

Palinología de los sedimentos pliocénicos y cuaternarios de la Sabana de Bogota

HERNANDO DUEÑAS J.¹

RESUMEN

Con base en los estudios palinológicos de los sedimentos Plio-Pleistocénicos de la Formación Tilitá, los cuales registran el cambio de la vegetación de bosque tropical bajo a la de bosque andino frío se ha podido determinar un levantamiento suave y gradual de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, desde 500 m s.n.m. hasta los 4,000 m s.n.m.

La potente sucesión de estratos arcillosos lagunares (más de 700m) de la Sabana de Bogotá, es un registro sedimentario aparentemente completo del Pleistoceno y Holoceno, del cual es posible por métodos palinológicos, inferir los cambios de la flora de la Cordillera Oriental durante las variaciones climáticas del cuaternario.

Además del abundante contenido de palinomorfos y de la excelente preservación de los mismos, esta secuencia arcillosa se caracteriza por la ocurrencia de delgadas intercalaciones de ceniza volcánica, las cuales han permitido datar radiométricamente la parte superior de esta secuencia cuaternaria y cotejar la bioestratigrafía con la geocronología.

ABSTRACT

On the basis of palynological studies conducted on Plio-Pleistocene sediments of the Tilitá Formation, which record vegetational changes from lower tropical forest to cold andean forest, it has been possible to determine a gentle and gradual uplift of the Colombian Eastern Cordillera from 500 to 30000 m above sea level.

The Sabana de Bogotá thick lacunar refill (more than 700m) could represent a complete sedimentary record from Pleistocene to Holocene, from which, it is possible to obtain the floral changes from the Eastern Cordillera during the Quaternary climatic fluctuations.

Besides the abundance and the excellent conservation of playnomorphs, it is possible to find intercalated into the clay sequence volcanic ash layers from which it has been possible to date the upper part of this sequence and to correlate both the biostratigraphic and geocronologic record.

INTRODUCCION.—

La Sabana de Bogotá, la más amplia de las antiguas lagunas de la Cordillera Oriental, se encuentra localizada entre los 4°30' y 5°30' de latitud y 74°30' de longitud W; posee un área aproximada de 1450 kilómetros cuadrados y una altura promedio de 2600 metros (fig. 1). El relleno sedimentológico de esta cuenca se compone de una secuencia de arcillas con intercalaciones menores de arenas, turbas y presencia ocasional de ceniza volcánica y diatomitas.



Fig. 1

En el área de Funza la laguna alcanzó su máxima profundidad y es allí donde la secuencia sedimentaria es más completa (más de 700m).

Rodeando el altiplano de la Sabana de Bogotá en forma casi anular, afloran rocas sedimentarias pertenecientes a las Formaciones: 1-Guadalupe (Cretáceo-Superior), 2-Guaduas (Paleoceno-Maestrictiano), 3-Bogotá (Eoceno) y 4-Tilatá (Plio-Pleistoceno). El relleno sedimentario lagunar es pleistoceno y holocénico. La palinología de estos sedimentos ha sido discutida por Van der Hammen (1957, 1960 y 1966), Van der Hammen y González (1963-1964), Van der Hammen et al (1973), van Geel y Van der Hammen (1973, 1978), Schreve-Brinkman (1978) y Dueñas (1978, 1979a, 1979b).

La vegetación natural de la Sabana de Bogotá y regiones aledañas ha sido tratada por Cuatrecasas (1958), van

der Hammen & González (1963), Espinal y Montenegro (1963) y Espinal (1977) entre otros.

ESTUDIOS PALINOLOGICOS.—

I.- La Sucesión de palinomorfos y su significación.-

El estudio palinológico de la flora de los diferentes pisos térmicos que rodean la Sabana de Bogotá se efectuó en forma simultánea con el estudio palinológico de las primeras secciones estratigráficas cuaternarias. La comparación de los espectros palinológicos provenientes de las muestras arcillosas con los espectros palinológicos que en la actualidad se presentan en los diferentes pisos térmicos y en las diferentes asociaciones de plantas, ha sido la base para la interpretación de estas secciones cuaternarias, intentando con ello interpretar los diagramas palinológicos en términos de vegetación actual de los Andes colombianos.

