

HISTORIA DE CLIMA Y VEGETACION DEL PLEISTOCENO SUPERIOR Y DEL HOLOCENO DE LA SABANA DE BOGOTA

THOMAS VAN DER HAMMEN FOR ENRIQUE GONZALEZ
JEFE - PALEOBOTANICA AUXILIAR - PALEOBOTANICA

INFORME No. 1322

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA. 1963

CONTENIDO

ABSTRACT	195
Conclusions	195
RESUMEN	196
INTRODUCCIÓN	199
Posición geográfica e historia geológica de la Sabana de Bogotá	201
Clima actual de la Sabana de Bogotá y alrededores	205
Vegetación actual de la Sabana de Bogotá y alrededores	208
Bosque Andino	209
Weinmannietum tomentosae	209
Alnetum jorullensis	212
Quercetum	213
Bosque enano de páramo andino	214
Vaccinion floribundi y asociaciones relacionadas	214
Polyleprietum	215
Escalonietum	215
Praderas y rosulicaulon del Páramo Andino	216
Espeletietum	216
Acaenetum	217
Límite altitudinal del bosque y límite de las nieves	218
Deposición actual de polen	221
La perforación, los corazones y los sedimentos	222
Descripción de las especies	224
Quercus	224
Podocarpus	224
Hedyosmum	225
Myrica	225
Styloceras	225
Bocconia	225
Juglans	225

Weinmannia	225
Rapanea	226
Symplocos	226
Drimys	226
Ilex	226
Miconia	226
Urticaceae	227
Alnus	227
Gramineae	227
Acaena	227
Melastomataceae	228
Aragoa	228
Ericaceae	228
Geranium	228
Valeriana	229
Polygonum	229
Caryophyllaceae	229
Gentiana	229
Plantago	229
Jussiaea	230
Gaiadendron	230
Eugenia	230
Myrtaceae	230
Monocotyledoneae	230
Cyperaceae	231
Compositae (Tubuliflorae)	231
Compositae (Liguliflorae)	231
Umbelliferae	231
Hydrocotyle	231
Rumex	231
Borreria	232
Coniferae - tipo A y B	232
Ranunculus	232
Chenopodiaceae —Amaranthus— tipo	232
Panopsis	233
Valeriana stonophylla	233
Malvaceae	233
Tricolporites "tipo C"	234

Stephanoporites "tipo D"	234
Thalictrum - tipo	234
Evolvulus - tipo	234
Solanaceae	235
Polygalaceae	235
Hypericum	235
Dodonaea	235
Malpighiaceae	235
Cuphea	236
Gunnera	236
Cenothera	236
Amaranthaceae	236
Fuchsia	236
Cordia lanata	236
Daphnopsis - tipo	237
Compositae (Liguliflorae)	237
Dacrydium - tipo	237
Podocarpaceae - "Tipo E"	237
Mutisia	237
Aetanthus	237
Ribes	238
Croton	238
Berberis	238
Jamesonia	238
Lycopodium (foveolado)	238
Lycopodium (reticulado)	238
Cyatheaceae - tipo	239
Hymenophyllum - tipo	239
Hemitolia	239
Verrutriletes "tipo F"	239
Verrutriletes "tipo G"	239
Triletes "tipo I"	240
Triletes "tipo H"	240
Triletes "tipo J"	240
Triletes "tipo K"	240
Verrumonoletes	240
Psilamonoletes	240
Isoetes	241

Descripción e interpretación del diagrama. Interpretaciones y observaciones generales	241
Diagrama general	243
Curvas individuales	244
Las curvas de temperatura y precipitación	245
Las fechas del radiocarbono y su interpretación	253
Conclusiones	258
BIBLIOGRAFÍA	260

A B S T R A C T

Upper Pleistocene and Holocene climate and vegetation history of the Sabana of Bogotá (Colombia, South America)

The uppermost 32 metres of a 200 metres core of principally lake sediments Pleistocene and Holocene age from the Sabana of Bogotá were analysed on its pollen content, with a sample distance of 10-15 cms. The rest of the cores is being analysed and the diagram will be published later. The Sabana of Bogotá lies at an altitude of approximately 2560 metres above sea level, $4\frac{1}{2}^{\circ}$ - 5° North of the equator and 74° - $74\frac{1}{2}^{\circ}$ West of Greenwich. About seventy species, genera or families could be recognized.

From the diagram it may be deduced that glacial and interglacial periods affected the tropics in the same manner as Europe and North-America. It may also be deduced from the diagram, that the glacial periods were at the same time pluvials, and the interglacials interpluvials.

Curves for the real fluctuations of the forest-limit, for the changes of annual precipitation, and for the changes of temperature could be calculated. The temperatures during the high-glacial phases of the Würm-glacial were $\pm 8^{\circ}\text{C}$ lower than today, the forest limit came down some 1300 metres and the snowline even more.

Radiocarbon dates proved that the portions of the diagram considered to represent the Holocene and the last part of the high Würm glacial, respectively really corresponded to those ages. Moreover the temperature curve for the upper Pleistocene of the Sabana of Bogotá corresponds surprisingly well with the one published by Gross for Europe.

With this knowledge it seemed fully justified to correlate also the older phases with the glacials and interglacials of Europe and North America, using principally the alpine nomenclature. The lowest part of the diagram seems to correspond to the end of Riss I (=Drenthe stadial), followed by the Riss I-II interstadial, and the Riss II (=Warthe stadial). Then follows the Riss-Würm interglacial, the Würm-glacial (subdivided by two long interstadials together called Interpleniglacial), and the Holocene.

The more important conclusions of the present study are summarized in paragraph 12, which follows here in literal translation.

C O N C L U S I O N S

The more important conclusions of the present study may be summarized as follows:

1^o The tropics were equally effected by important temperature fluctuations, glacials and interglacials as the Northern temperate regions.

2^o The average year temperatures during the coldest phases of the Würm-glacial in the Andes of equatorial South America, were approximately 8°C lower than today. During the warmest phases of the interglacials these temperatures were about $2-3^{\circ}\text{C}$ higher than today. These figures are not essentially different from those calculated for Europe, and those found by Emiliani for surface ocean water. During the Riss I glacial, temperatures were apparently 11°C lower than today.

3° The glacials of the tropics are also periods with a major annual atmospheric precipitation, that is to say pluvials. The interglacials of the tropics are also periods with a minor annual atmospheric precipitation, that is to say interpluvials.

4° Minor fluctuations of the annual atmospheric precipitation occur during the glacials, partly independent of the minor temperature fluctuations. The late Würm and the late Riss I were relatively dry periods.

5° The fluctuations of the forest limit, at least in the equatorial Andes, did not depend only on temperature fluctuations, but also on fluctuations of the annual precipitation. A lower temperature caused a downward shift of the forest limit, but a higher annual precipitation forced it upward. For that reason the lowerings of the forest limit during glacial-pluvial phases were less than would correspond to the decrease of temperature only.

6° On the basis of the temperature curves for the Upper Pleistocene and Holocene and combined radio carbon dates, it may be said that the glacials and interglacials, and also the interstadials and probably the minor climatic fluctuations of the Holocene, of equatorial South America, are perfectly contemporaneous and may directly be correlated with the ones known from the temperate regions of the Northern hemisphere (see fig. 6).

7° The snow limit and the forest limit during the three glacial maxima (temperature minima) of the last portion of the Würm glacial (Pleniglacial II), were situated approximately as follows:

<i>Snow-limit</i>	<i>Forest-limit</i>
Mínimo 1° — 3050 m	2250 m
Mínimo 2° — 3025 m	2400 m
Mínimo 3° — 3215 m	2400 m

For the Riss I glacial maximum these ciphers are:

2800 m ± 1700 m

And the present day conditions:

4550 m 3200 m

8° In the late glacial and Holocene of the Sabana of Bogotá eight zones (numbered I-VIII) may be distinguished. In so far as C 14 dates are available, the zone limits seem to coincide very well with european zone-limits. The succession of dry-wet-dry-wet during the Holocene in the Sabana of Bogotá seems to correspond very well with the european Boreal-Atlantic-Subboreal - Suatlantic succession.

9° During the wet and cold glacial phases *Quercus* was one of the most common trees on the slopes of the mountains which surround the Sabana of Bogotá. During the drier and warmer interglacials the Quercetum was almost entirely replaced by a Weinmannietum or simmilar associations.

10° The following major subdivisions of the Upper Pleistocene (and Holocene) could be recognized in the Sabana of Bogotá (see also point 6): Holocene (with 5 zones); Late glacial; Würm-glacial: Pleniglacial II, Interpleniglacial (including two interstadials separated by a cold phase), Pleniglacial I; Riss-Würm interglacial; Riss-glacial: Riss II (=Warthe), Riss I-II interstadial, Riss I.

R E S U M E N

Los 32 metros superiores de un corazón de 200 metros, principalmente sedimentos de laguna de edad pleistocena y holocena de la Sabana de Bogotá, se analizaron sobre su contenido de polen, con una distancia entre muestras de 10 a 15 cms. El resto del corazón se está analizando, y el diagrama de esa parte se publicará más tarde.

A base de polen se pudieron reconocer aproximadamente setenta especies, géneros o familias, muchas de ellas por primera vez.

Se puede deducir del diagrama qué períodos glaciales e interglaciales afectaron al trópico, lo mismo que a Europa y Norte-América. También se colige del diagrama que los períodos glaciales fueron al mismo tiempo pluviales, y los interglaciales interpluviales.

Se calcularon curvas para las fluctuaciones del límite altitudinal del bosque, para los cambios de precipitación anual y para los cambios de la temperatura. Las temperaturas medias durante las principales fases de la glaciación Würm eran más o menos 8°C más bajas que las de hoy día; el límite altitudinal del bosque se bajó hasta 1.300 metros, y el límite de las nieves todavía más.

Las fechas obtenidas por medio de los análisis del radiocarbono, comprobaron que las partes del diagrama consideradas respectivamente como Holoceno y última parte de la glaciación Würm, efectivamente correspondieron a estas edades. Con estos conocimientos parece completamente justificado correlacionar también las fases más antiguas con las glaciaciones e interglaciales de Europa y Norte-América, utilizando la nomenclatura alpina. La parte inferior del diagrama parece corresponder al final de Riss I, seguido por el interstadial Riss I-II, y el Riss II (Warthe-stadial). Siguen entonces el interglacial Riss-Würm, el glacial Würm (subdividido por dos interstadales largas, juntos llamados Interpleniglacial, y varios interstadales de menor importancia), y el Holoceno.

Las conclusiones más importantes del presente estudio están resumidas en las conclusiones.

INTRODUCCION

La Sabana de Bogotá, una altiplanicie rodeada por montañas en la Cordillera Oriental de Colombia, siempre ha sido considerada como el fondo plano de una antigua laguna. También los Chibchas que vivieron en la Sabana, antes de la llegada de los conquistadores, tenían una leyenda según la cual la Sabana se convirtió en laguna. Esa leyenda nos cuenta, además, que Bochica, el héroe chibcha de piel blanca, abrió un camino a las aguas de la Sabana, en el sitio del actual Salto de Tequendama.

Cuando analizamos provisionalmente algunas muestras de pozos de la joven Formación de la Sabana, nos damos cuenta que esta formación de varios centenares de metros de espesor consistía casi enteramente de sedimentos de laguna, muy ricos en algas y polen. Parecía entonces que existía aquí una serie completa, y muy gruesa, de sedimentos del Pleistoceno y probablemente también del Plioceno, desarrollado en facies de laguna, ofreciendo la posibilidad de hacer un diagrama de polen completo y continuo desde el Plioceno Superior, pasando por todo el Pleistoceno y Holoceno, un ejemplo que sería casi único en el mundo.

Pero el problema era cómo conseguir corazones continuos cuidadosamente tomados de este material. Por este motivo se llevó a cabo una perforación especial a principios de 1957, en predios de la Ciudad Universitaria, con la ayuda del equipo de perforación de la Sección de Hidrogeología del Servicio Geológico Nacional, tomando corazones continuamente. A los 203 metros debajo de la superficie fue alcanzada la base de los sedimentos de laguna, que posan sobre arcillas rojas del Terciario Inferior.

Ahora presentamos los resultados del análisis de polen de los 33 metros superiores de esta sección, que comprende el Holoceno y el Pleistoceno Superior de la Sabana de Bogotá, 4½° al norte del Ecuador, a una altura de 2.560 metros.

Queremos expresar nuestra gratitud al doctor Enrique Hubach y al doctor Benjamín Alvarado, anteriores directores del Servicio Geológico Nacional, y al actual director, doctor Fernando Pava Silva, por haber facilitado la realización de este estudio, y al doctor Jaime López Casas, anterior Jefe de la Sección de Hidrogeología, por su ayuda en la ejecución técnica de la perforación.

También queremos agradecer a la Compañía Shell-Cóndor en Bogotá el habernos facilitado varios corazonadores y otros accesorios.

Schlumberger de Colombia ejecutó el registro eléctrico gratuitamente.

Recibimos del Año Geofísico Internacional (Subcomité de Glaciología), por medio del Reverendo Padre Jesús Emilio Ramírez, ayuda económica.

Los análisis de C-14 fueron llevados a cabo gratuitamente por el doctor H. Tauber, del Laboratorio de Copenhague, a petición del doctor Johs. Iversen.

El señor Enrique González, auxiliar de palinología de la Sección de Paleobotánica del Servicio Geológico Nacional, realizó muchos análisis y fue un colaborador continuo en este estudio. El señor Juan B. Perico, ayudante de laboratorio de la Sección de Paleobotánica, preparó todas las muestras y realizó valiosos trabajos en todas nuestras excursiones de campo.

Los colaboradores del Instituto de Ciencias, especialmente los señores Roberto Jaramillo y Jorge Hernández, contribuyeron esencialmente a este estudio, determinando las colecciones de plantas recientes, colaborando en los estudios de la vegetación actual y facilitando la colección de polen reciente de especímenes del herbario.

El señor Erwin Kraus nos suministró muchos datos, basados en sus propias observaciones, sobre la altura de las nieves en diferentes nevados; fue además nuestro guía e inestimable compañero de montaña en la Sierra Nevada de Santa Marta.

A todos estos amigos e instituciones, sin la ayuda de los cuales no hubiera sido posible terminar este estudio, nuestra más sincera gratitud.

2. POSICION GEOGRAFICA E HISTORIA GEOLOGICA DE LA SABANA DE BOGOTA

La Sabana de Bogotá es la más grande de varias altiplanicies de la Cordillera Oriental de Colombia, a una altura de aproximadamente 2.560 metros. Su posición geográfica (fig. 1) está entre los $4\frac{1}{2}^{\circ}$ y 5° norte del Ecuador, y los 74° y $74\frac{1}{2}^{\circ}$ oeste de Greenwich. La parte plana de la Sabana de Bogotá comprende un área de 1.400 kms.², sobre la cual se encuentran varias pequeñas ciudades o pueblos, y la capital de la República, Bogotá. La Sabana de Bogotá representa una cuenca casi completamente cerrada, rodeada por cerros, y drenada por el río Bogotá y sus afluentes, que tiene una sola salida en el Suroeste, vía Alicachín-El Charquito-Salto de Tequendama.

La situación actual es el resultado lógico de la historia geológica. Aunque la geología de la región se conoce bastante bien (Hubach, 1957; Burgl, 1957; Van der Hammen, 1957), todavía hay varios problemas estructurales por resolver.

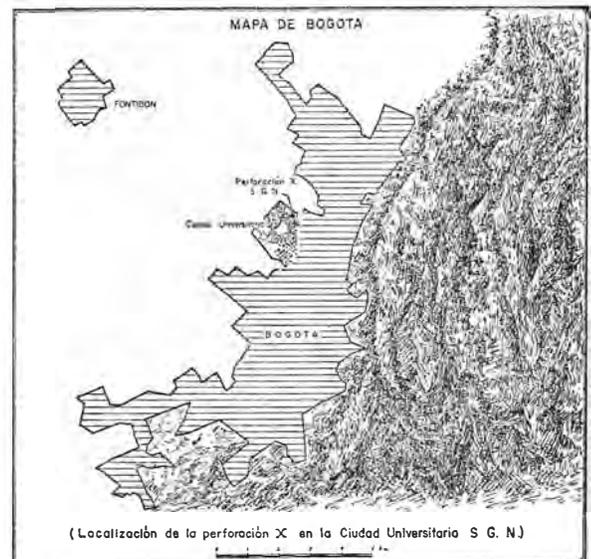
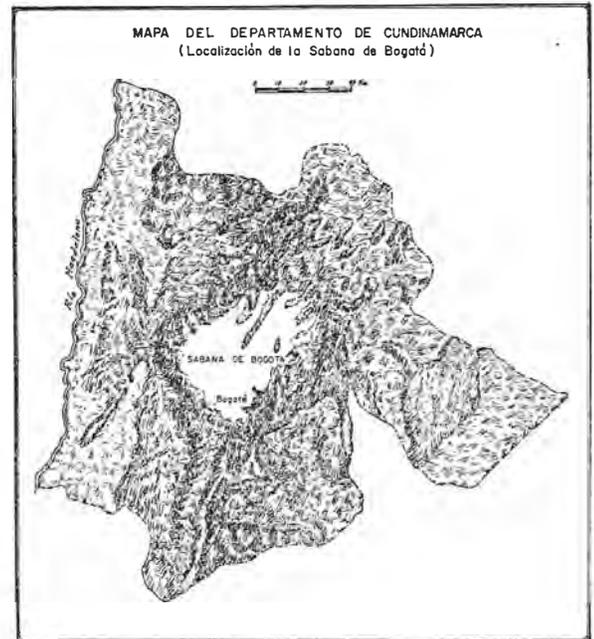
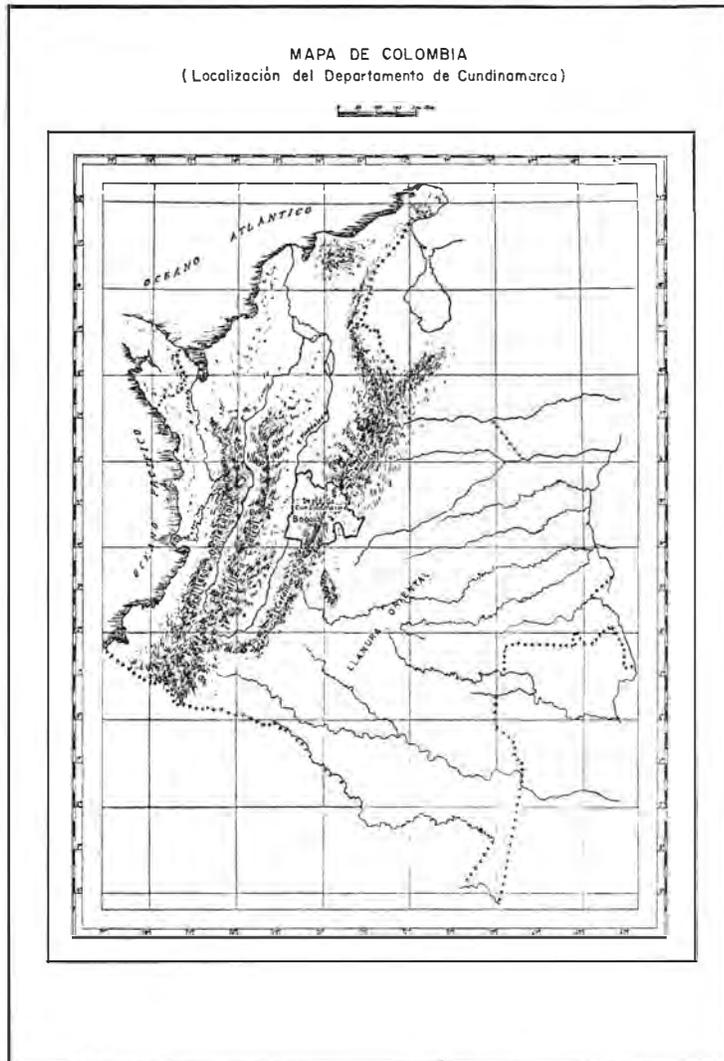
Durante el Cretáceo y el Terciario Inferior, la actual Sabana de Bogotá formaba parte del geosinclinal del Oriente Andino. Durante el Cretáceo Inferior se depositaron lutitas negras marinas con algunas capas de arenisca (Formación Villeta). Durante el Cretáceo Superior aumentó la sedimentación de las areniscas, y este período marino termina con la alternancia respectiva de areniscas y "plaeners", y finalmente, se deposita una arenisca llamada "arenisca tierna" (Formación Guadalupe). La "arenisca tierna", que es del Maestrichtiano Inferior. Encima de esta arenisca se encuentra la Formación Guaduas, de edad maestrichtiana superior, exceptuando la parte más superior, que ya es de edad paleocena. La Formación Guaduas presenta principalmente una facies intermedia hasta terrestre (lutitas y arcillas grises, areniscas y mantos de carbón). Es claro, por consiguiente, que el geosinclinal sufrió un ligero movimiento positivo durante la primera parte del Maestrichtiano, o el mar se retiró.

Nuevamente se realizaron movimientos poco después de principiar el Paleoceno, resultando en la sedimentación de areniscas (Areniscas del Cacho).

La Arenisca del Cacho forma la arenisca basal de la Formación Bogotá, de edad Paleoceno y Eoceno Inferior. Esta Formación Bogotá consiste principalmente en arcillas manchadas de rojo, y areniscas arcillosas. En la parte media de la formación se puede presentar una arenisca de grano grueso representando la base del Eoceno Inferior (Arenisca de Lenguazaque). En el valle del Tunjuelo, al sur de Bogotá, aflora la formación de Usme, encima de la Formación Bogotá. Esta formación consiste en una arenisca basal muy gruesa, de edad probable Eoceno Medio, y una serie de lutitas localmente con foraminíferos de Edad Eoceno Superior

MAPAS INDICANDO LA SITUACION DEL DEPARTAMENTO
DE CUNDINAMARCA, LA SABANA DE BOGOTA Y LA
PERFORACION X EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA

MAPS INDICATING THE LOCATION OF THE DEPARTMENT O
CUNDINAMARCA, THE SABANA DE BOGOTA, AND THE
BORING X IN THE UNIVERSITY PARK



hasta Oligoceno Inferior. Una arenisca con varios mantos de carbón indica aparentemente el principio del Oligoceno Medio.

Al principio del Oligoceno Superior, esta parte del geosinclinal del Oriente Andino que actualmente es la Cordillera Oriental, sufrió fuertes movimientos orogénicos: levantamiento y probablemente plegamiento (Van der Hammen, 1959). En este tiempo se empiezan a desarrollar las principales características estructurales y morfológicas de la Sabana. Este desarrollo fue completado durante el Mioceno, y el levantamiento principal tuvo lugar probablemente al principio del Plioceno. Entonces la Sabana era un valle sinclinal compuesto, ancho, profundo y cerrado. El hecho de que varias altiplanicies similares (pero más pequeñas) se encuentran aproximadamente a la misma altura en la Cordillera Oriental, parece indicar que debe haber alguna razón en la profundidad para su formación, pero no sabemos aún de qué se trata.

Una sección geológica este-oeste por la Sabana de Bogotá se puede ver en la figura 2.

Durante el Plioceno, y posiblemente el Pleistoceno más inferior, se depositó la formación de Tilatá en valles, desembocando en la propia Sabana, y cerca de la base de los cerros que la circundan. Esta formación consiste en arenas, cascajo, gredas y arcillas, y a veces diatomita, ceniza volcánica y caolín. Cerca a la base de la formación se encontraron frutas fósiles de *Hümiria cipacononsis* (Berry) Selling (Hubach, 1957), que indicarían que la Cordillera todavía se hallaba en un nivel mucho más bajo que el actual, pero en las partes más altas de la formación se encontró una flora de polen que indica un clima y una altura similar a la actual (Van der Hammen, 1957 y 1958). Lo cual parece sugerir que la Cordillera Oriental sufrió un fuerte levantamiento desde el principio de la deposición Tilatá. Esta formación no sufrió plegamiento de alguna importancia, pero presenta a veces pequeñas fallas.

Probablemente desde la última parte del Plioceno, por todo el Pleistoceno y Holoceno fue depositada la Formación de la Sabana en lo que actualmente es la parte plana de la Sabana. Esta formación consiste principalmente en sedimentos de laguna de un espesor generalmente entre 200 y 400 metros. La parte inferior podría representar una facies de laguna más profunda de la Formación Tilatá.

A distintas profundidades se encuentran capas de turba, demostrando que la laguna durante ciertos intervalos se convirtió parcialmente en pantano. Solamente los pocos metros superiores de la Formación de la Sabana no contienen sedimentos de laguna o de pantano, sino arcillas depositadas por inundaciones durante las estaciones húmedas. Estas inundaciones, no obstante el drenaje artificial, ocurren todavía hoy día, aunque en menor escala, en las partes bajas de la Sabana. El límite de los sedimentos de laguna con las arcillas de inundación coincide, como se mostrará más adelante, con el principio del mejoramiento del clima durante el final de la última glaciación.

Es obvio que, en el curso del Cuaternario, y probablemente durante la última parte del Plioceno, fueron erodadas por el río Bogotá y sus afluentes, grandes cantidades que se depositaron en la laguna de la Sabana en forma de arcilla y arena.

Así las montañas que rodean la Sabana de Bogotá eran naturalmente más altas al final del Plioceno de lo que son en la actualidad. Como

CORTE GEOLOGICO DE LA
CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA
(Principalmente según E. Hubach)

GEOLOGICAL SECTION THROUGH
THE EASTERN CORDILLERA OF COLOMBIA
(According to E. Hubach)

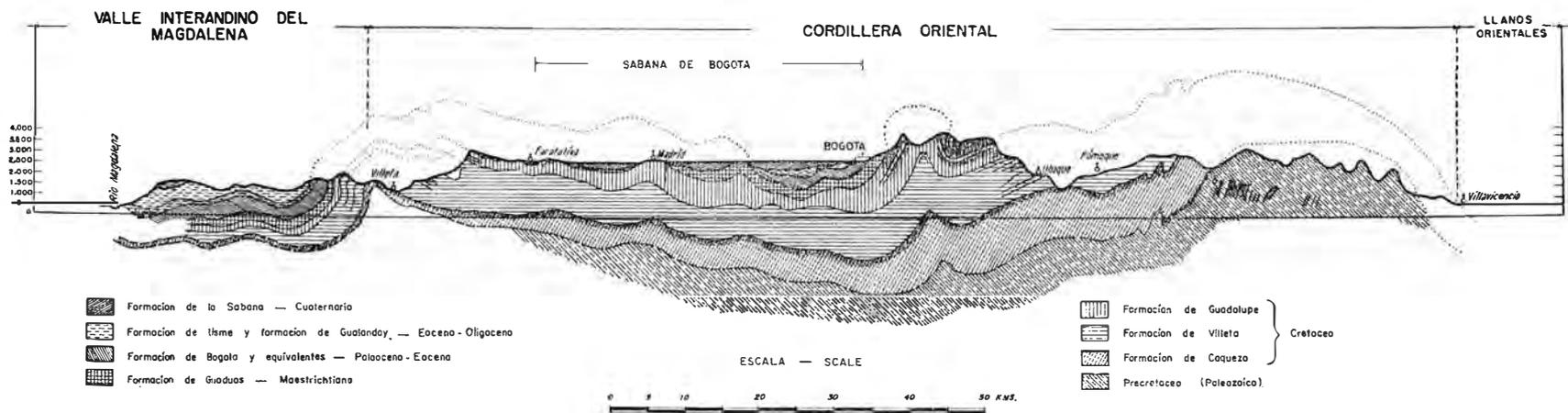


FIG. — 2

es importante para nuestro estudio el saber cuánto más altas eran esas montañas en el pasado, realizamos el siguiente cálculo aproximado:

El área de la parte plana de la Sabana de Bogotá es de 1.400 kms.² El espesor de los sedimentos de la Sabana no es constante, pero tiene un promedio de 300 m. Así, la parte plana de la Sabana contiene 420 kms.³ de material. Los sedimentos en los valles algo más altos no son muy gruesos, y la cantidad de material depositado allá se puede estimar en 80 kms.³ Así la cantidad total de sedimentos es aproximadamente de 500 kms.³ El área expuesta a erosión, es decir, el área de recogimiento del río Bogotá, menos su área de sedimentación (la parte plana de la Sabana de Bogotá y los valles planos algo más altos), es aproximadamente de 2.500 kms.² Extendiendo los 500 kms.³ de material equitativamente sobre dicha área, formarían una capa de 200 m de espesor. Así podemos sacar la conclusión de que las montañas que rodean la Sabana de Bogotá fueron aproximadamente 200 m más altas al final del Plioceno que hoy día. Si el tiempo de sedimentación fue de un millón de años, entonces la rata de sedimentación sería de 0.2 mm por año, 2 cms. por siglo o 20 cms. por milenio. Veremos más adelante que estas cifras están muy cercanas a la verdad.

3. CLIMA ACTUAL DE LA SABANA DE BOGOTA Y ALREDEDORES

La Sabana de Bogotá está situada a 4½° latitud norte del Ecuador y a una altura de 2.600 m. Esos dos factores determinan su clima.

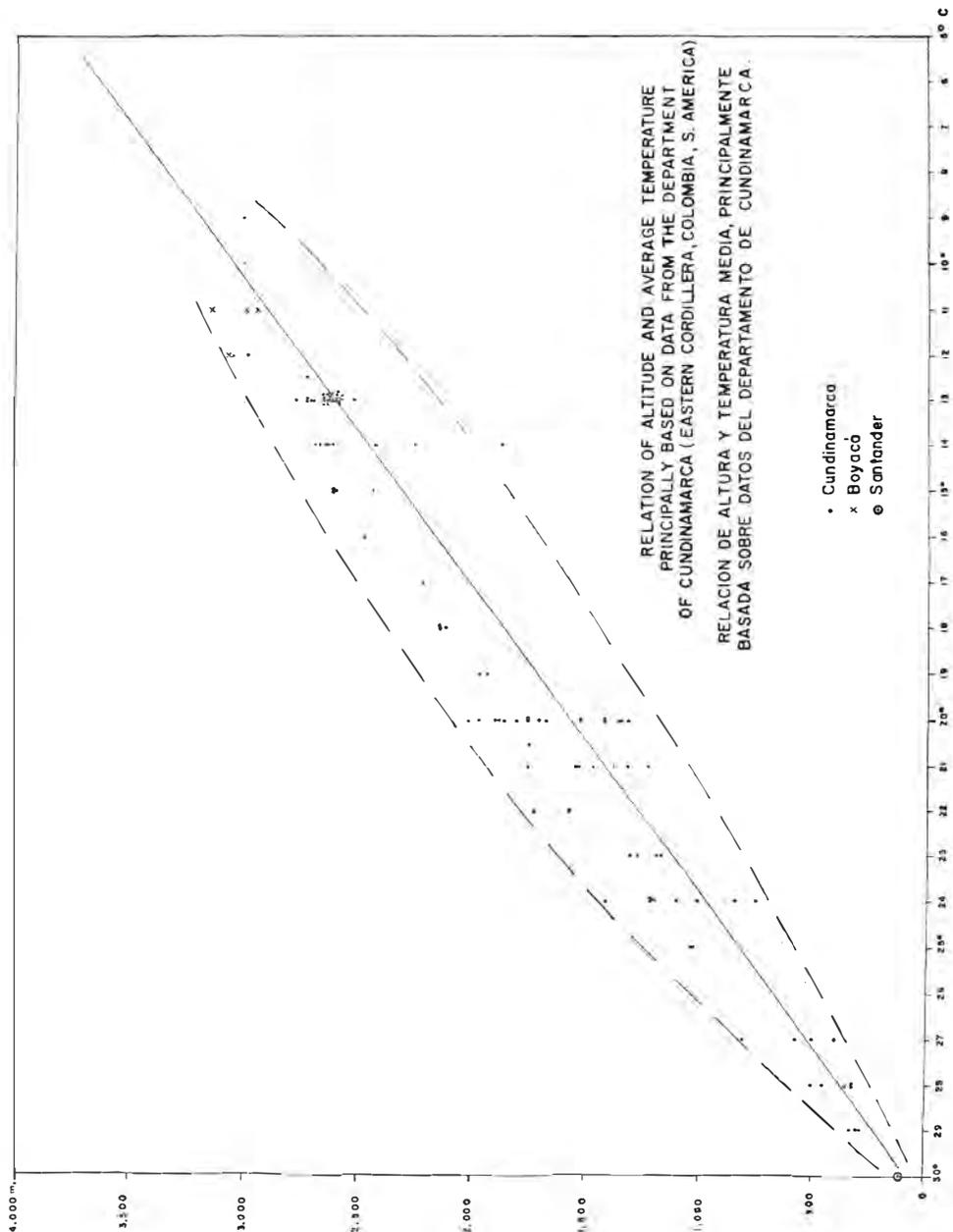
Para poder apreciar los cambios climáticos del Pleistoceno y del Holoceno, es necesario saber algo del clima actual del Departamento de Cundinamarca.

El centro del Departamento está ocupado por la altiplanicie de la Sabana de Bogotá; el Oeste comprende parte del valle tropical del río Magdalena, y el Este está compuesto en montañas altas hasta de 4.000 m de altura y de partes planas, los Llanos Orientales tropicales.

Para llegar a saber la relación de temperatura media y altura en Cundinamarca, utilizamos más de cien puntos en la figura 3. Lógicamente los puntos están relativamente distanciados por las condiciones locales de cada sitio (precipitación, viento); no obstante, vemos que el promedio forma claramente una línea recta. Esta línea da una temperatura teórica de más o menos 30.5°C al nivel del mar y de 0°C, más o menos 4.540 m. La última altura mencionada corresponde muy bien con el límite de las nieves de la Cordillera Oriental.

Podemos deducir de esta curva que la temperatura baja 2/3°C por cada 100 m que se asciende en la Cordillera (siempre que las condiciones locales no cambien).

La climatología de Cundinamarca fue tratada extensamente por Eidt (1952), quien clasificó los climas de este Departamento según el sistema de Köppen. Nos prolongaríamos demasiado el tratar este tema con más detalles, lo cual para nuestro trabajo no tiene objeto, pero los interesados pueden consultar el mencionado estudio de Eidt. Solamente queremos indicar los siguientes hechos mencionados por Eidt. En la Sa-



bana de Bogotá se pueden reconocer dos estaciones húmedas alternando con dos estaciones secas (véase fig. 4). Las estaciones húmedas se presentan en abril-mayo y octubre-noviembre. Las temperaturas promedio son más bajas durante los meses secos y más altas durante los meses de lluvia. Esto depende principalmente del hecho de que la radiación durante la noche es mucho más grande si no hay cubierta de nubes (las heladas ocurren a veces en la Sabana de Bogotá durante las estaciones secas).

Eidt da la siguiente explicación de las dos estaciones húmedas:

“El Departamento de Cundinamarca está situado en la zona donde generalmente se encuentran los vientos alisios de ambos hemisferios. En

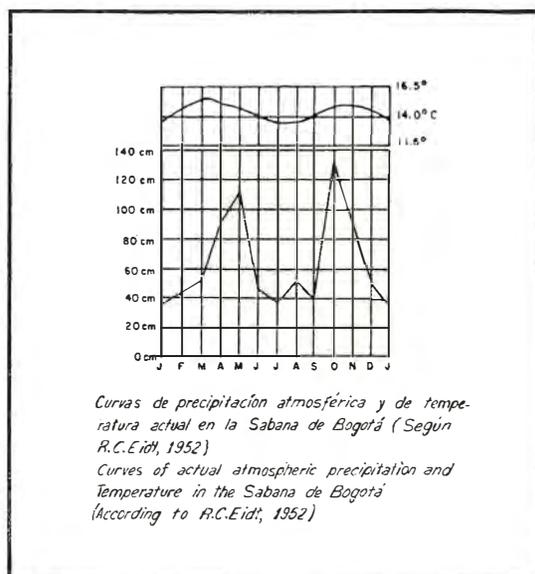


FIG. 4a

esta zona los vientos son frecuentemente variables. Las fuertes lluvias que caen en esta zona son causadas principalmente por la convergencia, de tal manera que mientras el sol pasa de un trópico a otro cada año, ocurren dos períodos de máxima precipitación: uno cuando el sol se mueve hacia el Norte y el otro cuando se mueve hacia el Sur”.

