

**REPUBLICA DE COLOMBIA**  
**MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS**  
**SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL**

**ESTRATIGRAFIA DEL TERCIARIO Y MAESTRICHTIANO CONTINENTALES**  
**Y TECTOGENESIS DE LOS ANDES COLOMBIANOS**  
(con 7 planchas)

POR  
**THOMAS VAN DER HAMMEN**

INFORME No. 1279

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
BOGOTA - 1960

## CONTENIDO:

	Págs.
RESUMEN . . . . .	73
SUMMARY . . . . .	75
CONCLUSIONS ON OROGENETIC MOVEMENTS AND PALEOGEOGRAPHY . . .	77
INTRODUCCIÓN . . . . .	83
MÉTODOS DE CORRELACIÓN PALINOLÓGICA . . . . .	85
PROBLEMAS DE LA DETERMINACIÓN DE EDAD . . . . .	86
ESTRATIGRAFÍA . . . . .	87
I — LA CORDILLERA ORIENTAL . . . . .	87
a) La Sabana de Bogotá . . . . .	87
b) La Región de Sogamoso . . . . .	91
c) El área del Norte de Santander (Catatumbo) . . . . .	93
d) El borde oriental . . . . .	96
II — EL VALLE INTERANDINO DEL MAGDALENA . . . . .	98
a) Valle Superior . . . . .	98
b) Valle Medio . . . . .	103
c) Valle del Río Cesar . . . . .	107
III — VALLE INTERANDINO DEL CAUCA . . . . .	108
a) Valle - Cauca . . . . .	109
b) Caldas - Antioquia . . . . .	113
c) Cuenca del Patía . . . . .	114
IV — VALLE INTERANDINO DEL PACIFICO . . . . .	115
V — LA COSTA ATLANTICA . . . . .	116
CONCLUSIONES ESTRATIGRÁFICAS GENERALES . . . . .	117
CONCLUSIONES SOBRE MOVIMIENTOS OROGÉNICOS Y PALEOGEOGRAFÍA . . .	120
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	126

## PLANCHAS

- Plancha I. Correlación de las principales formaciones terciarias y maestrichtianas del oriente y del occidente andino de Colombia (Sur América), principalmente basada sobre datos palinológicos.
- Plancha II. Correlación de columnas estratigráficas del oriente andino (valle interandino del Magdalena y Cordillera Oriental).
- Plancha III. Correlación de columnas estratigráficas del occidente andino.
- Plancha IV. Correlación de columnas estratigráficas compuestas del Valle del Cauca y del Magdalena.
- Plancha V. Esquema de la relación entre estratigrafía, cambios climáticos y movimientos tectónicos-orogénicos.
- Plancha VI. Esquema de la correlación y edad de horizontes constantes de areniscas y conglomerados de los Andes colombianos.
- Plancha VII. Esquema de los horizontes estratigráficos y cambios de facies más importantes del Terciario y del Maestrichtiano de los Andes colombianos.
-

## RESUMEN

El presente artículo da los resultados de las investigaciones estratigráficas-palinológicas llevadas a cabo en los últimos años por la Sección de Paleobotánica del Servicio Geológico Nacional.

Después de discutir los métodos de correlación palinológica y los problemas de la determinación de edad, se describen las formaciones de cada región importante dentro de cada Unidad Geológica. De cada formación se da el nombre del autor que la describió por primera vez, su localidad típica y una corta descripción de su litología; se discute también la edad, y las correlaciones más importantes con otras formaciones.

En seguida se da un resumen de los resultados estratigráficos según la edad.

Se termina este estudio con algunas conclusiones sobre el orogenismo andino y paleogeografía, indicando la importancia de las areniscas basales constantes. Las fases orogénicas más importantes las llamamos: Pre-Andina (Eoceno Inferior y Medio), Proto-Andina (Principio del Oligoceno Superior) y Eu-Andina (Mioceno-Plioceno).

## S U M M A R Y

The present article gives the results of stratigraphical-palynological investigations carried out during recent years by the Department of Paleobotany of the Servicio Geológico Nacional (Bogotá, Colombia, South America).

The formations are described after a discussion of the methods of palynological correlation, and the problems of age determination of each important area within the respective "geological unit" of the country. The author of the name of each formation, the type locality, and a short description of the lithology are given. The age and the more important correlations are also discussed (see Plates I, II, III, IV).

Following this, a summary of the stratigraphical results is given according to age.

Finally, conclusions are drawn on the Andean orogenism and paleogeography, stressing the importance of the constant basal sandstones. These sandstones or conglomerates which were formed at the beginning of each 6 million-year period, are to be found all over the country both in the East and in the West Andean region, and were formed during and immediately after tectonic-orogenetic movements. If moreover we follow the history of the Colombian Andes, the conclusion may be drawn that the tertiary sedimentation was more or less synorogenetic. The most important orogenetic movements took place during the Miocene and the Pliocene (Eu-Andean phase), but other important movements took place in the beginning of the Upper Oligocene (Proto-Andean phase), and during the Lower and Middle Eocene (Pre-Andean phase).

The movements at the beginning of the Paleocene are evident, but less important. Also clear but less important were the movements at the beginning of the Upper Eocene, the Lower Oligocene and the Middle Oligocene (see Plates V, VI, VII).

The last chapter containing the general conclusions, follows below in literal translation.

## CONCLUSIONS ON OROGENETIC MOVEMENTS AND PALEOGEOGRAPHY

Plates VI and VII illustrate some data given with much more detail on plates I, II, III, and IV.

Plate VI shows that in the stratigraphic sequence of the Tertiary in any part of the Colombian Andes, a number (maximum 10) of important horizons of sandstones or conglomerates are present, deposited in general at the beginning of *periods* and *epochs* (e. g. at the beginning of the Paleocene, the Upper Oligocene, etc.). These sandstones or conglomerates differ in general from other sandstone-layers by their greater thickness and a coarser grain.

The bases of these sandstones and conglomerates frequently coincide approximately with the limits of periods and epochs determined palynologically. In general, the limits lie a few metres below the sandstones, but in some cases it may be more locally, as for instance 70 metres below the Lower Eocene sandstone ("Mirador") in Tibú (Catatumbo), and 150 metres below the Lower Paleocene sandstone ("Cacho") in the Sabana de Bogotá. In both cases red-mottled clays take the place of the lower part of the sandstones of the base of the Lower Eocene and of the base of the Paleocene.

We shall call the above-mentioned constant sandstones and conglomerates: "basal sandstones".

Frequently the basal sandstones are genetically related to red-mottled clays, which form intercalations and which may partly take the place of the sandstones. Nevertheless, in other cases, when the facies is "intermediate" or brackish-marine rather than "terrestrial", these red-mottled clays may be absent.

It is also made clear that in a series of pronounced terrestrial facies, all the clays or shales may be red-mottled, in such a way that they may be no different from the clays or shales of the basal sandstones. Sometimes, the bases of the aforementioned sandstones rest with a slight inconformity on the layers below. The fact that these sandstones have a coarser grain, intercalations of red clays and a relatively greater thickness, indicates a greater amount of slope greater erosion and major transportation of material from the upper course of the rivers. All these data show that the basal sandstones have their origin in tectonic-orogenic movements.

Sometimes the tectonic-orogenic movements were stronger and more prolonged than in other cases, as a result of which almost all the sediments of an epoch may be sandstones and conglomerates, instead of only the basal part. This is frequently the case with the Lower Eocene and the Middle Eocene.

The basal sandstones, including the sandstones which represent a whole epoch, are present in the entire region of the Colombian Andes and the Atlantic coast, in terrestrial, "intermediate" or marine facies. Consequently they are independent of facies, which is another argument in favour of the tectonic-orogenetic origin.

There are of course some exceptions: e. g. an equivalent of the Tierna sandstone of the Guadalupe formation (of Maestrichtian age) is unknown in the Umir-formation of the Middle Magdalena Valley but it seems to be present in the Colon formation (VAN DER HAMMEN, 1957 b). It also seems that the basal sandstone of the Lower Oligocene may be lacking in various areas, but a glance at Table VI will convince us that these exceptions are very rare.

In the following chart the constant sandstones are listed:

- (Sands of the Tortonian Upper Miocene) (conglomeratic).
- Basal sandstone of the Middle Miocene (conglomeratic).
- Basal sandstone of the Lower Miocene (conglomeratic).
- Basal sandstone of the Upper Oligocene (conglomeratic or conglomerate).
- Basal sandstone of the Middle Oligocene.
- Basal sandstone of the Lower Oligocene.
- Sandstone of the Middle Eocene (conglomeratic).
- Sandstone of the Lower Eocene (conglomeratic).
- Basal sandstone of the Paleocene.
- Basal sandstone of the (Upper?) Maestrichtian.

Sometimes a sandstone may be present at the base of the Upper Eocene, but it is difficult to distinguish it, because it is practically united with the Lower-Middle Eocene sandstones.

In a former publication (VAN DER HAMMEN, 1957) it was mentioned that there seems to exist a relation ship between the climatic periodicity and the tectonic- orogenetic movements. These movements show a periodicity of approximately 6 million years, as do the climatic changes. The periodicity of 2 million years also shown by the climatic changes cannot be distinguished except in a few cases in the tectonic-orogenetic movements (e. g. at the base of the Tortonian). The intensity of the movements varies considerably as they are much stronger e. g. in the Lower and Middle Eocene, at the beginning of the Upper Oligocene and in the Miocene.

In the stratigraphy of the western and eastern Andean regions and also of the Atlantic coast, can be seen a reflection of the same movements. That is, that the whole Andean region of Colombia suffered the influence of these movements, although the intensity of a certain movement may change to some degree from one region to another. (In the Atlantic coast region, relatively sandy sediments may also be present toward the higher parts of the subdivisions, but the formation of those sandy sediments is probably related with a temporal filling of the marine basin, or a regression of the sea).

Taking into account the above data we may obtain the following picture of the history of the Colombian Andes during the Maestrichtian and the Tertiary.

Already during early Senonian time, the Colombian Cordilleras suffered extensive movements of epirogenetic character which can be deduced from considerable changes in the thickness of the Coniacian, the absence of marine Santonian deposits in wide areas of the Eastern Cordillera, facies changes in the Campanian and local unconformities at the base of the Maestrichtian (BÜRGL, verbal information).

The irregularities in the older deposits were obscured by the transgressive basal Maestrichtian, which formed a relatively constant, continuous cover of marine sediments over the entire present day Andean region, with exception of the axis of the Central Cordillera.

Approximately 66 million years ago a slight upheaval of the entire eastern and western geosynclines took place again and the greater part of this region became mainland (although still very near the sea-level, with many lakes and lagoons), and only a few lower parts continued covered by the sea (Middle Magdalena Valley, Atlantic coast, Catatumbo region, Cesar Valley, etc.). At the same time as this upheaval a sand-layer was deposited in the East Andine region, constituting the Tierna-sandstone of the Guadalupe Formation. The Tierna-sandstone is conglomeratic and thicker towards the southern Central Cordillera (it disappears near the northern Central Cordillera, in the Middle Magdalena Valley) and in several parts on the eastern border of the Eastern Cordillera. Thus we may conclude that upward movements also took place in the Southern Central Cordillera and in part of the actual Eastern Plains ("Llanos Orientales"). The fact that on the Santander Massive, sediments of zone C of the Maestrichtian were found and that the Tierna-sandstone is not thicker nor of coarser grain near this massive, shows that this massive (and probably also the other massives within the Eastern Cordillera) had not yet suffered upheaval.

After a relatively quiet epoch during the rest of the Maestrichtian, movements started again at the beginning of the Paleocene (more or less 60 million years ago). Both in the East and West Andean regions a series of sandstones was deposited during zone A of the Paleocene, but nowhere is a clear unconformity at the base known. In the Upper Magdalena Valley (between Natagaima and Honda) these sandstones are very thin, and in the Sabana de Bogotá are found only in the uppermost part of zone A (Cacho-sandstone). On the other hand these sandstones are partly conglomeratic in the Sogamoso area, and correspond there to the entire zone A. They are also well developed, and conglomeratic, on the eastern border of the Eastern Cordillera (El Morro), etc. Almost all the paleocene sediments of the Colombian Andes are non-marine. We may therefore draw the conclusion that at the beginning of the Paleocene the sea retired from almost all the rest of the Colombian territory which it occupied before, leaving only the Atlantic coast and possibly part of the Cesar Valley and Pacific Coast covered by sea. Upward movements took place in several Paleozoic and Paleo-Mesozoic Massives of the Eastern Cordillera, which rose for the first time above the level of the rest of the Eastern geosyncline dividing it in various more or less separated

basins. The Central Cordillera and the eastern border of the Eastern Geosyncline may also have risen but little.

After a comparatively quiet period during zones B and C of the Paleocene, tectonic-orogenetic movements took place at the beginning of the Lower Eocene, this time much stronger and prolonged.

In various places inconformities are present (Valle Medio del Magdalena) indicating that movements took place in the geosynclines. The basal conglomerate of the Lower Eocene in the West Andean region contains big boulders of diabase, demonstrating that the first features of the Western Cordillera were formed by means of an extensive upheaval, separating the actual Interandean Cauca-Valley from the Pacific region.

It seems that the tectonic-orogenetic movements were still stronger during the Middle Eocene. Conglomerates and sandstones were deposited, but generally they are of relatively little thickness and it even seems that they may be lacking completely in several areas. The base of the Middle Eocene coincides in many parts of South America with a disconformity, indicating that important movements took place at that time. It is most probable that at the same time important features in the structure of the actual Colombian Andes, which began their formation in the Lower Eocene, were finished.

At the beginning of the Upper Eocene some movements took place locally but in general they are of small importance; immediately afterwards a relatively quiet epoch begins which lasts until the end of the Lower Oligocene, interrupted only by temporary tectonic-orogenetic movements at the beginning of the Lower Oligocene. These movements were the cause of the sedimentation of a basal sandstone of the Lower Oligocene in certain areas; this sandstone is specially well developed in the Department of Valle (Cauca Valley).

In other areas (see plate VI) the basal sandstone from the Lower Oligocene seems to be lacking, or does not differ much from other sandstone layers. In these cases it is difficult to separate lithologically the Upper Eocene from the Lower Oligocene. During the Upper Eocene and especially during the Lower Oligocene marine or brackish horizons are found over great extensions both in the East and in the West Andean region, and also in the Eastern Plains (Llanos Orientales). In the West Andean region the sea entered to the present interandine Cauca-Valley, passing through a part of the proto-Western Cordillera which even to-day is still a relatively low part. Limestones were formed in front of this lower part, in the Vijes area. More to the south only a relatively thin horizon of marine fossils is to be found, near the base of the Lower Oligocene. In the East Andean region and in the Eastern Plains the marine transgression showed apparently a North-South direction. At the beginning of the Middle Oligocene tectonic-orogenetic movements took place again, causing the deposition of a basal sandstone. Frequently sandstones are more abundant in the sediments of the middle Oligocene than in the Lower Oligocene (Upper part of the Middle Gualanday Formation, Upper Concentration Formations, etc.), but sometimes this is reversed (Leon Formation). A slight inconformity may be present (Guaduas syncline; RAASVELDT, 1952). The sediments of the Middle Oligocene are the last ones deposited

in the Cretaceous-Tertiary sedimentation cycle in the Eastern Cordillera proper.

At the beginning of the Upper Oligocene rather important tectonic-orogenic movements took place, resulting in an upheaval of the Eastern Cordillera proper and the close of the geosynclinal sedimentation in this region. In the marginal areas (Interandine Magdalena Valley and eastern border of the Eastern Cordillera) the sedimentation continues, beginning with an important basal sandstone frequently conglomeratic. A conglomerate with specially coarse components was deposited in the Upper Magdalena Valley. The lateral parts of the Central Cordillera must have suffered negative movements. The embryonic depressions along the flanks of the Central Cordillera, which already existed in part since Upper Cretaceous time, underwent considerable subsidence and turned into the long North-South extending grabens of the interandean Cauca and Magdalena Valleys. In the main part of the Interandine Cauca Valley (in the Patía-basin and in Caldas-Antioquia) the tertiary sedimentation starts on top of the basement with the basal conglomerate of the Upper Oligocene (Suárez member of the Upper Cauca formation). In the Interandine Magdalena Valley there are certain places where the Upper Oligocene is found lying directly on the Cretaceous or on older basement; sometimes it is the basal conglomerate (Upper Gualanday) and sometimes the La Cira Formation. Immediately after the aforementioned upheaval of the Eastern Cordillera in the beginning of the Upper Oligocene, a rapid subsidence and sedimentation started in the Interandine Magdalena and Cauca Valleys, which lasted throughout the Miocene. The result is a series of sediments of considerable thickness, with a very monotonous lithology.

New movements took place at the beginning of the Lower Miocene, and basal sandstones and conglomerates were deposited in both interandine Valleys, and are also found in the marine series of the Atlantic Coast; an unconformity may be present in addition.

Basal sandstones (or conglomerates) were formed also at the beginning of the Middle Miocene in the mentioned regions (and apparently also at the beginning of the Tortonian, with an unconformity at the base in several places).

During the interval Upper Oligocene-Miocene, until the beginning of the Pliocene, the Cretaceous and Tertiary of the Eastern Cordillera were strongly folded (according to a system of synclines and anticlines which were partly present already as proto-synclines and proto-anticlines since former epochs).

At the beginning of the Pliocene the sediments of the Interandine Magdalena and Cauca- Valleys were folded and the tertiary geosynclinal sedimentation cycle was practically closed. The whole Andean region suffered a strong upheaval then, which forced up the Cordillera and the Interandine Valleys to their present altitudes.

Plate V shows the relationship between lithostratigraphy, climatic changes and tectonic-orogenic movements in Colombia. The curve for the tectonic-orogenic movements is based on relative appreciation of the intensity and duration of these movements based on the stratigraphy, the existence of small unconformities, etc.

From these curves and from the general results mentioned above, the following conclusion may be deduced:

From the beginning of the Maestrichtian onward and probably also before, continuing at intervals during the entire Tertiary, tectonic-orogenic movements took place with a periodicity of approximately six million years, which gradually modeled the actual form and structure of the Colombian Andes.

Several of these tectonic-orogenic phases or groups of phases are of major importance, and they are mentioned below, proposing a name for each and indicating the age and the subdivision in minor phases (see also Plate V).

	Miocene and Pliocene	{ IV. Base of the Pliocene III. Base of the Tortonian II. Base of the Middle Miocene (Helvetian) I. Base of the Lower Miocene (Aquitanian)	
EU-ANDINE PHASE .....			
PROTO-ANDINE PHASE ....			Base of the Upper Oligocene
PRE-ANDINE PHASE .....	Lower and Middle Eocene		{ II. (Base of the) Middle Eocene I. (Base of the) Lower Eocene

The final folding was that of the Upper Miocene and the Lower Pliocene. The final and most important upheaval was most probably that of the Pliocene.

The major and minor orogenic phases may be partly correlated with the European phases, in the following way:

Eu-Andine IV.	Base of the Pliocene	Attic phase
Eu-Andine II.	Base of the Helvetian	Young steiric phase
Eu-Andine I.	Base of the Aquitanian	Savic phase
Pre-Andine II.	Middle Eocene	Post-Lutetic phase ("intereocene")
(Laramic)	Base of the Paleocene	Late Laramic
	Base of the Maestrichtian (?)	Early Laramic

From all data mentioned above it will be clear that, notwithstanding the importance of the movements of the Upper Miocene and the Lower Pliocene, it is not possible to subdivide the history of the orogenesis of the Colombian Andes simply in a long cretaceous-tertiary geosynclinal phase of quiet sedimentation, followed by a short phase of folding and upheaval during the Mio-Pliocene. There was neither a long mesozoic geosynclinal phase, which ended at the beginning of the Tertiary, with the laramic orogenism (an opinion still found in certain handbooks).

The fact is that the tertiary sedimentation, which represents the continuation and ending of the cretaceous geosynclinal sedimentation, is strongly influenced at certain intervals by tectonic-orogenic movements of different intensities, which determine it as synorogenic.