Dos tipos de secciones estratigráficas cuaternarias se han levantado:

1. El tipo normal levantado en los pocos afloramientos plio-pleistocénicos que existen en el borde de la Sabana y
2. Las obtenidas de las perforaciones profundas efectuadas con fines de registros palinológicos.

De las perforaciones se han recuperado en forma continua corazones (núcleos), los cuales se han tomado con un intervalo no superior de 0.50 metros con el objeto de evitar hasta donde sea posible, los fenómenos de torsión y compresión en los sedimentos.

Los diagramas palinológicos se han dibujado tratando de visualizar la relación existente entre el polen proveniente de plantas correspondientes a los diferentes pisos térmicos (cinturones de vegetación), que rodean la Sabana. La figura 2, muestra en forma esquemática estos cinturones de vegetación; los diagramas se dibujaron agrupando el polen proveniente de las plantas comunes a los diferentes cinturones (fig. 3).

Los elementos florísticos comunes a los diferentes cinturones de vegetación tratados en los trabajos de van der Hammen (1974) y van der Hammen et al (1973), se resumen a continuación.

Entre los elementos comunes al Bosque Tropical podemos mencionar *Amanoa*, *Byrsonima*, *Bombacaceae*, *Iriartes*, *Mauritia* y *Spathiphyllum*. Actualmente a una altura no

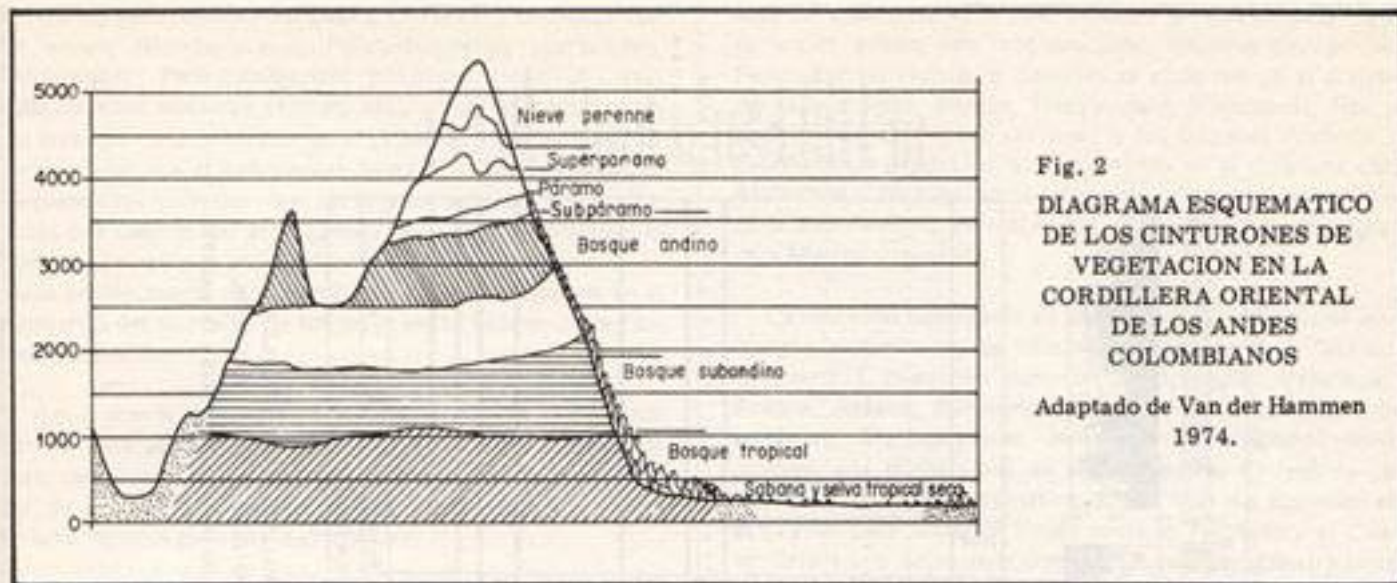


Fig. 2
 DIAGRAMA ESQUEMATICO
 DE LOS CINTURONES DE
 VEGETACION EN LA
 CORDILLERA ORIENTAL
 DE LOS ANDES
 COLOMBIANOS

Adaptado de Van der Hammen
 1974.

superior a 500 metros es común encontrar la asociación *Mauritia* e *Iriartea*; *Byrsonima* y *Spathiphyllum* a una altura no superior a 800 metros; *Bombacaceae* no es frecuente a una altura superior a los 1000 metros.

