

BOLETIN GEOLOGICO, VOL. VII Nos. 1-3. — PAGINAS, 85-118, 9 FIGURAS.

**SEDIMENTACION CICLICA EN EL GEOSINCLINAL CRETACEO
DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA**
(con 9 figuras en el texto)

POR

HANS BURGL
UNIVERSIDAD NACIONAL

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA, 1961

CONTENIDO:

Resumen	89
Introducción	91
Facies y clasificaciones litológicas	99
Estratigrafía de la cuenca de Cundinamarca	101
Duración de los pisos cretáceos	106
Los ciclos mayores del Cretáceo de la Cordillera Oriental.	111
Posibles causas de los movimientos cíclicos	114
Bibliografía	115

RESUMEN

Los estratos que constituyen la Cordillera Oriental de Colombia comprenden desde el Precambriano hasta el Cuaternario. Entre ellos, los sedimentos del Cretáceo son los más frecuentes y de mayor grosor alcanzando su máximo espesor en los alrededores de Bogotá (Cuenca de Cundinamarca) con 16.000 metros. Hacia el Norte, su espesor se reduce a 2400 m y hacia la terminación sur de la cordillera alcanza sólo unos centenares de metros.

En la Cuenca de Cundinamarca, el Cretáceo está compuesto predominantemente de lutitas oscuras, batiales, entre las cuales se interponen a distancias más o menos regulares, areniscas, calizas y otros depósitos litorales. La repartición de los fósiles, especialmente de las Amonitas, muestra que las intercalaciones litorales siempre forman las capas limítrofes entre pisos y subpisos. El hundimiento del geosinclinal cretáceo de la Cordillera Oriental tuvo lugar por lo tanto de una manera cíclica: al principio de cada piso (o subpiso) se hundió rápidamente y se depositaron en él lutitas batiales. Después el hundimiento aminoró paulatinamente y los depósitos litorales avanzaron hacia el interior de la cuenca y en algunos casos la sedimentación cesó por completo. Con el nuevo hundimiento al principio del próximo piso, inmigraron al geosinclinal nuevas faunas pelágicas, en tanto que las faunas litorales se retiraron a las zonas costaneras y persistieron durante varios pisos.

La composición litológica muy semejante y el grosor aproximado de los pisos indican que éstos se depositaron en períodos iguales de seis millones de años aproximadamente y los subpisos, en períodos de dos millones de años.

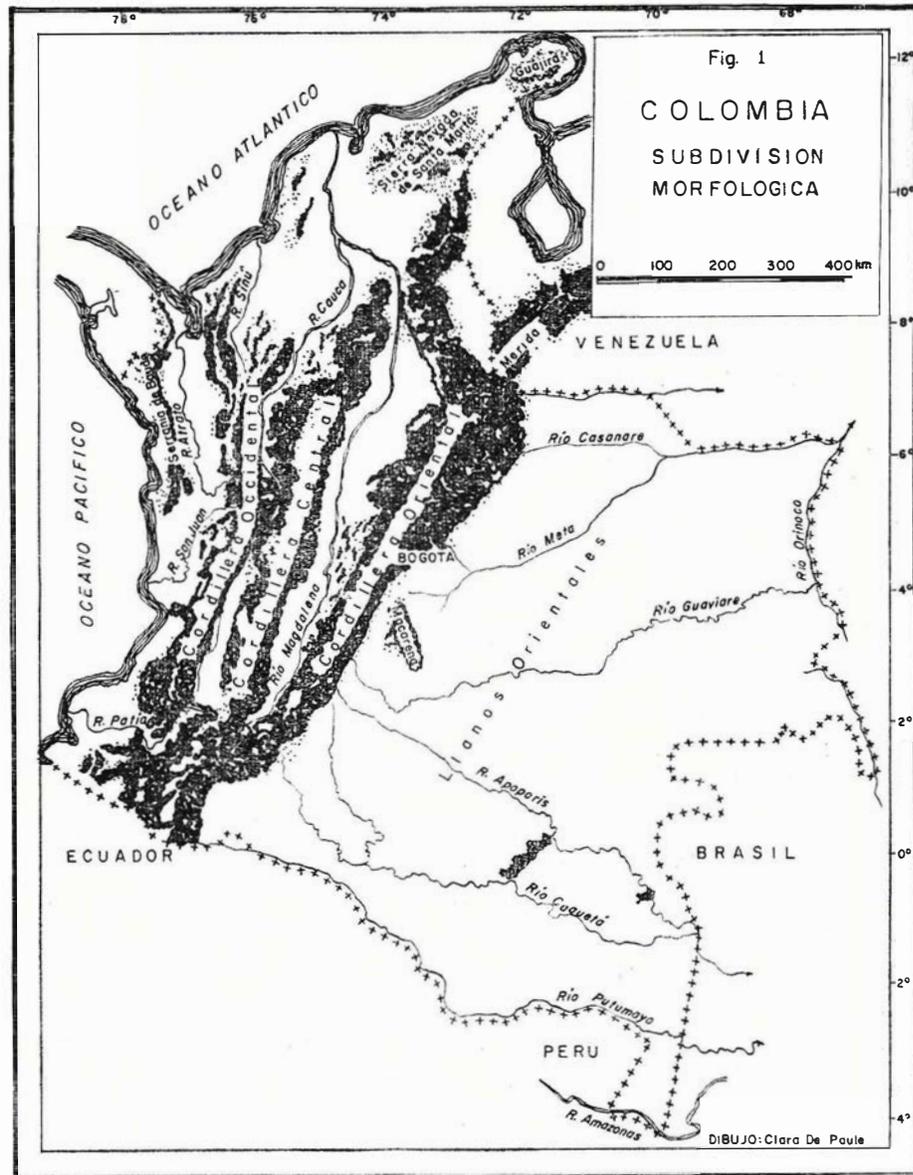
Fuera de estos ciclos de los pisos, se reconocen ciclos mayores de 18 a 20 millones de años de duración. Estos fueron iniciados por movimientos tectónicos y extensas transgresiones subsiguientes. Dichos ciclos mayores empiezan con el Titoniano, Hauteriviano, Albiano y Senoniano. Los ciclos de los pisos empiezan simultáneamente en extensas regiones de la superficie terrestre, los ciclos mayores, en contraste, van sobre ella en forma de ondas. Se supone por lo tanto que los ciclos de los pisos tienen su origen en partes de la tierra más profundas que los ciclos mayores.

INTRODUCCION

Morfológicamente, los Andes colombianos están subdivididos por algunas depresiones longitudinales en cuatro cordilleras principales (figura 1): la Serranía de Baudó (con frecuencia designada en la literatura geológica como Cordillera Costanera), la Cordillera Occidental, la Central y la Oriental. Respecto a su estratigrafía y estructura, las tres primeras son bastante semejantes entre sí y ellas solas forman la continuación septentrional de los Andes del Perú y Ecuador. H. GERTH (1939) las reunió bajo el nombre de "Colombiandes", mientras que E. HUBACH (1957b) las designa como "Occidente Andino". La Cordillera Oriental difiere de las otras por tener una estructura más sencilla, un menor grado de metamorfismo y como consecuencia de estos factores, por la riqueza en fósiles paleo y mesozoicos. Su continuación son las cordilleras venezolanas y H. GERTH (1939) las unió (con ellas) a las "Caribeandes".

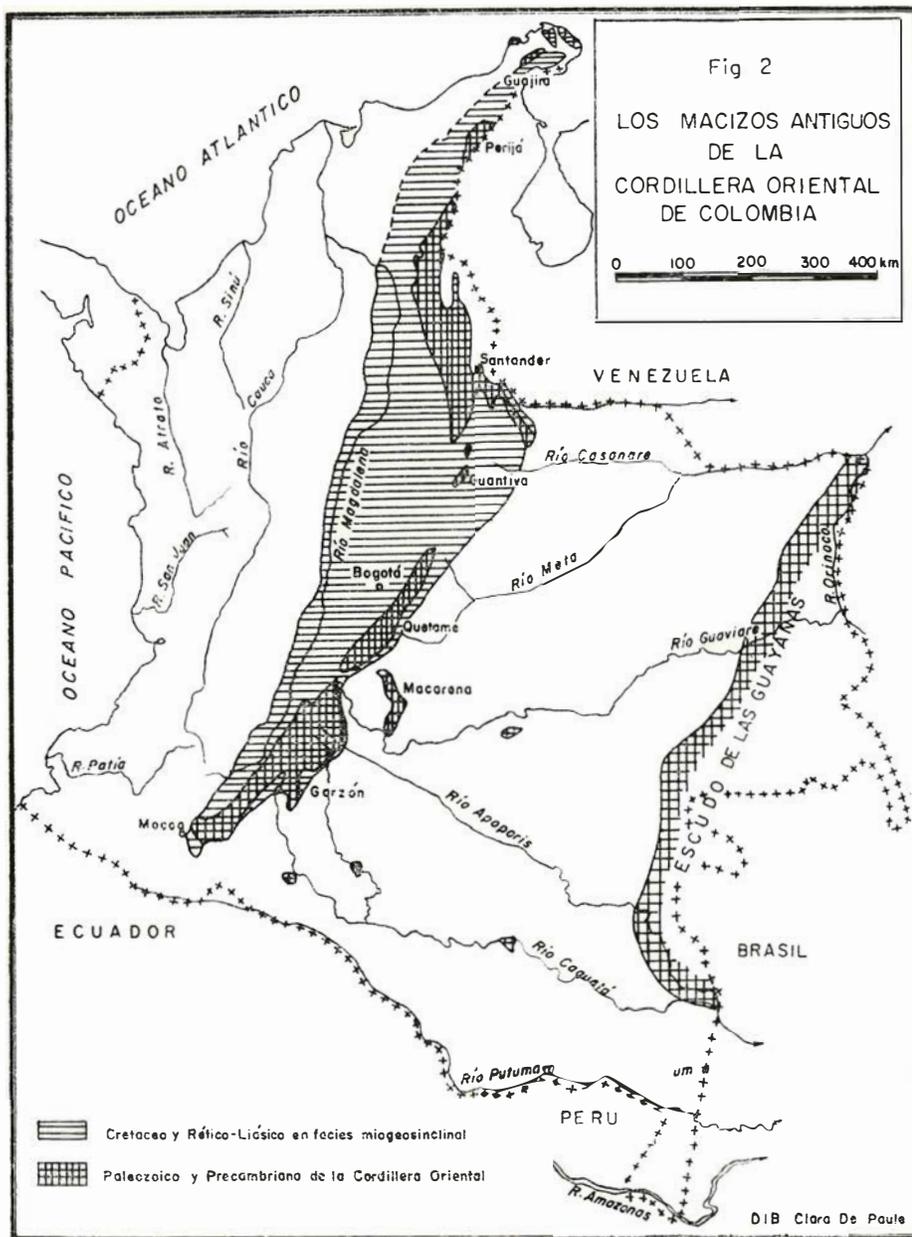
Respecto a las particularidades mencionadas, la Cordillera Oriental de Colombia tiene un pequeño antecesor en la Sierra Cutucú del Ecuador, pero como sistema continuo, es un elemento típico colombiano. Empieza en el Sur cerca de la frontera ecuatoriana y se extiende hacia el Noreste, aumentando progresivamente su anchura; cerca a Cúcuta, se divide en dos ramales los cuales comprenden la Cuenca de Maracaibo. El ramal oriental o sea la Serranía de Mérida, con rumbo noreste, se continúa en las serranías caribeanas de Venezuela; el occidental tiene primero un rumbo NNW, constituyendo el Macizo de Santander, toma de nuevo el rumbo general NNE de la Cordillera Oriental, formando la Serranía de Perijá. Las sierras premesozoicas de la Alta Guajira, situadas en la prolongación de la Serranía de Perijá, están consideradas geológicamente como estribaciones de la Cordillera Central (H. STILLE 1940, A. GANSSER 1955, H. BÜRGL 1960 a). Sin embargo, durante el Cretáceo, esta área estaba estrechamente conectada con el miogeosinclinal de la Cordillera Oriental.

