

# *Algunos apuntes sobre el paleoclima en los Andes venezolanos hace 13.000 años*

Graf, K.\*

## RESUMEN

Con el objeto de estudiar el paleoclima de los Andes venezolanos se realizaron varias perforaciones en los alrededores de Mucubají (Cordillera de Santo Domingo), los cuales fueron comparados con otros perfiles (turberas, terrazas fluvio-glaciares y lagos) analizados por otros autores (RULL & *al.*, 1987; SALGADO-LABOURIAU & SCHUBERT, 1977; SALGADO-LABOURIAU & *al.*, 1988, 1992; SCHUBERT & VIVAS, 1993). La datación radiocarbónica dio edades máximas de 12.700 años a.p., si bien faltan capas intermedias entre los 10.500 y 5.000 años a.p.

El análisis palinológico muestra grandes contrastes entre el Tardiglacial y el Holoceno, pasando de la dominancia de pólenes de gramíneas en el primero a la de compuestas, umbelíferas, cariofiláceas y otras plantas paramunas en el segundo. En lo referente al polen alóctono de especies arbóreas, en el tardiglacial predominó el de *Alnus*, mientras que en el Holoceno fue más abundante el de *Podocarpus*.

El paleoclima en el Tardiglacial resultó generalmente frío y seco, aunque hubo pequeños períodos más cálidos y húmedos; siguió una fase seca, caracterizada por elevadas temperaturas, erosión eólica, condiciones que impidieron la formación de turba. En el Holoceno superior el clima se tornó más húmedo, aunque las condiciones en el área de estudio fueron inestables. Para facilitar la interpretación de los perfiles se elaboró una clave de criterios paleoclimáticos.

Palabras clave: Paleobotánica, Paleoclimatología, Turberas, Andes, Venezuela, Neotrópico.

## ABSTRACT

Some notes about the Venezuelan Andes paleoclimate 13,000 years ago.

With the purpose of studying the paleoclimate of the Venezuelan Andes, several profiles from the vicinity of the Paramo of Mucubají (Cordillera de Santo Domingo) were compared with other profiles (turfs, fluvio-glacier terraces and lakes) analyzed by other authors (RULL & *al.*, 1987; SALGADO-LABOURIAU & SCHUBERT, 1977; SALGADO-LABOURIAU & *al.*, 1988, 1992; SCHUBERT & VIVAS, 1993). The radiocarbon dating revealed maximum ages of 12,700 y.B.P., however, some of the intermediate layers are missing, those comprised between 10,500 and 500 y.B.P.

The palynological analysis shows considerable contrasts between the Late Glacier and the Holocene, ranging from the dominance of the Gramineae in the first, to the Asteraceae, Umbelliferae, Caryophyllaceae and other paramo species in the second. Concerning the allochthonous pollen of the trees, the pollen of *Alnus* predominated in the Late Glacier, whereas in the Holocene, *Podocarpus* is the most abundant.

The paleoclimate of the Late Glacier was known for being in general cold and dry, although there were a few brief periods of warm and humid climate, these were succeeded by a dry phase, characterized by elevated temperatures and eolic erosion, conditions that impeded the formation of turf. In the Late Holocene, the climate became more humid, however, we must consider that the conditions of the area of our research were not very stable. A key of paleoclimate criterion was elaborated in order to facilitate the interpretation of the profiles.

Key words: Paleobotany, Paleoclimatology, Turfs, Andes, Venezuela, Neotropic.

## INTRODUCCIÓN

Con el deshielo de los glaciares al final de la última época glacial se efectuó un cambio funda-

mental en los Andes. En el caso de la Sierra Nevada de Mérida los valles más grandes, rodeados

por macizos montañosos de 4.000 a 5.000 m, estaban cubiertos por el hielo por encima de los 2.600 m, mientras que en la actualidad únicamente se mantienen algunos pequeños glaciares aislados.

Estos valles glaciales son apropiados para realizar estudios paleopalinológicos, ya que en ellos se dan condiciones muy favorables para la sedimentación, la vegetación es muy sensible a las variaciones ambientales y además en sus dominios se encuentra el límite superior de la vegetación. Por ello en la primera parte de este trabajo estudiaremos las condiciones actuales del clima y de la vegetación para luego abordar el estudio de una serie de perfiles realizados en algunos lugares escogidos por sus características favorables, tanto desde el punto de vista geomorfológico, como por sus posibilidades de datación y de su estudio palinológico. Por último se hace una interpretación paleoclimática tomando en cuenta los abundantes datos bibliográficos disponibles (RULL, 1987; SALGADO-LABOURIAU 1977; SCHUBERT, 1975).

## MATERIALES Y MÉTODOS

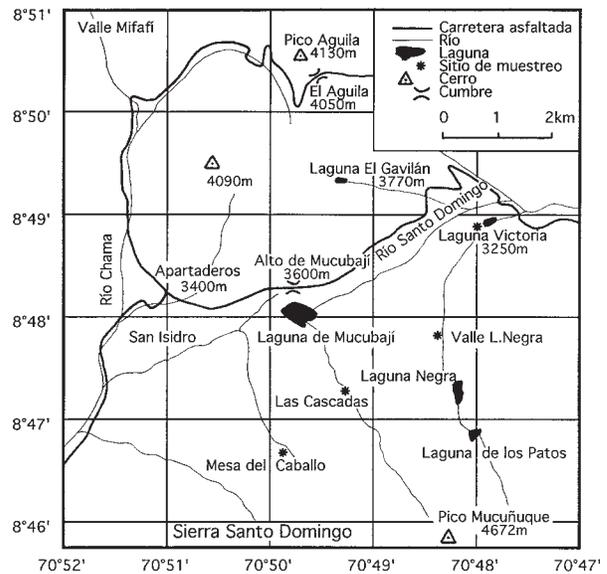
Durante el mes de marzo de 1993 se realizaron muestreos en el área de Mucubají y Piedras Blancas: Valle de la Laguna Negra ( $8^{\circ} 47' 30''$  N,  $70^{\circ} 48' 30''$  W, 3.450 m) y Valle de la Laguna Victoria ( $8^{\circ} 49' N$ ,  $70^{\circ} 48' W$ , 3.250 m) (Fig. 1 y 2).