La imagen general de 4 estaciones equivalentes alternando de seco a húmedo puede cambiar yendo hacia el Oeste o hacia el Este desde la Sabana. Hacia el Oeste el período seco de junio a septiembre puede ser mucho más pronunciado que el otro, y hacia el Este el período seco de diciembre a febrero puede ser mucho más pronunciado.

Mientras que la precipitación total anual en la Sabana de Bogotá es relativamente baja, NW y SE aumenta notablemente.

La precipitación anual de la Sabana de Bogotá es de 600-900 mm, con máximas locales hasta de 1.390 mm (cerca de Bogotá). Bajando de la Sabana hacia el NW, aumenta la precipitación hasta 2.850 mm en la región de Sasaima (fig. 4b).

El borde occidental de la Sabana está situado a la sombra de las lluvias, y por eso allí están las regiones más secas (vegetación xerofítica de Mosquera, etc.).

Por otro lado, ocurre una precipitación mucho mayor en los declives occidentales de los cerros que forman el límite occidental de la Sabana, los cuales caen muy inclinados hacia regiones más cálidas. Esos declives se hallan en muchas partes casi continuamente cubiertos con nubes y neblina. Este hecho parece ser la principal razón de la diferencia de vegetación entre esos declives con la vegetación de los declives de los cerros al oriente de la Sabana; una diferencia clara existe entre Weinmannietum (bosques relativamente secos con temperaturas máximas más altas y mínimas más bajas), y el Quercetum o asociaciones relacionadas (bosques relativamente húmedos o bosques nublados, con diferencias de temperatura menos grandes).

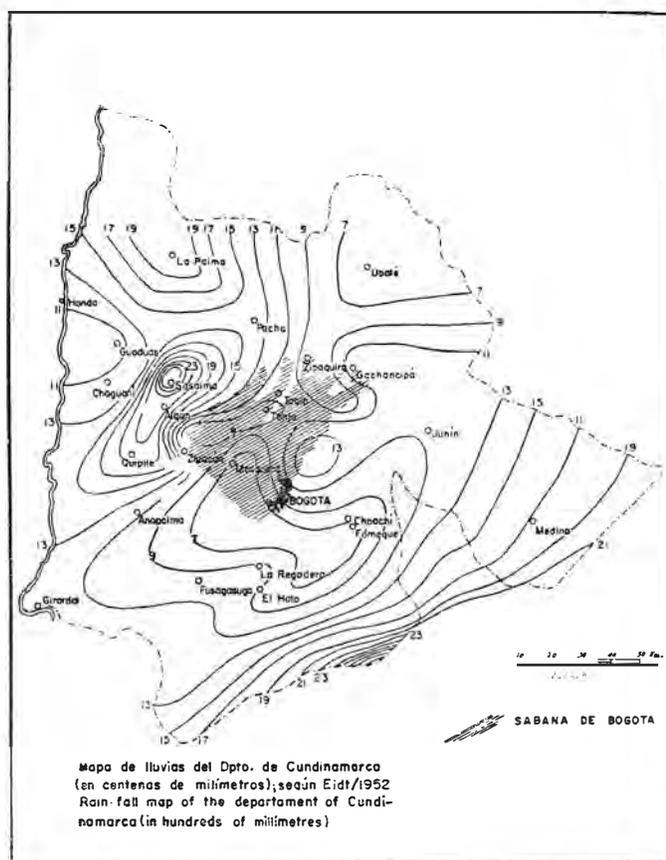


FIG. 4

4. VEGETACION ACTUAL DE LA SABANA DE BOGOTA Y ALREDEDORES

Aunque el contenido específico de la flora de la Cordillera Oriental es relativamente bien conocido, verdaderos estudios sociológicos de la vegetación fueron sólo publicados por Cuatrecasas (1934). Estas observaciones sociológicas, según el mismo autor, no pretenden ser completas. Si se considera el corto tiempo en que realizó sus "observaciones", no se puede sino admirar profundamente este trabajo, que en realidad da una gran cantidad de datos importantes.

Usaremos en el presente estudio los nombres y definiciones de Cuatrecasas. Estas asociaciones, que no fueron estudiadas por Cuatrecasas, y que no obstante son de gran importancia para el estudio de la historia de la vegetación, fueron investigadas por los doctores Roberto Jaramillo y Jorge Hernández (ambos del Instituto de Ciencias Naturales) y el autor.

Se pueden distinguir en la Cordillera Oriental las siguientes zonas mayores de vegetación (Cuatrecasas, 1934) :

	Límites altitudinales aproximados cerca de Bogotá
Nieve perpetua	4.580 m
Praderas y rosulicaulon del páramo andino	3.200 — 3.300 m
Bosque enano del páramo andino	3.000 — 3.200 m
Bosque andino	± 2.400 m
Bosque subandino	
Selva tropical	

De estas zonas, las tres superiores son de importancia para el presente estudio, y serán discutidas más en detalle.

Al bosque andino pertenecen el Weinmannion y el Quercion, a los cuales pertenecen la mayoría de las asociaciones. Una asociación especial, aunque relacionada con el Weinmannietum, es el bosque de la parte plana de la Sabana de Bogotá, y también el edaficamente determinado Alnetum.

A la próxima zona altitudinal (bosque enano del páramo andino), pertenece el Vaccinion, ciertos derivados del Weinmannion y algunos otros tipos de bosque enano.

A la zona más alta (praderas y rosulicaulon del páramo andino) pertenece el Espeleton.

Hay que recordar que los límites altitudinales de estas zonas pueden cambiar considerablemente según las condiciones locales del microclima. De esta manera el Weinmannion y el Vaccinion pueden subir considerablemente más alto en valles o declives protegidos del viento, etc. Es de importancia anotar que hay muchas variaciones locales en las asociaciones, y que en las siguientes descripciones sólo se han mencionado algunas de las más importantes.

El término "páramo" que se utiliza aquí no se puede definir estrictamente; popularmente se usa para las partes altas y frías de las montañas. En el presente estudio el término se refiere a estas partes elevadas de la Cordillera, que están cubiertas con praderas y rosulicaulon, o con el bosque enano cerca del límite altitudinal del bosque.

BOSQUE ANDINO

Weinmannietum tomentosae (Cuatrecasas, 1934).

En los declives de las montañas que forman el borde oriental de la Sabana de Bogotá, y más hacia el oriente en la Cordillera, la vegetación climax original más común es un bosque bastante alto con *Weinmannia tomentosa* L. f. como especie constante y frecuentemente dominante. En las partes bajas de los declives la vegetación climax original fue entera o parcialmente destruída por la influencia del hombre, pero en varios sitios a una altura de 2.800 a 3.100 metros puede todavía hallarse intacto sobre extensiones relativamente grandes. Los declives cubiertos de Weinmannietum tienen, hasta donde se pudo controlar, una precipitación total

anual de aproximadamente 650-900 mm. La temperatura media anual se halla entre 9° y 14°C. Hay dos estaciones secas (diciembre-marzo y junio-septiembre) y dos estaciones húmedas (abril-mayo y octubre-noviembre). Cuatrecasas (1934) menciona entre otras las especies siguientes del Weinmannietum cerca de Guasca:

<i>Weinmannia tomentosa</i>	<i>Clethra chrysolenea?</i>
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	<i>Oreopanax discolor</i>
<i>Hesperomeles goudotiana</i>	<i>Clusia</i> sp. div.
<i>Drimys granatensis</i>	<i>Tibouchina grossa</i>
<i>Bucketia glutinosa</i>	<i>Berberis goudotii</i>
<i>Vallea atipularis</i>	<i>Myrica parviflora</i>
<i>Gynoxis trianae</i>	<i>Pernettya pentlandii</i>
<i>Baccharis floribundum</i>	<i>Ribes colombianum</i>
<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	<i>Rubus floribundus</i>
<i>Miconia eleaoides</i>	<i>Rubus loxensis</i>
<i>Miconia summa</i>	<i>Rubus nubigenus</i>
<i>Miconia ligustrina</i>	<i>Salpichroa</i> aff. <i>diffusa</i>
<i>Hypericum hartwegii</i>	<i>Muchlenbeckia tamnifolia?</i>
<i>Rapanea ferruginea</i>	<i>Passiflora lanata</i>
<i>Senecio lanatus</i>	<i>Gaultheria coccinea</i>
<i>Viburnum suratence</i>	<i>Gaultheria lanigera</i>
<i>Vaccinium floribundum</i>	<i>Diplostephium phyllicoides</i>
<i>Gaultheria anastomosans</i>	<i>Valeriana oblongifolia</i>
<i>Cavendishia cordifolia</i>	<i>Bomarea tomentosa</i>
<i>Macleania nitida</i>	<i>Blechnum moritzianum</i>
<i>Ceratostema parvifolium</i>	<i>Alsophila</i> sp.
<i>Cavendishia guascensis</i>	<i>Lycopodium complanatum</i>
<i>Miconia salicifolia</i>	<i>Peperomia blanda</i>
<i>Bejaria aestuans</i>	<i>Pilea</i> aff. <i>jamesoniana</i>
<i>Bejaria resinosa</i>	<i>Cortaderia colombiana</i>
<i>Aragoa abietina</i>	<i>Chusquea tessalata</i>
<i>Arcytophyllum nitidum</i>	<i>Tillandsia recurvata</i>
<i>Perilochroa lindenianum</i>	<i>Tillandsia turneri</i>
<i>Gaylussacia buxifolia</i>	<i>Guzmania</i> sp.
<i>Hypericum goyanesii</i>	<i>Pleurothallis</i> sp.
<i>Hypericum mexicanum</i>	<i>Hymenophyllum</i> sp.
<i>Hypericum laricifolium</i>	<i>Aetanthus mutisii</i>
<i>Hypericum brathys</i>	<i>Gaiadendron tagui</i>

Entre 2.600 y 2.800 metros la vegetación se halla parcialmente destruída (recientemente o en el pasado) por el hombre. La vegetación de arbustos y bosque bajo no representa en general la vegetación de climax original.

A menudo distintas especies de *Miconia* son muy frecuentes en esas vegetaciones secundarias y en otros sitios *Alnus jorullensis* o varias especies de Ericaceas pueden volverse especies frecuentes. Una especie interesante en la vegetación climax como en las secundarias, es *Bocconia frutescens*.

Cuatrecasas describe de una altura de 2.650-2.750 metros, cerca de Bogotá, la "Consocietas de *Cordia lanata*", con *Cordia lanata* como espe-

cie más constante, con las siguientes plantas formando la mayoría: *Vallea stipularis*, *Palicaurea lineariflora*, *Palicaurea angustifolia*, *Clusia*, *Baccharis floribundum*, *Stevia lucida*, *Piper croccatum*, *Oreopanax incisum*, *Miconia*, *Durantha mutisii*, *Solanum cornifolium*, *Cavendishia cordifolia*, *Lantana* y *Eupatorium*. Otras especies importantes son: *Alnus jorullensis* var. *ferruginea*. *Weinmannia tomentosa*, *Rapanea ferruginea*, *Croton bogotatum*, *Miconia* sp. div., *Bomarea frondea*, *Pteridium aquilinum*, etc. Cuatrecasas considera esta vegetación como muy cerca a un climax.

No obstante, parece ser difícil reconstruir con seguridad la vegetación de las partes bajas de los declives de las montañas que circundan la Sabana. Probablemente era muy semejante, si no casi idéntico, al *Weinmannietum tomentosae*, con la única diferencia de pequeños cambios en la frecuencia de varias plantas; *Alnus jorullensis*, *Vallea stipularis*, *Cordia lanata*, *Palicaurea*, *Piper*, *Bocconia* y *Croton bogotatum* pueden haber sido más frecuentes, mientras que otras especies como *Drimys*, *Ribes*, *Valeriana*, *Aragoa*, etc., pueden haber sido menos frecuentes o en parte ausentes.

Iliëto Valleetum Eugenietoso (J. Hernández, inédito).

La propia parte plana de la Sabana de Bogotá está cubierta hoy día casi completamente por praderas cultivadas. No obstante, existen todavía en unos pocos sitios restos de bosque, especialmente cerca de Suba. Junto con el señor Jorge Hernández hicimos las siguientes observaciones y el siguiente inventario:

Las especies dominantes son:

Ilex kunthiana y *Vallea stipularis*.

Subdominante es:

Eugenia foliosa.

Además, se encontraron las siguientes especies:

<i>Alnus jorullensis</i>	<i>Polymnia pyramidalis</i>
<i>Symplocos</i> sp.	<i>Miconia reclinata</i>
<i>Hesperomeles</i> sp.	<i>Senecio americanus</i>
<i>Piper bogotense</i>	<i>Cestrum buxifolium</i>
<i>Verbesina crassiramia</i>	<i>Cestrum melanochloranthum</i>
<i>Alchemilla</i> sp.	<i>Physalis peruviana</i>
<i>Salvia palaeifolia</i>	<i>Polygonum nepalense</i>
<i>Oxalis</i> sp.	<i>Muehlenbeckia</i> sp.
<i>Hydrocotyle</i> sp.	<i>Plantago</i> sp.
<i>Cynanchum</i> sp.	<i>Eupatorium fastigiatum</i>
<i>Borreria anthospermoides</i>	<i>Peperomia</i> sp.
<i>Castilleja</i> sp.	<i>Baccharis floribunda</i>
<i>Solanum caripense</i>	<i>Rubus bogotensis</i>
<i>Nertera (Gomozia)</i> sp.	<i>Rubus floribundus</i>
<i>Salpichroa tristis</i>	<i>Rubus guianensis</i>
<i>Bomarea</i> sp.	<i>Rubus glaucus</i>

Senecio formosus
Prunus serotina
Solanum nigrum
Rhamnus goudotianus

Polypodium angustifolium
Polypodium murorum
Polypodium lanceolatum
Dryopteris paleacea

Las diferencias de esta asociación con el Weinmannietum podrían principalmente depender de condiciones edáficas y de suelo.

Las especies dominantes o subdominantes *Ilex*, *Vallea* y *Eugenia* pueden encontrarse a niveles mucho más altos, en parte hasta el propio límite altitudinal del bosque, pero son en general especies no muy frecuentes del Weinmannietum. En la parte plana de la Sabana de Bogotá, ellas llegan a dominar, y *Weinmannia* es en general mucho más rara, o puede hasta faltar por completo.

La temperatura promedio anual de la parte plana de la Sabana es aproximadamente 13° a 14°C y la precipitación atmosférica anual alrededor de 700-900 mm.

Alnetum jorullensis (J. Hernández, inédito).

En sitios húmedos e inundados de la parte plana de la Sabana (antiguos lechos de río, etc.), se desarrolla una vegetación, que forma turba, muy parecida al Alnetum de la zona templada del hemisferio norte.

En la Sabana de Bogotá, *Alnus jorullensis* var. *ferruginea*, es la especie dominante de esta asociación.

El Alnetum debe haber sido muy común en las partes bajas de la Sabana, inundadas durante las estaciones húmedas. Pero hoy día sólo se han quedado unos pocos restos de esta asociación.

Alnus jorullensis se encuentra también en el Weinmannietum hasta alturas de 3.100 m y posiblemente más. En la Sierra Nevada del Cocuy la encontramos a una altura de 3.500 m.

El siguiente inventario de plantas fue hecho por el señor J. Hernández y el autor en un Alnetum bien preservado al norte de Funza:

Alnus jorullensis
Miconia reclinata
Eupatorium fastigiatum
Cestrum buxifolium
Cuphea racemosa
Prunus serotina
Epilobium sp.
Jussiaea peruviana
Prunella vulgaris
Solanum nigrum
Lachemilla aphanoides
Oxalis sp.
Verbena sp.
Polygonum hydropiperoides
Calceolaria palustris
Galium trianae
Stellaria cuspidata
Lachemilla c.f. mutisii

Rubus floribundus
Rubus nubigenus
Rubus glaucus
Borreria anthospermoides
Lythrum maritimum
Geranium sp.
Baccharis revoluta
Stachys sp.
Nertera granadensis
Carex sp.
Cortaderia sp.
Scirpus californicus
Cynanchum tenellum
Polypodium angustifolium
Blechnum sp.
Dryopteris sp.
Equisetum bogotense.

Quercetum

Un *Quercetum* se puede presentar en la Cordillera Oriental a alturas entre 2.500 y 3.600 metros. En la Cordillera inmediatamente al oriente de la Sabana de Bogotá, el *Quercetum* es completamente ausente, pero aparece en el flanco occidental de los cerros que forman el límite occidental de la Sabana, y que demuestran un declive bastante fuerte hacia regiones más cálidas. Aquí corrientes de aire de regiones más bajas, saturadas con vapor de agua, son forzadas a subir hasta la altura de la Sabana, resultando en una nubosidad fuerte y casi continua y una precipitación atmosférica anual más alta.

También en el Departamento de Boyacá se encuentra un *Quercetum* en muchas partes y que sube hasta una altura de 3.600 m, y posiblemente hasta más. Esto se debe probablemente a una precipitación más alta y frecuente nubosidad, lo que no permite descensos mayores de la temperatura por radiación durante noches claras, etc.

Así vemos que uno de los factores principales para la presencia de un *Quercetum* de este tipo en vez de un *Weinmannietum*, es con la mayor probabilidad una precipitación anual más alta y una nubosidad más continua. El suelo no parece ser de importancia en este caso, ya que ambos, el *Quercetum* y el *Weinmannietum*, se encuentran especialmente sobre areniscas.

Los siguientes géneros y especies fueron encontrados por R. Jaramillo, J. Hernández, E. González y el autor en el *Quercetum* cerca del límite de los Departamentos de Boyacá y Santander:

<i>Quercus lindenii</i>	<i>Bocconia</i>
<i>Quercus humboldtii</i>	<i>Panopsis</i>
<i>Tibouchina lepidota</i>	<i>Cedrela</i>
<i>Cinchona</i>	<i>Hedyosmum</i>
<i>Carica</i>	<i>Rapanea</i>
<i>Gunnera</i>	<i>Myrica</i>
<i>Podocarpus</i>	<i>Miconia</i>
<i>Pilea</i>	<i>Berberis</i>
<i>Soralea</i>	<i>Gaiadendron</i>
<i>Rhamnus</i>	<i>Clethra</i>
<i>Siphocampylus</i>	<i>Palicaurea</i>
<i>Piper</i>	<i>Persea</i>
<i>Weinmannia</i>	Etc.

Una lista de géneros y especies hecha entre 3.060 y 3.450 metros de altura en el *Quercetum* del Alto de Onzaga (Boyacá), es la siguiente:

<i>Quercus lindenii</i> (dominante)	<i>Oreopanax</i>
<i>Vallea stipularis</i>	<i>Palicaurea</i>
<i>Vaccinium</i>	<i>Psychotria</i>
<i>Clusia</i> sp. div.	<i>Persea mutisii</i>
<i>Weinmannia tomentosa</i>	<i>Viburnum</i>
<i>Rapanea guyanensis</i>	<i>Symbolanthus</i>
<i>Rapanea ferruginea</i>	<i>Bomarea</i>
<i>Schefflera</i>	<i>Hedyosmum bonplandianum</i>

<i>Macleanea</i>	<i>Passiflora</i>
<i>Gaiadendron punctatum</i>	<i>Cestrum</i>
<i>Ternstroemia</i>	<i>Aethanthus</i>
<i>Cavendishia</i>	<i>Gaultheria</i>
<i>Clethra fimbriata</i>	<i>Brunellia</i>
<i>Vernonia karstenii</i>	<i>Podocarpus oleifolius</i>
<i>Panopsis suaveolens</i>	<i>Compositae</i> indet
<i>Eugenia</i>	<i>Myrsinaceae</i> indet
<i>Diplostegium</i>	<i>Myrtaceae</i> indet
<i>Berberis</i>	<i>Blechnum</i>
<i>Gaultheria</i>	<i>Elaphoglossum</i>
<i>Symplocos</i>	<i>Polypodium glaucophyllum</i>
<i>Rhamnus</i>	<i>Polypodium</i> sp.
<i>Miconia</i> sp. div.	

De esta lista se entenderá que el Quercetum y el Weinmannietum tienen muchos géneros y especies en común. Hasta la misma *Weinmannia* (varias especies) está presente en el Quercetum; pero mientras *Quercus* es la dominante del Quercetum, no se encuentra ni un solo *Quercus* en el Weinmannietum de la Sabana de Bogotá y alrededores.

BOSQUE ENANO DEL PARAMO ANDINO

Vaccinium floribundi y asociaciones relacionadas.

Cerca del límite altitudinal del bosque se puede presentar una zona transicional del bosque enano. Esta zona irregular puede empezar cerca de Bogotá a 3.000 - 3.200 m y terminar a 3.200 - 3.300 m. Cuatrecasas (1934) describe el *Vaccinium floribundi* de la Cordillera Oriental, con las siguientes especies dominantes (arbustos y árboles pequeños):

<i>Vaccinium floribundum</i>	<i>Senecio lanatus</i>
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	<i>Weinmannia tomentosa</i>
<i>Clethra chrysolauca</i>	<i>Hypericum laricifolium</i>
<i>Miconia eleaoides</i>	<i>Gaultheria anastomosa</i>
<i>Miconia summa</i>	<i>Tibouchina grossa</i>
<i>Hypericum hartwegii</i>	<i>Miconia salicifolia</i>

Asociaciones idénticas o similares se encuentran a alturas hasta 3.600 m o más en pequeños valles protegidos del viento, detrás de paredes naturales de roca, etc. Asociaciones de este tipo encontradas a alturas entre 3.500 y 3.600 m por J. Hernández, E. González y el autor en el Páramo de Palacio, pueden contener como especies dominantes:

<i>Miconia summa</i>	<i>Aragoa</i> sp.
<i>Hypericum</i> sp.	<i>Diplostegium</i> sp.
<i>Vaccinium floribundum</i>	<i>Valeriana arborea</i>

Además, se encuentran en general *Ribes* y *Berberis*, pero *Weinmannia* es prácticamente ausente.

Polylepietum

Un tipo especial de bosque enano es el *Polylepietum*, encontrado frecuentemente en tramos a alturas bastante encima del límite altitudinal del bosque local. Esta asociación puede a veces alcanzar el aspecto de un verdadero bosque alto, con árboles hasta de 7-10 m y más. El siguiente inventario de especies fue hecho por R. Jaramillo, J. Hernández, E. González y el autor, de un *Polylepietum* sobre suelo de morrena a una altura de 3.400 m en el Páramo de Guantiva:

<i>Polylepis boyacensis</i> (dominante)	<i>Gaylussacia buxifolia</i>
<i>Hypericum mexicanum</i>	<i>Senecio</i>
<i>Hypericum</i> sp.	<i>Bidens rubifolia</i>
<i>Arcythophyllum</i>	<i>Befaria</i>
<i>Clethra</i>	<i>Bomarea</i>
<i>Vallea stipularis</i>	<i>Chusquea</i>
<i>Aragoa</i>	<i>Espeletia verrositae</i>
<i>Weinmannia</i>	<i>Espeletia glandulosa</i>
<i>Miconia</i>	<i>Niphogeton</i>
<i>Bucquetia</i>	<i>Halenia</i>
<i>Berberis</i>	<i>Cerastium</i>
<i>Vaccinium</i>	<i>Paepalanthus</i>
<i>Ilex</i>	<i>Ranunculus</i>
<i>Gynoxis</i>	<i>Geranium</i>
<i>Macleanea rupestris</i>	<i>Eryngium</i>
<i>Hesperomeles</i>	<i>Excremis</i>
<i>Symplocos</i>	<i>Rubus</i>
<i>Pernetia prostrata</i>	<i>Blechnum</i>
<i>Gaultherium</i>	<i>Jamesonia</i>
<i>Tibouchina</i>	<i>Elaphoglossum</i>
<i>Syphocampylus columnae</i>	

En la Sierra Nevada del Cocuy encontramos un *Polylepietum*, desarrollado como un bosque alto, hasta alturas de 4.000 metros.

Escalonietum

En la "Ciénaga del Visitador" (Páramo de Guantiva) se encontró otro tipo de bosque enano, de 2.5 m de altura, sobre suelo turboso (pantano), a una altura de 3.300 m.

El siguiente inventario fue hecho de este *Escalonietum* por R. Jaramillo, J. Hernández, E. González y el autor:

<i>Escallonia myrtilloides</i> (dominante)	<i>Galium</i>
<i>Eupatorium fastigiatum</i> (codominante)	<i>Paepalanthus</i>
<i>Senecio subbruncinatus</i>	<i>Vicia andicola</i>
<i>Hypericum struthoeolaefolium</i>	<i>Puya</i>
<i>Hypericum</i> sp.	<i>Gentiana</i> (2 esp.)
<i>Niphogeton</i>	<i>Xyris</i>

<i>Halenia</i>	<i>Cerastium</i>
<i>Cortaderia</i>	<i>Festuca</i>
<i>Cyperaceae</i>	<i>Lycopodium</i>
<i>Geranium</i>	

En sitios con agua abierta:

<i>Potamogeton</i>	<i>Marsilia</i>
--------------------	-----------------

Praderas y rosulicaulon del Páramo Andino.

Desde 3.200 o 3.300 m para arriba (en la Cordillera Oriental, cerca de Bogotá), grandes áreas son ocupadas por asociaciones en su mayoría caracterizadas por diferentes especies de *Espeletia* (frailejón). En la parte baja de esta zona, pequeños arbustos son todavía comunes al lado de las gramíneas, como *Hypericum*, *Galtheria*, *Pernettya*, *Vaccinium*, *Arcytophyllum*, *Diplostephium*, etc.; pero en las partes más altas, las gramíneas, especialmente *Calamagrostis* y *Chusquea*, pronto se vuelven las dominantes.

Espeletietum

Cuatrecasas (1934) da la siguiente lista de especies de su *Espeletietum argenteae calamagrostiosum* del Páramo de Guasca (3.300-3.460 m):

<i>Espeletia argentea</i>	<i>Geranium multiceps</i>
<i>Espeletia grandiflora</i>	<i>Azorella multifida</i>
<i>Gaultheria anastomosans</i>	<i>Paepalanthus karstenii</i>
<i>Diplostephium phyllicoides</i>	<i>Acaena cylindrostachya</i>
<i>Hypericum laricifolium</i>	<i>Ranunculus peruvianus</i>
<i>Pernettya pentlandii</i>	<i>Rhizocephalum candoleii</i>
<i>Arcytophyllum aristatum</i>	<i>Castratella piloselloides</i>
<i>Gaultheria mutisiana</i>	<i>Erigeron hybridus</i>
<i>Niphogeton glaucescens</i>	<i>Eryngium humile</i>
<i>Lobelia tenera</i>	<i>Paepalanthus ensiolius</i>
<i>Cosmos chrysanthemifolius</i>	<i>Halenia pauana</i>
<i>Senecio formosus</i>	<i>Rhychospora ruiziana</i>
<i>Halenia asclepiadea</i>	<i>Orthosanthus ocisapunga</i>
<i>Bartschia pedicularioides</i>	<i>Cerastium caespitosum</i>
<i>Alchemilla gallioides</i>	<i>Calamagrostis effusa</i>
<i>Elaphoglossum caulolepis</i>	<i>Festuca</i> sp.
<i>Jamesonia glutinosa</i>	<i>Paspalum humboldtianum</i>
<i>Lupinus paniculatus</i>	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>

Turberas son muy abundantes en la zona del *Espeletion* y *Sphagnum*; cubre el suelo sobre grandes extensiones. En la parte alta de esta zona, en el Páramo de Palacio, con muchas turberas, las siguientes plantas son abundantes:

<i>Calamagrostis</i>	<i>Stachys</i>
<i>Chusquea</i>	<i>Bomarea</i>
<i>Festuca</i>	<i>Lachemilla</i>

<i>Geranium</i>	<i>Ranunculus</i>
<i>Halenia</i>	<i>Paepalanthus</i>
<i>Gentiana</i>	<i>Jamesonia</i>
<i>Bartschia</i>	<i>Blechnum</i>
<i>Valeriana stenophylla</i>	<i>Elaphoglossum</i>
<i>Valeriana</i> sp.	<i>Polypodium</i>
<i>Rhizocephalum</i>	<i>Sphagnum</i>

Aunque no se encontró *Isoetes*, esporas de esta planta son muy comunes en la turba de los mismos sitios.

Acaenetum

Una asociación muy curiosa, con *Acaena cylindrostachya* como especie dominante se encuentra en los páramos arriba del límite altitudinal del Quercetum en Boyacá (Alto de Onzaga, Páramo de Guantiva, etc.). También lo encontramos en la Sierra Nevada del Cocuy en altura hasta más de 4.000 metros, y en la Sierra Nevada de Santa Marta en alturas hasta 4.300 m. Aunque *A. cylindrostachya* se puede encontrar en los páramos arriba del límite altitudinal del Weinmannietum alrededor de Bogotá, el Acaenetum parece estar ausente en esta región.

Se encuentra en general el Acaenetum sobre el suelo rocoso con muy poco humus, y parece en algunos casos estar relacionado con pastoreo de ganado. No obstante, en la mayoría de los casos se presenta como una asociación natural.

El siguiente inventario de este Acaenetum fue hecho en el Alto de Onzaga (Boyacá), a una altura aproximada de 3.450 m:

<i>Acaena cylindrostachya</i> (dominante)	<i>Geranium</i>
<i>Acaena elongata</i>	<i>Miconia</i>
<i>Orthosanthus chimboracensis</i>	<i>Senecio</i>
<i>Arcythophyllum nitidum</i>	<i>Clethra</i>
<i>Hypericum mexicanum</i>	<i>Gaultheria</i>
<i>Excremis coartata</i>	<i>Weinmannia</i> (forma enana)
<i>Paepalanthus</i>	<i>Pernettya</i>
<i>Espeletia</i>	<i>Hypericum</i>
<i>Carex</i>	<i>Lycopodium</i>
<i>Lachemilla</i>	<i>Festuca</i>
(<i>Castilleja</i>)	<i>Calamagrostis</i>
(<i>Befaria</i>)	<i>Jamesonia</i>

A veces, *Espeletia* se vuelve más abundante, sin cambiarse la composición específica, y en este caso la asociación podría llamarse un *Espeletietum acaenosum*. Pero en general las *Espeletias* son escasas o faltan por completo.

Datos meteorológicos exactos no están disponibles para alturas arriba de los 3.300 m en la Cordillera Oriental. Espinosa (mencionado en Cuatrecasas (1934) indica para la República del Ecuador temperaturas medias mensuales que oscilan entre 6.5°C (3.600 m) y 2.9°C (4.450 m), mínimas absolutas de 1.5°C (3.600 m) y máximas absolutas de 16°C

(3.600 m) ; oscilación diaria de 15°C. En Cotopaxi la precipitación anual es, según el mismo autor, 1.071 mm, con 234 días de lluvia. La humedad relativa oscila entre 80 y 90.

Hicimos en abril de 1958, durante cinco días, en Páramo de Palacio, la observación (a una altura de 3.650 m), de 4°C a las 8 p. m., y la misma temperatura a las 7 a. m. 6.5°C temperatura promedio a 3.600 m en el Ecuador corresponde muy bien con nuestra relación de altura y temperatura para Cundinamarca (fig. 3), pero 2.9°C 4.450 m parece ser una temperatura demasiado alta para la región nuestra.

5. LIMITE ALTITUDINAL DEL BOSQUE Y LIMITE DE LAS NIEVES

Entendemos aquí por límite altitudinal del bosque, el límite superior de bosque denso y cerrado (para este límite no se han tomado en cuenta tramos de bosque aislados a mayor altura, o bosque enano en valles pequeños protegidos del viento, etc.).

El límite altitudinal del bosque en los alrededores de Bogotá se encuentra a 3.200-3.250 m de altura. En el Páramo de Palacio en la Cordillera Oriental (al este de la Sabana de Bogotá) se encuentra a más o menos 3.250 m. En el declive occidental de la Sierra Nevada del Cocuy se encontró el límite del bosque a más o menos 3.300 m, pero en el flanco oriental (húmedo) a 3.500 m. En el Alto de Onzaga (con una precipitación anual aparentemente más alta y frecuentemente nublado), el límite del bosque se encuentra a 3.500-3.600 m. (Quercetum).

En la Cordillera Central, en sitios con un clima más húmedo, el límite altitudinal del bosque se encuentra a 3.800 m (Nevado del Tolima) : Cuatrecasas (1934). En los declives del Nevado del Huila, donde llueve durante todo el año, sin una estación seca pronunciada, este límite se encuentra a los 3.900 m. (Erwin Kraus, información personal), y hay indicaciones de que el bosque puede encontrarse hasta los 4.000 m; sin embargo, se pueden encontrar pequeños grupos de árboles enanos hasta varios centenares de metros más altos.

Por los datos mencionados anteriormente, se comprenderá que el límite altitudinal del bosque depende principalmente de dos factores:

1º Temperatura (altura).

2º Humedad (cantidad de precipitación anual y su distribución durante el año).

Otro factor que influye es el viento, pero sólo tiene importancia local (en bosque o bosque enano en valles protegidos del viento mucho más alto que el propio límite altitudinal del bosque o en la ausencia del bosque sobre cimas batidas por el viento, debajo del propio límite del bosque), ya su efecto es prácticamente igual en todas las regiones de páramos más extensos.

Se podría expresar lo anterior de la siguiente manera:

El límite del bosque más alto en los Andes colombianos se encuentra a 3.900 (—3.800) m, y el más bajo a 3.200 (—3.000) metros. (No se

han tomado en cuenta condiciones semi-desérticas). Las diferencias locales en la altura del límite del bosque, entre esos dos valores, dependen de la precipitación anual y de la distribución de dicha precipitación durante el año. Si la precipitación anual alcanza valores máximos, y si no hay estación seca pronunciada, entonces el límite altitudinal del bosque llega a su mayor altura (3.800-3.900) m. Si la precipitación anual alcanza valores mínimos y si hay una o dos estaciones secas pronunciadas, entonces el límite altitudinal del bosque se encuentra en su altura mínima (3.200-3.000 m).

La anterior explicación la podemos resumir en los siguientes puntos:

1º El efecto de una precipitación anual mayor y la falta de una estación seca pronunciada es la causa de una continua nubosidad (bosques nublados), de la carencia de temperaturas mínimas bajas (e igualmente de temperaturas máximas altas) y eventualmente de un pequeño aumento de la temperatura media anual.

2º El efecto de una precipitación anual menor y la presencia de una o dos estaciones secas pronunciadas, es la causa de sólo nubosidad temporal (sólo durante las estaciones húmedas o lluviosas), de la existencia de temperaturas mínimas bajas (y temperaturas máximas altas) durante las estaciones secas y de un eventual pequeño descenso en la temperatura media anual.

En estas regiones del país donde existen ciertas especies de *Quercus* (*Quercus* es un inmigrante relativamente reciente y aparentemente no ha alcanzado su máximo areal); la diferencia de las condiciones mencionadas en los puntos 1º y 2º se halla expresada por los diferentes tipos de bosque. En el primer caso (bosque nublado) se encuentra un Quercetum (o una asociación relacionada), y en el segundo caso un Weinmannietum (o una asociación relacionada).

Tomaremos la altura máxima del bosque nublado (Quercetum o asociaciones relacionadas) a 3.800 (—3.900) metros, y la altura mínima del bosque seco (Weinmannietum, etc.) en la Sabana de Bogotá (condiciones actuales a 3200 m; con más o meros 800 (700 - 900) mm de precipitación y dos estaciones secas pronunciadas).

La combinación de una mayor cantidad de precipitación anual, la ausencia de una o dos estaciones secas pronunciadas y la ausencia de una nublación más continua se indicará en adelante, con el término “humedad” o “clima húmedo”. El caso contrario será indicado con el término “sequía” o “clima seco”.

Varias especies del bosque húmedo se caracterizan por una superficie de hoja más grande (esclero mesomicrofilas) y varias especies del bosque relativamente seco, por una superficie de hoja relativamente más pequeña (esclero micro-nanofilas).

