

Citar como:

Monasterio, M., Reyes, S. 1980. Diversidad ambiental y variación de la vegetación en los páramos de los Andes Venezolanos. En: M. Monasterio (Ed): Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos, Editorial de la Universidad de Los Andes, Mérida, pp. 47-91.

# DIVERSIDAD AMBIENTAL Y VARIACION DE LA VEGETACION EN LOS PARAMOS DE LOS ANDES VENEZOLANOS

MAXIMINA MONASTERIO y SILVINO REYES

Facultad de Ciencias  
Universidad de Los Andes  
Mérida, Venezuela

## Análisis Regional del Ambiente del Páramo

La Cordillera Oriental de los Andes en territorio Colombiano a 7° 30' de latitud Norte se divide en dos ramas principales: una que va al Norte y otra que se dirige al NE. En el ángulo que ambas forman nace el río Zulia que desagua en el Lago de Maracaibo. El punto de bifurcación de estas ramas se denomina Nudo de Pamplona; la rama que se dirige al N constituye la Sierra de Perijá, límite internacional entre Colombia y Venezuela. En territorio Venezolano la Sierra de Perijá se extiende entre los 9° 0' y 11° 10' de latitud Norte y 72° 10' a 72° 30' de longitud Oeste, alcanzando alturas hasta de 3.750 m.

La rama que desde el Nudo de Pamplona se dirige hacia el NE (Figura 1) penetra casi inmediatamente en territorio de Venezuela, Páramo de Tamá (3.613 m) y desde este punto siguiendo en la misma dirección NE se extiende a lo largo de 450 Km hasta la depresión de Lara, abarcando desde los 7° 30' hasta 10° 10' N y las longitudes de 69° 20' y 70° 50' Oeste. El ramal NE desde el Páramo de Tamá hasta la depresión Larense es lo que se llama comúnmente Sistema Andino Venezolano, sin embargo debemos recalcar la pertenencia de la Sierra de Perijá a Los Andes y señalar la existencia de páramos

en ambos ramales Andinos. Pertenece a Jahn (1912) un exhaustivo análisis orográfico del Ramal Andino principal.

Los Páramos en Venezuela abarcan una distribución latitudinal desde 7° 30', Páramo de Tamá ramal NE, hasta aproximadamente los 11° de Latitud Norte, Sierra de Perijá ramal Norte. La mayor superficie de páramos se encuentra en el ramal NE, distribuidos en los Estados Andinos: Táchira, Mérida y Trujillo, pero pequeñas extensiones de páramo se encuentran en Barinas, Portuguesa y Lara. Por último los páramos de la Sierra de Perijá pertenecen a la Región Zulia. Esta distribución en varias Regiones (Figura 1), implica una correlación con una gran variabilidad ambiental. Los páramos situados en las vertientes con influencia llanera, lacustre o de la depresión seca Larense están influenciados por los patrones climáticos de esas regiones ecológicas. Existen en Venezuela otros sistemas montañosos, Cordillera del Caribe, etc., pero sus cumbres están por debajo o en el límite inferior de la cota a partir de la cual las Formaciones de Páramo aparecen, sin embargo en las serranías más altas de la Cordillera del Caribe pueden aparecer formaciones de pre-páramo.

Los páramos en los Andes Venezolanos se sitúan en general por arriba de los 3.000 m de altitud, sin embargo localmente en las vertientes