Las dataciones se realizaron por medio de radiocarbono en el Instituto Geográfico de la Universidad de Zurich (UZ) y con la aceleradora AMS, en la Escuela Politécnica Superior ETH-Hönggerberg en Zurich (ETH).

## CONDICIONES ACTUALES DEL CLIMA Y LA VEGETACIÓN

### Clima

En el área de estudio el clima está ligado primariamente a la variación altitudinal y según los datos disponibles de termometría (Tabla 1) podemos concluir que la temperatura promedio anual varía con la altitud de la siguiente manera:  $10^{\circ} C$  a 3.000 m,  $6^{\circ} C$  a 3.500 m,  $3^{\circ} C$  a 4.000 m y  $-1^{\circ} C$  en altitudes



**Fig. 1.** Mapa del área de Mucubají con los sitios mencionados de los perfiles de polen.

cercanas a los 4.800 m (VARESCHI, 1970: 14, da una temperatura un grado más baja en cada una de las anteriores altitudes).

Las precipitaciones son más o menos regulares, si bien dependen fuertemente del relieve y de los regímenes de vientos. Con los datos disponibles de algunas estaciones cercanas (Tabla 2) podemos hacernos una idea de la magnitud de las precipitaciones.

De todo ello podemos concluir que estas regiones intercordilleranas tienen un clima semiárido o semihúmedo, con una época de sequía que dura desde diciembre hasta abril y, donde las precipitaciones varían notablemente con la exposición ("sombra seca"). Mérida, por su parte ( $8^{\circ} 36' N$ ,  $71^{\circ} 10' W$ , 1.500 m), tiene un clima similar con una temperatura media de  $18,8^{\circ} C$ , precipitaciones de 1.770 mm y una evaporación potencial de 880 mm.

### Vegetación

El páramo es la formación vegetal propia de estas áreas (Fig. 3). Presenta, en términos generales, muy poca diversidad en su composición, aunque localmente puede variar mucho. Las diferentes formaciones vegetales se disponen en forma de mo-

**TABLA 1**  
TEMPERATURAMEDIAANUALENDIFERENTESLOCALIDADESDELÁREADEESTUDIO<sup>1</sup>

Localidad	Coordenadas geográficas	Altitud	Temperatura (°C)
Mucuchíes Granja <sup>2</sup>	8° 45' N, 70° 55' W	2.980	0,4
La Aguada	8° 34' N, 71° 7' W	3.446	6,6
Mucubají	8° 48' N, 70° 49' 30" W	3.560	5,4
El Águila	8° 51' N, 70° 49' 30" W	4.090	3,4
Loma Redonda	8° 33' N, 71° 6' W	4.065	2,4
Pico Espejo	8° 32' N, 71° 5' W	4.765	-0,6

<sup>1</sup> SCHUBERT & VIVAS (1993). <sup>2</sup> Coordenadas de Piedras Blancas

**TABLA 2**  
PRECIPITACIÓNANUALENDIFERENTESLOCALIDADESDELÁREADEESTUDIO

Localidad	Periodo	Coordenadas geográficas	Altitud	Precipitación (mm)
Páramo Pico Águila <sup>1</sup>	1954-1990	8° 51' N, 70° 49' 30'' W	4.126	840
Mucubají <sup>1</sup>	1970-1983	8° 48' N, 70° 49' 30'' W	3.560	920
Páramo La Culata <sup>1</sup>	1961-1990	8° 45' N, 70° 4' W	2.920	1.220
Loma Redonda <sup>2</sup>		8° 33' N, 71° 6' W	4.065	1.500
La Aguada <sup>2</sup>		8° 34' N, 71° 7' W	3.446	1.610
Mucuchíes Granja <sup>2</sup>		8° 45' N, 70° 55' W	2.980	700

<sup>1</sup> DIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA Y METEOROLOGÍA (1970-1990). <sup>2</sup> SCHUBERT & VIVAS (1993)

**TABLA 3**  
EVAPORACIÓNENDIFERENTESLOCALIDADESDELÁREADEESTUDIO

Localidad	Periodo	Evaporación en mm
Mucubají <sup>1</sup>	1970-1983	910
Mucubají <sup>2</sup>		970
Páramo Pico Águila <sup>1</sup>	1970-1974	850

<sup>1</sup> DIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA Y METEOROLOGÍA (1970-1990). <sup>2</sup> SCHUBERT & VIVAS (1993)

saico, sin un orden estricto de pisos altitudinales, lo cual sorprende algo en el caso de las cordilleras tropicales. Hay múltiples transformaciones de la vegetación, que van desde los matorrales a praderas o hasta páramo abierto.

En las zonas más húmedas, en altitudes entre 1.800 y 3.200 m, crecen diversas especies de árboles y arbustos: *Alnus*, araliáceas, *Berberis*, *Cecropia*, *Celtis*, *Drimys*, euphorbiáceas, *Hedyosmum*, melastomatáceas, moráceas, *Myrica*, Myrtaceae, *Podocarpus*, *Polylepis*, *Vallea*, *Weinmannia*, mientras que en

lugares más secos aparece *Prosopis*. También crecen en estas altitudes helechos, tales como: *Cyathea*, *Gleichenia*, *Lophosoria*, *Polypodium* y *Pteris*. Desde 3.200-3.500 m hacia cotas superiores los bosques son sustituidos por el páramo arbustivo, el cual está dominado por diversas especies de las familias Compositae y Ericaceae, como por ejemplo *Bejaria glauca*. También hay especies de *Calceolaria*, *Lupinus*, *Oxalis* y diversos *Solanum*. El páramo propiamente dicho se instala igualmente allí y suele presentarse hasta los 4.500 m, siempre limitado por los factores ecológicos locales. Es decir, que la dominancia

de ciertas plantas no está causada necesariamente por la altitud y las temperaturas correspondientes, sino primariamente por factores locales como la presencia de quebradas, conos secos de derrubios (donde abunda el *Hypericum laricifolium*), arenales, bofedales o flancos expuestos extremadamente al viento.