El límite de las nieves en la Cordillera Oriental se encuentra a 4.500 m, o más alto. Erwin Kraus (información personal) midió 4.520 m en varias ocasiones en el flanco occidental del Nevado del Cocuy (Laguna de La Sierra), sin ningún cambio entre los años de 1938 y 1943. En otros sitios, en el mismo nevado, encontró valores diferentes y un retroceso general del límite de las nieves (o glaciares). Damos aquí sus observaciones en la siguiente tabla. Todas las observaciones fueron hechas en el flanco occidental del Nevado del Cocuy:

	1938	1942	1943	1946	1948
Laguna de La Sierra	4.520	4.520	4.520	4.550	4.600
Pan de Azúcar	4.500	4.650		4.740	4.720
Ritacuva		4.690			
Cerros de la Plaza			4.640	4.780	
Pico del Castillo			4.600	4.650	
(Without name)				4.660	

El retiro del límite de las nieves durante los últimos diez años es probablemente el efecto de una fluctuación climática menor que no puede haber ejercido en el curso de unas pocas décadas una influencia de importancia sobre la posición del límite del bosque. Por esta razón tomamos el promedio de todos los datos obtenidos por Kraus en la Sierra Nevada del Cocuy entre 1938 y 1948. Este promedio es 4.616 m, o aproximadamente 4.600 m. La altura (teórica) dada por la línea que representa la relación de altura y temperatura media (fig. 3) para 0°C, es aproximadamente 4.550 m. Además, sabemos que el Nevado del Sumapaz (en el extremo SE de Cundinamarca), que perdió su casco de nieve hace algunas décadas, tiene una altura de 4.560 m.

Si tomamos en cuenta todos estos datos, podemos concluir que un límite teórico de las nieves de 4.550 m para la parte central de Cundinamarca (Sabana de Bogotá y alrededores) parece ser una cifra muy cercana a la verdad.

En la región de los nevados de la Cordillera Central, donde el límite del bosque se encuentra a 3.800 (—3.900) metros, el límite de las nieves puede encontrarse considerablemente más bajo. El señor Erwin Kraus nos suministró las siguientes observaciones:

En 1943 el límite de las nieves en el Nevado del Tolima se encontró en el flanco NE a 4.200 m, en el flanco SW a 4.150 m, y en el flanco W a 4.150 m (Cuatrecasas menciona aproximadamente 4.500 m en el flanco E en 1934).

En 1943 el límite de las nieves en el Nevado de Santa Isabel se encontró en el flanco W a 4.200 m, y en el flanco W del norte del Ruiz, el mismo año, a 4.200 m.

En 1940 el límite de las nieves en el flanco W del Nevado del Huila (límite del bosque a 3.900 m, se localizó a 4.100 m, y en 1944 la misma altura de 4.100 m).

El promedio de estas cifras para el flanco occidental del grupo central de nevados de la Cordillera Central es de 4.150 m. El promedio para el flanco oriental (basado en dos observaciones solamente hechas en 1934 y 1943 en el Nevado del Tolima), es de 4.350 m; el límite del bosque se encuentra en este flanco, según Cuatrecasas, a 3.800 m.

Es interesante destacar que esta cifra que acabamos de mencionar corresponda con bastante exactitud con el límite de las Espeletias en el Nevado del Tolima, dado por Cuatrecasas (1934) a 4.320 m.

Nos parece probable que el límite de las nieves continuamente se retira y avanza quizás debido a cortos ciclos solares. La extensión promedio de la nieve perpetua coincidiría entonces en ciertas regiones con el límite superior de las Espeletias, visible durante los años de extensión mínima.

De lo anterior podemos ahora sacar las siguientes conclusiones:

Por la influencia de una "humedad" local mayor o menor, el límite de las nieves fluctúa entre aproximadamente 4.550 m (en los alrededores de la Sabana de Bogotá) y 4.150 m (grupo central de nevados de la Cordillera Central, flanco occidental). Como el límite del bosque depende de la misma influencia, podemos decir que un límite de bosque de 3.200 m corresponde a un límite de las nieves de 4.550 m y un límite de bosque de 3.900 m a un límite de las nieves de 4.150 m.

El límite de bosque teórico más alto correspondería a la línea donde con una humedad todavía mayor se encuentran el límite del bosque y el límite de las nieves. Esta línea teórica se encontraría aproximadamente a 4.000 m.

6. DEPOSICION ACTUAL DE POLEN

La deposición actual de polen aéreo en la Sabana de Bogotá y alrededores lo trata Van der Hammen (1960). El polen reciente se recogió en seis sitios diferentes durante un año en placas de vidrio con glicerina-gelatina, y cada placa fue reemplazada por placa nueva cada dos semanas. Sumando la deposición de polen total durante un año, de cada uno de estos sitios, y calculando los porcentajes de la misma manera como se hizo para los espectros fósiles del diagrama, se obtuvieron espectros de polen promedio. Estos espectros de polen están casi todos grandemente influenciados por los extensos prados de la Sabana de Bogotá, debidos a la influencia humana, o en general por la destrucción del bosque por el hombre. Por esta razón el porcentaje de gramíneas es en general mucho más alto de lo que correspondía al mismo sitio con una vegetación natural no destruída. El espectro más interesante, el menos influenciado por la acción humana, es uno de un sitio a 3.450 m de altura en el Páramo de Cruz Verde, al oriente de Bogotá. Este espectro demuestra los siguientes porcentajes:

	%	
<i>Gramíneas</i>	51.5	
<i>Alnus</i>	3.6	
<i>Podocarpus</i>	0.4	
<i>Miconia</i>	4.3	
<i>Bocconia</i>	0.6	
<i>Hedyosmum</i>	23.5	
<i>Weinmannia</i>	0.1	
<i>Myrica</i>	9.9	
<i>Urticaceae</i>	5.7	
<i>Drimys</i>	0.2	
<i>Rapanea</i>	0.2	
	<hr/>	
	48.5	
Total de elementos de bosque	48.5%	
	<hr/>	
Total	100%	

Los resultados más interesantes de este espectro son casi el 50% de polen de elementos de bosque, incluyendo un porcentaje de *Hedyosmum*, tan alto como 23.5%, en un sitio aproximadamente 250 m encima del propio límite altitudinal del bosque, en una área de páramo extenso. Como veremos más adelante, espectros casi idénticos se pueden encontrar en la parte pleistocena del diagrama de polen.

Otro hecho muy interesante se encuentra en el espectro del Alnetum de Subachoque. Aunque la estación de colección fue puesta en el centro del bosque, completamente rodeada por los árboles de *Alnus* de alta producción de polen, se ve muy claramente la influencia de los potreros que rodean este bosque (38% de gramíneas).

Es todavía más grande esta influencia en el espectro del bosque cerca a Suba, con casi 80% de gramíneas. Los árboles dominantes de este bosque, con una producción de polen evidentemente muy baja (*Ilex*, *Vallea*, *Eugenia*), están representados sólo por unos pocos porcentajes. El *Alnus*, casi ausente en la vegetación, está representado con el 10%, aproximadamente.

El centro de los prados y potreros, en la estación de recolección o de polen de la Ciudad Universitaria, las gramíneas alcanzan el 80%; los árboles cultivados (*Acacia*, *Eucalyptus*) 8%, y los árboles de la vegetación natural (que sólo se encuentran en los cerros que rodean la Sabana, el más cercano a una distancia de 3.5 kms.), 12%.

Se encontró un porcentaje bastante alto de *Weinmannia* (16%) en la estación de recolección cerca a La Cita, a una altura de 2.880 m, rodeada de Weinmannietum parcialmente destruido. Aparentemente, los pequeños granos de polen de este árbol común no son transportados muy lejos por el viento. La influencia de la cultura es aparentemente todavía bastante grande en este sitio (56% de gramíneas), y el mismo caso sucede en otra estación de recolección dentro de un tramo de bosque, en una región parcialmente cultivada a 3.330 m de altura, cerca al Páramo de Cruz Verde, dio 78% de gramíneas.

Varias de las conclusiones deducidas de estos espectros de polen recientes se utilizarán más adelante para la interpretación del diagrama.

7. LA PERFORACION, LOS CORAZONES Y LOS SEDIMENTOS

A principios de 1957 se llevó a cabo la primera parte de la perforación con un pequeño equipo de minería. El sitio exacto se indica en la figura 1; la elevación es de aproximadamente 2.560 m sobre el nivel del mar. Se tomaron corazones con un diámetro de una pulgada sin interrupción, y fueron extraídos cada 1 o 1.5 m, aproximadamente. Se corazonó en seco, evitando el uso de agua o lodo. De esta manera se consiguió una sección completa desde una profundidad de 2.5 metros hasta una profundidad de 32.2 m.

A pocos metros de distancia del primer pozo, desde una profundidad de 30 metros hasta 212 m, se realizó una segunda perforación con un equipo "Portadril", y corazonando sin interrupción con un corazonador de 2 pulgadas de diámetro.

Para coleccionar los primeros 2.5 m, y además para reservar material para análisis de C-14, se hizo una excavación en el mismo sitio de

la perforación, de 2×2 m de ancho y cuatro metros de profundidad. Fuera de una serie continua de muestras para análisis de polen, se coleccionaron cuatro muestras para análisis de C-14, de las cuales las tres superiores consistían en carbón vegetal.

No hubo pérdida de corazones, pero fueron comprimidos en el corazonador al tomarlos, más o menos a la mitad del largo original.

Para cada corazón se determinó la compresión exacta, para llegar a saber la distancia real de las muestras tomadas para el análisis de polen de este corazón.

La distancia real de las muestras usadas (véase diagrama de polen), fue de 7.5 o 15 cms. en los 2.3 m superiores, 10 cms. (o en algunos casos un poco menos), desde 2.3 hasta 5.5 m, y 15 cms. desde 5.5 hasta 32.2 m.

Solamente se han analizado, hasta ahora, los 32.2 m superiores (primera perforación; C. U. X.), y el diagrama corresponde a esta parte. El diagrama de la continuación de esta sección (segunda perforación; C. U. Y.) será analizado y publicado posteriormente.

Daremos una corta descripción de la sucesión de sedimentos de la perforación C. U. X. (véase la columna estratigráfica del diagrama de polen).

Debajo de los 20 cms. de material de relleno de arena y ladrillo traído por el hombre en tiempo muy reciente, se encuentran los sedimentos naturales superiores que consisten en una arcilla gris bastante oscura con venas de color carmelita-rojizo, hasta una profundidad de 85 cms. A esta profundidad se encuentra un límite bastante claro con la capa que sigue hacia abajo. Esta capa se extiende de 85 a 230 cms. de profundidad, y consiste en arcilla gris amarillosa, con venas carmelito-amarillosas; se encuentran partículas de carbón vegetal, especialmente entre 165 - 200 cms. de profundidad. Desde 235 hasta 265 cms. de profundidad se encuentra una arcilla gris con humus y partículas de carbón vegetal. Sigue (entre 265 y 305 cms.) una arcilla gris-amarillosa y de 300 - 345 cms. una arcilla negruzca con humus.

Los sedimentos mencionados antes contienen polen en abundancia, pero algas como *Botryococcum* y *Pediastrum*, que forman una parte importante de los sedimentos de 345 cms. para abajo, no se encontraron sino ocasionalmente.

La explicación es que la laguna de la Sabana se desecó en el momento representado por el nivel de 345 cms. Pero la sedimentación continuó por medio de inundaciones durante las estaciones lluviosas (las que en ciertas partes de la Sabana ocurren aún hoy día). Estas arcillas las llamaremos "Arcillas de inundación".

Desde los 3.45 hasta los 22.25 m se encuentra una serie continua de sedimentos de laguna; estos sedimentos son principalmente arcillas de laguna (gyttjas arcillosas), con un contenido de algas bastante grande (especialmente *Botryococcum* y *Pediastrum*), y detritus fino de plantas y polen; diatomeas se encuentran a distintas profundidades (5.70, 12.90, 18.45, 18.75, 19.05 y 19.65 m).

De 22.25 - 24.00 m se encuentra una capa de turba. Esta turba contiene algo de arcillas, y algas no se encuentran.

De 24.00 - 29.00 m vuelve a aparecer una serie continua de arcilla de laguna (o gyttjas arcillosas) del mismo tipo de las que se en-

cuentran encima de la capa de turba. Se presenta Diatomeas a 24.85, 28.30, 28.60 y 29.00.

De 29.00 - 31.00 m se halla una capa con humus negra, en parte turbosa, y con un contenido de arcilla mucho más alto que la capa de turba a 24.00 m.

En algunas muestras se encontraron unas pocas algas, y de 30.50-30.85 m una capa delgada de diatomita; esta diatomita contiene también ceniza volcánica.

Desde 31.00 m para abajo, hasta el punto más profundo de la perforación C. U. X. (32.20 m) se presenta una capa de arenilla fina y arcillosa; mientras que los 60 cms. superiores de esta capa no tienen algas ni esporas de *Isoetes*, el resto contiene algunas algas y un progresivo porcentaje de *Isoetes*. Por esto hemos de concluir que la parte principal de la capa de arenilla es un sedimento de laguna.

8. DESCRIPCION DE LAS ESPECIES

Como muchas de las especies indicadas en el diagrama son mencionadas aquí por primera vez en la literatura por granos de polen fósiles, daremos las características principales y además fotografías de cada una. Se darán también algunos detalles sobre el aspecto, el habitat y las condiciones ecológicas de la especie, género o familia. Los términos morfológicos utilizados son los de Iversen & Troels Smith (1950).

Quercus (Pl. I, 1 - 7)

Pl.I,1: C.U.X., N° 183. - Pl.I,2: C.U.X., N° 183. - Pl.I,3: C.U.X., N° 37. Pl.I,4: C.U.X., N° 37. - Pl.I,5: C.U.X., N° 179b. - Pl.I,6: C.U.X., N° 179b. Pl.I,7: C.U.X., N° A150.

Tricolporado, escabrado (inord.) +28-48 micras. Distintos tipos se pueden diferenciar, pero la determinación específica es difícil. La figura 1 corresponde al tipo de *Quercus lindenii* A.D.C. Dominante en el Quercetum, formando bosques más o menos nublados.

Podocarpus (Pl. I, 8 - 9)

Pl.I,8: C.U.X., N° 184A. - Pl.I, 9: C.U.X., N° 159.

Vesiculado, \pm 55 - 82 micras. Distintos tipos se pueden diferenciar, pero la determinación específica fue imposible. Hay un tipo de tamaño relativamente pequeño (55 - 70 micras; Pl.I,8), y otro relativamente grande (+ 82 micras; Pl.I,9). El tipo grande es el dominante en las muestras C.U.X. N° 146-153, y el tipo pequeño es en general el más común en las demás muestras.

Podocarpus oleifolius D. Don (de granos de polen de tipo pequeño) es un elemento del Quercetum en Boyacá hasta 3.500 metros de altura). Otras especies se encuentran en asociaciones distintas.

Hedyosmum (Pl. II, 10 - 12)

Pl.II,10: C.U.X., N° 88. - Pl.II,11: C.U.X., N° 88. - Pl.II,12: C.U.X., N° 87.

Inaperturado (?), clavado de \pm 38-48 micras. (Algunas pequeñas ranuras irregulares en una zona definida).

Hedyosmum bonplandianum H B K es una trepadora leñosa del Quercetum de Boyacá; pero se encuentra *Hedyosmum* igualmente en el Weinmannietum y en asociaciones de clima medio hasta tropical. La producción de polen es grande (probablemente es anemófila).

Myrica (Pl. II, 13 - 14)

Pl.II,13: C.U.X., N° 184A - Pl.II,14: C.U.X., N° 184A.

Triporado, psilado, más o menos 25-40 micras; poros con annulus; zona granulada alrededor de los poros.

Hay dos especies importantes: *M. parviflora* y *M. pubescens*. Ensayos para diferencia de las dos especies por medio de estadísticas del tamaño, no dieron resultado. Árboles o arbustos comunes, ambos en el Quercetum y el Weinmannietum y asociaciones relacionadas.

Styloceras (Pl. II, 15 - 16)

Pl.II,15: C.U.X., N° 150 - Pl.II,16: C.U.X., N° 179b

Periporado, reticulado \pm 40-50 micras. Los muri tienen 1 o 2 gránulos de ancho. Número de poros \pm 12-25.

Styloceras laurifolium (Willd.) H.B.K. es una especie arbórea del bosque andino en general.

Bocconia (Pl. II, 17)

Pl.II,17: PV 4aII

Periporado, reticulado \pm 30-40 micras. Número de poros \pm 6.

Bocconia frutescens L. es un árbol o arbusto muy común del bosque andino en general.

Juglans (Pl. III, 18 - 20)

Pl.III,18: C.U.X., N° 201. - Pl.III,19: C.U.X., N° 201. - Pl.III,20: PV9aII.

Periporado (heteropolar), psilado de \pm 35 - 55 micras. Poros en el plano del ecuador (como en un grano stephanoporado) y en uno de los dos hemisferios. Hay varias especies de *Juglans*, árboles que aparentemente no son muy comunes en el bosque andino.

Weinmannia (Pl. III, 21)

Pl.III,21: C.U.X., N° 177.

Tricolporado, micro (¿intra?) reticulado de 11-15 micras.

Weinmannia tomentosa L.f. es un árbol muy común del Weinmannie-

tum y asociaciones relacionadas de la Cordillera Oriental. Varias especies se encuentran también en el Quercetun. Ciertas especies pueden subir hasta bastante más arriba del propio límite altitudinal del bosque.

Rapanea (Pl III, 22 - 23)

Pl.III,22: C.U.X., N° 124. - Pl.III,23: C.U.X., N° 132.

Stephanocolpado (4 colpos), psilado de ± 25.30 micras, Area polar grande (a veces tricolpado).

Varias especies, que son árboles o arbustos, son frecuentes en el bosque andino.

Symplocos (Pl. III, 24)

Pl.III,24: C.U.X., N° 142

Tricolporado, foveolado (-psilado) de $\pm 40-45$ micras. Colpos muy cortos (en vista polar da la impresión de un grano triporado). Pequeños colpos transversales, no siempre visibles. Arbustos hasta pequeños árboles del bosque andino.

Drimys (Pl. III, 25; Pl. IV, 26)

Pl.III,25: C.U.X., N° 132. - Pl.IV,26: C.U.X., N° 70

Tetrade, reticulado de + 45-50 micras. Cada grano monoporado.

Drimys granatensis L.f., árbol relativamente común, especialmente de la zona alta del bosque andino.

Ilex (Pl. IV, 27 - 31)

Pl.IV,27: C.U.X., N° 183 Pl.IV,28: C.U.X., N° A-154; Pl.IV,29: C.U.X., N° A-154; Pl.IV,30: C.U.X., N° 184A; Pl.IV,31: C.U.X., N° 184A.

Tricolpado, clavado de + 30-40 micras. Las especies son difíciles de diferenciar a base del polen. Pl.IV,28 es el tipo de *Ilex kunthiana*. Árboles y arbustos del bosque andino. Ciertas especies suben bastante más alto que el propio límite altitudinal del bosque.

Miconia (Pl. IV, 32 - 33)

Pl.IV,32: C.U.X., N° 183; Pl.IV,33: C.U.X., N° 183.

Heterocolpado, psilado de + 13 - 19 micras.

Hay muchas especies en el bosque andino (y también en clima tropical), que no se pueden diferenciar a base del polen. Algunas especies suben hasta bastante más alto que el propio límite del bosque. Morfológicamente no se pueden diferenciar los granos de polen del género *Miconia* de la mayoría de las demás Melastomataceae. Las diferenciamos a base del tamaño: todas las especies de *Miconia* que conocemos de esta región, son más pequeñas que 19 micras (en general entre 13 y 17 micras), mientras las demás Melastomataceae de la región son mayores que 19 micras.

Urticaceae (Pl. IV, 34-36; Pl. XIV, 117)

Pl.IV,34: C.U.X., N° 184A; Pl.IV,35: C.U.X., N° 184A; Pl.IV,36: C.U.X., N° 50; Pl.XIV,117: C.U.X., N° 183.

Triporado o diporado, psilado o escabrado, de \pm 12-25 micras. *Pilea* es diporado -escabrado (Pl.IV,36). El tipo stephanoporado (Pl.XIV, 117) se encuentra también.

Varios géneros (entre otros *Phenax* y *Pilea*) son herbáceas hasta arbustos, comunes en la zona del bosque andino (y más abajo).

Alnus (Pl. IV, 37 - 39)

Pl.IV,37: C.U.X., N° 154; Pl.IV,38: C.U.X., N° 154; Pl.IV,39: C.U.Y., N° inferior.

Stephanoporado, psilado de + 25-35 micras. Arcos de poro a poro. *Alnus jorullensis* es el dominante del Alnetum, y además se encuentra en toda la zona del bosque andino, en el Weinmannietum y en el Quercetum. Los observamos hasta una altura de 3.500 metros en el Nevado del Cocuy. Es un gran productor de polen (anemófila).

Gramineae (Pl. V, 40)

Pl.V,40: C.U.X., N° 37.

Monoporado, psilado (hasta escabrado), de 20-90 micras. Poro con annulus claro. Los granos de polen de las gramíneas comunes de Páramo, como *Calamagrostis*, *Festuca*, etc., son más pequeños que 45 micras. Los granos de polen del género *Chusquea*, común en el Páramo. La zona alta del Weinmannietum y en la zona de transición, tiene tamaños entre 44 y 55 micras. Se han encontrado además en las muestras de la sección C.U.X. (en la parte correspondiente al glacial Würm), algunos granos bastante grandes, de \pm 80 micras, que posiblemente son de maíz. Al ser cierto esto, comprobaría la existencia de ciertas razas primitivas de maíz en Colombia, mucho antes de la llegada de la agricultura.

Acaena (Pl. V, 41 - 43)

Pl.V,41: C.U.X., N° 179b; Pl.V,42: C.U.X., N° 179b Pl.V,43: C.U.X., N° 179b.

Tricolporado, escabrado + psilado hasta irregular (\pm rugulado verrugado, de + 30-45 micras. Poros con opérculo protuberante. Colpos muy cortos y colpo transversal.

Acaena cylindrostachya (hierba) y *Acaena elongata* (arbusto enano), son localmente muy comunes en el páramo. Aunque es difícil separar las dos especies siempre con seguridad a base de polen, se ha observado que la mayoría de los granos encontrados pertenecen a *A. cylindrostachya*. Los granos de polen de *Polylepis*, el cual es un árbol que se encuentra en bosques aislados a gran altura (hasta 4.000 metros en el Nevado del Cocuy), son bastante similares, pero son algo más grandes y tienen una escultura diferente.

Acaena cylindrostachya la encontramos hasta una altura de más o menos 4.300 metros en la Sierra Nevada de Santa Marta, y *Acaena clongata*, hasta una altura de más o menos 3.850 metros.

Melastomataceae (Pl. V, 44 - 45)

Pl.V,44: C.U.X., N° 183; Pl.V,45: C.U.X., N° 183.

Heterocolpado, en general psilado de más o menos 1930 micras. (*Miconia* es más pequeña, véase arriba).

Las Melastomataceae son arbustos o árboles muy frecuentes en el bosque andino (y también en el trópico). Algunas especies suben hasta bastante más arriba del propio límite del bosque. Hay una pequeña hierba, *Castratella*, común en el alto páramo. Por esta razón no incluimos las Melastomataceae en el bosque. Sólo el género *Miconia* sí pudo ser incluido (diferenciación a base de tamaño, véase arriba).

Aragoa (Pl. V, 46)

Pl.V,46: C.U.X., N° 178b.

Tricolpado, escultura muy típica: foveolas, conectadas las unas con las otras por canales, que salen radialmente de cada una de las foveolas. Tamaño del grano varía más o menos 40 micras.

Las especies de *Aragoa* son arbustos de páramo abierto, hasta alturas de 4.000 metros por lo menos. Se encuentran también en la zona de transición superior del bosque andino, y en bosques aislados en el páramo abierto.

Ericaceae (Pl. V, 47 - 49)

Pl.V,47: C.U.X., N° 183; Pl.V,48: C.U.X., N° 183; Pl.V,49: C.U.X., N° 183.

Tetrade, psilado-foveolado-fosulado, de \pm 30-45 micras.

Numerosos géneros y especies, árboles, arbustos y arbustos enanos, en el bosque andino y en el páramo. Especialmente común en la zona de transición superior del bosque.

Geranium (Pl. VI, 50 - 52)

Pl.VI,50: C.U.X., N° 21; Pl. VI,51: C.U.X., N° 32; Pl.VI,52: C.U.X., N° 21.

Tricolpado, clavado, hasta reticulado, de más o menos 60-85 micras. Colpos cortos y más o menos irregulares, a veces presentándose casi como poros. Clavos a veces uniéndose para formar un retículo más o menos completo.

Hay varias especies, todas herbáceas, y principalmente del páramo abierto. También a veces en zonas pantanosas de la región del bosque andino.

Valeriana (Pl. VII, 53 - 54)

Pl.VII,53: C.U.X., N° 88; Pl.VII,54: C.U.X., N° 86.

Tricolpado, (micro-) echinado de más o menos 40 micras. Es posible diferenciar varios grupos de especies, a base de tamaño de los granos y tamaño de las columellas y echinas. En el diagrama todos fueron tomados juntos.

Son plantas herbáceas del páramo abierto. Hay sólo una especie arbórea (*Valeriana arborea*), de bosquitos aislados arriba del propio límite altitudinal del bosque, pero esta especie es fácilmente determinable a base de polen, y no se han encontrado granos de esta especie en la sección C.U.X.

Polygonum (Pl. VII, 55 - 56)

Pl.VII,55: C.U.X., N° 88; Pl.VII,56: C.U.X., N° 141.

Periporado, reticulado, de más o menos 50-65 micras. Los poros en lumina del retículo, tectado. Se trata del *Persicaria*-tipo.

Hay varias especies del *Polygonum* del tipo de polen de *Persicaria*. Todas son herbáceas, y se encuentran en el páramo y en la zona del bosque.

Caryophyllaceae (Pl. VII, 57 - 58)

Pl.VII,57: C.U.X., N° 184A; Pl.VII,58: C.U.X., N° 37.

Periporado, más o menos psilado, de más o menos 15-40 micras. Columelas relativamente grandes. Aunque tal vez sea posible, no se hizo intento de determinaciones genéricas.

Las Caryophyllaceae son plantas herbáceas de páramo y de la zona de bosque.

Gentiana (Pl. VIII, 59 - 61)

Pl.VIII,59: C.U.X., N° PV9aII; Pl.VIII,60: C.U.X., N° PV9aII;
Pl.VIII,61: C.U.X., N° 142.

Tricolporado, psilado o estriado, de más o menos 40-50 micras. Columelas grandes. Estrías, entre otras, en *Gentiana corymbosa*. Determinación específica, en algunos casos posible.

Las Gentianas son hierbas de distintos tamaños de páramo abierto.

Plantago (Pl. VIII, 62 - 63)

Pl.VIII,62: C.U.X., N° A159; Pl.VIII,63: C.U.X., N° 124.

Periporado, verrugado, de más o menos 25-35 micras. Poros no muy bien delimitados. Se presentan dos tipos distintos, uno con verrugas bien claras y altas, y otro con verrugas no muy claras y más bajas. La determinación específica no se ha podido realizar con absoluta seguridad. Hay varias especies de *Plantago*, en parte herbáceas y en parte algo leñosas.

Son localmente muy abundantes en el páramo abierto. Algunas se pueden presentar en la región del bosque, cuando éste se halla destruído y bajo la influencia del hombre.

Jussiaea (Pl. IX, 64)

Pl.IX,64: C.U.X., N° 183.

Triporado, psilado hasta con ondulaciones (verrugas) y fossulas irregulares, de más o menos 60-110 micras. Poros más o menos del tipo de *Oenothera*, pero menos prominentes y salientes. Plantas frecuentemente de suelo húmedo o de pantano, a diferentes alturas.

Gaiadendron (Pl. IX, 65)

Pl.IX,65: C.U.X., N° 154.

Syncolporado, psilado hasta escabrado, de más o menos 20-24 micras. Forma triangular, con lados fuertemente cóncavos. Colpos unidos en los polos, sin área triangular. Se encuentra en el bosque andino.

Eugenia (Pl. IX, 66)

Pl.IX,66: C.U.X., N° 32.

Syncolporado, psilado hasta micro-verrugado, más o menos 20-24 micras. Más o menos triangular. Colpos unidos en los polos, en una área triangular. Árboles del bosque andino. Subdominante del Iliëto Valleetum Eugenietoso.

Myrtaceae (Pl. IX, 67)

Pl.IX,67: C.U.X., N° 32.

Syncolpado, psilado hasta scabrado, de más o menos 25 micras.

El grano de la fotografía puede ser una *Eugenia* u otra Myrtaceae. Estos granos fueron unidos con los de *Eugenia* (que forman la mayoría en una curva para Myrtaceae).

Monocotyledoneae (Pl. IX, 68 - 69)

Pl.IX,68: C.U.X., N° 37; Pl.IX,69: C.U.X., N° 32.

Monocolpado, reticulado, de más o menos 30-55 micras. Muri compuestos de gránulos, a veces separados o unidos. Hay distintos tipos, pero la mayoría de los granos incluídos en la curva la constituyen el tipo de la figura 68.

Estos granos corresponden probablemente a hierbas del páramo, pero no se han podido determinar los géneros.

Cyperaceae (Pl. IX, 70 - 71)

Pl.IX,70: Secc. L.H.C.; Pl.IX,71: Secc. L.H.C.

Monoporado (hasta periporado); psilado (hasta scabrado). Tamaño muy variable. Límite de los poros irregulares. Hierbas frecuentes en los páramos y en pantanos. Pero hay también algunos en el bosque andino.

Compositae (Tubuliflorae) (Pl. IX, 72 - 74)

Pl.IX,72: Secc. L.H.C.; Pl.IX,73: Secc. L.H.C.; Pl.IX,74: C.U.X. N° 171c.

Tricolporado, echinado, de más o menos 25-45 micras. Frecuentemente con colpos transversales. Echinaz largaz (figs. 72 y 74) o cortaz (fig. 73). Determinación genérica no ha sido posible. Hierbaz, arbustoz y árboles comunes en todas las alturas.

Compositae (Liguliflorae). (Pl. XIV, 116)

Pl.XIV,116: Secc. L.H.C.

Fenestrado, echinado, de más o menos 40-50 micraz. Determinación no ha sido posible. Granos de polen muy escasos.

Umbelliferae (Pl. X, 75 - 76)

Pl.X,75: C.U.X., N° 183; Pl.X,76: C.U.X., N° 154.

Tricolporado, psilado, hasta micro-reticulado. Tamaño muy variable. Forma alargada.

En general hierbaz, frecuentes en el páramo, pero también algunas en la zona de bosque.

Hydrocotyle - tipo (*Umbelliferae*) (Pl. XIV, 115)

Pl.XIV,115: C.U.X., N° A159.

Tricolporado, más o menos reticulado, de más o menos 25-35 micraz. Pequeños colpos transversales. Exina claramente más gruesa en las áreas polares, con columelaz bien definidas.

Este tipo corresponde a *Hydrocotyle*, hierba de áreas pantanosas o de suelo húmedo en la región del bosque andino (y más abajo).

Rumex (Pl. X, 77 - 79)

Pl.X,77: C.U.X., N° 150; Pl.X,78: C.U.X., N° 150; Pl.X,79: C.U.X., N° 183.

Tricolporado (o Pericolporado); con un retículo fino más o menos claro; de más o menos 30-40 micraz. A veces una determinación específica es posible. *Rumex tolimensis* (fig. 79). Probablemente la mayoría de los granos de *Rumex* encontrados pertenece a esta especie de hierba gigante del alto páramo.

Borreria (Pl. X, 80 - 81)

Pl.X,80: C.U.X., N° 183; Pl.X,81: C.U.X., N° 37.

Stephanocolpado, reticulado, de más o menos 45 micras. Colpos muy cortos, número aproximadamente 8. Retículo de grandes gránulos separados.

Hierbas de la zona del bosque andino (y más abajo). *Borreria anthospermoides*, con la cual corresponden los granos encontrados, es una especie frecuente del Alnetum de la Sabana de Bogotá.

Coniferae - tipo A y B (Pl. X, 82 - 83)

Pl.X,82: C.U.X., N° 15; Pl.X,83: C.U.X., N° A159.

Granos más o menos inaperturados, microgemado. Tipo A: tamaño muy variable; el ejemplar de la figura 82 tiene 75 micras. Tipo B: más o menos 45 micras (pero bastante variable).

Estos tipos son muy semejantes a ciertas especies de *Juniperus*, pero podrían pertenecer también a otros géneros de Coniferae (*Araucaria?*, etc.). La determinación exacta no ha sido posible por falta de suficiente material de comparación.

No existe actualmente en Colombia este tipo de coníferas (el único género nativo de coníferas es *Podocarpus*). *Juniperus* se encuentra en Norte América, y aparentemente también en Centro América. Otras coníferas de este tipo se encuentran en Chile y Patagonia.

Esperamos poder determinar el género de estos tipos de coníferas cuando tengamos suficiente material de comparación. De todas maneras, son elementos que existieron hasta el Pleistoceno Superior en Colombia, pero se extinguieron aquí al principiar el Holoceno.

Ranunculus (Pl. XI, 84 - 85)

Pl.XI,84: C.U.X., N° 201; Pl.XI,85: C.U.X., N° 200.

Syncolpado (más o menos espirales, etc.), escabrado-micro echinado, de más o menos 25-35 micras. Exina relativamente gruesa, columelas bien visibles (en *Paepalanthus* la exina es muy delgada. La mayoría de los granos corresponden a *R. peruvianus*, hierba frecuente en el alto páramo.

Chenopodiaceae - Amaranthus - tipo (Pl. XI, 86)

Pl.XI,86: C.U.X., N° A187.

Periporado, psilado, de 30-35 micras. Número de poros, más de 50. Columelas bien visibles, pero no tan bien definidas como en los Caryophyllaceae.

Estos granos de polen pueden ser de Chenopodiaceae del *Amaranthus* - tipo de las Amaranthaceae, pero parecen corresponder mejor con *Amaranthus*.

Panopsis (Pl. XI, 87 - 88)

Pl.XI,87: C.U.X., N° 157; Pl.XI,88: C.U.X., N° A176.

Triporado, escabrado y foveolado, de más o menos 25 - 30 micras. Forma más o menos triangular. Arbol del bosque andino.

"Valeriana" stenophylla (Pl. XI, 89 - 91)

Pl.XI,89: C.U.X., N° 34; Pl.XI,90: C.U.X., N° 10; Pl.XI,91: C.U.X., N° 32.

Stephanocolporado, estriado (y reticulado), de más o menos 45 micras. Hay siempre 6 colpos, que se hallan de dos en dos más juntos, aparentando (sin serlo) un tipo tricolporado operculado.

Pequeña hierba, más o menos formando cespedones, del alto páramo.

Estos granos de polen muy típicos los hallamos en los sedimentos de la Sabana de Bogotá (y en varias otras lagunas de páramos de la Cordillera Oriental), antes de conocer la planta. Posteriormente encontramos la planta en el Páramo de Palacio, pero no fue posible determinarla aquí, ya que no se hallaba espécimen alguno en el Herbario Nacional. El doctor A. Fernández tuvo la amabilidad de determinarla en los Estados Unidos, donde halló material idéntico, descrito por Killip (Jour. Wash. Acad. Sc. 18; 1928) como *Valeriana stenophylla*. Mientras que no hay duda que la planta de donde proviene este tipo de polen corresponde a la planta descrita como *Valeriana stenophylla*, queremos expresar nuestra duda si la clasificación en el género *Valeriana* y hasta en la familia es correcto, por las razones expuestas en seguida.

Los granos de polen del género *Valeriana*, incluyendo también otros géneros de Valerianaceae como *Phyllactis*, son todos muy semejantes, tricolpados (micro-) echinados, y completamente diferentes al tipo de *"Valeriana" stenophylla*. Por esta razón, nos parece imposible que esta especie tenga alguna relación estrecha con el género *Valeriana* ni con *Phyllactis*. Aunque diferente, el tipo de polen de *V. stenophylla* tiene más relación con el de *Rhizocephalum* (Campanulaceae).

