

Citar como:

Azócar, A., Monasterio, M. 1979. Variabilidad ambiental en el Páramo de Mucubají. En: Salgado-Labouriau, M.L. (Ed). El Medio Ambiente Páramo. Ediciones CIET-IVIC/MAB-UNESCO. Caracas, pp. 149-159.

# VARIABILIDAD AMBIENTAL EN EL PARAMO DE MUCUBAJI

AURA AZÓCAR Y MAXIMINA MONASTERIO  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Biología  
ULA Mérida, Venezuela.

Mucubají forma parte de una de las mayores extensiones de páramo, considerándosele como un área representativa de la región paramera en razón de su historia de modelado glacial intensivo durante el cuaternario como por sus características eco-periglaciales actuales (Monasterio 1979).

El área de estudio, situada por encima de los 3.500 m en la Sierra Nevada de Mérida, en los 8°47'N y 70°48'W, comprende el complejo morrénico Mucubají constituido por dos morrenas laterales y una morrena terminal que bordea la laguna del mismo nombre. (Fig. 1). Este complejo morrénico encierra un valle interno de una longitud aproximada de tres kilómetros con cuatro pequeñas morrenas que son el producto de fases sucesivas del retroceso del glaciar. Las morrenas datan de la última glaciación andina para la que se ha calculado entre los 18.000 y los 10.000 años A. P. (Schubert 1973). Cerrando el paisaje hacia el sur se encuentran los picos más altos de la Sierra de Santo Domingo constituidos por afloramientos rocosos del grupo Iglesias.



Fig. 1. Vista general del área de estudio, se observan las dos morrenas laterales y el fondo del valle donde fueron colocadas las estaciones mesoclimáticas.

Monasterio (1979), señala las características originales del Páramo de Mucubají. De una parte el hecho de encontrarse rodeado exclusivamente por vegetación de páramo lo diferencia de otras localidades parameras que por el contrario están en contacto con formaciones de selva nublada, bosque siempre verde seco o matorral andino (Sarmiento y col. 1971). Además la diversidad topográfica y geomorfológica de la zona así como las distintas exposiciones de los faldeos morrénicos que determinan una variación en el balance hídrico y microclimático condicionan la existencia de una gran variación de la vegetación y en un área relativamente pequeña, se pueden destacar tres unidades principales:

1. La más extendida es la asociación Rosetal Arbustal de *Espeletia schultzii*-*Hypericum laricifolium*, que se encuentra fundamentalmente en las morrenas laterales y de retroceso, en las cuales presenta diferencias específicas o estructurales en cuanto a los valores de cobertura o densidad de las especies.

2. En el fondo del valle existe un mosaico de comunidades en relación con los distintos niveles de depósitos fluviales; así, en las partes sometidas a inundaciones estacionales o permanentes se encuentra una diversidad de comunidades herbáceas que se sustituyen gradualmente (Fariñas y Monasterio 1979). En los sitios más secos se localiza la pradera de gramíneos dominada por *Agrostis trichodes* o por *Agrostis hankeana* y *Aciachne pulvinata*.

A lo largo de las terrazas del río se presenta el pastizal de hoja ancha dominado por *Bromus pitensis* y *Calamagrostis effusa*, con la aparición ocasional de *Hypericum laricoides* y *Espeletia schultzii* en una matriz continua de *Agrostis hankeana*. Por último, en los sitios más húmedos del fondo del valle, el pastizal húmedo que puede estar dominado según el sitio por *Carex aff. bomplandii*, *Carex acutata* o *Agrostis trichodes*.

3. Los enclaves de bosque constituyen la tercera unidad de importancia en el área; estos enclaves conocidos como bosque altiandino de *Polylepis sericea*, se en-

cuentran sobre afloramientos rocosos fisurados y rodados, (Azócar y Monasterio 1979).

En el presente trabajo se describen las características climáticas y microclimáticas en dos de las comunidades típicas de esta área, como son el Rosetal-arbustal de *Espeletia schultzei*-*Hypericum laricifolium*, y el bosque de *Polylepis sericea*.

En primer lugar se hace un análisis comparativo de las características mesoclimáticas de tres estaciones con Rosetal-arbustal que se encuentran en diferentes pendiente y exposición y una estación en el Bosque de *Polylepis sericea*; un segundo análisis se basa en la caracterización microclimática y su comparación entre una estación con Rosetal-Arbustal y otra en el Bosque de *Polylepis sericea*.

### CLIMA DEL AREA

La característica más importante del clima de alta montaña Tropical es la de ser puramente diurna, con grandes oscilaciones diarias y pequeñas oscilaciones anuales (Hedberg 1964, Troll 1966, Cuatrecasas 1966).

En Mucubají se encuentra un régimen térmico diario bien definido (Azócar y Monasterio 1979). En contraste, presenta un régimen isotérmico anual, como puede observarse en la Figura 2 la cual muestra la variación media anual de la temperatura máxima, mínima y media; así como el rango de oscilación media para un período de nueve años (1967-1976). La media mensual varió solamente en  $1.2^{\circ}$  entre el mes más frío (Diciembre), y el mes más cálido (Junio) representando este valor un rango de oscilación térmica anual extremadamente bajo. De Noviembre a Marzo ocurren las máximas medias más altas así como las máximas y mínimas absolutas extremas. En los nueve años de registros la máxima absoluta fue de  $22,2^{\circ}$  registrada en el mes de marzo y la mínima absoluta fue de  $-8,6^{\circ}$  en el mes de Enero.

Las menores oscilaciones medias ocurren en los meses con mayor precipitación y nubosidad que son igualmente los meses más calientes; así por ejemplo, en el mes de junio se registra una amplitud media de  $6^{\circ}$ ; por otra parte las mayores oscilaciones diarias ocurren en los meses más fríos cuando las precipitaciones son bajas y hay una marcada disminución de la nubosidad. La máxima oscilación para el período 67-76 fue de  $28,2^{\circ}$  registrado en el mes de Enero que a su vez es el mes con temperatura mínima más baja. La concurrencia de estos dos factores climáticos debe constituir un factor ecológico de fundamental importancia en este