Atendiendo a la dominancia de especies se habla de bosque arbustivo de *Gynoxys* (CLEEF, 1981, t. 20), quenoal, bosque de *Polylepis* (HUECK, 1962: 68), en lugares secos y bien insola-dos el frailejonal o *Espeletietum*.

En el páramo herbáceo dominan las gramíneas y las compuestas, aunque también están presentes representantes de otras familias tales como *Acaena*, *Azorella*, *Bartsia*, *Castilleja*, *Arenaria*, *Cerastium*, *Draba*, *Geranium*, *Hypericum*, *Lobelia*, *Rumex* y



**Fig. 2.** Vista del lugar de muestreo denominado "Mucubají" (8°47', t0°42' W, 3630 m) (Foto: K. Graf).



**Fig. 3.** Páramo típico con *Espeletia* en el Valle de Mucubají (8° 47' N, 70°49 W, 3.650 m). En segundo plano el bofedal "Las Cascadas" dominado por ciperáceas y gramíneas. (Foto: K. Graf).

helechos (ORTEGA & RIVERO, 1989) tales como *Asplenium*, *Elaphoglossum*, *Jamesonia* y *Thelypteris*. En sitios húmedos se establecen: *Acaena*, *Eleocharis*, *Fuchsia*, *Gentiana*, *Hydrocotyle*, *Juncus*, *Luzula*, *Montia*, *Plantago*, *Ranunculus*, *Typha*, *Lycopodium*, *Potamogeton* (Laguna Victoria), *Selaginella*, *Sphagnum*, *Blechnum* e *Isoëtes* (CLEEF, 1981: t. 4 y 5).

A todos estos elementos florísticos podemos añadir algunos otros propios de esta zona de vida ausentes en Venezuela, como pueden ser *Ephedra*, *Nototriche*, *Quercus* y varios géneros de compuestas de la tribu Mutisieae: *Barnadesia*, *Chuquiraga*, *Mutisia* y *Perezia* (BAUMANN, 1988).

Casi no se ha encontrado polen de Amaranthaceae y Chenopodiaceae y nunca de Cactaceae, aunque estas familias son nativas en Venezuela. El de *Myriophyllum* probablemente existe sólo en forma cultivada (BADILLO & *al.*, 1985). Lo mismo ocurre con *Pinus* del que existe numerosas plantaciones en la Laguna de Mucubají.

## DIAGRAMAS DE POLEN

### CRITERIOS Y CONSIDERACIONES CONCEPTUALES

En los estudios palinológicos realizados en valles glaciales se han distinguido tres tipos prin-

cipales de perfiles: turberas, terrazas aluviales y lagos. Se diferencian por su estratigrafía sedimentológica y, por consiguiente, por su génesis; también son distintos en lo referente a la conservación del polen. Por ello hay que tomar en cuenta diversos aspectos para la interpretación. Así, la presencia de polen de especies arbóreas tiene distintos significados dependiendo si se encuentra en turba, en sedimentos de arena finos o en arcilla lacustre. Para aclarar tales cuestiones, se ofrece una clave de interpretación con la que se pueden calificar las zonas de un diagrama de polen y decidir si la correlación entre el polen observado y la vegetación pretérita era directa o indirecta. Si la relación

es directa, la abundancia de polen de un determinado taxón indica su presencia en la zona, mientras que si es indirecta, se trataría de un transporte a larga distancia por el viento y, por tanto la vegetación en el lugar de muestreo habría sido pobre. Las once primeras premisas de la clave sirven para establecer si la relación entre los palinomorfos presentes y la vegetación local es directa o indirecta, mientras que con las premisas 12-15 se puede determinar si el paleoclima fue seco o húmedo. No se han incluido premisas para caracterizar los regímenes de temperatura y viento, ya que para ello es necesario el análisis conjunto de varios diagramas de polen.

#### CLAVE PARA LA INTERPRETACIÓN DE DIAGRAMAS POLÍNICOS EN EL NORTE DE SUDAMÉRICA

1(0)	- Localidad situada en la región neotropical entre los 12°N y los 32°S, en altitudes superiores a los 2.000 m. ....	3
	- Localidad situada en latitudes más meridionales. ....	2
2 (1)	- Localidad situada entre los 33-56°S, en altitudes inferiores a los 2.000 m. ....	3
	- Otra ubicación geográfica .....	<b>interpretación individual</b>
3 (2)	- Precipitación media anual inferior a 1.500 mm. ....	4
	- Precipitación media anual superior a 1.500 mm. ....	<b>relación directa</b>
4 (3)	- La muestra procede de sedimentación marina, lacustre o glacial, incluyendo la <i>gyttja</i> . ....	5
	- La muestra se compone de sedimentos orgánicos de plantas (turba). ....	10
5 (4)	- Por la granulometría la muestra corresponde a una arcilla. ....	6
	- La granulometría de la muestra es más gruesa. ....	<b>relación indirecta/12</b>
6 (5)	- En la muestra predominan los palinomorfos intactos con paredes completas (exina, perisporio, exosporio). ....	7
	- Predominan los palinomorfos algo meteorizados o decolorados. ....	<b>relación indirecta/12</b>
7 (6)	- Ambiente de sedimentación acuático (arcilla lacustre pura y materiales similares). ....	<b>relación directa</b>
	- Ambiente de sedimentación diferente. ....	8
8 (7)	- Muestra de origen antropógeno: arcilla de una cueva prehistórica, etc. ....	<b>relación directa</b>
	- Muestra de origen natural: <i>gyttja</i> , arcilla pedemontana, etc. ....	9
9 (8)	- En la zona del diagrama de polen correspondiente a las plantas acuáticas hay más del 10% de <i>Isoëtes</i> en promedio junto con otros indicadores de medios acuáticos <i>Botryococcus</i> , <i>Myriophyllum</i> , <i>Potamogeton</i> o <i>Typha</i> , que crecen habitualmente en pantanos o en bofedales. .	<b>relación directa</b>
	- Con una composición diferente. ....	10
10 (9)	- En la zona del diagrama correspondiente a las plantas de sitios húmedos el porcentaje promedio de ciperáceas y juncáceas supera el 10%. ....	<b>relación directa</b>
	- El 10% como máximo. ....	11
11 (10)	- El porcentaje de ciperáceas en la zona del diagrama correspondiente a las plantas de lugares húmedos no alcanza 1/3 del porcentaje correspondiente en otras zonas del diagrama .....	<b>relación indirecta/12</b>
	- El porcentaje de ciperáceas correspondientes a las plantas de lugares húmedos supera 1/3 del porcentaje correspondiente a otras zonas del diagrama. ....	<b>relación directa</b>