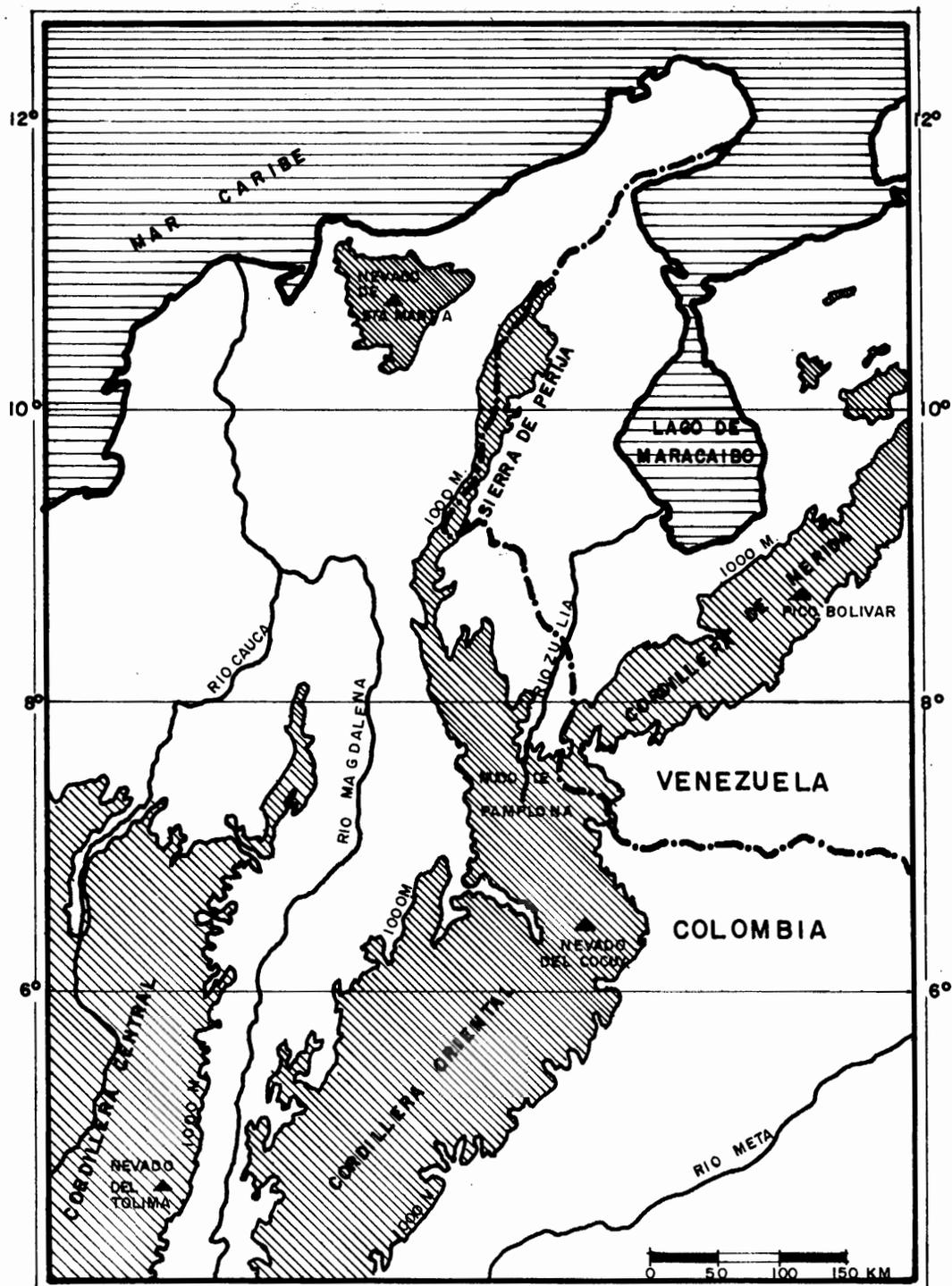


FIGURA 1: Andes de Venezuela y Colombia mostrando del Nudo de Pamplona donde se bifurca la Cordillera Oriental: dando origen a la Cordillera de Mérida, que se extiende por territorio venezolano y la Sierra de Perijá que delimita una porción de la frontera entre ambos países. Se ha marcado la cota de 1.000 m como límite aproximado de las Cordilleras.

más secas pueden aparecer a 2.800 m y en las más húmedas por arriba de los 3.400 m. Su límite altitudinal superior a 4.800 m está dado por la Formación Desierto Periglacial (Monasterio, 1980a), vegetación que se interdigita con los remanentes de los glaciares. Existen por lo tanto páramos en un gradiente altitudinal que abarca 2.000 m, entre los 2.800 y los 4.800 m.

Latitud, longitud y altitud constituyen las principales variables que afectan fundamentalmente el clima y que delimitan el espacio geográfico-ecológico de los páramos en Venezuela (Figura 1). Sobre esta área tridimensionalmente demarcada debemos superponer los patrones y la distribución de otra serie de variables de segundo orden o elementos climáticos de significado ecológico para la alta montaña tropical, tales como: precipitación (lluvia y nieve), temperatura, heladas, termoperiodismo, radiación, insolación, nubosidad, fotoperiodismo, exposición etc. El análisis conjunto de tales variables nos permitirá tener una comprensión más cabal de la diversidad de habitats presente en la Región Paramera.