Excluyendo la región de la Serranía de Mérida e incluyendo la Alta Guajira, la Cordillera Oriental tiene una longitud de 1400 km y una anchura máxima, en la latitud de Vélez, de 250 km. De tal manera que en su extensión es similar a los Alpes, al Atlas, a la isla principal japonesa y al Mar Báltico incluyendo el Golfo Bótnico. Muchas elevaciones de la Cordillera Oriental exceden de 3500 m; la elevación más alta, la Sierra

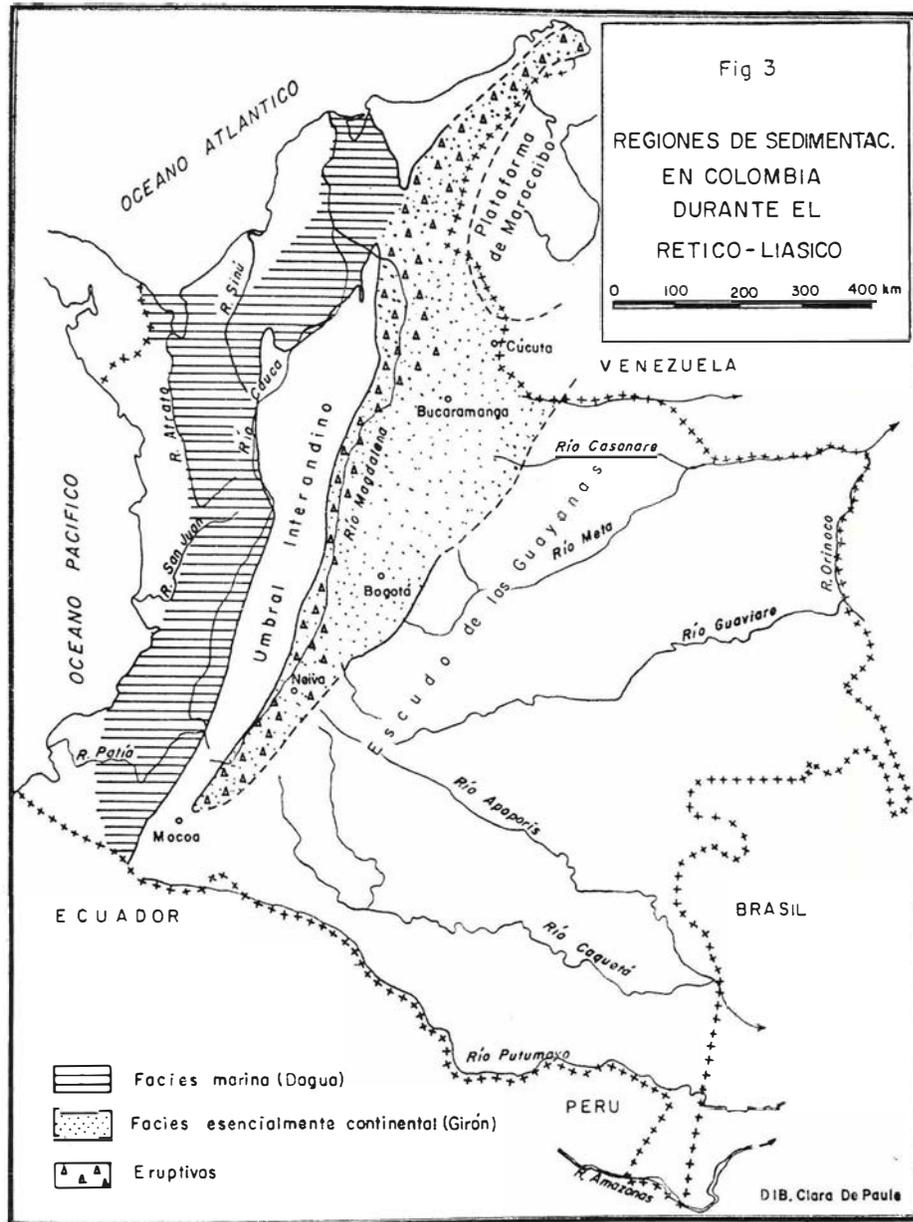


Nevada del Cocuy de casi 5500 m de altura, está formada de capas cretáceas.

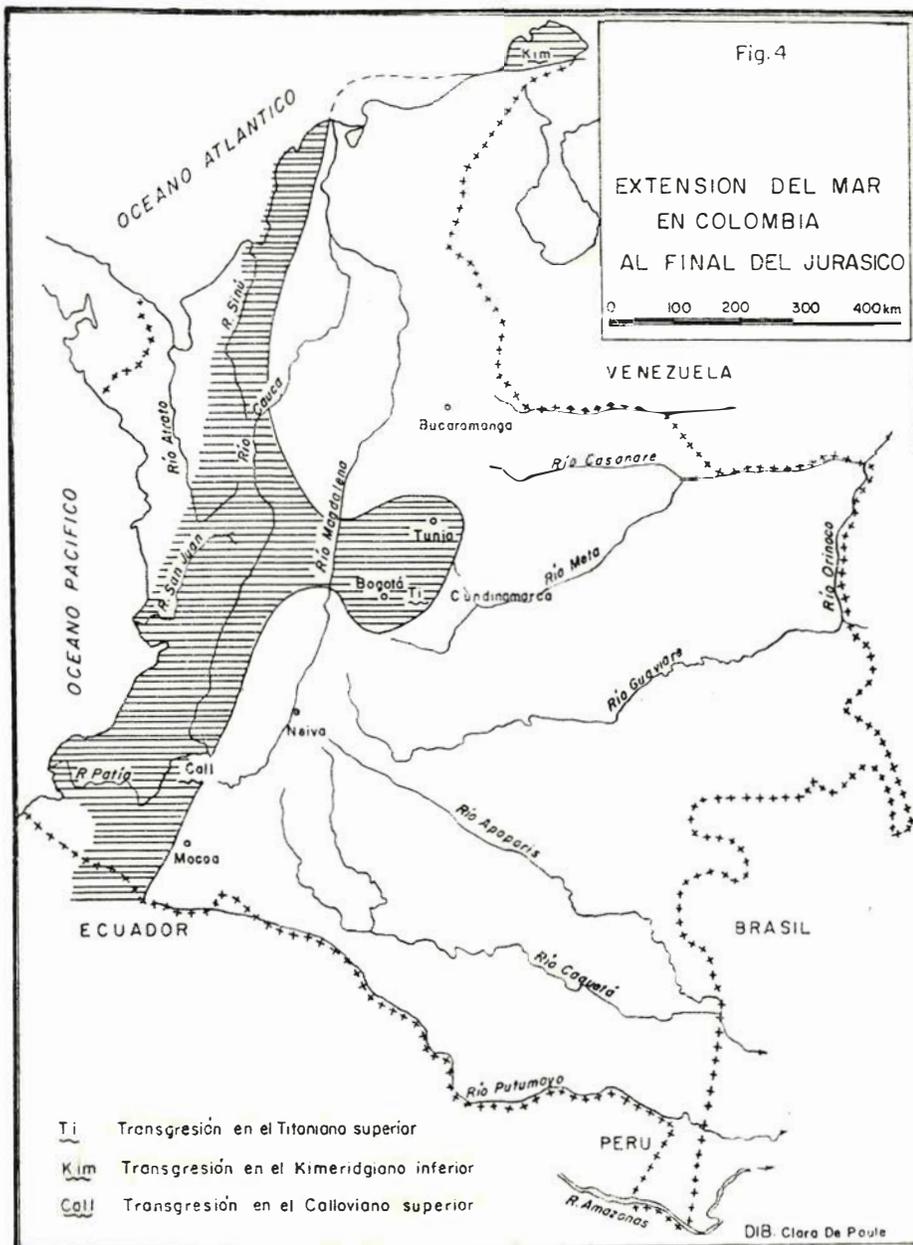
Los estratos y rocas que forman la Cordillera Oriental son de muy distintas edades y van desde el Arcaico hasta el Cuaternario. El Precambriano y el Paleozoico constituyen los "núcleos antiguos" (H. GERTH 1957), los cuales siguen el margen oriental de la cordillera, pero en el Macizo de Santander ocupan casi su ancho total (figura 2). Son en lo general depósitos de mares poco profundos, los cuales fueron plegados, intruídos y metamorfoseados en las eras asínticas y caledónicas (H. STILLE 1958). Los movimientos varíscicos fueron relativamente débiles y consistieron esencialmente en dislocaciones de bloques.



En el Triásico, la Cordillera Oriental empezó a manifestarse como unidad tectónica y estratigráfica. Después de avances locales del mar durante el Carniano y Noriano (Formación Payandé), toda la región de la Cordillera Oriental se convirtió en un geosinclinal continental en el Rético y Liásico. En éste se depositaron arcillas y areniscas abigarradas de facies gondwana, la llamada Formación o Grupo de Girón (figura 3). Con la transgresión marina temporal al final del Liásico, que avanzó desde el occidente andino, termina este primer período de inmersión mesozoica de la Cordillera Oriental.