- 12 - La zona del diagrama contiene en promedio más del 30% de polen de árbol, proveniente de la montaña (Grado de sequía indicado por árboles). ..... **relativamente seco**  
 - El 30% como máximo. .... **13**
- 13(12) - Más de 10% de esporas de Cyatheaceae de promedio (Grado de sequía indicado por la presencia de helechos arbóreos). ..... **relativamente seco**  
 - El 10% como máximo. .... **14**
- 14(13) - La zona del diagrama contiene como máximo 4 veces más polen de representantes del bosque de montaña (Grado de sequía indicado por la comparación con otras zonas del diagrama). ..... **relativamente seco**  
 - No alcanza tal cantidad. .... **15**
- 15(14) - Polen procedente del mismo lugar, excluyendo el de ciperáceas, *Isoetes*, *Lycopodium*, *Selaginella* y juncáceas, mayor del 70% del total de polen. .... **relativamente húmedo**  
 - El 70% como máximo. .... **interpretación individual**

### TURBERAS

Vamos a presentar y discutir algunos casos propios de Venezuela. El primer ejemplo, publicado por RULL & *al.* (1987: 113), se trata de una sección de un bofedal situado a 4.080 m en el páramo de Piedras Blancas. Constituido por una capa de turba de 285 cm de profundidad, cuya datación a 260 cm de profundidad es de  $1.220 \pm 80$  años a. p. (TX-4.601). El polen más importante es el de compuestas, gramíneas y *Plantago* y con frecuencias similares están las ciperáceas y *Lycopodium*. El diagrama representa, por tanto, una secuencia joven del Holoceno con palinomorfos de plantas que también crecen actualmente allí. En la Mesa del Caballo ( $8^{\circ} 47' N$ ,  $70^{\circ} 50' W$ , 3.750 m) perforé un perfil de turba de 145 cm de profundidad, cuya datación, realizada con una muestra tomada a 100 cm dio una edad de  $5.020 \pm 120$  años a. p. (UZ-1630), que es la mayor edad de turba continua que se conoce en Venezuela.

Otro ejemplo es una turbera situada junto al borde superior de la Laguna Victoria (SALGADO-LABOURIAU & SCHUBERT, 1977). La ausencia de datación nos impulsó a tomar muestras en el centro del mismo valle glacial, en una localidad cercana a la laguna misma y que denominamos perfil "Valle Laguna Victoria" (Fig. 4B). La laguna se encuentra estancada artificialmente y por ello no hay arcillas lacustres en este perfil. Las dataciones realizadas con muestras tomadas a 260 cm dieron edades de  $12.1101 \pm 10$  años a. p. (UZ-3.537/ETH-10.736) mientras que las tomadas a 200 cm de  $3.400 \pm 65$  años a. p. (UZ-3.536/ETH-10.735).

Al final del mismo valle, a 3.450 m, entre la Laguna Negra y la Laguna Victoria, se realizó otra perforación cuyo perfil denominamos "Valle Laguna Negra" (Fig. 4A), La datación de las muestras extraídas a 255 cm de profundidad es de  $3.345 \pm 80$  años a. p. (UZ-1628).

El análisis de polen pone de manifiesto ciertas diferencias locales muy interesantes entre el perfil realizado en la Laguna de la Victoria por SALGADO-LABOURIAU (1980) y el realizado en la Laguna Negra. El primero de ellos, de 240 cm de profundidad, sorprende, en primer lugar, por los altos porcentajes de polen de gramíneas y de esporas; en segundo término, por la relativa abundancia de compuestas y cariofiláceas, con porcentajes de 20% y, en última instancia, por la presencia en la parte inferior del perfil de hasta un 10% de polen de *Alnus*. Por su parte, el perfil Valle Laguna Negra, que representa los últimos 3.400 años, está dominado por cuatro elementos casi en las mismas cantidades: helechos, gramíneas, compuestas y umbelíferas. En la zona de suma de palinomorfos se ve que las ciperáceas y *Lycopodium* son los elementos más importantes, aunque el polen de árboles está también relativamente bien representado. En la zona contemporánea del perfil Valle Laguna Victoria representada en la columna (P2), las compuestas, cariofiláceas y *Lycopodium* son más abundantes, pero las esporas de helechos se encuentran en menor proporción. La datación de las muestras de turba extraídas a los 200 cm de profundidad dieron una edad de 3.400 años. Por debajo de la turba y hasta los