## INTRODUCCION

*Cuando se comenzaron en 1951 las labores de palinología en el Instituto Geológico Nacional, hoy Servicio Geológico Nacional, existía bastante confusión en cuanto a la edad y la correlación de las formaciones terciarias de los Andes colombianos, consistiendo esas formaciones en su mayoría de sedimentos no-marinos (lacustres, lagunares y fluviátiles). Muchos estudios sobre la estratigrafía del Terciario, como también ensayos de correlación se habían publicado antes de este año, pero a los autores de estos estudios lógicamente les faltaban datos paleontológicos seguros para llegar a una correlación y determinación de edad exacta (nombramos entre otros HETTNER, 1892; E. SCHEIBE, 1938; ANDERSON, 1945; HUBACH & ALVARADO, 1934; ROYO Y GÓMEZ, etc.). Los autores de trabajos posteriores ya pudieron hacer uso de las correlaciones y determinaciones de edad, por entonces inéditos, establecidos palinológicamente (HUBACH, 1957; KEIZER, 1955-1956; RAASVELDT, 1956; NELSON, 1957). Ahora, en el principio del año 1958, se puede decir que, por medio de la Palinología, se han podido resolver los mayores problemas de la correlación y de la edad, aunque quedan naturalmente muchos otros problemas por resolver.*

*En 1953 se publicó el primer estudio de la serie "El desarrollo de la flora colombiana en los períodos geológicos", que trata sobre la Palinología del Maestrichtiano y parte del Paleoceno (VAN DER HAMMEN, 1954 a). En este artículo se utilizó una nueva nomenclatura palinológica sistemática, que fue explicada más en detalle en una publicación del mismo año (VAN DER HAMMEN, 1954 b), y descrita en definitivo posteriormente (VAN DER HAMMEN, 1956 a). Algunas importantes especies nuevas de polen fósil de distintas edades se describieron y publicaron en el mismo año (VAN DER HAMMEN, 1956 b).*

*A continuación se publicó un estudio básico para la realización de las correlaciones mencionadas en el presente artículo, que trata de "Periodicidad climática y evolución de floras suramericanas" (VAN DER HAMMEN, 1957 a). En el mismo año se publicó el primer estudio puramente estratigráfico titulado: "Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá" (VAN DER HAMMEN, 1957 b).*

*Hasta ahí los estudios ya publicados. Además de éstos, hay varios en preparación, especialmente los que forman la continuación de la serie "El desarrollo de la flora colombiana", en los cuales se dará la descripción de las especies de polen fósil según la edad.*

*Las determinaciones de edad y correlaciones mencionadas en el presente estudio, de las cuales no se han publicado todavía las bases palinológicas existentes en el archivo de la sección de Paleobotánica del Servicio*

*Geológico Nacional, se indicarán con la siguiente referencia: (Arch. Secc. Paleob.). Todos estos estudios publicados o en preparación formaron la base para el presente estudio estratigráfico. Primero, trataremos sumariamente los métodos de correlación y los problemas de la determinación de la edad; en seguida, trataremos la estratigrafía por unidades geológicas y regiones, para terminar con un resumen de los datos estratigráficos según edad y conclusiones generales sobre movimientos orogénicos y paleogeografía. Falta anotar aquí que usamos en el texto el término "lutita" como equivalente de "shale".*

## METODOS DE CORRELACION PALINOLOGICA

Los métodos utilizados para la correlación palinológica de las formaciones fueron descritos ampliamente con anterioridad (VAN DER HAMMEN, 1957 a, 1957 b). Sólo volvemos a mencionar aquí los puntos más importantes.

1º Si existen suficientes muestras de una sección geológica, o de una parte de ella, la correlación se puede realizar por medio de las fluctuaciones climáticas registradas en el diagrama palinológico, con la ayuda de las asociaciones típicas de especies de polen. En esta forma se pueden realizar correlaciones muy exactas y detalladas.

2º Si el número de muestras no es suficiente para poder registrar estas fluctuaciones, la correlación se puede realizar a base de asociaciones típicas solamente. Las correlaciones llevadas a cabo en esta forma son bastante exactas, pero las unidades indicadas no pueden ser, en general, más detalladas que del orden de Eoceno Inferior, Oligoceno Medio, etc.

3º La correlación basada en una o unas pocas especies de polen, sin tomar en cuenta la asociación, es muy insegura, y sólo se puede realizar en unos pocos casos especiales.

El método mencionado en el punto uno se puede aplicar en todo el país, no importa la distancia entre las secciones, ya que las fluctuaciones climáticas deben ser mundiales. Por ejemplo, se pudo realizar una correlación directa, exacta y detallada entre grandes partes de las secciones del Valle (Timba) y del Catatumbo (Tibú).

Naturalmente se encuentran a veces series de sedimentos que no contienen granos de polen (especialmente arcillas rojas). En estos casos se pudieron efectuar algunas veces unas correlaciones relativamente exactas, por medio de reducción de la escala de las columnas estratigráficas a base de puntos fijos establecidos por medio del método 1º, en partes analizables arriba o debajo de estas series estériles. (Este método fue explicado en VAN DER HAMMEN, 1957 b), y es sólo aplicable cuando no se encuentran discordancias o hiatos en la parte de la sección tratada.

Como se explicará más adelante, existen muchos horizontes de arenisca o conglomerados de los cuales se pudo probar palinológicamente que sean constantes en toda la región de los Andes colombianos. Una vez sabido este hecho, puede también servir mucho para correlaciones estratigráficas en que falten por completo datos palinológicos en partes de una sección.

## PROBLEMAS DE LA DETERMINACION DE EDAD

Las localidades típicas de las subdivisiones del Terciario y del Cretáceo se encuentran en Europa, y fueron establecidas a base de fósiles marinos.

Para el Maestrichtiano y el Terciario faltan casi por completo relaciones faunísticas entre Europa y Colombia, y la correlación paleontológica tiene que realizarse en general vía Norteamérica. Pero se presentan casos en que la correlación paleontológica exacta entre Norteamérica y Europa tampoco es segura. Así han surgido varias controversias entre distintos paleontólogos sobre la verdadera edad de ciertas subdivisiones del Terciario y del Senoniano.

Así, por ejemplo, no se sabe todavía con absoluta seguridad si lo que es aceptado como límite Campaniano-Mestrichtiano realmente corresponde con exactitud al mismo límite en Europa. Y lo mismo para con el límite Oligoceno-Mioceno, sobre el cual existen diferencias de opinión muy grandes (véase VAN DER HAMMEN, 1957 a, postdata).

La palinología puede establecer el desarrollo y la evolución de la flora, inclusive permite determinar las fluctuaciones climáticas (periódicas), y construir un diagrama que expresa esos hechos (diagrama del Maestrichtiano hasta el Mioceno que se encuentra en VAN DER HAMMEN, 1957 a). A base de esto pueden realizarse correlaciones sobre todo el país, pero para la determinación de la edad hay que hacer primero correlaciones con formaciones que contengan fósiles marinos. Pero, naturalmente, si hay dudas sobre correlación paleozoológica, como arriba se ha mencionado, también esas mismas dudas siguen existiendo para la determinación de edad palinológica.

Las correlaciones paleozoológicas-palinológicas establecidas y las interpretaciones paleozoológicas aceptadas para las determinaciones de edad, están mencionadas en anteriores publicaciones (VAN DER HAMMEN, 1957 a y 1957 b), a las cuales nos podemos referir aquí.

Es probable que en el futuro, por medio de las fluctuaciones climáticas periódicas, por la razón de que probablemente sean mundiales, la palinología formará un método para determinaciones de la edad directa en cualquier parte del mundo, independiente en cierta manera de la paleontología (VAN DER HAMMEN, 1957 a). Pero para alcanzar ese fin habrá que salir primero de la duda sobre el límite Oligoceno-Mioceno, para poder establecer una vez para siempre la correlación exacta de las fluctuaciones climáticas periódicas con este límite. La correlación de esas fluctuaciones con el límite Maestrichtiano-Paleoceno, Paleoceno-Eoceno y Eoceno-Oligoceno ya fue establecida con bastante seguridad. Todo lo referente a esos problemas fue ampliamente discutido en VAN DER HAMMEN, 1957 a y 1957 b.

## ESTRATIGRAFIA

Trataremos ahora la estratigrafía de distintas regiones de los Andes colombianos, añadiendo también algo sobre la Costa Atlántica. Seguiremos aquí una primera subdivisión en unidades geológicas según HUBACH (informe sin publicar), a saber: La Cordillera Oriental, el Valle Interandino del Magdalena, el Valle Interandino del Cauca y el Valle Interandino del Pacífico. Dentro de cada una de esas unidades distinguiremos varias regiones de importancia.

Hay que mencionar aquí que en general los cambios climáticos que indican el principio de un período o de una época, se presentan frecuentemente un poco antes de los cambios litológicos que marcan el límite de las formaciones. Si la distancia entre el límite de tiempo y el límite litológico fue insignificante (en el orden de 10 metros), indicamos el límite litológico como límite de tiempo, pero si la distancia fue mayor, consideramos necesario indicarlo en las descripciones y columnas estratigráficas. Un ejemplo de este último caso es la formación Los Cuervos, en la cual el Eoceno Inferior empieza a una distancia de aproximadamente 75 metros debajo de la arenisca del Mirador.

### I — LA CORDILLERA ORIENTAL

La mayoría de los datos estratigráficos de la Sabana de Bogotá fueron ya publicados anteriormente (VAN DER HAMMEN, 1957 b), junto con algunos datos de otras partes de la Cordillera Oriental. No obstante volveremos a dar estos datos aquí, en forma sistemática.

#### a) LA SABANA DE BOGOTA

La Sabana de Bogotá y sus alrededores es una de las regiones mejor conocidas geológicamente y de modo especial por los más recientes estudios de HUBACH (1957). El área comprende toda la región plana denominada Sabana de Bogotá y los valles vecinos, con el terreno montañoso que la rodea.

#### *Formación de Guaduas.*

*Nomenclatura:* HETTNER (1892), que por primera vez usó este nombre con respecto al valle de Guaduas, indicó en él las formaciones que actualmente llamamos Guaduas y Gualanday. Usamos aquí el nombre "Guaduas" en el sentido que le dio HUBACH (1957), es decir, la formación

delimitada, abajo por la arenisca tierna de la formación Guadalupe, y arriba por la arenisca de El Cacho.

*Localidad típica:* Entre el Boquerón de Lenguazaque y el Boquerón de Guachetá (Cundinamarca).

*Descripción:* La formación de Guaduas en la región de Bogotá consiste en una serie de lutitas grises, verdosas y en parte rojas violáceas, con intercalaciones de bancos y capas de areniscas que pueden ser cuarcílicas, tiernas o arcillosas, de grano medio hasta fino, o en algún caso grueso. El espesor total varía entre 700 y 1.000 metros. Tiene mantos de carbón sobre todo en la parte media de la formación.

HUBACH dividió litológicamente la formación en la Sabana de Bogotá en tres partes: la Inferior entre la “arenisca Tierna” y la “arenisca La Guía”, la Media entre las areniscas “La Guía” y “Lajosa”, y la Superior entre las areniscas “Lajosa” y “El Cacho”. Solamente el Guaduas Superior es gredoso y es de colores rojos achocolatados y bermejos en su parte alta. El Guaduas Medio e Inferior en cambio constan de arcillas esquistas grises, con mantos gruesos de carbón, especialmente en el Guaduas Medio.

*Edad:* La edad de la formación de Guaduas de la Sabana fue establecida palinológicamente (VAN DER HAMMEN, 1957 b). El Guaduas Inferior y el Medio son, en su totalidad, de edad Maestrichtiana. El Guaduas Superior es de edad Maestrichtiana en su parte más baja y de edad Paleoceno en su parte alta. El límite exacto Maestrichtiano-Paleoceno no siempre es claramente visible en la litología; frecuentemente coincide en el cambio de arcillas grises a arcillas predominantemente rojas-violáceas, o puede coincidir con una arenisca de poco espesor.

*Correlación:* La formación de Guaduas más la arenisca de El Cacho corresponde palinológicamente en el Valle Medio del Magdalena a la parte superior de la formación Umir más las areniscas que forman la base de la formación de Lisama, y a la arenisca del Morro en el borde oriental de la Cordillera Oriental. (Río Cravo Sur, en el Morro).

El Guaduas Superior más la arenisca de El Cacho corresponde a las formaciones Catatumbo y Barco de la región del Catatumbo. La parte Maestrichtiana de la formación corresponde además a la parte inferior (arcillas grises) de la formación llamada Guaduas (Guaduas + Lisama en el sentido indicado más adelante), en la región entre Honda y Cambao.

### *Formación de Bogotá.*

*Nomenclatura:* Es parte del “piso” de Guaduas de HETTNER. En 1957 HUBACH lo separó tomando como parte basal de la formación de Bogotá la arenisca de El Cacho y como límite superior la base de la arenisca conglomerácea de La Regadera, que es el miembro inferior de la formación de Usme.

El nombre de “arenisca de El Cacho” fue dado por SCHEIBE (1933) a una arenisca del sinclinal de San Jorge, al sur de Zipaquirá, donde su condición estratigráfica no es típica. El mismo término lo aplicó a la arenisca del eje del sinclinal en la carretera entre Santa Rosita y Tilatá y a la arenisca del lado occidental del Boquerón del Rabanal al NE de

Lenguazaque. Estos dos sitios se consideran típicos para la arenisca de El Cacho en concepto de HUBACH.

El nombre de "arenisca de Lenguazaque" fue introducido por VAN DER HAMMEN (1957 b) para indicar un conjunto de areniscas, a veces finamente conglomeráticas, que se puede presentar en la mitad de la formación.

*Localidad típica:* Al sur de San Cristóbal (Bogotá), por la carretera de Oriente, desde la Cantera hasta el Alto de Juan Rey.

Como localidad típica de El Cacho aceptamos el sitio entre Santa Rosita y Tilatá, mencionada arriba.

La localidad típica de la arenisca de Lenguazaque es inmediatamente al SW del pueblo de Lenguazaque.

*Descripción:* En la localidad típica, encima de El Cacho, dominan las gredas manchadas de gris, rojo, violáceo y verdoso, con intercalación de areniscas arcillosas. Más al Sur, donde aflora también la parte superior, hay areniscas a veces finamente conglomeráceas. La formación tiene allí un espesor de aproximadamente 2.000 metros. Al SW de Lenguazaque (Cundinamarca) se encuentra, a una distancia de aproximadamente 550 metros de la base de la formación, una arenisca gruesa y finamente conglomerácea de espesor bastante grande (arenisca de Lenguazaque).

La arenisca de El Cacho es de grano grueso hasta fino y a veces algo conglomerácea. Tiene un espesor desde 30 hasta más de 100 metros. Mientras que El Cacho forma en el norte de la Sabana un horizonte estratigráfico muy marcado en la morfología, se vuelve más delgada y menos prominente al Sur.

*Edad:* Palinológicamente sólo se pudo establecer la edad de la parte inferior de la formación, en la localidad típica como Paleoceno. Por el gran espesor relativo de toda la formación y por la presencia de las areniscas gruesas hasta finamente conglomeráceas (areniscas de Lenguazaque) en la mitad de la formación, creemos que la parte superior de la formación pertenezca al Eoceno Inferior. (Prueba por medio de reducción de escalas a base de puntos palinológicos fijos; véase VAN DER HAMMEN, 1957 b).

*Correlaciones:* La parte baja de la formación Bogotá junto con las gredas rojas de la mitad superior del Guaduas Superior corresponde palinológicamente a la formación Lisama del Valle Medio del Magdalena; con la parte superior de la formación llamada "Guaduas" (=Guaduas + Lisama), de la región entre Girardot y Cambao, con las formaciones Barco y Los Cuervos (excluyendo la parte más alta) del Norte de Santander y con la formación "Limbo-shales" y la parte alta de la arenisca del Morro del borde oriental de la Cordillera Oriental. La parte alta de la formación Bogotá corresponde con bastante seguridad a la formación de Hoyón (Valle Superior del Magdalena), a la mayoría de la formación de La Paz (Valle Medio del Magdalena) y al Mirador Inferior del Norte de Santander.

### *Formación de Usme.*

*Nomenclatura:* Nombre introducido por HUBACH (1957) para la formación de areniscas y conglomerados finos (parte inferior), arcillas y

lutitas que se encuentran en el Valle del Tunjuelo, al sur de Bogotá, encima de la formación de Bogotá. Las areniscas en parte conglomeráceas de la base las llamó HUBACH (1957) "Arenisca de La Regadera".

*Localidad típica:* Al sur de Usme.

*Descripción:* La parte inferior de la formación, la arenisca de La Regadera, consiste principalmente en areniscas en parte finamente conglomeráceas con conglomerados en la base. Siguen para arriba lutitas grises en las cuales se han encontrado foraminíferos. Después de un horizonte de areniscas siguen hacia arriba otra vez lutitas, con unos lentes de lignito. El espesor de la parte expuesta de la formación lo estimó HUBACH (1951) en 500 - 600 metros, pero es probablemente más. Puede ser que en el subsuelo de la Sabana (perforación de la Andina-Bogotá) la formación se complemente con arcillas rojas del Oligoceno Medio-Superior (*Globorotalia fohsi andina* BÜRGL, 1955).

*Edad:* La edad de la arenisca de La Regadera es Eoceno Inferior hasta Medio, y hay varias indicaciones de que se podría tratar de Eoceno Medio. No existen pruebas palinológicas directas, pero véase VAN DER HAMMEN (1957 b). La edad del resto de la formación, según datos palinológicos (y de foraminíferos), es Eoceno Superior y Oligoceno Inferior, y la parte más alta incluye probablemente Oligoceno Medio.

*Correlación:* La formación de Usme corresponde palinológicamente a la formación de Gualanday del Valle Superior del Magdalena, excluyendo el Gualanday Superior; a la parte alta del Mirador y la formación Carbonera del Norte de Santander; y al San Fernando y Diablo del borde oriental de la Cordillera Oriental.

### *Formación de Tilatá.*

*Nomenclatura:* Nombre dado por R. SCHEIBE (1933).

*Localidad típica:* Entre Tilatá y la represa del Sisga, y entre ésta y Chocontá.

*Descripción:* La formación está compuesta por capas alternadas mal estratificadas, de gredas, arenas, cascajos y localmente (N. de Villapinzón) conglomerados de bloques. El espesor visible es de más o menos 100 metros.

HUBACH (1957) correlacionó varios depósitos dentro de nuestra región con los de la formación de Tilatá de la localidad típica. La formación en el sur de la Sabana contiene en la base frutos de *Humiria cipaconensis* (BERRY) SELLING, que indican un clima caliente.

En contraste con las formaciones anteriores, sólo sufrió leve influencia tectónica (ondulaciones y fallas locales) y se coloca en fuerte discordancia sobre las formaciones Guadalupe, Guaduas y Bogotá.

*Edad:* La edad de la parte inferior de la formación Tilatá, considerando que su deposición fue posterior al plegamiento y anterior al gran sollevamiento de los Andes, puede ser Plioceno. No obstante, datos palinológicos parecen indicar que parte de la formación puede ser de edad Pleistoceno Inferior (VAN DER HAMMEN 1957 b).

*Correlación:* La formación de Tilatá corresponde probablemente a la formación Mesa del Valle del Magdalena; su parte superior corresponde probablemente también a la parte inferior de la formación de La Sabana.

### *Formación de la Sabana.*

*Nomenclatura:* HUBACH, 1957.

*Localidad típica:* La parte propiamente plana de la Sabana de Bogotá.

*Descripción:* La formación de la Sabana consiste en una serie de depósitos de laguna (y en parte de ríos), principalmente arcillas y arenas, con escasas intercalaciones de material orgánico. La deposición de la formación fue posterior al plegamiento y al gran solevantamiento de los Andes. El máximo espesor es probablemente de 400 metros.

*Edad:* La edad palinológicamente establecida, de la parte superior, es Holoceno y Pleistoceno. Posiblemente la parte más inferior es Plioceno (VAN DER HAMMEN, 1957 b).

*Correlación:* La formación de la Sabana corresponde en edad a varias formaciones de menos importancia dentro de la región de la Sabana, como la formación Mondoñedo (STIRTON, 1951) y los conos de debris y las terrazas. La parte inferior puede corresponder también a la formación de Tilatá o a la parte alta de esta formación.