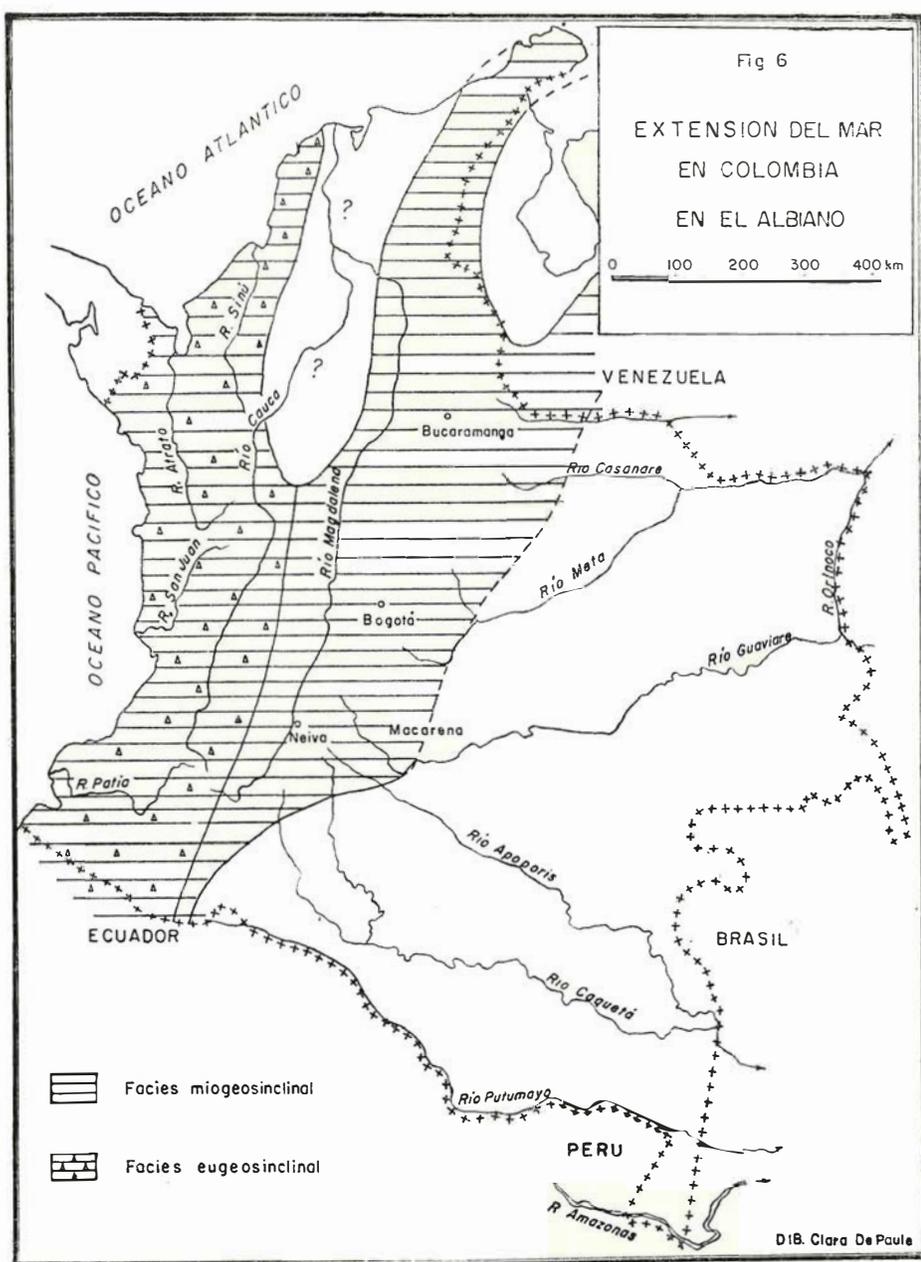
Durante el Dogger y la mayor parte del Malm, el oriente andino fue tierra firme y estuvo expuesto a la erosión. En el Kimeridgiano el mar transgredió sobre la Península de La Guajira y en el Titoniano inundó la parte central de la Cordillera Oriental, la región de Bogotá (figura 4). En el Hauteriviano, toda la parte septentrional entre Bogotá y La Guajira se hundió por debajo del nivel del mar (figura 5). Al final del Aptiano, la región fue ligeramente plegada y localmente erodada. Inmediatamente después, al principio del Albiano, el mar avanzó de nuevo e inundó esta vez toda la parte meridional de la Cordillera Oriental y las partes



adyacentes del Escudo de las Guayanas (figura 6). En el Maastrichtiano¹ inferior el mar alcanzó su máxima extensión.

Durante el Senoniano (fase subhercínica, H. STILLE), la región fue plegada nuevamente y esta vez con mayor intensidad que durante las fases mesozoicas anteriores. Dichos plegamientos causaron la formación de anticlinorios y sinclinorios amplios y transgresiones y regresiones locales. En el Maastrichtiano superior el mar retrocede progresivamente hacia las partes septentrionales y los sinclinorios en el sur se rellenan con

¹ Según R. C. MOORE 1952, p. 363, la ortografía correcta es Maastrichtiano y no Maestrichtiano.



Fuera de estos movimientos mayores orogénicos y epirogénicos y las transgresiones y regresiones extensas, se observa también en la Cordillera Oriental un número de movimientos de menor intensidad los cuales fueron casi independientes de los mayores. Estos se manifiestan de manera particularmente clara en los sedimentos marinos del Cretáceo y es de ellos de los que queremos tratar en primer lugar en este estudio.

FACIES Y CLASIFICACIONES LITOLÓGICAS

Los sedimentos cretáceos no solamente son los más extensos y más potentes de la Cordillera Oriental sino que además se presentan allí con una perfección y claridad como casi en ningún otro sitio de la tierra.

El diferente grado de hundimiento de las varias partes de la cordillera durante el período cretáceo, las transgresiones mencionadas y los movimientos tectónicos pre e intracretáceos causaron la formación de una gran variedad de rocas. Se hallan brechas, conglomerados, areniscas y arcillas de origen fluvial, lacustre y marino, porcelanitas y liditas de origen volcánico, calizas y lutitas de diferentes ambientes marinos, litoral hasta batial. En los alrededores de Bogotá predominan las lutitas oscuras; en la parte septentrional de la cordillera las calizas y entre ambas regiones se encuentran todos los grados de transición e intercalación.

Los movimientos tectónicos que antecedieron a las transgresiones del Hauteriviano, Albiano y Senoniano rejuvenecieron el relieve de las tierras firmes que rodearon el geosinclinal y los ríos lo rellenaron, en estos períodos, con mayores cantidades de material terrígeno. De tal manera se formaron tres horizontes principales arenáceos y calcáreos, los cuales se pueden seguir en la mayor parte de la cordillera. Debido a su mayor resistencia en comparación con las lutitas, dichos horizontes forman pendientes y altos llamativos los cuales motivaron las primeras clasificaciones litostratigráficas. Fue Leopoldo VON BUCH (1839) quien con base en las observaciones de Alejandro VON HUMBOLDT distinguió "le schiste de Villeta" de las "areniscas de los altiplanos". A. HETTNER (1892) aceptó en principio esta subdivisión principal y designó a estas unidades como Formaciones Villeta y Guadalupe. E. HUBACH (1945) agregó a ellas la unidad más baja como Formación Cáqueza.

Esta división en tres unidades tuvo su origen en los alrededores de Bogotá. En conexión con la exploración de petróleo en la concesión de Mares en Santander y en la concesión Barco en el Departamento de Norte de Santander, se desarrollaron otros dos centros de clasificación estratigráfica. Las de la concesión Barco (NOTESTEIN, HUBMAN & BOWLER 1944), como también las de la Serranía de Perijá (H. D. HEDBERG & L. C. SASE 1937, E. ROD & W. MAINC 1954) y de la Península de La Guajira (O. RENZ 1956) fueron influenciadas apreciablemente por Venezuela (literatura en R. A. LIDDLE 1946). En la concesión de Mares y sus alrededores los geólogos de petróleo de las distintas compañías crearon independientemente un gran número de nombres estratigráficos, que aparecieron primeramente en informes internos de las compañías y posteriormente poco a poco en la literatura, a veces sin definición apropiada (A. A. OLSSON 1956). Fue altamente meritoria la labor realizada por L. G. MORALES & LA INDUSTRIA COLOMBIANA DE PETRÓLEO (1958) al unificar

y aclarar la terminología estratigráfica por lo menos en el territorio de Barrancabermeja. No obstante estos esfuerzos tendientes a una unificación de la nomenclatura de las diferentes partes de la cordillera, todavía existen muchos nombres estratigráficos en uso, los cuales en parte son homónimos o sinónimos y se interfieren unos con otros. En la tabla 1 citamos solamente los más importantes de ellos.

Tabla 1
LAS FORMACIONES PRINCIPALES DEL CRETACEO Y JURASICO SUPERIOR DE LA CORDILLERA ORIENTAL

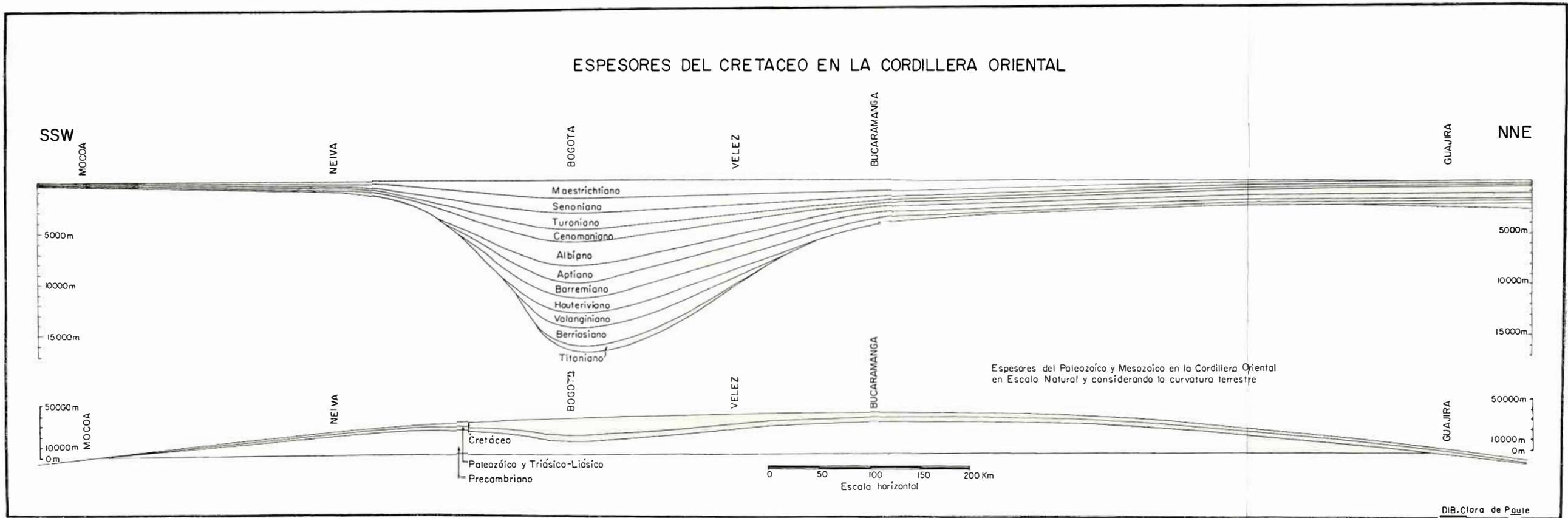
Pisos	Aledaños de Bogotá según HETTNER 1892, HUBACH 1957	Concesión de Mores según MORALES BAL 1958	Concesión Barco según NOTESTEIN BAL 1944	Serranía de Penjón según RODRIGUEZ MAINC 1954	Península Guajira según O. RENZ 1956
Maestrichtiano	Guaduas inferior y media	Umir	Catumbó	Guasora	
	Arenisca Tierra Plana		Mito Juan		
Senoniano	Arenisca Dura Lidita superior Lidita inferior		C o l ó n		
Turoniano	La Frontera	La Luna Gatambo Pujamana Salada	La Luna		
Cenomaniano	Caliza de Chipaque	Salta	Cogollo	Maraca	Cogollo superior
Albiano	Arenisca de Uña	Simiti	Aguardiente	Lisura	Cogollo media
Aptiano	Caliza Colombiana	Caliza de Tebiaco	Mercedas	Apón superior	Cogollo inferior
Barremiano		Paja			Apón medio
Hauteriviense	Arenisca de Cúcuta	Rosa Blanca	Tibú	Apón inferior	Yuruma superior
Valanginiense		Tombar		Río Negro	Yuruma inferior
Berriasiense	Lulitas de Culobra				Río Negro
Titaniano	Lulitas de Sahné				?
Kimeridgiense					?
					Cacinas

Dibujó Clara de Paula

Sin entrar a discutir la utilidad de estos nombres estratigráficos para la solución de problemas locales, se presenta la necesidad de disponer de una nomenclatura estratigráfica que se pueda aplicar no solamente en toda la Cordillera Oriental, sino tal vez a regiones más extensas. Tal clasificación general tiene que partir de una región en donde la sucesión estratigráfica sea más completa, menos afectada por complicaciones estructurales y por otras condiciones relativamente locales y casuales.