En el presente trabajo nos proponemos realizar un análisis a pequeña escala de la diversidad ambiental presente en el área de los páramos de Venezuela, análisis más detallados se presentan en los capítulos 8 y 9 de este libro, los cuales tratan el macroclima y mesoclima de una localidad precisa, el Páramo de Mucubají. Para el análisis a escala regional del páramo hemos utilizado la información ambiental disponible (MOP, MAC, INOS, Fuerzas Aéreas) y donde había lagunas informativas importantes se procedió a la toma de datos mediante la instalación de estaciones de registros permanentes a lo largo de varios años. Se obtuvo información principalmente sobre la marcha de la temperatura del aire, humedad relativa, régimen de heladas y nevadas; datos más fragmentarios se obtuvieron sobre temperatura del suelo, insolación y radiación.

La información recopilada y la toma de datos adicionales no constituyen sin embargo un muestreo completo que nos permita conocer exhaustivamente la diversidad ambiental en los páramos

de Venezuela, de algunas variables poseemos actualmente información suficiente, de otras los conocimientos son más fragmentarios, de algunas sólo tenemos datos puntuales. Sin embargo al comparar esta información de base con la disponible en otras regiones de Páramo Andino (en Colombia, Ecuador, Perú) o en la Región Afroalpina, el balance de nuestros conocimientos no es tan desfavorable para la Región Paramera de Venezuela.

Debemos aclarar que en este trabajo no nos proponemos el análisis de las causas que condicionan la marcha de las variables ambientales, ni interpretar la génesis de los climas de la alta montaña tropical. Nuestro enfoque consiste en mostrar la diversidad y el comportamiento de las variables ambientales básicas, su encadenamiento a lo largo de gradientes y ciclos, su expresión sintética que nos permita detectar la diversidad de ecologías que condicionan, expresadas a la escala de este análisis y del muestreo correspondiente que lo sustenta. Esta visión funcional del ambiente pretende mostrar los patrones de distribución de las variables individuales, o de varias de ellas agrupadas en expresión sintética, en el espacio; a lo largo de gradientes verticales determinados principalmente por la altitud y de variaciones horizontales en función de la latitud y longitud que enmarcan la Región Paramera en estudio y la ponen en contacto con otras regiones climáticas circundantes de las que recibe influencia.

Este análisis también pretende mostrar la marcha de las variables ambientales distribuidas en el tiempo, condicionando ciclos, que en situaciones tropicales, casi ecuatoriales, son fundamentalmente diarios: termoperiodismo, fotoperiodismo etc.; estos hechos fueron señalados en forma precursora por Carl Troll (1943, 1968). Por otra parte en determinados páramos existen ciclos anuales principalmente en función de la marcha estacional de la precipitación, lo que trae acoplado como veremos un comportamiento estacional de otras variables ambientales.

Es nuestro propósito, cuando sea posible a esta pequeña escala de trabajo, distinguir entre variables ambientales y factores ecológicos; o

sea la influencia real de los procesos ambientales sobre la estructuración del habitat en las poblaciones de la alta montaña tropical, en este caso particular. Factores ecológicos relevantes en este ambiente son las bajas y altas temperaturas que se presentan como impulsos a lo largo de los sucesivos ciclos de oscilación térmica diaria. Las heladas, su frecuencia y repartición a lo largo del año; las variaciones pequeñas pero "sensibles" a nivel poblacional del fotoperiodismo. Las oscilaciones en el balance hídrico a lo largo del tiempo, anuales o polianuales en algunos páramos que se caracterizan como páramos estacionales en contraposición con la "constancia" de otras localidades parameras. Las fluctuaciones cíclicas de la insolación-radiación, etc. Estos impulsos ambientales actúan como conjuntos de factores agrupados y distribuidos diferencialmente en el espacio ecológico multidimensional de la Región Paramera, modelando una diversidad de habitats en los altos Andes.