#### b) LA REGION DE SOGAMOSO

La región de Sogamoso y Paz del Río fue estudiada por ALVARADO y SARMIENTO SOTO (1944), en relación con los importantes yacimientos de hierro oolítico. Usamos aquí la nomenclatura propuesta por ellos.

### *Formación Guaduas.*

*Nomenclatura:* Con el nombre de formación Guaduas (véase arriba), ALVARADO & SARMIENTO SOTO (1944) denominaron la formación delimitada abajo por la formación de Guadalupe (Ermitaño) y arriba por las areniscas del Socha Inferior. Corresponde al concepto de formación Guaduas de HUBACH (1957), con la única diferencia de que la parte alta del Guaduas Superior de HUBACH (la parte paleocena) aquí es parte de la formación de Socha Inferior.

*Localidad típica:* ALVARADO & SARMIENTO SOTO indican para la región la Sección de Socha Viejo.

*Descripción:* La formación de Guaduas en esta región está constituida de lutitas grises, con intercalaciones de areniscas sobre todo en la parte superior, y contiene mantos de carbón en la mitad superior.

Está delimitada abajo por la Arenisca Superior de la formación de Guadalupe ("Ermitaño" de ALVARADO & SARMIENTO SOTO) y arriba por la arenisca del Socha Inferior. El espesor cambia de 220 a 500 metros.

*Edad:* Palinológicamente la edad fue establecida como Maestrichtiano (VAN DER HAMMEN, 1954 y 1957 b; VAN DER HAMMEN & GARCÍA BARRIGA, 1955). El Guaduas en esta región no incluye Paleoceno en su parte superior.

*Correlación:* La formación Guaduas (ALVARADO & SARMIENTO) corresponde a la formación de Guaduas, en el sentido indicado más adelante, del Valle Superior del Magdalena, y a la parte superior de la formación de Umir del Valle Medio del Magdalena. Corresponde también a la formación Guaduas de la Sabana con la excepción de la parte alta de la parte superior de esta última. (El Guaduas de la Sabana de Bogotá contiene las zonas A, B y C del Maestrichtiano y la parte baja de la zona A del Paleoceno, pero el Guaduas de la región de Sogamoso sólo contiene las zonas A, B y C del Maestrichtiano).

### *Formación de Socha Inferior y Superior.*

*Nomenclatura:* ALVARADO & SARMIENTO SOTO, 1944.

*Localidad típica:* Socha Viejo.

*Descripción:* La formación Socha Inferior consiste en un conjunto de areniscas de grano medio hasta grueso y conglomeráceo, que tiene un espesor de 100-175 metros. La formación de Socha Superior la componen arcillas de colores gris y verdoso, con bancos de arenisca y localmente con mantos de carbón, con un espesor de 180-400 metros. La formación de Socha se encuentra entre el tope del Guaduas y la base de las areniscas del Picacho.

*Edad:* La edad de la formación de Socha, según datos palinológicos, es Paleoceno (VAN DER HAMMEN, 1957 b).

*Correlación:* La formación de Socha corresponde palinológicamente a la formación de Lisama del Valle Medio del Magdalena. El Socha Inferior corresponde a la formación Barco, y el Socha Superior a la formación Los Cuervos (excluyendo la parte más alta) del Norte de Santander.

### *Formación del Picacho.*

*Nomenclatura:* ALVARADO & SARMIENTO SOTO, 1944.

*Localidad típica:* Picacho.

*Descripción:* La formación del Picacho, que tiene un espesor de 90-160 metros, es un conjunto de areniscas de grano medio hasta grueso, con areniscas conglomeráceas. Es de color predominantemente blanco. Está puesto entre la formación de Socha Superior y la formación Concentración.

*Edad:* La edad de la formación de Picacho es Eoceno Inferior. Faltan por completo datos palinológicos, pero se pudo determinar la edad indirectamente por medio del método de reducción de escala a base de puntos palinológicos fijos en las formaciones Guaduas y Socha (VAN DER HAMMEN, 1957 b).

### *Formación de Concentración.*

*Nomenclatura:* ALVARADO & SARMIENTO SOTO, 1944.

*Localidad típica:* A lo largo del río Soapaga entre el caserío de Concentración y el puente del Uvo.

*Descripción:* La formación de Concentración incluye todos los sedimentos plegados que se encuentran encima de la arenisca del Picacho. Se puede dividir la formación en tres partes. En la parte inferior, que tiene un espesor de 300 metros o más pero que se puede reducir a unos 30 metros, dominan las areniscas de grano medio, pero tiene arcillas y una capita de conglomerado en su parte baja. Inmediatamente encima de las areniscas de la parte inferior está el banco de hierro oolítico. En la parte media dominan las arcillas grises y verdosas, aunque tienen lechos delgados de areniscas arcillosas y de grano fino hasta medio; esta parte contiene dos horizontes fosilíferos, y tiene un espesor de 500 a 600 metros. En la parte superior dominan también las arcillas, pero contiene más bancos de arenisca de grano medio y grueso que pueden ser conglomeráceas. El espesor de la parte superior oscila entre 650 y 700 metros.

*Edad:* La edad de la parte inferior es probablemente Eoceno Medio (VAN DER HAMMEN, 1957 b), pero faltan por completo los datos palinológicos directos.

Según datos palinológicos la parte media corresponde al Eoceno Superior y al Oligoceno Inferior; la parte superior es de edad Oligoceno Medio (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* Corresponde la formación de Concentración (menos la parte inferior) a las formaciones de San Fernando y Diablo del borde oriental de la Cordillera Oriental, y a las formaciones Carboneras y León del Catatumbo.

#### c) EL AREA DEL NORTE DE SANTANDER (Catatumbo)

El área a que se refiere esta descripción es la Concesión Barco del Norte de Santander conocida como Catatumbo, situada en el límite de Colombia con Venezuela. Forma parte de la cuenca de Maracaibo, y por esta razón tiene importancia para la correlación estratigráfica con Venezuela. La región fue explorada muy detenidamente por NOTESTEIN, HUBMAN & BOWLER (1944).

### *Formación Catatumbo.*

*Nomenclatura:* W. S. OLSON (NOTESTEIN c. s., 1944).

*Localidad típica:* Río Catatumbo cerca a Puerto Salado, pero NOTESTEIN c. s. usan como sección típica la del pozo Oro número 3.

*Descripción:* La formación del Catatumbo es una serie de lutitas gris-oscuros con escasos bancos de areniscas de grano fino y algunos man-

tos de carbón, que se encuentran entre la formación marina de Mito Juan y las areniscas de la formación Barco. El espesor es de 100 a 270 metros.

*Edad:* La edad de la formación Catatumbo fue establecida palinológicamente como Maestrichtiano más Superior. A veces, cuando la arenisca inferior de Barco no está desarrollada, sigue la misma facies de la formación Catatumbo hasta más arriba e incluye algo del Paleoceno Inferior (VAN DER HAMMEN, 1957 b).

*Correlación:* Las formaciones de Catatumbo y Barco juntas corresponden palinológicamente al Guaduas Superior (más una pequeña parte del Guaduas Medio) y a El Cacho de la Sabana de Bogotá. La formación del Catatumbo sola (de edad Maestrichtiana) corresponde a la parte más superior de la formación de Umir del Valle Medio del Magdalena y a la parte más superior del Guaduas del área de Sogamoso.

### *Formación Barco.*

*Nomenclatura:* W. S. OLSON (NOTESTEIN c. s., 1944).

*Localidad típica:* Filo del Barco Oriental.

*Descripción:* La formación de Barco está compuesta por una serie de areniscas y esquistos arcillosos con algunas intercalaciones de carbón en que dominan las areniscas de grano medio y fino. El espesor es de 75 hasta 275 metros.

*Edad:* Palinológicamente se pudo establecer la edad de la formación Barco como Paleoceno Inferior (Zona A) (VAN DER HAMMEN, 1957 a & b).

*Correlación:* La formación Barco corresponde palinológicamente a la parte inferior de la formación Lisama (Valle Medio del Magdalena) y a la formación de Socha Inferior de la región de Sogamoso.

### *Formación Los Cuervos.*

*Nomenclatura:* W. S. OLSON (NOTESTEIN c. s., 1944).

*Localidad típica:* Quebrada Los Cuervos, afluente del río Catatumbo.

*Descripción:* La formación Los Cuervos está compuesta principalmente de arcillas duras y esquistos arcillosos, con algunos lechos de arenisca y mantos de carbón en la parte inferior. El color de las arcillas en la parte más inferior es predominantemente gris oscuro, y en la parte superior, rojo-violáceo y amarillo. El espesor es de 250 a 490 metros.

*Edad:* La edad de la formación Los Cuervos, establecida palinológicamente, es Paleoceno (zonas B y C). La parte más superior equivale a la zona A del Eoceno Inferior (VAN DER HAMMEN, 1957 a y b).

### *Formación Mirador.*

*Nomenclatura:* El autor es desconocido para nosotros. KUYL c. s. (1955) nombran a LIDDLE (1946) como autor. Pero lo emplean NOTESTEIN c. s. (1944), como nombre en uso desde hace veinticinco años.

*Localidad típica:* Cerro Mirador, Distrito de Colón, Venezuela. Para Colombia tomamos como localidad típica los afloramientos en el domo de La Esperanza al N W de Sardinata.

*Descripción:* La formación Mirador está compuesta por areniscas, en parte conglomeráceas. Una intercalación de lutitas con algo de carbón se encuentra frecuentemente en la parte alta dividiendo la formación en un miembro inferior (la mayoría), y uno superior. Se encuentran con cierta frecuencia lentes o mantos de carbón repartidos por toda la formación. El espesor total varía de 160 a 450 metros.

*Edad:* La edad de la parte inferior de la formación Mirador fue establecida palinológicamente como Eoceno Inferior, y la parte más superior como Eoceno Medio (VAN DER HAMMEN, 1957 a y b).

*Correlación:* La formación Mirador corresponde a la formación de La Paz del Valle Medio del Magdalena y a la formación de Hoyón más el Gualanday Inferior del Valle Superior.

### ***Formación Carbonera.***

*Nomenclatura:* NOTESTEIN c. s., 1944.

*Localidad típica:* Quebrada Carbonera, afluente del río Zulia.

*Descripción:* La formación consiste en una serie bastante gruesa de lutitas en parte arenosas, con cantidades variadas de areniscas asociadas. Hay carbón sobre todo en la parte baja y en la parte alta. El color de las arcillas es predominantemente gris y a veces gris verdoso, pero frecuentemente tiene manchas rojas y amarillas. Las areniscas son muchas veces algo arcillosas. El espesor varía de 400 a 720 metros. La presencia de glauconita en algunos sitios y un horizonte de fósiles cerca a Cúcuta indican facies de invasión marina.

*Edad:* Palinológicamente se estableció la edad de la parte inferior como Eoceno Superior, y de la parte superior como Oligoceno Inferior (VAN DER HAMMEN, 1957 a y b).

### ***Formación León.***

*Nomenclatura:* NOTESTEIN c. s. (1944) nombran a HEDBERG como autor.

*Localidad típica:* Quebrada León, afluente del río Zulia.

*Descripción:* La formación León está compuesta casi totalmente de lutitas (o esquistos arcillosos) grises y gris-verdosas. A veces se encuentra una serie de areniscas de unos 20 metros de espesor en la mitad de la formación. El espesor varía de 350 a 785 metros.

*Edad:* La edad de la formación de León es Oligoceno Medio. (VAN DER HAMMEN, 1957 a y b).

### *Formación Guayabo.*

*Nomenclatura:* NOTESTEIN c. s. (1944) nombran como autores "Geólogos de la Caribbean Petroleum Company". Nombre original: "Grupo del Guayabo".

*Localidad típica:* Cerro del Guayabo, Distrito de Colón, Venezuela. Como localidad típica para Colombia tomamos la sección en la quebrada León, aunque en este sitio falta la parte más superior.

*Descripción:* La formación de Guayabo está compuesta por areniscas, gredas y lutitas en parte arenosas, de colores gris y rojo manchado y hay algunos lentes de lignito. El espesor es de más de 800 metros.

*Edad:* La parte baja de la formación de Guayabo es de edad Oligoceno Superior. No se sabe con seguridad si la parte superior contiene ya Mioceno o no, por falta de material adecuado para análisis palinológicos. (Arch. Secc. Paleob.).

#### d) EL BORDE ORIENTAL DE LA CORDILLERA ORIENTAL

Poco se ha publicado sobre el borde oriental de la Cordillera Oriental. Estudiamos una sección en la región del Morro (río Cravo Sur, Casanare); otros datos o muestras se recibieron de HUBACH y de NELSON & KEIZER. La nomenclatura usada aquí es principalmente la de geólogos de la Shell, como también la mayoría de las localidades típicas.

### *Formación Arenisca de El Morro.*

*Nomenclatura:* VAN DER HAMMEN, 1957 b.

*Localidad típica:* Como localidad típica se considera el conjunto de areniscas a veces guijarrosas, que afloran en el eje del anticlinal al W de la población de El Morro en el cañón del río Cravo Sur.

*Descripción:* Esta formación consta de una sucesión de areniscas de grano medio hasta grueso de color predominantemente blanco, y en algunos horizontes contiene guijarros de cuarzo. En la parte media existen unas intercalaciones de esquistos arcillosos gris-oscuros con restos de plantas. El espesor es de más de 250 metros en El Morro.

*Edad:* Los análisis palinológicos de las lutitas en la mitad de la formación indican una edad: Maestrichtiano más superior. La parte inferior de la formación se considera como Maestrichtiano, y la parte superior debe ser Paleoceno Inferior (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* La parte inferior de la arenisca de El Morro corresponde a la formación de Guaduas del área de Sogamoso, y la parte superior a la formación de Socha Inferior de la región de Sogamoso y a la formación Barco del Catatumbo. Solamente la parte más baja del conjunto inferior podría corresponder a la "Arenisca Tierna" de la formación de Guadalupe de la Sabana de Bogotá.

### *Formación Arcillas de El Limbo.*

*Nomenclatura:* HUBACH, 1941 (Informe inédito Shell).

*Localidad típica:* Cerca al caserío El Limbo, 2 km. NW de El Morro, río Cravo Sur.

*Descripción:* Esta formación, que está delimitada abajo por la arenisca de El Morro y arriba por la arenisca de El Limbo, está compuesta por gredas y arcillas esquistosas de color gris y gris-verdoso con esquistos arcillosos grises, mantos de carbón, y en la parte baja algunos bancos de arenisca. El espesor en la región de El Morro es aproximadamente de 250 metros.

*Edad:* La edad de las arcillas de El Limbo establecida a base de análisis palinológicos corresponde al Paleoceno (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* Las arcillas de El Limbo corresponden palinológicamente con la formación Socha Superior de la región de Sogamoso, además con la parte superior de la formación de Lisama del Valle Medio del Magdalena y con la formación Los Cuervos del Catatumbo.

### *Formación Arenisca de El Limbo.*

*Nomenclatura:* HUBACH, 1941 (Informe inédito Shell).

*Localidad típica:* Cerca al caserío El Limbo, 2 km. NW de El Morro, río Cravo Sur.

*Descripción:* La formación llamada Arenisca de El Limbo es una sucesión de areniscas conglomeráceas sobre todo en la parte inferior. En la mitad puede haber una intercalación de areniscas arcillosas y de lutitas arenosas. El espesor en la región del Morro es aproximadamente de 270 metros.

*Edad:* La edad de la arenisca de El Limbo es Eoceno Inferior. En la parte superior podría incluir Eoceno Medio (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* La arenisca de El Limbo corresponde al Mirador del Catatumbo y a la formación de La Paz del Valle Medio del Magdalena.

### *Formación de San Fernando.*

*Nomenclatura:* O. RENZ, 1938 (Informe inédito Shell).

*Localidad típica:* Mesa de "Hernández" en la punta norte de la sierra de la Macarena.

*Descripción:* La formación de San Fernando consta de una serie de lutitas y arcillas esquistosas de color gris hasta gris-verdoso con intercalaciones de bancos y capas de areniscas, que se encuentran entre la arenisca de El Limbo y la base de la formación Diablo. La presencia de foraminíferos indica que había ingresiones de agua marina o salobre.

*Edad:* La edad, palinológicamente establecida, de la formación San Fernando, es Eoceno Superior y Oligoceno Inferior (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.).

### *Formación de Diablo.*

*Nomenclatura:* O. RENZ, 1938 (Informe inédito Shell).

*Localidad típica:* Domo de Turaba, río Cusiana.

*Descripción:* La facies de esta formación es semejante a la de San Fernando, con la diferencia de que hay más capas de arenisca. La formación principia en general con un conjunto de areniscas con intercalaciones de lutitas y termina donde empiezan los conglomerados y areniscas de la formación Caja.

*Edad:* La edad palinológicamente establecida de la formación Diablo es Oligoceno Medio. La parte más alta puede ser ya de edad Oligoceno Superior (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* La formación Diablo se puede correlacionar palinológicamente con el conjunto superior de la formación Concentración (Región de Sogamoso), y con la parte superior de la formación de Usme. Corresponde también a la parte superior (excluyendo el conglomerado más superior) de la formación de Gualanday del Valle Superior del Magdalena.

### *Formación Caja.*

*Nomenclatura:* R. VALENCIA SAMPER, 1938 (Informe inédito Shell).

*Localidad típica:* Río Caja, al oeste del pueblo Tauramena.

*Descripción:* La formación Caja la componen areniscas y conglomerados con intercalaciones de gredas y arcillas esquistosas. Se encuentra encima de la formación de Diablo.

*Edad:* Faltan casi por completo datos palinológicos seguros. Muy probablemente la edad es Oligoceno Superior, y podría también incluir la parte más baja del Mioceno (Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* La formación Caja corresponde probablemente a la formación de Guayabo del Catatumbo.

## II — VALLE INTERANDINO DEL MAGDALENA

### a) VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA

Esta región comprende el Valle Interandino del Magdalena entre Honda y las cabeceras del río. Se tienen mejores conocimientos de la parte norte de esta región, entre Natagaima y Honda, especialmente por el mapa fotogeológico de H. C. RAASVELDT (1952).

### *Formación Guadalupe Superior.*

*Nomenclatura:* La nomenclatura se relaciona con la de la Sabana de Bogotá, donde se halla la misma subdivisión del Guadalupe como en la banda oriental del río Magdalena.

*Localidad típica:* Para esta región podemos considerar como localidad típica la sección de la carretera Girardot-Nariño descrita por H. BÜRGL (1954).

*Descripción:* Se trata aquí (en la banda oriental del Magdalena) de una serie de areniscas, en parte finamente conglomeráceas que pueden contener algo de cal. Hay a veces intercalaciones de lutitas. El espesor puede ser de varios cientos de metros.

*Edad:* La edad fue establecida por BÜRGL (1954) como Maestrichtiano Inferior (zona de *Siphogenerinoides bramlettei*).

*Correlación:* Se puede correlacionar, por lo menos en parte, la arenisca superior de la formación de Guadalupe del Valle Superior con la "Arenisca Tierna" de la formación Guadalupe de la Sabana de Bogotá.

### *Formación Cimarrona* (Conglomerados de Menal).

*Nomenclatura:* WASHBURNE & WHITE (1923).

*Localidad típica:* Carretera Honda-Guaduas, al lado N de la quebrada La Cimarrona.

*Descripción:* La formación Cimarrona es una serie de conglomerados calcáreos, calizas y areniscas de grano grueso que se encuentran encima de esquistos arcillosos del tipo Umir y debajo de arcillas esquistosas del tipo Guaduas en el extremo norte del Valle Superior (entre Cambao y Honda).

*Edad:* CAUDRI (1948 y 1950) describió foraminíferos grandes de edad Maestrichtiana de estos conglomerados, y PETERS (1955) menciona que contiene también la fauna de *Siphogenerinoides bramlettei*. La edad sería entonces: Maestrichtiano Inferior. El espesor es de unos 150 metros.

*Correlación:* Por lo dicho arriba hay poca duda de que los conglomerados de Menal corresponden a la "Arenisca Superior del Guadalupe" de más al Sur, y a la "Arenisca Tierna" de la Sabana de Bogotá. Hacia el Norte cambia rápidamente la facies y desaparece el conglomerado. El equivalente en tiempo del conglomerado y del Guaduas se encuentra en la parte Superior de la formación Umir del Valle Medio del Magdalena.