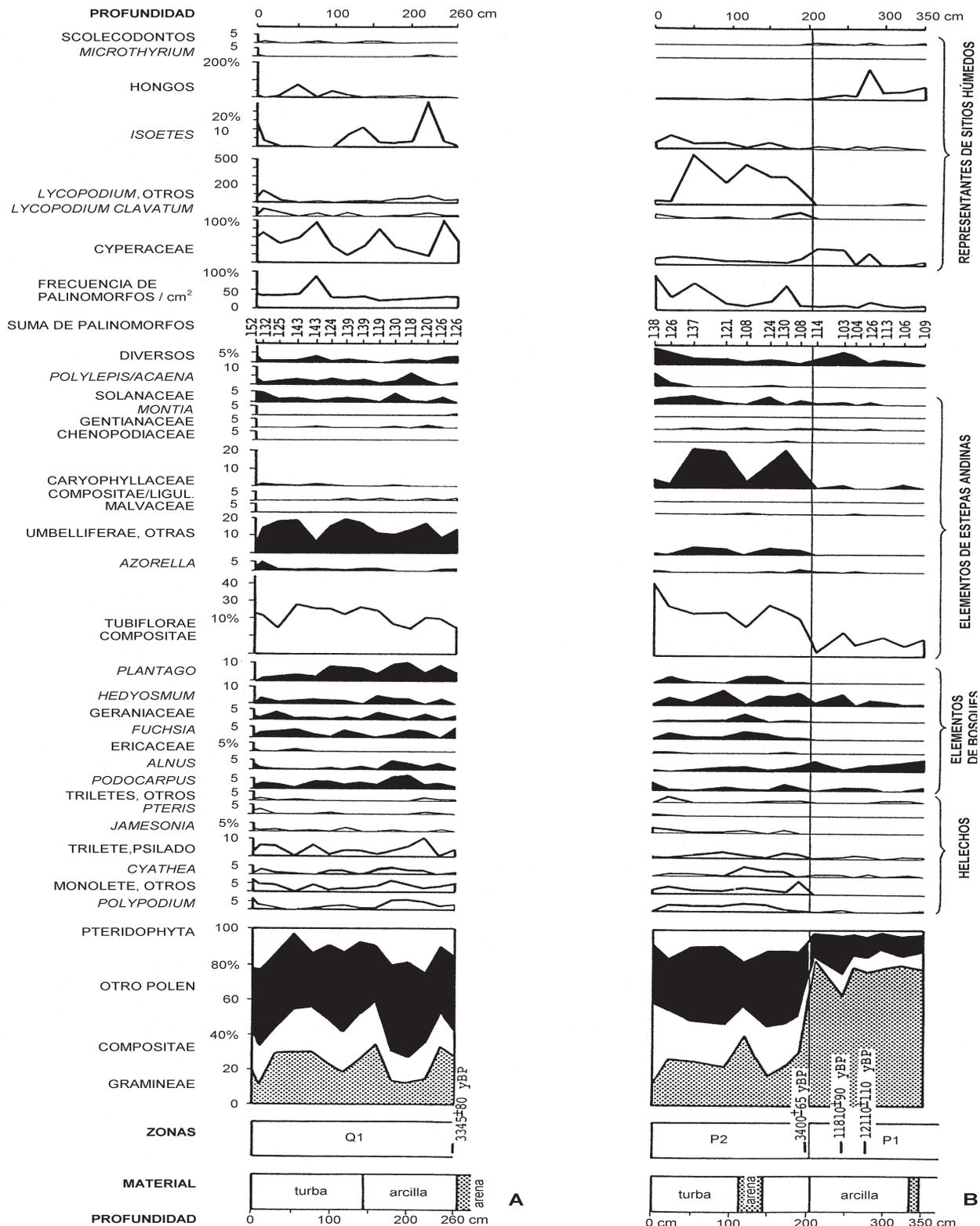


Fig. 4. Perfiles polínicos: A, Valle Laguna Negra 8°47'30"N, 70°48'30"W, 3.450 m; B, Valle Laguna Victoria, 8°49'N, 70°48'W, 3.250 m (K. Graf).

240 cm de profundidad hay un hiato que comprende un lapso de tiempo de quizás 6.000 años. Más abajo, en la zona P1 del diagrama Valle Laguna Victoria presenta un gran contraste que se explica fácilmente por su edad tardiglacial. Se trata de sedimentos fluvio-glaciales de arcilla y arena que contienen principalmente gramíneas, alcanzando en todos los casos porcentajes de 60-80%. Además, hay numerosos pólenes de *Alnus* y esporas de hongos, mientras que las esporas de helechos y *Lycopodium*, así como los granos de polen de compuestas y cariofiláceas son muy escasos.

Teniendo en cuenta estos datos se puede establecer que existe una relación indirecta entre el polen y la paleovegetación. La relativa abundancia en el Tardiglacial de muchos palinomorfos de árboles y pocos de plantas de sitios húmedos (cipéráceas, *Lycopodium*) indica condiciones climáticas desfavorables y, por ello, una vegetación pobre. A su vez las precipitaciones en este periodo fueron menores que las actuales, aunque después de ca. 4.000 años a. p. aumentaron en la Sierra Nevada de Mérida. La interpretación correspondiente indica condiciones climáticas relativamente húmedas para la zona de diagrama Q2, donde la flora local paramuna tiene mayores porcentajes (cariofiláceas, *Espeletia*/compuestas y *Lycopodium*). También, y con cierta frecuencia, aparecen pólenes de árboles (*Alnus*, *Podocarpus* y *Polylepis*), lo que indudablemente nos hace pensar en temperaturas algo mayores que las actuales. Podríamos concluir que las temperaturas medias

anuales han aumentado cerca de 5°C con un periodo más cálido (ca. 1°C por encima de la temperatura media actual) hace 4.000 años.

#### TERRAZAS ALUVIALES

En lo que respecta a este tipo de perfiles primeramente discutiremos dos ejemplos tomados de SALGADO-LABOURIAU & SCHUBERT (1976) que he adaptado y redibujado (Fig. 5). En cuanto a la estratigrafía del perfil dominan las arenas y las gravas. Se trata de depósitos fluvio-glaciales; aunque no es fácil determinar si las terrazas fueron depositadas en la etapa correspondiente al glaciación pleistocénica o fuera de ella. En todo caso, hay varias oscilaciones que se manifiestan por la presencia de sedimentos gruesos intercalados con capas delgadas de turba.