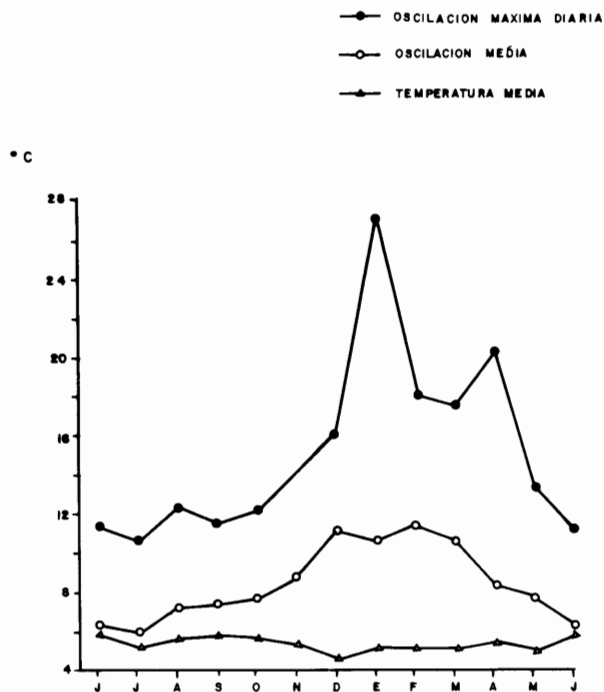


Fig. 2. Oscilación máxima diaria, oscilación media y temperatura media en el Páramo de Mucubají (1967-1976).

ambiente, puesto que cuanto más bajas son las temperaturas mayor es el efecto que se produce con la variación de las mismas. En la época seca (diciembre a marzo) la ocurrencia de heladas es un fenómeno frecuente, sin embargo el número es variable existiendo años hasta con 200 días en los cuales la temperatura baja de  $0^{\circ}$  a nivel de la superficie del suelo.

A esta altitud el alto número de días con heladas está fuertemente compensado por la resistencia que le opone la estructura y cobertura de la vegetación; un mayor número de días con heladas por año y no concentradas estacionalmente destruye el tercer estrato vegetal, apareciendo entonces suelos desnudos como ocurre a partir de los 4.100 m. (Monasterio 1979).

El área se localiza en la franja de temperatura media anual de  $5^{\circ}\text{C}$  (Estación Meteorológica del MOP a 3.600 m de altitud), posee un patrón de precipitaciones biestacional con un promedio anual para 9 años de 968,8 mm (Fig. 3); en la estación seca que se extiende de Diciembre a Marzo, el mes más húmedo presenta un valor no mayor de 40 mm y en la estación lluviosa de abril a octubre, el mes más seco recibe por lo menos 95 mm de lluvias.

Noviembre se presenta como un mes transicional, el cual en los años lluviosos puede superar los 100 mm,

mientras que en los años secos la precipitación puede ser hasta de menos de 20 mm. En los meses de la época húmeda el tiempo máximo que pasa sin llover es de cinco días en cambio en la época seca se han registrado hasta 70 días consecutivos sin precipitación.

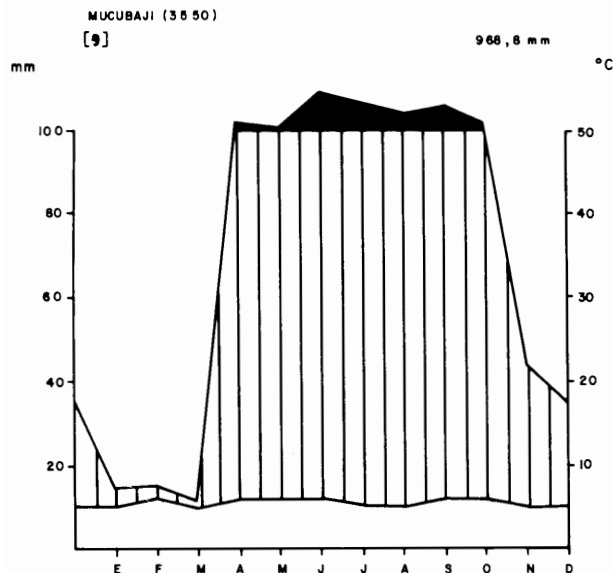


Fig. 3. Climadiagrama del Páramo de Mucubají.

El climadiagrama de la Figura 3 indica que no existen meses secos, sin embargo analizando los valores año por año se encuentra que en algunos meses de la época seca los valores de precipitación son inferiores a 10 mm, lo cual puede significar que desde el punto de vista ecológico pueden existir problemas de sequía.

En esta área, la precipitación en forma de nieve puede ocurrir aunque en forma muy ocasional o esporádica.

El área está bajo la influencia de los vientos alisios que vienen del atlántico en dirección NNE y ascienden por el faldeo de la sierra después de pasar sobre la región de los llanos. Aunque Vareschi (1970) y Smith (1972), asignan gran importancia ecológica a este factor; en Mucubají los valores que se registran son de poca magnitud, (oscilando entre 2,2 y 5,2 m/s en la época seca y entre 3,5 y 6,5 m/s en el período de lluvias), de manera que si existe alguna influencia de este factor, sería de manera indirecta por ejemplo a través de la sensibilidad al enfriamiento por frío (Warren Wilson 1959).

## CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES EN DIFERENTES LOCALIDADES DEL PARAMO DE MUCUBAJI

Con el objeto de analizar y conocer algunas características ambientales en varias de las comunidades señaladas, diseñamos un muestreo de datos mesoclimáticos durante un año, para lo cual colocamos 4 estaciones, tres de ellas fueron situadas en una transecta E-O que corta transversalmente las morrenas laterales y el valle y la cuarta estación fue colocada en el bosque de *Polylepis*. (Fig. 1).

Este diseño permite comparar las características mesoclimáticas más sobresalientes en dos estaciones de morrena y una de valle, todas con vegetación de Rosetal-arbustal de *Espeletia schultzei*-*Hypericum laricifolium*, con una estación en el bosque de *Polylepis*.

Los detalles metodológicos y de muestreo se encuentran en Azócar y Monasterio (1979); las estaciones de morrena se diferencian entre sí por su diferente exposición: exposición oeste en la morrena derecha y este en la morrena izquierda, lo cual determina diferencias en insolación y radiación incidente. En el valle a través del fenómeno de inversión de la temperatura se originan mesoclimas más fríos.

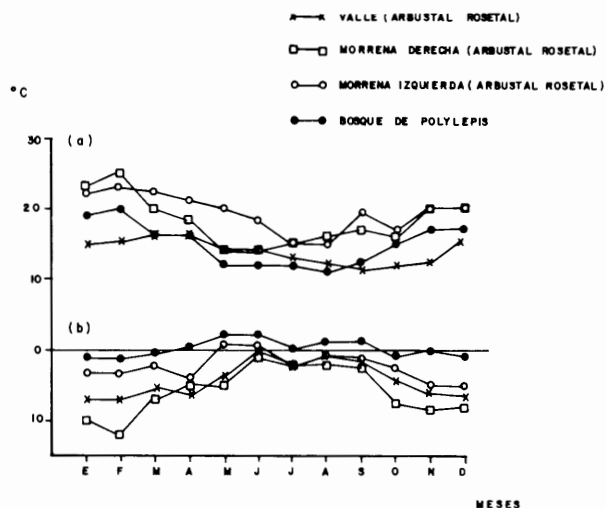


Fig. 4. Valores mensuales de temperaturas extremas. a) Temperaturas máximas. b) Temperaturas mínimas.