Al Bosque Sub-Andino pertenecen como elementos comunes *Acalypha*, *Alchornea*, *Apocynaceae*, *Cecropia*, *Ficus*, *Hieronyma*, *Malpighiaceae*, *Palmae*, *Rubiaceae*, *Arcytophyllum* y *Borreria*. Este cinturón se extiende de 1000 a 2300 (2500) metros de altura. *Acalypha*, *Alchornea* y *Cecropia* por lo general, no sobrepasan el límite superior; lo mismo puede decirse de *Ficus* y *Malpighiaceae*. *Hieronyma* ocasionalmente se encuentra a 2900 metros y *Palmae* en condiciones favorables puede alcanzar los 3000 metros.

De 2300 a 3200 metros se presenta el Bosque Andino. La presencia de elementos que son comunes a este cinturón no es restringida a esta zona y muchos de ellos sobrepasan el límite inferior. Este hecho lleva a que van der Hammen et al (1973) dividieran este cinturón en dos zonas: la inferior, en donde son comunes elementos de bosque Andino y Sub-Andino y la superior en donde los elementos comunes a la parte alta del Bosque Andino forman una asociación propia. El límite entre estas dos zonas es irregular.

En la zona inferior se presentan como elementos comunes *Weinmania*, *Clusia*, *Daphnopsis*, *Guttiferae*, *Hedyosmum*, *Ilex*, *Juglans*, *Loranthaceae*, *Miconia*, *Myrica*, *Myrtaceae*, *Piperaceae*, *Podocarpus*, *Polygalaceae*, *Proteaceae*, *Rapanea*, *Styloceras* y *Symplocos*. Dos elementos comunes y en oca-

siones dominantes en bosques andinos actuales *Alnus* y *Quercus*, sólo hacen su aparición en la parte media y superior del Cuaternario. (fig. 3).

En la zona superior del Bosque Andino (3000-3500 metros), *Acaena*, *Polylepis*, *Aragoa*, *Hypericum*, *Compositae* y *Ericaceae* son elementos comunes. Bosques aislados en forma de parches alcanzan los 4000 metros. *Acaena*, *Polylepis* y *Aragoa*, se restringen a este habitat, pero *Compositae*, *Ericaceae* e *Hypericum* pueden ocurrir en altitudes menores.

Los elementos comunes al Páramo son *Gramineae*, *Caryophyllaceae*, *Gentiana*, *Geranium*, *Plantago*, *Ranunculaceae* y *Valeriana*. Este cinturón se extiende de 3500 a 4000 (4200) metros de altura. *Espeletia*, un tipo especial de *Compositae* es, característico de los páramos. Al Super Páramo que se extiende de 4000 a 4200 metros pertenecen como elementos comunes *Draba* y *Senecio*.

II.- Secciones estratigráficas aflorantes, que integran la secuencia general.

1) La Sección del Salto de Tequendama; corresponde a la parte basal de la Formación Tilatá (fig. 3).

En el diagrama palinológico de esta sección ocurre polen de *Mauritia*, *Iriartea*, *Amanoa*, *Byrsonima*, *Bombacaceae*, *Alchornea*, *Malpighiaceae*, *Rubiaceae*, *Cecropia* y *Ficus*, elementos comunes al Bosque Tropical.

Es interesante hacer notar que polen de algunas de estas familias tropicales ocurre en la columna estratigráfica del

Terciario; *Mauritiidites franciscoi*, (*Mauritia*), *Bombacacidites annae*, (*Bombacaceae*), *Psilatricolporites operculatus*, (*Alchornea*), *Perisyncolporites pokorny* (*Malpighiaceae*), *Psiladiporites minimus* (*Ficus*), etc., y fueron descritos en los trabajos de Germeraad et al (1968). No se quiere indicar con ello que al polen encontrado en la Sección Salto de Tequendama correspondan las mismas especies fósiles descritas por Germeraad et al (1968), sino que las condiciones climáticas tropicales prevalientes durante el Terciario en la parte septentrional de Suramérica aún se conservaban en el momento del depósito de los sedimentos basales de la Formación Tiltá.