Malvaceae (Pl. XII, 92 - 93)

Pl.XII,92: C.U.X., N° 166; Pl.XII,93: C.U.X., N° 166.

Periporado, echinado, de más o menos 50 - 75 micras.

Los granos encontrados son todos de un tipo, y son especialmente frecuentes en el diagrama en la parte Riss-glacial.

En la Sierra Nevada del Cocuy encontramos desde 3.800 metros para arriba (observada hasta 4.200 m, pero probablemente hasta más alto), con un máximo desarrollo a los 4.000 metros, pequeñas Malvaceae que fueron determinadas como *Malvastrum acaule* (Cav.) Gray. El tipo de polen de esta planta corresponde exactamente a los granos fósiles.

El porcentaje alto encontrado en la muestra 210 (Glacial Riss), correspondiendo entonces a una altura de aproximadamente 4.000 m bajo las circunstancias actuales, indica que las zonas de vegetación estuvieron

unos 1.400 metros más bajas que hoy día. Esto corresponde muy bien al valor de más o menos 1.300 metros de descenso del límite altitudinal real del bosque, que corresponde a esta muestra, según las curvas. Es esto entonces una buena verificación de la exactitud de estas curvas, y en especial de las bajas temperaturas durante el glacial Riss.

Tricolporites "tipo C." (Pl. XII, 94)

Pl.XII,94: C.U.X., N° 72-A.

Tricolpado, micro-echinado (-escabrado), de más o menos 15-20 micras. Colpos a veces difícilmente visibles. Poros perfectamente redondos y con annulus muy delgado. Espesor de la exina más o menos 1-1.3 micras. Las pequeñas espinas son en general menores que 1 micra, pero en raros casos alcanzan 1 micra y más.

Granos de este tipo fueron encontrados en muchas muestras de la sección C.U.X. (véase la curva en el diagrama). No obstante, hasta ahora no ha sido posible determinar el género natural.

Stephanoporites "tipo D". (Pl. XII, 95 - 96)

Pl.XII,95: C.U.X., N° 124; Pl.XII,96: C.U.X., N° 124.

Stephanoporado, echinado, de más o menos 35-40 micras. Equinas más o menos 1-2 micras. Número de poros más o menos 6. Poros con annulus. Espesor de la exina más o menos 2 micras. Columelas bien visibles.

Este tipo fue encontrado con cierta frecuencia en la sección C.U.X. (véase la curva del diagrama), pero no lo hemos podido determinar hasta ahora. Estos granos se parecen algo a *Nothofagus*, pero las aberturas son perfectamente redondas y las espinas son más grandes, etc. Se parecen también algo a *Picrodendron* (Erdtman, 1952).

Thalictrum (Pl. XII, 97 - 98)

Pl.XII,97: C.U.X., N° 27; Pl.XII,98: C.U.X., N° 27.

Periporado, psilado, hasta escabrado, más o menos 25 micras, poros con gránulos. El número de poros varía entre 6-9. Hierba trepadora del bosque andino.

Evolvulus - tipo (Pl. XIII, 99)

Pl.XIII,99: C.U.X., N° 88.

Pericolpado, psilado (aparentemente con un tectum con pequeñas perforaciones). Más o menos 35 micras. Columelas bien definidas. Exina relativamente gruesa (2-3 micras).

Hierba de partes abiertas en la zona de bosque.

Solanaceae (Pl. XIII, 100 - 101)

Tricolporado, psilado, de más o menos 25-30 micras. Colpos transversales. Solanaceae se encuentran a casi todas las alturas.

Polygalaceae (Pl. XIII, 102 - 104)

Pl.XIII,102: C.U.X., N° 183; Pl.XIII,103: C.U.X., N° 141; Pl.XIII,103;
Pl. C.U.X., N° 183.

Stephanocolpado (o fenestrado, cf. Iversen, 1950), foveolado, de más o menos 35-50 micras, y de más o menos 10-12 colpos. Colpo ecuatorial (transversal).

La mayoría de los granos encontrados corresponde probablemente al género *Moninna*, arbustos del bosque andino.

Hypericum (Pl. XIII, 105)

Pl.XIII,105: C.U.X., N° A183.

Tricolpado, reticulado, de más o menos 25-35 micras. Retículo muy fino. Parte ecuatorial de los colpos muy típico. Arbustos, muy comunes en el páramo abierto, en el bosque enano y en la parte alta de la zona del bosque.

Ya que en los primeros análisis no distinguimos todavía estos granos de otros semejantes, no presentamos una curva para *Hypericum* en el diagrama. No obstante, gran parte de los granos que son representados en la curva de los tricolporados indet., pertenecen a *Hypericum*.

Dodonaea (Pl. XIII, 106)

Pl.XIII,106: C.U.X., N° 25.

Tricolporado, micro-rugulado-micro-reticulado, de más o menos 34-45 micras. Poros algo protuberantes. Espesor de la exina 3-3.5 micras. Colpos angostos; poros grandes con costae pori. Pequeño arbusto, frecuente en zonas de bosque destruido y sabanas entre 1.500 y 3.000 metros.

Malpighiaceae (Pl. XIII, 107)

Pl.XIII,107: C.U.X., N° 185.

Periporado, más o menos psilado, de más o menos 38 micras. Exina muy gruesa (más o menos 4-5 micras). Dos granos fueron encontrados: uno en la muestra 185 y otro en la 86. Los Malpighiaceae son árboles y arbustos de tierras más cálidas, pero varios representantes del género *Stygmophyllon* suben más altas: *S. bogotense* hasta más o menos 2.100 metros, y *S. ruzianum* hasta más o menos 2.800 metros.

Cuphea (Pl. XIII, 108)

Pl.XIII,108: C.U.X., N° 43.

Syncolporado, estriado, de más o menos 23 micras. Forma más o menos triangular, con lados convexos. Poros protuberantes. Se trata del tipo de *Cuphea dipétala*, con el cual nuestros granos coinciden en todos los detalles. Los granos de polen de *Cuphea serpyllifolia* son bastante distintos, ya que no son estriados. Hierbas leñosas del bosque andino (y más bajo).

Gunnera (Pl. XIV, 112)

Pl.XIV,112: C.U.X., N° A-183.

Tricolpado, microreticulado, de más o menos 35 - 40 micras. Intercolpios salientes (y colpos hundidos). Plantas de sitios húmedos y pantanos en la zona de bosque. *G. megallanica* es una especie del alto páramo de la Cordillera Central.

Oenothera (Pl. XIV, 113)

Pl.XIV,113: C.U.X., N° 163A.

Triporado, más o menos psilado, de más o menos 70 micras. Poros más grandes y salientes que en *Juseae* del tipo Oenothraceae.

O. multicaulis es una hierba de la zona alta del bosque y sube hasta en el páramo.

Amaranthaceae (Pl. XIV, 114)

Pl.XIV,114: C.U.X., N° A172.

Fenestrado, escabrado (-micro-echinado), de más o menos 15-25 micras. Se trata del tipo de *Alternanthera*. Hierbas de todas las alturas, menos del páramo.

Fuchsia (P. XIV, 109)

Diporado, psilado, de más o menos 80 micras. Poros grandes tipo Oenothraceae. El grano de la figura 109 corresponde muy bien a *Fuchsia hartwegii*. Hierbas y arbustos pequeños del páramo abierto y de la parte alta de la zona de bosque. También más abajo.

Cordia lanata (Pl. XIV, 110)

Pl.XIV,110: C.U.X., N° A175.

Reticulado, de más o menos 45-50 micras. Typus pollinis no está claro, probablemente triporado, pero poros no muy bien definidos. Muri del retículo compuestos de gránulos separados grandes.

El tipo de polen de *Cordia lanata* es muy distinto del de otras especies de *Cordia*, como *Cordia alliodora*, que son tricolporados y frecuentemente micro-echinados. *Cordia lanata* es un árbol del bosque andino.

Daphnopsis - tipo (Pl. XIV, 111)

Pl.XIV,111: C.U.X., N° 12.

Periporado, escultura más o menos tipo Croton (formando un reticulum, tal vez scabrado en los muri), de más o menos 35-40 micras. *Daphnopsis bogotensis* es un arbusto del bosque andino.

Dacrydium - tipo (Pl. XV, 118)

Pl.XV,118: Secc. C.U.P., N° 2.

Dos granos muy parecidos al tipo de *Dacrydium guillauminii*, de más o menos 67 micras, fueron encontrados, uno en el N° 2 de la Sección C.U.P., y otro en el N° A159 de la Sección C.U.X. El primero es de edad glacial Würm y el segundo de edad "glacial Riss II". La presencia de *Dacrydium* durante el Pleistoceno en Colombia, significaría una grande ampliación del área de este género, ya que hoy día en Sur América no se encuentra sino en la parte más meridional de este Continente.

Podocarpaceae "Tipo E" (Pl. XV, 119)

Pl.XV,119: C.U.X., N° 124.

Vesiculado, bolsa circular, de más o menos 80 micras.

Se trata de un representante de las Podocarpaceae, sea *Dacrydium* o *Podocarpus*. Parece que se trata de todas maneras de una especie desconocida en la flora actual de Colombia. Falta suficiente material de comparación para determinar con más exactitud este grano. No se encontró sino un ejemplar.

Mutisia

C.U.X., N° 86.

Tricolporado, escabrado, hasta echinado, más o menos 65 (95 micras). Colpos transversales, costillas transversales. Exina gruesa, columnellas grandes y bien definidas. "Echinas" de bases anchas y muy bajas. Trepadora del bosque andino.

Aetanthus

C.U.X., N° 18.

Syncolpado, escabrado, de más o menos 40-65 micras. Forma triangular, con lados cóncavos. Varias especies se encuentran en la zona alta del bosque, hasta en el páramo.

Ribes

C.U.X., N° 31.

Periporado, psilado, de más o menos 35 micras. Poros con opérculo. (\pm 5-6 poros?). Corresponde este tipo de polen a una placa del polen reciente de *Ribes bogotanium*. Otras placas recientes de *Ribes* demuestran el conocido tipo de *Ribes*, donde los poros de 2 en 2 están conectados por zonas de exina muy delgada. Arbusto o arbolito de los bosques enanos a grande altura, en el páramo.

Croton

C.U.X., N° 30a

Inaperturado, escultura más o menos "croton tipo" de (más o menos 50-75 micras). El tipo encontrado demuestra ser un *Croton* que corresponde a la especie *Croton bogotanus*, y el cual tiene como escultura clavos, por lo cual se diferencia de las demás especies. *C. bogotanus* es una especie del bosque andino.

Berberis

C.U.X.

Muy irregular, pero aparentemente syncolpado; foveolado, de más o menos 45-70 micras. Arbusto del bosque enano y del páramo.

Jamesonia (Pl. XVI, 120-121)

Pl.XVI,120: C.U.X., N° 158A; Pl.XVI,121: C.U.X., N° 158A.

Trilete, psilado (a veces unas ligeras verrugas o unas pocas foveolas) de más o menos 45-80 micras. Exosporio muy grueso en los lados y más delgado hacia los ángulos, los cuales se presentan salientes. La capa exterior del exosporio suelta fácilmente, y no se encuentra en los ejemplares fósiles. Helecho muy abundante en el alto páramo.

Lycopodium (foveolado) (Pl. XVI, 122)

Pl.XVI,122: C.U.Y. (base).

Trilete, foveolado en el lado distal, de más o menos 45-60 micras. Especies de *Lycopodium* que tienen esporas de este tipo, son especialmente abundantes en el alto páramo.

Lycopodium (reticulado) (Pl. XVI, 123)

Pl.XVI,123: C.U.Y. (base).

Trilete, reticulado en el lado distal y en el lado proximal, en parte un retículo más o menos incompleto. Muri muy alto. Más o menos 40-60 micras.

Especies de *Lycopodium* de este tipo se encuentran abundantes en el páramo alto, y también en las zonas de bosque.

Cyatheaceae - tipo (Pl. XVI, 124)

Pl.XVI,124: C.U.X., N° A150.

Trilete, psilado de 35-60 micras. Exosporium relativamente delgado hasta mediano. Marca tetrade con "margo" y a veces sin "margo". Forma más o menos triangular, con ángulos fuertemente redondeados, lados planos hasta ligeramente cóncavos.

Parece que las esporas encontradas en este tipo pertenecen principalmente a ciertos géneros de las *Cyatheaceae*.

Hymenophyllum - tipo (Pl. XVI, 125)

Pl.XVI,125: C.U.X., N° 179b.

Trilete, más o menos escabrado-micro-gemado-micro-clavado-micro-echinado, de más o menos 45-65 micras. Brazos de la marca tetrade muy característicos, llegando al límite entre el lado distal y proximal, abriéndose en los extremos con frecuencia. Helechos comunes en diferentes zonas de vegetación, hasta en el páramo (*H. calodictyon*, hasta 3.600 m).

Hemitelia (Pl. XVI, 126)

Pl.XVI,126: C.U.X., N° 66.

Trilete, psilado, más o menos 45 micras. Forma muy característica, exosporio con cavidades, una grande en la mitad de cada lado. Sólo un grano fue encontrado; proviene probablemente de transporte sobre distancia más larga. (Altura hasta 2.100 m).

Verrutrilletes "Tipo F" (Pl. XVII, 127)

Pl.XVII,127: C.U.X., N° 142.

Trilete, verrugado-gemado; más o menos de 60-70 micras. Verrugas-gemas transparentes. La determinación segura ha sido imposible hasta ahora.

Verrutrilletes "Tipo G" (Pl. XVII, 128)

Pl.XVII,128: C.U.X., N° 199.

Trilete, verrugado, de más o menos 50-60 micras. Verrugas cubren completamente tanto el lado distal como el proximal. La determinación ha sido imposible hasta ahora.

Triletes "Tipo I" (Pl. XVII, 129)

Pl.XVII,129: C.U.X., N° 176.

Trilete, "muri" irregulares. La mayoría no conectadas y siguiendo un curso ondulante e irregular, más o menos 60-70 micras. Estas esporas son semejantes a *Ophyoglossum*.

Triletes "Tipo H" (Pl. XVII, 130)

Pl.XVII,130: C.U.X., N° 132.

Trilete, con grandes verrugas, más o menos se presentan sólo en los lados, con un promedio de dos en cada lado; esporas de más o menos 55-80 micras. La determinación ha sido imposible hasta ahora.

Triletes "Tipo J" (Pl. XVIII, 131)

Pl.XVIII,131: C.U.X., N° A176.

Trilete, escultura difícil de describir; en el lado distal, más o menos rugulado-fosulado, esporas de más o menos 60 micras. Exosporio bastante grueso. La determinación ha sido imposible hasta ahora.

Triletes "Tipo K" (Pl. XVIII, 132)

Pl.XVIII,132: C.U.X., N° A176.

Trilete. Grandes y pequeñas "foveolas" en el lado distal. Esporas de más o menos 65 micras. Exosporio muy grueso. Este tipo es muy semejante a *Lophosoria*.

Verrumonoletes (Pl. XVIII, 133-134)

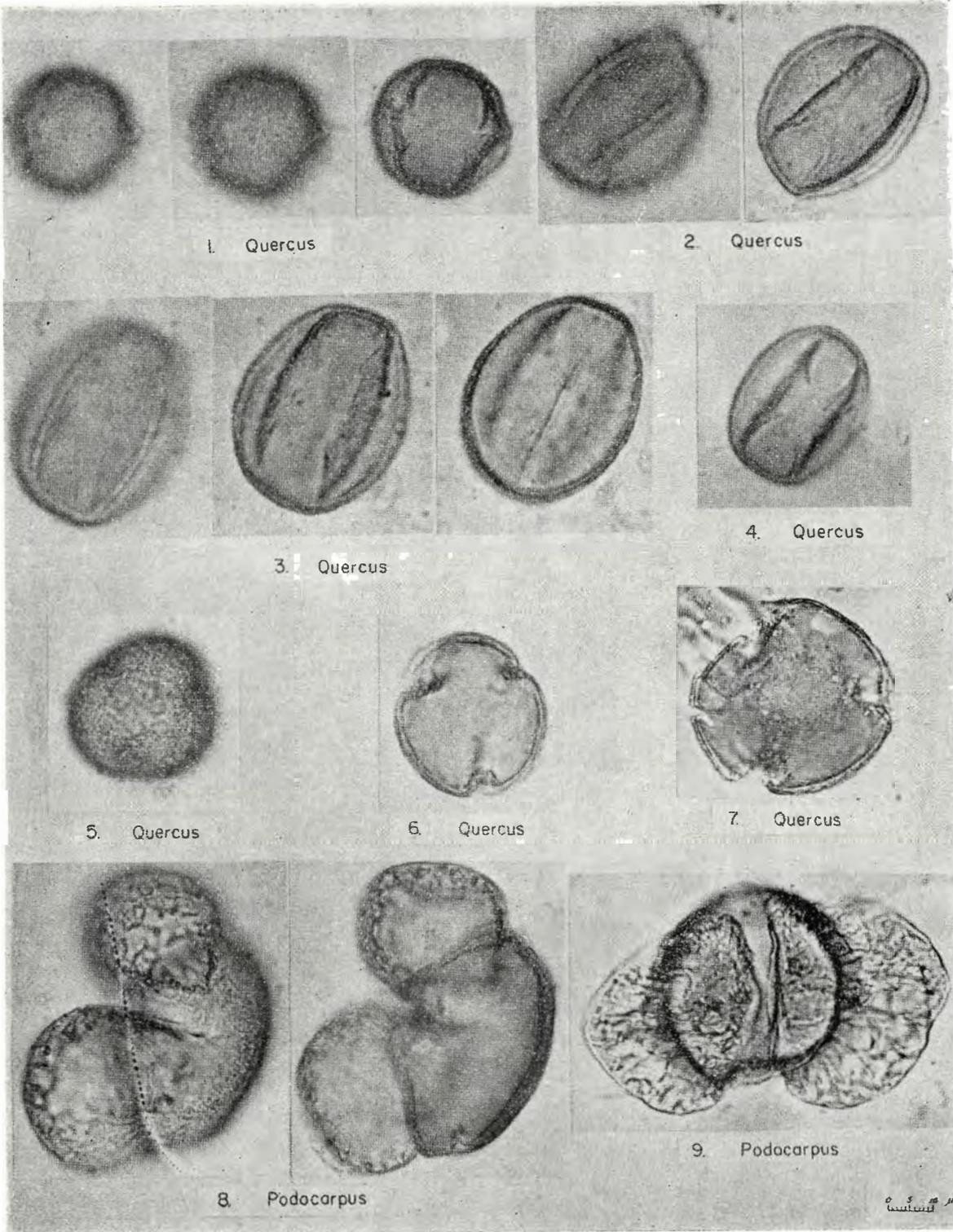
Pl.XVIII,133: C.U.X., N° 132; Pl.XVIII,134: C.U.X., N° 27.

Monolete, verrugado. Tamaño muy variable. Todas las esporas de este tipo fueron reunidas en un grupo en el diagrama. Se debe tratar de Polypodiaceae.

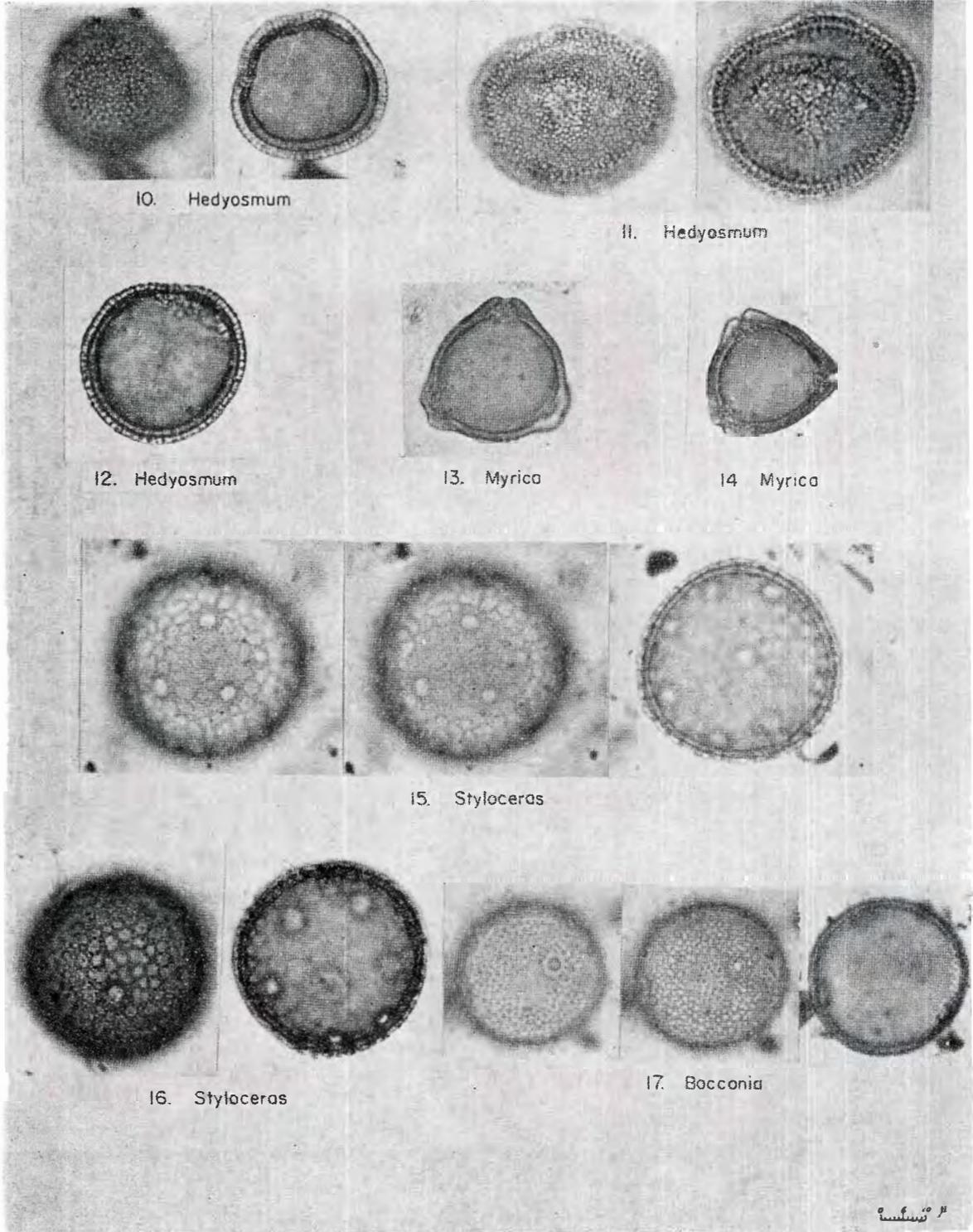
Psilamonoletes (Pl. XVIII, 135-136)

Pl.XVIII.135: C.U.X., N° 158A; Pl.XVIII,136: C.U.X., N° A184.

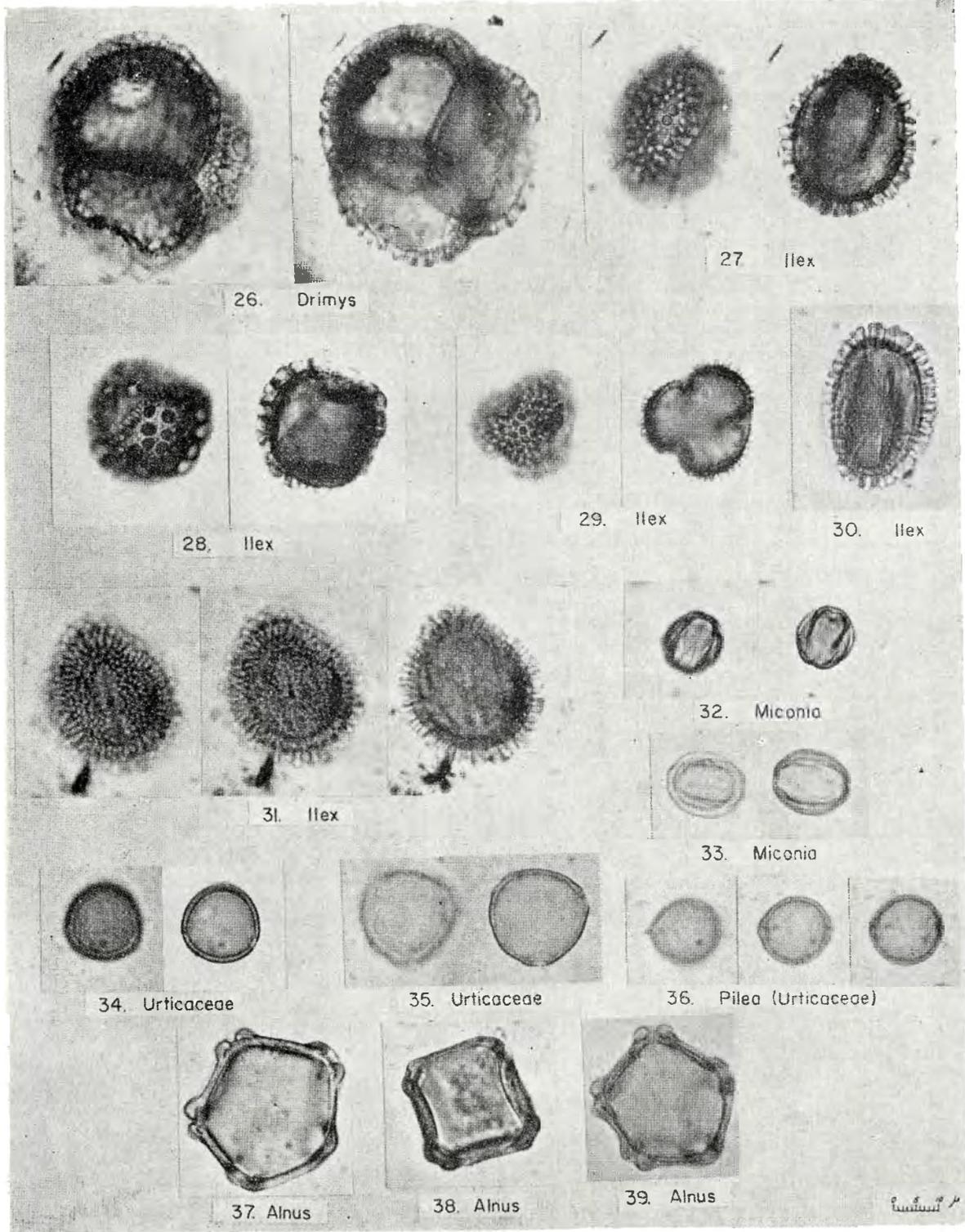
Monolete, psilado. Tamaño muy variable. Todas las esporas de este tipo fueron reunidas en un grupo en el diagrama. Se debe tratar de Polypodiaceae.