La parte de la Cordillera Oriental más adecuada para establecer tal clasificación estratigráfica general, resulta con claridad en la figura 7. Esta muestra los espesores de las unidades cronostratigráficas del Cretáceo de la Cordillera Oriental a lo largo de una línea longitudinal que se extiende desde Mocoa en el sur hasta La Guajira en el norte. En el dibujo superior las dimensiones verticales son exageradas en comparación con las horizontales (10:1), mientras que el inferior las muestra en relación natural, considerando también la curvatura de la superficie terrestre. En

ESPEORES DEL CRETACEO EN LA CORDILLERA ORIENTAL



esta ilustración se ve que los pisos cretáceos tienen su máximo espesor en los alrededores de Bogotá y que allí todos los pisos están presentes. La potencia total del Cretáceo en esta región es de más de 16.000 m y se reduce hacia el Norte a 2400 m y hacia el Sur a sólo 600 m. En las partes norte y sur los pisos más bajos del Cretáceo están ausentes y la disminución de los pisos existentes hace pensar en la posibilidad de que faltan ciertos subpisos u horizontes.

Por lo tanto nuestro propósito no es otro que el de llevar a cabo un ensayo que establezca una clasificación estratigráfica del Cretáceo partiendo de la región de Bogotá, del cual resulten unidades que se puedan seguir por toda la cordillera.

ESTRATIGRAFIA DE LA CUENCA DE CUNDINAMARCA

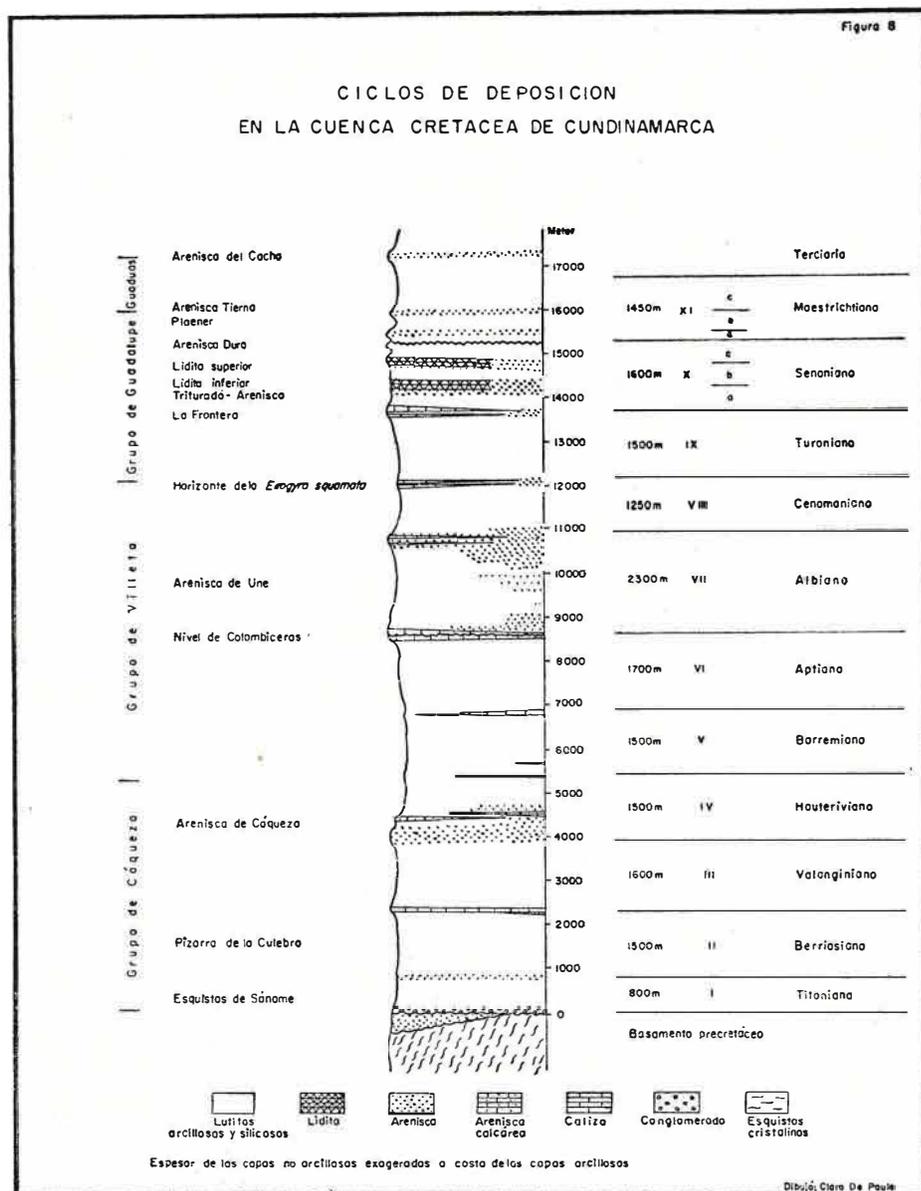
La distribución y los espesores de los pisos cretáceos en la Cordillera Oriental indican que la región de Bogotá representó en el Cretáceo una cuenca especial en la cual el grado de hundimiento y el de sedimentación alcanzaron un máximo. Esta cuenca cretácea la llamaremos Cuenca de Cundinamarca.

En esta cuenca, el Cretáceo consta en su mayor parte (el 70% en el oriente de Bogotá y el 90% en el occidente), de lutitas (arcillas y argilitas más o menos pizarrosas). Estas son casi siempre de un color que va del gris oscuro hasta el negro por su alto contenido en sulfuro de hierro finamente disperso (y no por su contenido carbonáceo como afirman algunos autores). Pueden ser macizas, fina o gruesamente estratificadas, pueden romperse en tablas, romboedros o en fragmentos lanceolados. A grandes rasgos se puede observar que las lutitas de la parte alta del Cretáceo pasan con frecuencia a capas silicosas y que las del Neocomiano contienen venas y estrías de cuarcita, pirita y calcita de 1-5 mm de grosor. Algunos niveles son ricos en concreciones margosas, calcáreas o piríticas en forma ovalada o esférica, cuyo tamaño varía de algunos milímetros a 3 m de diámetro. Sin embargo, todas estas características cambian en cierto grado con la posición estratigráfica, pero también con la localización; en todo caso no hay pruebas litológicas seguras para distinguir las lutitas de los distintos niveles cretáceos. Lutitas del tipo de los "esquistos de Villeta" en el sentido de L. VON BUCH (1839) y A. HETTNER (1892) son por lo tanto una facies litológica que se encuentra en todos los niveles del Cretáceo de la Cuenca de Cundinamarca, por cierto más frecuentemente en el "Grupo de Villeta" que en el "Grupo de Guadalupe". La separación de estos dos grupos a base litológica es, por lo tanto, absolutamente arbitraria.

Sin embargo, un estudio detallado muestra que las lutitas contienen a distancias verticales más o menos regulares, intercalaciones de areniscas, lutitas silicosas y arenosas, margas, calizas, liditas y conglomerados que fueron depositados en aguas menos profundas que las lutitas que las rodean. Estos sedimentos litorales hasta epineríticos¹ representan en lo

¹ Usamos estos términos batimétricos no en el sentido original de GAYLE SCOTT (1940) sino en el sentido modificado por KRUMBEIN & SLOSS (1956): litoral 0-10 m, epinerítico 10-40 m, infranerítico 40-200 m, epibatial 200-600 m, infrabatial 600-2000 m.

general excelentes horizontes litológicos guías en la masa monótona de las lutitas y llamaron especialmente la atención de los geólogos. E. HUBACH (1957b) fue quien particularmente designó algunos de estos niveles con nombres propios: el "Nivel de *Colombiceras*", la "Arenisca de Cáqueza", la "Arenisca de Une", el "Horizonte La Frontera", la "Caliza de Chipaque" y otros. En la figura 8 presentamos estos horizontes litológicos guías, es decir, los que difieren de las lutitas corrientes y que se pueden seguir sobre largas distancias.



Tal sucesión estratigráfica, como la presenta la cuenca de Cundinamarca, se puede subdividir litológicamente de dos maneras:

1. Designar las intercalaciones areniscosas lidíticas y calcáreas como unidades estratigráficas desiguales con nombres propios y basar en ellas la clasificación sin prestar mucha atención a las lutitas uniformes infra y suprayacentes.

2. Distinguir unidades que comprendan un conjunto de lutitas y total o en parte, los depósitos de agua poco profunda infra y suprayacentes.

El primer método lo siguieron E. HUBACH y la mayoría de los geólogos de las compañías petroleras. Sin embargo, esta clasificación tiene graves desventajas: los horizontes de guía cambian con frecuencia su composición litológica y siempre se intercalan y se convierten lateralmente en lutitas, resultando un cambio de espesor entre amplios límites. Los ejemplos de este hecho son numerosísimos: las areniscas de Cáqueza y de Une constan casi siempre predominantemente de lutitas; la "Caliza de Chipaque" (HUBACH) consta a veces de caliza, a veces de arenisca y varía en su espesor de $1/2$ m a 50 m. El "Horizonte de La Frontera" puede estar compuesto de calizas, liditas, areniscas y lutitas y no tiene ni base ni tope preciso. Todos los depósitos de agua baja del Cretáceo de Cundinamarca consisten, en realidad, en lentejones de una composición litológica muy variada y extensión lateral y vertical muy irregular. En su clasificación estratigráfica, E. HUBACH (1931, 1945, 1957a) evita con razón el término "formación" en el sentido de una unidad estratigráfica de uniforme constitución litológica y prefiere hablar de "horizontes" y "niveles". Las dificultades de clasificar la sucesión cretácea de Cundinamarca exclusivamente a base de criterios litológicos fueron discutidas también por ROYO Y GÓMEZ (1941). En lo general se puede manifestar que sin considerar el infra y suprayacente y el contenido fosilífero, el geólogo frente a un afloramiento de lidita, caliza, arenisca o lutita es incapaz de decir de cuál horizonte o formación se trata. En estas condiciones, en la Cuenca de Cundinamarca una clasificación exclusivamente litostratigráfica es pura ficción.

Queda entonces la otra posibilidad, que consiste en subdividir los estratos cretáceos de Cundinamarca de tal manera, que cada unidad comprenda un conjunto de lutitas y en total o en parte los depósitos de aguas costeras infra y suprayacentes. Estos conjuntos varían mucho menos en espesor que las intercalaciones de agua baja y se manifiestan ya de tal manera como unidades estratigráficas más constantes. Sin embargo, litológicamente, estas unidades también se distinguen muy poco entre sí. En su mayoría empiezan con sedimentos de agua baja (conglomerados, areniscas, calizas) que pasan hacia arriba a lutitas depositadas en aguas más profundas (infraneríticas hasta batiales) y terminan arriba otra vez con sedimentos epineríticos y litorales. Pero a veces los sedimentos de agua baja faltan en la base y la unidad se inicia inmediatamente con lutitas. Estas unidades, designadas con cifras romanas en la figura 8 representan por lo tanto, ciclos o subciclos sedimentarios en el sentido de Murchison (E. DACQUÉ 1926, R. A. SONDER 1956).