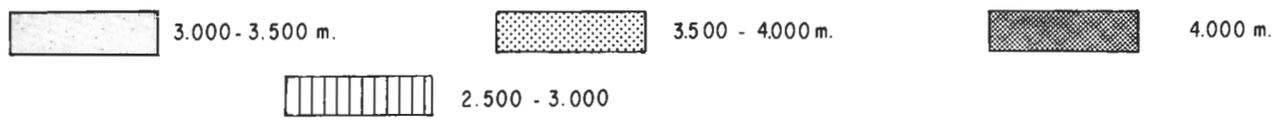
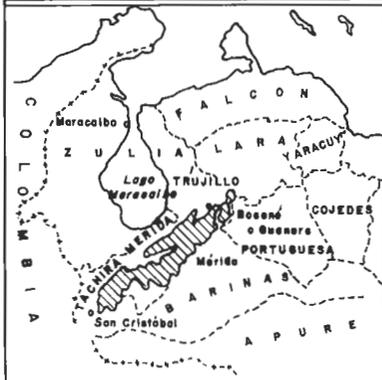
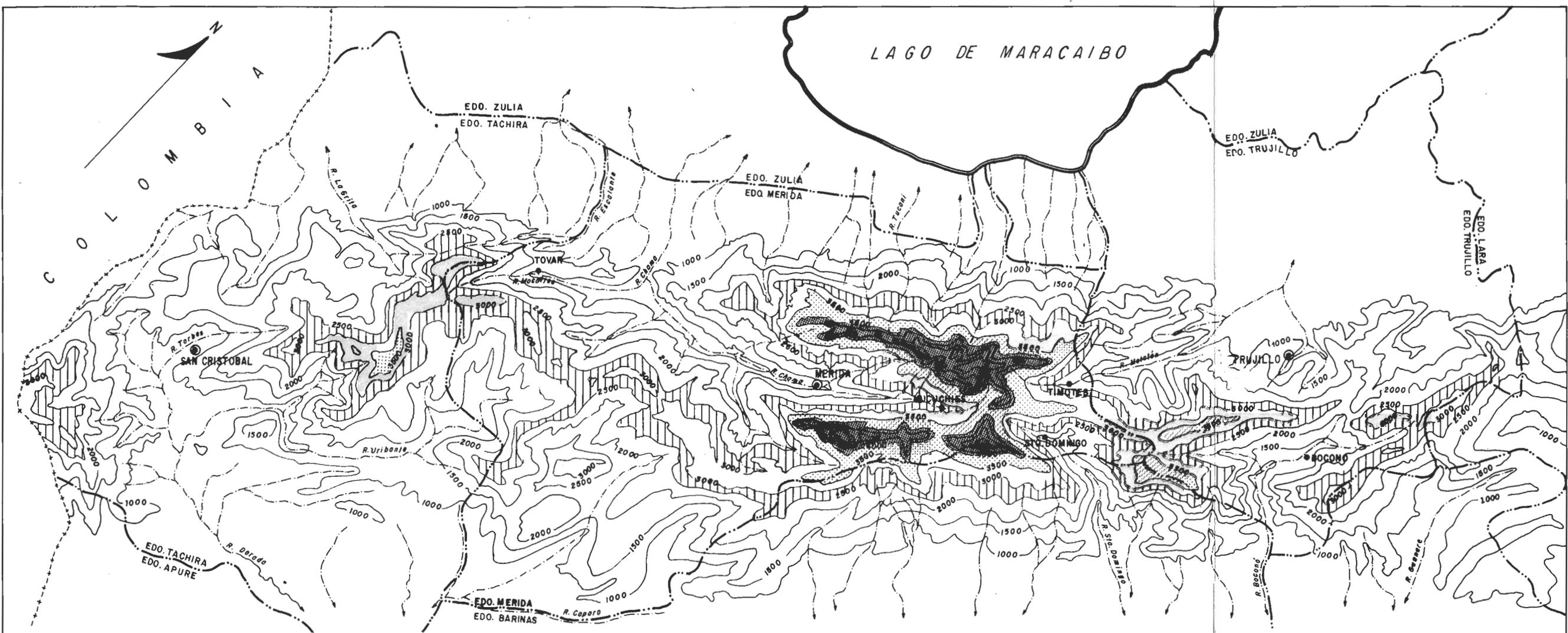
## **PATRONES DE DISTRIBUCION HORIZONTAL Y VERTICAL DE LOS PARAMOS EN VENEZUELA**