## TEMPERATURA

La Figura 4 muestra los valores de temperaturas extremas para las cuatro estaciones. El bosque resulta ser el ambiente donde las temperaturas mínimas son siempre las más altas. La temperatura mínima alcanza

su mayor valor en junio, en toda el área de estudio, en tanto que los valores más bajos se registran en Enero o Febrero. Las estaciones con Rosetal-Arbustal se diferencian en relación a las mínimas, solamente en los meses secos, porque en el período lluvioso las tres estaciones alcanzan temperaturas semejantes. En la estación seca las temperaturas mínimas más bajas son siempre en la morrena derecha y las más altas en la morrena izquierda que a su vez obtiene también las máximas más altas.

El hecho de que la temperatura sea semejante en las estaciones con arbustal-rosetal en los meses de la época lluviosa, indica que los factores más importantes en la diferenciación de climas locales en el área, son la insolación y la radiación neta, como en la época lluviosa prevalecen condiciones de alta nubosidad y niebla durante casi todo el día, la radiación disminuye determinando que la atmósfera que rodea las plantas sea fría y húmeda. Parecería que la niebla y las nubes ejercerían un efecto "tampon", amortiguando la amplitud de las variaciones diarias.

El rango de oscilación térmica diaria para períodos de cinco días en las 4 estaciones se muestra en la Figura 5. Se puede apreciar un máximo en la variación diurna, en el período que va de Diciembre a Febrero. Las oscilaciones mínimas diurnas se registran entre Marzo y Octubre. Para un día despejado, la mayor oscilación se encuentra en el valle; porque en la morrena derecha aunque también presenta temperaturas muy bajas, las variaciones diurnas son mucho menores debido a que las máximas son más bajas. Las oscilaciones más pequeñas coinciden en las cuatro estaciones, con los días de alta nubosidad; sin embargo, en general están concentradas en los meses con altas precipitaciones.

Los días con temperatura por debajo de 0° están concentrados en el período que va de octubre a abril, aunque no es descartable que se presenten días de este tipo en los otros meses en todas las estaciones. La tabla 1

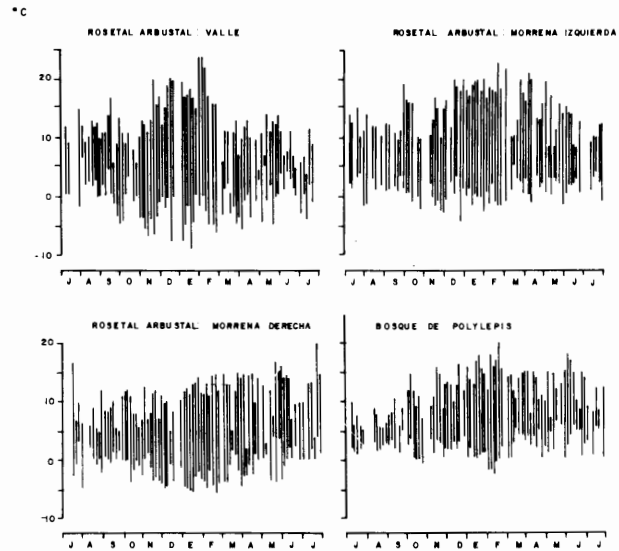


Fig. 5. Oscilación térmica diaria para períodos de cinco días.

muestra que en el valle, el número de días con temperaturas por debajo de 0° es el más alto, 235 días, en el bosque en cambio se registra la frecuencia más baja. La morrena derecha de exposición oeste registra 230 días, un valor muy semejante al del valle; y la morrena izquierda de exposición este, registra exactamente la mitad de días con temperatura por debajo de 0° (115 días). Es decir, que hay una diferencia notable entre las dos laderas con distinta exposición, resultando la exposición este más caliente o más favorable que la exposición oeste. El hecho de que en la exposición oeste se alcancen temperaturas mínimas similares al valle, anulando de esta manera el "Efecto valle", se debe fundamentalmente a la mayor cantidad de radiación que recibe.

La comparación de las temperaturas medias en las cuatro localidades (Fig. 6) evidencia que la morrena

TABLA. 1. DISTRIBUCION DEL NUMERO DE DIAS CON HELADAS A 10 CM DEL SUELO EN LAS CUATRO ESTACIONES MESOCLIMATICAS

Meses	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	Total
Valle	15	8	6	11	25	23	24	28	27	24	18	21	230
Morrena derecha	20	8	3	12	21	28	23	25	27	25	22	21	235
Morrena izquierda	0	2	3	5	6	20	13	22	22	11	11	0	115
Bosque de Polylepis	0	0	1	0	0	2	1	6	12	12	4	1	39

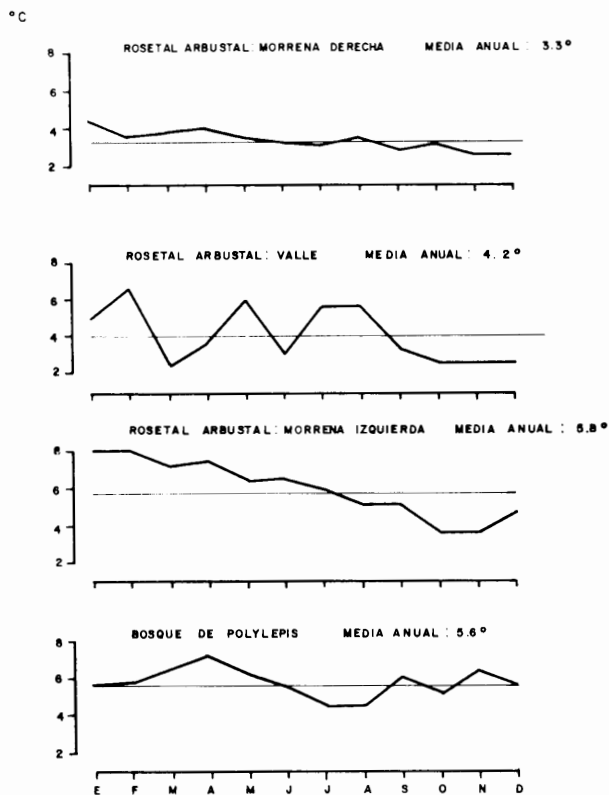


Fig. 6. Temperatura media.

derecha presenta la media anual más baja, pero los valores medios mensuales no se dispersan demasiado de la media anual, representando entonces un ambiente frío pero bastante estable a lo largo del año. En la morrena izquierda y el bosque de *Polylepis* se encuentran las medias más altas, y muy semejantes, además muestran un patrón que podríamos considerar de tendencia biesacional el cual se corresponde con las estaciones hídricas del área. Por el contrario, el valle que presenta un valor intermedio en relación al valor medio de temperatura, muestra una gran variabilidad en cuanto a las medias mensuales la cual es independiente de las estaciones hídricas.