En el perfil de la Quebrada de Mucubají, que comprende un periodo de edades entre 10.500 y 13.000 años a profundidades de 200-500 cm, la zona IIb corresponde a la Q2 del perfil Valle Laguna Victoria, y por consiguiente pertenece al Holoceno superior. Suponiendo cierta esta datación, la zona Mucubají-I refleja condiciones relativamente frías (tardiglaciales) y secas, las cuales se repiten, aunque de manera menos acentuada, en la zona Mucubají-IIa. En la zona Mucubají-IIb el clima se hace más húmedo. Lamentablemente, la falta de palinomorfos de taxones representativos (GRAF, 1992: 70) impide aseverar lo anterior. Por ello se ha realizado una nueva datación en la terraza aluvial, a 1,5 Km detrás de la Laguna Mucubají, cuyos datos se presentan en la

**TABLA 4**

CROSSCHECKS DE DATACIONES (AÑOS A.P.) DE UNA TERRAZA TARDIGLACIAL EN MUCUBAJÍ  
(3.650 m, 8° 47' 20" N, 70° 49' 20" W)

Profundidad de la turba (cm)	Laboratorio		
	Texas (TX)	Rockville	Zurich (UZ)
200-250	11.960	10.575	11.910-11.370
250-300	12.250	-	12.490
300-400	12.390-12.570	-	12.730
450-500	12.650	11.465	-

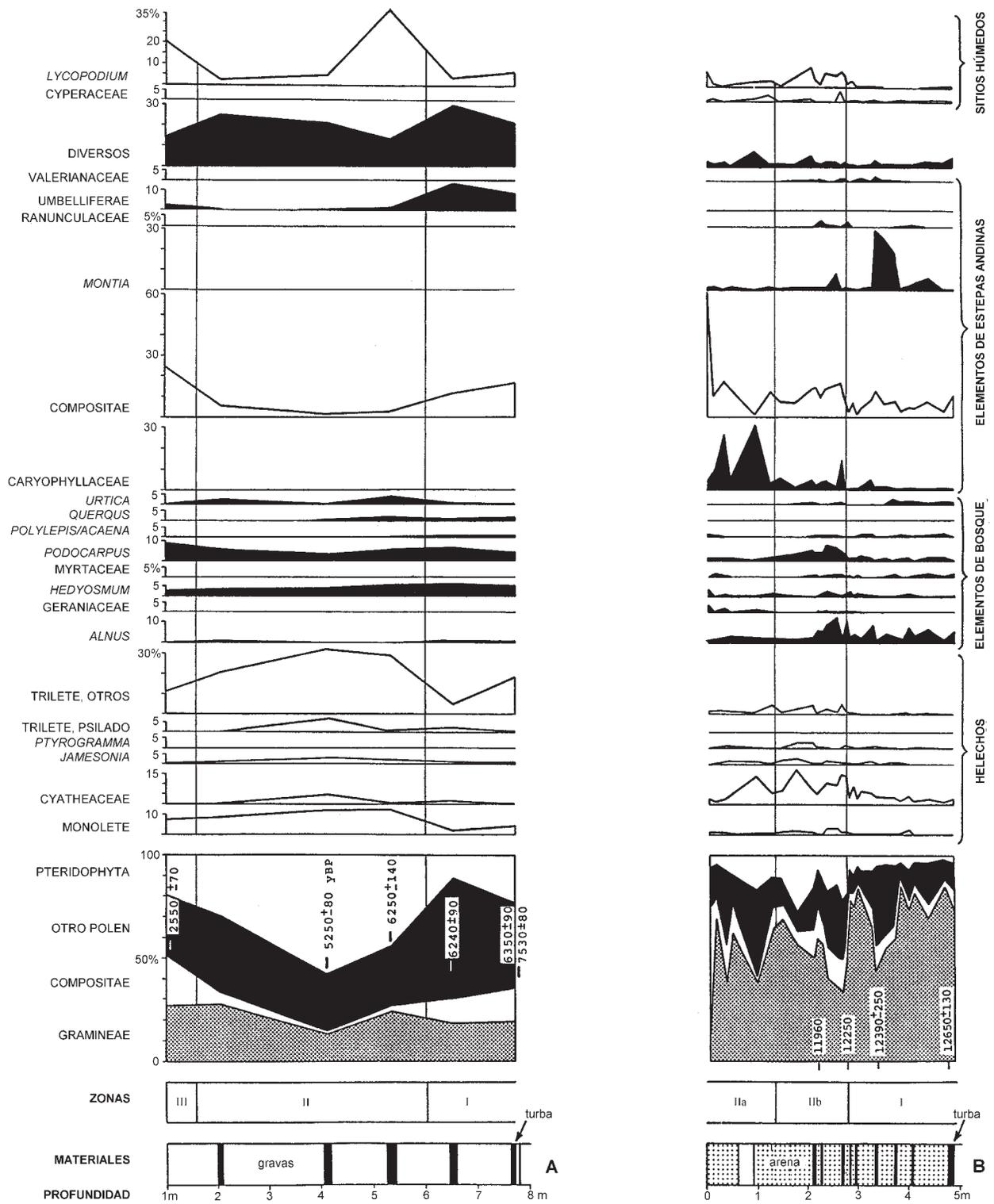


Fig. 5. Perfiles polínicos: **A**, La Culata 8°45'N, 71°5'W, 3.800 m (SALGADO-LABOURIAU & SCHUBERT, 1971); **B**, Mucubaj, 8°47'N, 70°49'W, 3.650 m (K. Graf).

tabla cuatro. Como puede observarse, los datos de edad radiocarbónica obtenidos en distintos laboratorios coinciden a grandes rasgos y confirman que la mayoría de estos sedimentos se depositó hace *ca.* 12.000 años en una sucesión muy rápida.