### **Principales núcleos de páramos. Insularidad. Complementaridad de los recursos ecológicos**

Los ambientes de páramo y sus correspondientes formaciones vegetales se encuentran en el área de estudio por arriba de los 3.000 m. Sin embargo este límite inferior puede presentar localmente oscilaciones, encontrándose en ciertas áreas páramos a niveles altitudinales más bajos 2.800-2.900 m, en otras la selva nublada sube hasta los 3.400 m. La Figura 2 es un mapa topográfico del principal ramal andino en Venezuela (Ramal NE); se observa que al nivel de la cota de 3.000 m no existe una continuidad en este ramal andino. Las áreas por arriba de los 3.000 m se encuentran fragmentadas con el siguiente patrón de distribución: un gran núcleo central continuo a 3.000 m, que engloba a las principales sierras de este subconjunto andino (Sierra Nevada de Mérida, Sierra de Santo Domingo, Sierra de La Culata y Trujillo). Luego la cota de 3.000 m se encuentra fragmentada constituyendo una serie de "islas" localizadas

a ambos lados de este núcleo central. El primer islote en la porción SO del mapa lo constituye el Páramo de Tamá, que si bien es el páramo de mayor distancia a las otras áreas de páramo en Venezuela no constituye una isla en sí, ya que se encuentra conectado con el ramal oriental de los Andes Colombianos, presentando grandes afinidades con los páramos de los Andes Orientales de Colombia.

El Páramo de Tamá tiene alturas superiores a los 3.000 m, estas mayores elevaciones son discontinuas, formando picos (Pico El Judío 3.372 m, Pico El Cobre 3.613 m) y es por ello que no aparecen mapeados como cotas superiores a los 3.000 m. La depresión del Táchira es un hiatus de relativa importancia, que en algunas partes alcanza hasta 60 Km de ancho, siendo el paso más bajo que presenta este ramal andino, bajando hasta 963 m al Oeste de Rubio. Remontando esta depresión se encuentran varios islotes altimontanos en la cota de 3.000 m que corresponden a los Páramos del Zumbador, Almorzadero, Batallón, La Negra, El Molino, Don Pedro, etc. (Figura 2). La particularidad de estos islotes discontinuos por arriba de los 3.000 m es la de estar conectados entre sí por pasos de 2.500 m, a diferencia del Páramo de Tamá cuya conexión con el resto de los islotes de páramos se encuentra por debajo de los 1.000 m de altitud. La continuidad de los islotes de páramos por la cota de 2.500 m puede haber sido de fundamental importancia para contactos durante fases más frías en el Pleistoceno. El núcleo central de páramos está enmareado por una continuidad total en la cota de 3.000 m. Por último en el extremo Norte, tramo final de este ramal andino se encuentran cuatro islas por arriba de los 3.000 m que corresponden a los Páramos de Cendé, Jabón, Las Rosas, del Guache, etc. Islotes que limitan con la depresión de Lara. Estas cuatro pequeñas islas se encuentran conectadas entre sí por la cota de 2.500 m pero separadas del núcleo central de páramos por pasos de 1.000 y 2.000 m. Los islotes en esta área limítrofe con la depresión Larense tienen alturas que sobrepasan los 3.500 m, discontinuas o en forma de picos (Pico del Páramo de Cendé 3.517 m; Páramo del Jabón 3.503 m etc.).



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE CIENCIAS

# MAPA TOPOGRAFICO DE LOS ANDES VENEZOLANOS

FIGURA 2

ELABORADO EN EL DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA DEL INSTITUTO DE GEOGRAFIA Y CONSERVACION DE RECURSOS NATURALES  
FUENTE Y COMPILACION: I. G. C. R. N. FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES. U. L. A.-



FIGURA 3. En la foto puede observarse que en la franja comprendida entre 3.000 a 3.500 m coexisten en ecotonos abruptos Formaciones Selváticas y Parameras. (Páramo de San José, Edo. Mérida, foto M. Fariñas).