El problema de identificar cada ciclo se resuelve con absoluta seguridad mediante el estudio del contenido fosilífero, en la práctica en primer lugar por las amonitas. En la zona lutítica de dichas unidades, los fósiles son escasos o tan deformados por efectos tectónicos que con frecuencia es difícil o casi imposible determinarlos. Pero en las capas limítrofes, epi-

neríticas o litorales, se hallan con una frecuencia y una preservación lo suficientemente buena como para permitir una orientación estratigráfica perfecta. Además, se observa que durante la sedimentación de las lutitas la fauna cambió relativamente poco, mientras que durante la deposición de las capas litorales ocurrieron cambios fundamentales. Como ejemplos particularmente claros mencionaremos las capas limítrofes entre las unidades VI y VII y las unidades IX y X. Las calizas en la parte inferior del "nivel de *Colombiceras*", que se incorporan a la unidad VI, contienen en cantidades apreciables *Melchiorites*, *Dufrenoyia*, *Parahoplites*, *Acanthohoplites*, etc.; la parte alta en contraste, *Hypacanthoplites*, *Puzosia*, *Valdedorsella* y *Douvilleiceras*. El límite entre las dos faunas es preciso y sugiere una interrupción en la sedimentación. Las condiciones en los límites entre las unidades II y III, IV y V, V y VI, VII y VIII, X y XI son análogas. Solamente en el caso de las capas limítrofes entre IX (con *Mammites* y *Coilopoceras*) y X (con *Barroisiceras*, *Niceforoceras*, *Prionocycloceras*), algunos geólogos afirman haber observado una transición gradual, al haber colectado *Barroisiceras* debajo de ejemplares de *Coilopoceras*.

En esta conexión es muy interesante que en el Cretáceo inferior de la Cuenca de Cundinamarca, los Foraminíferos se hallen solamente en las capas limítrofes, epineríticas y litorales: *Choffatella sogamosae* (KARSTEN) entre las unidades IV y V, *Epistomina mosquensis* UHLIG en la base de la unidad V, *Orbitolina concava texana* (ROEMER) en la base de la unidad VI (V. PETTERS 1954). G. COLOM (información privada) investigó secciones delgadas de las "capas limítrofes" de Cundinamarca y llegó también a la conclusión de que se trata de depósitos de aguas litorales y epineríticas.

Como se explica más adelante en este informe la mayoría de las clases de invertebrados contienen muy pocos géneros y especies por estar restringidas a una sola de las unidades marcadas en la figura 8 con cifras romanas. Los fósiles más importantes para caracterizar estas unidades son las Amonitas y en el Senoniano y Maastrichtiano los Foraminíferos. Si no consideramos estos últimos (tratados por J. A. CUSHMAN & H. D. HEDBERG 1941, R. GANDOLFI 1955, V. PETTERS 1954 y 1955), quedan como principales fósiles guías las Amonitas. Los géneros de las Ammonitina, pero no los de las Phylloceratina y Lytoceratina, determinan los ciclos sedimentarios distinguidos en la figura 8 con absoluta seguridad (tabla 2). Por no disponer de características susceptibles a una sola interpretación, quedan pues solamente las Amonitas (y en parte los Foraminíferos) para una definición inequívoca de las unidades estratigráficas de la Cuenca de Cundinamarca.

T A B L A 2
 AMONITAS DEL TITONIANO Y CRETACEO
 DE LA CUENCA DE CUNDINAMARCA

Ciclos	Géneros y subgéneros	Pisos y subpisos
XI	<i>Nostoceras, Coahuilites, Scaphites</i>	Maastrichtiano
X	<i>Nostoceras, Solenoceras, Stantonoceras</i>	Campaniano
	<i>Peroniceras, Gauthiericeras, Texanites</i>	Santoniano Senoniano
	<i>Prionocycloceras, Peroniceras, Gauthiericeras Barroisiceras, Niceforoceras</i>	Coniaciano
IX	<i>Scaphites, Mammites, Coilopoceras</i>	Superior
	<i>Pseudaspidoceras, Benueites, Vascoceras, Thomasites</i>	Inferior Turoniano
VIII	<i>Tropitoides, Tarrantoceras, Mantelliceras, Calyoceras</i>	Cenomaniano
VII	<i>Argonauticeras, Mariella, Dipoloceras, Mortonoceras, Venezoliceras</i>	Superior
	<i>Engonoceras, Parengonoceras, Brancoceras, Hysterocheras, Oxytropidoceras, Eubranco-ceras, Tegoceras, Knemiceras</i>	Medio Albiano
	<i>Hamites, Valdedorsella, Puzosia, Douvillei-ceras, Paracanthoplites, Hypacanthoplites, Lyelliceras</i>	Inferior
VI	<i>Melchiorites, Parahoplites, Acanthohoplites, Dufrenoyia</i>	Superior
	<i>Phylloceras, Lytoceras, Australiceras, Chelo-niceras, Deshayesites</i>	Inferior Aptiano
V	<i>Crioceratites, Veleziceras, Karsteniceras, Ancyloceras, Heteroceras, Colchidites, Hamulina</i>	Superior
	<i>Pedioceras, Pseudohaploceras, Psilotissotia, Pulchellia, Heinzia</i>	Medio Barremiano
	<i>Phylloceras, Pedioceras, Pseudohaploceras, Nicklesia</i>	Inferior
IV	<i>Subastieria, gen. nov. aff. Valanginites, Ol-costephanus, Favrella, Acanthodiscus</i>	Hauteriviano
III	<i>Olcostephanus, Rogersites, Oosterella, Pseu-doosterella, Crioceratites, Leptoceras, Polyptychites, Speetonoceras, Simbirskites, Limaites</i>	Valenginiano
II	<i>Leptoceras, Kilianiceras, Berriasella, Paro-dontoceras, Neocomites, Cuyaniceras, Neo-cosmoceras</i>	Berriasiano
I	<i>Pseudoinvoluticeras, Substeueroceras, Rai-mondiceras, Windhauseniceras, Aulacos-phinctes?</i>	Titoniano sup.

Se podría pensar que sería necesario designar con nombres propios estas unidades, compuestas de lutitas batiales y en sus partes inferiores y superiores de sedimentos de agua baja y caracterizadas por su fauna de Amonitas. Sin embargo, esto parece evitable. Ellas coinciden cronológicamente y en parte también litológica y faunísticamente, con los pisos cretáceos que fueron distinguidos en Europa occidental en el curso del siglo pasado por A. D'ORBIGNY, A. H. DUMONT, E. DESOR, H. COQUAND y E. RENEVIER y revisados y precisados posteriormente con gran cuidado (J. SORNAY 1957). Ellos son aceptados sobre toda la tierra como unidades standard del Cretáceo. Solamente respecto a dos pisos llegamos en Colombia a una opinión que difiere de la oficial en Francia: mientras que allá se consideran el Berriasiano como subpiso del Valanginiano y el Maastrichtiano como subpiso del Senoniano, llegamos en Colombia a la conclusión de que se trata de pisos independientes. Con respecto al Berriasiano, nuestra opinión está de acuerdo con W. J. ARKELL (1956, p 8) y con respecto al Maastrichtiano con J. A. JELETZKY (1951). Además, sabemos que por convención internacional el Titoniano pertenece al Jurásico. Pero como este piso en la Cuenca de Cundinamarca está estrechamente vinculado con el Cretáceo, y separado del resto del Jurásico por un hiato considerable, nos tomamos aquí la libertad de tratarlo en conjunto con los pisos cretáceos.

Estos, por lo tanto, no son unidades estratigráficas arbitrariamente aplicadas a los Andes por geólogos entrenados en Europa, como lo supone por ejemplo V. E. BENAVIDES-CÁCERES (1956). Son unidades que se manifiestan litológicamente como ciclos sedimentarios y que están vinculadas por un número apreciable de géneros y especies de Amonitas comunes con los sitios típicos en Europa occidental.

Pero solamente en el centro del geosinclinal cretáceo de la Cordillera Oriental se manifiestan como ciclos sedimentarios perfectos. En las partes meridional y septentrional de esta cordillera, como también en otras partes de los Andes, se presentan transiciones en condiciones epicontinentales. Los ciclos se vuelven incompletos y modificados por los efectos de movimientos tectónicos y transgresiones locales. Esto se puede reconocer, por ejemplo, en las investigaciones detalladas de E. ROD & W. MAINC (1954) en la Serranía de Perijá como también en el Cretáceo superior del Perú (V. E. BENAVIDES-CÁCERES 1956). Igualmente tiene valor para otras regiones de la tierra, en las cuales el Cretáceo no está desarrollado en facies geosinclinal extrema. En tales regiones, los ensayos de reconocer los pisos cretáceos como ciclos de deposición (A. CAROZZI 1951, W. BRÜCKNER 1951) están limitados por bases naturales incompletas.

DURACION DE LOS PISOS CRETACEOS

Anteriormente se mencionó que en la Cuenca de Cundinamarca los pisos cretáceos verdaderos (pero no unidades como Neocomiano, Urgoniano, Gault, Vraconiano, etc.) son relativamente constantes. En detalle son como sigue:

	m.
Maastrichtiano	1.450
Senoniano	1.600
Turoniano	1.500
Cenomaniano	1.250
Albiano	2.300
Aptiano	1.700
Barremiano	1.500
Hauteriviano	1.500
Valanginiano	1.600
Berriasiano	1.500
Titoniano superior	800
Cretáceo y Titoniano	16.700

Estos son máximos espesores verdaderos, como resultan de consideraciones cuidadosas de todas las repeticiones estructurales y otras complicaciones. Queremos mencionar que algunos geólogos llegaron a calcular la potencia total del Cretáceo en la región de Bogotá en 18.000 m. Nuestros cálculos son, por lo tanto, relativamente moderados.

De ellos resulta que la mayoría de los pisos tiene un espesor de 1500 o 1600 m. Las únicas excepciones las presentan el Albiano y el Cenomaniano. Los espesores citados se observaron en el Río Negro abajo de Pacho, donde el límite entre ellos es difícil de trazar debido a la escasez de fósiles. Es posible que una parte de las areniscas consideradas como parte alta del Albiano sea en realidad Cenomaniano inferior. Consideramos que la desviación aparente en el espesor de estos pisos se explica probablemente por la deficiencia de nuestros conocimientos, resulta pues el hecho llamativo de que todos los pisos cretáceos de la Cuenca de Cundinamarca tienen casi la misma potencia de 1500 a 1600 m.

Por otro lado constatamos que la constitución litológica de los pisos cretáceos en la Cuenca de Cundinamarca es muy parecida. Es verdad que en los miembros más jóvenes del Cretáceo el contenido en arcilla está reemplazado progresivamente por sílice. Pero este caso solamente se presenta en la región de la Sabana de Bogotá; en la Cuenca de Guaduas, las lutitas campanianas no se distinguen y las maastrichtianas muy poco de las del Barremiano o Turoniano. Las capas limítrofes entre los pisos varían más con la localidad que con el nivel stratigráfico. En lo general, ni las lutitas ni las capas limítrofes de aguas bajas difieren fundamentalmente en los varios pisos.

El espesor de un piso depende de las condiciones de sedimentación y de la duración de estas condiciones. Espesor, condiciones sedimentarias y tiempo, están en una relación directa; pues si por un lado los espesores y por el otro los sedimentos de los varios pisos cretáceos de la Cuenca de Cundinamarca son aproximadamente iguales, tenemos que suponer que también los espacios de tiempo, en los cuales los pisos se sedimentaron, eran iguales.

Esta consideración nos presenta una escala absoluta para los eventos que causaron e influyeron en la sedimentación durante el Cretáceo. La duración del Cretáceo se supone generalmente de 60 hasta 70 millones de años. Para simplificar el cálculo, tomamos aquí como base 60 millones de años. Si no consideramos el Titoniano superior, resulta para cada piso cretáceo un período de seis millones de años y para los subpisos del Senoniano (Coniaciano, Santoniano, Campaniano) y Maastrichtiano (inferior, medio, superior) dos millones de años.