### *Formación de Guaduas.*

*Nomenclatura:* Véase arriba. RAASVELDT (1952) incluye en la formación de Guaduas, en su mapa fotogeológico de la región, las formaciones descritas aquí abajo como formación de Guaduas y formación de Lisama.

*Descripción:* La formación de Guaduas está limitada en esta región abajo por los conglomerados de Menal o por la Arenisca Superior de la

formación de Guadalupe, y arriba por una serie de tres (o dos) areniscas, en parte finamente conglomeráceas, frecuentemente de color verdoso y relativamente de poco espesor. Estas areniscas forman también el límite entre las arcillas predominantemente grises (abajo) y predominantemente rojas violáceas (arriba).

La formación de Guaduas es aquí una serie de gredas y arcillas esquistosas predominantemente grises, con intercalaciones de capas de arenisca de grano fino hasta medio y de color gris, rosada o verdosa, que tiene espesores de 2 a 6 metros. El espesor de la formación puede ser de más de 300 metros en el Norte, pero se vuelve aparentemente más delgado hacia el Sur (Girardot, etc.).

*Edad:* Palinológicamente se ha podido establecer la edad de la formación Guaduas en esta región como Maestrichtiano (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* La formación de Guaduas, como arriba está definida, corresponde a la formación de Guaduas del área de Sogamoso, y a la formación de Guaduas (excl. la parte alta del conjunto superior) de la Sabana de Bogotá. Corresponde también a la parte superior de la formación de Umir del Valle Medio.

### *Formación de Lisama.*

*Nomenclatura:* Véase Valle Medio. Aplicamos este nombre a la parte superior de la serie llamada Guaduas por RAASVELDT (1952). Hay que anotar que la facies es algo distinta de la facies del Lisama del Valle Medio; no obstante preferimos usar este nombre en vez de recargar la nomenclatura estratigráfica con otro nuevo.

*Descripción:* La formación de Lisama está limitada en el Valle Superior abajo por la base de la serie de areniscas frecuentemente verdes, en parte finamente conglomeráceas y relativamente de poco espesor, ya mencionadas, y arriba por las areniscas y conglomerados de la formación de Hoyón o, si éstos faltan, por el conglomerado inferior de la formación de Gualanday.

Fuera de las areniscas inferiores, la formación consiste principalmente de gredas y lutitas de color rojo-violáceo. El espesor puede ser de 500 metros.

*Edad:* La edad de la formación Lisama, establecida palinológicamente, es Paleoceno (VAN DER HAMMEN, 1954 a; 1957 a y b).

*Correlación:* La formación de Lisama del Valle Superior corresponde con la misma formación Lisama del Valle Medio del Magdalena, con la formación Socha (Inferior y Superior) del área de Sogamoso, con las formaciones Barco y Los Cuervos (excluyendo la parte más superior) del Catatumbo, y con la parte alta del Guaduas Superior y la parte inferior de la formación de Bogotá de la Sabana de Bogotá

### *Formación de Hoyón.*

*Nomenclatura:* HUBACH, inédito (RAASVELDT, 1952; VAN DER HAMMEN, 1957 b).

*Localidad típica:* En la quebrada Chaguaní, arriba y abajo de la desembocadura de la quebrada Hoyón.

*Descripción:* La formación de Hoyón es una serie de conglomerados y areniscas con intercalaciones de arcillas y lutitas rojas violáceas que se encuentran entre las arcillas de la formación de Lisama y el conglomerado inferior de la formación de Gualanday. Los conglomerados y areniscas son en general de color verdoso, y las arcillas y lutitas de color rojo-violáceo; escasamente se encuentran lutitas gris-oscuras. Los conglomerados contienen principalmente guijarros de cuarzo y de lidita. Se encuentran también troncos de árboles silicificados. El espesor en la localidad típica es de unos 600 metros. La formación de Hoyón sólo se ha encontrado en el sinclinal de Guaduas, entre Pulí y La Paz. En el flanco este del sinclinal la parte superior contiene más arcillas, y por esta razón se deja separar fácilmente de los conglomerados inferiores del Gualanday. Pero en el flanco occidental no existe un límite muy claro entre las dos formaciones.

*Edad:* La edad de la formación de Hoyón, según datos palinológicos, es Eoceno Inferior (VAN DER HAMMEN, 1957 b y Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* La formación de Hoyón corresponde probablemente a la parte superior de la formación Bogotá. La formación de Hoyón, junto con el conglomerado inferior de la formación Gualanday, corresponde a la formación de La Paz del Valle Medio del Magdalena y también a la formación Mirador del Catatumbo.

### *Formación de Gualanday.*

*Nomenclatura:* R. SCHEIBE (1933).

*Localidad típica:* Cerca al pueblo de Gualanday (Tolima).

*Descripción:* La formación de Gualanday está limitada abajo por la base de su propio conglomerado inferior, y arriba por el tope de su conglomerado superior. Está entre las formaciones Hoyón (o si ésta falta: Guaduas) y La Cira.

Contiene la formación conglomerados, en general bastante gruesos, areniscas y gredas y arcillas esquistosas predominantemente rojas-violáceas.

Hay tres horizontes guías en la formación: el conglomerado inferior, una arenisca (o una serie de areniscas) de espesor relativamente grande en la mitad, y el conglomerado superior.

En la parte inferior de la formación (entre el conglomerado inferior y la arenisca de la mitad) dominan más las gredas y lutitas mientras que en la parte superior (entre la arenisca de la mitad y el conglomerado superior) son más frecuentes las areniscas.

Discordancias o inconformidades pueden existir entre el conglomerado inferior y el Hoyón o la formación Lisama, debajo de la arenisca de la mitad y debajo del conglomerado superior (véase RAASVELDT, 1952).

En el flanco este del sinclinal de Guaduas, en la carretera de Dindal a Caparrapí, se puede ver que los conglomerados gruesos y rojos del Sur están cortados por una serie de areniscas verdosas y conglomerados más finos (Norte).

El espesor puede ser de unos 750 metros, pero varía bastante y puede llegar a valores muy superiores.

*Edad:* La edad del conglomerado inferior es probablemente Eoceno Medio, pero donde falta la formación de Hoyón, la edad no se puede establecer más exactamente que del Eoceno Inferior y Medio (VAN DER HAMMEN, 1957 b).

La edad del Gualanday Medio (comprendido entre el conglomerado inferior y el superior) es de edad Eoceno Superior, Oligoceno Inferior y Oligoceno Medio. La edad del conglomerado Superior corresponde (por lo menos en parte) al Oligoceno Superior.

*Correlación:* La formación de Gualanday (excluyendo la parte alta) corresponde palinológicamente a la formación de Usme de la región de Bogotá.

### *Formación de La Cira.*

*Nomenclatura:* Aunque ese nombre fue dado originalmente al horizonte de fósiles que se encuentra en el Valle Medio en la parte superior de la formación Colorado, se ha venido usando en el Valle Superior para toda la formación que allí se encuentra entre el Gualanday y el Honda. Véase por ejemplo RAASVELDT, 1952.

*Descripción:* La formación de La Cira está limitada abajo por el conglomerado superior de la formación de Gualanday, y arriba por los conglomerados y areniscas de la formación de Honda.

La formación consiste de una serie monótona de areniscas, arcillas y lutitas, frecuentemente con restos de plantas y con el conocido horizonte de fósiles (caliza de agua dulce); tiene algunos mantos de carbón en la región de La Dorada.

*Edad:* A base de datos palinológicos (y también a base de datos paleozoológicos) consideramos la edad de la formación de La Cira como Oligoceno Superior (VAN DER HAMMEN, 1957 a).

*Correlación:* La formación de La Cira del Valle Superior del Magdalena (más el conglomerado más superior del Gualanday) corresponde probablemente a la formación Caja del Piedemonte oriental de la Cordillera Oriental y a la formación Guayabo del Catatumbo (o por lo menos con la parte inferior de estas formaciones), y a la formación Colorado (incluyendo el horizonte fosilífero de La Cira) del Valle Medio del Magdalena.

También corresponde a los conjuntos medio y superior de la formación carbonífera de Antioquia (Occidente Andino).

### *Formación de Honda.*

*Nomenclatura:* HETTNER (1892).

*Localidad típica:* Cerca de la ciudad de Honda.

*Descripción:* La formación de Honda se encuentra encima de la formación de La Cira, y es la última formación que sufrió plegamiento de importancia. En general la formación empieza con una serie de conglomerados. Una característica importante es la presencia de material volcánico. Los colores predominantes son gris y verdoso, pero existen también arcillas manchadas de rojo en la parte superior. El espesor total puede ser de varios miles de metros.

*Edad:* La edad de la formación de Honda, según las ricas faunas de vertebrados encontradas en ella, es Mioceno (STIRTON, 1953).

*Correlación:* La formación de Honda debe corresponder al grupo de Combia del Valle Interandino del Cauca.

### *Formación Mesa.*

*Nomenclatura:* WEISKE (1926).

*Localidad típica:* Al oeste de la ciudad de Honda.

*Descripción:* La formación Mesa es una serie de estratos horizontales que se encuentran discordantemente sobre las formaciones más antiguas. Consiste en una serie de conglomerados y areniscas poco consolidadas y tobas andesíticas.

*Edad:* La edad de la formación Mesa probablemente es Plioceno, pero faltan por completo datos palinológicos y paleozoológicos.

*Correlación:* La formación Mesa corresponde probablemente a la formación Tilatá de la Sabana de Bogotá y a la formación de Popayán del Valle del Cauca.

#### b) VALLE MEDIO DEL RIO MAGDALENA

El Valle Medio del río Magdalena comprende la parte de este valle entre Honda y El Banco. La región ha sido especialmente estudiada por las compañías petroleras, por los abundantes y ricos yacimientos petrolíferos. Muchos datos se encuentran en MORALES c. s. (1955), de donde tomamos los datos sobre la nomenclatura. En toda la región se presentan fuertes cambios de facies que hacen difícil la correlación de las formaciones de los grupos Chorro y Chuspas de un sitio a otro y la determinación de edad exacta de esas formaciones.

### *Formación de Umir.*

*Nomenclatura:* L. G. HUNTLEY (1917) usó por primera vez el nombre, pero incluyó también la formación de Lisama. T. A. LINK (1925, sin

publicar) lo volvió a definir excluyendo la formación de Lisama (MORALES c. s. 1955).

*Localidad típica:* Quebrada de Umir, a 3 km. al oeste del cerro de Umir.

*Descripción:* La parte inferior de la formación de Umir (LINK) consiste de esquistos arcillosos gris-oscuros con capitas limoníticas delgadas. La parte superior está formada también de esquistos arcillosos gris-oscuros, pero con bancos y mantos de carbón e intercalaciones de areniscas de grano muy fino. El espesor es aproximadamente de 1.000 metros.

*Edad:* La edad de la parte inferior de la formación de Umir es Campaniano (Zona de *Siphogenerinoides cretácea*) y de la parte superior Maestrichtiano (Zona de *Siphogenerinoides bramlettei* y de *Ammobaculites colombianus*). (Para la correlación de datos paleozoológicos y palinológicos véase VAN DER HAMMEN, 1954 a; 1957 a y b).

*Correlación:* Palinológicamente la parte superior de la formación Umir corresponde a la formación de Guaduas (no incluyendo la parte alta del Guaduas Superior) de la Sabana de Bogotá, y a la formación de Guaduas de la región de Sogamoso y del Valle Superior del río Magdalena.

### ***Formación de Lisama.***

*Nomenclatura:* T. A. LINK, 1925, informe no publicado (MORALES c. s., 1955).

*Localidad típica:* En la quebrada Lisama, afluente del río Sogamoso.

*Descripción:* La formación de Lisama consiste de arcillas y lutitas rojas, carmelitas o grises, con intercalaciones de areniscas de grano medio hasta fino y algunos mantos de carbón. En la base se encuentra en general un conjunto de areniscas de aproximadamente 150 metros de espesor, con intercalaciones de lutitas.

La formación está delimitada abajo por las lutitas de la formación Umir, y arriba por las areniscas de la formación de La Paz (localmente por la "formación Toro"). El espesor es de 1.000 hasta 1.225 metros.

*Edad:* Palinológicamente se ha establecido la edad como Paleoceno (VAN DER HAMMEN, 1954 a; 1957 a y b).

*Correlación:* La formación de Lisama corresponde palinológicamente a la formación de Lisama del Valle Superior, a la formación de Socha Inferior y Superior de la región de Sogamoso, a las formaciones Barco y Los Cuervos (no incluyendo la parte más alta) del Catatumbo y a la parte alta del Guaduas Superior más la parte inferior de la formación de Bogotá de la Sabana de Bogotá.

### ***Grupo Chorro.***

Este grupo incluye las formaciones La Paz (incluyendo la formación Toro) y Esmeraldas.

### *Formación de La Paz.*

*Nomenclatura:* Geólogos de la Tropical Oil Company (1920). Publicado por WHEELER, 1935.

*Localidad típica:* En la angostura del río Lebrija, abajo de Vanegas, en el ferrocarril de Puerto Wilches.

*Descripción:* La formación de La Paz consiste de una serie de areniscas conglomeráceas macizas con estratificación cruzada de color gris claro. En las dos terceras partes inferiores hay algunas intercalaciones de lutitas grises.

El espesor de la formación es aproximadamente de 1.000 metros, pero varía mucho. En algunas partes hay una disconformidad entre la formación La Paz y la formación Lisama.

Inmediatamente debajo de la formación se encuentran localmente lutitas alteradas de color gris-claro o blanco, llamadas formación Toro por W. W. WARING (1931) (MORALES c. s., 1955).

*Edad:* La edad de la formación de La Paz se pudo establecer palinológicamente en varias muestras, provenientes de la parte baja, como Eoceno Inferior. En su parte superior la formación La Paz podría incluir Eoceno Medio. (VAN DER HAMMEN, 1957 b y c.).

*Correlación:* La formación de La Paz corresponde a la formación Mirador del Catatumbo. Es bien posible que la "formación Toro" corresponda a la parte más superior (eocena) de la formación Los Cuervos del Catatumbo.

### *Formación Esmeraldas.*

*Nomenclatura:* Geólogos del Gulf Oil Company. Publicado por WHEELER (1925).

*Localidad típica:* La Esmeralda en el río Sogamoso.

*Descripción:* La formación Esmeraldas entre la arenisca de La Paz y las lutitas de la formación Mugrosa está formada por areniscas de estratificación delgada, micáceas y de grano fino, de color gris claro hasta verdoso, con intercalaciones de lutitas gris oscuro o manchas rojo-violáceo, con algunos bancos delgados de lignito. El espesor en la localidad típica es de unos 1.200 metros.

*Edad:* La edad de la parte inferior de la formación Esmeraldas, palinológicamente establecida, es Eoceno Superior (VAN DER HAMMEN, 1957 b; Arch. Secc. Paleob.). En su parte más baja podría incluir algo del Eoceno Medio y en la parte superior localmente la zona A del Oligoceno Inferior. La edad de la fauna presente en el horizonte de fósiles "Los Corros" en la parte alta de la formación fue determinada como probablemente Eoceno Superior por PILSBRY & OLSSON (1935).

*Correlación:* La parte inferior de la formación Esmeraldas corresponde palinológicamente a la parte inferior de la formación Carboneras del Catatumbo.

### *Grupo de Chuspas.*

Este grupo contiene las formaciones Mugrosa y Colorado.

### *Formación Mugrosa.*

*Nomenclatura:* WHEELER, 1935.

*Localidad típica:* En la quebrada Mugrosa.

*Descripción:* La formación Mugrosa está limitada abajo por el horizonte de fósiles de Los Corros y arriba incluye el horizonte de fósiles de La Mugrosa. La parte inferior de la formación consiste de arcillas duras y lutitas de color azul y carmelita manchada, con pocas intercalaciones de bancos de arenisca de grano fino. La parte superior de la formación consiste de areniscas de grano fino hasta grueso, ocasionalmente conglomeráceas, de color gris, con intercalaciones de lutitas manchadas. El espesor varía de 800 hasta 2.000 metros. Puede haber una inconformidad entre la formación Mugrosa y la formación Esmeraldas.

*Edad:* PILSBRY & OLSSON (en WHEELER, 1935) determinaron la edad del horizonte de fósiles en el tope de la formación Mugrosa como Oligoceno Medio. De algunos datos palinológicos y por comparación de la sucesión estratigráfica con otras secciones, parece que la parte inferior es de edad Oligoceno Inferior, y la parte superior, Oligoceno Medio (Arch. Secc. Paleob.).

### *Formación Colorado.*

*Nomenclatura:* A. K. GILL (1929); publicado por WHEELER, 1935.

*Localidad típica:* En el río Colorado.

*Descripción:* La formación Colorado, entre el tope del horizonte de fósiles Mugrosa y el tope del horizonte de fósiles La Cira, está formado por esquistos arcillosos, de color frecuentemente rojo, alternado con areniscas de grano grueso y conglomeráceo. En la parte superior se encuentra el horizonte de fósiles La Cira, que contiene esquistos arcillosos carbonáceos.

*Edad:* PILSBRY & OLSSON (en WHEELER, 1935) determinaron la edad del horizonte de fósiles, como Oligoceno Superior hasta Mioceno Inferior. Algunos análisis palinológicos de La Cira y de la parte superior de la formación indican una edad Oligoceno Superior (VAN DER HAMMEN, 1957 c; Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* La formación Colorado corresponde a la formación La Cira (más el Gualanday Superior) del Valle Superior del Magdalena y a la mayor parte de la formación Carbonífera de Antioquia.

### *Formación Real.*

*Nomenclatura:* Nombre publicado como grupo Real por WHEELER (1935).

*Localidad típica:* 2 km. W de la quebrada Real, en la estación triangular Bandera Real, un poco al N del río Opón.

*Descripción:* La formación empieza en general con un conglomerado con guijarros de lidita y cuarzo, con una serie gruesa de areniscas conglomeráceas con intercalaciones de arcillas pizarrosas grises, azules y manchadas encima. Siguen para arriba alternando series gruesas de arcillas pizarrosas grises y rojas manchadas con bancos delgados de areniscas y series de areniscas en parte conglomeráceas. Característica es la presencia de cantidades relativamente grandes de hornblenda y augita. El espesor total es probablemente de unos 3.600 metros. Hay regionalmente una inconformidad bien marcada entre las formaciones Real y Colorado.

*Edad:* Los fósiles encontrados en la formación Real (vertebrados y moluscos) indican en general una edad miocena (STIRTON, 1953; BÜRGL, información verbal, etc.).

*Correlación:* La formación Real corresponde sin duda a la formación de Honda del Valle Superior del Magdalena.

### *Formación Mesa.*

Véase la descripción en el párrafo sobre el Valle Superior del Magdalena.

#### c) VALLE DEL RIO CESAR

El Valle del río Cesar forma parte del Valle Interandino del Magdalena (HUBACH) como unidad geológica.

### *Formación Umir (Molino).*

*Nomenclatura:* Usamos aquí el nombre de formación Umir, ya que la correlación con el Valle medio es segura. Geólogos de la International Petroleum Company usan el nombre de formación Molino.

*Localidad típica:* Véase Valle Medio.

*Descripción:* La formación Umir (LINK) consiste en esta región de lutitas y arcillas pizarrosas de colores gris, carmelito y negro, en parte arenosas, con escasas intercalaciones de bancos de arenisca. En parte las lutitas son calcáreas, especialmente en la parte inferior.

*Edad:* La parte superior de la formación corresponde al Maestrichtiano; la parte inferior probablemente al Campaniano.

### *Formación Hato Nuevo.*

*Nomenclatura:* NOTESTEIN (1929), informe sin publicar.

*Localidad típica:* Cerca al caserío Hato Nuevo.

*Descripción:* La formación Hato Nuevo consiste de lutitas en parte arenosas de color predominantemente gris, con intercalaciones de calizas y algunas areniscas.

*Edad:* Al otro lado de la frontera (en Venezuela) encontraron foraminíferos de edad paleocena en el equivalente de la formación Hato Nuevo. Además, la formación contiene la típica asociación paleocena de polen (VAN DER HAMMEN, 1957 a y b).

*Correlación:* Palinológicamente la formación Hato Nuevo corresponde a la formación de Lisama del Valle Superior y Medio del Magdalena.