Podemos considerar que la franja comprendida entre 3.000 y 3.500 m, si bien es una zona donde se presentan frecuentemente páramos, no es una franja altitudinal exclusivamente de páramos. Otros tipos de ambientes y de formaciones vegetales coexisten en ella, a veces ocupándola totalmente como es el caso en ciertas vertientes más húmedas donde la selva nublada sube hasta los 3.400 m. En otras áreas puede haber en esta franja una distribución en manchones (Figura 3) encontrándose lado a lado formaciones selváticas y formaciones parameras; las primeras alcanzan su máximo o avanzada altitudinal subiendo por las quebradas e interdigitándose con la vegetación de páramo.

Constituye por lo tanto una franja heterogénea en su habitats y tipos de vegetación, presentando este nivel altitudinal un uso de la tierra múltiple y complementario en la obtención de recursos. Dentro de las franjas de alta montaña en Venezuela es la que ha tenido más

asentamientos humanos pre y post-coloniales. El uso de la tierra está volcado fundamentalmente hacia la agricultura y en segundo término la ganadería. Siendo la horticultura, las papas y los cereales templados los productos de mejor rendimiento por las características ecológicas del área. El uso intensivo y continuado para el cultivo de cereales de las parcelas situadas en pendientes ha producido daños agroecológicos considerables como ha sido documentado para la parte alta del Chama por Castillo (1953). La utilización intensiva de la tierra en esta franja ha sustituido en gran medida la vegetación natural, sobre todo en las áreas de mayor accesibilidad.

Si seguimos observando la Figura 2 vemos que la franja comprendida entre 3.500 y 4.000 m es continua dentro del núcleo central de páramos. En esta franja las formaciones vegetales de páramo ocupan todo su rango, es la primera franja en la secuencia altitudinal cuyos habitats

y vegetación sean esencialmente parameros en toda su superficie. Sin embargo y aunque presentan una continuidad en el área central, diversas formaciones vegetales parameras coexisten asociadas a la diversidad de sus habitats. El uso de la tierra y la densidad de asentamientos humanos son muy escasos. La economía es principalmente de ganadería muy extensiva, ya que a partir de los 3.500 m, el éxito de la agricultura es cada vez más aleatorio por la presencia de heladas repetitivas. Las parcelas cultivadas que alcanzan mayor altitud se encuentran en las laderas de los valles, más protegidas que las terrazas del impacto de las heladas. Sin embargo es frecuente en esta franja la utilización de la tierra en años más atemperados, pero la pérdida de las cosechas en años extremadamente fríos hace abandonar periódicamente las parcelas. Esta franja tiene una economía complementaria y dependiente en la obtención de recursos con la franja infrayacente ya analizada. Debemos indicar otros pequeños islotes de páramos en esta franja, discontinuos con los del núcleo central, que corresponden al Páramo de Batallón (Figura 2).

Por arriba de los 4.000 m existen tres grandes islas restringidas al núcleo central de páramos. La más extensa se encuentra en la Sierra de La Culata, siguiéndole en tamaño el islote de la Sierra Nevada de Mérida y por último el de la Sierra de Santo Domingo. Esta fragmentación de los páramos altandinos contribuye a acentuar las diferencias provocadas por el carácter específico de sus condiciones ambientales, derivadas tanto de paleoclimas diferenciales (Schubert, 1976) como de rasgos climáticos actuales propios, hechos que discutiremos en el transcurso de este trabajo.

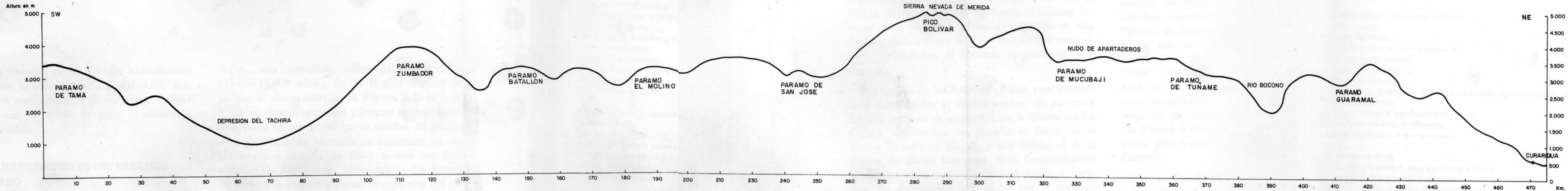
La Sierra Nevada de Mérida es la que presenta mayores alturas, sobrepasando los 5.000 m en el Pico Bolívar. Es la única Sierra en Venezuela que conserva glaciares en sus cumbres. La Sierra de La Culata sobrepasa los 4.500 m en numerosos picos y algunas crestas: Pan de Azúcar 4.620 m, Pico Caracoles 4.736 m, Picacho Piedras Blancas 4.762 m, etc. La Sierra de Santo Domingo tiene cumbres continuas de gran elevación, donde sobresalen los picos de Mucu-