Con base en el análisis de ordenamiento cualitativo hecho para el área, Fariñas y Monasterio (1979) encuentran que el gradiente de variación térmica para las diferentes estaciones mesoclimáticas coincide con la secuencia de unidades geomorfológicas sobre el eje vertical. Estos autores proponen que la interacción de los factores térmico e hídrico determina la distribución de las especies en las distintas comunidades presentes, las cuales se distribuyen de acuerdo a la existencia de un gradiente térmico y otro hídrico.

### Radiación solar

La comparación de la radiación solar en las dos morrenas indica que en días nublados los valores son semejantes, pero en días relativamente claros existen diferencias, siendo en la morrena con exposición este donde se recibe la mayor cantidad de radiación. Para los pocos datos disponibles la diferencia resulta ser de  $93,1 \text{ cal/cm}^2$ , o sea que se recibe un poco menos del 15% en la exposición oeste.

### Humedad relativa

En relación a la humedad relativa se encuentra que los valores promedio de este factor se mantienen muy altos durante todo el año en las cuatro estaciones, sin embargo en los días muy claros y de mucha insolación de la época seca pueden registrarse valores muy bajos (menos del 20%) aún en la estación del bosque, sin embargo estos valores mínimos se mantienen por muy poco tiempo.

### COMPARACION MICROCLIMATICA ENTRE EL ARBUSTAL-ROSETAL Y EL BOSQUE DE POLYLEPIS

Las estaciones mesoclimáticas que hemos analizado además de estar ubicadas en posiciones topográficas diferentes, muestran también tipos de vegetación distinta; en las estaciones situadas en las laderas con exposición este y oeste así como en el fondo del valle, la vegetación pertenece al tipo Rosetal-Arbustal de *Espeletia schultzei-Hypericum laricifolium*, en tanto que sobre los afloramientos rocosos con exposición norte, la vegetación es un bosque de *Polylepis sericea*.

Con el objeto de analizar en forma más detallada el ambiente de ambas formaciones se realizaron además del análisis mesoclimático, mediciones periódicas simultáneas de diferentes parámetros en dos estaciones microclimáticas: la una ubicada en el bosque y la otra colocada en la morrena con exposición este con vegetación de Rosetal-Arbustal.

### Variación diurna de la temperatura

Para un día de la época lluviosa (Fig. 7) en el Rosetal-Arbustal se encuentra una oscilación térmica de  $16^\circ\text{C}$  a 10 cm, en cambio en el bosque fue de  $12^\circ\text{C}$ ; en un día completamente despejado y con alta irradiación (Fig. 8) la oscilación de la temperatura en el bosque fue de  $16,2^\circ\text{C}$  a 10 cm, y en el rosetal-arbustal la

oscilación fue de 20°C. Es decir que en ambos ambientes, la variación diaria de la temperatura es diferente según los días sean despejados o nublados; sin embargo, es de hacer notar que es siempre en el arbustal donde se registran las variaciones más altas. Esta amplitud mayor se explica porque este ambiente alcanza mínimas menores y máximas superiores, que el del Bosque de Polylepis, como puede observarse en la Figura 9, donde se ha graficado la marcha diaria promedio de la temperatura durante el mes de agosto; el ambiente del rosetal-arbustal resulta ser más frío durante las horas de la noche y más caliente durante las horas del día.

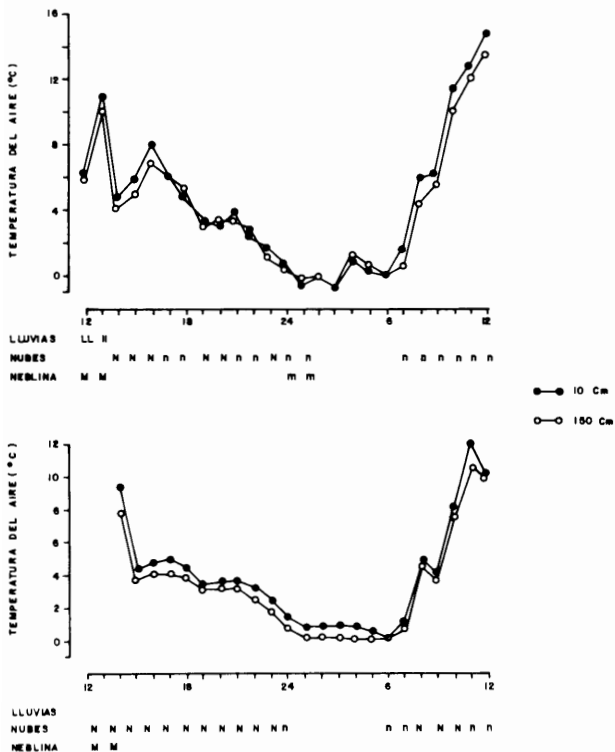


Fig. 7. Marcha diaria de la temperatura del aire en un día de la época lluviosa. Arriba: en el rosetal arbustal. Abajo: bosque de Polylepis.

El análisis de ciclos diarios de la temperatura del suelo a través de un año, señala que los valores de temperatura máxima y mínima se alcanzan en los dos ambientes a nivel superficial, dando como resultado una inversión del gradiente de temperatura a lo largo del ciclo diario, este gradiente es más notable en el Rosetal-Arbustal.