Actualmente la máxima altura a la cual es posible encontrar una asociación de *Mauritia* e *Iriartea* son 500 metros, por lo que se supone que el depósito de estos sedimentos de la Sección Salto de Tequendama debió efectuarse en un ambiente próximo a esta altura.

2) Los sedimentos correspondientes a la Sección Facatativá 13 (Van der Hammen et al, 1973). Se interpretan como más jóvenes que los sedimentos de la Sección Salto de Tequendama (fig. 3). Elementos comunes a un Bosque Andino a Sub-Andino tales como *Podocarpus*, *Hedyosmum*, *Weinmania*, *Rapanea*, *Symplocos*, *Ilex*, *Myrtaceae*, y *Clusia* ocurren en la Sección Facatativá 13. Ocurren igualmente pero en menor proporción *Alchornea*, *Ficus*, *Palmae*, *Hieronyma*, *Cecropia*, *Acalypha*, *Rubiaceae* y en forma ocasional *Bombacaceae*. El porcentaje de *Weinmania* es notorio; actualmente este género no se presente a una altura inferior a los 1300 metros por lo que se supone que el depósito de estos sedimentos debió efectuarse a una altura superior a los 1300 metros. El transporte aéreo explicaría la presencia de elementos tropicales en esta asociación.

En la Sección Facatativá 13, aparecen granos de polen de *Ericaceae*, *Compositae*, *Hedyosmum*, *Rapanea*, *Symplocos*, *Borreria*, *Malvaceae* y *Shagnum*. La presencia de *Compositae* (*Echitricolporites mcneillyi*), de acuerdo con la distribución de especies dada por Germeraad et al (1968), daría a esta Sección como correspondiente al Plioceno.

Según Van der Hammen et al (1973) las secuencias sedimentarias en las secciones Mondoñedo 8, 9 y 10 equivale a los sedimentos de la Sección Facatativá 13. Delgadas capas de ceniza volcánica intercaladas en los sedimentos arcillosos de la Sección Mondoñedo 8 fueron datadas por el método K/A con base en análisis de cristales de biotita, obteniéndose una edad de $4,0 \pm 0,4$ millones de años (Priem, 1969, en Van der Hammen et al 1973).

3) En sucesión estratigráfica ascendente encontramos la

Sección Chocontá 4, la cual consiste en una delgada capa de arcilla grisosa con intercalaciones menores de lignitos. Fluctuaciones rápidas y notorias se observan en el diagrama palinológico. *Myrica*, *Hedyosmum*, *Weinmania*, *Ilex* y *Podocarpus*, elementos comunes a los Bosques Andinos a Sub-Andinos intercalan su predominio en el diagrama con *Alchornea* y *Malpighiaceae*, elementos comunes en los Bosques Sub-Andinos. Aparecen por primera vez en los diagramas *Myrica* y *Jussiaea*.

La aparición dominante en los diagramas polínicos de elementos comunes en los Páramos, se registra en la Sección Chocontá 1 (Van der Hammen et al, 1973), *Valeriana*, *Aragoa*, *Acaena*, *Polylepis*, *Plantago*, *Ranunculaceae*, *Umbelliferae*, *Myriophyllum*, *Jamesonia* e *Hymenophyllum* ocurren por primera vez en este diagrama. El registro de este marcado cambio climático sirve a Van der Hammen et al (1973) para trazar el límite entre el Terciario y el Cuaternario en la Sabana de Bogotá. La relación estratigráfica precisa de los sedimentos de esta sección no se ha determinado.

En la actualidad *Valeriana* esta virtualmente restringida a una vegetación de Páramo abierto entre 3200 y 3500 metro de altura. *Acaena*, *Polylepis* y *Aragoa* son frecuentes en la zonas altas del Bosque Andino a una altura entre 3000 y 3500 metros. Se puede por tanto considerar que el depósito de los sedimentos de la Sección Chocontá 1 se efectuó en un ambiente próximo a los 3000 metros de altura.