chachí (4.500 m), Mifés (4.630) y Mucuñaque (4.672 m). Si bien en estas altas cumbres no se encuentran actualmente glaciares, su retirada fue hace pocos años (Jahn, 1925-1931), y en las épocas de nevadas la nieve puede ser retenida en estas cumbres por períodos de más de 30 días. La antigua denominación de Sierra Nevada de Santo Domingo todavía es utilizada popularmente, llamándose a sus picos "nevados".

La Figura 4 representa una sección longitudinal del principal ramal Andino (NE) actualmente llamado Cordillera de Mérida. Este perfil, orientado de Norte a Sur a lo largo de 500 Km, abarca desde la depresión Larense hasta el Páramo de Tamá en la frontera Colombo-Venezolana. Se ha representado la vertiente Sur de la Cordillera de Mérida pues constituye el área más continua de páramo de este ramal andino. Este corte esquemático complementa la información del mapa topográfico de la Figura 2, viéndose claramente aquí la separación entre el Páramo de Tamá y el resto del eje Cordillerano, hiatus que se establece por la depresión del Táchira. Se puede observar que las distintas "islas" (áreas por arriba de 3.000, 3.500 y 4.000 m) se conectan por pasos muy altos. Este corte longitudinal se ha realizado siguiendo la longitud de mayor interconexión cordillerana. La Figura 5 evidencia todavía más los elevados pasos que interconectan las sierras del Núcleo Central.

Por arriba de los 4.000 m el uso de la tierra se restringe al pastoreo extensivo de equinos y vacunos en tierras de propiedad comunitaria o antiguos Ejidos, sobre todo el pastoreo es más productivo en las vegas de los altos valles glaciales. La agricultura es totalmente imposible por las heladas recurrentes. El espacio altandino en Venezuela está prácticamente despoblado en lo que respecta a asentamientos humanos permanentes; los escasos habitantes de esta área trabajan en actividades turísticas, mantenimiento de silos para almacenamiento de papas, control de estaciones climáticas o de microondas, etc. Esta franja altitudinal constituye para los habitantes de las tierras altas en Venezuela un piso para actividades complementarias, especialmente ganaderas, encontrándose los pueblos, caseríos