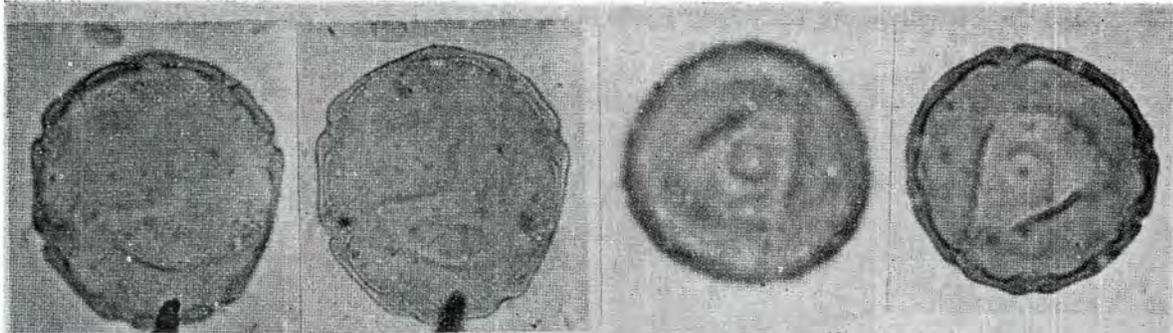
Pl. II



Pl. IV

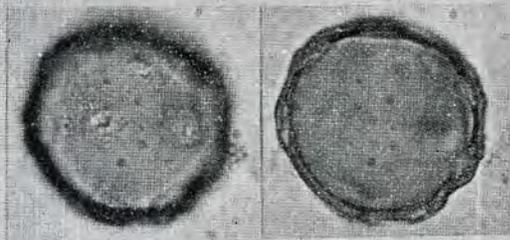


Pl. III



18. Juglans

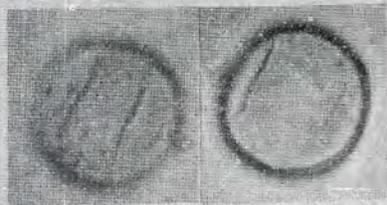
19. Juglans



20. Juglans



21. Weinmannia



22. Rapanea



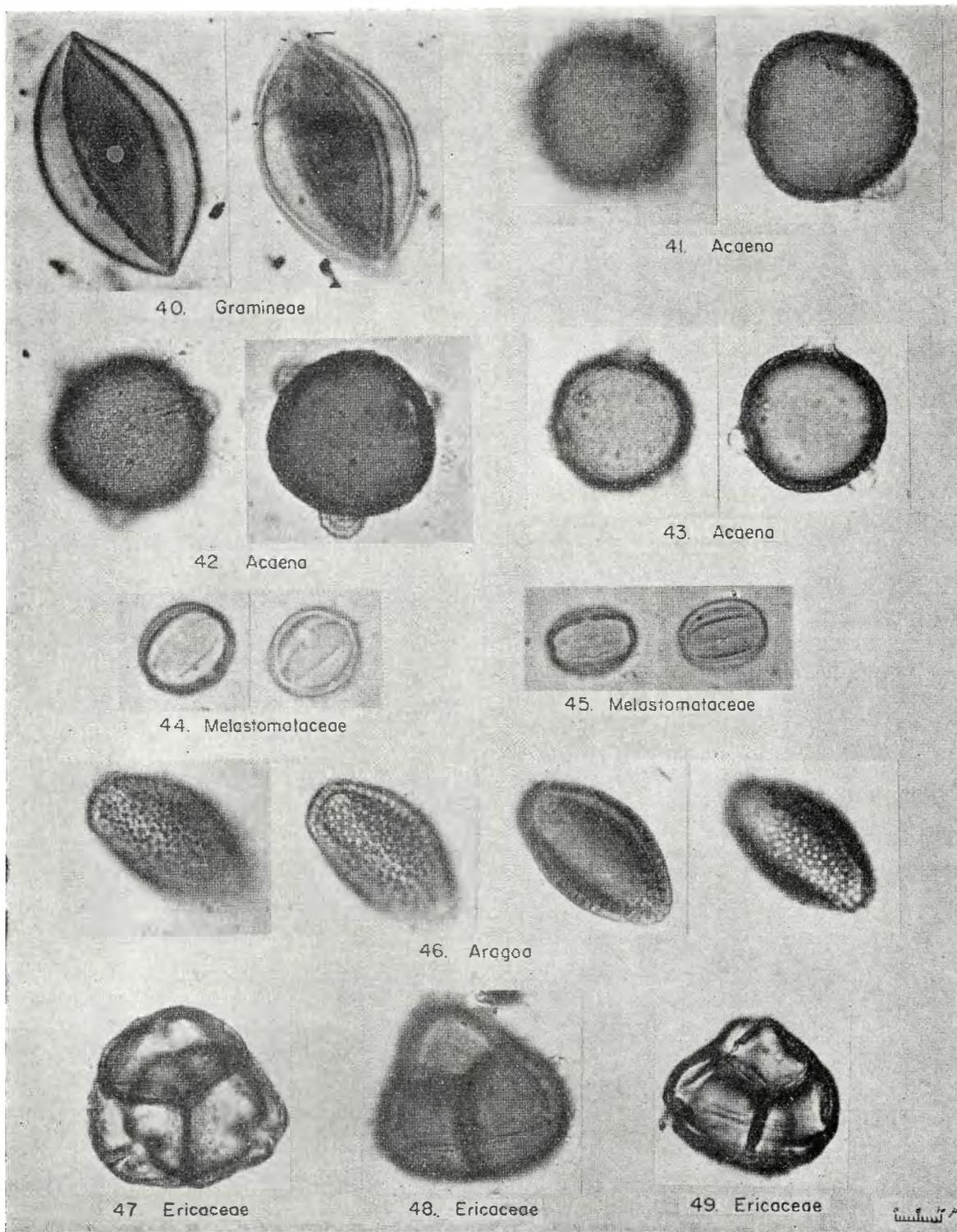
23. Rapanea



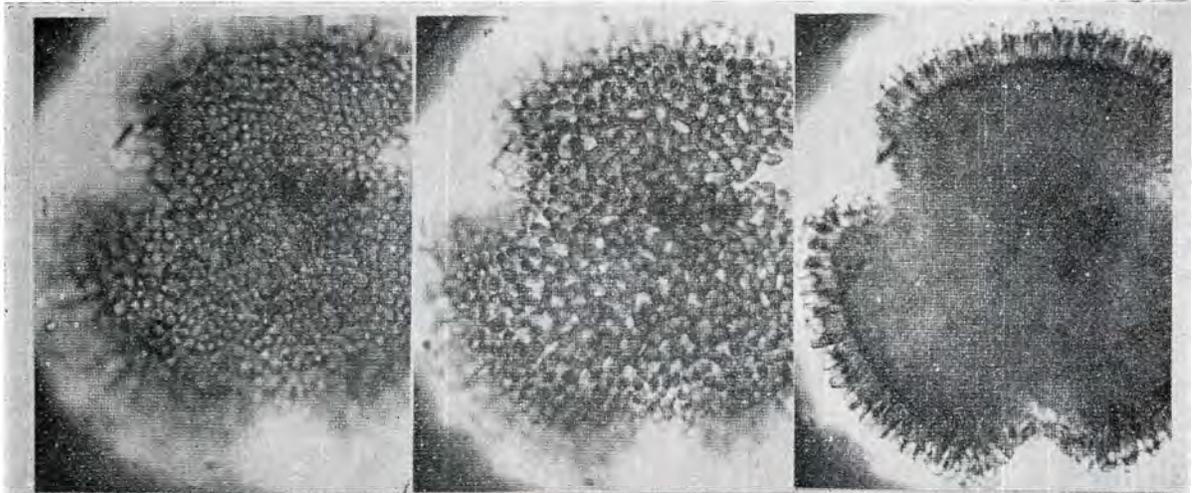
24. Symplocos



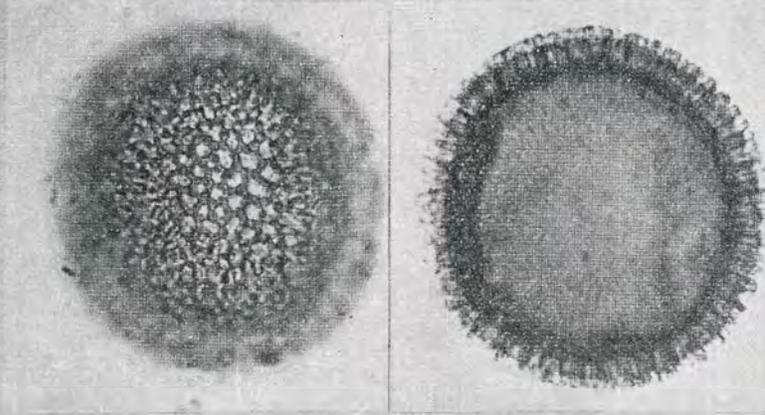
25. Drimys



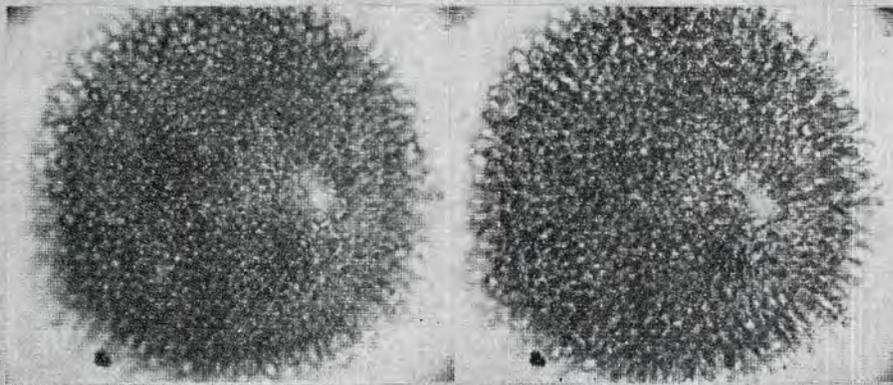
Pl. VI



50. Geranium

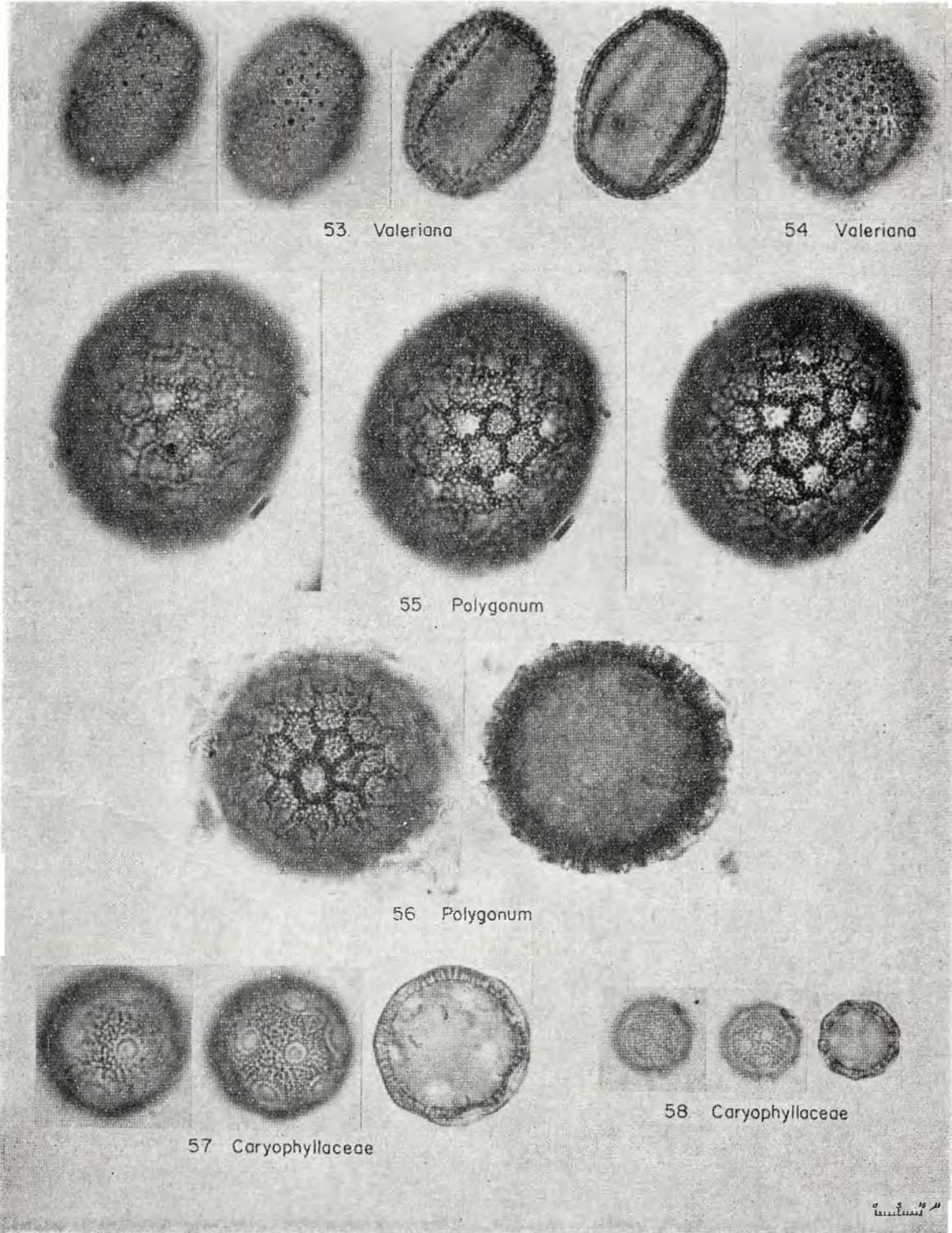


51. Geranium

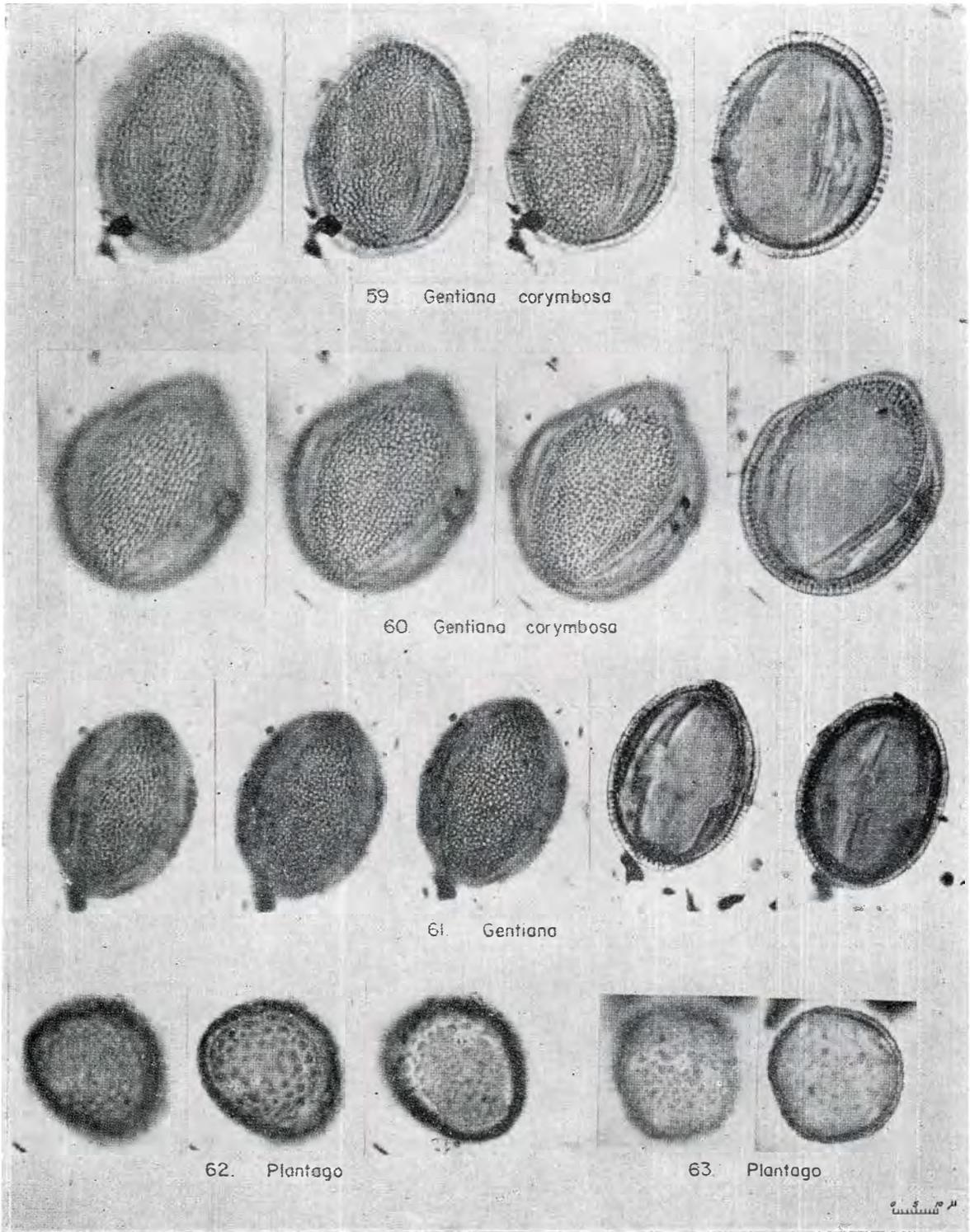


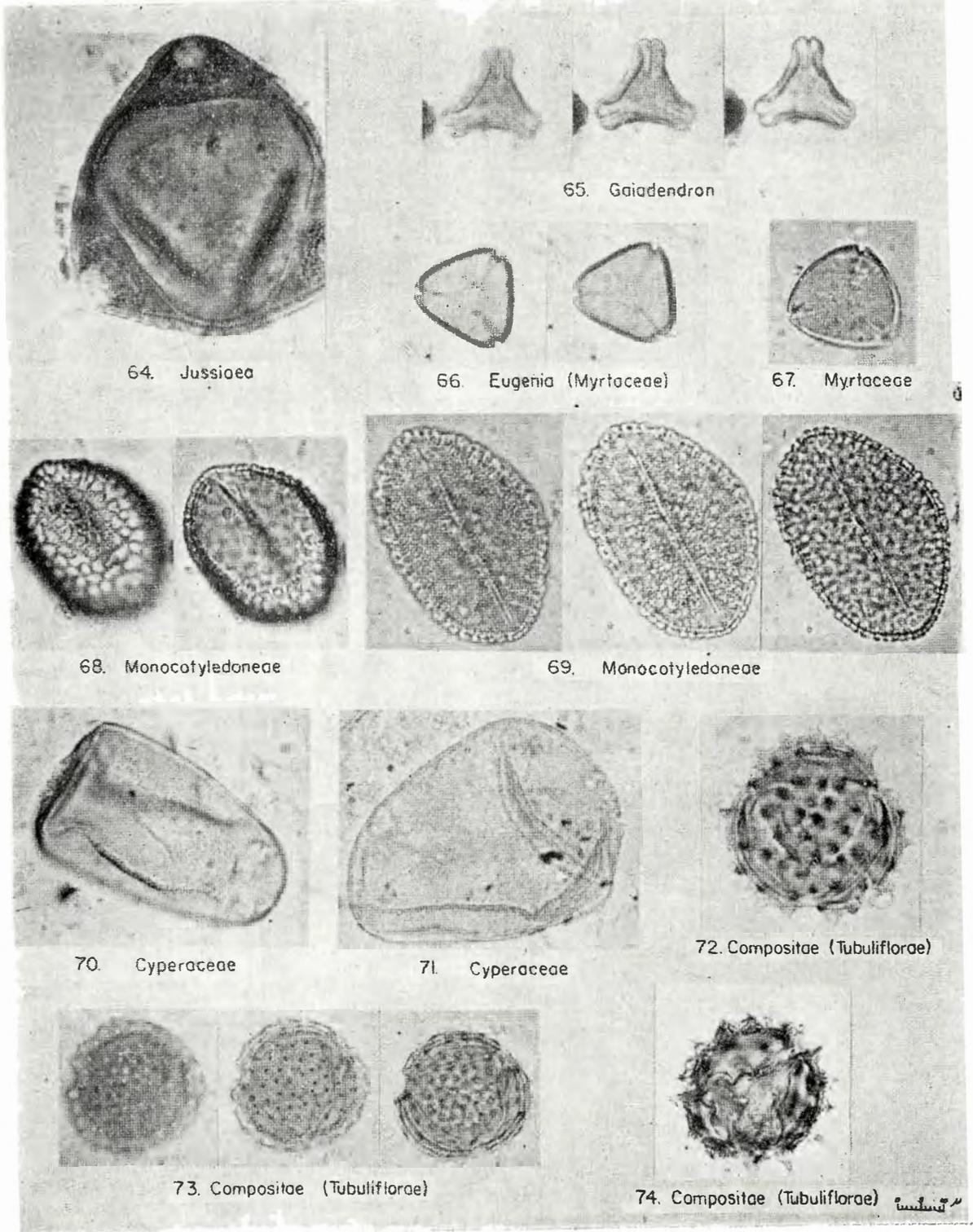
52. Geranium

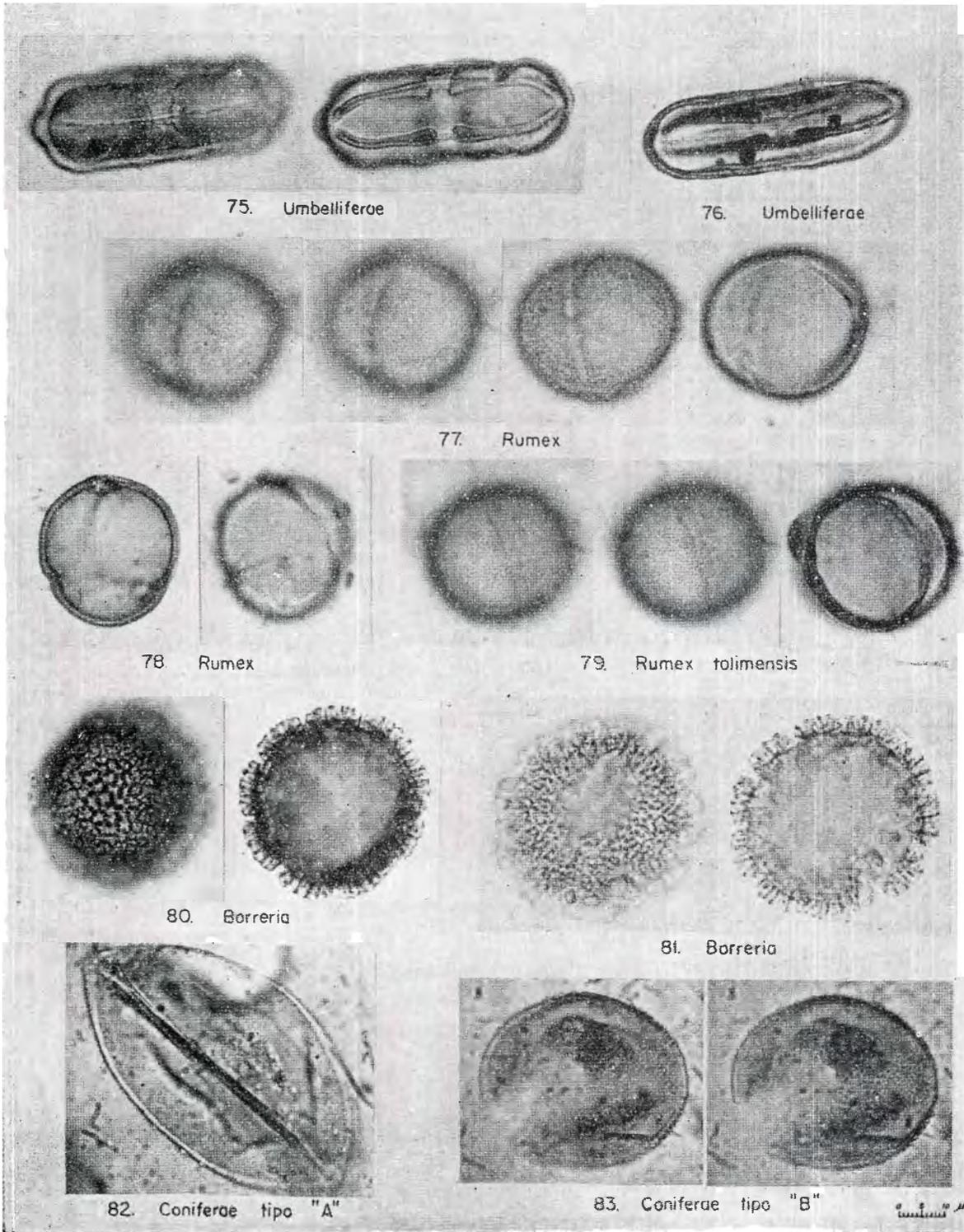
Pl. VII

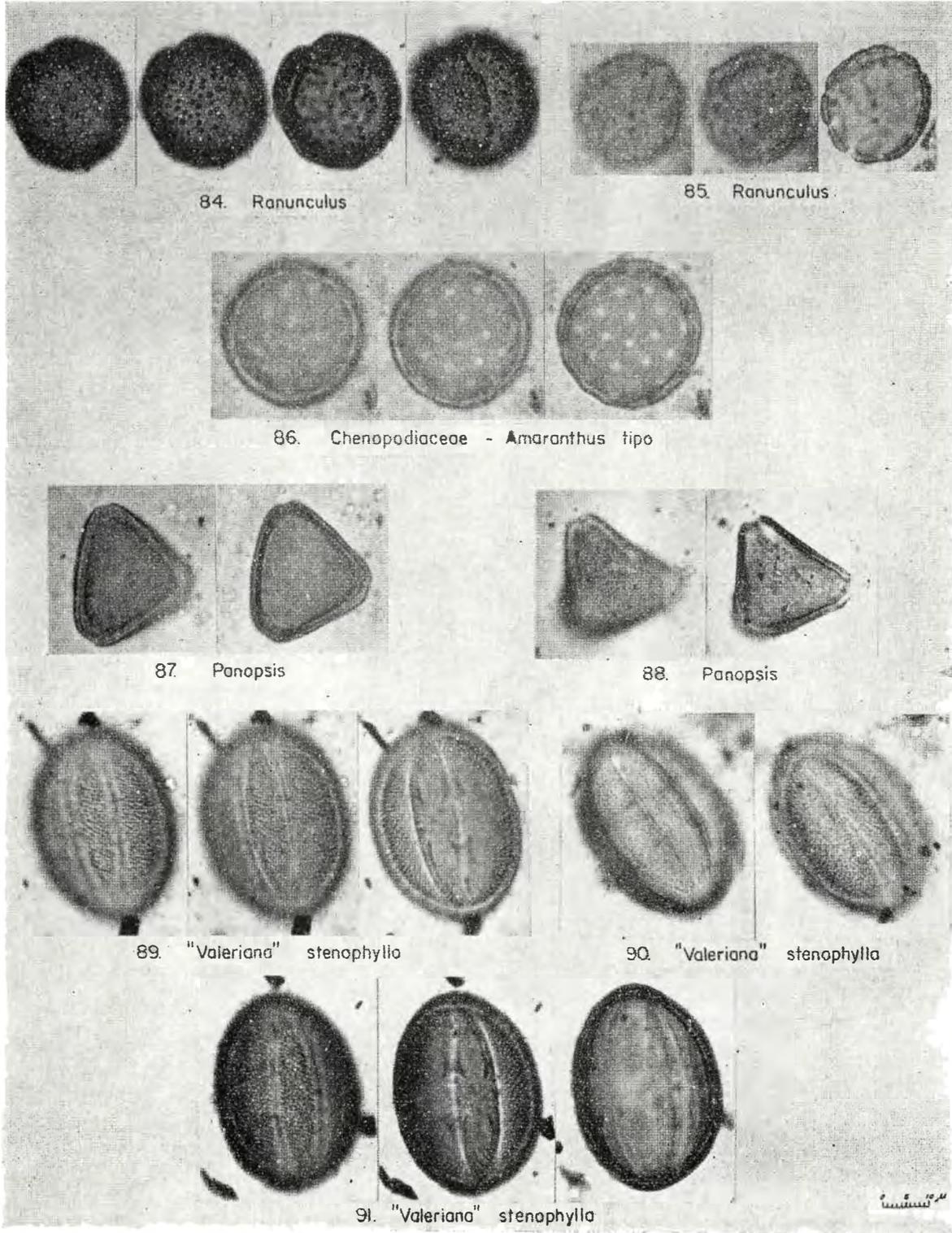


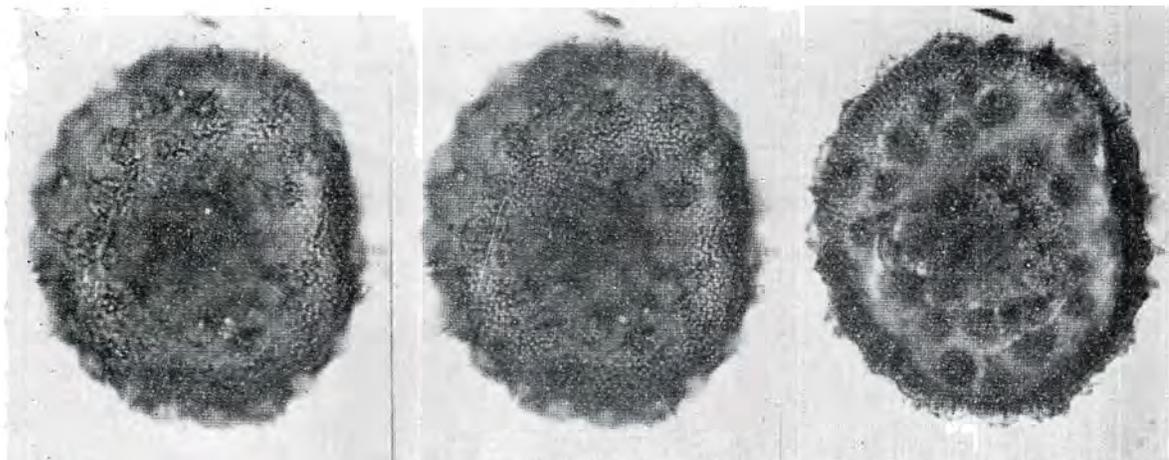
Pl. VIII



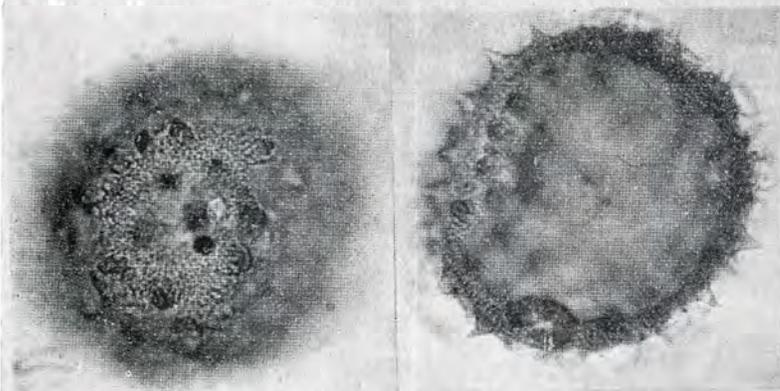








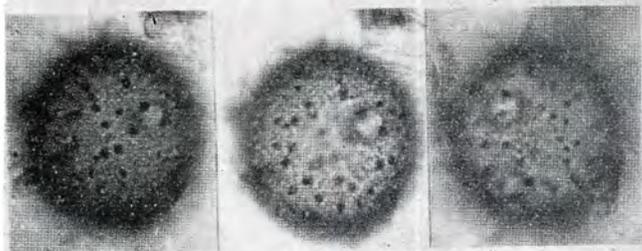
92. Malvaceae



93. Malvaceae



94. Tricolporites "tipo C"



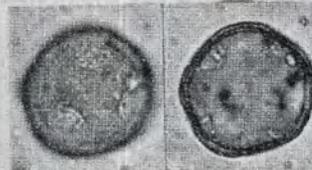
95. Stephanoporites "tipo D"