Al comparar las condiciones de temperatura del suelo en un día de la época seca en horas diferentes, se encuentra que el Rosetal-Arbustal presenta una gran

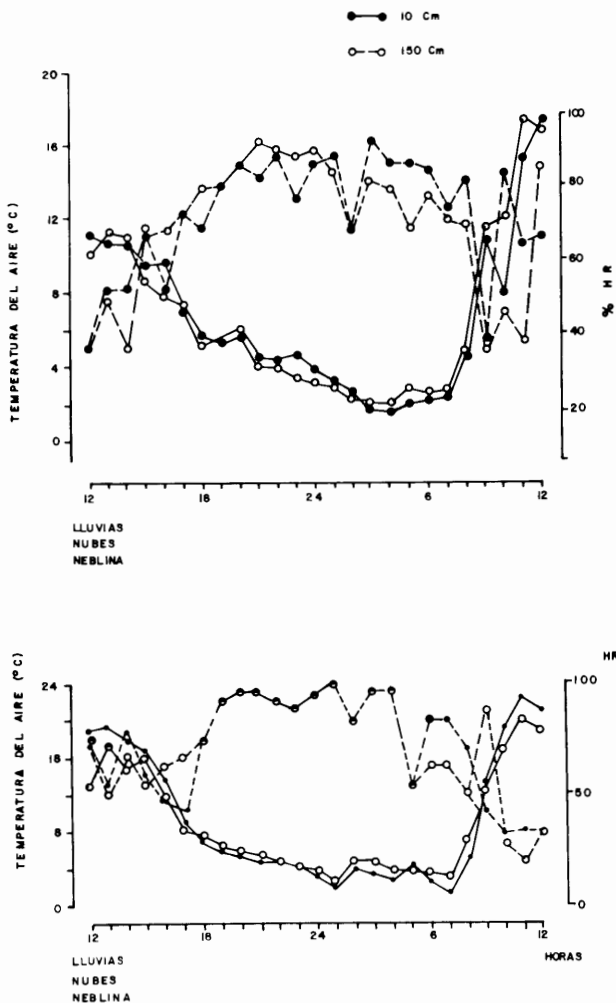


Fig. 8. Marcha horaria de la temperatura del aire y de la humedad relativa en un día de la época seca. Arriba: bosque de Polylepis. Abajo: rosetal arbustal.

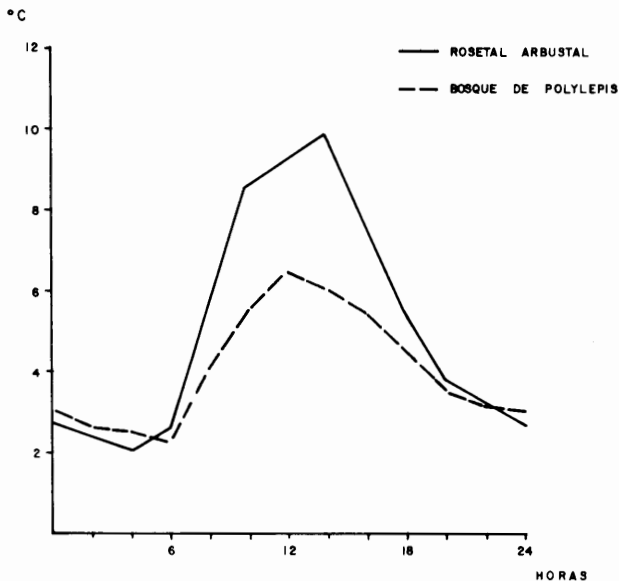


Fig. 9. Marcha horaria promedio durante el mes de agosto.

variabilidad a través del perfil en todas las horas (Fig. 10), en cambio en el bosque la variabilidad es menor. En la época lluviosa (Fig. 11) las condiciones térmicas a nivel superficial son semejantes, pero a partir de los 5 cm la temperatura en el suelo del bosque es más baja y con menor variación que en el Rosetal-Arbustal.

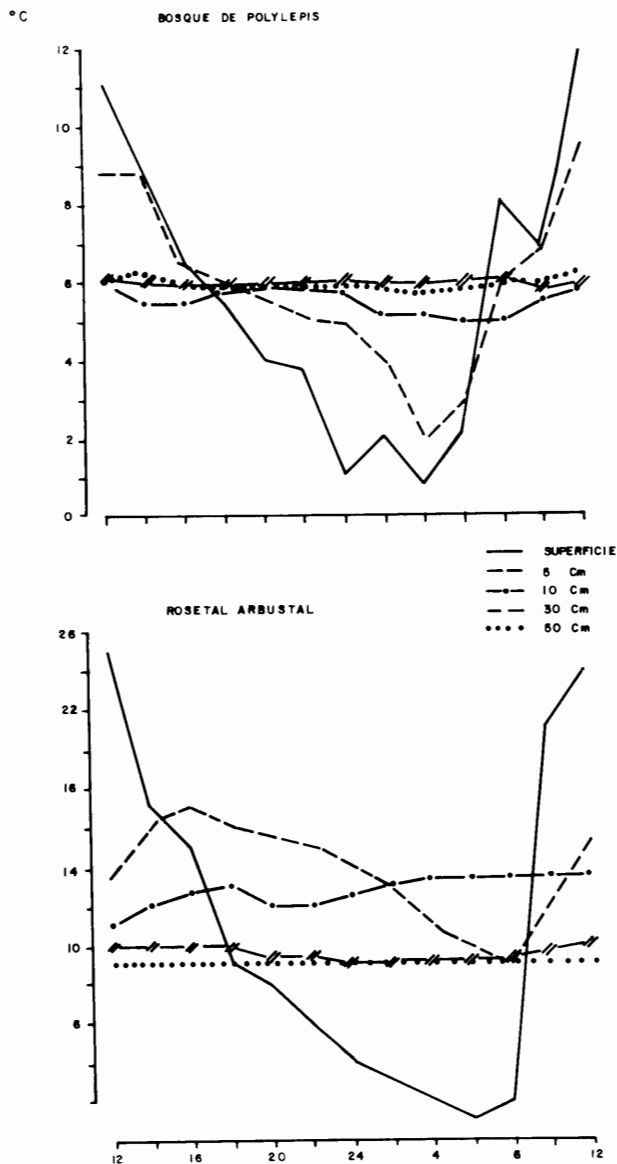


Fig. 10. Marcha horaria de la temperatura del suelo en un día de la época seca.