El segundo ejemplo que presentamos proviene de La Culata (Fig. 4 abajo). Este perfil representa una secuencia paleoclimática que falta en el perfil de Mucubají. Se trata de un afloramiento de 800 cm situado en la margen del Río Mucujún a 3.800 m. Esta formado por seis capas delgadas de turba cuya edad se sitúa entre 7.530 y 2.550 años a. p. Al igual que los autores citados, aplicamos una interpretación indirecta debido a la escasa presencia de polen de ciperáceas y porque en las etapas breves del crecimiento de turba son raros los ejemplos de plantas pioneras. La zona basal (Culata I) está caracterizada por compuestas y umbelíferas, indicando un clima bastante húmedo. Le sigue Culata-II, de *ca.* 6.500-3.000 años a. p., donde los palinomorfos alóctonos (elementos de bosque incluyendo helechos) son más abundantes, lo que se relaciona con un clima algo seco. Arriba (Culata-III), con una edad de 2.500 años, presenta un caso ligeramente parecido al actual, en el que dominan las gramíneas y las compuestas (con 25% cada una) indicando un clima húmedo.

Otro ejemplo de una sedimentación fluvio-glacial se encuentra al fondo del valle, en la Quebrada Chirurí, en el Páramo de Miranda/Piedras Blancas (8° 55' N, 70° 50' W, a 3.920 m; SCHUBERT & VIVAS, 1993: 48). En este afloramiento de 300 cm se realizó una datación en la mitad inferior: 11.470±170 años a. p. (TX-4.603), mientras que dos dataciones en la parte superior son de 4.240±70 años a. p. (TX-4.604) y 2.500±70 años a. p. (TX-4.605). El perfil lo ilustran SALGADO-LABOURIAU & *al.* (1988: 7) y en él se ve un mayor espesor de las capas de turba. Llama la atención la abundancia de pólenes de gramíneas que alcanzan entre el 50 y el 90%. Por debajo de 170 cm, tanto las ciperáceas como *Lycopodium*, cariofiláceas y compuestas tienen pequeños valores, pero son frecuentes en la parte superior. La base

de turba se sitúa con este límite a 170 cm; pero por falta de datación, sólo se puede suponer que tiene una edad de 5.000 años. Tendría que subyacer un hiato y proceder inmediatamente la secuencia tardiglacial. Se concluye indirectamente la existencia de un paleoclima seco en las partes inferiores y húmedo en las superiores del perfil.

Para completar estos datos hay que tener en cuenta un afloramiento de terraza fluvio-glacial al sudoeste de Mucubají y la Mesa del Caballo. Se trata de una secuencia de *ca.* 30 m en la Quebrada La Cañada (8° 47' N, 70° 51' W, 3.350 m), publicado por SCHUBERT & RINALDI (1987: 136). Tiene edad pleistocénica, es decir 19.080±820 años a. p. (I-11021) en la base y 16.500±290 años a. p. (I-11022) en la parte superior.

#### LAGOS

SALGADO-LABOURIAU & *al.* (1992) realizaron dos perforaciones en la Laguna Mucubají (8° 47' N, 70° 49' W, 3.540 m) Un pequeño muestreo en la mitad del lago de 80 cm de sedimentos dio una edad basal de 1.550±245 años a. p. (GX-10.800). El otro, más largo, de 200 cm de espesor, se realizó en la margen oriental (poco inundada). Las dataciones, en este caso, son de 8.300±255 años a. p. (GX-9.987) a 190 cm de profundidad y de 2.235±380 años a. p. (GX-13.218) en la arcilla, que se forma en el fondo del lago.

Los dos diagramas engañan por su uniformidad; casi siempre están presentes las gramíneas con un 50%. Tal como mencionan SALGADO-LABOURIAU & *al.* (*loc. cit.*) en su interpretación, no hay diferencias significativas con el ambiente actual. La palinología, en efecto, no aporta nada en este caso, pero sedimentológicamente se puede deducir que se trataba de un lago desde al menos hace 8.300 años cuando sirvió como cuenca de acumulación de polen autóctono. Es necesario dedicar de nuevo esfuerzos para conocer mejor estos perfiles lacustres.

## CONCLUSIONES PALEOCLIMÁTICAS

El análisis de los diagramas polínicos indica lo variable e inestable de estos ambientes sometidos a variaciones climáticas intensas y rápidas, donde pequeños cambios en la circulación atmosférica, los regímenes de lluvias o las temperaturas causaban cambios intensos en la vegetación

El clima hace 13.000-10.500 años estaba caracterizado fundamentalmente por la escasez de agua, pero las breves oscilaciones entre fases muy frías, con inundaciones en la zona periglaciaria, con las menos frías son las causantes de la formación de las capas de turba. Se trató del periodo terminal de la última glaciación, con grandes cantidades de agua procedentes del deshielo y una erosión intensa.

El calentamiento sufrido por el clima desde entonces ha limitado espacialmente el efecto de estas variaciones climáticas, antes muy amplias, de modo que la turba se produjo en sitios aislados de manera muy irregular y se conservó sobre todo en terrazas aluviales.

Concluyendo, se postula un gran hiato entre ca. 11.000-10.500 y 5.000-4.500 años a. p., por el hecho de que las turberas empezaron a crecer continuamente sólo en la segunda mitad del Holoceno. Antes, el clima hubo de ser demasiado seco.

Hay que contar con una fase erosiva, quizás de corrosión por vientos intensos, en un ambiente seco; probablemente un periodo hipsitermal seco entre unos 7.500-4.500 años a. p.

Desde 4.500 o 5.000 años hasta ca. 1.000 años a. p. la Cordillera de Mérida presentó un clima más húmedo que hoy, con una precipitación media anual superior a 1.200 mm. No obstante hubo diferencias locales muy notables que se reflejan en la comparación de los diversos perfiles de polen. Estas discrepancias prueban que la vegetación y el clima reaccionaban muy sensiblemente a las condiciones locales de hidrología, petrografía y sedimentación, quedando siempre con un valor crítico no bien equilibrado.