96. Stephanoporites "tipo D"



97. Thalictum - tipo



98. Thalictum - tipo

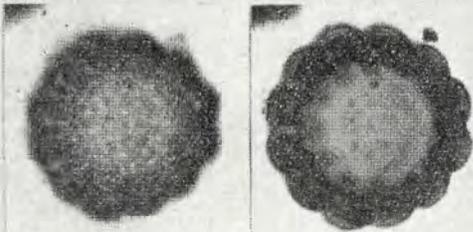
Handwritten signature



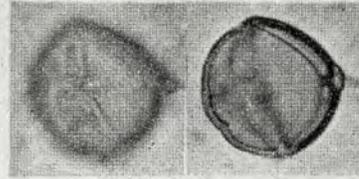
99. Evolvulus - tipo



100. Solanaceae



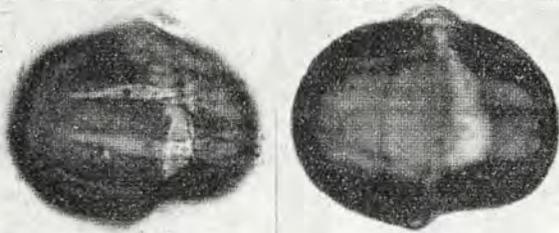
102. Polygalaceae



101. Solanaceae



103. Polygalaceae



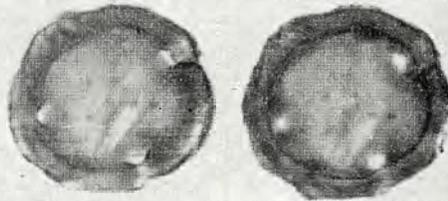
104. Polygalaceae



105. Hypericum



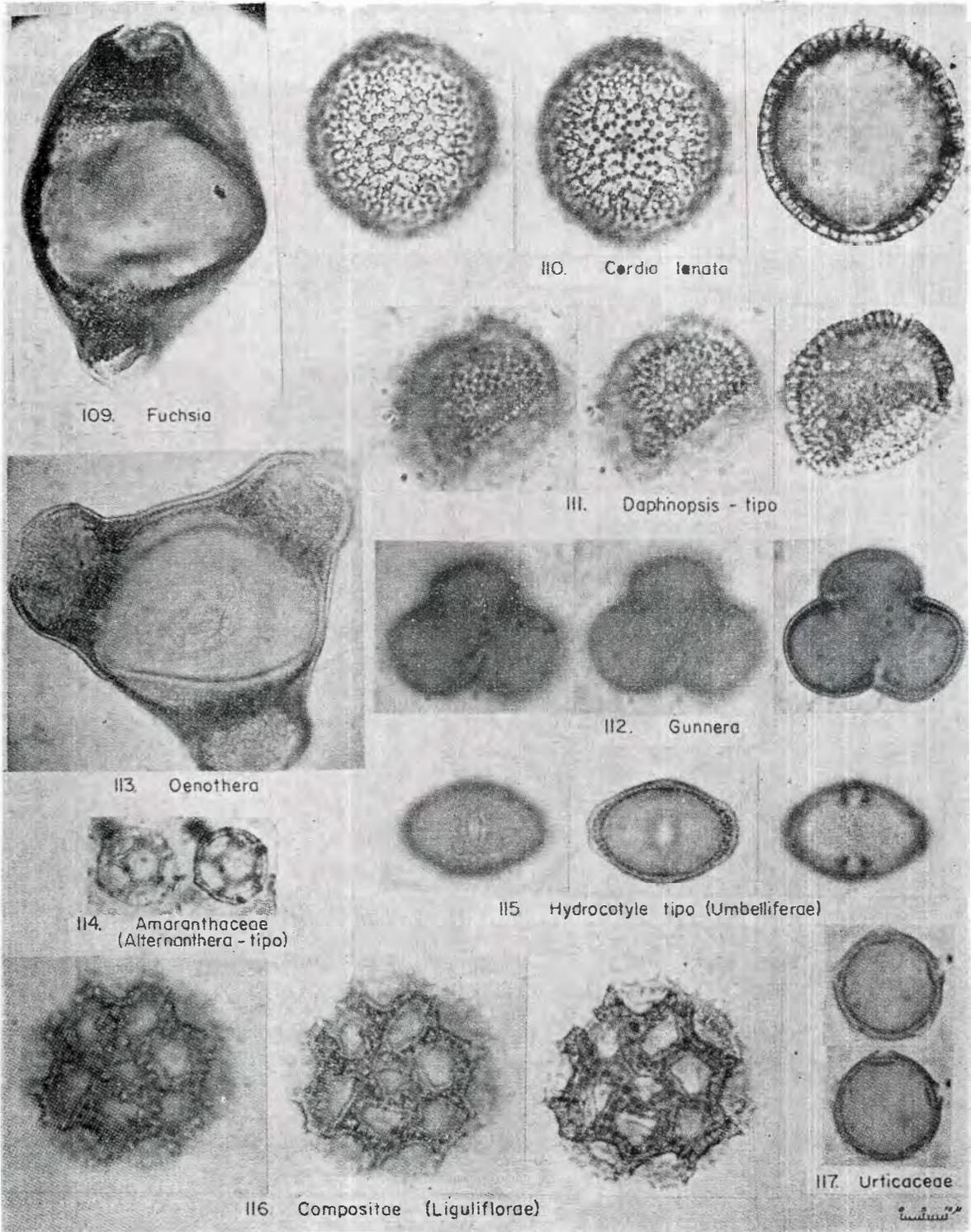
106. Dodonaea

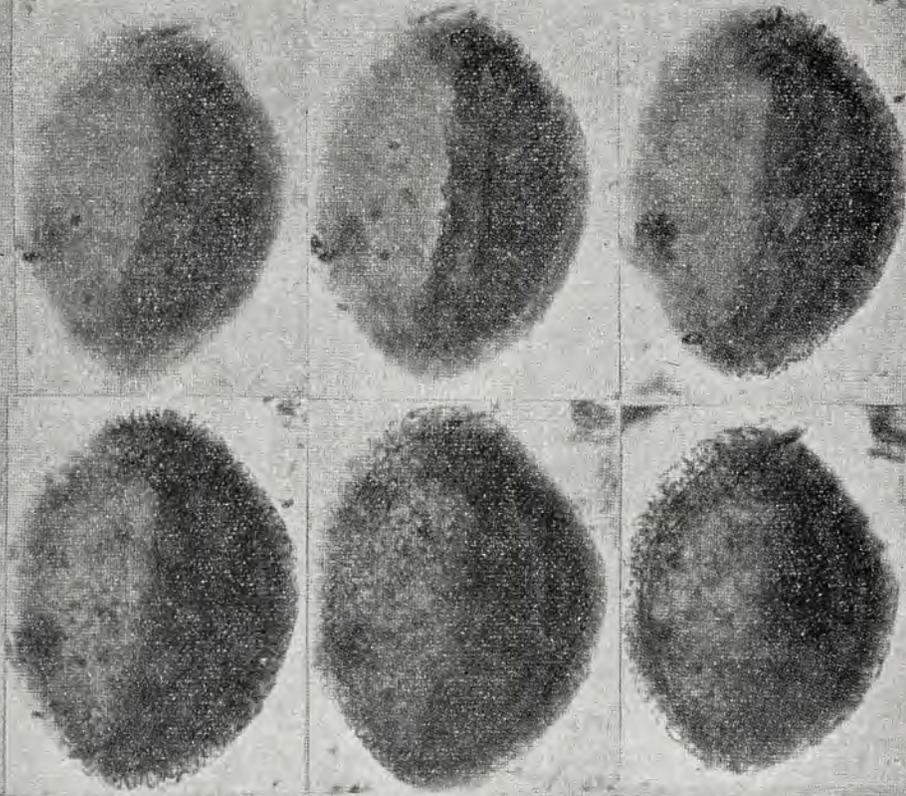


107. Malpighiaceae

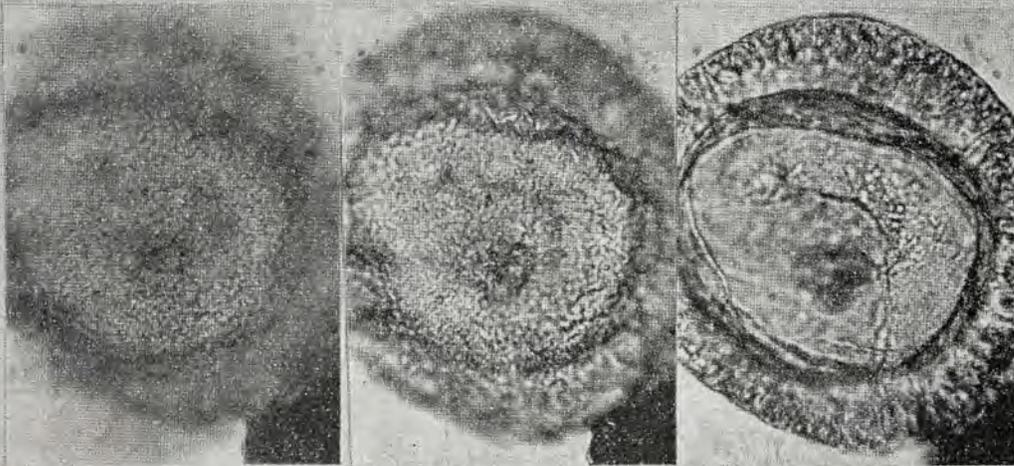


108. Cuphea



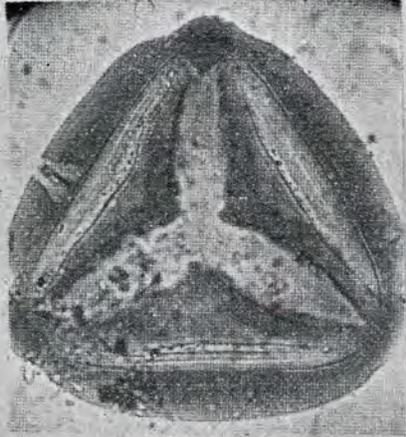


118. *Dacrydium*

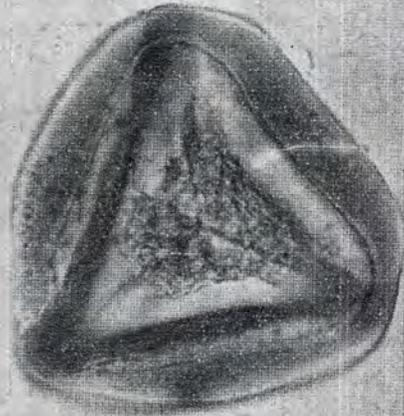


119. Podocarpaceae "tipo E"

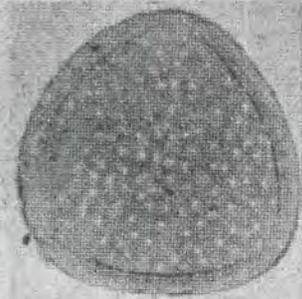
C. S. 1911
Linnéus



120. Jamesonia



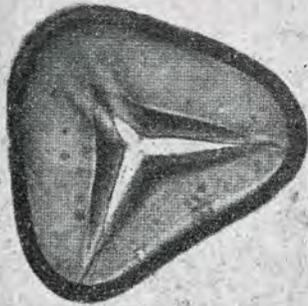
121. Jamesonia



122. Lycopodium (foveolado)



123. Lycopodium (reticulado)



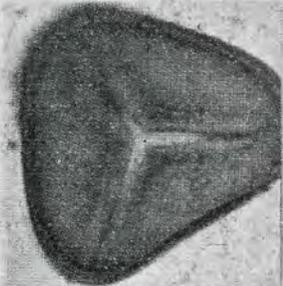
124. Cyatheaceae - tipo



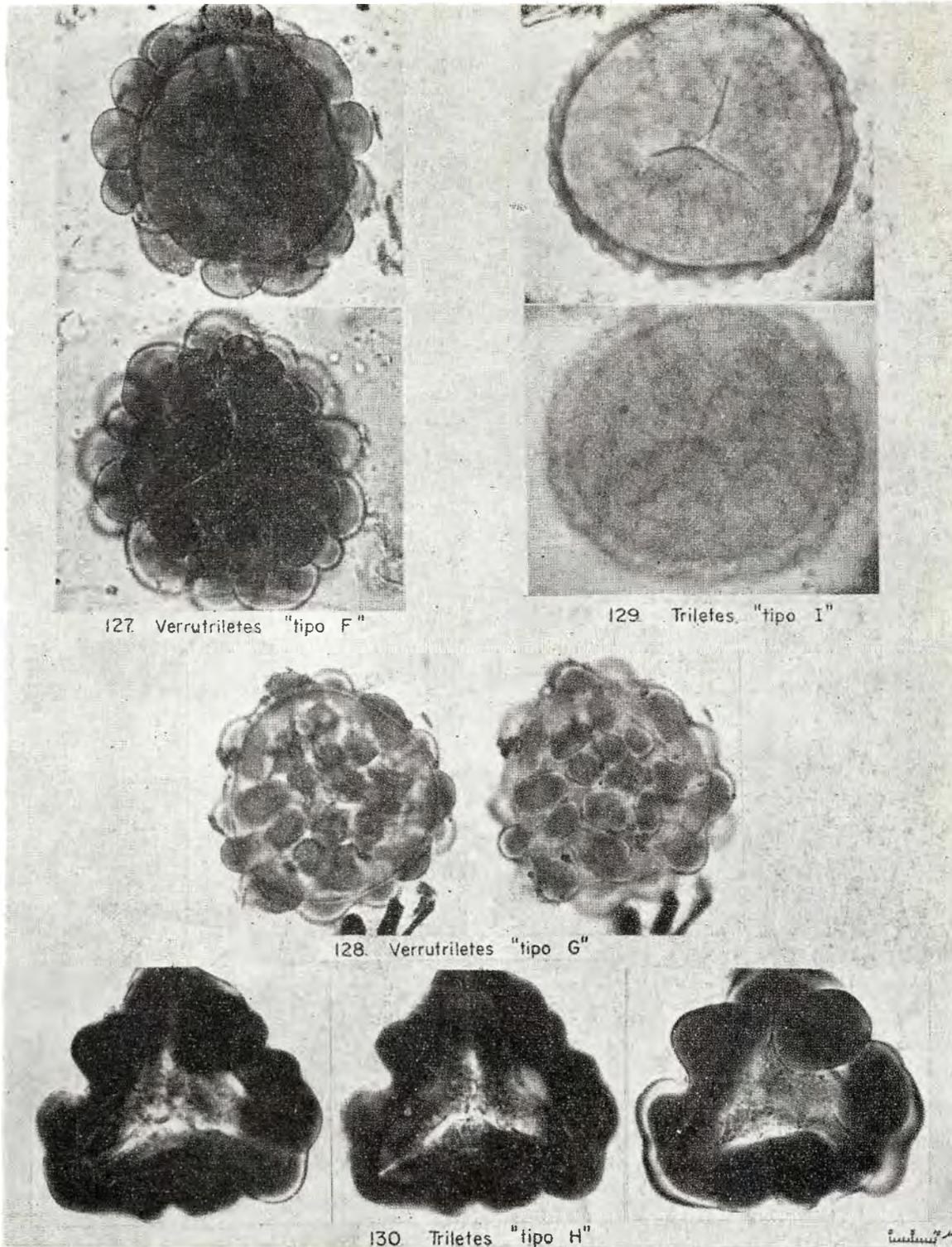
125. Hymenophyllum - tipo

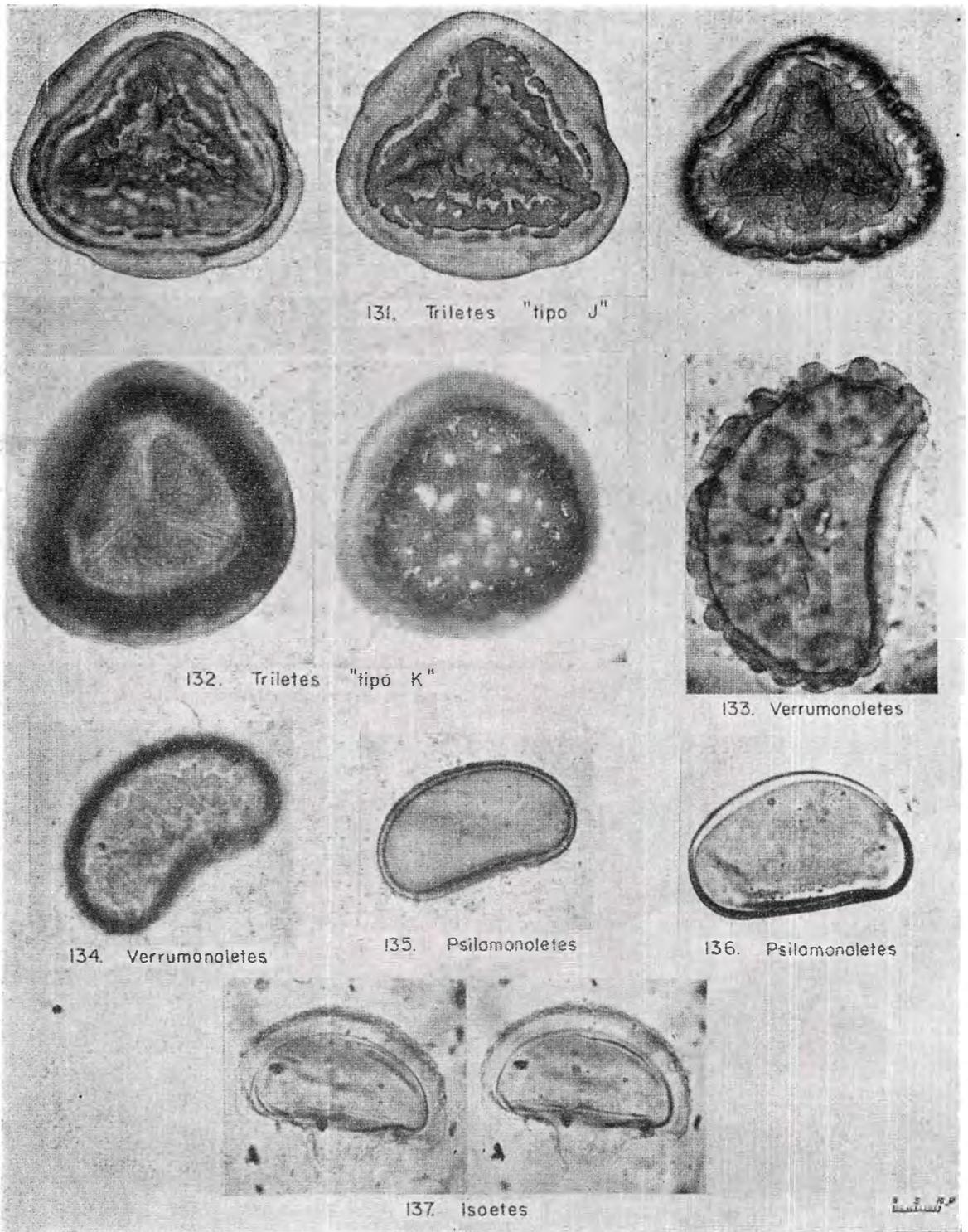


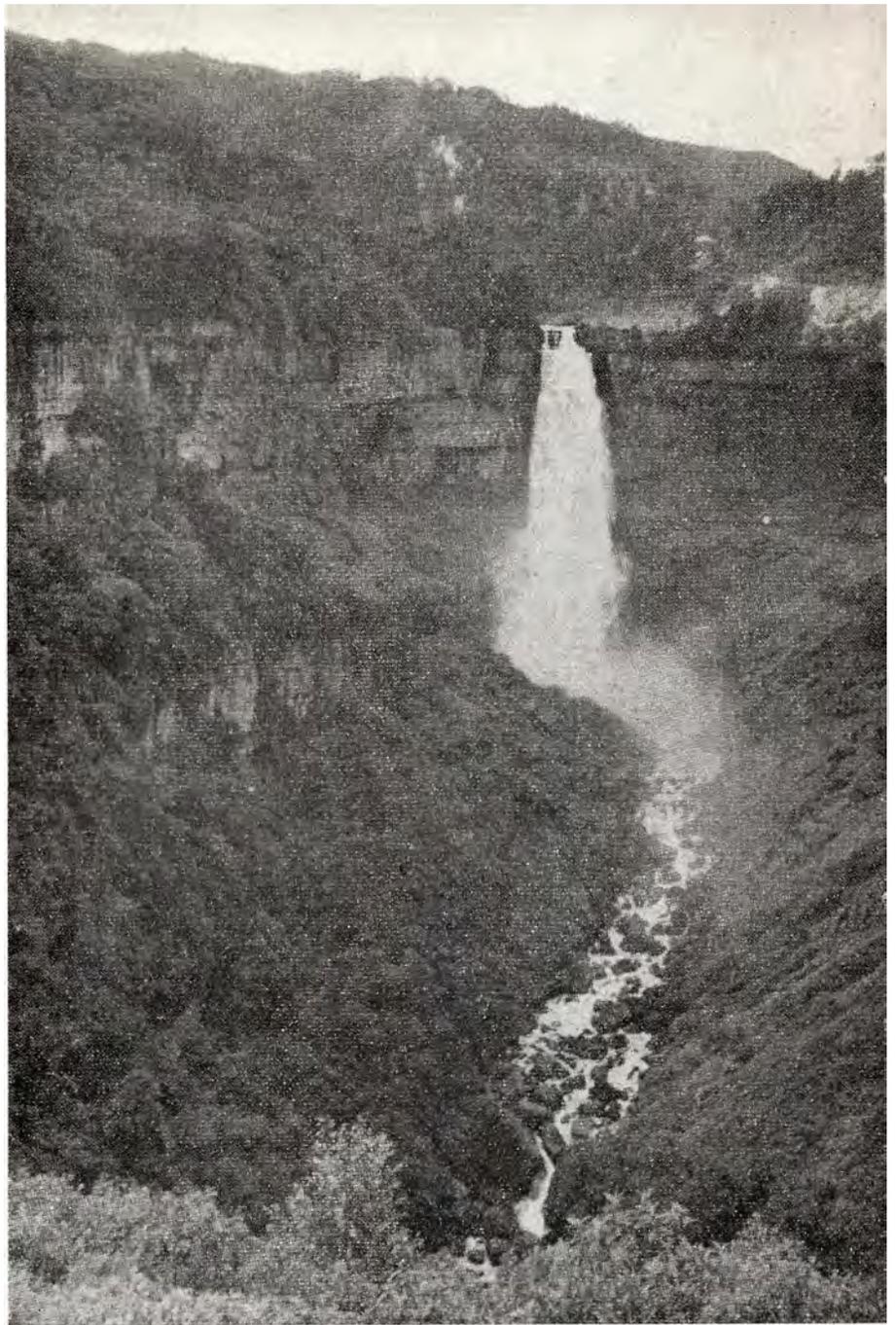
126. Hemitelia



Handwritten signature or mark.







El Salto de Tequendama en el río Bogotá, que fue durante el Pleistoceno la principal salida de las aguas de la laguna de la Sabana.



Erosión de los sedimentos del lago de la Sabana, al Este de Mosquera.



Fotografía de la parte interior del bosque, cerca de Suba.



Amigos y colaboradores en una excursión botánica, en un robledal (*Quercetum*) en el Alto de Onzaga (Departamento de Boyacá). De izquierda a derecha: Roberto Jaramillo (guía); Jorge Hernández, Juan Perico y Enrique González.

Alnetum, cerca a Subachoque (facies marginal).





Acaena cylindrostachva & P, *Jamesonia* sp., etc., a 3.550 m en el Páramo de Palacio.



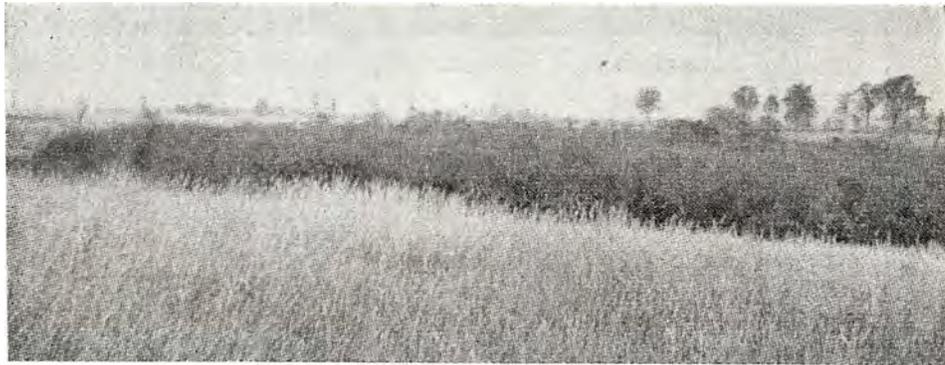
Bosque cerca de Suba, que representa un resto de bosque que antes de la llegada del hombre cubría grandes regiones de la Sabana de Bogotá. Los árboles dominantes son *Ilex*, *Vallea* y *Eugenia*.

Weinmannia tomentosa L.f en flor. Boyacá, región del Alto de Onzaga, a 2.800 m.





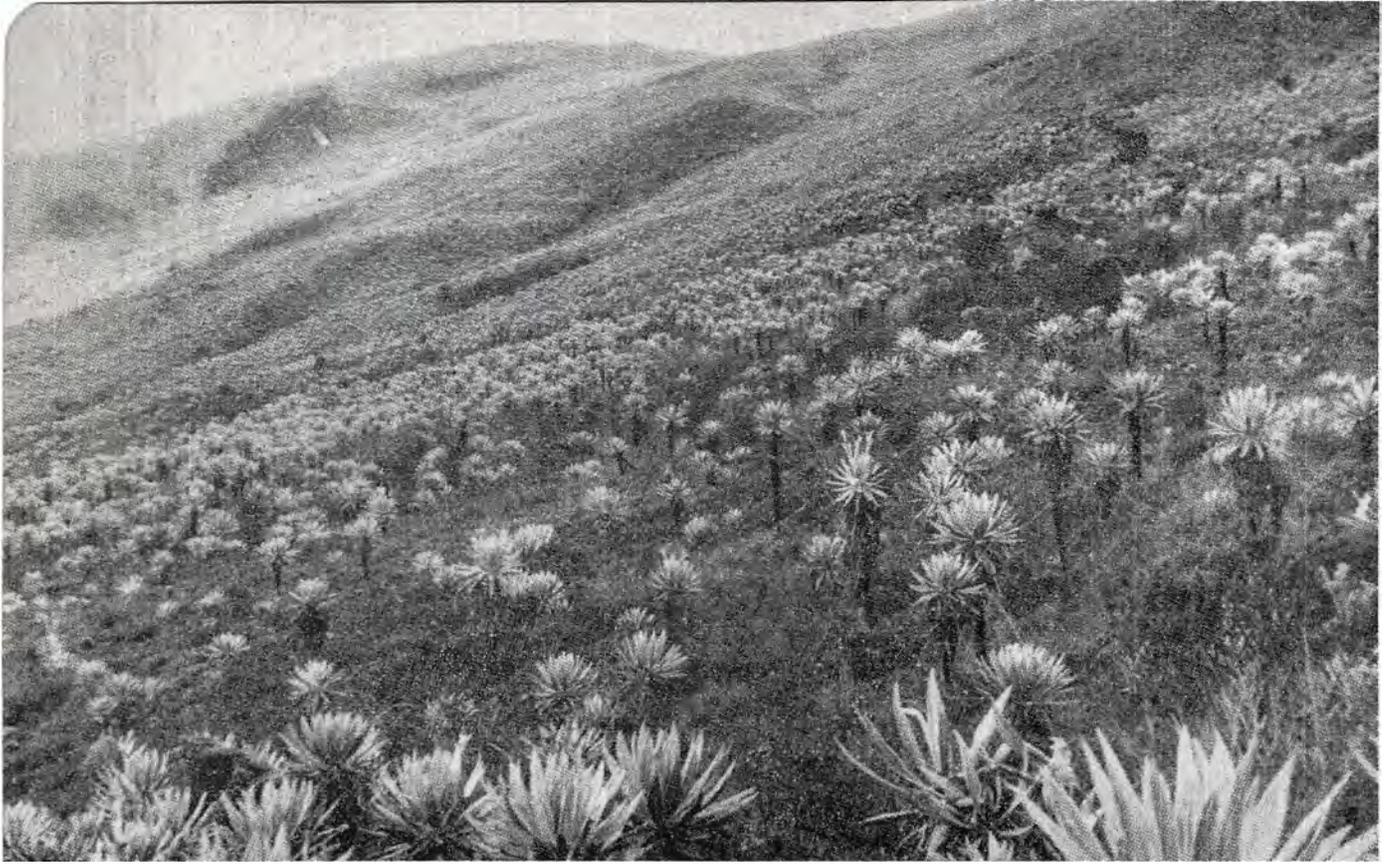
Aragoa abietina HBK en flor, a 3.550 m
en el Páramo de Palacio.



Alnetum, en un pequeño valle en la Sabana de Bogotá, cerca a Subachoque.

"Valeriana" stenophylla Killip en flor, a 3.650 m en
el Páramo de Palacio.





Un aspecto de la vegetación (Espeletietum) a 3.600 m en el Páramo de Palacio.

Bosque cerca a Suba (facies marginal).





Bosque de Espeletietum en un pequeño valle protegido del viento, a 3.450 m de altura, en el Páramo de Palacio. Transición entre Vaccinion y Weinmannietum.

Puya sp. y *Espeletia* sp. en primer plano.

Jamesonia sp., a 3.550 m,
en el Páramo de Palacio.



Bocconia frutescens L., a 2.800 m,
en la región del Alto de Onzaga.





Robledal (Quercetum), y Alto de Onzaga (Departamento de Boyacá), a 3.400 m sobre el nivel mar.

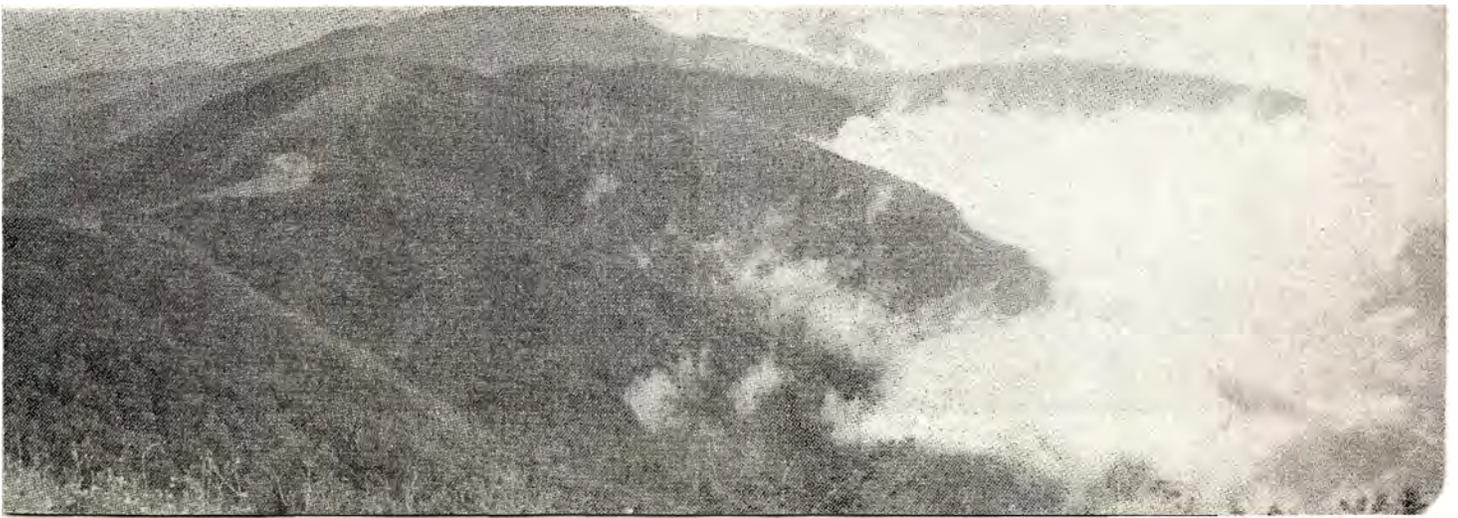
Gran morrena terminal del final del Würm, más o menos 3.600 m en el valle del río Donachuy, Sierra Nevada de Santa Marta.





Bosque enano (*Vaccinium*) en un pequeño valle protegido del viento, a 3.550 m de altitud, en el Páramo de Palacio.

Bosque nublado (*Quercetum*) visto desde una altitud de 3.450 m, en el Alto de Onzaga.





Acaena cylindrostachya R. & P.,
a 3.550 m, en el Páramo de Palacio.

Alnetum, cerca
a Subachoque (interior).

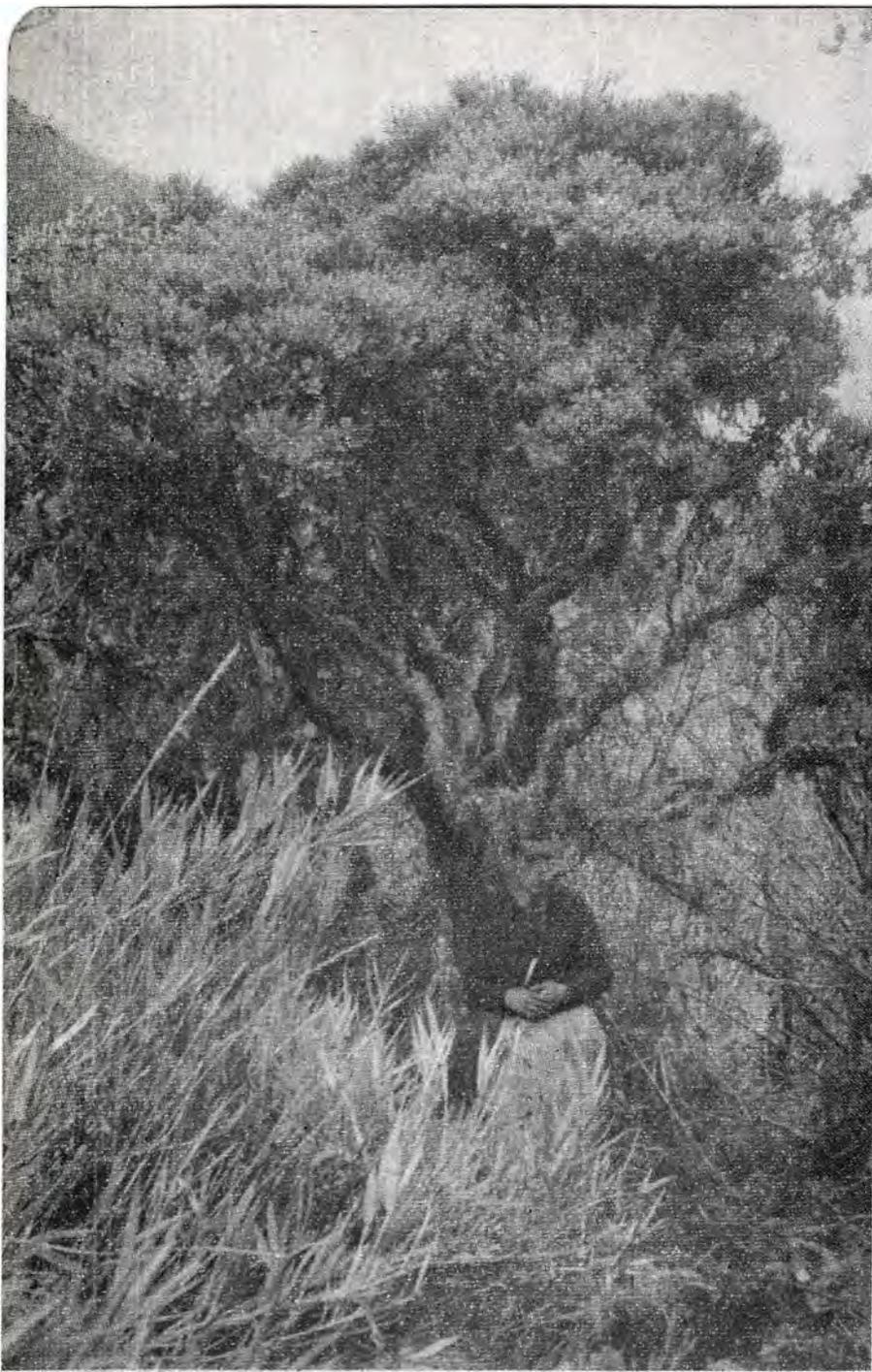




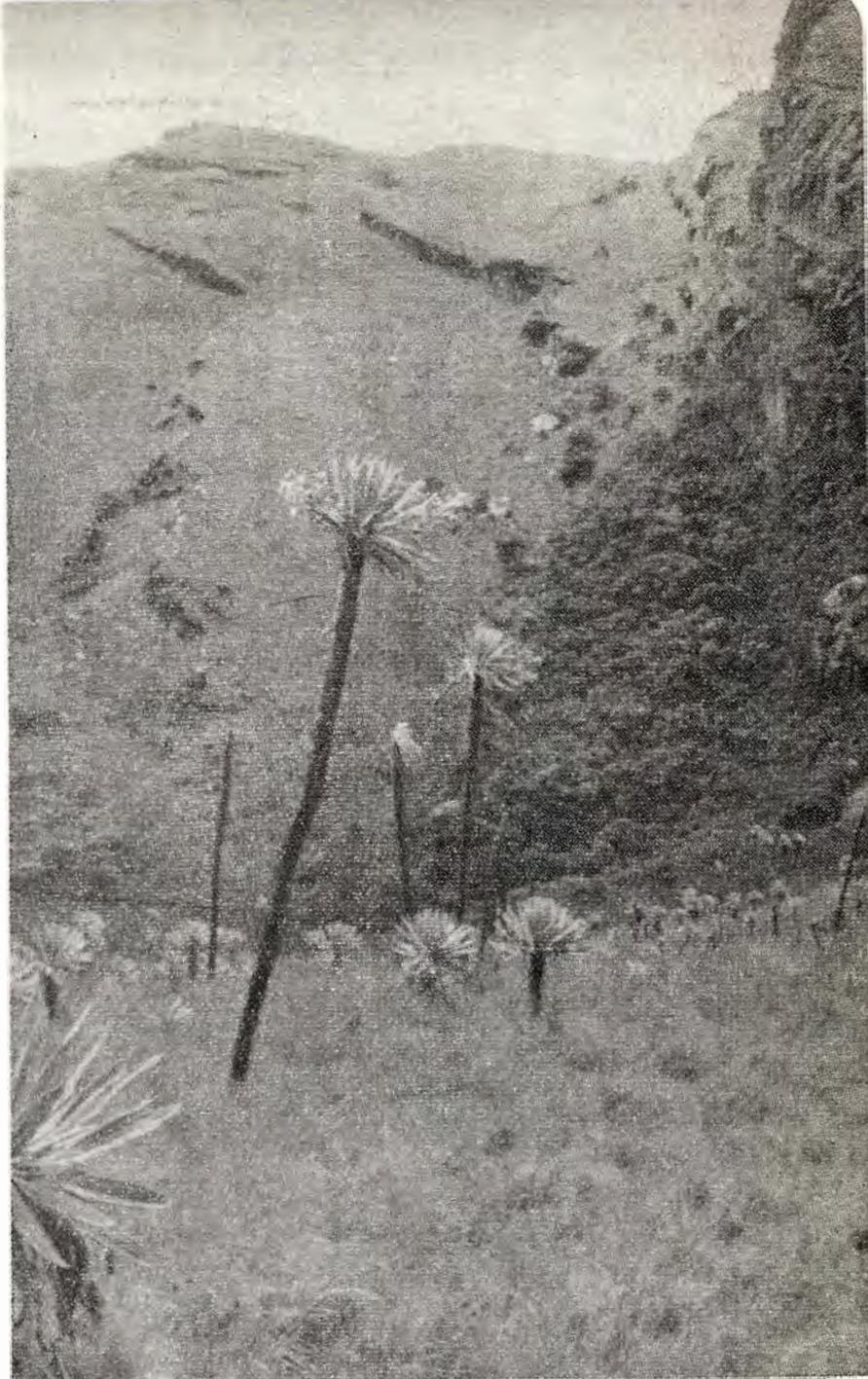
Valle glaciario a 3.600 m, en el Páramo de Palacio. Vista hacia el Occidente.

Glaciar abajo del Pico de La Reina (5.535 m), Sierra Nevada de Santa Marta. Los glaciares en esta región terminan a una altitud aproximada de 4.900 m.

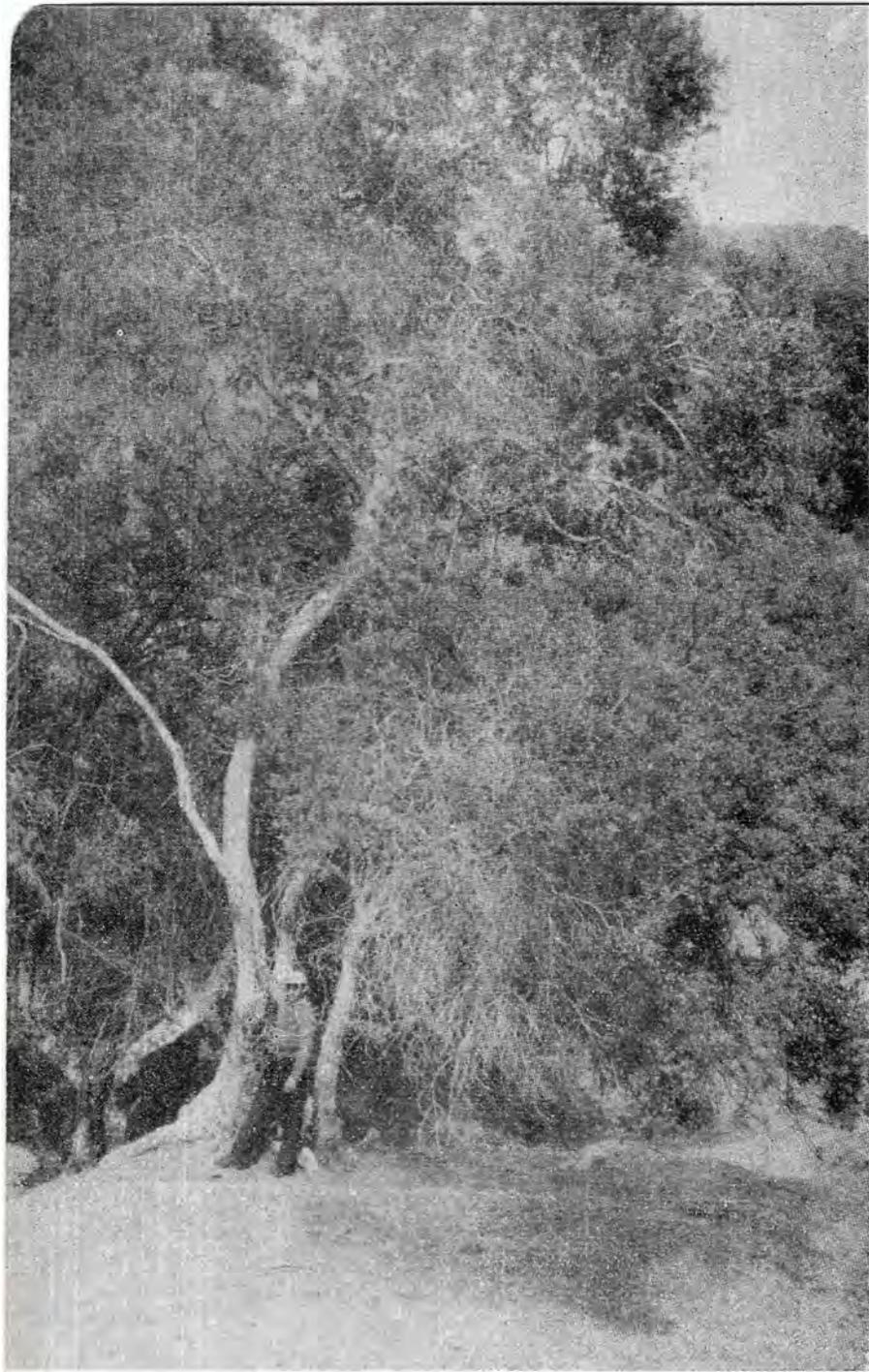




Arbol *Vaccinium floribundum* H.B.K., en el Vaccinion,
en un pequeño valle a 3.500 m, en el Páramo de Palacio.



Bosque enano de *Diplostegium*, etc., protegido del viento por una pared rocosa, a una altitud de 3.600 m, en el Páramo de Palacio.



Arbol grande, *Myrica parviflora* Benth, a 2.700 m,
en la región del Alto de Onzaga.

Isoetes (Pl. XVIII, 137)

Pl. XVIII, 137: C.U.X., N° A154.

Monolete. Parte exterior del exosporio transparente, y con una amplia bolsa, y una especie de falda en el lado proximal, espora de más o menos 40-50 micras. Superficie lisa u ondulada.

Plantas del fondo de lagunas y de pantanos en alto páramo.

9. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DEL DIAGRAMA. INTERPRETACIONES Y OBSERVACIONES GENERALES.

De los corazones se tomaron muestras para análisis de polen cada 10 o 15 centímetros, y estas muestras fueron preparadas, primero con el método modificado de Erdtman (K.O.H. y acetolysis) en la manera descrita por Faegri & Iversen (1950). Después las muestras que contenían arcilla o arena se trataron unos pocos minutos con H.F, y en seguida se efectuó la separación por gravedad en una mezcla de bromoformo y alcohol de densidad 2.

Entre 200 y 300 granos de polen se contaron de las especies incluidas en la suma de polen que formó la base para los cálculos de porcentaje. Granos de polen de las siguientes plantas se incluyeron:

<i>Gramineae</i>	<i>Weinmannia</i>
<i>Acaena</i>	<i>Rapanea</i>
<i>Alnus</i>	<i>Symplocos</i>
<i>Podocarpus</i>	<i>Drimys</i>
<i>Quercus</i>	<i>Ilex</i>
<i>Hedyosmum</i>	<i>Miconia</i>
<i>Myrica</i>	<i>Urticaceae</i>
<i>Styloceras</i>	<i>Vallea</i>
<i>Bocconia</i>	<i>Juglans</i>

Los porcentajes de los granos de polen de otras plantas se calcularon con base en esta suma.

Para la construcción del diagrama se pusieron en práctica los principios de tipo propuesto por Iversen para la representación de cambios de vegetación del Tardiglacial.

El ancho del diagrama representa el 100% de la suma de polen. De derecha a izquierda se representan los porcentajes acumulados de los elementos (anemófilos) más importantes de la vegetación abierta (rayado y rayas interrumpidas). De izquierda a derecha están presentes los elementos más importantes del bosque por curvas separadas. Para *Alnus* se usó un símbolo cuadrado abierto, para *Quercus* un cuadro cerrado, para *Podocarpus* un círculo cerrado, y para el total del resto de los elementos de bosque, una cruz. Aunque los últimos dos símbolos se usan también para otros árboles (que no se encuentran en Colombia), preferimos utilizar estos sencillos símbolos en lugar de tipos más complicados, para hacer más fácil la lectura del diagrama.

Si excluimos tipos de vegetación de desierto o semi-desierto (que se pueden reconocer por la ocurrencia de varias especies típicas, ausentes en nuestra sección), entonces la vegetación abierta (gramíneas + *Acaena*) indica tipos de vegetación de los altos Andes (páramo abierto; Espeletion). Los elementos de bosque representan juntos el bosque andino (incluyendo también, por una parte, el bosque enano del páramo andino, cerca al límite altitudinal del bosque, y por otra los tramos de bosques aislados en sitios protegidos encima del límite del bosque).

La lluvia de polen que caía sobre la laguna de la Sabana fue suministrada principalmente por la vegetación de los cerros y montañas circundantes. Estas montañas alcanzan una altura de aproximadamente 3.200 a 3.300 m (o más alto en montañas más distantes). De esta manera un porcentaje de sólo unos pocos porcientos de granos de polen de vegetación abierta (gramíneas + *Acaena*) indicará que los declives de estos cerros estuvieron casi completamente cubiertos de bosque (siendo más o menos las mismas condiciones actuales) antes de la influencia del hombre cuando el porcentaje de la vegetación abierta se vuelve un poco más alto, entonces dicha vegetación abierta debe haber aparecido en las cimas de los cerros, y cuando aumenta aún todavía más, el límite altitudinal del bosque se debe haber bajado más. Como también tramos de bosques se encuentran aislados muy arriba del propio límite del bosque cerrado (y como los declives de los cerros hacia la Sabana, con sus abundantes quebradas, ofrecen muchos sitios protegidos), el porcentaje de vegetación abierta sólo podrá alcanzar, en casos extremos, un porcentaje cercano a 100, es también en estos casos donde el propio límite del bosque cerrado ya se encuentra mucho más bajo que el nivel de la Sabana de Bogotá.

Se entenderá por lo anterior que la curva de las gramíneas + *Acaena* es un indicador excelente de las fluctuaciones relativas del límite del bosque.

Fuera de las principales fluctuaciones de la curva para la vegetación abierta, se ven en el diagrama importantes cambios en la composición cuantitativa del bosque. Especialmente significativa es la curva de *Quercus*: a veces esta curva alcanza valores altos, y a veces llega a cero. Como vimos arriba, el Quercetum indica aquí un clima más húmedo con estaciones secas menos pronunciadas, precipitación anual más alta y una nublación más continua. Cuando desaparece *Quercus* en el diagrama, la curva para el resto de los elementos de bosque, incluyendo *Weinmannia* (pero sin incluir *Alnus* y *Podocarpus*), sigue o muestra porcentajes más altos. Aunque muchos de estos elementos pueden encontrarse también en el Quercetum, la relación de la curva *Quercus* con esta curva del resto de los elementos de bosque nos dará una idea de las fluctuaciones de la precipitación aérea anual.