### *Formación de Cerrejón.*

*Nomenclatura:* Probablemente NOTESTEIN (1929), informe sin publicar.

*Localidad típica:* Cerca al pueblo Cerrejón.

*Descripción:* La formación de Cerrejón está formada por lutitas frecuentemente arenosas y carbonáceas con intercalaciones de areniscas y muchos mantos de carbón. En la parte superior hay un horizonte de conglomerados.

*Edad:* Palinológicamente la edad de la parte inferior fue establecida como Eoceno Inferior. Encima hay todavía Eoceno Medio y Superior.

*Correlación:* La parte inferior de la formación de Cerrejón corresponde palinológicamente a la formación Mirador del Catatumbo. También debe corresponder a la formación La Paz del Valle Medio del Magdalena (Arch. Secc. Paleob.).

## III — VALLE INTERANDINO DEL CAUCA

Esta región fue especialmente investigada por GROSSE (1926 y 1930), HUBACH & ALVARADO (1934) y recientemente por RAASVELDT & KEIZER (1954 a y b; 1955 - 1956) y NELSON (1957).

Después de que fue elaborada detalladamente la correlación palinológica de las mejores secciones geológicas del Departamento del Valle, KEIZER, NELSON & VAN DER HAMMEN (1955, inédito) establecieron una nomenclatura, basada en parte en los nombres de GROSSE y de HUBACH & ALVARADO. Esta nomenclatura puede ser empleada igualmente en la cuenca del Patía y en Antioquia.

En las descripciones siguientes usaremos esa nomenclatura para el Valle Caucaño. Para Antioquia y la cuenca del río Patía indicaremos los antiguos nombres usados por GROSSE y su correlación con la nueva nomenclatura.

## a) VALLE - CAUCA

Esta región comprende el Departamento del Valle y la parte norte del Departamento del Cauca, entre las cordilleras Central y Occidental.

***Grupo Diabásico.***

El Grupo Diabásico se puede dividir en dos partes. La parte superior, que consiste en una serie de bastante espesor de diabasas con intercalaciones de liditas (la formación de San Antonio), es de edad Cretáceo Superior. Es muy probable, aunque no se ha podido probar todavía, que la parte más superior de la formación San Antonio incluye derrames de diabasas del Maestrichtiano.

***Formación de Nogales.***

*Nomenclatura:* KEIZER, NELSON & VAN DER HAMMEN (1955, inédito).

*Localidad típica:* En la quebrada Nogales.

*Descripción:* La formación de Nogales está formada en la localidad típica en su parte baja por areniscas arcósicas ("Grauvackes") y en su parte superior por rocas silicosas, calcáreas oscuras y en parte carbonáceas con el aspecto de liditas. Reposa sobre diabasas y su límite superior lo forma en otras partes la base de la formación del Cauca. La formación tiene un espesor de unos 400 metros.

*Edad:* En una muestra de la parte superior de la formación Nogales en la localidad típica encontramos algunos granos de polen, que indican una edad paleocena. (Arch. Secc. Paleob., resultado ya publicado en NELSON, 1957).

*Correlación:* La formación Nogales corresponde a una formación de liditas en Nariño (reposando sobre tobas diabásicas), en la cual H. BÜRGL encontró *Rzehakina epigona* (RZEHAK), un Foraminífero del Paleoceno.

***Grupo del Cauca.***

*Nomenclatura:* HUBACH & ALVARADO (1934).

El Grupo del Cauca está limitado abajo por la formación Nogales, o, si ésta falta, por el Grupo Diabásico (la formación de San Antonio), y arriba por los sedimentos con material volcánico del grupo de Combia.

Se puede dividir el Grupo del Cauca en tres formaciones: Cauca Inferior, Medio y Superior (KEIZER, NELSON & VAN DER HAMMEN, 1955, inédito).

### *Formación Cauca Inferior.*

Miembros: Ampudia y La Cima.

*Nomenclatura:* KEIZER, NELSON & VAN DER HAMMEN (1955, inédito).

*Localidad típica:* Miembro de Ampudia: Alrededores del Caserío Ampudia; Miembro de La Cima: Cuchillo de La Cima, al W de Timba.

*Descripción:* El Miembro de Ampudia consiste en una serie de areniscas en parte conglomeráceas y arcillas predominantemente rojas que puede tener un conglomerado grueso en la base. Encima de esta serie está el miembro de La Cima, una arenisca gruesa y relativamente maciza.

En la región W-NW de Timba (Valle) la formación Cauca Inferior tiene un espesor total de 600 metros (Ampudia 450 metros y La Cima 150 metros).

*Edad:* Análisis palinológicos de muestras de carbón inmediatamente debajo de la arenisca de La Cima en la región de Cali indican una edad Eoceno Medio. Comparando la litología con la del Oriente Andino y con ayuda de este dato, se puede asegurar que la parte inferior de la formación es de edad Eoceno Inferior, y la parte superior, Eoceno Medio (Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* La formación Cauca Inferior corresponde a la formación Mirador del Catatumbo.

### *Formación Cauca Medio.*

Miembros: Timba y La Rampla.

*Nomenclatura:* KEIZER, NELSON & VAN DER HAMMEN (1955, inédito).

*Localidad típica:* Miembro de Timba: al W de Timba, en los alrededores de las "Hulleras de Timba", al E de la cuchilla de La Cima. Miembro de La Rampla: al S del río Guachinte, al E y W de la desembocadura de la quebrada La Rampla.

*Descripción:* La formación Cauca Medio está limitada abajo por la arenisca de La Cima, y arriba, por los conglomerados de cuarzo del miembro de Suárez de la formación Cauca Superior. El miembro inferior, el de Timba, consiste de arcillas duras o lutitas de color gris y gris-azuloso con algunas intercalaciones de areniscas blancas y con mantos de carbón. En la mitad, en la región de Timba, hay una arenisca de 15 a 35 metros de espesor con un horizonte con fósiles marinos a poca distancia encima.

El miembro superior, el de La Rampla, empieza con una arenisca finamente conglomerácea de 15 a 30 metros de espesor. Siguen para arriba arcillas arenosas duras hasta esquistosas de color gris-carmelitosa con intercalaciones de arenisca del mismo color.

El espesor total de la formación Cauca Medio es de 700 metros en la región de Timba (miembro de Timba, 370 metros, y miembro de La Rampla, 330 metros).

*Edad:* La edad de la formación Cauca Medio fue establecida palinológicamente como Eoceno Superior hasta Oligoceno Medio.

La parte inferior del miembro de Timba es Eoceno Superior, y la parte superior, Oligoceno Inferior. El miembro de La Rampla es de edad Oligoceno Medio. La edad del horizonte de fósiles no se ha podido establecer todavía paleozoológicamente. Palinológicamente este horizonte está en la parte baja del Oligoceno Inferior (VAN DER HAMMEN, 1957 a y Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* La formación Cauca Medio corresponde palinológicamente a las formaciones Carbonera y León del Catatumbo. La posición del horizonte de fósiles marinos corresponde casi exactamente a un horizonte del mismo carácter en la formación Carbonera. Corresponde también a la formación de Usme (no incluyendo la arenisca de La Regadera), y a esta parte de la formación Gualanday que queda entre el conglomerado inferior y el conglomerado superior.

En el Valle caucano la formación Cauca Medio (o una parte de ella) corresponde también a la formación de Vijes.

### *Formación de Vijes.*

*Nomenclatura:* KEIZER, NELSON & VAN DER HAMMEN (1955, inédito).

*Localidad típica:* En el pequeño sinclinal al SW de Vijes.

*Descripción:* La formación de Vijes consiste en una serie de calizas y calizas arenosas que se encuentran inmediatamente encima de las diabasas de la parte superior del Grupo Diabásico (o encima de unos derrames de riolita).

*Edad:* La edad establecida paleontológicamente por BÜRGL es Oligoceno, y de la parte superior, Oligoceno Medio. Probablemente la edad de la parte inferior es Oligoceno Inferior.

*Correlación:* Según la edad establecida paleontológicamente la formación de Vijes debe corresponder al miembro de Timba (por lo menos a su parte superior), y al miembro de La Rampla, de la formación Cauca Medio. El horizonte marino en la mitad del miembro de Timba podría corresponder más o menos a la base de la formación de Vijes.

La formación de Vijes parece corresponder también a una serie de calizas y arcillas de edad Eoceno-Oligoceno del Valle interandino del Pacífico.

### *Formación Cauca Superior.*

Miembros: Suárez, Patía y Cinta de Piedra.

*Nomenclatura:* KEIZER, NELSON & VAN DER HAMMEN (1955, inédito). El nombre de Cinta de Piedra fue introducido por HUBACH & ALVARADO (1934).

*Localidad típica:* Miembro de Suárez: en el río Cauca cerca al pueblo de Suárez. Miembro del Patía: hacienda Las Mercedes al SW de Quilcasé. Miembro de Cinta de Piedra: Serranía de Santa Bárbara al NW de Zarzal.

*Descripción:* El miembro inferior, el de Suárez, consiste en una serie de dos o tres conglomerados de cuarzo, con intercalaciones de arcillas

duras o lutitas de color gris-azuloso. El espesor en la región de Timba es de unos 250 metros.

El miembro medio, el del Patía, consiste en una serie de arcillas duras o lutitas con mantos de carbón. Puede contener también capas de arenisca de color blanco. El espesor es probablemente de unos 150 metros en la región de Timba, pero podría tener algo más. El límite con el miembro superior es gradual. Este límite puede contener también un horizonte con fósiles marinos. El miembro superior, Cinta de Piedra, consiste de una serie de areniscas verdosas hasta carmelita-rojizo, con intercalaciones de arcillas duras hasta esquistosas. Este miembro se encuentra bien expuesto al SW de Sevilla (Valle) y allá es transgresiva sobre el Grupo Diabásico.

La formación Cauca Superior en su totalidad está limitada abajo por la base de los conglomerados de Suárez, y arriba, por las tobas volcánicas de la parte inferior de la formación de La Paila.

### *Grupo de Combia.*

*Nomenclatura:* GROSSE, 1926.

*Localidad típica:* Véase más adelante.

Este grupo, que está caracterizado en general por la presencia de material volcánico, se divide aquí en dos formaciones: la formación de La Paila y la formación Galeón (KEIZER, NELSON & VAN DER HAMMEN, 1955, inédito). La presencia de la formación Galeón no se ha podido probar en el Departamento del Valle, pero ocupa extensiones bastante grandes en la cuenca del Patía.

### *Formación de La Paila.*

*Nomenclatura:* KEIZER, NELSON & VAN DER HAMMEN (1955, inédito).

*Localidad típica:* La Paila, al W de Sevilla.

*Descripción:* En la localidad típica la parte inferior de la formación La Paila consiste principalmente de tobas volcánicas (200 metros).

La parte superior consiste de conglomerados y arenas sueltas, con algunas intercalaciones de arcillas duras y casualmente un lecho de lignito (400 metros).

*Edad:* La edad de la formación de La Paila, según datos palinológicos, es Mioceno (Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* La formación de La Paila (y probablemente todo el grupo de Combia) corresponde a la formación de Honda del Valle del Magdalena.

### *Formación de Zarzal.*

*Nomenclatura:* KEIZER, NELSON & VAN DER HAMMEN (1955, inédito).

*Localidad típica:* Al E y NE de Zarzal.

*Descripción:* Esta formación consta de diatomitas, arcillas y arenas tobáceas. Sólo sufrió dislocaciones de poca importancia, y reposa con una inconformidad sobre la formación La Paila.

*Edad:* La edad de la formación de Zarzal es probablemente Plioceno, aunque no existen datos palinológicos.

#### b) CALDAS - ANTIOQUIA

La región de Antioquia fue especialmente investigada por GROSSE (1926). En Caldas las condiciones estratigráficas son casi idénticas a las de Antioquia (VAN DER HAMMEN, 1953). Describimos aquí las formaciones bajo los nombres de GROSSE, para después dar su correlación con la nomenclatura general.

#### *Formación de Antioquia.*

*Nomenclatura:* GROSSE (1926).

*Localidad típica:* Departamento de Antioquia; no fue indicada por el autor del nombre.

*Descripción:* El conjunto inferior consiste de una serie de conglomerados y areniscas con intercalaciones de arcillas esquistosas. A veces puede tener unos mantos de carbón.

El conjunto medio, o productivo, consiste de areniscas blancas con intercalaciones de arcillas esquistosas y mantos de carbón. El conjunto superior consiste de areniscas verdosas hasta carmelitosas-rojizas, con intercalaciones de arcillas duras y esquistosas. El conjunto puede tener uno o varios mantos delgados de carbón.

*Edad:* La edad fue establecida palinológicamente como Oligoceno Superior. La parte más alta del conjunto superior corresponde ya al Mioceno más Inferior (VAN DER HAMMEN, 1957 a y Arch. Secc. Paleob.).

*Correlación:* La formación de Antioquia corresponde a la formación Cauca Superior. El conjunto inferior corresponde al miembro de Suárez, el conjunto medio al miembro del Patía, y el conjunto superior, al miembro de Cinta de Piedra.

#### *Formación de Combia.*

*Nomenclatura:* GROSSE (1926).

*Localidad típica:* Alto de Combia.

*Descripción:* La formación de Combia consta en Antioquia de una serie de conglomerados, tobas volcánicas y derrames andesíticos.

*Edad:* La edad de la formación de Combia es con toda probabilidad Mioceno.

*Correlación:* La formación de Combia en Antioquia corresponde al Grupo de Combia del Valle Caucaño, aunque no se sabe si la parte superior de dicho grupo (formación del Galeón) está presente en Antioquia o no.

## e) CUENCA DEL PATIA

La cuenca del Patía fue investigada especialmente por GROSSE (1930) y después por KEIZER (inédito).

Citamos aquí las unidades estratigráficas bajo los nombres de GROSSE, dando después su correlación con la estratigrafía del Valle Caucano.

*Eoterciario.*

El "Eoterciario" de GROSSE corresponde palinológicamente con los miembros de Suárez y del Patía de la formación Cauca Superior (Arch. Secc. Paleob.).

*Medioterciario.*

El "Medioterciario" de GROSSE corresponde al Miembro Cinta de Piedra de la formación Cauca Superior y a la formación La Paila del Grupo de Combia. El límite entre Cinta de Piedra y La Paila está marcado en la cuenca del Patía por un horizonte de conglomerados de lidita, en la mitad del "Medioterciario" (Arch. Secc. Paleob.).

*Neoterciario.*

El "Neoterciario" es una formación típicamente "Sintectónica". Le dimos el nombre de formación del Galeón.

*Formación del Galeón.*

*Nomenclatura:* KEIZER, NELSON y VAN DER HAMMEN (1955, inédito).

*Localidad típica:* Alto del Galeón al S de Quilcasé.

*Descripción:* La formación consiste principalmente de material volcánico, que se encuentra en parte concordantemente, pero en general discordante sobre la formación La Paila. Fue plegado todavía, pero menos que la formación La Paila.

*Edad:* La edad de la formación de Galeón es probablemente Mioceno Alto (¿Tortoniano + Mioceno Superior?).

*Formación de Popayán.*

*Nomenclatura:* GROSSE (1930).

*Localidad típica:* En el ascenso del ferrocarril del Pacífico, desde Suárez hacia Morales.

*Descripción:* La formación de Popayán consta de tobas volcánicas y aglomeráticas y de capas en veces potentes de cascajos. La formación fue sólo levemente afectada por el orogenismo y tiene carácter de abanicos.

*Edad:* La edad de la formación Popayán es posiblemente Plioceno, pero podría también representar en parte el Pleistoceno Inferior.

#### IV — VALLE INTERANDINO DEL PACIFICO

El Valle Interandino del Pacífico presenta en sus sedimentos sólo un ancho sinclinal. La geología es todavía poco conocida. Provisionalmente distinguimos las siguientes unidades estratigráficas:

##### *Grupo Diabásico.*

Parece que aquí los flujos (derrames) de diabasas pueden haber continuado hasta en el Paleoceno y el Eoceno Inferior. Pero no existen pruebas definitivas.

##### *Grupo del Pacífico.*

Se trata de una serie de sedimentos marinos en la cual abundan las calizas; además se presentan arcillas esquistosas y a veces areniscas de grano fino. Parece que la edad se extiende desde el Eoceno Superior hasta el Oligoceno Superior. La formación de Vijos del Valle corresponde en facies y edad a parte del Grupo del Pacífico. No conocemos el espesor de la formación, pero es probablemente entre 500 y 1.000 metros en algunas partes.

##### *Formación Naya.*

Consta de una serie de conglomerados, arcillas y lutitas frecuentemente con capitas de hojas de Dicotyledoneas (facies fluvial-limnética; se pueden presentar intercalaciones marinas salobres). La edad de la formación Naya, que reposa discordantemente sobre el Grupo del Pacífico, según fósiles marinos, corresponde al Mioceno. El espesor total de la formación es probablemente más de 2.000 metros.

##### *Formación Guapi.*

Se halla discordantemente encima de la formación Naya. La facies es muy semejante a la de la formación Naya. La edad se considera como Plioceno.

## V — LA COSTA DEL ATLANTICO

La facies de los sedimentos terciarios de los Departamentos de Bolívar y Atlántico es principalmente marina. Fueron entre otros estudiados por BÜRGL c. s. (1955) y BÜRGL (1956 y 1957).

Anteriormente hemos hablado de las diferencias de opinión sobre el límite Oligoceno-Mioceno en la región del Caribe. Seguiremos aquí la interpretación de BÜRGL. Tratándose de sedimentos marinos, no describiremos sino muy resumidamente las formaciones (las descripciones y determinaciones de edad son tomadas de BÜRGL, 1957).

### *Formación Luruaco o San Cayetano.*

*Descripción:* Esta formación consta de areniscas micaceas, argillolitas gris-verdosas y bancos delgados de conglomerados. Reposa disconformemente sobre el Cretáceo.

*Edad:* Paleoceno (Foraminíferos).

### *Formación de San Jacinto.*

*Descripción:* Esta formación contiene en su parte baja conglomerados y areniscas magnetíticas, cuarcitas y calizas de *Lithothamnium*, mientras en su parte alta consta predominantemente de arcillas llenas de foraminíferos.

*Edad:* Eoceno.

En la serranía de San Jerónimo se encuentran unos mantos de carbón en la arenisca que, en esta región, forma la parte superior de esta formación (BÜRGL, 1956). Análisis palinológicos de estos mantos parecen indicar que el horizonte de los mantos de carbón coincide con el límite Eoceno Superior-Oligoceno Inferior (Arch. Secc. Paleob.).

### *Formación El Pozo.*

*Descripción:* La formación El Pozo consta de una serie muy gruesa y uniforme de arcillas oscuras ricas en Foraminíferos; solamente en la parte alta se hallan areniscas y calizas con Lamelibranquios de agua dulce (en la base del Oligoceno Superior).

*Edad:* Oligoceno.

### *Formación Las Perdices.*

*Descripción:* La formación Las Perdices consta de una serie de arcillas con abundantes Foraminíferos y con algunos bancos de arenisca calcárea con Lamelibranquios. (Hay areniscas en la base de la formación).

*Edad:* Mioceno Inferior (Aquitaniense).

### *Grupo de Tubará.*

*Descripción:* El Grupo de Tubará está formado por una alternación rápida de areniscas calcáreas, arcillas y todos los grados de transición entre estos extremos. Las areniscas calcáreas contienen en abundancia conchas de Lamelibranquios y Gasterópodos. Se encuentra una serie de areniscas en la base.

*Edad:* Mioceno Medio-Superior.

### *Formación La Popa.*

*Descripción:* Esta formación empieza con arcillas macizas que pasan gradualmente hacia arriba en calizas arrecifales.

*Edad:* Plioceno.

## CONCLUSIONES ESTRATIGRAFICAS GENERALES

(Véanse las Planchas I, II, III, IV, VI y VII).