La comparación de la marcha diaria de temperatura del suelo en los dos ambientes para cualquier día medido, evidencia que a todos los niveles es siempre en el bosque donde se registran las menores temperaturas. Por otra parte, se encuentra en el bosque una ten-

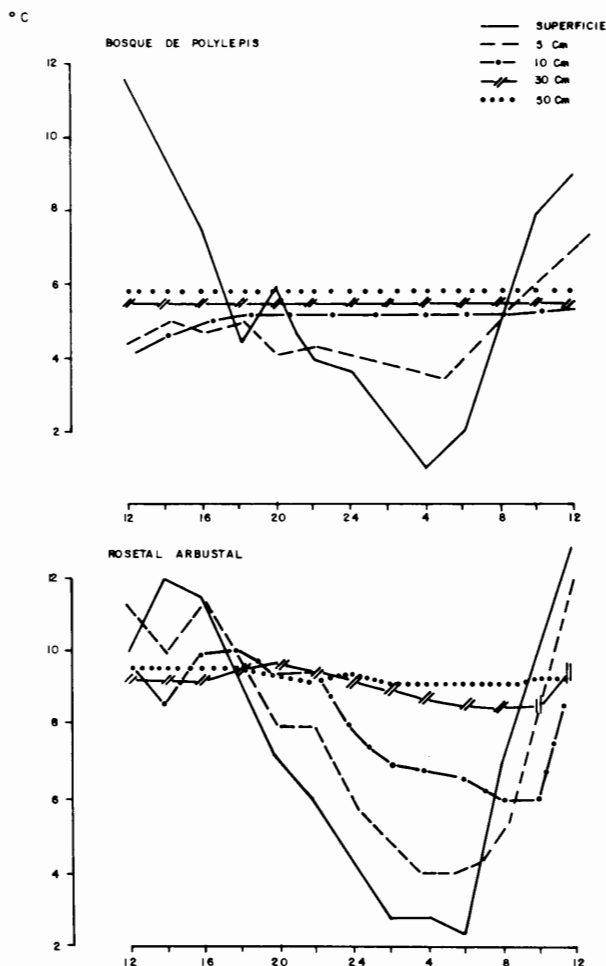


Fig. 11. Marcha horaria de la temperatura del suelo en un día de la época lluviosa.

dencia a la constancia térmica a partir de los 10 cm de profundidad, en tanto que en el Rosetal-Arbustal es solamente a partir de los 50 cm que la temperatura se hace más o menos constante, a través del año (Fig. 12).

En el Rosetal-Arbustal la oscilación térmica es siempre mayor a nivel superficial, en los 5 cm, y aún en los 10 cm, donde la variación anual es de  $5^{\circ}\text{C}$ , todo lo contrario que en el bosque en el cual a partir de este último nivel la variación anual es solamente de  $3^{\circ}$ . En la Figura 11, la media de cada mes representa solamente la temperatura medida en un ciclo de 24 horas, sin embargo podemos tomarlas como representativas de la tendencia general, por lo tanto si consideramos que las temperaturas a 50 cm representan la media anual, entonces tenemos que en el rosetal-arbustal la temperatura media del suelo es de  $8,5^{\circ}\text{C}$  en tanto que en el bosque de Polylepis es de  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $6^{\circ}\text{C}$ .



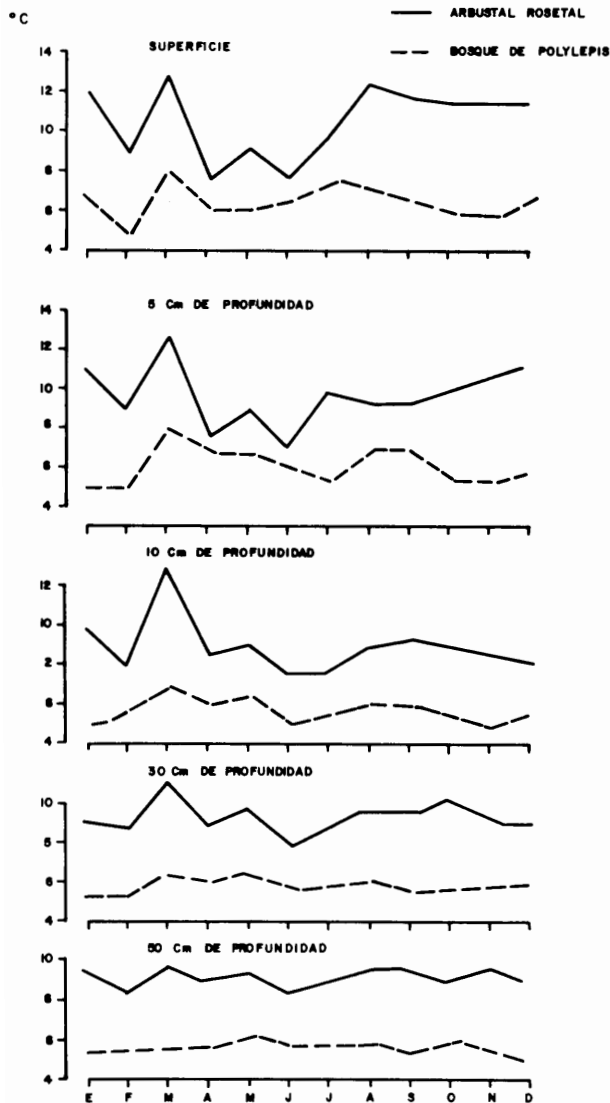


Fig. 12. Marcha mensual promedio de la temperatura del suelo a diferentes profundidades.

Con respecto a la humedad en el suelo se encuentra que el bosque mantiene valores muy altos a través de todo el año, que podrían originar problemas de exceso de agua; en efecto, las plantas que se desarrollan en este ambiente muestran en general caracteres xeromórficos tales como Pubescencia densa, microfilia, rigidez de las hojas que pueden indicar en principio, que existen dificultades para la absorción de este elemento.

La humedad del suelo donde se desarrolla el Rosetal-Arbustal es siempre más baja; no sobrepasa el 50% e incluso pueden presentarse ocasiones en que el

suelo puede alcanzar el punto de marchitez permanente en algunos meses de la época seca.

En base al análisis de diferentes parámetros, Azócar y Monasterio (1979) sintetizan las características de los dos ambientes de la siguiente manera:

- 1) El ambiente donde prevalece la vegetación de Rosetal-Arbustal presenta:
  - gran amplitud de las oscilaciones térmicas diarias,
  - frecuencia de heladas,
  - oscilación de la temperatura del suelo a través del perfil,
  - evaporación alta, y
  - ciclo alternante en la humedad del suelo.
- 2) El ambiente donde se presenta la vegetación de bosque presenta condiciones contrarias, como son:
  - amplitud de las oscilaciones térmicas diarias pequeñas,
  - el fenómeno de heladas es raro,
  - temperatura del suelo estable a través del perfil,
  - evaporación baja, y
  - suelo saturado todo el año.

Esta caracterización indica que el ambiente donde se desarrolla el Rosetal-Arbustal presenta condiciones mucho más extremas y más inestables en comparación al ambiente del bosque, sin embargo esto puede ser sólo una consecuencia del amortiguamiento microclimático, provocado por la presencia de árboles, lo que a su vez puede influir sobre las condiciones térmicas del suelo.