Durante los períodos más secos, la laguna de la Sabana se secaba parcialmente, siendo reemplazada la deposición de sedimentos de laguna por deposición de turba o sedimentación de avenidas de río (arcillas). Entonces la vegetación local se vuelve más importante, y las fluctuaciones de humedad parecen estar expresadas por las fluctuaciones relativas de la curva de *Alnus* y por la curva para el total del resto de los elementos de bosque.

La curva de *Podocarpus* muestra máximas y mínimas características en ciertos intervalos, pero no se pueden hasta ahora deducir de ella

condiciones climáticas especiales, por lo que las diferentes especies tienen condiciones ecológicas bastante diferentes, y no se pudieron realizar determinaciones específicas.

La curva para la vegetación abierta (fluctuaciones del límite del bosque) y la curva de la relación de *Quercus* con la del total del resto de los elementos de bosque (fluctuaciones de precipitación aérea anual, etc.) se pudieron convertir, de curvas relativas, en curvas más exactas, y con las dos se pudo calcular una curva de temperatura; de ellas se tratará separadamente en el próximo párrafo.

En los párrafos 4 y 5 vimos que cuando la precipitación anual es más alta que la de hoy día cerca a Bogotá, el límite del bosque está situado en un nivel más alto. Este hecho es muy importante, porque entonces la curva para las fluctuaciones del límite del bosque se determina no sólo por la temperatura, sino también por los cambios de precipitación anual (véase el párrafo siguiente).

En general (pero no siempre en detalles de menor importancia) la curva de *Quercus* es alta en estos intervalos del diagrama donde la curva de las gramíneas + *Acaena* es alta. Podemos entonces concluir, hablando en términos generales, que las fases frías eran considerablemente más frías de lo que parece indicar la curva de la vegetación abierta.

Diagrama general.

Los tres metros superiores de la sección consisten en arcilla de inundación. El diagrama de esta parte demuestra en general porcentajes bajos de gramíneas y máximas alternando de *Alnus* y *Myrica*. Parece lógico que la mayoría de esta parte del diagrama comprenda el Holoceno. Los datos de radiocarbón verificaron esta suposición (véase párrafo 11). En los espectros superiores la curva de las gramíneas es mucho más alta, lo cual corresponde a la destrucción del bosque por el hombre. Una interpretación más detallada de los 4 metros superiores se da en el párrafo 11.

De tres a ocho metros de profundidad las gramíneas (y también *Acaena*) presentan un porcentaje alto, aunque con varias fluctuaciones. *Quercus* también está representado con porcentajes relativamente altos; el polen de este árbol desaparece en la muestra 12, y poco después la laguna de la Sabana se seca (nivel de 3.5 m). Interpretamos esta parte del diagrama como perteneciente a la última fase glacial y más importante de la glaciación Würm (Pleniglacial II), que duró en Europa, según datos recientes obtenidos por radiocarbón desde más o menos 28.000 A.C. hasta más o menos 14.000 A.C. un dato de radiocarbón obtenido del nivel de 340 cms. confirma esta interpretación (véase párrafo 11). Es interesante observar aquí que varios de los espectros, con un alto porcentaje de *Hedyosmum*, son casi idénticos (no tomando en cuenta la presencia de *Quercus*) con el espectro anual de la estación de recogimiento de polen aéreo a 3.450 m de altura en el páramo de Cruz Verde (véase párrafo 6).

De 8-11.5 m, de 14-15.5 m el diagrama demuestra condiciones climáticas intermedias. Estos dos intervalos están separados por el intervalo de 11.5 - 14 m, que demuestra condiciones más frías, aunque menos frío que durante la importante fase glacial mencionada arriba (véase la curva de temperatura y el párrafo 10). La interpretación como inters-

tadales de la glaciación Würm ("Interpleniglacial", Van der Hammen, 1957), parece ahora muy lógico.

De 15.5 - 19.5 m se presenta otro intervalo muy frío, de nuevo con porcentajes relativamente altos de *Quercus*. Interpretamos este intervalo como representando la primera importante fase glacial de la glaciación Würm (Pleniglacial I).

El intervalo de 19.5 - 22.2 m demuestra condiciones menos frías, pero no obstante más frías que interstadial.

De 22.2 - 24 m, la laguna había desaparecido en parte, y se formó turba. *Quercus* está ausente o muy bajo; el clima fue seco. La curva de las gramíneas es muy baja en la parte inferior y la parte superior de este intervalo, pero algo más alto en la parte intermedia. Interpretamos este intervalo como interglacial Riss Würm. La sedimentación debe haber sido mucho más lenta durante este tiempo. Parece que hay un intervalo algo más frío en el interglacial, demostrando además los valores más altos de *Podocarpus* del diagrama entero.

De 24 - 29 m se presenta un intervalo mucho más frío, demostrando en parte condiciones altoglaciales. Esta parte consiste de nuevo en sedimentos de laguna. Interpretamos este intervalo como glacial Riss II (= Warthe stadial).

De 29 - 31 m prevalecen de nuevo condiciones interstadales. La laguna se desecó de nuevo en parte durante este tiempo y se formó turba. Nuestra interpretación de este intervalo es interstadial Riss I - II. En la parte inferior de este intervalo, en el principio del interstadial, se sedimentó ceniza volcánica, que tuvo su origen probablemente en erupciones volcánicas en la Cordillera Central.

La parte más inferior del diagrama de 31 - 32.2 m demuestra nuevamente condiciones altoglaciales. Pero *Quercus* está ausente o muy bajo. El clima es seco y muy frío. Interpretamos esta parte del diagrama como la última parte del glacial Riss I (= Drenthe stadial). Esta última parte del Riss I fue aparentemente seca, como también lo fue la última parte de la última fase altoglacial del Würm.

Curvas individuales.

Curvas individuales para todos los géneros y familias reconocidas se pueden ver a la derecha del diagrama general. Para la descripción de los granos de polen, y datos sobre las condiciones ecológicas que ellos representan, véase parágrafo 8.

Inmediatamente a la derecha del diagrama general se encuentran las curvas para los tipos incluidos en este diagrama (suma de polen). Se dan curvas individuales para todos los elementos que constituyen juntos la curva del "resto" de los elementos de bosque (menos *Alnus*, *Quercus* y *Podocarpus*).

Sigue entonces una lista de cifras indicando el número de granos de polen incluidos en la suma para el cálculo de cada muestra. Siguen luego las tres curvas climáticas (fluctuación del límite del bosque, "humedad" o precipitación aérea anual y temperatura). Una descripción detallada de estas curvas se da en el parágrafo 10.

A la derecha de la tercera de estas curvas sigue de nuevo una lista de cifras, representando el número total de granos de polen encontrados en cada muestra.

Siguen luego las curvas de estos tipos de polen que no fueron incluidos en el diagrama general ni en la suma de cálculo. Representan ellos géneros o familias que son herbáceas, y en parte arbustivos o arborescentes.

Con la *Jamesonia* principian las curvas de las esporas. Después de la curva de *Isoetes*, el diagrama termina con una curva de la densidad de polen expresado en número de granos por placa de 22×22 mm.

La interpretación de todas estas curvas individuales no presentará dificultades con la ayuda de los datos ecológicos o sociológicos dados en el parágrafo 8.

Una de las curvas más sorprendentes del diagrama es la curva para *Acaena*. La mayoría de los granos de polen incluidos en esta curva pertenecen a la especie *Acaena cylindrostachya*. Como vimos anteriormente (parágrafo 4), esta especie de páramo es en general poco común, y hasta en estas regiones con un desarrollo local muy fuerte de un Acaenetum, está representado sólo por un escaso porcentaje en la flora de polen de los sedimentos recientes de laguna (Van der Hammen & González, 1959 b).

Bajo las condiciones actuales, la presencia de un Acaenetum parece localmente estar relacionada con el pastoreo y abono de ganado, pero no se encuentra en las partes altas de la región del Weinmannietum, alrededor de Bogotá, sino en las partes altas de la región del Quercetum. En la Sierra Nevada del Cocuy se encuentra *Acaena* relativamente abundante sobre morrenas antiguas, etc., en sitios con escasa o ausente capa de humus. Durante el glacial Würm en la Sabana de Bogotá, cuando el Quercetum tomó el lugar del Weinmannietum interglacial, el Acaenetum debió haber ocupado extensiones considerables encima del límite del bosque, porque se encuentran porcentajes relativamente altos de *Acaena* en todas las muestras que corresponden a este tiempo. Es también muy interesante la curva de las Malvaceae, que sólo se encontraron en el Riss I glacial. Se trata de una especie que encontramos recientemente en el Nevado del Cocuy, a una altura de 4.000 metros. La presencia de esas Malváceas es una prueba más del gran descenso de temperatura durante el Riss I (véase el parágrafo siguiente).

10. LAS CURVAS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION

La curva de las gramíneas + *Acaena* en el diagrama indica lógicamente las fluctuaciones relativas del límite del bosque. Como muchos de los elementos de bosque incluidos en la suma de polen se encuentran todavía en tramos de bosque por encima del propio límite del bosque, y como éstos cada vez más escasean con la altura, la curva arriba mencionada no demostrará un cambio brusco cuando el propio límite del bosque pasa al nivel de la Sabana.

Ahora es posible convertir esta curva relativa en una curva absoluta, la cual indica los valores en metros, de desplazamiento del límite del bosque; esto fue realizado de la manera siguiente:

Un espectro de polen de Páramo de Cruz Verde (calculado con base en la colección del polen aéreo durante un año; véase parágrafo 6), dio 51.5% de gramíneas, a 3.450 m sobre el nivel del mar, o aproximadamente 250 m por encima del límite del bosque local. En un diagrama de polen de sedimentos de laguna el de la "laguna de América", Páramo de Palacio (Van der Hammen & González, 1959a), el espectro número 51 (inmediatamente debajo de los dos espectros superiores con influencia humana), demuestra 49% de gramíneas a 3.500 m sobre el nivel del mar, o aproximadamente 250 m por encima del límite original, de bosque local. En un diagrama de polen de la "Laguna de los Bobos", Boyacá (Van der Hammen & González, 1959b), el espectro número 4 (inmediatamente debajo de los tres espectros superiores, con creciente influencia humana), demuestra 52% de gramíneas a una altura de 3.800 m, o aproximadamente 250 m por encima del límite local del bosque.

Así encontramos que tres fuentes diferentes (una de polen aéreo, otra región con *Weinmannietum*, y con un límite de bosque local de 3.250 m, y otra con *Quercetum* y un límite de bosque local de 3.550 m), dan una información prácticamente idéntica: aproximadamente el 50% de gramíneas corresponde a un sitio aproximadamente de 250 m por encima del límite del bosque local. Otro dato se puede encontrar en el diagrama de la Sabana de Bogotá. La muestra 1-d, inmediatamente debajo de las muestras con creciente influencia humana, contiene 8% de gramíneas. Como el límite de bosque local, cerca de Bogotá, está aproximadamente a 3.250 m, y el nivel de la Sabana aproximadamente 2.600 m, podemos concluir que el 8% de gramíneas corresponde a un sitio de 550 m debajo del límite de bosque local.

Como la curva de gramíneas + *Acaena* no demostrará cambios bruscos al pasar el límite de bosque por el nivel de la Sabana, por las razones ya expuestas, podemos ahora, con base en los dos datos calculados anteriormente, calcular cuánto porcentaje de gramíneas corresponde a cada 100 m de desplazamiento del límite del bosque.

Tomamos 52% de gramíneas 250 m encima del límite de bosque local y 8% de gramíneas 550 m debajo del límite de bosque local. Así tenemos 44% de gramíneas para un desplazamiento de 800 m, o 5.5% por cada 100 m de desplazamiento.

De esta manera hemos convertido la curva relativa en una curva indicando valores absolutos en metros de desplazamiento del límite del bosque (véase el diagrama principal). El error de esta curva no excederá probablemente los más o menos 50 m. Para la Sabana de Bogotá podemos trazar más la curva exacta cuando la curva de gramíneas es más baja del 8% (o el límite de bosque más alto que 3.250 m); como las cimas más altas de los cerros que forman el límite inmediato de la Sabana tienen aproximadamente una altura de 3.200 a 3.300 m, se puede esperar una discontinuidad en la curva cuando estas montañas se llegan a cubrir totalmente con bosque.

Consideremos ahora la curva de precipitación. Hemos visto arriba que la cantidad relativa de *Quercus* al total de los elementos de bosque menos *Alnus* y *Podocarpus* ("rata de *Quercus*"), también es una curva relativa. Trataremos ahora de convertirla en una curva indicando valores absolutos, expresado en el límite de bosque correspondiente, bajo las ac-

tuales condiciones de temperatura. Podemos acercarnos a la solución teórica de este problema desde dos puntos distintos, basado en observaciones.

Teóricamente la "rata de *Quercus*" más alta en el diagrama correspondería al límite de bosque más alto posible en la Cordillera Oriental. Así una "rata de *Quercus*" de 84% correspondería a un límite de bosque de más o menos 3.800 m. Por otro lado, la "rata de *Quercus*" es de 0% cerca de Bogotá, donde el límite de bosque se encuentra a más o menos 3.200 - 3.250 m. Así 600 m de desplazamiento del límite del bosque, bajo las actuales condiciones de temperatura, correspondería a 84% de cambio en la "rata de *Quercus*", lo que equivale a 14% por cada 100 m.

Las observaciones son las siguientes: en la "Laguna de los Bobos" encontramos en el espectro cuatro (inmediatamente debajo del punto donde empieza la influencia humana) una "rata de *Quercus*" de 50%.

El límite actual de bosque se encuentra allí a más o menos 3.550 m (Van der Hammen & González, 1959 b). En la "Laguna de América" (Páramo de Palacio), con un límite de bosque actual de 3.250 m, se encontró una "rata de *Quercus*" de 2.5% en el espectro 51 (Van der Hammen & González, 1959 a). En el espectro de polen aéreo de Páramo de Cruz Verde, con un límite de bosque local de más o menos 3.200 m, se halló una "rata de *Quercus*" de 0%.

Los cálculos teóricos y las observaciones están muy satisfactoriamente de acuerdo:

Límite de bosque	"Rata de <i>Quercus</i> " teórico	"Rata de <i>Quercus</i> " observado
3.200 m	0	0
3.250 m	6%	2.5%
3.550 m	49%	50 %

En este caso, como en el anterior, el límite de error es muy pequeño, de todas maneras menor que más o menos 25 m. Así podemos convertir la curva de "rata de *Quercus*" en una curva que indique la altura teórica del límite de bosque debido a "humedad" (suponiendo las actuales condiciones de temperatura).

La curva de las fluctuaciones verdaderas del límite de bosque es el resultado de dos factores: cambios de temperatura y cambios de "humedad". Para obtener una curva de temperatura tenemos que eliminar de esta curva la influencia de los cambios de "humedad". Así para cada punto de esta curva tenemos que sumar a la correspondiente altura verdadera del límite del bosque, el mismo número de metros indicados por el punto correspondiente de la curva convertida de la "rata de *Quercus*".

De esta manera obtenemos una curva que indica la posición imaginaria del límite de bosque, si este límite sólo fuese afectado por cambios de temperatura. El posible error de esta curva no será más de 75 metros. Esta curva puede convertirse ahora fácilmente, con la ayuda del gráfico de la figura 3. De este gráfico, basado en un gran número de observaciones de la actual relación de altura y temperatura media anual en la Cordillera Oriental (principalmente del Departamento de Cundinamarca), se puede deducir que la temperatura disminuye regularmente 2/3°C por cada 100 metros de subida (véase parágrafo 3). Un límite de bosque de 3.200 metros, el límite de bosque actual cerca de Bogotá, corresponde

entonces a la actual temperatura media anual de la Sabana de Bogotá, es decir, 14°C; y para cada 100 metros que baje el límite imaginario del bosque, 2/3°C más bajo.

El valor de 2/3°C por cada 100 metros es un valor bastante exacto. La relación temperatura-altura de diferentes sitios de observación están frecuentemente situados fuera de la línea del gráfico de la figura 3, pero esto sólo se debe a condiciones climáticas geográficas que pueden cambiar considerablemente en una cordillera. Como estamos considerando fluctuaciones climáticas en uno y en el mismo sitio, este factor lógicamente no tiene ninguna influencia sobre nuestra curva. Por esta razón ningún error es tomado en cuenta para esta última conversión. Los límites de error de la curva de temperatura serán entonces $75/100 \times 2/3 = + 1/2^\circ\text{C}$.

Tenemos a nuestra disposición tres curvas (véase el diagrama principal):

1º Verdaderas fluctuaciones del límite del bosque (expresado en metros).

2º Fluctuaciones de "humedad" (principalmente precipitación aérea anual), (expresadas en metros de fluctuación del límite del bosque, como resultado de fluctuaciones de "humedad" solamente).

3º Fluctuaciones de temperatura (expresada en °C).

Si consideramos las tres curvas juntas, se apreciará inmediatamente que son 2 "congruentes" en sus características más importantes, cuando la temperatura baja, la "humedad" aumenta. No hay duda que los glaciales son al mismo tiempo pluviales, y que los interglaciales son al mismo tiempo interpluviales, (véase también: Maarleveld & Van der Hammen, 1959). Pero en detalles menores vemos con frecuencia que fluctuaciones menores de "humedad" no tienen relación con fluctuaciones menores de temperatura.

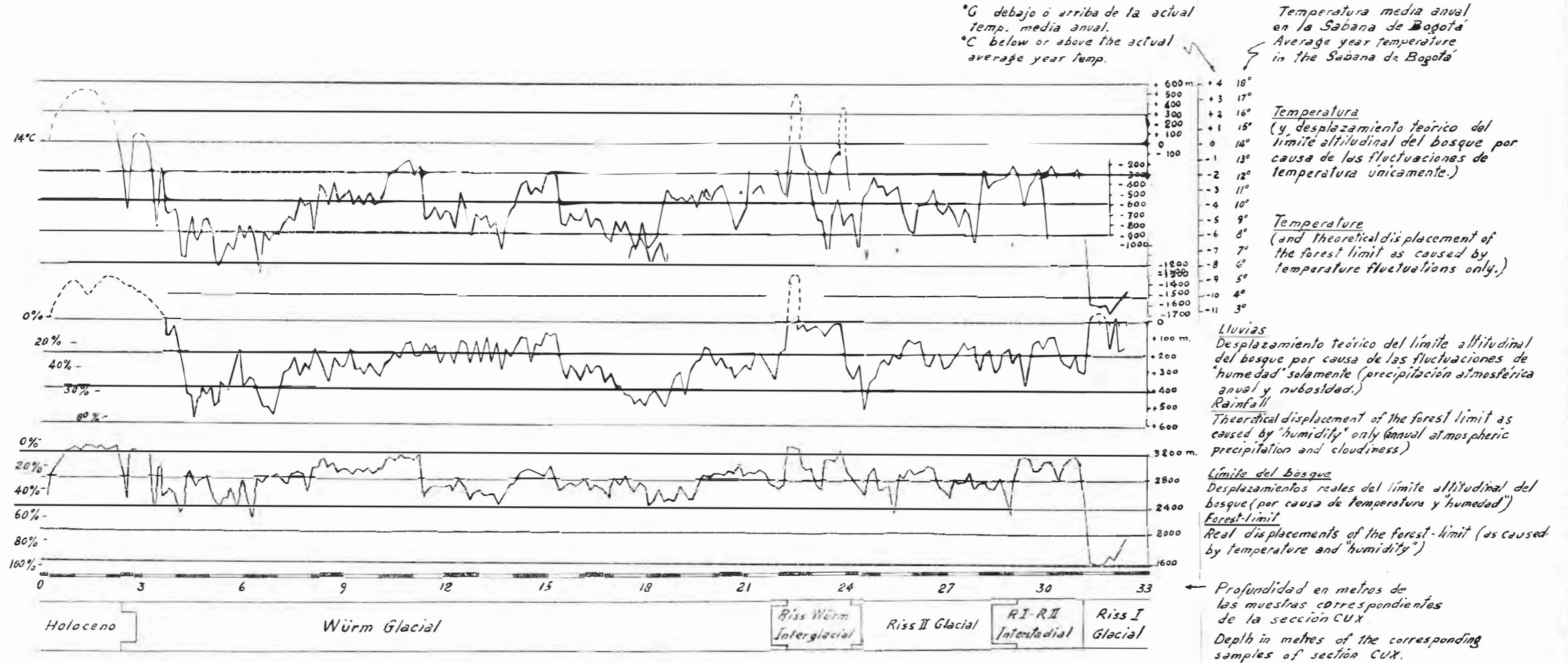
Como el descenso de temperatura baja el límite del bosque, y el aumento simultáneo de "humedad" sube dicho límite, estos dos factores son opuestos, y el verdadero límite del bosque bajó menos durante los glaciales que lo que se hubiera podido esperar de las fluctuaciones de temperatura solamente. Pero no hay que olvidar que las fluctuaciones del límite de las nieves siguió las fluctuaciones de temperatura (y la creciente humedad durante los glaciales bajó el límite de las nieves hasta algo más de lo que se hubiera podido esperar de las fluctuaciones de temperatura solamente). El resultado fue que el límite de las nieves y el límite del bosque estuvieron mucho más cerca el uno del otro durante los glaciales que durante los interglaciales, y pudieron eventualmente haber estado en contacto en sitios particularmente húmedos (esto es hoy día prácticamente el caso del actual Nevado del Huila), en la Cordillera Central, con un clima extremadamente húmedo durante todo el año; (véase párrafo 5).

El mayor descenso de temperatura media anual durante la fase más fría del glacial Würm está situado entre 7° y 8°C. Estos valores son 2°C más altos que los calculados por Wilhelmy (1956). Las temperaturas mínimas para el glacial Würm, encontradas por Emiliani (1955) para agua superficial del mar Caribe y del Atlántico ecuatorial, son aproximadamente 6°-8° más bajas que las de hoy día. Esas temperaturas están

Curvas climáticas para el Pleistoceno Superior de la Sabana de Bogotá — Climatic curves for the upper Pleistocene of the Sabana de Bogotá

(Basado en el diagrama de la sección CUX)

(Based on the diagram of section CUX)



en perfecto acuerdo con nuestros datos de los Andes ecuatoriales de Colombia.

Las temperaturas del glacial Riss I en nuestra curva son todavía más bajas que las del glacial Würm (véase más adelante).

El límite de las nieves durante el glacial Würm, tomando en cuenta una baja de temperatura de $8 \frac{2}{3}^{\circ}$, debe haber estado por lo menos 1.300 metros más bajo que el límite actual en la Cordillera Oriental. Pero el clima pluvial debe haber bajado todavía más el límite de las nieves: el límite de las nieves estaba 1.300 metros más bajo que la altura de dicho límite en la actualidad, en áreas con una precipitación aérea anual igual a la que duran las mínimas de temperatura del Würm en la Sabana de Bogotá.

Las tres mínimas de temperatura del Würm - Pleniglacial II dan los siguientes datos:

Temperatura (°C más baja que la actual)	Altitud del límite del bosque, teórica, según "humedad" solamente	Descenso del límite de las nieves, según baja de temperatura solamente
Mínimo 1º $\pm 8 \frac{2}{3}^{\circ}\text{C}$	$\pm 3.550 \text{ m}$	$\pm 1.300 \text{ m}$
Mínimo 2º $\pm 8^{\circ}\text{C}$	$\pm 3.700 \text{ m}$	$\pm 1.225 \text{ m}$
Mínimo 3º $\pm 7.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 3.550 \text{ m}$	$\pm 1.135 \text{ m}$

Si suponemos que la relación del actual límite de bosque ("humedad") —el límite de las nieves es aproximadamente una línea recta (lo que parece probable, si representamos gráficamente las relaciones dadas en parágrafo 5), y esta línea pasa por los dos puntos que corresponden a la relación de: límite de bosque 3.900, a límite de nieves 4.150 m, y el límite de bosque 3.200 m, a límite de nieves 4.550 m, entonces encontramos los siguientes datos para las mencionadas fases de temperaturas bajas:

Altura del límite del bosque teórica, según "humedad" solamente	Altura del límite de las nieves, teórica, según "humedad" solamente
Mínimo 1º 3.350 m	4.350 m
Mínimo 2º 3.700 m	4.250 m
Mínimo 3º 3.550 m	4.350 m

Para los límites de las nieves más bajas del glacial Würm, en la Sabana de Bogotá, encontramos entonces:

Mínimo 1º	4.350 — 1.300 \pm 3.050 m
Mínimo 2º	4.250 — 1.225 \pm 3.025 m
Mínimo 3º	4.350 — 1.135 \pm 3.215 m

Para las temperaturas del glacial Riss I encontramos en nuestra curva una temperatura mínima de 11°C más baja que la de hoy día, correspondiente a un descenso del límite de las nieves de 1.650 metros. El límite de bosque teórico, según "humedad" solamente, tiene una altura de 3.380 metros, lo que correspondería hoy día a un límite de las nieves de 4.450 m. Encontramos entonces el límite de las nieves más bajo del Riss I. $4.450 - 1.650 = \pm 2.800$ metros.

Estos datos sobre la posición del límite de las nieves en el área de la Sabana de Bogotá, corresponden muy bien con la altura de fenómenos glaciales observados, tomando en cuenta que glaciares de valle pueden haber avanzado en algunos casos unos 100 metros más bajo que el propio límite de las nieves. Cerca de La Calera (en la cordillera al oriente de Bogotá), se encuentran importantes restos de morrenas a más o menos 2.700 metros, y valles glaciales en forma de U (en algunos sitios combinados con morrenas), se encuentran en los cerros que rodean la Sabana, demostrando que los glaciares bajaban en estos valles hasta aproximadamente 2.700 metros.

Fenómenos muy claros y frescos se pueden observar en muchas partes alrededor de la Sabana de Bogotá (y en general en la Cordillera Oriental) desde 3.000 metros para arriba. Especialmente alrededor de los 3.200 metros se encuentran morrenas en muchas partes de la Cordillera Oriental. En el norte de Boyacá pudimos reconocer los siguientes importantes niveles de morrenas terminales: 3.400 m, 3.200 m y 3.050 m. Más abajo se encuentran morrenas en parte destruidas por la erosión, entre 2.750 y 2.800 m.

Es interesante observar que el verdadero límite de bosque durante las temperaturas anuales mínimas del glacial Würm en la Sabana de Bogotá se encontraba relativamente cerca al límite de las nieves. Para el Würm encontramos los siguientes datos:

Límite de las nieves	Límite del bosque	Distancia vertical
Mínimo 1º 3.050	2.050	± 800 m
Mínimo 2º 3.025	2.400	± 625 m
Mínimo 3º 3.215	2.400	± 815 m

Para la temperatura mínima durante el Riss I encontramos:

2.800	1.700	± 1.100 m
-------	-------	-----------

Actualmente esta distancia, en la parte central de la Cordillera Oriental, es de aproximadamente 1.350 metros.

Muy interesante es que las temperaturas interstadales máximas son sólo entre 1.5 - 2°C más bajas que las de hoy día, aunque durante la mayor parte de los interstadales prevaleció una temperatura entre 3º y 4°C más baja que la de hoy. Pero los interstadales eran mucho más húmedos (Quercetum) que los interglaciales; por otra parte, esta humedad fue la causa por la cual el límite del bosque pudo acercarse todavía mucho más al actual, quedando solamente por debajo del límite de hoy unos 200 - 300 metros, y en un caso extremo lo alcanzó. Mientras en la región de la Sabana de Bogotá desaparecieron por completo los glaciares durante los interstadales, en el norte de Europa pudieron mantenerse en estos tiempos considerables masas de hielo. Tal vez este hecho sea la causa de que la temperatura en Europa durante algunos interstadales no pudo llegar a subir tanto como en nuestra región ecuatorial.

Como no podemos calcular ningún dato cuando el verdadero límite del bosque alcanza una altura mayor de 3.200 metros (véase arriba), no se pueden hacer estimaciones sobre la posición del límite del bosque durante el Holoceno. Además, la influencia de vegetación local en los sedi-

mentos arriba de los 350 cms. (arcillas de inundación), hace muy difícil hacer algún cálculo sobre las fluctuaciones de temperatura de ambos, el Tardiglacial y el Holoceno. Afortunadamente, tenemos buenos datos de la historia del clima del Tardiglacial y del Holoceno, basados en los análisis de polen de los sedimentos de laguna de Páramo de Palacio, en la cordillera al NE de Bogotá (Van der Hammen & González, 1959 a). Los siguientes datos exactamente calculados fueron obtenidos de la misma manera que se explicó anteriormente: el límite de bosque estaba durante las condiciones óptimas de temperatura del Holoceno a 300-400 m (ocasionalmente hasta 500 m) más alto que el de hoy día (en Páramo de Palacio, donde el límite de bosque se encuentra actualmente a 3.250 m, este límite alcanzó aproximadamente 3.550 - 3.650 m; ocasionalmente alcanzó 3.750 m durante un corto intervalo). Este dato está perfectamente de acuerdo con datos de los Alpes, donde el límite del bosque estaba 300-400 m más alto que el actual, durante el Subboreal (Lüdi, 1955). Deevey & Flint (1957) calculan con estos datos para los Alpes una temperatura de 2°-3°C más alta que la de hoy. Nuestros datos dan exactamente la misma diferencia de temperatura: $3 \times 2/3^{\circ}\text{C} = 2^{\circ}\text{C}$ y $5 \times 2/3^{\circ}\text{C} = 3 \frac{1}{3}^{\circ}\text{C}$.

Es interesante observar que durante este tiempo de condiciones climáticas óptimas, deben haber desaparecido casi por completo todas las regiones de páramo (Espeletion) en las cercanías de la Sabana de Bogotá.

Las curvas climáticas de la Sabana están representadas a escala menor en la figura 5.

En la figura 6 se da una curva de temperatura algo simplificada, basada en los análisis de la Sabana de Bogotá, completados con la curva del Tardiglacial y Holoceno del Páramo de Palacio, comparada con la curva para el Pleistoceno superior de Europa, en parte fechada, de Gross (1958). Las dos curvas son tan sorprendentemente similares, especialmente en la parte fechada y mejor documentada de la curva de Gross, que no queda ninguna duda sobre la correlación e interpretación de nuestra curva y diagrama.

Es importante realizarnos, al respecto, que cualquier desplazamiento de una de las dos curvas queda imposible y absurdo, ya que una de las dos curvas tendría que terminar en el futuro en vez de en el presente. Las fechas de C-14 del Holoceno hacen también imposible tal desplazamiento. Con esto queda excluida la posibilidad de que los cambios climáticos se presentarían en Sur América algo más retardados que en Europa, o al revés.

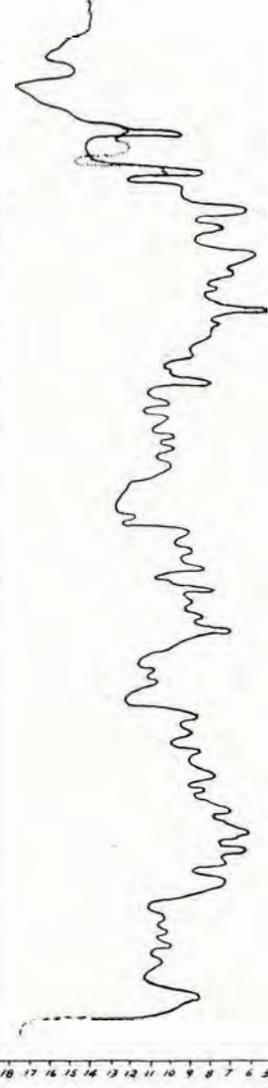
También quedan ya definitivamente excluidos movimientos de los polos, etc., como explicación de los cambios climáticos. Estos problemas de correlación de glaciales y pluviales fueron también tratados con el mismo resultado por Flint & Gale (1958) y Maarleveld & Van der Hammen (1959).

El Riss-Würm Interglacial está representado en nuestro diagrama (y curvas) con un intervalo aparentemente demasiado delgado. Esto se debe con seguridad al hecho de que la laguna de la Sabana se desecó (por lo menos en parte) durante este tiempo. Se formó turba, pero la sedimentación de turba se suspendió o fue muy lenta durante las partes más secas y más cálidas, cuando la Sabana estaba cubierta de bosque.

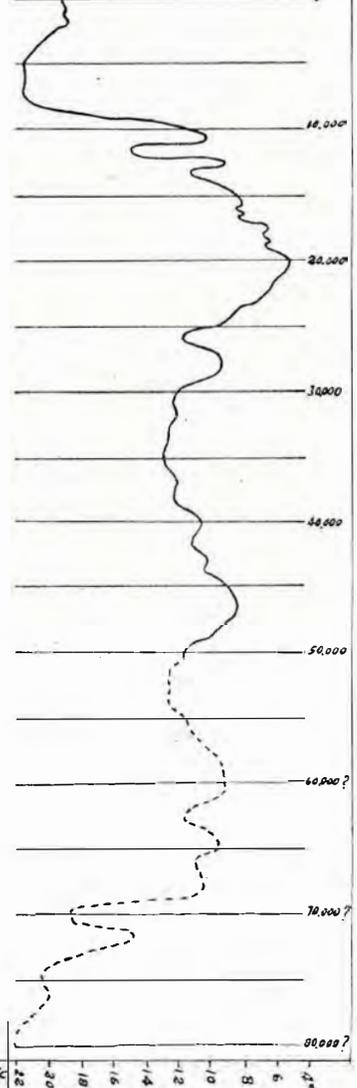
Holoceno		
Glacial	Pleni-glacial II	Stadiales Principales del Würm (Brandenburg, Frankfurt, Pommern) Principal Würm Stadials. Interstadial (de Pawdorff?) stadial
		Interstadial [de Göttweig (Aurignac)]
		Stadial (con un corto interstadial) (With a short interstadial)
		Interstadial (de Brörup-Loopstedt)
	Interpleni-glacial	
	Pleni-glacial I	Stadial
	Temprano Glacial / Early Glacial	Interstadial
		Stadial
Riss-Würm Inter-glacial		

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22
 PARANÓ DE PALACIO
 SABANA DE BOGOTÁ

Curva de temperatura media anual para la Sabana de Bogotá.
 Curve of average year Temperatures, for the Sabana de Bogotá.



Curva de temperaturas medias de Julio, para Alemania central (esquemática) según Gross (1938). - Curve of average temperatures of July, for central Germany (schematic) according to Gross (1938).



Curva de temperatura del Pleistoceno Superior y del Holoceno de los Andes ecuatoriales (Sabana de Bogotá), comparado con una curva para el Pleistoceno Superior de Europa de H. Gross.

Temperature curve of the upper Pleistocene and Holocene of the equatorial Andes (Sabana de Bogotá), compared with a curve for the upper Pleistocene of Europe of H. Gross.

Los datos que conseguimos sobre la altura del límite altitudinal del bosque y la altura del límite de las nieves durante las distintas fases del Pleistoceno superior y del Holoceno fueron utilizadas para dibujar mapas de la vegetación y de la extensión de las nieves de la Sabana de Bogotá y alrededores en estas épocas. Estos mapas fueron construídos utilizando las curvas de nivel, y no se tomaron en cuenta posibles cambios de altura de los límites indicados, bajo circunstancias locales (como por ejemplo en los valles el límite del bosque será más alto y el de las nieves más bajo, etc.). Estos mapas se encuentran en las planchas XLI - XLV.

11. LAS FECHAS DEL RADIOCARBONO Y SU INTERPRETACION

Con el fin de establecer si nuestras interpretaciones y correlaciones con las fases climáticas del Pleistoceno Superior y Holoceno de Europa y Norteamérica eran correctas, se coleccionó una serie de muestras para análisis de radiocarbono. Para este fin se hizo una excavación en el mismo sitio de la perforación C.U.X. de 2×2 metros de ancho y 4 metros de profundidad. En las paredes de este pozo aparecieron varios horizontes con pequeñas partículas de carbón vegetal, de las cuales se colectaron muestras. Además, se tomó una muestra de arcilla con humus cerca al fondo del pozo.