De esta manera se pone de manifiesto un levantamiento de la Cordillera Oriental desde 500 hasta 3000 metros de altura en el tiempo geológico comprendido entre el depósito de los sedimentos de la Sección Salto de Tequendama y el depósito de los sedimentos de la Sección Chocontá 1, y concomitantemente un cambio en el ambiente de depósitos de tropical a páramo.

II) Secciones estratigráficas de perforaciones, que integran la secuencia general compuesta.

Las secciones estratigráficas de los sedimentos cuaternarios más jóvenes que la Sección Chocontá 1 provienen de perforaciones. La más profunda de ellas es la Sección Funza. Sólo datos parciales de los estudios palinológicos de los primeros 50 metros de esta Sección fueron publicados por Dueñas (1979a, 1979b).

Las capas de ceniza volcánica provenientes del intervalo 38 a 43,5 metros de la Sección Funza han sido datados (método de fission-tracks) obteniéndose edad de 0,5 millo-

nes de años a la más profunda (Thomas Van der Hammen comunicación escrita, 1978). A una profundidad de 184 metros se dató otras capas de ceniza volcánica obteniéndose una edad aproximada de 1.91 millones de años; hay razones para suponer que a 357 metros de profundidad las capas alcanzan una edad de 2.6 millones de años (Henry Hooghiens- tra comunicación escrita, 1979).

La información correspondiente a la Sección Ciudad Universitaria, perforada en el año 1957, y que alcanzó una profundidad de 210 metros, ha sido publicada en los trabajos de Van der Hammen & González (1963, 1964) y Van der Hammen et al, 1973.

El diagrama palinológico provisional de la Sección Ciudad Universitaria fué publicado por Van der Hammen & González (1964) y dividido posteriormente por Van der Hammen et al (1973) en tres zonas; la inferior caracterizada por la ausencia o presencia esporádica de *Alnus* es abundante y la superior en donde la asociación *Alnus* y *Quercus* es característica; zonas V, VI y VII respectivamente.

La parte basal de la Sección Ciudad Universitaria (140 a 195 metros) estudiada en forma muy detallada fue publicada por Van der Hammen et al (1973). A través de todo este diagrama, se presentan como componentes importantes de la asociación palinológica los elementos comunes al Páramo, notándose variaciones en la composición palinológica del diagrama que se consideran producto de las fluctuaciones climáticas. De 147 a 195 metros la presencia de *Alnus*, es esporádica (Zona V) mientras que en la parte superior 140 a 147 metros, la presencia de *Alnus* es significativa (Zona VI). En la Zona V, hacen su aparición Caryophyllaceae, *Lycopodium*, *Valeriana*, *Gentiana*, *Styloceras*, *Juglans*, *Gumera*, *Lophosoria*, *Urticaceae* y *Geranium*.

El diagrama palinológico detallado de los 35 metros superiores de la Sección Ciudad Universitaria (Van der Hammen & González, 1963) fue el primer diagrama que se publicó de los sedimentos cuaternarios de la Sabana de Bogotá.

Este diagrama palinológico muestra la forma como las principales fluctuaciones climáticas (glaciales, interglaciales) afectaron la flora de la Sabana; una flora en donde elementos comunes al Páramo y a la parte superior del Bosque Andino fluctuaban dependiendo de las condiciones climáticas. En este diagrama la asociación *Alnus-Quercus* es notoria. Varias muestras de carbón y turba provenientes de esta sección fueron datadas por el método de radio carbón (C-14) y los resultados son los siguientes:

Muestras	Profundidad	Material	Edad
Col. 25	0.75m	Carbón Vegetal	1.650 ± 160 A.P.
Col. 9	1.70-2.05m	Carbón Vegetal	6.070 ± 120 A.P.
Col. 10	2.35-2.65m	Carbón Vegetal	7.010 ± 400 A.P.
Col. 11	3.20-3.45 m	Arcilla con humus	21.900 ± 600 A.P.
Col. 2a.	4.50-4.60 m	Turba	34.000 A.P.