El hecho de que los bosques de *Polylepsis sericea* se encuentren por encima del límite de crecimiento arbóreo ha llamado la atención de muchos investigadores, algunos de los cuales han propuesto diferentes ideas para explicar tal fenómeno. Hueck (1960) sugiere que estos enclaves forestales son de tipo relictual; y que en condiciones climáticas pasadas más frías, toda la extensión del páramo estuvo cubierta por bosques de *Polylepsis sericea*. Guhl (1966) plantea que este tipo de bosque se desarrolla donde terminan las formas paraglaciales y desaparece el suelo pantanoso y las corrientes de aguas subterráneas, y Walter y Medina (1969) proponen la existencia de condiciones térmicas en el suelo que favorecerían la instalación de árboles.

Nuestros resultados, así como los de otros autores sugieren que las hipótesis enunciadas no resultan del todo satisfactorias. Por una parte las evidencias paleoecológicas (van del Hammen 1972; Salgado Labouriau

1979) indican que durante las oscilaciones térmicas pleistocenas, los dos tipos de vegetación coexisten tanto en fases frías como cálidas; del mismo modo, que cuando el clima se hace más seco los elementos de ambas formaciones son desplazados. La distribución de los bosques de *Polylepis* parece indicar que sería una vegetación refugiada actualmente en sitios no afectados por el avance y retroceso de los glaciares como son los afloramientos rocosos, en los cuales deben desarrollarse ambientes de clima local muy particular. El hecho de que en el bosque, el suelo permanezca saturado durante todo el año, indica que la posición topográfica de estos ambientes permite el aporte de agua extra o bien que deben existir corrientes de aguas subterráneas.

## REFERENCIAS

- Azócar, A. y Monasterio, M. (1979) a) "Caracterización ecológica del clima en el páramo de Mucubají". En: M. Monasterio (Ed.) *Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos*. CDCH, ULA, Mérida.
- Azócar, A. y Monasterio, M. (1979) b) "Estudio de la variabilidad Meso y Microclimática en el Páramo de Mucubají". En: M. Monasterio (Ed.) *Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos*. CDCH, ULA, Mérida.
- Cuatrecasas, J. (1966) "Páramo vegetation and its life forms". In Troll, C. (Ed.) *Geo—Ecology of the mountainous regions of the tropical Americas*. Proceedings of the UNESCO México Symposium: 163-186.
- Fariñas, M. y Monasterio, M. (1979) "La vegetación del Páramo de Mucubají. Análisis de ordenamiento y su interpretación ecológica". En: M. Monasterio (Ed.) *Estudios Ecológicos en los páramos andinos*. CDCH, ULA, Mérida.
- Guhl, E. (1966) "Los páramos circundantes de la Sabana de Bogotá. Su ecología, su importancia para el régimen

- hidrológico de la misma". En: Troll, G. (Ed.): *Geo-Ecology of the mountainous regions of the Tropical Americas*, Proceedings of the UNESCO México Symposium: 195-212.
- Hammen, T. van der (1972) "Historia de la vegetación y el medio ambiente del Norte Sudamericano". *Memorias I Congreso Latinoamericano de Botánica*: 119-134, México.
- Hedberg, O. (1964) "Features of Afroalpine Plant Ecology". *Acta Phytogeográfica Suecia*, 49: 1-114.
- Hueck, K. (1960) "Los bosques de *Polylepis sericea* en los Andes Venezolanos". *Bol. IFLA* 6: 1-33.
- Monasterio, Maximina (1979). "El páramo de Mucubají dentro del cuadro general de los páramos venezolanos". En: M. Monasterio (Ed.) *Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos*. CDCH ULA. Mérida.
- Sarmiento, G., M. Monasterio, A. Azócar, E. Castellano, J. Silva (1971) "Vegetación natural de las cuencas de los ríos Chama y Capazón". *Ofc. Public. Geográficas. Inst. de Geogr. y Conserv. Recursos Naturales*. 84 págs.
- Salgado-Labouriau, M. L. (1979) "Paleoecología de los Páramos Andinos". En: M. Monasterio (Ed.) *Estudios ecológicos en los páramos andinos*. CDCH, ULA, Mérida.
- Schubert, C. (1970) "Geología glacial del alto río Santo Domingo, Andes Venezolanos". *Bol. Asoc. Venez. Geol. Minería y Petróleo*. 13(4): 233-261.
- Smith, Alan P. (1972) "Notes on wind related growth patterns of Páramo plants in Venezuela". *Biotrópica* 4(1): 10-16.
- Troll, C. (1966) "The cordilleras of the tropical Americas. Aspects of climatic, phytogeographical and agrarian ecology". In Troll, C. (Ed.): *Geo-Ecology of the mountainous regions of the Tropical Americas*. Proceedings of the UNESCO México Symposium: 15-56.
- Vareschi, W. (1970) "Flora de los Páramos". Ed. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Walter, H. y E. Medina (1969) "La temperatura del suelo como factor determinante para la caracterización de los pisos Subalpino y Alpino en los Andes de Venezuela". *Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat.* 115/116 201-210.

## PREGUNTAS

### 1. *Lauer*:

Para mí fue una gran satisfacción oír estas palabras con respecto a las medidas que ustedes hicieron en el suelo, ya que las mediciones que hemos hecho nosotros en México, donde no hay páramos, pero existen otros fenómenos similares, arrojan el mismo resultado. En México hay una oscilación térmica durante el año, seguramente, pero a 50 cm de profundidad se puede medir siempre la temperatura media del mes, por lo menos. No se registran oscilaciones en los bosques ni en el páramo en la misma profundidad. Otra cosa que me gustaría añadir es la siguiente: En México también tenemos ciertos tipos de bosques bajos de Juníperos, que son semejantes al bosque paramero de *Polylepis*

sobre el nivel de la selva y crecen solamente en sitios donde hay suelos rocosos. Hemos efectuado mediciones en suelos rocosos bajo una cubierta de bosques y sin bosques, y esas medidas son muy interesantes porque en los suelos rocosos se miden siempre temperaturas más altas que en suelos no rocosos. Por esto no creo que solamente existe un microclima donde están los bosques, sino que también hay un microclima más favorable en las zonas rocosas.

### 2. *Silva*:

La variación de la temperatura a 10 y a 150 cm en el bosque, sigue cursos y valores muy similares, pero

igual ocurre en las morrenas. De tal forma, la no existencia de una cubierta boscosa en la morrena no trae como consecuencia que haya una diferencia notable de los valores de temperatura muy cerca de la superficie del suelo y a metro y medio sobre el suelo. Me gustaría que hicieras algunos comentarios sobre esto.

