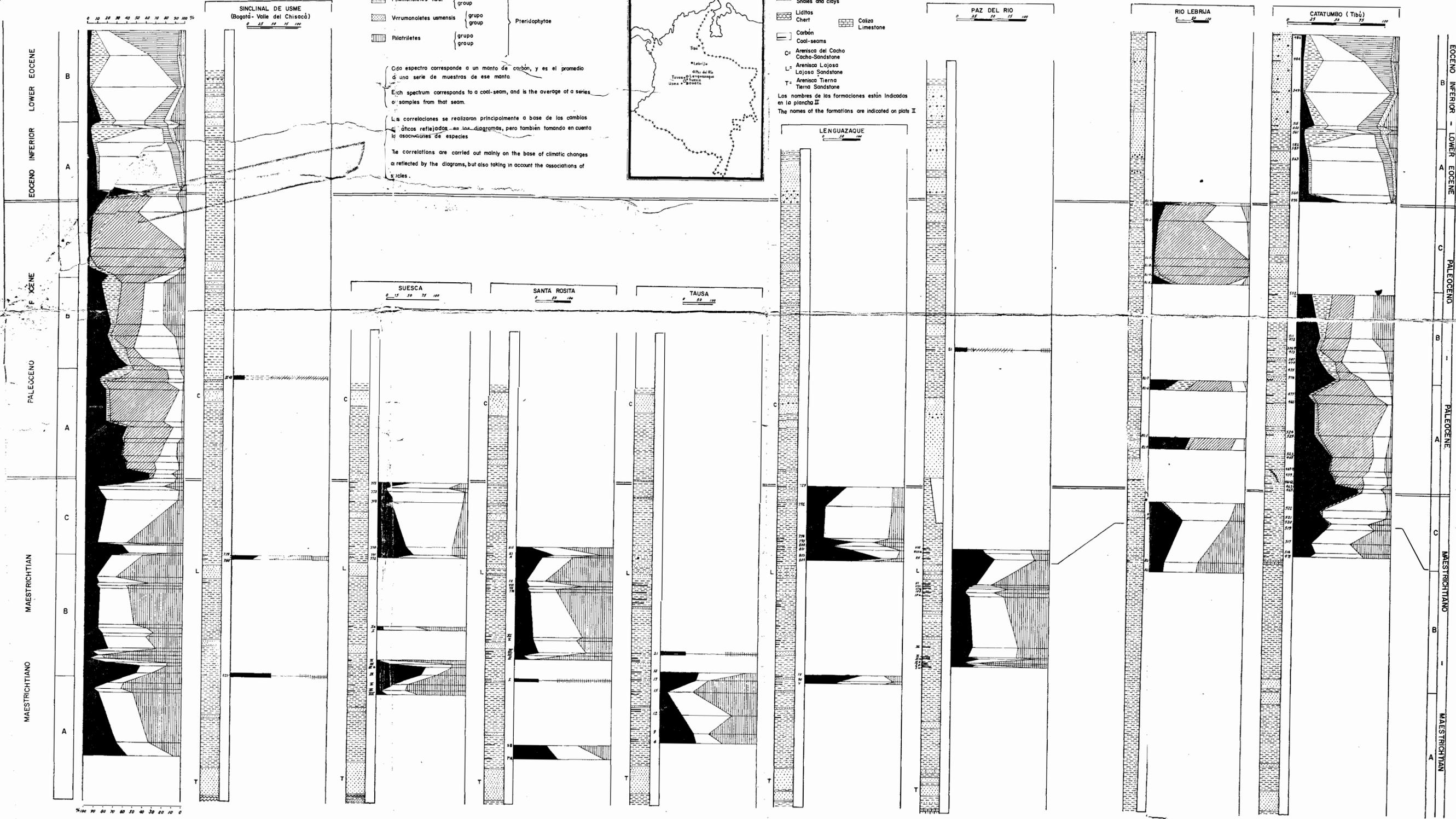
Las correlaciones se realizaron principalmente a base de los cambios de líneas reflejadas en los diagramas, pero también tomando en cuenta las asociaciones de especies.  
The correlations are carried out mainly on the base of climatic changes reflected by the diagrams, but also taking in account the associations of species.



LEYENDA COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS  
LEGEND

- ▨ Conglomerado  
Conglomerate
- ▩ Arenisca  
Sandstone
- ▤ Esquistos arcillosos, arcillas y gredas  
Shales and clays
- ▥ Litolitas  
Chert
- ▧ Carbón  
Coal-seams
- ▨ Arenisca del Cacho  
Cacho-Sandstone
- ▩ Arenisca Lajosa  
Lajosa Sandstone
- ▤ Arenisca Tierra  
Tierra Sandstone
- ▥ Caliza  
Limestone

Los nombres de las formaciones están indicados en la plancha II.  
The names of the formations are indicated on plate II.



MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL  
SECCION DE PALEOBOTANICA

ALINOLOGICA DE COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS  
DEL ORIENTE ANDINO DE COLOMBIA

Maestrichtiano - Eoceno Medio

PALYNOLOGICAL CORRELATION OF STRATIGRAFICAL COLUMNS  
FROM THE EAST ANDINE REGION, COLOMBIA (SOUTH AMERICA)

Maestrichtian - Middle Eocene

THOMAS VAN DER HAMMEN  
PALEOBOTANICO JEFE

IRMA CORTES CEDIEL  
DIBUJANTE

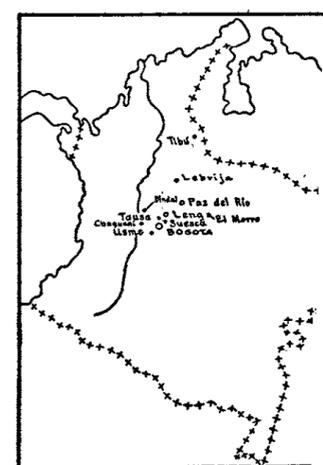
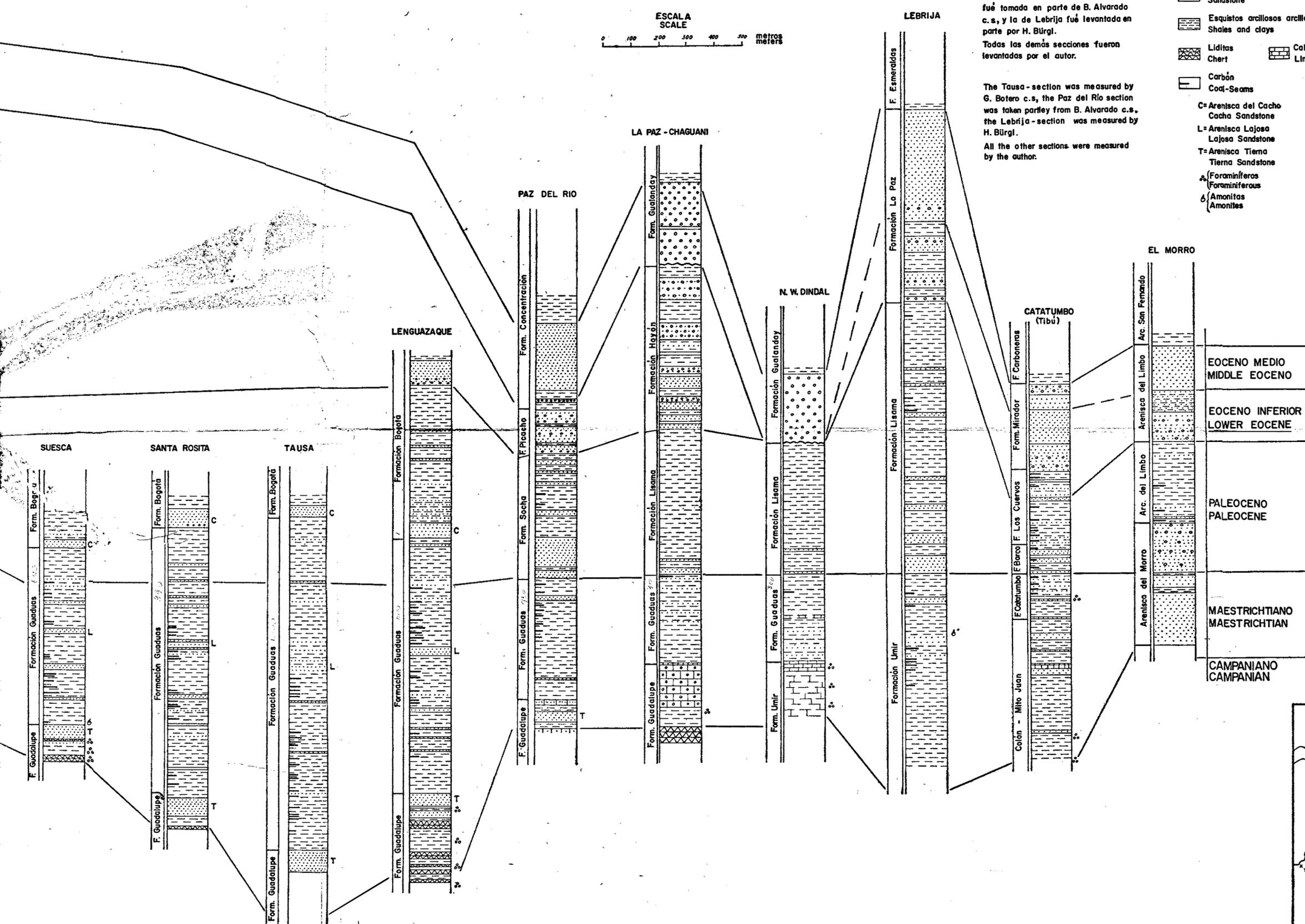


LEYENDA COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS  
LEGEND

- Conglomerado  
Conglomerate
- Arenisca  
Sandstone
- Esquistos arcillosos arcillas y gredas  
Shales and clays
- Liditas  
Chert
- Caliza  
Limestone
- Carbón  
Coal-Seams
- C= Arenisca del Cacho  
Cacho Sandstone
- L= Arenisca Lajosa  
Lajosa Sandstone
- T= Arenisca Tierra  
Tierra Sandstone
- Foraminíferos  
Foraminiferous
- Amonitas  
Amonites

La sección de Tausa fue levantada por G. Botero c.s., la de Paz del Río fue tomada en parte de B. Alvarado c.s., y la de Lebrija fue levantada en parte por H. Bürgl.  
Todas las demás secciones fueron levantadas por el autor.