### *Maestrichtiano.*

El Maestrichtiano principia en varias partes del Oriente Andino con un hiato o con una discordancia. La parte más inferior del Maestrichtiano está formada por lutitas marinas con foraminíferos. Sigue inmediatamente encima una arenisca a veces calcárea o conglomerácea de espesor bastante variable, que puede ser marina o de agua dulce, y después, una serie de lutitas con bancos o capas de arenisca y mantos de carbón, hasta el principio del Paleoceno. Puede haber una segunda discordancia o hiato entre la "Arenisca Tierna" del Guadalupe Superior (la arenisca mencionada arriba) y la formación Guaduas. Sólo en el Valle Medio del río Magdalena, en el Valle del Cesar y en el Catatumbo, falta la arenisca, o sólo está desarrollada débilmente, y sigue la facies marina o salobre muchas veces hasta el fin o casi hasta el fin del Maestrichtiano.

Sólo en el borde oriental de la Cordillera Oriental parece estar desarrollado casi todo el Maestrichtiano en facies arenosa, aunque lo mismo podría ser el caso en algunas partes en el flanco oriental de la Cordillera Central. En general se puede decir que la arenisca del Maestrichtiano es más conglomerácea o de más espesor en los flancos del geosinclinal del Oriente Andino. El Maestrichtiano terrestre puede llegar en el centro de la Cordillera Oriental a un espesor de más de mil metros. E. HUBACH encontró en la cuenca del Suratá, del macizo de Santander, restos de una formación cuya edad es Maestrichtiano en facies de Mito Juan. Una muestra indicó palinológicamente una edad Maestrichtiano Superior (Zona C). Esto prueba que el macizo de Santander y probablemente también los otros macizos pre-cretáceos de la Cordillera Oriental, todavía no se habían levantado en el Maestrichtiano.

En el Occidente (Valle Caucano) no hay pruebas palinológicas ni paleozoológicas de la existencia del Maestrichtiano, pero lo representan probablemente los últimos flujos (derrames) de diabasas del Grupo Diabásico.

### *Paleoceno.*

El Paleoceno es terrestre en casi todo el Oriente, excluyendo la costa del Caribe, donde se encuentran Foraminíferos de esta edad, y posiblemente la parte norte del Valle del Cesar.

Principia el Paleoceno con una serie de areniscas de grano medio y grueso a veces finamente conglomeráceas, indicando leves movimientos tectónicos-orogénicos, pero en ninguna parte hay visible discordancia. A veces solamente las areniscas superiores están desarrolladas (Cacho), mientras la parte inferior está desarrollada en facies arcillosa, y en este caso no hay casi límite visible entre el Maestrichtiano y el Paleoceno; sólo en el Paleoceno son más frecuentes en general las arcillas de color rojo violáceo. La parte superior del Paleoceno está formada principalmente por arcillas y lutitas con bancos y capas de areniscas y a veces algunos bancos y mantos de carbón. El espesor del Paleoceno sube hasta unos 1.000 metros en el Valle Medio del Magdalena.

En el Occidente (Valle Caucano) el Paleoceno está desarrollado en una facies distinta. Empieza en la sección más completa con una serie de areniscas arcósicas, y sigue después una serie de rocas negras hasta gris oscuras de carácter lidítico, que contienen mucho detrito de plantas y que son algo calcáreas. Cerca a Tuluá esta formación tiene un espesor de 600 metros.

### *Eoceno Inferior.*

Desde el principio del Eoceno empiezan movimientos orogénicos más fuertes en todo el país, en varias partes indicados por una discordancia bastante importante, y la deposición de conglomerados y areniscas. En otras partes no hay discordancia visible y está desarrollada la parte baja del Eoceno Inferior en facies casi igual a la del Paleoceno, pero casi siempre siguen después conglomerados y areniscas. En el Valle Superior del Magdalena podría faltar en algunas partes el Eoceno Inferior y reposarían los conglomerados del Eoceno Medio inmediatamente encima del Paleoceno. También en el Valle Caucano falta en muchas partes el Eoceno Inferior, aunque está bien desarrollado en la región de Timba. En el norte del Valle del Cesar el Eoceno Inferior está desarrollado en facies fuertemente carbonífera.

### *Eoceno Medio.*

En el Eoceno Medio otra vez hay movimientos orogénicos de bastante importancia y puede haber una discordancia en la base. En general es bastante reducido el espesor de los sedimentos del Eoceno Medio, y pueden

hasta faltar en algunas partes. La mayoría de los sedimentos son conglomerados y areniscas y son claramente más gruesos, a lo largo de la Cordillera Central, en el margen occidental del geosinclinal del Oriente Andino, y son poco conglomeráceos en el Occidente Andino. En la Costa Atlántica el Eoceno Medio también consta de areniscas y conglomerados, pero contiene, además, calizas de *Lithothamnium*.

### *Eoceno Superior.*

El Eoceno Superior tiene una facies bastante arenosa y tiene su mayor espesor en el Valle Medio del Magdalena. Puede ser más reducido el espesor en la actual Cordillera Oriental, donde la facies es más arcillosa, y es carbonífero en el Catatumbo y en el Valle del Cauca. Ingresiones marinas se pudieron establecer en algunas partes. En la costa del Caribe el Eoceno Superior es marino y consiste de arcillas alternando con areniscas.

### *Oligoceno Inferior.*

El límite estratigráfico entre el Eoceno Superior y el Oligoceno Inferior no es siempre muy claro. A veces dominan más las arcillas en el Oligoceno Inferior, a veces más las areniscas arcillosas, y puede empezar con una capa gruesa de arenisca o de conglomerado.

En el principio del Oligoceno Inferior, en la zona A o en la parte baja de la zona B hay una transgresión marina que se manifiesta simultáneamente en varias partes del país, claramente representado por un horizonte marino dentro de los sedimentos terrestres en el Valle del Cauca y en Santander del Norte. En el Occidente Andino la transgresión se puede manifestar como intercalaciones de capas con fósiles marinos-salobres en sedimentos terrestres (Timba), o como sedimentos enteramente marinos (Caliza de Vijes).

El Oligoceno Inferior es carbonífero en el Catatumbo y en una parte del Valle del Cauca.

### *Oligoceno Medio.*

El Oligoceno Medio principia en casi todo el país con una o varias capas gruesas de arenisca, a veces algo conglomeráceas, y consiste de esquistos arcillosos y bancos de arenisca, pero la cantidad de arenisca es frecuentemente más grande que en el Oligoceno Inferior (pero hay excepciones: Catatumbo). Casi nunca contiene el Oligoceno Medio mantos de carbón de alguna importancia.

### *Oligoceno Superior.*

El Oligoceno Superior no se conoce en la propia Cordillera Oriental pero tiene un gran desarrollo en el Valle del Cauca, en el Valle del Magdalena y en el borde oriental de la Cordillera Oriental. En algunas partes aparecen indicios de una nueva transgresión marina.

En la zona C del Oligoceno Superior empieza una sedimentación rápida y de grandes espesores que se continúa por todo el Mioceno. Parece que movimientos orogénicos en el principio del Oligoceno Superior, que en ciertas regiones fueron la causa de una discordancia y casi siempre de la formación de conglomerados gruesos en la base, restringieron definitivamente los geosinclinales a los actuales valles interandinos.

La parte baja del Oligoceno Superior puede ser carbonífera en el Valle interandino del Cauca.

### *Mioceno.*

La sedimentación del Mioceno está caracterizada sobre todo por la presencia de materiales o minerales volcánicos. Frecuentemente empieza el Mioceno con una discordancia y con conglomerados basales. Un segundo conjunto de areniscas o conglomerados se encuentra en la mitad de los sedimentos del Mioceno, superpuestos por arcillas manchadas de rojo violáceo, ambas en los Valles interandinos del Cauca y del Magdalena.

En la costa del Caribe (como en parte en la costa del Pacífico), el Mioceno es marino. BÜRGL c. s. (1955) investigó allá detalladamente la estratigrafía y paleontología y llegaron a una subdivisión, que parece también aplicable al Mioceno terrestre del interior del país, ambos Occidente y Oriente Andinos, aunque hay una falta completa de fósiles marinos y los datos palinológicos son escasos.

La sucesión estratigráfica del Mioceno en el sur del Valle Interandino del Cauca (la Cuenca del Patía) es, hasta en los espesores, muy semejante a la del Mioceno del Valle del Magdalena (véase Plancha IV). La parte superior en el Patía está separada del resto por una discordancia, pero está todavía plegada; en el Valle del Magdalena no se ha reconocido tal discordancia, pero es bien posible que esté también presente. Esta discordancia corresponde probablemente con la que menciona BÜRGL de la costa del Caribe (base del Tortoniano).

### *Plioceno.*

Los depósitos del Plioceno no sufrieron ya plegamientos de importancia. Son limitados los sedimentos de esta edad a "mesas", restos de antiguas terrazas o abanicos, que se encuentran en los valles interandinos, pero también en la propia Cordillera Oriental.

En la costa del Pacífico y del Atlántico existe localmente Plioceno marino.

## CONCLUSIONES SOBRE MOVIMIENTOS OROGENICOS Y PALEOGEOGRAFIA

En las Planchas VI y VII están reunidos en forma esquemática algunos datos comprendidos en lo anterior (y en las Planchas I, II, III y IV).

En la plancha VI se ve claramente que en la sucesión estratigráfica del Terciario de cualquier parte de los Andes Colombianos se encuentra un número (máximo de 10) de horizontes importantes de areniscas o conglomerados, depositados en general en el principio de los períodos y épocas. Esas areniscas o conglomerados se diferencian de otras capas de arenisca por un espesor más grande y un grano en general más grueso.

Las bases de esas areniscas y conglomerados frecuentemente coinciden aproximadamente con los límites de períodos y de épocas determinados palinológicamente; en general se encuentran estos límites a unos pocos metros debajo de las areniscas; pero en algunos casos puede ser localmente más grande, como, por ejemplo, 70 metros debajo de la arenisca del Eoceno Inferior (Mirador) en Tibú (Catatumbo) y 150 metros debajo de la arenisca del Paleoceno Inferior (Cacho) en la Sabana de Bogotá. En ambos casos la parte inferior de las areniscas de la base del Eoceno Inferior y de la base del Paleoceno está reemplazado por arcillas de color rojo-violáceo.

Llamaremos aquí estas areniscas y conglomerados constantes "areniscas basales". Frecuentemente las areniscas basales son genéticamente relacionadas con arcillas manchadas de rojo-violáceo, que forman intercalaciones y que pueden en ciertos casos reemplazarlos en parte. No obstante, en otros casos, cuando la facies no es tan "terrestre" sino "intermedia" o salobre-marina, no se presentan tales arcillas. Claro está que en una serie de facies notoriamente terrestres, todas las arcillas pueden ser manchadas de rojo-violáceo, de una manera que no se distinguen de las arcillas de las areniscas basales. A veces la base de las mencionadas areniscas reposa con una pequeña discordancia sobre los estratos debajo; este dato, junto con el hecho de que el grano más grueso, las arcillas rojas y el espesor relativamente grande indican un mayor desnivel, erosión y transporte de material desde el curso alto de los ríos, demuestra que se trata aquí de areniscas que tienen su origen en movimientos tectónicos-orogénicos.

A veces los movimientos tectónicos-orogénicos fueron bastante fuertes y duraron más que de costumbre, y las areniscas y conglomerados pueden formar entonces todos los sedimentos de una época, en vez de sólo la parte basal. Este es frecuentemente el caso con el Eoceno Inferior y el Eoceno Medio.

Las areniscas basales, incluyendo las que ocupan toda una época, se presentan en toda la región de los Andes colombianos, incluyendo la costa Atlántica, en facies terrestre "intermedia" o marina; por consiguiente, son independientes de la facies, que es otro argumento en favor del origen tectónico-orogénico.

Sin duda hay algunas excepciones: así no se conoce un equivalente de la Arenisca Tierna del Guadalupe en la formación Umir (pero sí en la formación Colón) (VAN DER HAMMEN, 1957 b), y parece que la arenisca basal del Oligoceno Inferior puede faltar en varias regiones. Pero una mirada al cuadro de la Plancha VI nos puede convencer que esas excepciones son muy escasas.

Las areniscas constantes son las siguientes:

- (Arenisca del Mioceno Superior) (Conglomerácea).
- Arenisca basal del Mioceno Medio (conglomerácea).
- Arenisca basal del Mioceno Inferior (conglomerácea).

Arenisca basal del Oligoceno Superior (conglomerácea).  
Arenisca basal del Oligoceno Medio.  
Arenisca basal del Oligoceno Inferior.  
Arenisca del Eoceno Medio (conglomerácea).  
Arenisca del Eoceno Inferior (conglomerácea).  
Arenisca basal del Paleoceno.  
Arenisca basal del Maestrichtiano (¿Superior?).

A veces se puede notar también una arenisca en la base del Eoceno Superior, pero es difícil distinguirla, ya que queda casi unida con las areniscas del Eoceno Medio.

En una publicación anterior (VAN DER HAMMEN, 1958) mencionamos la relación existente entre el periodismo climático y los movimientos tectónicos-orogénicos. Estos movimientos tienen una periodicidad de seis millones de años, como los cambios climáticos. La periodicidad de dos millones de años presente en los cambios climáticos no se puede distinguir sino en unas pocas ocasiones en los movimientos tectónicos-orogénicos (base del Tortoniano). La intensidad de los movimientos tectónicos varía mucho; son mucho más fuertes, por ejemplo, en el Eoceno Inferior y Medio y en el Mioceno.

Como se puede ver en la Plancha VI, ambos en el Occidente y en el Oriente Andino, como también en la costa Atlántica, se ve el reflejo de los mismos movimientos en la estratigrafía. Eso quiere decir que toda la región Andina de Colombia sufrió la influencia de estos movimientos, aunque la intensidad de cierto movimiento puede cambiar hasta cierto grado de una región a otra. (En la costa Atlántica se pueden presentar también sedimentos arenosos hacia la parte alta de las subdivisiones, pero éstos tienen su relación probablemente con el rellenamiento temporal, o la regresión del mar, de la cuenca marina). Tomando en cuenta todos estos datos podemos llegar a la siguiente imagen de la historia de los Andes colombianos durante el Maestrichtiano y el Terciario.

Ya durante el temprano Senoniano, las Cordilleras colombianas sufrieron movimientos extensos de carácter epirogénico, lo cual se puede deducir de los cambios considerables de espesor del Coniaciano, la ausencia de sedimentos marinos del Santoniano en grandes áreas de la Cordillera Oriental, cambios de facies en el Campaniano e inconformidades locales en la base del Maestrichtiano (BÜRGL, información verbal).

Las irregularidades en los depósitos más antiguos fueron oscurecidas por el Maestrichtiano basal transgresivo, que formó una cubierta continua relativamente constante de sedimentos marinos sobre toda la actual región Andina, con excepción del eje de la Cordillera Central.

Hace alrededor de sesenta y seis millones de años, de nuevo se realizó un leve levantamiento de toda la región de los geosinclinales del Oriente y del Occidente Andino; se convirtió gran parte de la región en tierra firme (aunque todavía muy cerca del nivel del mar, con abundantes lagunas y ciénagas), mientras sólo algunas partes bajas continuaron cubiertas por el mar (Valle Medio del Magdalena, Costa del Atlántico, región del Catatumbo, Valle del río Cesar, etc.). Mientras que se realiza este levantamiento, se deposita en el Oriente Andino una capa de arena, la Arenisca Tierna de la formación Guadalupe. Vemos que la Arenisca Tierna es conglomerácea y de más espesor hacia la Cordillera Central al sur de Honda y en el

borde oriental de la Cordillera Oriental (es decir: hacia los límites occidental y oriental del geosinclinal del Oriente Andino). Podemos concluir entonces que también debe haberse realizado un levantamiento de la Cordillera Central y de parte de la actual Llanura Oriental. El hecho que encima del Macizo de Santander fueron encontrados sedimentos de la zona C del Maestrichtiano y que los sedimentos de la Arenisca Tierna no son más gruesos ni tienen más espesor en la cercanía de este macizo, demuestra que este macizo (y probablemente también los demás macizos dentro de la Cordillera Oriental) no se habían levantado aún.

Después de una época de relativa tranquilidad durante el resto del Maestrichtiano, empiezan nuevamente movimientos en el principio del Paleoceno (hace alrededor de 60 millones de años). Depositán ambos en el Oriente y en el Occidente Andino una serie de areniscas durante la zona A del Paleoceno, pero en ninguna parte se conoce una clara disconformidad en la base. En el Valle Superior del Magdalena esas areniscas son muy delgadas y en la Sabana de Bogotá, sólo en la parte más superior de la zona A, se encuentran areniscas (Cacho); por otra parte, en la región de Sogamoso la arenisca es en parte conglomerácea y ocupa toda la zona A; también está bien desarrollada y conglomerácea, en el borde oriental de la Cordillera Oriental (El Morro). Casi todos los sedimentos del Paleoceno de los Andes colombianos son non-marinos. Podemos concluir, entonces, que en el principio del Paleoceno el mar se retira de casi todo el resto del territorio colombiano que ocupaba antes, sólo quedándose sumergida la costa Atlántica, parte del Valle del Cesar y algunas partes de la costa del Pacífico. Se realizan movimientos de levantamiento en algunos macizos Paleozoicos y Paleo-Mesozoicos de la Cordillera Oriental, que surgen por primera vez, dividiendo el geosinclinal del Oriente Andino en varias cuencas más o menos separadas. La Cordillera Central y el borde oriental del geosinclinal del Oriente se pueden haber levantado también algo, aunque relativamente poco.

Después de un tiempo de relativa tranquilidad durante las zonas B y C del Paleoceno, empiezan nuevos movimientos tectónicos-orogénicos en el principio del Eoceno Inferior, esta vez más fuertes y más prolongados.

En varias partes hay inconformidades (Valle Medio del Magdalena), indicando que se realizaron movimientos en los propios geosinclinales. El conglomerado basal en el Occidente Andino contiene grandes cantos rodados de diabasa, demostrando que se formaron por medio de un extenso levantamiento los primeros rasgos de la Cordillera Occidental, separando la actual región del Valle interandino del Cauca, de la región del Pacífico.

Parece que los movimientos tectónicos-orogénicos fueron todavía más fuertes durante el Eoceno Medio. Fueron depositados conglomerados y areniscas, pero frecuentemente son de poco espesor (relativo al tiempo de deposición), y parece que en algunas partes pueden faltar por completo. La base del Eoceno Medio corresponde en muchas partes de Sur América a una discordancia o inconformidad, indicando que importantes movimientos tuvieron lugar en este tiempo. Es de suponer que también entonces se acabaron de formar importantes rasgos de la estructura actual de los Andes colombianos, que ya habían empezado a aparecer en el Eoceno Inferior.

En el principio del Eoceno Superior se realizan localmente unos movimientos en general de poca importancia; en seguida empieza una época

de relativa tranquilidad que dura hasta el fin de Oligoceno Inferior, sólo interrumpida temporalmente por los movimientos tectónicos-orogénicos del principio del Oligoceno Inferior. Estos movimientos dieron origen a la deposición de una arenisca basal del Oligoceno Inferior en ciertas regiones; particularmente está bien desarrollada en el Departamento del Valle.

En otras regiones (véase la Plancha VI) parece que falta la arenisca basal del Oligoceno Inferior, o por lo menos no se destaca especialmente entre las otras areniscas; en estos casos es difícil separar litológicamente el Eoceno Superior del Oligoceno Inferior. Durante el Eoceno Superior y especialmente el Oligoceno Inferior se presentan horizontes marinos o salobres sobre grandes extensiones en el Oriente y Occidente Andinos y también en la Llanura Oriental. En el Occidente Andino entró el mar al actual Valle Interandino del Cauca por una parte de la Cordillera Occidental, que también hoy día es una parte relativamente baja de esta Cordillera, formando sedimentos marinos (calizas) frente a esta parte baja en la región de Vijes. Más hacia el Sur sólo se encuentra un horizonte relativamente delgado de fósiles marinos cerca a la base del Oligoceno Inferior. En el Oriente Andino y en la Llanura Oriental la ingresión marina aparentemente tuvo una dirección norte-sur.

En el principio del Oligoceno Medio se realizaron nuevamente movimientos tectónicos-orogénicos, resultando en una arenisca basal. Frecuentemente en los sedimentos del Oligoceno Medio son más abundantes las areniscas que en los sedimentos del Oligoceno Inferior (parte superior del Gualanday Medio, parte superior de la formación Concentración, etc.), pero a veces ocurre lo contrario (formación León). Una ligera discordancia puede ser presente (Sinclinal de Guaduas; RAASVELDT, 1952). Los sedimentos del Oligoceno Medio son los últimos depositados en el ciclo de sedimentación Cretácea-Terciaria de la propia Cordillera Oriental.