A base de estos datos es posible calcular la velocidad media de la sedimentación en la Cuenca de Cundinamarca durante el Cretáceo (figura 9). Los resultados son:

	cm en mil años
Maastrichtiano	24
Senoniano	26.6
Turoniano	25
Cenomaniano	20.8
Albiano	38.3
Aptiano	28.4
Barremiano	25
Hauteriviano	25
Valanginiano	26.6
Berriasiano	25
Titoniano sup.	26.6

Estas cifras corresponden a la velocidad de sedimentación actual en el Mar Báltico (O. PRATJE 1951) el cual (incluyendo el Golfo Bótnico), tiene aproximadamente el mismo tamaño del mar de la Cordillera Oriental después del Albiano.

En la figura 9 se ensaya, con base en estos datos, de ilustrar el proceso de hundimiento del geosinclinal cretáceo del oriente andino.

Al principio de cada piso, el hundimiento era más rápido que la sedimentación, pero pronto se redujo hasta que entre ambos procesos se estableció un equilibrio que duró la mayor parte de un período de seis millones de años. Al fin, la sedimentación alcanzó predominio sobre el hundimiento. El mar del geosinclinal oriental fue separado del océano abierto, las costas avanzaron hacia el centro de la cuenca y la región, donde se depositaron las arcillas oscuras, ricas en azufre, se redujo progresivamente. Sobre ellas se depositaron lodos calcáreos epineríticos, muy ricos a veces en conchas de Amonitas, *Inoceramus* y otros Lamelibranquios delgados. Con el rellenamiento progresivo de la cuenca, se formaron en su interior bancos de *Exogyras*, *Nerineas* y *Serpulas* y encima de éstos arcillas y areniscas con Lamelibranquios robustos (*Cucullaea*, *Trigonia*, etc.) y Foraminíferos litorales (*Choffatella*, *Orbitolina*). Resulta difícil comprobar por observación directa en qué casos cesó por completo la sedimentación (E. DACQUÉ 1926, R. A. SONDER 1956).

Aparentemente al final de cada piso y con frecuencia también al final de cada subpiso, las Amonitas del geosinclinal de la Cordillera Oriental fueron privadas de su espacio vital. Las formas del próximo piso casi siempre fueron inmigrantes del océano abierto. La única excepción son las especies del género *Olcostephanus* que se hallan igualmente en el Va-

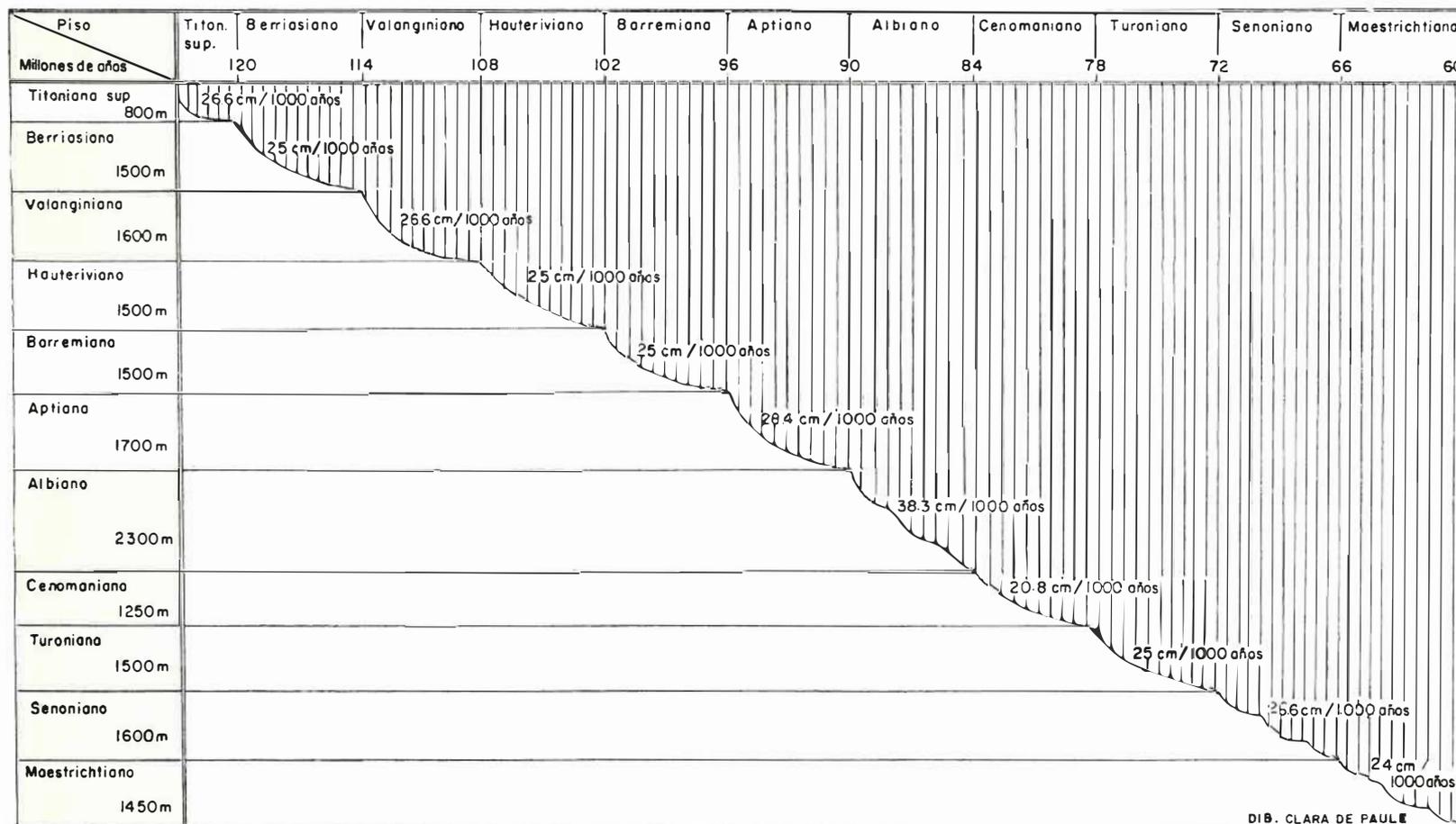


Fig. 9

langiniano y en el Hauteriviano. Los *Inoceramus* ocupan una posición intermedia pasando varias veces los límites de los pisos. *Inoceramus labiatus* SCHLOTHEIM y *I. peruanus* BRÜGGEN se extienden desde el Turo-niano superior hasta el Coniaciano medio, otros se encuentran en el Berriasiano y Valanginiano o en el Albiano superior y Cenomaniano. Los Moluscos litorales, en contraste, persistieron durante varios pisos en la región de la Cordillera Oriental. Su espacio vital osciló entre los márgenes y el centro de la cuenca pero fue esencialmente conservado. De tal manera se explica, fuera de la baja cuota de mutación de estos Moluscos, que formas endémicas como *Cucullaea dilatata* D'ORBIGNY, *Trigonia tocaimaana* LEA, *Exogyra boussingaultii* D'ORBIGNY se extiendan desde el Valanginiano hasta el Albiano, *Turritella colombiana* JAWORSKI y *Astarte debili-dens* GERHARDT desde el Hauteriviano hasta el Coniaciano. Con muy pocas excepciones (*Exogyra squamata* D'ORBIGNY en el Cenomaniano superior y *Didymotis variabilis* GERHARDT en el Coniaciano) los Lamelibranchios y Gasterópodos no son de gran utilidad como fósiles guías de un cierto piso.

En lo general puede decirse que para los habitantes de aguas pelá-gicas el final de cada ciclo de piso representó una verdadera catástrofe en el sentido de G. CUVIER (1830), mientras que las formas litorales lo-graron pasar aquellas épocas en las cuales cesó el hundimiento.

Está fuera de los límites de este artículo seguir cada uno de los pisos cretáceos y las "capas limítrofes" que se manifiestan tan clara-mente en la Cuenca de Cundinamarca, sobre toda la Cordillera Oriental. En toda la literatura estratigráfica de esta región se nota hoy día la tendencia a correlacionar las varias unidades litológicas a base de sus restos orgánicos y colocarlas de tal manera en el sistema cronostratigrá-fico internacional. La tabla 1 se basa en primer lugar en Amonitas, las cuales se encuentran o se encontraron en el curso de los últimos años en número suficiente facilitando una correlación segura (E. ROD & W. MAINC 1954, L. G. MORALES & AL. 1958). En el Cretáceo superior (desde el Santoniano hacia arriba) en donde las Amonitas se vuelven escasas, los Foraminíferos las reemplazan como fósiles guías. Los pisos cretáceos en la Cuenca de Cundinamarca definidos por su contenido en fósiles y caracterizados también litológicamente, se pueden seguir, por lo tanto, por toda la Cordillera Oriental. Las faunas pelágicas del Cretáceo son además la única base de que disponemos hasta la fecha para una correlación intercontinental.

En los depósitos de condiciones geosinclinales extremas de la Cuenca de Cundinamarca se observa que los diferentes pisos cretáceos no pasan gradualmente uno al otro, sino que están separadas por diastemas. Estas interrupciones de sedimentación tienen que ser de extensión global por-que en todos los continentes se manifiestan en forma de cambios faunís-ticos abruptos. Al estudiar la filogenia de las Amonitas se reconocen estos cambios abruptos, que se pueden allanar sólo teóricamente. Las unidades cretáceas reconocidas como cíclicas en este informe son por lo tanto el reflejo de oscilaciones globales de la costra terrestre de una duración aproximada de seis millones de años.

LOS CICLOS MAYORES DEL CRETACEO DE LA CORDILLERA ORIENTAL

En el Cretáceo de la Cordillera Oriental se observan fuera de los ciclos de pisos, también movimientos rítmicos de mayor escala. Son éstos los que están en conexión con las transgresiones marinas del Malm, Hauteriviano, Albiano y Senoniano. H. GERTH (1955) llamó repetidamente la atención sobre estos fenómenos de los Andes en general. Respecto a la Cordillera Oriental de Colombia, fueron particularmente E. ROD & W. MAINC (1954) los que reconocieron el carácter cíclico de estos movimientos. Sin embargo, estos ciclos mayores tienen su expresión ya en la tripartición del Cretáceo hecha por A. HETTNER (1892) y E. HUBACH (1945). La subdivisión del Cretáceo en los grupos de Cáqueza, Villeta y Guadalupe está de acuerdo con los ciclos de ROD & MAINC, si hacemos comenzar el Grupo de Villeta con la Arenisca de Cáqueza, el Grupo de Guadalupe con la Lidita Inferior y si repartimos el Grupo de Villeta en dos con la base del Albiano, como suelen hacerlo muchos geólogos de petróleo. Para la Cordillera Oriental resulta pues la siguiente subdivisión del Cretáceo:

Ciclos de pisos aproximadamente 6 millones años	Grupos de Formaciones según A HETTNER (1892) y E HUBACH (1945) Modificado	Ciclos mayores 18-20 millones de años
Moostriichtiano Senoniano	Guadalupe	Ciclo de Magdalena
Turoniano Cenomaniano Albiano	Villeta superior	Ciclo de Tolima
Aptiano Barremiano Hauteriviano	Villeta inferior	Ciclo de Santander
Volonginiano Berriasiano Titoniano sup	Cáqueza	Ciclo de Cundinamarca

Estos ciclos mayores se difieren fundamentalmente de los ciclos de los pisos. Son iniciados por movimientos tectónicos, plegamientos o dislocaciones de bloques, por los cuales las regiones adyacentes fueron levantadas o hundidas en grado diferente. La transgresión subsiguiente empieza en las varias regiones, por lo tanto, en tiempos diferentes (si consideramos los restos orgánicos, como las Amonitas, como indicios de tiempo). A continuación hacemos el ensayo de describir estas relaciones más detenidamente. Sin embargo, queremos acentuar que nuestros conocimientos a este respecto son todavía bastante fragmentarios y que se encontrarán muchos más detalles con la aplicación de una estratigrafía realmente precisa.