*Respuesta:*

Es así en realidad. En todas las mediciones que nosotros obtuvimos no hay una diferenciación a 10 y a 150 cm que podría ser la esperada, sobre todo en el bosque, ya que la capa vegetal influiría en diferenciar la temperatura. En cambio, en el suelo sí la hay. Pero la humedad del suelo del bosque está condicionada por la presencia de esa capa húmifera que forma el bosque, y ésta puede ser la diferencia.

3. *Sturm:*

Sus valores me parecen muy interesantes. Me gustaría saber si midió también el microclima propiamente dicho. Yo creo que hay que subdividir el ecolima (que son los valores que usted mencionó), y un microclima (que en mi opinión es un clima que afecta directamente a la vegetación o a los animales). Por ejemplo, se puede imaginar que las formas rosetales que almacenan agua no tienen temperaturas tan bajas como surgieron a 10 cm encima de la superficie del suelo. Eso ocurre en las *Espeletias*, en *Paepalanthus* con alguna seguridad y también en las gramíneas. Estas tienen también durante los períodos de sequía un contenido de agua bastante mayor que el suelo en las primeras capas.

*Respuesta:*

En este trabajo nosotros no medimos el microclima directamente, porque carecíamos del equipo necesario. Eso se está haciendo en estos momentos, pero en otra área. Creo que la Dra. Monasterio hablará sobre esto. Tenemos datos, muy aislados, que muestran que la temperatura en las yemas de las *Espeletias* es mucho más alta que en la parte de hojas secas que cubre el tallo, pero son mediciones muy aisladas.

*Sturm:*

Lo mismo pasa con los datos que tenemos nosotros para los páramos de Bogotá. No se pueden generalizar todavía, y por eso me interesaba. Gracias.

4. *Medina:*

Al respecto yo podría agregar que nosotros medimos el curso diario de la temperatura foliar de *Echeverría colombiana* (una planta suculenta fijadora de CO<sub>2</sub> de noche) en el páramo de Mucubají, durante la época de sequía y durante la época de lluvia. Durante la época de sequía, la temperatura foliar (como 2 mm debajo de la superficie foliar), alcanza casi los 0°C, a pesar de que la temperatura cercana a la superficie del suelo está cerca de -5°C. Nosotros incluso utilizamos estos datos para explicar la inducción de descarboxilasa fosfoenolpiruvica para que estimule la fijación nocturna de CO<sub>2</sub> durante la época de sequía. Sin embargo, hay otros problemas asociados como los de fotoperíodo. Ese es uno de los aspectos sobre el cual quería hacer un pequeño comentario. Al comparar la temperatura del suelo de un bosque con el de la morrena, obviamente vamos a obtener diferencias debido al grado de insolación, no solamente el efecto de exposición, sino también a la cantidad de irradiación solar que llegue a la superficie del suelo mismo. Está demostrado en zonas de menor altura que los suelos que están caracterizados por la presencia de grandes bloques, donde hay masas de aire que se pueden acumular dentro de esos grandes bloques, tienden a tener una temperatura más estable si se toman los mismos grados de exposición de los diferentes suelos que se comparen. En este sentido, la posición de los bosques es un factor importante que debería tomarse en el caso de *Polylepis* por cuanto precisamente esa localización en laderas empinadas facilita la circulación a través de los bloques. Es decir, una vez que se ha instalado el bosque podemos tener temperaturas más bajas que en la morrena, en promedio, pero más estables durante el año. Si se hacen las pruebas de crecimiento de *Polylepis* se puede obtener información directa sobre los óptimos y mínimos de crecimiento de la planta.

*Respuesta:*

Sí, estoy de acuerdo con usted que faltan muchas medidas sobre todo de tipo ecofisiológico.

5. *Vuilleumier:*

No es una pregunta, sino un comentario. Como ustedes saben, los bosques de *Polylepis* se encuentran no solamente en los Andes septentrionales de Venezuela, Colombia y Ecuador, sino también hasta Chile, Argentina y Bolivia. En muchos de los sitios que visité (en Bolivia, en particular), me pareció que los bosques

de *Polylepis* crecen siempre en sitios pedregosos, pero en sitios muy diversos, sin haber perdido ningún factor de los sitios parameros. Creo que los bosques de la puna tienen algo ecofisiológicamente distinto que yo no puedo determinar, algo que fisiológicamente debe ser muy distinto, y sería sumamente interesante estudiar esto.

#### 6. Cuatrecasas:

Basado en mi experiencia, puedo decir que me parece que los bosques de *Polylepis* se encuentran también en lugares extensos, regulares, más o menos pedregosos. Es decir, que aunque los encontramos especialmente en quebradas estas no son la única estación donde suelen habitar. A mí me parece que el llamado bosque de *Polylepis* que ustedes han comparado está en una región de quebradas; algunas de éstas son muy rocosas, con grandes peñas y no hay solamente *Polylepis*, hay también otros árboles. No sé si en el lugar que estudiaron ustedes habrían otros árboles.

#### Respuesta:

Dominan los *Polylepis*, pero existen otras especies de árboles, como por ejemplo *Gynoxys*.

#### Cuatrecasas:

Eso coincide perfectamente. Todos estos árboles que pasan más arriba del nivel de bosques regulares, generalmente lo hacen en esas quebradas abruptas, a la merced del calor que mantienen los murallones de rocas y el efecto del aire que se retiene, tal como lo explicó el Dr. Medina. Además, las rocas también absor-

ben y retienen directamente el calor solar, así como entre ellas se mantiene el agua o humedad del suelo.

#### 7. Hastenrath:

Me interesa saber si han tratado alguna vez de estudiar el balance de calor de una planta; es decir, no la situación hipotética de superficies horizontales, sino más bien considerando una planta tal como es, tomando en cuenta las superficies laterales. Me parece que esto es lo que se necesita para aprender algo acerca de la fisioecología. Por ejemplo, el balance del calor de mi cuerpo, parado como estoy, tiene muy poco que ver con el balance de calor de una superficie horizontal.

Quisiera preguntar si han tratado de hacer algo por este estilo.

#### Respuesta:

No, hasta este momento no lo hemos hecho, pero creo que sí se hará en el futuro.

#### 8. van der Hammen:

Un comentario muy corto sobre *Polylepis*. Hay varios sitios en la Cordillera Oriental donde hay una zona de *Polylepis* en la parte baja, mezclado con *Weinmannia*, que puede subir hasta la zona entre 3.500-3.900 m y que aparece como la zona más alta de la vegetación boscosa. Esta podría ser una situación natural común quizás también en el pasado, en la última glaciación, ya que hemos encontrado valores sumamente altos en una zona. Podría ser que los bosques aislados de *Polylepis* a mayor altura tienen condiciones algo diferentes, en situaciones ecológicamente más favorables para ellos.