Estos datos nos indican que los primeros cinco metros de la Sección corresponden a la parte superior del último período glacial y al Holoceno.

Aunque las Secciones Fúquene I y II (Van Geel & Van der Hammen, 1973), se encuentran geográficamente fuera de la Sabana de Bogotá son de un enorme interés, pues en ellas se presentan en forma detallada las fluctuaciones de vegetación producidas en la parte superior del Cuaternario; En la Sección Fúquene II, de una secuencia arcillosa de 12 metros de espesor total, se obtuvieron las siguientes edades radiométricas:

Muestras	Profundidad	Material	Edad
Col. 115	4.78-4.79m	Arcilla turbosa	10.820 ± 60 A.P.
Col. 116	6.78-6.88m	Arcilla turbosa	20.575 ± 190 A.P.

lo cual nos confirma que esta secuencia sedimentaria corresponde a la parte superior del último período glacial y al Holoceno.

De la Sección Tarragona, una secuencia arcillosa de 150 metros de potencia, sólo se han publicado los resultados palinológicos de los primeros 35 metros (Dueñas 1977a y 1979b). Las fluctuaciones climáticas ocurridas en los últimos períodos glaciales se manifiestan en forma muy clara en el diagrama palinológico. Una asociación característica de *Alnus* y *Quercus* se presenta en todo el diagrama (Zona VII).

Con base en las secuencias estratigráficas, las zonificaciones palinológicas y estudios mineralógicos de cenizas volcánicas, Dueñas (1979a, 1979b) presentó (Fig. 4) una correlación de las principales secciones cuaternarias levantadas en el área de la Sabana (Fúquene II, Ciudad Universitaria, Tarragona, Funza) y en base a la información obtenida en esta correlación presentó una curva generalizada de los principales cambios climáticos ocurridos en los últimos 0.5 millones de años (Fig. 5).