Ciclo de Cundinamarca. El Kimeridgiano (Formación Cocinas O. RENZ 1956) de la península de La Guajira pertenece probablemente a un ciclo mayor pre-cretáceo. Los datos a nuestra disposición sobre esto son todavía insuficientes para permitir una conclusión definitiva.

En la Cuenca de Cundinamarca, el ciclo mayor que designamos según este Departamento, empieza con el Titoniano. La presencia del Titoniano inferior en el centro de la cuenca no está comprobada pero es posible. Cerca a Quetame y en el río Batá, el Titoniano superior transgrede sobre las filitas y cuarcitas de la Serie de Quetame (Cambro-Ordoviciano). En la parte noroeste de la cuenca, en el anticlinal cercano a la población de Bolívar, la Formación Girón (Rético-Liásico) está superpuesta por Berriasiano. En la margen oriental del río Guavio cerca a Ubalá, el Valanginiano inferior reposa sobre Carboniano. La transgresión que inició el ciclo mayor de Cundinamarca alcanzó las varias partes de la cuenca en diferentes épocas, las partes profundas más pronto que los anticlinorios y los márgenes de la cuenca. En el Valanginiano superior, el mar de este ciclo mayor alcanzó su máxima profundidad.

Ciclo de Santander. Este corresponde al primer ciclo sedimentario cretáceo de E. ROD & W. MAINC (1954). Pero si se considera no solamente la Serranía de Perijá sino toda la Cordillera Oriental, se ve que no se trata del primero, y por tal razón se recomienda designarlo según el Departamento en el cual se manifiesta de la manera más clara.

Fuera del hundimiento general de toda la parte septentrional de la Cordillera Oriental sabemos actualmente muy poco sobre movimientos pre-hauterivianos. En el Berriasiano y Valanginiano en el margen del Macizo de Quetame se observan pliegues pequeños, que no se continúan en el Hauteriviano. En el Departamento de Santander los límites de las facies de la Formación Rosa Blanca tienen con frecuencia un curso recto, que aparentemente sigue a fallas aún no aplanadas cuando fueron alcanzadas por la transgresión hauteriviana. Una fase tectónica al iniciarse el ciclo de Santander es por lo menos probable.

La transgresión de este ciclo mayor se extendió sobre toda la región comprendida entre la Cuenca de Cundinamarca y la península de La Guajira. Los sedimentos transgresivos (Río Negro, Tambor) contienen muy pocas Amonitas y por tal razón es difícil decir cuál nivel stratigráfico forma la base de la sucesión stratigráfica en las varias áreas. Pero el hecho de que la formación siguiente (Rosa Blanca) suba en dirección Sur-Norte desde el Hauteriviano medio hasta el Aptiano inferior (tabla 1) indica que las formaciones transgresivas Tambor y Río Negro corresponden en algunas regiones al Hauteriviano inferior y en otras al Hauteriviano superior o al Barremiano. En la península de La Guajira, el ciclo de Santander empieza aparentemente ya con el Valanginiano.

El mar de este ciclo alcanzó su máxima profundidad en el Aptiano superior. En amplias regiones, como en la caliza de Tablazo, se observa una regresión en el Aptiano más alto.

Ciclo de Tolima. Este corresponde al segundo ciclo sedimentario cretáceo de ROD & MAINC. No existe duda alguna de que fue iniciado por movimientos epirogénicos. En el Anticlinorio de Arcabuco, al Este de la Loma de la Yesera, el Albiano inferior reposa sobre el Hauteriviano medio (H. BÜRGL 1954). Al este de Bogotá, cerca a Ubaque, Choachí y Ga-

chetá, el Albiano inferior (con *Hypacanthoplites* = nivel de *Colombiceras*, E. HUBACH 1931) o el Albiano medio (con *Knemiceras*) descansan sobre Aptiano inferior o sobre Barremiano erodados.

También en Apulo (H. BÜRGL 1955) parece que el Albiano inferior transgrede a veces sobre Barremiano. Pero más extensa es la transgresión en los Departamentos del Tolima y del Huila, donde el Albiano descansa sobre Girón y cristalino. El mar albiano se extendió también hacia el Este e inundó la Serranía de La Macarena y las partes adyacentes del Escudo de las Guayanas. Tal vez E. ROD & W. MAINC (1954) tienen razón al hacer principiar este ciclo en la Serranía de Perijá con el Albiano medio. Sin embargo, se podría considerar el Apón superior como perteneciente al ciclo de Tolima, en cuyo caso éste empezaría allá también con el Albiano más bajo. El mar de este ciclo alcanzó su máxima profundidad en el Turoniano.

Ciclo de Magdalena. Los movimientos epirogenicos iniciales se continúan durante casi todo el Senoniano. En el Departamento del Huila, cerca a Neiva, falta en muchos sitios el Santoniano (= los horizontes entre la base de la primera y la segunda lidita = zona de *Texanites texanus* y *Anomalina redmondi*). En esta región falta a veces también el Campaniano. En amplias regiones de la parte septentrional de la Cordillera Oriental falta el Santoniano o está representado por una capa glauconítica delgada. En la Cuenca de Cundinamarca, los cambios en el espesor del Senoniano indican que tuvieron lugar plegamientos que corresponden a las fases subhercínicas de H. STILLE. Las ligeras disconformidades que se pueden observar en la base del Santoniano, Campaniano y Maastrichtiano indican que la transgresión de este ciclo no fue simultánea en todas las regiones.

El mar alcanzó su máxima extensión en el Maastrichtiano inferior (zona de *Siphogenerinoides bramlettei*). En el Maastrichtiano medio empieza una regresión del mar. La Formación Guaduas (Maastrichtiano superior y Paleoceno) y las otras formaciones contemporáneas representan el estado terminal de este ciclo, que se termina con las fases pirináicas (durante y al final del Eoceno medio). La fase larámica, representada por ejemplo en la discordancia entre las formaciones Umir y Lisama, es muy débil en la Cordillera Oriental y no se puede comparar en su intensidad con los movimientos subhercínicos y pirináicos.

Con el Eoceno medio empieza el *ciclo de Bolívar* que se extiende hasta el final de la zona de *Catapsydrax dissimilis*. Después sigue el *ciclo de La Guajira*, que comprende el período desde el Aquitaniano basal (zona de *Catapsydrax stainforthi* BOLLI 1957 = zona de *Robulus wallacei* H. RENZ 1948) hasta el Mioceno medio. También en el Terciario de Colombia se diferencian de tal manera ciclos mayores de una duración de seis millones de años (T. VAN DER HAMMEN 1958).

Del hecho que se observan transgresiones locales en casi todos los pisos cretáceos de la Cordillera Oriental, se podría deducir que el mar cretáceo se extendió continuamente y que los movimientos rítmicos de los ciclos mayores no existieron. Sin embargo, este sería un razonamiento falso. Si consideramos la extensión de los espacios inundados por las transgresiones marinas y la cantidad de material terrígeno en los varios pisos y horizontes, vemos que las transgresiones principales del Titonia-

no, Hauteriviano, Albiano y Senoniano como también los movimientos epirogénicos que las iniciaron se manifiestan muy claramente. Pero se nota que los ciclos mayores no están motivados por movimientos absolutamente contemporáneos en las diferentes partes de la costra terrestre. Parecen más bien movimientos ondulatorios, en los cuales un sitio alcanza una cúspide mientras que en otro, una concavidad inicia la próxima onda.

Esta característica de los ciclos mayores está estrechamente relacionada con el problema del sincronismo de las fases orogénicas. Si consideramos que cada discordancia local fue causada por una fase especial, con el progreso de nuestros conocimientos estratigráficos, las fases se volverían tan numerosas que representarían prácticamente una continuidad (J. GILLULY 1949, K. KREJCI-GRAF 1950). Este desacuerdo aparente se explica por el carácter ondulatorio de los movimientos tectónicos, como lo podemos observar también en el Cretáceo de la Cordillera Oriental. H. STILLE (1950) habla en este sentido de la "vicariación" de los plegamientos.

Lo mismo tiene valor para la contemporaneidad de las transgresiones. En la Cordillera Oriental de Colombia, la transgresión del Albiano es sin duda una de las más importantes. En otros continentes se habla de la transgresión "global" del Cenomaniano, de la cual no se nota nada en Colombia. Se trata aparentemente de la misma ondulación (E. WEGMANN 1950) que se manifiesta en las distintas regiones de la tierra en tiempos un poco diferentes. Este hecho influye profundamente en nuestras clasificaciones estratigráficas. En la Cordillera Oriental de Colombia, el Titoniano se agrega al Cretáceo, el Albiano al Cretáceo superior, el Daniano al Paleoceno. En otros lugares representan el estado final del Jurásico, Cretáceo inferior y Cretáceo superior respectivamente. Cuál clasificación merece preferencia, es asunto de una convención internacional.

También las varias diferencias resultantes de las clasificaciones estratigráficas en diferentes regiones a base de la constitución litológica de los estratos, son consecuencias de la interferencia entre los ciclos mayores y los ciclos de pisos. Una de las tareas principales del estratígrafo es la de separar nítidamente los efectos de las dos clases de ciclos y definir la manera como cada una se manifiesta en los sedimentos.

POSIBLES CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS CICLICOS

En los últimos años, TH. VAN DER HAMENN (1958) investigó las esporas y el polen de los depósitos continentales terciarios de Colombia y reconoció también en el Terciario ciclos de una duración de seis millones de años y subciclos de dos millones. Además logró comprobar que los límites entre los varios pisos y en grado menor también los de subpisos, corresponden a períodos fríos, mientras que los períodos largos de hundimiento tenían un clima cálido. Durante los períodos fríos, cuando cesa el hundimiento, se observan cambios apreciables en la flora. Muchas formas se extinguen y otras aparecen por primera vez. Con el aumento de

la temperatura al principio del nuevo hundimiento, las formas que sobrevivieron el período frío entraron en una época de florecimiento y desarrollaron nuevas especies. Los períodos de sequía total o parcial de las cuencas al final de cada ciclo se explican según este autor, por un aumento de los casquetes glaciales polares a causa de la reducción de la radiación.

Con el regreso al clima normal (caliente), los casquetes polares se funden dando origen a las transgresiones que inician el nuevo ciclo de piso.

También W. BRÜCKNER (1951) explica la sedimentación cíclica en la zona helvética de los Alpes, por cambios climáticos. Según dicho autor, cada ciclo de piso comienza con un clima frío o templado y la temperatura se aumenta progresivamente hasta el final del ciclo.

Los movimientos eustáticos del nivel del mar alcanzan tal vez una amplitud de unos 50 metros. Esta es insuficiente para explicar el cambio entre sedimentos litorales y batiales en la Cuenca de Cundinamarca, que es por lo menos diez veces más amplio. Las causas de los ciclos de pisos se pueden buscar solamente en los procesos endogénicos de la tierra.