En el principio del Oligoceno Superior se realizan movimientos tectónicos-orogénicos de bastante importancia, resultando en un levantamiento de la propia Cordillera Oriental, y la terminación de la sedimentación geosinclinal en esta región. En las regiones marginales (Valle Interandino del Magdalena y borde oriental de la Cordillera Oriental) continúa la sedimentación, empezando con una importante arenisca basal, con frecuencia conglomerácea. Un conglomerado con componentes especialmente gruesos fue depositado en el Valle Superior del Magdalena. Las partes laterales de la Cordillera Central deben haber sufrido movimientos negativos. Las depresiones embrionales a lo largo de los flancos de la Cordillera Central, que ya existieron en parte desde el Cretáceo Superior, sufrieron una subsidencia considerable y se transformaron en las largas fosas (grabens), con rumbo norte-sur, de los Valles Interandinos del Cauca y del Magdalena. En el Valle Interandino del Cauca principia, en la cuenca del Patía y en Caldas-Antioquia, la sedimentación terciaria sobre el basamento con el conglomerado basal del Oligoceno Superior (miembro Suárez de la formación Cauca Superior). En el Valle Interandino del Magdalena hay sitios donde el Oligoceno Superior se encuentra directamente sobre el Cretáceo o sobre basamento más antiguo; a veces el "conglomerado basal" (Gualanday Superior), a veces la formación La Cira. En seguida del levantamiento mencionado en la cordillera Oriental en el principio del Oligoceno Superior, comienza en los Valles Interandinos del Magdalena

y del Cauca una subsidencia y sedimentación rápida que perdura durante todo el Mioceno. El resultado es una serie de sedimentos de bastante espesor y de litología muy monótona.

Nuevos movimientos ocurrieron en el principio del Mioceno Inferior, y se formaron areniscas (y conglomerados) basales en ambos valles interandinos y en la serie marina de la costa del Atlántico. Además se puede presentar una discordancia. También en el principio del Mioceno Medio se formaron areniscas (o conglomerados) basales en las mencionadas regiones (y aparentemente también en el principio del Tortoniano, acompañado en varias partes de una discordancia en la base).

En el intervalo Oligoceno Superior-Mioceno hasta el principio del Plioceno fueron fuertemente plegados los sedimentos cretáceos terciarios de la Cordillera Oriental (según un sistema de sinclinales y anticlinales en parte ya presentes como proto-sinclinales y proto-anticlinales desde épocas anteriores).

En el principio del Plioceno fueron plegados los sedimentos en los Valles Interandinos del Magdalena y del Cauca, y se termina prácticamente el ciclo de sedimentación terciaria. Toda la región andina entonces sufre fuertes levantamientos, que llevan a las cordilleras y a los valles interandinos a sus alturas actuales.

En la Plancha V damos un esquema de la relación entre litostratigrafía, cambios climáticos y movimientos tectónicos-orogénicos en Colombia. La curva para los movimientos tectónicos-orogénicos es basada sobre una apreciación relativa de la intensidad y duración de esos movimientos, a base de la estratigrafía y de la existencia de pequeñas discordancias, etc.

De esas curvas y de los resultados generales arriba mencionados se pueden deducir las siguientes conclusiones:

Desde el principio del Maestrichtiano (y probablemente también con anterioridad), y continuando con intervalos durante todo el Terciario, se realizaron movimientos tectónicos-orogénicos (con un periodismo de aproximadamente seis millones de años), que poco a poco iban modelando la forma y estructura actual de los Andes colombianos. Algunas de estas fases o grupos de fases son de mayor importancia, y las mencionamos en seguida, poniendo un nombre para cada una e indicando la edad y la subdivisión en fases menores (véase también Plancha V).

FASES EU-ANDINAS — Mioceno y Plioceno	}	IV. Base del Plioceno III. Base del Tortoniano II. Base del Mioceno Medio (Helvetiano) I. Base del Mioceno Inferior (Aquitano)
FASE PROTO-ANDINA — Base del Oligoceno Superior		
FASES PRE-ANDINAS — Eoceno Inferior y Medio	}	II. (Base del) Eoceno Medio I. (Base del) Eoceno Inferior

El plegamiento final fue el del Mioceno Superior y del Plioceno Inferior. El levantamiento final y más importante fue el del Plioceno.

Las fases orogénicas, mayores y menores, se pueden en parte correlacionar con las fases europeas, en la siguiente forma:

Fase Eu-Andina	IV. Base del Plioceno	Fase attica
Fase Eu-Andina	II. Base del Helvetiano	Fase steirica joven
Fase Eu-Andina	I. Base del Aquitaniano	Fase sávica
Fase Pre-Andina	II. Eoceno Medio	Fase post-lutética (intereocénica)
(FASE LARAMICA)	{ Base del Paleoceno Base del Maestrichtiano (?)	Larámica tardía Larámica temprana

Por todo lo anterior se ve entonces claramente que no obstante la importancia de los movimientos del Mioceno Superior y del Plioceno Inferior, no se puede dividir la historia del orogenismo de los Andes colombianos simplemente en una larga fase geosinclinal cretácea terciaria de tranquila sedimentación seguida por una corta fase de plegamiento en el Mio-Plioceno; tampoco fue así que hubo una larga fase geosinclinal mesozoica, que terminó en el principio del Terciario con la fase orogénica larámica.

La realidad es que la sedimentación terciaria —que representa la continuación y terminación de la sedimentación geosinclinal cretácea— está fuertemente influenciada a intervalos determinados, por movimientos tectónicos-orogénicos de diferentes intensidades, que determinan esta sedimentación como sin-orogénica.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO, B., & SARMIENTO, R., 1944.—“Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la región de Paz del Río (Departamento de Boyacá)”. Bogotá. *Informe Instituto Geológico Nacional*. Inédito.
- ANDERSON, J. L., 1945.—“Petroleum Geology of Colombia, South America”. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, vol. 29, 8.
- BÜRGL, H., 1955.—“*Globorotalia fohsi* en la formación de Usme”. Bogotá. *Boletín Geológico*, vol. III, 2.
- BÜRGL, H., 1956.—“Apuntes sobre la geología y los carbones de la Serranía de San Jerónimo, Córdoba”. Bogotá. *Informe número 1200, Instituto Geológico Nacional*; inédito.
- BÜRGL, H., 1957.—“Resumen de estratigrafía de Colombia”. Bogotá. *Informe número 1248, Instituto Geológico Nacional*; inédito.
- BÜRGL, H., BARRIOS, M. & RÖSTROM, A. M., 1955.—“Micropaleontología y estratigrafía de la sección de Arroyo Saco, Departamento del Atlántico”. Bogotá. *Boletín Geológico*, vol. III, 1.
- BÜRGL, H. & DUMIT TOBÓN, Y., 1954.—“El Cretáceo Superior en la región de Girardot”. Bogotá. *Boletín Geológico*, vol. II, 1.
- BUTLER, J. W., 1942.—“Geology of the Honda District, Colombia”. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, vol. 26, 5; pp. 793-837.
- CAUDRY, C. M. B., 1948.—“Note on the stratigraphic distribution of *Lepidorbitoides*”. *Journ. Paleont.*, vol. 22; p. 473.
- CAUDRY, C. M. B., 1950.—“The age of the Guaduas formation in Colombia”. *Journ. Paleont.*, vol. 24; p. 388.

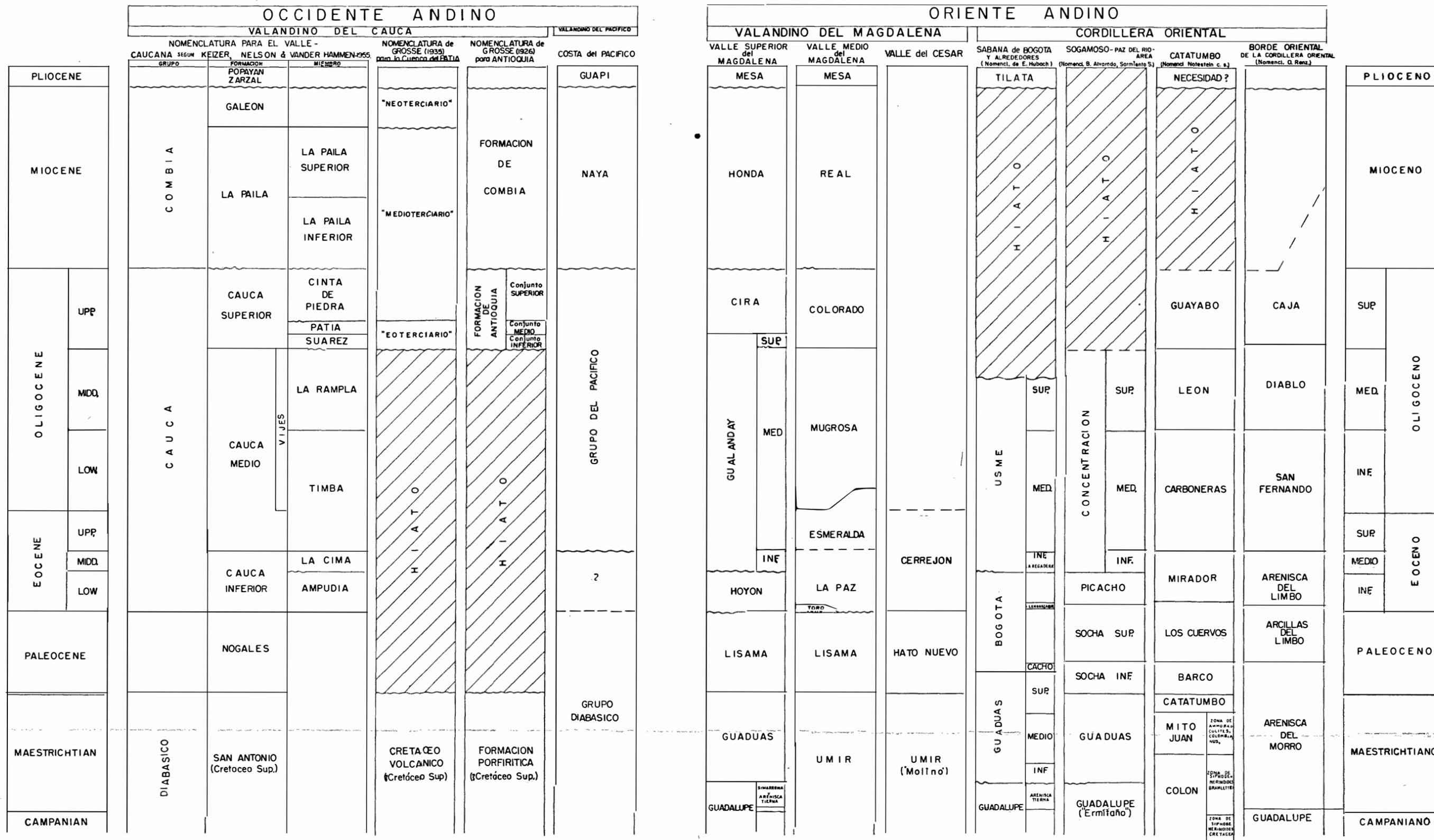
- CUSHMAN, J. A. & HEDBERG, H. D., 1941.—“Upper Cretaceous Foraminifera from Santander del Norte, Colombia, S. A.” *Contr. Cushman Lab. For. Res.*, vol. 17, pt. 4, N° 232.
- GARCÍA BARRIGA, C., 1956.—“Investigación Palinológica de la formación Guaduas del anticlinal de Guachetá-Lenguazaque-Tausa-Bogotá”. *Inf. número 1159*, Inst. Geol. Nal.; inédito.
- GROSSE, E., 1926.—*El Terciario carbonífero de Antioquia*. Reimer Vohsen, Berlín.
- GROSSE, E., 1935.—“Acerca de la Geología del Sur de Colombia. II Cuenca del Patía y Nariño. Bogotá”. *Compil. Estud. Ofic. Col.*, Tomo III.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1953.—“Informe preliminar sobre los yacimientos de carbón de Quinchía-Río Sucio (Departamento de Caldas)”. Bogotá. *Boletín Geológico*, vol. I, 8-9-10.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1954 a.—“El desarrollo de la flora colombiana en los períodos geológicos. I: Maestrichtiano hasta Terciario más Inferior”. Bogotá. *Boletín Geológico*, vol. II, 1.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1954 b.—“Principios para la nomenclatura palinológica sistemática”. Bogotá. *Boletín Geológico*, vol. II, 2.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1956 a.—“A palynological systematic nomenclature”. Bogotá. *Boletín Geológico*, vol. IV, 2-3.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1956 b.—“Description of some genera and species of fossil pollen and spores”. Bogotá. *Boletín Geológico*, vol. IV, 2-3.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1957 a.—“Climatic periodicity and evolution of South American Maestrichtian and Tertiary floras (A study based on pollen analysis in Colombia)”. Bogotá. *Boletín Geológico*, vol. V, 2.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1957 b.—“Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental)”. Bogotá. *Boletín Geológico*, vol. V, 2.
- VAN DER HAMMEN, TH., 1957 c.—“Análisis palinológico de muestras de pozos del campo petrolífero de Colorado”. *Informe número 1263*, Instituto Geológico Nacional; inédito.
- VAN DER HAMMEN, TH., & GARCÍA BARRIGA, C., 1955.—“Aplicación palinológica a la correlación de los mantos de carbón del yacimiento de ‘La Chapa’, Acerías Paz del Río (Boyacá)”. Bogotá. *Informe número 1087*, Inst. Geol. Nal.; inédito.
- HETTNER, A., 1892.—*Die Kordillere von Bogotá*. Petermanns Mitteilungen, Erg., vol. 22, 104.
- HUBACH, E., 1957.—“Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores”. Bogotá. *Boletín Geológico*, vol. V, 2.
- HUBACH, E., 1957 a.—“Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia” Bogotá. *Informe número 1212*, Instituto Geológico Nacional; inédito.
- HUBACH, E., & ALVARADO, B., 1934.—“Geología de los Departamentos del Valle y del Cauca, en especial de carbón”. Bogotá. *Informe número 87*, Instituto Geológico Nacional; inédito.
- KEIZER, J., 1954 a.—“La geología del flanco oriental de la Cordillera Occidental en la región de San Antonio”. Bogotá. *Informe número 1046*, Instituto Geológico Nacional; inédito.
- KEIZER, J., 1954 b.—“Estudios geológicos en la región carbonífera de Jamundí entre los ríos Guachinte y Jordán”. Bogotá. *Informe número 1064*, Instituto Geológico Nacional; inédito.
- KEIZER J., 1955-1956.—*Mapa geológico de la Hoya del Alto Río Cauca*, escala 1:100.000; planchas I, II, III y IV. (En parte en colaboración con H. W. Nelson). Instituto Geológico Nacional; inédito.
- 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.

- MORALES, L. G., c. s., 1955.—*General Geology and Oil Occurrences of the Middle Magdalena Valley, Colombia*. Report of representatives of the Colombian oil industry; not published.
- NELSON, H. W., 1957.—“Contribution to the Geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali”. *Leidse Geol. Meded.*, vol. 22; pp. 1-76.
- NOTESTEIN, F. B., HUBMAN, C. W., & BOWLER, J. W., 1944.—“Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America”. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 55; pp. 1165-1216.
- PETTERS, V., 1955.—“Development of Upper Cretaceous foraminiferal faunas in Colombia”. *Journ. Paleont.*, vol. 29, 2.
- RAASVELDT, H. C., 1952.—*Mapa fotogeológico del Tolima y del W. de Cundinamarca*. Escala 1:200.000. Bogotá. Instituto Geológico Nacional; inédito.
- RAASVELDT, H. C., 1956. Plancha Girardot (L. 9).—*Mapa Geológico de la República de Colombia*. Bogotá. Instituto Geológico Nacional.
- RAASVELDT, H. C., & KEIZER, J., 1953.—“Estudio geológico preliminar de los carbones de la región del río Timba”. Bogotá. *Informe número 1052*, Instituto Geológico Nacional; inédito.
- SCHEIBE, R., 1933.—“Informes relativos a los trabajos verificados por la Comisión Científica Nacional”. *Compil. de los estud. Geol. Ofic. en Colombia*, Tomo I.
- SCHEIBE, E. A., 1938.—*Estudios geológicos y paleontológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia*; parte primera. Min. de Ind. y Trabajo, Bogotá.
- STAINFORTH, DURHAM, HEDBERG c. s., 1949.—“The age of the Hannatoma Mollusk Fauna of South America”. *Journ. Paleont.*, vol. 23, 2; pp. 145-160.
- STIRTON, R. A., 1953.—“Vertebrate Paleontology and continental stratigraphy in Colombia”. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 64, 6.
- WEISKE, F., 1926.—“Memoria detallada de los estudios del río Magdalena”. Bogotá. Ministerio de Obras Públicas; Edit. Minerva. También en: *Comp. de Est. Geol. Of. en Col.*, Tomo IV.
- WHEELER, O. C., 1935.—“Tertiary stratigraphy of the Middle Magdalena Valley”. *Proc. Acad. Nat. Sc.*, Philadelphia, vol. 87; pp. 7-39.
- WASHBURNE, C. W. & WHITE, K. D., 1923.—“Oil possibilities of Colombia”. *Transact. Amer. Instit. of Mining and Metallurg. Engineers*, vol. 68; pp. 1023-1031.