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a INPARQUES la autorización concedida para muestrear en Mucubají y Piedras Blancas y a la ayuda prestada por Carlos Estrada, Juan Carlos Gaviria, José Guevara, Gilberto Morillo, Maximina Monasterio y otros científicos de la ULA en Mérida y a mis contactos en Caracas. Asimismo agradezco la corrección del manuscrito en español que hizo Javier Estrada y la ayuda prestada por mis tres acompañantes en el campo: Miriam Andrés y Adrian Zaugg de la Universidad de Zurich y Pedro Villarreal de Apartaderos.

También quiero agradecer a W. A. Keller del Instituto Geográfico de la Universidad de Zurich y a W. Wolfli de la Escuela Politécnica Superior ETH-Hönggerberg de Zurich por las dataciones. Y a la Academia Suiza de Ciencias Naturales (*Kommission für Reisetstipendien*) por la financiación de los viáticos.

## BIBLIOGRAFÍA

- BADILLQ V. M., L. SCHNEE & C. BENÍTEZ DE ROJAS (1985). *Clave de las familias de plantas superiores de Venezuela*. Espasande, S. R. L. (ed.), Caracas: 1-270.
- BAUMANN F. (1988). Geographische Verbreitung und Ökologie südamerikanischer Hochgebirgspflanzen. *Diss. Geogr. Inst. Univ. Zürich*: 1-206.
- CLEEF, A. M. (1981). *The Vegetatio of the Paramos of the Colombian Cordillera Oriental*. *Diss. Botan.* 61, J. Cramer, Vaduz: 1-320.
- DIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA Y METEOROLOGÍA (1970-1990). Ministerio del Ambiente y de Recursos Naturales Renovables, Caracas.
- ESTRADA, C. & M. MONASTERIO (1991). Ecología poblacional de una roseta gigante, *Espeletia spicata* Sch. Bip. (Compositae), del páramo desértico. *Ecotropicos* 4 (1): 25-39.
- GRAF, K. (1992). *Pollendiagramme aus den Anden. Eine Synthese zur Klimageschichte und Vegetationsentwicklung seit der letzten Eiszeit. Physische Geographie* 34, Univ. Zürich: 1-138.
- HUECK, K. & P. SEIBERT (1962). Vegetationskarte von Südamerika. *Mit Erläuterungen*. Fischer Verlag, Stuttgart: 1-69.
- HUECK, K., (1966). *Die Wälder Südamerikas*. Fischer Verlag, Stuttgart: 1-422.

- MONASTERIO M. (1980). *El Páramo de Mucubají dentro del Cuadro General de los Páramos Venezolanos*. In: M. MONASTERIO(ED.) Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos: 201-206, Universidad de Los Andes, Mérida.
- ORTEGA, F. & P. RIVERO (1989). Composition and Nature of the Venezuelan Pteridophyte Flora. *Pittieria* 18: 20-43
- RULL, V., M. L. SALGADO-LABOURIAU C. SCHUBERT & S. VALASTROJR. (1987). Late Holocene Temperature Depression in the Venezuelan Andes. Palynological Evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 60: 109-121.
- SALGADO-LABOURIAU M. L. (1977). Palaeoecologic analysis of a Late-Quaternary terrace from Mucubají, Venezuelan Andes. *J. Biogeogr.* 4: 313-325.
- SALGADO-LABOURIAU M. L. & C. SCHUBERT (1977). Pollen Analysis of a Peat Bog from Laguna Victoria (Venezuelan Andes). *Acta Ci. Venez.*, 28 (5): 328-332.
- SALGADO-LABOURIAU M. L. (1980). *Paleoecología de los páramos venezolanos*. In: M. MONASTERIO(ED.). Estudios ecológicos en los páramos andinos: 159-169.
- SALGADO-LABOURIAU M. L., V. RULL, C. SCHUBERT & S. VALASTRO JR. (1988). The Establishment of Vegetation after Late Pleistocene Deglaciation in the Páramo de Miranda, Venezuelan Andes. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 55: 5-17.
- SALGADO-LABOURIAU M. L. (1991). Vegetation and Climatic Changes in the Merida Andes during the Last 13,000 Years. *Bol. IG-USP* 8: 159-170.
- SALGADO-LABOURIAU M. L., R. S. BRADLEY, R. YURETICH & B. WEINGARTEN (1992). Paleocological analysis of the sediments of Lake Mucubají, Venezuelan Andes. *J. Biogeogr.* 19: 317-327.
- SCHUBERT, C. (1975). Glaciation and Periglacial Morphology in the Northwestern Venezuelan Andes. *Eiszeitalter und Gegenwart* 26: 196-211.
- SCHUBERT, C. & M. RINALDI (1987). Nuevos datos sobre la cronología del estadio tardío de la glaciación Mérida, Andes venezolanos. *Acta Ci. Venez.* 38: 135-136.
- SCHUBERT, C. & L. VIVAS (1993). *El Cuaternario de la Cordillera de Mérida, Andes venezolanos*. Ed. Univ. de Los Andes, Mérida: 1-345.
- VARESCHI, V. (1970). *Flora de los páramos de Venezuela*. Univ. de los Andes, Mérida: 1-425.
- VEILLON, J.-P. (1989). *Los bosques naturales de Venezuela*. Instituto de Silvicultura, Universidad de Los Andes, Mérida, 1: 1-118.

## ACLARACIÓN

Esta versión para Adobe Acrobat difiere del original en algunos aspectos relacionados con la maquetación, fuentes, etc.

Algunas entradas del índice general del volumen podrían no coincidir con las páginas de esta versión.

Estos cambios surgen como consecuencia del cambio de programa para su maquetación, no obstante su contenido es fiel al original.