De las investigaciones resulta que los ciclos de pisos son pulsaciones que afectan simultáneamente amplias partes de la superficie terrestre. Los ciclos mayores, en contraste, son movimientos que pasan sobre la corteza terrestre en forma ondulatoria. Esta diferencia indica, tal vez, que el origen de los ciclos de pisos está localizado en zonas más profundas de la tierra, mientras que el de los ciclos mayores está en niveles terrestres más externos. Si éstos, después de todo, están causados por la contracción de la tierra (E. SUESS, H. STILLE 1922 y otros), por su expansión (P. JORDAN 1952, L. EGYED 1957 y otros) o por corrientes convectivas (W. AMPFERER 1906) no se puede decidir a base de las observaciones de que disponemos sobre la Cordillera Oriental de Colombia.

Manuscrito entregado en abril de 1961.

BIBLIOGRAFIA

- AMPFERER, O., 1906. — Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. Jahrb. K. u. k. Geol. R. A. Wien, vol. 56, pp. 539-622, Viena.
- ARKELL, W. J., 1956. — Jurassic Stratigraphy of the world, 806 pp., 46 pls., 102 figs.,
- BENAVIDES-CÁCERES, V. E., 1956. — Cretaceous System in Northern Perú. Amer. Mus. Nat. Hist. Bull., vol. 108, art. 4, pp. 359-493, pls. 31-66, New York.
- BOLLI, H. M., 1957. — Planctonic Foraminifera from the Oligocene-Miocene Cipero and Lengua formations of Trinidad, B. W. I. - U. S. Nat. Mus. Bull. 215, pp. 97-124, pls. 22-29, figs. 17-21, Washington.
- BRÜCKNER, W., 1951. — Lithologische Studien und zyklische Sedimentation in der helvetischen Zone der Schweizer-Alpen. Geol. Rundschau, Bd. 39, Heft 1, pp. 196-211, 3 pls., Stuttgart.
- BUCH, L. VON, 1839. — Pétrifications recueillies en Amérique par Mr. A. de Humboldt et par Charles Degenhardt. EWALD, ROTH & DAMES, Leopold von Buch's Gesammelte Schriften, 4. Bd., 22 Hälfte, pp. 519-542, pls. 30 y 31, Berlin, 1885.
- BÜRGL, H., 1954. — El Cretáceo inferior en los alrededores de Villa de Leiva, Boyacá. *Boletín Geológico*, vol. II, N° 1, pp. 5-22, 3 pls., Bogotá.
- BÜRGL, H., 1956. — Catálogo de las Amonitas de Colombia, Parte I, Pulchellidae. *Boletín Geológico*, vol. IV, N° 1, pp. 1-119, 28 pls., Bogotá.

- BÜRGL, H., 1955. — El Anticlinal de Apulo. *Boletín Geológico*, vol. III, Nº 2, pp. 2-22, pls. 1-4, Bogotá.
- BÜRGL, H., 1960. — Geología de la Península de La Guajira. *Boletín Geológico*, vol VI, Nos. 1-3, 1 pl., 4 figs., Bogotá.
- CARROZI, A., 1951 — Rhythmes de sédimentation dans le Crétacé Helvetique. *Geol. Rundschau* 39, Heft 1, pp. 177-195, 4 Abb., Stuttgart.
- CUSHMAN, J. A. & HEDBERG, H. D., 1941. — Upper Cretaceous Foraminifera from Santander del Norte, Colombia, S. A. - *Contr. Cushman Lab. For. Res.*, vol. 17, pt. 4, pp. 79-100, pls. 21-23, Sharon, Massachusetts.
- CUVIER, G., 1830. — Discours sur les révolutions de la surface du globe. 408 pp., 6 pls., E. d'Ocagne, Paris.
- DACQUÉ, E., 1926. — Paläogeographie. En O. KENDE, *Enzyklopädie der Erdkunde*. 196 pp., 21 figs., Leipzig y Wien.
- EGYED, L., 1957. — A new dynamic conception of the internal constitution of the earth. *Geol. Rundschau* 46, Heft 1, pp. 101-121, 9 figs., Stuttgart.
- GANDOLFI, R., 1955. — The Genus *Globotruncana* in Northeastern Colombia. *Bull. Amer. Paleont.*, vol. 36, Nº 155, 118 pp., 10 pls., Ithaca, New York.
- GANSSE, A., 1955. Ein Beitrag zur Geologie und Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta (Kolumbien, Südamerika). *Schweiz. Min. u. Petrogr. Mitt.*, Bd. 35, Heft 2, pp. 209-279, 36 figs., Basel.
- GERTH, H., 1939. — Die Kordilleren von Südamerika. ANDREE, BROUWER & BUCHER, *Regionale Geologie der Erde*, Bd. 3, Abschn. IVb, 63 pp., 1 pl., 12 figs., Leipzig.
- GERTH, H., 1955. — Bau der südamerikanischen Kordillere. 264 pp., 6 pls., 20 diagr., 62 figs., Bornträger, Berlin.
- GERTH, H., 1957. — Die Bedeutung der alten Kerne für die geologische Struktur Südamerikas. *Geol. Rundschau* 45, Heft 3, pp. 707-721, 2 figs., Stuttgart.
- GILLULY, J., 1949. — Distribution of Mountain Building in Geologic Time. *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 60, pp. 561-590, New York.
- HAMMEN, T. VAN DER., 1958. — Periodicidad climática y evolución de floras suramericanas del Maestrichtiano y del Terciario. *Boletín Geológico*, vol V., Nº 2, pp. 5-48, 1 pl., 9 figs., Bogotá.
- HEDBERG, H. D. & SASS, L. C., 1937. — Sinopsis de las formaciones geológicas de la parte occidental de la Cuenca de Maracaibo, Venezuela. *Bol. Minas*, vol. 1, Nº 2-4, Bogotá.
- HETTNER, A., 1892. — Die Kordillere von Bogotá. *Peterm. Mitt.* Bd. 22, *Ergänzungsheft* 104, 131 pp., Gotha.
- HUBACH, E., 1931. — Exploración en la región Apulo - San Antonio - Viotá. *Bol. Min. y Petrol.*, IV, pp. 41-60, Bogotá.
- HUBACH, E., 1945. — La formación "Cáqueza", región de Cáqueza (oriente de Cundinamarca). *Comp. Estud. Geol. Ofic. Colombia*, VI, pp. 23-26, 1 pl., Bogotá.
- HUBACH, E., 1957a. — Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. *Bol. Geol.*, vol. V., pp. 93-112, 2 pls., Bogotá.
- HUBACH, E., 1957b. — Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. 166 pp., *Inst. Geol. Nac. Bogotá*, Inf. Nº 1212.
- JELETZKY, J. A., 1951. — Die Stratigraphie und Belemnitenfauna des Obercampan und Maastricht Westfalens, Nordwestdeutschlands und Dänemarks sowie einige allgemeine Gliederungsprobleme der jüngeren borealen Oberkreide Eurasiens. *Beih. Geol. Jahrb.*, Heft. 1, pp. 1-142, 7 pls., 3 tab., Hannover.
- JORDAN, P., 1952. — *Schwerkraft und Weltall. Die Wissenschaft*, Bd. 107, 207 pp., Vieweg & Sohn, Braunschweig.
- KREJCI-GRAF, K., 1950. — Über die Phasen der Gebirgsbildung. *Geol. Rundschau*, Bd. 38, 2. Heft. pp. 112-124, Stuttgart.
- KRUMBEIN, W. C. & SLOSS, L. L., 1956. — *Stratigraphy and Sedimentation*. 497 pp., 119 figs., Freeman & Co., San Francisco.

- LIDDLE, R. A., 1946. — The Geology of Venezuela and Trinidad. 2d ed., 890 pp., 90 pls., 27 figs., Paleont. Res. Inst., Ithaca, N. Y.
- MOORE, R. C., 1952. — Orthography as a factor in stability of stratigraphical nomenclature. State geol. Surv. Kansas Bull. 96, pt. 9, p. 363.
- MORALES, L. G. AND COLOMBIAN PETROLEUM INDUSTRY, 1958 — General Geology and oil occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia. L. G. WEEKS, Habitat of Oil, pp. 641-695, 29 figs., Amer. Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, Oklahoma.
- NOTESTEIN, F. B., HUEMAN, C. W. & BOWLER, J. W., 1944. — Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America. Geol. Soc. Amer. Bull. vol. 55, pp. 1165-1216, 1 mapa, 6 pls., 10 figs.
- OLSON, A. A., 1956. — Colombia. En W. F. JENKS, Handbook of South American Geology. Geol. Soc. America Memoir 65, pp. 293-326, 2 figs., Baltimore, Md.
- PETTERS, V., 1954. — Typical foraminiferal horizons in the Lower Cretaceous of Colombia. Contr. Cush. Found. Foram. Res., vol. 5, N° 3, pp. 128-137, 1 pl., 7 figs.
- PETTERS, V., 1955. — Development of Upper Cretaceous Foraminiferal Faunas in Colombia. Journ. Paleont., vol. 29, N° 2, 212-225, 7 figs., Menasha.
- PRATJE, O., 1951. — Die Erforschung des Meeresbodens. Geol. Rundschau 39, Heft 1, pp. 162-176, 1 fig., Stuttgart.
- RENZ, H. H., 1948. — Stratigraphy and Fauna of the Agua Salada Group, State of Falcón, Venezuela. Geol. Soc. America, Mem. 32, 219 pp., 12 pls., New York.
- RENZ, O., 1956. — Cretaceous in Western Venezuela and the Guajira. Congr. Geol. Intern., 20ième session de México City 1956, 11 figs., manuscrito, en prensa.
- ROD, E. & MAINC, W., 1954. — Revision of Lower Cretaceous stratigraphy in Venezuela. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., vol. 38, N° 7, pp. 193-283, 30 figs., Tulsa, Oklahoma.
- ROYO Y GÓMEZ, J., 1941. — Columna estratigráfica de la Cordillera Oriental de Cundinamarca. Serv. Geol. Nal., Inf. N° 315, Bogotá.
- SCOTT, G., 1940. — Paleoecologic factors of Cretaceous Ammonoids. Journal Paleont., vol. 14, N° 4, pp. 299-323, 9 figs., Menasha.
- SONDER, R. A., 1956. — Mechanik der Erde. 291 pp., 91 figs., Schweizerbarth, Stuttgart.
- SORNAY, J., 1957. — Crétacé. Lex. Strat. Intern., vol. I, fasc. 4aVI, 402 pp., 4 pls., Paris.
- STILLE, H., 1922. — Die Schrumpfung der Erde. Festrede. 37 pp., Berlin.
- STILLE, H., 1940. — Einführung in den Bau Amerikas. 717 pp., 128 figs., Bornträger, Berlin.
- STILLE, H., 1950. — Nochmals die Frage der Episodizität und Gleichzeitigkeit der orogenen Vorgänge. Geol. Rundschau, Bd. 38, Heft. 2, pp. 108-111, Stuttgart.
- STILLE, H., 1958. — Die assyntische Tektonik im geologischen Erdbild. Beih. Geol. Jahrb. 22, pp., 3 pls., 20 figs., Hannover.
- WEGMANN, E., 1950. — Diskontinuität und Kontinuität in der Erdgeschichte. Geol. Rundschau, Bd. 38, Heft. 2, pp. 125-132, 1 fig., Stuttgart.