CORRELATION OF THE MORE IMPORTANT FORMATIONS OF THE  
EAST AND WEST ANDINE REGIONS OF COLOMBIA (South America),  
PRINCIPALLY BASED ON PALYNOLOGICAL DATA

CORRELACION DE LAS PRINCIPALES FORMACIONES DEL ORIENTE  
Y OCCIDENTE ANDINOS DE COLOMBIA (Sur America),  
PRINCIPALMENTE BASADO SOBRE DATOS PALINOLOGICOS

Por THOMAS VAN DER HAMMEN

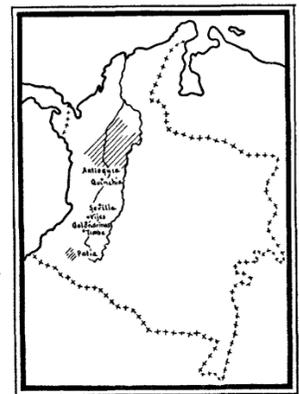
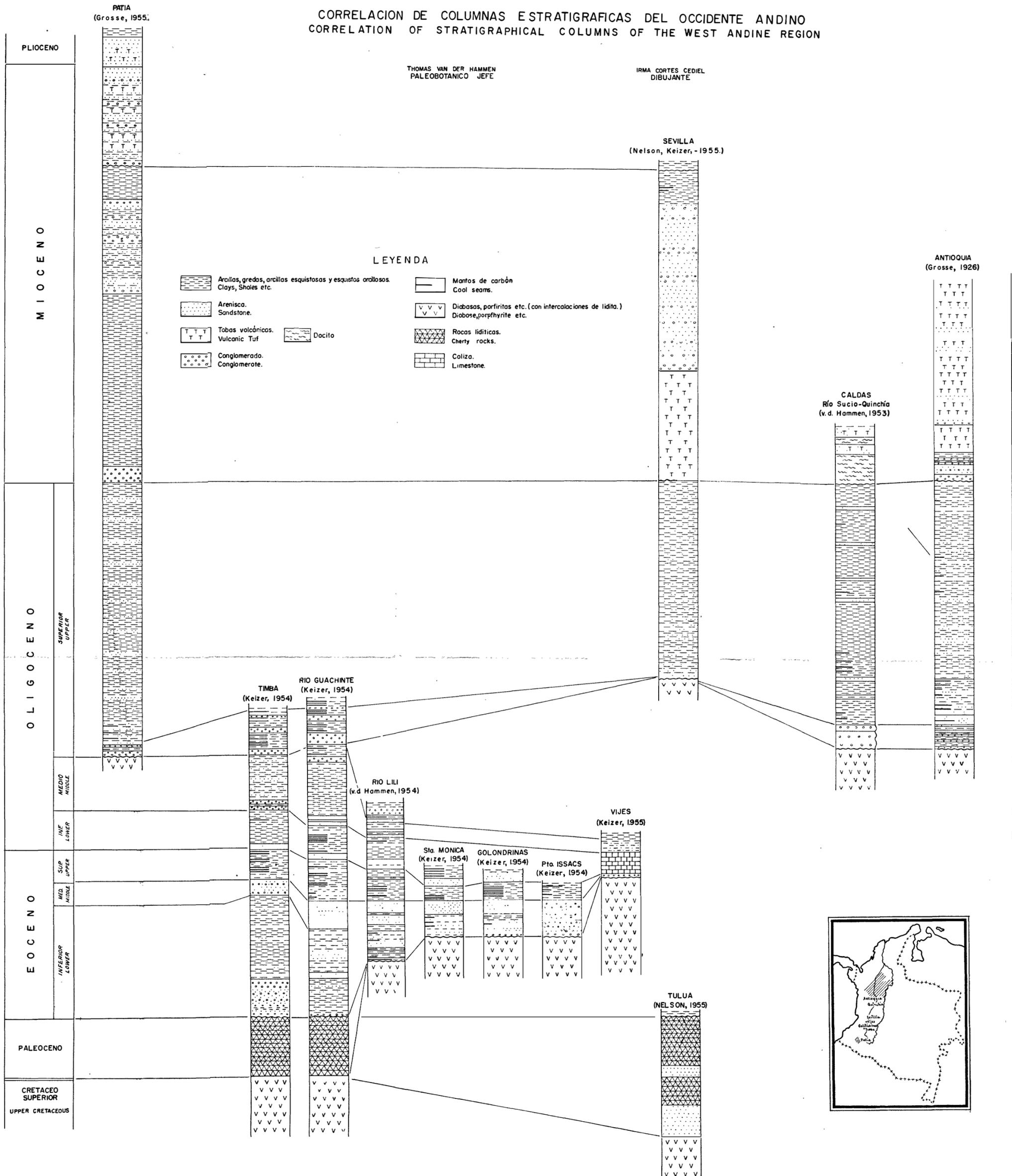




### CORRELACION DE COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DEL OCCIDENTE ANDINO CORRELATION OF STRATIGRAPHICAL COLUMNS OF THE WEST ANDINE REGION

THOMAS VAN DER HAMMEN  
PALEOBOTANICO JEFE

IRMA CORTES CEDIEL  
DIBUJANTE



MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
SECCION DE PALEOBOTANICA

CORRELACION DE COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS COMPUESTAS  
DEL VALLE DEL CAUCA Y DEL VALLE DEL MAGDALENA  
COLOMBIA (SUR AMERICA)

CORRELATION OF COMPOSITE STRATIGRAPHICAL COLUMNS OF  
THE CAUCA-VALLEY AND MAGDALENA - VALLEY  
COLOMBIA (SOUTH AMERICA)

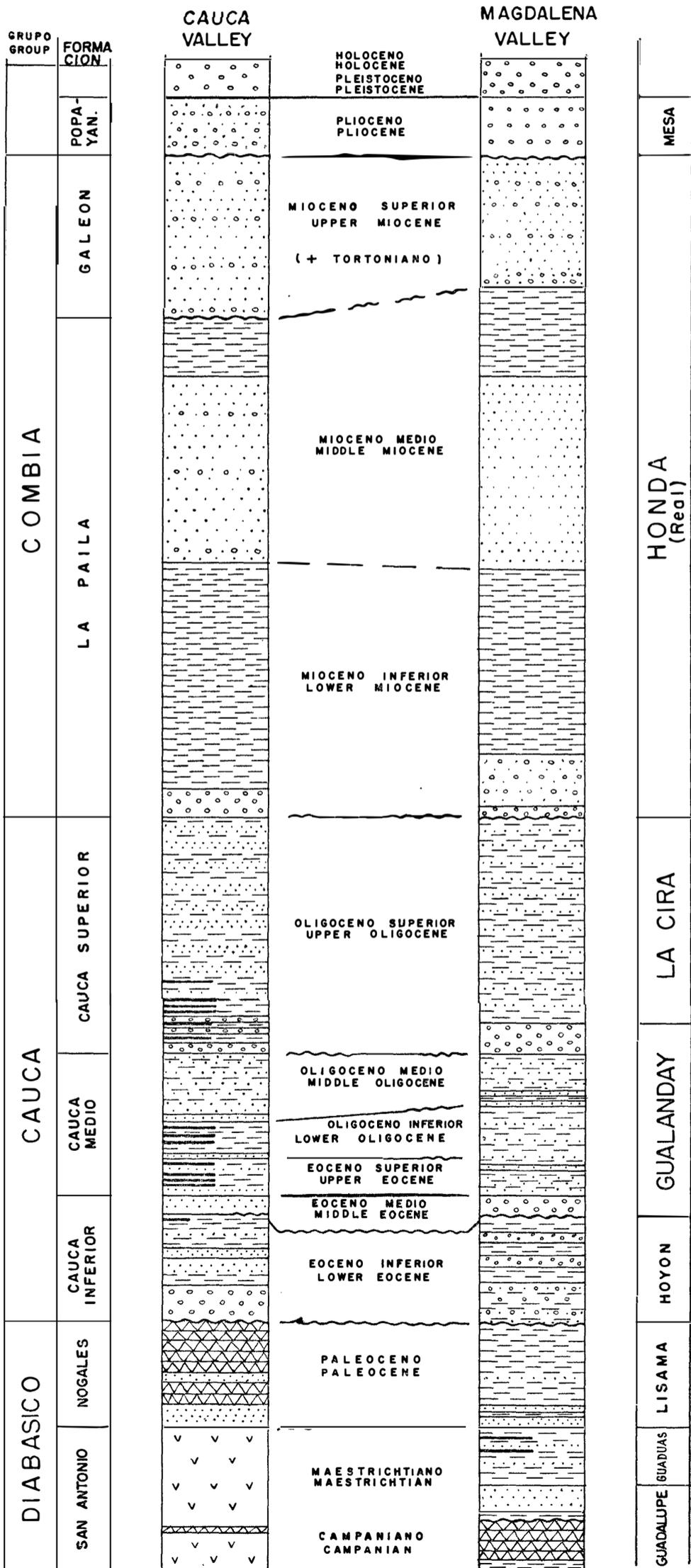
THOMAS VAN DER HAMMEN  
Paleobotánico Jefe

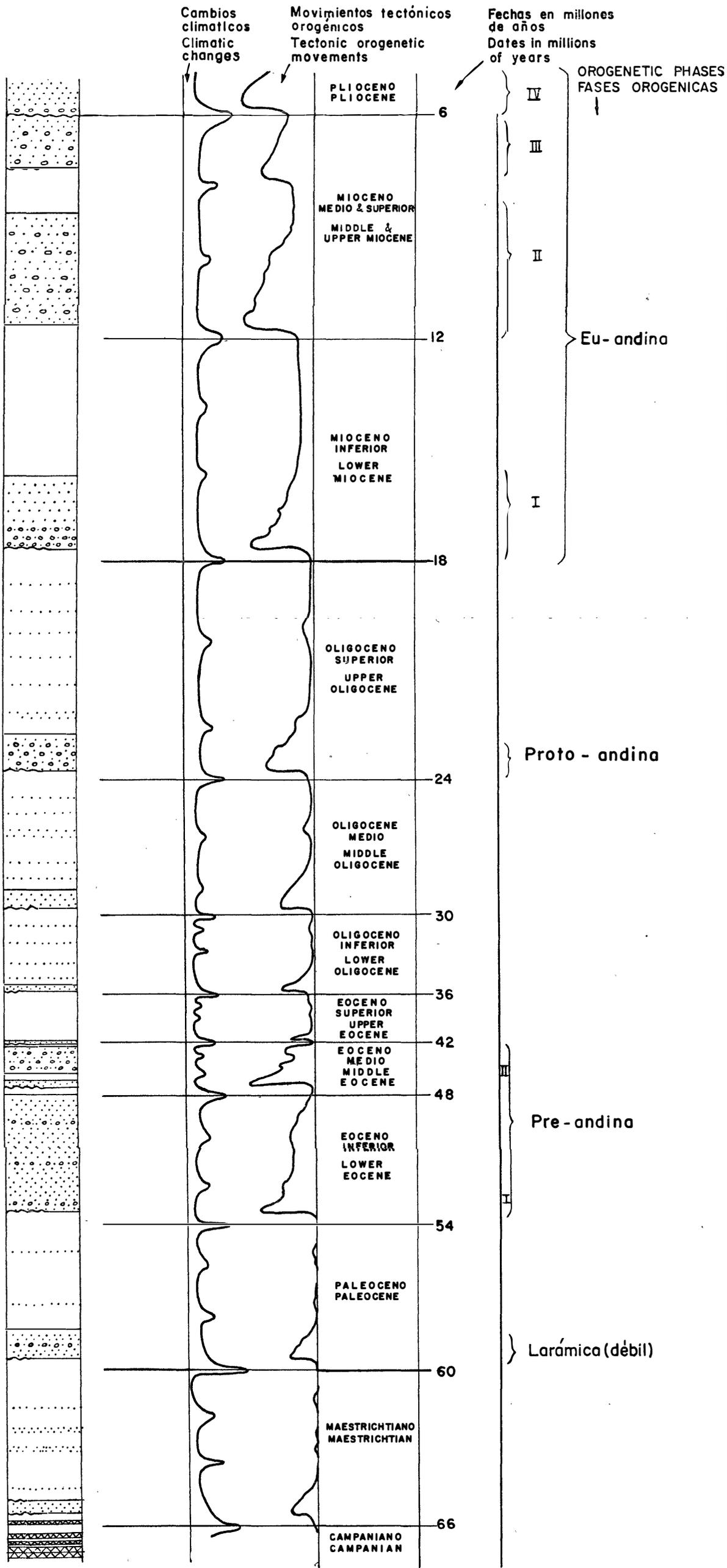


IRMA CORTES CEDIEL  
Dibujante

VALLE INTER-ANDINO  
DEL CAUCA

VALLE INTER-ANDINO  
DEL MAGDALENA



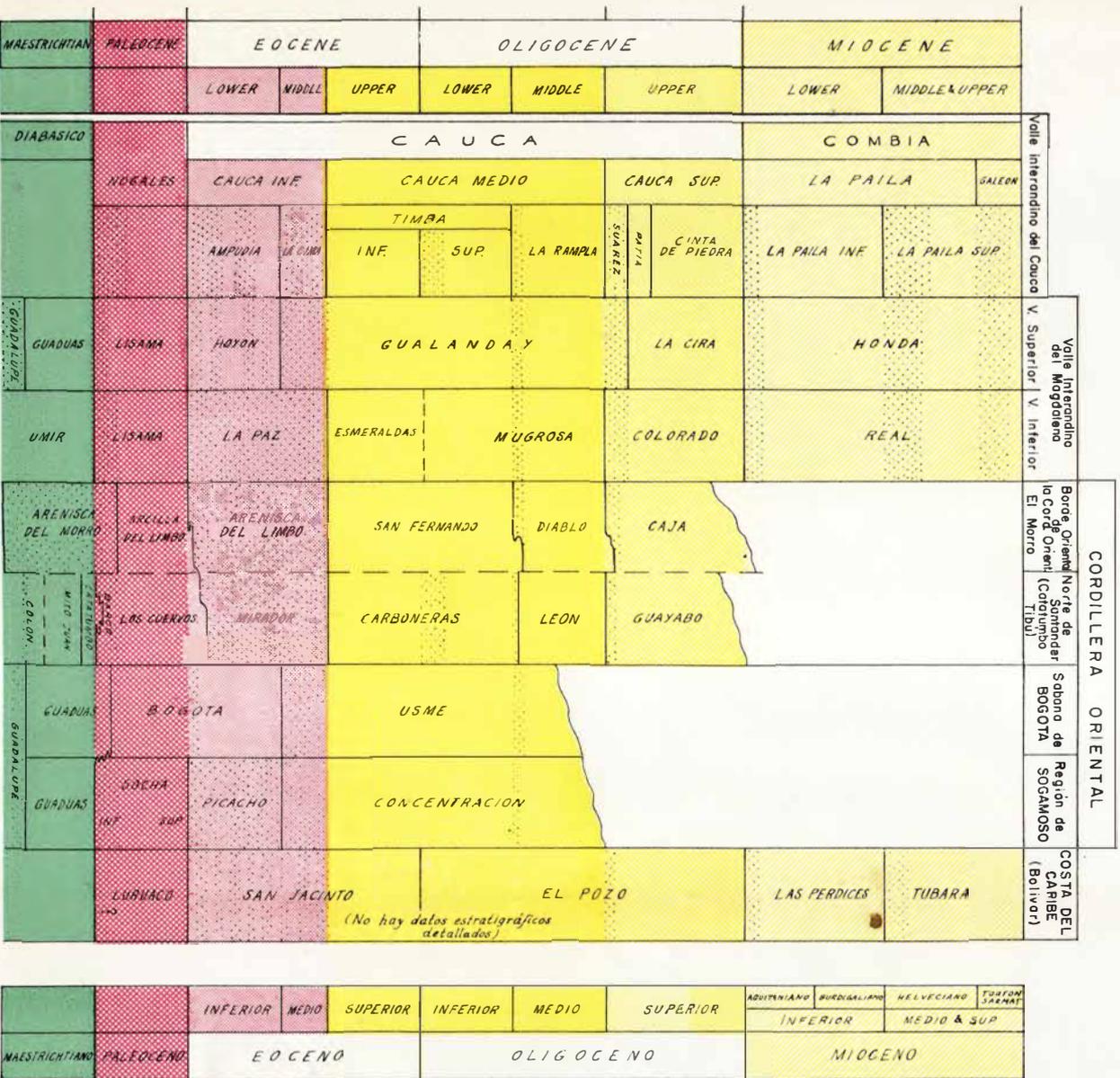


ESQUEMA DE LA RELACION ENTRE ESTRATIGRAFIA, CAMBIOS CLIMATICOS Y MOVIMIENTOS OROGENICOS.

SCHEME OF THE RELATIONSHIP BETWEEN STRATIGRAPHY, CLIMATIC CHANGES AND OROGENETIC MOVEMENTS.

ESQUEMA DE LA CORRELACION Y EDAD  
DE HORIZONTES CONSTANTES DE ARENISCAS  
Y CONGLOMERADOS EN LOS ANDES COLOMBIANOS

SCHEME OF THE CORRELATION AND AGE  
OF CONSTANT SANDSTONE - AND CONGLOMERATE  
HORIZONS IN THE COLOMBIAN ANDES



CORDILLERA ORIENTAL

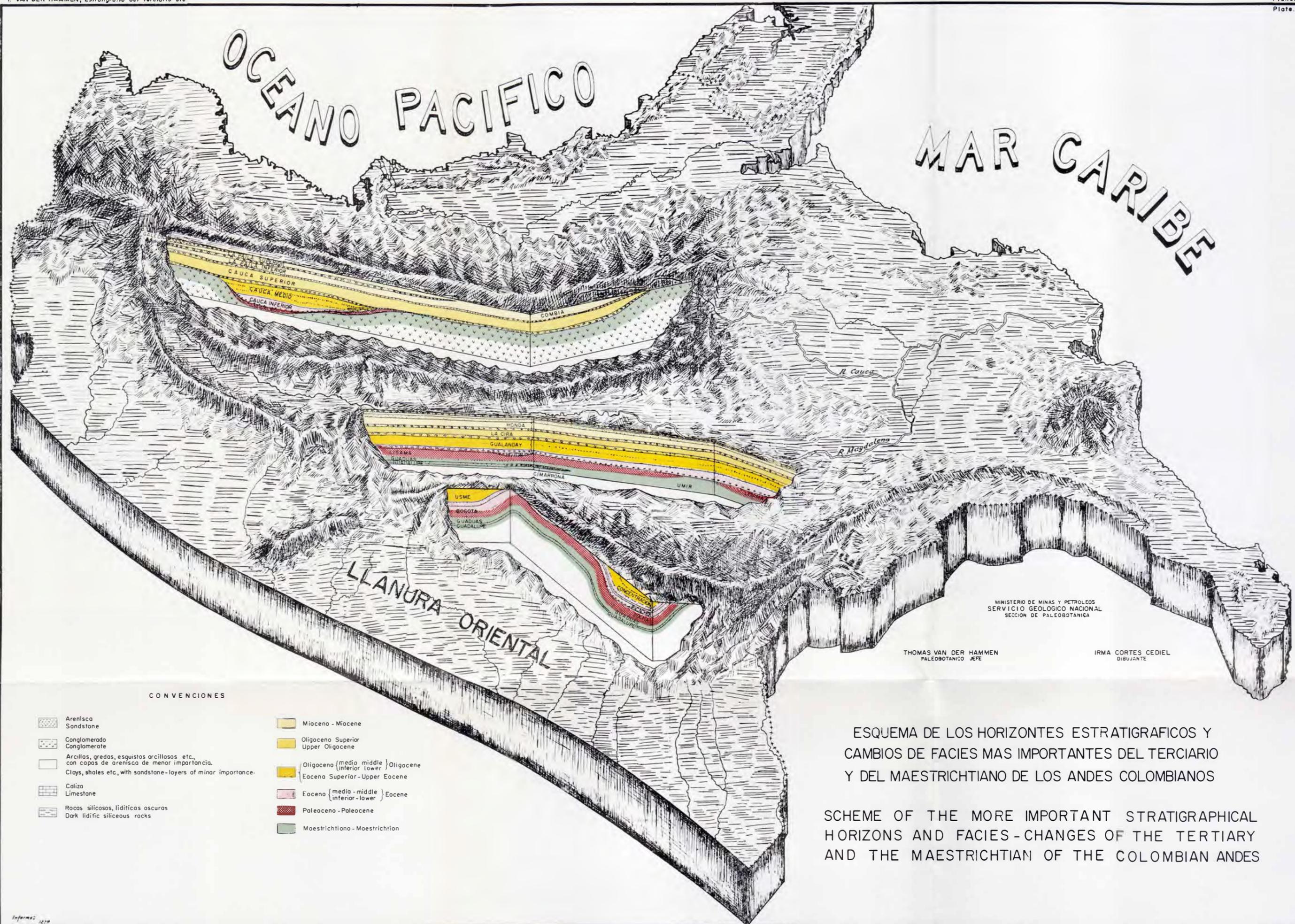
Volle Interandino del Cauca

Volle Interandino del Magdalena  
V. Superior V. Inferior

Borde Oriental de la Cordillera Oriental (Continuación TIBU)

Sabana de BOGOTÁ  
Región de SOGAMOSO

COSTA DEL CARIBE (Bolívar)



CONVENCIONES

- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | Arenisca<br>Sandstone   |  | Mioceno - Miocene  |
|  | Conglomerado<br>Conglomerate  |  | Oligoceno Superior<br>Upper Oligocene                    |
|  | Arcillos, gredas, esquistos arcillosos etc.,<br>con capas de arenisca de menor importancia.<br>Clays, shales etc., with sandstone-layers of minor importance. |  | Oligoceno {medio middle } Oligocene<br>{inferior lower } |
|  | Caliza<br>Limestone   |  | Eoceno Superior - Upper Eocene                           |
|  | Rocas silíceas, lútidicas oscuras<br>Dark lútidic siliceous rocks   |  | Eoceno {medio - middle } Eocene<br>{inferior - lower }   |
|  |   |  | Paleoceno - Paleocene                                    |
|  |   |  | Maestrichtiano - Maestrichtian                           |

ESQUEMA DE LOS HORIZONTES ESTRATIGRAFICOS Y CAMBIOS DE FACIES MAS IMPORTANTES DEL TERCIARIO Y DEL MAESTRICHTIANO DE LOS ANDES COLOMBIANOS

SCHEME OF THE MORE IMPORTANT STRATIGRAPHICAL HORIZONS AND FACIES-CHANGES OF THE TERTIARY AND THE MAESTRICHTIAN OF THE COLOMBIAN ANDES

MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS  
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL  
SECCION DE PALEOBOTANICA

THOMAS VAN DER HAMMEN  
PALEOBOTANICO JEFE

IRMA CORTES CEDIEL  
DIBUJANTE