The Tausa - section was measured by G. Botero c.s., the Paz del Río section was taken partly from B. Alvarado c.s., the Lebrija - section was measured by H. Bürgl.  
All the other sections were measured by the author.



MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
INSTITUTO GEOLOGICO-NACIONAL  
SECCION DE PALEOBOTANICA

**CORRELACION DE COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DEL SINCLINAL DE USME  
Y DE PAZ DEL RIO (Maestrichtiano - Oligoceno Medio) Y DIAGRAMA  
PALINOLOGICO DE LA BASE DEL USME SUPERIOR**

**CORRELATION OF STRATIGRAFICAL COLUMNS OF THE USME SYNCLINE AND OF  
THE PAZ DEL RIO AREA (Maestrichtian - Middle Oligocene) AND  
POLLEN-DIAGRAM OF THE BASE THE UPPER USME-FORMATION**

THOMAS VAN DER HAMMEN  
PALEOBOTANICO JEFE

IRMA CORTES CEDIEL  
DIBUJANTE

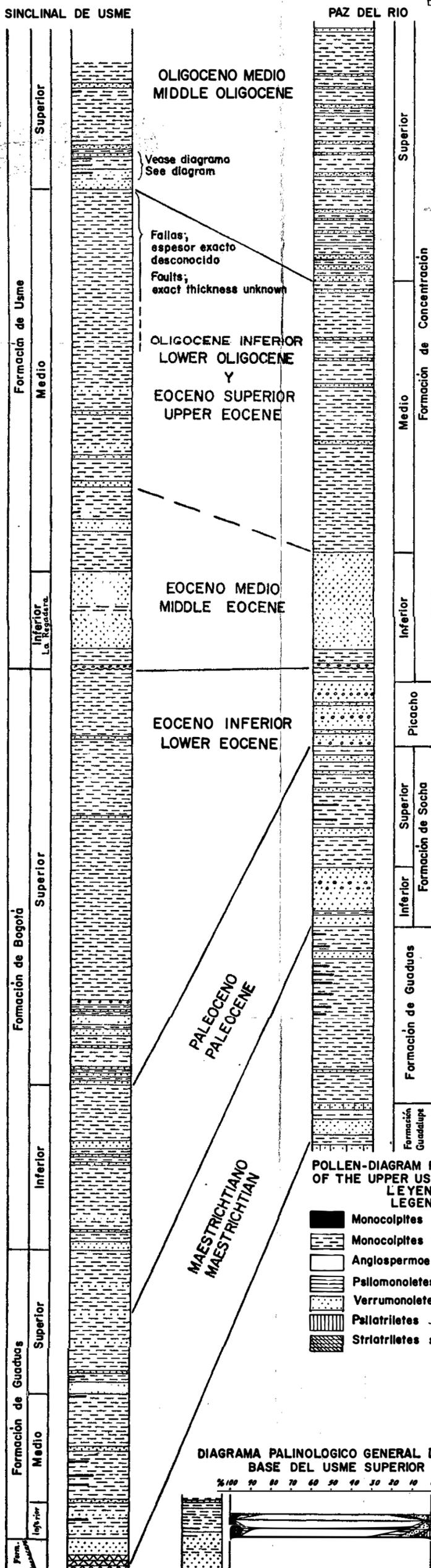
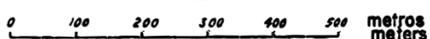
LEYENDA COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS  
LEGEND

LEYENDA COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS  
LEGEND

-  Conglomerado  
Conglomerate
-  Arenisca  
Sandstone
-  Esquistos arcillosos arcillas y gredas  
Shales and clays

-  Liditos  
Chert
-  Carbón  
Coal-Seams
-  Collza  
Limestone

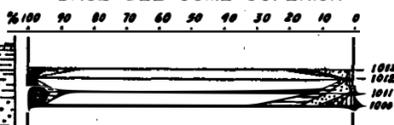
ESCALA  
SCALE



POLLEN-DIAGRAM FROM THE BASE  
OF THE UPPER USME FORMATION  
LEYENDA  
LEGEND

-  Monocolpites medius - group
-  Monocolpites franciscol "
-  Angiospermae "
-  Pellomonoletes tibul "
-  Verrumonoletes usmensis "
-  Pallatrilletes "
-  Striatrilletes susannaee "

DIAGRAMA PALINOLOGICO GENERAL DE LA  
BASE DEL USME SUPERIOR



ESCALA  
SCALE