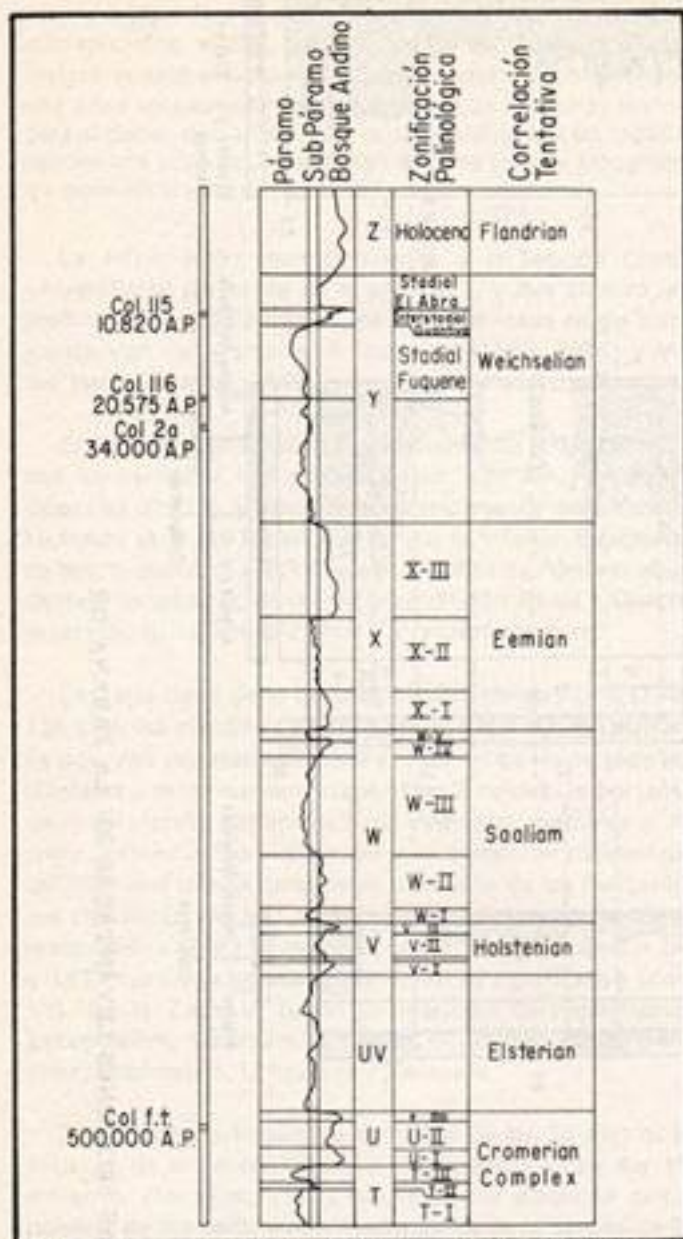


Fig. 5 Curva generalizada de los cambios climáticos para la Sabana de Bogotá.

REFERENCIAS CITADAS

- Cuatrecasas, L. Aspectos de la Vegetación Natural de Colombia. Bogotá. Rev. Acad. Col. Cien. Ex. Fis. Nat. 10 (40). 1958.
- Dueñas, H. Registro palinológico de los tres últimos períodos glaciales en la Sabana de Bogotá. Mem. II Congreso Col. Geol. Bogotá. 1978 (in Litt).
- Variaciones climáticas del Pleistoceno Superior y del

Holoceno en la Sabana de Bogotá. Mem. IV Congr. Latinoam. Geol. Port of Spain, Trinidad - Tobago. (in Litt.). 1979-1980.

Estudio palinológico de los 35m. superiores de la Sección Tarragona. Sabana de Bogotá. Rev. Caldasia, Bogotá. 12 (60): p.539-371. 1979b.

Espina, S. Zonas de vida y formaciones Vegetales de Colombia. Inst. Geogr. Agustín Codazzi, Subdirección Agrícola. Bogotá. 238 p. 1977.

Espinal, S. y Montenegro, E. Formaciones Vegetales de Colombia, memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico. Inst. Geogr. Agustín Codazzi, Departamento Agrológico, Imprenta Canal Ramírez. Bogotá. 201 p. 1963.

Germeraad, J.H., Hopping, C.A. y Muller, J. Palynology of tertiary Sediments from tropical areas. Rev. Paleobot. Palinol. Amsterdam. 6: p. 189-348. 1968.

Schreve-Brinkman, E.J. A Palynological study of the Upper Quaternary Sequence in the El Abra corridor and rock shelters. (Colombia). Paleogeogr. Paleoclimatol. Palaeoecol. Amsterdam. 25: p.1-109 (El Cuaternario de Colombia, 6). 1978.

Van Geel, B. y Van der Hammen, T. Upper Quaternary Vegetational and climatic sequence of the Fúquene aerea (Eastern Cordillera Colombia). Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. Amsterdam. 14(1): p 9-92 (El Cuaternario de Colombia, 1). 1973.

Zygnemataceae in Quaternary Colombian Sediments, Rev. Paleobot. Palynol. 25: p.377-392 (El Cuaternario de Colombia, 5). 1978.

Van Der Hammen, Th. Estratigrafía palinológica de la Sabana de Bogotá. Bol. GEOL. (Bogotá) 5 (2): 187-203 1975.

Van Der Hammen, Th. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos. Bol. Geol. (Bogotá), 6 (1/3): 67-128. 1960.

Van Der Hammen, Th. 1966.- The Pliocene and Quaternary of the Sabana Formation). Geol. Mijnbouw, 45: 102-109.

Van Der Hammen, Th. y González E. Historia de Clima y Vegetación del Pleistoceno Superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá. Bol. Geol. (Bogotá) 2 (1-3): p.189-266. 1963.

-A pollen diagram from the Quaternary of the Sabana de Bogotá (Colombia) and its significance for the Geology of the Northern Andes. Geol. Mijnb. Colemberg (Netherlands) 43: p.113-117. 1964.

Van Der Hammen, Th. Werner, J.H. y Van Dommeclen, H. Palynological record of the Upheaval of the Northern Andes: a study of the Pliocene and Lower Quaternary of the Colombian Eastern Cordillera and the early evolution of its High-Andean biota. Palaeobot. Palynol. Amsterdam. 16: P 1-122. 1973.