La figura 7 representa el diagrama de la parte superior de la sección C.U.X. en una manera más detallada que en el diagrama completo, con la posición de las muestras fechadas por medio de análisis del radiocarbono. Estas muestras fueron analizadas por el doctor H. Tauber en el laboratorio de Copenhague, por mediación del doctor Johs Iversen.

Damos aquí en seguida la lista de las muestras:

- K - 576 - Col. 25 — Carbón vegetal. Sección X, Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 75 cms..... 1650
(± 160) D.C.
- K - 560 - Col. 9 — Carbón vegetal. Sección X, Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 170-205 cms.... 6070
(± 120) A.C.
- K - 561 - Col. 10 — Carbón vegetal. Sección X, Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 235-265 cms.... 7010
(± 400) A.C.
- K - 568 - Col. 11 — Arcilla con humus. Sección X, Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 320-345 cms.... 21.900
(± 600) A.C.

La figura 8 representa otro diagrama de la sección C.U.P., tomado solamente unos 500 metros al sur de la sección C.U.X. De esta sección se analizaron dos muestras en el laboratorio de Conpenhague, ambas tomadas de la capa de turba entre 440 y 460 cms.; su posición está indicada en el diagrama. Los resultados fueron los siguientes:

- K - 536 - Col. 2a — Turba. Sección C.U.P., Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 450-460 cms. 34.000.
- K - 538 - Col. 2b — Turba. Sección C.U.P., Sabana de Bogotá (Colombia, S. A.). Profundidad 440-450 cms. 34.000.

Consideramos ahora la interpretación de los diagramas fechados. La parte inferior del diagrama de la figura 7, desde 425 hasta 335 cms., fue interpretada como representando parte de una fase fría, de la cual suponemos que correspondiera al glacial Würm (Weichsel). La fecha 21.900 (± 600) A.C. confirma esta interpretación. No obstante, parece que sea unos miles de años demasiado antiguo. La razón podría ser redeposición de material más antiguo, proveniente de capas de turba interstadiales o interglaciales erodadas en la orilla de la laguna al bajarse el nivel del agua (sección C.U.P.!) Sólo futuros análisis de C-14 podrán resolver este problema definitivamente. Hasta entonces tendremos que contar con la posibilidad de que esta muestra sea en realidad varios milenios más reciente de lo que indica el presente análisis.

La parte del diagrama desde 245 cms. hasta la superficie fue interpretada como Holoceno. Esto está confirmado por las tres fechas disponibles: 7.010 (± 400) A.C., 6.070 (± 120) A.C. y 1.650 (± 160) D.C. En esta parte del diagrama se manifiestan importantes cambios en la composición del bosque, principalmente determinados por dos especies: *Alnus* y *Myrica*. Estas especies parecen indicar períodos relativamente húmedos y relativamente secos. Cuando *Alnus* domina, la Sabana debe haber sufrido más frecuentes y más largas inundaciones durante el año, mientras que cuando *Myrica* domina, parece haber ocurrido lo contrario. Si eso es correcto, entonces podemos distinguir las siguientes fases climáticas (véase figura 7):

- VIII — Fase húmeda (20 - 85 cms.)
- VII — Fase seca (85 - 115 cms.)
- VI — Fase húmeda (115 - 155 cms.)
- V — Fase seca (155 - 235 cms.)

El hecho de que un poco debajo del límite V-VI se encontró una fecha de 6.070 ± 120 A.C., sugiere fuertemente que este límite corresponde al límite Boreal - Atlántico (del sistema de Blytt-Sernander) en Europa, que tiene una fecha de ± 5.500 A.C. Esto sugiere que también los otros límites palinológicos podrían corresponder a los de las zonas europeas: límite VI-VII con el límite Atlántico-Subboreal, y límite VII-VIII con el límite Subboreal-Subatlántico. La fecha 1.650 (± 160) D.C. a ± 20 cms., encima del límite VII-VIII, aunque más reciente de lo esperado, no está en contradicción con esta suposición (véase más adelante).

La siguiente correlación parece por estas razones ser muy posible:

Sabana de Bogotá	Europa
VIII Fase húmeda	Sub-atlántico
VII Fase seca	Sub-boreal
VI Fase húmeda	Atlántico
V Fase seca	Boreal

La interpretación de la parte del diagrama entre 335 cms. y 235 cms. es más difícil. Esta parte es de todas maneras más joven que 21.900 (± 600) A.C., y la parte más superior tiene la edad de 7.010 (± 400) A.C. La última fecha mencionada fue obtenida de partículas de carbón vegetal

sacadas del intervalo 233-257 cms., pero la mayoría de las partículas fueron coleccionadas entre 234 y 236 cms.; la fecha 7.010 (\pm 400) A.C. es una fecha que indica que estamos en una zona que corresponde al Preboreal europeo. Algo debajo de este intervalo (234-236 cms.), entre 245 y 260 cms., se presenta un máximo de las gramíneas y la presencia de ciertas especies de polen. (*Valeriana*, *Aragoa*) indican también un clima más frío. Así parece muy probable correlacionar el intervalo frío de 245-260 cms. con el "Younger Dryas time", y el intervalo de 230-245 cms. con período de gradual mejoramiento del clima, con el Preboreal europeo.

Si las interpretaciones arriba mencionadas son correctas, se podría interpretar el intervalo de 260-285 cms. como Interstadial de Alleröd, con un clima más seco que el intervalor restante de 285-330 cms.

Este último intervalo tiene que representar entonces por lo menos la parte del Tardiglacial anterior al Alleröd. Entonces se presenta el interrogante: ¿por qué es el porcentaje de gramíneas tan bajo, mientras este polen alcanza más de 40% durante el "Younger Dryas time"? La respuesta parece ser la siguiente: El clima durante la última parte de la última glaciación se volvía poco a poco más seco (la laguna de la Sabana se estaba desecando, y su superficie estaba más baja de 2.556 metros), pero todavía considerablemente más húmedo que durante el Holoceno inferior; por consiguiente, el límite del bosque estaba todavía más alto que hoy día. Cuando el clima se mejoraba todavía más, se formó un denso Alnetum sobre el pantanoso antiguo fondo de la laguna. Esta situación continuó hasta que en el principio del Interstadial del Alleröd el clima definitivamente se volvió más caliente y más seco (dominio de *Myrica*). Después, durante el "Younger Dryas time", el clima se volvió más frío, pero continuó siendo seco. La posibilidad existe también de que la sedimentación del intervalo de 330-355 cms., depositada inmediatamente después de que el sitio donde se tomó la sección se desecó, fue muy lenta o que podría haber un pequeño hiato (se observaron pequeñas grietas, formadas aparentemente por la desecación de la arcilla con humus).

De todas maneras, está claro que las condiciones locales influyeron en la imagen dada por el diagrama, después de que desapareció la laguna (a 355 cms.), resultando primero en porcentajes bastante altos de gramíneas, y cuando el clima se volvió un poco más favorable (de manera que *Alnus* podría crecer en el mismo sitio), en porcentajes de *Alnus* demasiado altos.

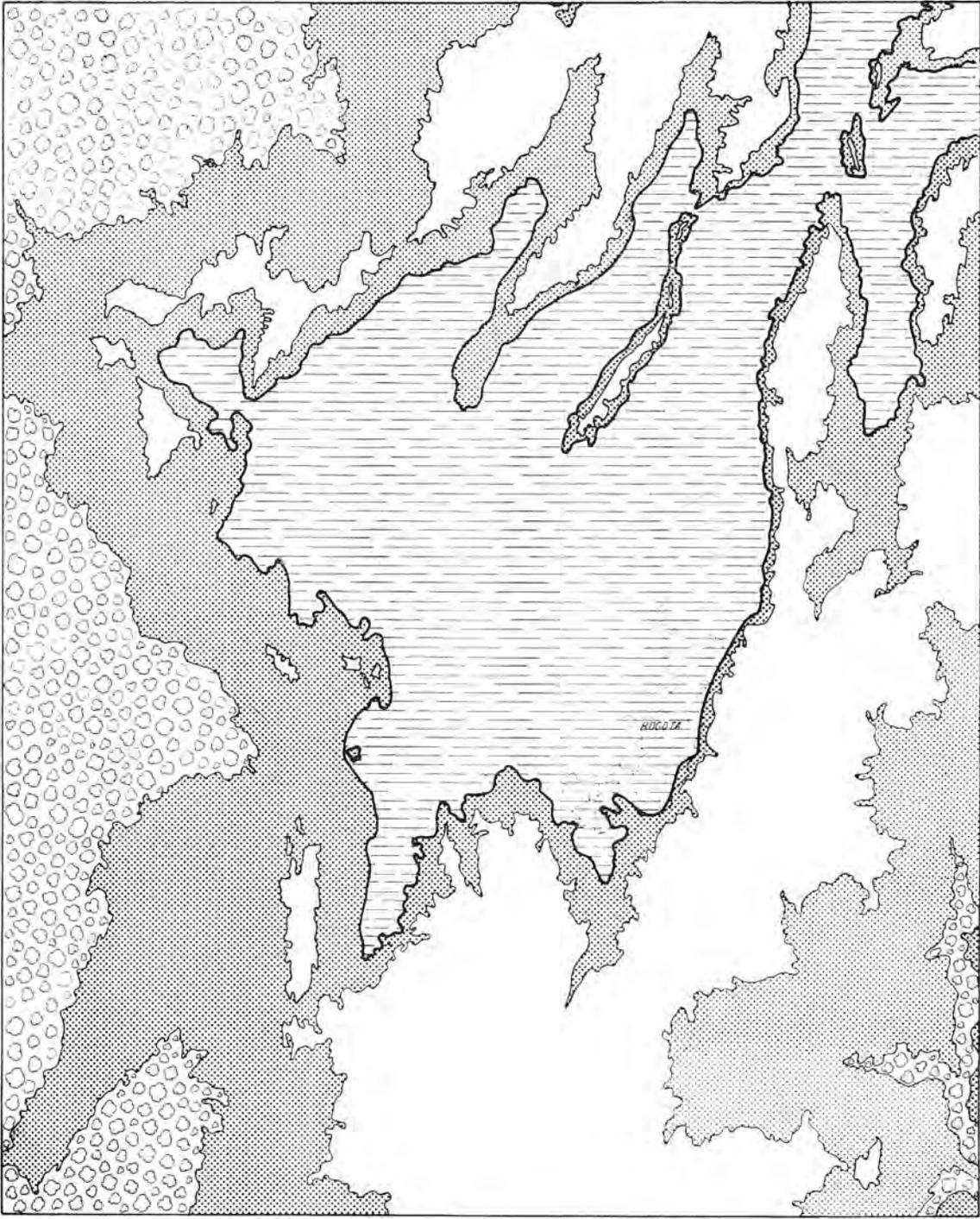
Las siguientes zonas se pueden ahora distinguir en el diagrama, con su probable o posible correlación con zonas europeas fechas de C-14 y probables o posibles fechas de los límites de las zonas. Los números de las zonas se refieren a la Sabana de Bogotá solamente, y el hecho de que coinciden en parte con los números de las zonas europeas, eventualmente inclusive con una correspondencia en tiempo, es accidental.

Aunque hay todavía mucho para probar en detalles, la imagen en general parece ser clara: una correlación de las fases climáticas del Holoceno (y posiblemente también del Tardiglacial) de la Sabana de Bogotá con las europeas y norteamericanas, parece ser perfectamente posible, y los límites de las zonas parecen ser sincrónicos (por lo menos estos límites donde las fechas de C-14, algo debajo o encima de estos límites, son disponibles).

Zonas en la Sabana de Bogotá	Fechas de C-14	Clima	Vegetación (Sabana de Bogotá)	Probable o posible correlación con las fases climáticas europeas	Posible edad de los límites de las zonas
VIII	1650 ± 160 D.C.	húmedo (¿y algo más frío?)	Alnus domina. Las gramíneas aumentan gradualmente, empezando algo después del principio de esta fase, siendo el resultado de creciente agricultura.	Subatlántico.	700 A.C.
VII		relativamente seco.	Alnus-Myrica.	Subboreal.	3000 A.C.
VI		húmedo.	Alnus domina.	Atlántico.	5500 A.C.
V	6070 ± 120 A.C.	seco.	Myrica domina.	Boreal.	6800 A.C.
IV	7010 ± 400 A.C.	seco; relativamente frío, gradualmente volviéndose más caliente.	Myrica domina. (Gramíneas más frecuentes que en la fase que sigue, pero menos frecuente que en el anterior).	Preboreal	8100 A.C.
III		Seco frío.	"Paisaje de parque". Myrica domina entre los arboles. Gramíneas frecuentes.	Younger Dryas time.	8900 A.C.
II		Seco más caliente que la fase anterior y la que sigue.	Myrica domina.	Allerød	9900 A.C. ?
I	¿Pequeño hiato?	Húmedo y frío.	Alnus domina.	Allerød parte inferior).	14000 a 16000 A.C. ?
	21900 ± 600 A.C. (?) (probablemente demasiado antiguo)	Húmedo y frío.	Alnus en general domina. Quercus es frecuente, pero desaparece gradualmente hacia el final. Gramíneas y Acaena frecuente: Sabana de Bogotá cubierta por una laguna, que se diseca hacia el final de esta fase.		

GLACIAL W Ő R M
Pl. Peineingitralca al Tardiglacial

En el gran ciclo Glacial-Interglacial, el clima en Europa y en el Norte de Norteamérica fue respectivamente seco y húmedo, pero en la Sabana de Bogotá, cerca al ecuador, respectivamente húmedo y seco. En los cambios climáticos menores del Holoceno esta inversión de las condiciones climáticas no parece presentarse: ambas en Europa, etc., y sincrónicamente en la Sabana de Bogotá, encontramos la bien conocida alternación seco-húmedo-seco-húmedo. Un punto de interés todavía para aclarar es el aumento de gramíneas en la zona VIII, desde una profundidad de 70 cms. hacia arriba. Este aumento no está acompañado por especies de páramo, sino por ciertas especies como *Plantago*. El aumento no puede ser motivado por un clima considerablemente más frío (hoy día los declives de los cerros que rodean la Sabana están cubiertos o estuvieron cubiertos en tiempo histórico, casi completamente de bosque hasta una altura de ± 3.200 m, y tampoco a un clima excesivamente seco (sa-



Dib. Maximiliano Uspiria, 1961

SABANA DE BOGOTA

MAPA DE NIEVES PERPETUAS Y
VEGETACION, DURANTE EL MAXIMO
DE LA GLACIACION RISS I

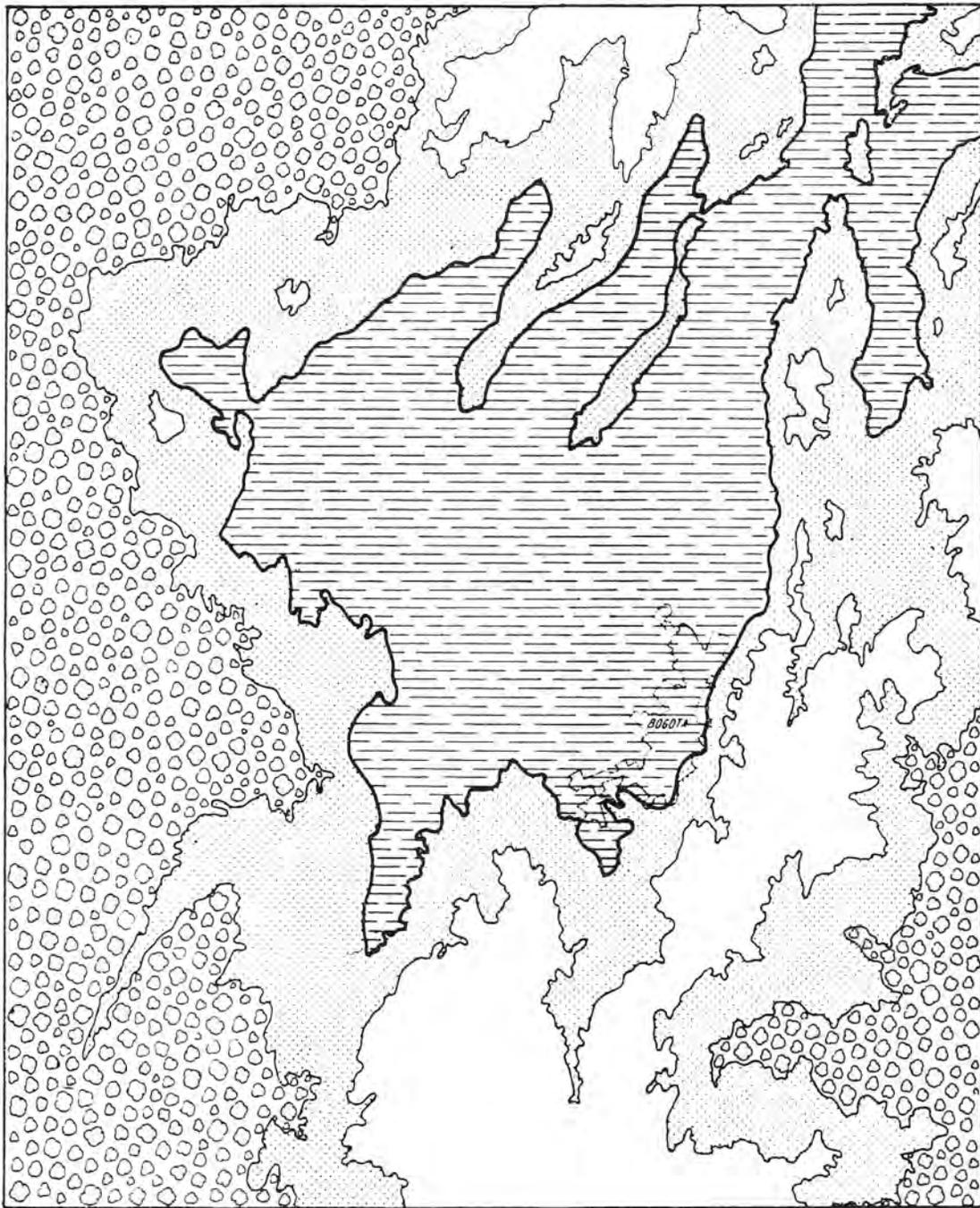
MAP OF ETERNAL SNOW AND
VEGETATION DURING THE MAXIMUM
OF THE RISS I GLACIATION

ESCALA-SCALE



-  Nieves perpetuas
Eternal snow
-  Páramo { Vegetación principalmente abierta
Principally open vegetation

-  Bosque
Forest
-  Laguna de la sabana
Sabana lake



SABANA DE BOGOTA

MAXIMO DE LA GLACIACION
WÜRM (PLENIGLACIAL II, 1º Y
2º MINIMO DE TEMPERATURA)

MAXIMUM OF THE WÜRM -
GLACIATION (PLENIGLACIAL II, 1st AND
2nd TEMPERATURE MINIMUM)

ESCALA - SCALE

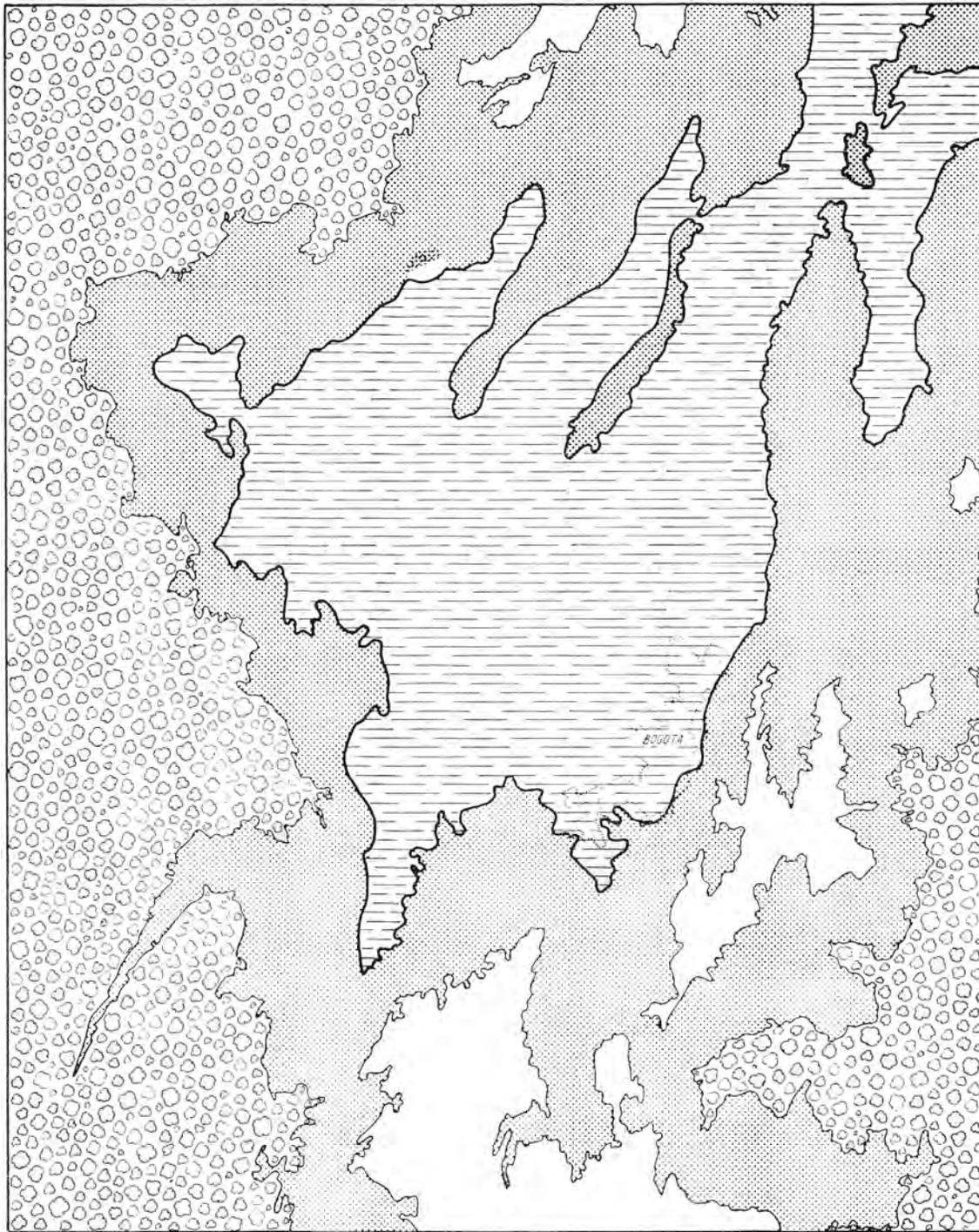


 Nieves perpetuas
Eternal snow

 Páramo (Vegetación principalmente abierta)
Principally open vegetation

 Bosque
Forest

 Laguna de la sabana
Savana late



Dib. Magdalena Ospina

SABANA DE BOGOTA

DURANTE EL 3^o MINIMO DE TEMPERATURA DEL PLENI-GLACIAL II, DEL GLACIAL WÜRM

DURING THE 3rd MINIMUM OF THE PLENI-GLACIAL II, OF THE WÜRM - GLACIAL

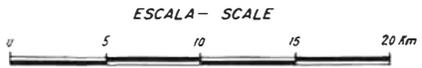
ESCALA - SCALE



- | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|  | Nieves .perpetuos
Eternal snow |  | Bosque
Forest |
|  | Paroma (Vegetacion principalmente abierta)
Principally open vegetation |  | Laguna de la sabana
Sabana lake |



SABANA DE BOGOTA
EN EL OPTIMO CLIMATICO DEL HOLOCENO **AT THE CLIMATIC OPTIMUM OF THE HOLOCENE**



- | | | | | | |
|--|--------|------------------------------------------------------------------|--|--|------------------|
| | Páramo | Vegetación principalmente abierta
Principally open vegetation | | | Bosque
Forest |
|--|--------|------------------------------------------------------------------|--|--|------------------|



Dib. Magdalena Ospina A

SABANA DE BOGOTA
 MAPA DE LA VEGETACION ACTUAL MAP OF THE PRESENT DAY VEGETATION

ESCALA—SCALE



Páramo { Vegetacion principalmente abierta
 Principally open vegetation



Bosque
 Forest

bana climática), por lo que estamos en un período relativamente húmedo, y los períodos secos anteriores no demuestran tal vegetación de sabana.

El aumento de gramíneas se debe entonces al incremento de la agricultura en la era del hombre. La agricultura fue practicada por los chibchas antes de la llegada de los conquistadores. Por esta razón los españoles encontraron un tipo de paisaje de parque, y ellos llamaron la altiplanicie Sabana de Bogotá. Pero de lo anterior se entenderá que ésta fue una sabana antropógena; antes de la llegada de la agricultura. La Sabana de Bogotá estaba cubierta por densos bosques. Restos de estos bosques se pueden encontrar todavía en bosque de *Alnetum* en distintos sitios, y especialmente en los bosques de *Ilex*, *Vallea* y *Eugenia*, cerca de Suba. El comienzo de la agricultura intensiva en la Sabana de Bogotá se puede fechar ahora con la ayuda del C-14, inmediatamente en el nivel donde principia, como más o menos 1.650 (± 160) D.C., es decir, después de la llegada de los conquistadores. La fecha de radiocarbono de esta muestra es quizás demasiado joven, quizás por la influencia de pequeñas raíces que, por la cercanía a la superficie, pudieron haber penetrado a las partículas de carbón vegetal, sin ser observado. La rata de sedimentación desde el nivel fechado aumentó considerablemente, probablemente por el aumento en la frecuencia de las inundaciones por la destrucción de los bosques, ambos en la Sabana misma, y en los cerros que la rodean.

Consideremos ahora el diagrama de la sección C.U.P (fig. 8). La sección fue tomada unos 500 m al sur de la sección C.U.X., cerca a la entrada de la Ciudad Universitaria. La parte superior (no representada aquí) es de edad Holoceno; sigue después hacia abajo de 440-460 cms. una capa de turba, y debajo de ella sedimentos de laguna alternando con capitas delgadas turbosas hasta de 620 cms., que representa una facies de orilla de laguna. Desde 620 cms. para abajo se encuentran arcillas de laguna, puras. Se tomaron muestras para C-14 de la capa de turba (col. 2-a y 2-b), y se analizaron en el laboratorio de Copenhague (véase arriba); ambas muestras tienen una edad mayor de 34.000 años.

La interpretación del diagrama presenta serios problemas, principalmente por lo que representa una facies de orilla, mientras que en el diagrama C.U.X. los sedimentos más antiguos que 21.900 A.C. (?) están representados por puros sedimentos de laguna.

El diagrama demuestra una curva continua, relativamente baja, de *Quercus*, porcentajes relativamente altos de *Alnus*, una curva de *Podocarpus* que presenta porcentajes bastante altos en la parte superior y porcentajes altos para el resto de los elementos de bosque. Exceptuando la parte más inferior, los porcentajes de gramíneas y *Acaena* son relativamente bajos.

Gran parte del "resto de los elementos de bosque" consiste en *Myrica*; esta planta forma el dominante absoluto del mismo grupo en las arcillas de inundación del Holoceno, y es relativamente escasa en los sedimentos de la laguna. Como los sedimentos de esta sección son sedimentos de la orilla, tendremos que abstraer esta influencia local si queremos comparar esta sección con los sedimentos de laguna de la Sección C.U.X. Si hacemos esto, se subirán todas las otras curvas, entre ellas la de *Quercus*, *Podocarpus* y Gramíneas. Toda la imagen será entonces la de un interstadial, y no parece haber otro sitio en el diagrama de la Sección C.U.X. con el cual el diagrama de la Sección C.U.P. corresponda.

razonablemente bien, que en alguna parte en el intervalo entre 8 y 11.5 metros. Este intervalo fue interpretado como correspondiendo a un interstadial glacial-Würm, y vemos entonces que una fecha mayor de 34.000 años cuadra muy bien en esta imagen.

En vista de los hechos arriba mencionados, se entenderá que en el sitio de la Sección C.U.P. faltan unos cinco metros de sedimentos, representando la última fase altoglacial del Würm (Pleniglacial II). Los sedimentos interstadales se hallan allí por lo menos unos 4.5 metros más altos que en el sitio de la perforación C.U.X., medio kilómetro más al norte. ¿Son pequeños movimientos tectónicos responsables de este hecho? Esto no parece ser imposible, pero no se puede todavía dar una respuesta definitiva a esta cuestión.

12. CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes del presente estudio se pueden ahora resumir en la siguiente forma:

1ª El trópico fue igualmente afectado por importantes fluctuaciones de temperatura, glaciales e interglaciales como las regiones templadas y frías del hemisferio norte.

2ª Las temperaturas medias anuales durante las fases más frías del Glacial-Würm, en los Andes ecuatoriales de Sur América, fueron aproximadamente de 8°C más bajas que las de hoy. Durante las fases más calientes de los interglaciales estas temperaturas fueron alrededor de 2 a 3°C más altas que las actuales. Estas cifras no difieren esencialmente de las calculadas para Europa y las encontradas por Emiliani para el agua superficial de los océanos. Durante el glacial Riss I las temperaturas fueron aparentemente más bajas (hasta 11°C por debajo de la actual).

3ª Los glaciales del trópico fueron al mismo tiempo también períodos con una mayor precipitación atmosférica anual, o sea pluviales. Los interglaciales del trópico eran al mismo tiempo también períodos con una menor precipitación atmosférica anual, o sea interpluviales.

4ª Se presentan fluctuaciones menores de precipitación atmosférica anual durante los glaciales, en parte independientes de las fluctuaciones menores de temperatura. El Würm tardío y el Riss I tardío, eran períodos relativamente secos.

5ª Las fluctuaciones del límite del bosque, por lo menos en los Andes ecuatoriales, no dependieron solamente de fluctuaciones de temperatura, sino también de fluctuaciones de precipitación anual. Una temperatura más baja hacía descender el límite del bosque, pero una precipitación anual más alta lo hacía subir: por esta razón, los descensos del límite del bosque durante las fases glaciales pluviales fueron menores de lo que correspondería a la baja de temperatura solamente.

6ª Con base en las curvas de temperatura para el Pleistoceno superior y Holoceno, y en las fechas de radiocarbono, se puede decir que los glaciales e interglaciales, y también los interstadales y probablemente las fluctuaciones climáticas menores del Holoceno de Sur América ecua-

torial, son contemporáneos y directamente correlacionables con las fluctuaciones conocidas de las regiones templadas y frías del hemisferio norte.

7ª El límite de las nieves y el límite del bosque están situados durante las tres máximas glaciales mínimas de temperatura de la última parte del glacial Würm (Pleniglacial II) aproximadamente como sigue:

	Límite de las nieves	Límite del bosque
Mínimo 1º	3.050 m	2.250 m
Mínimo 2º	3.025 m	2.400 m
Mínimo 3º	3.215 m	2.400 m

Para el máximo glacial del Riss I estas cifras son:

2.800 m ± 1.700 m

y las condiciones de hoy día son (Sabana de Bogotá):

4.550 m 3.200 m

8ª En el Tardiglacial y Holoceno de la Sabana de Bogotá se pueden distinguir ocho zonas (numeradas I-VIII). Donde hay fechas de C-14 disponibles, los límites de las zonas parecen coincidir muy bien con los límites de las zonas europeas. La sucesión de seco-húmedo-seco-húmedo durante el Holoceno en la Sabana de Bogotá, parece corresponder muy bien con el Boreal-Atlántico-Subboreal-Subatlántico de Europa.

9ª Durante las fases húmedas y frías glaciales, el roble (*Quercus*) fue uno de los árboles más comunes en los declives de los cerros que rodean la Sabana de Bogotá. Durante los más secos y más calientes Interglaciales, el Quercetum fue casi enteramente reemplazado por un Weinmannietum o asociaciones similares.

10. Las siguientes subdivisiones mayores del Pleistoceno superior (incluyendo el Holoceno) se pudieron reconocer en la Sabana de Bogotá (véase también punto 6); Holoceno (con 5 zonas); Tardiglacial; glacial-Würm: Pleniglacial II, Interpleniglacial (incluyendo dos interstadales separados por una fase fría), Pleniglacial I; Riss-Würm Interglacial; glacial-Riss: Riss II (=Warthe), Riss I-II Interstadial, Riss I.

BIBLIOGRAFIA

- BURGL, H., 1957.—Biostratigrafía de la Sabana de Bogotá y Alrededores". Bogotá. *Boletín Geológico*, Vol. 5, 2.
- CUATRECASAS, J., 1934.—"Observaciones geobotánicas en Colombia". Madrid. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, *Serie Botánica*, Vol. 27.
- DEEVEY, E. S. & R. F. FLINT, 1957.—"Postglacial Hypsothermal Interval". *Science*, Vol. 125, 3240, pp. 182-184.
- EIDT, R. C., 1952.—"La Climatología de Cundinamarca". *Rev. Acad. Col. de Ciencias*, Vol. 8, 32.
- EMILIANI, C., 1955.—"Pleistocene temperatures". *The Journal of Geology*, Vol. 63, 3.
- ERDTMAN, G., 1952.—"Pollen morphology and Plant Taxonomy. Angiosperms. Stockholm".
- ERDTMAN, C., 1957.—"Pollen and Spore morphology and Plant Taxonomy. Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta. Stockholm".
- FAEGRI, K. & J. IVERSEN, 1950.—Textbook of modern pollen analysis". Copenhagen.
- FLINT, R. F. & W. A. GALE, 1958.—"Stratigraphy and radiocarbon dates at Searles lake", California. *Amer. Journ. Science*, Vol. 256, pp. 689-714.
- GROSS, H., 1958.—Die bisheringen Ergebnisse von C-14 Messungen und Paläontologischen Untersuchungen für die Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mitteleuropa und den Nachbargebieten. Eiszeitalter und Gegenwart", Vol. 9, pp. 155-187.
- HAMMEN, TH. VAN DER, 1957 a.—"A new interpretation of the pleniglacial stratigraphical sequence in Middle and Western Europe". *Geologie & Mijnbouw (Nw Ser.)*, Vol. 19, pp. 493-498.
- HAMMEN, TH. VAN DER, 1957 b.—"Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá". *Boletín Geológico*, Vol. 5, 2.
- HAMMEN, TH. VAN DER, 1957 c.—"Periodicidad climática y evolución de floras suramericanas del Maestrichtiano y del Terciario. (Climatic periodicity and evolution of South American Maestrichtian and Tertiary floras)". Bogotá. *Boletín Geológico*, Vol. 5, 2.
- HAMMEN, TH. VAN DER, 1958.—"Pollenanalysis of pleistocene lake sediments from the Sabana of Bogotá. Actes du V Congres International d'Inqua", 1957.
- HAMMEN TH. VAN DER, 1959.—"Estratigrafía del Terciario y del Maestrichtiano y tectogénesis de los Andes Colombianos". Bogotá. *Boletín Geológico*. En preparación.
- HAMMEN, TH. VAN DER, 1959.—"Deposición reciente de polen atmosférico en la Sabana de Bogotá y alrededores". En preparación.
- HAMMEN, TH. VAN DER & GONZÁLEZ, E., 1959 a.—"Historia de clima y vegetación del Tardiglacial y del Holoceno de Páramo de Palacio (Cordillera Oriental de Colombia)". En preparación.
- HAMMEN, TH. VAN DER & GONZÁLEZ, E., 1959 b.—"Historia del clima y vegetación del Páramo de Guantiva y la influencia del hombre prehistórico". En preparación.
- HUBACH, E., 1957.—"Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores". Bogotá, *Boletín Geológico*, Vol. 5, 2.
- LUDI, W., 1955.—"Ber. Geobotan. Forschungsinst". Rübél 1954, 36.
- MAARLEVELD, G. C. & TH. VAN DER HAMMEN, 1959.—"The correlation between Upper Pleistocene pluvial and glacial stages". *Geologie en Mijnbouw*, N. S., Vol. 21, 2.
- WILHELMY, H., 1956.—"Eiszeit und Eiszeitklima in den feuchttropischen Anden. Geomorphologische Studien, Machasckek. Festschrift".