VERTIENTE SUR DE LA CORDILLERA DE MERIDA FIGURA 4  
CORTE LONGITUDINAL



ESCALA H. 1/500.000  
ESCALA V. 1/50.000

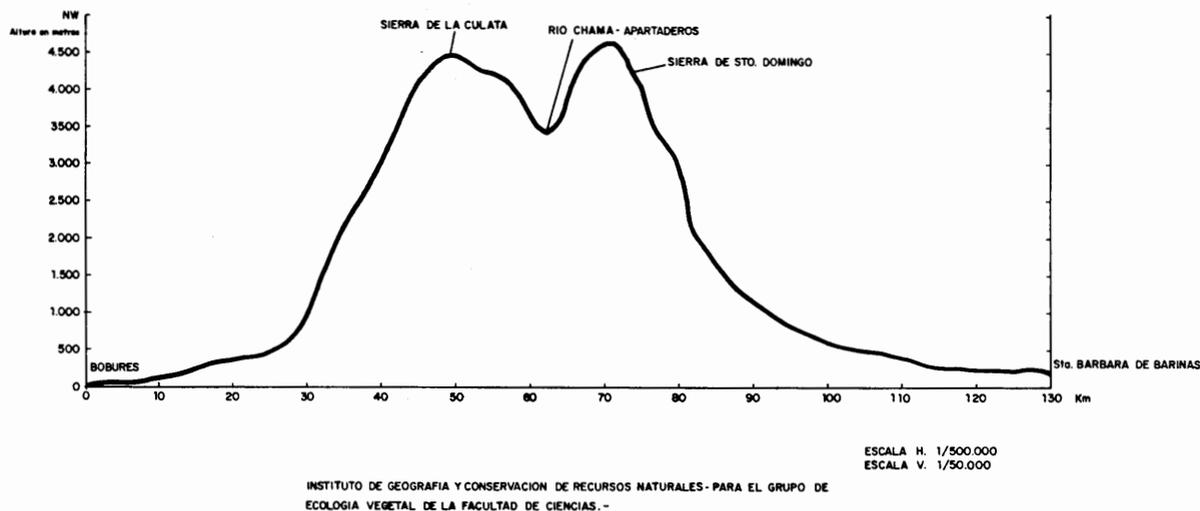


FIGURA 5: Corte transversal de la Cordillera de Mérida, donde se observa que el Núcleo Central de Páramos, conjunto cordillerano elevado, compacto y macizo, se encuentra conectado entre sí por pasos muy altos (en este perfil a 3.500 m).

o viviendas aisladas en las franjas altitudinales más bajas de la alta montaña (2.800-3.500 m), los pequeños asentamientos de carácter familiar no sobrepasan los 3.800 m para la ubicación de sus viviendas.

### PROBABLE DISTRIBUCION DE LOS PARAMOS EN EL PASADO

No vamos a analizar aquí los trabajos ampliamente divulgados de Van der Hammen (1974), Salgado Labouriau (1977) y Livingstone (1967) sobre las oscilaciones climáticas ocurridas durante el Pleistoceno y Holoceno que impulsaron los desplazamientos verticales de las formaciones vegetales en las regiones de la alta montaña tropical. Y como señala Livingstone (1979) hay que enfocar también los desplazamientos verticales de determinadas especies aisladas en particular. Schubert (1980) en este mismo volumen presenta evidencias de que la zona periglacial en los Andes Venezolanos pudo haber descendido durante el máximo avance glacial del Pleistoceno tardío hasta los 2.500 m. Esto nos

indica una conexión relativamente reciente (10.000-13.000 años) de la Región Paramera; ya que si observamos en la Figura 2 la cota de 2.500 m, vemos como los páramos en esa época estuvieron en su mayor parte unidos. El núcleo central actual de páramos se conectaba en ese período por la cota de 2.500 m con las islas actuales de Zumbador, Almorzadero, La Negra, Batallón. Un pequeño hiatus lo separaba del extremo Norte de los páramos islas actuales de Cendé, Jabón, Las Rosas, El Guache. Sin embargo ese hiatus se interconectaba por un paso a 2.000 m de altitud (Figura 2). El mayor aislamiento existía, como en el presente, con respecto a los páramos de Tamá y por supuesto a los páramos de la Cordillera de Perijá en el ramal Norte de los Andes Venezolanos.

Interconexiones pasadas versus aislamiento en el pasado, interconexiones versus aislamiento geográfico presente son parámetros espaciales y temporales de relativa importancia, superpuestos a ellos la diversidad y el aislamiento ecológico en una determinada área contribuyen a la gran variabilidad dentro de la Región Paramera.

## ANÁLISIS DE DOS VARIABLES CLIMÁTICAS BÁSICAS: PRECIPITACION Y TEMPERATURA

### Límites termohídricos que enmarcan a la Región Paramera

La Región de los Páramos de Venezuela, que hemos previamente demarcado por sus coordenadas geográficas y sus rangos de ocupación altitudinal, la delimitaremos ahora por dos variables climáticas básicas: precipitación y temperatura.

Las Tablas 1 y 2 contienen información con respecto a patrones de distribución de la precipitación, precipitación media anual y temperatura media anual de una serie de localidades de páramo, indicándose asimismo la cuenca hidrográfica a la que pertenece cada localidad. En estas tablas hemos incluido asimismo algunas localidades que se encuentran en la franja inferior de los páramos, en su ecotono, que presentan otros tipos de vegetación y ambientes: Selvas Nubladas, Selvas Siempreverdes Secas o Matorrales, con el objeto de visualizar mejor las variaciones ambientales en gradientes altitudinales.

TABLA 1. LOCALIDADES PARAMERAS Y SUBPARAMERAS CON REGIMEN BIMODAL.

Localidad	Altitud (m)	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)	Cuenca hidrográfica
La Montaña	2.442	12.9	2.280	Chama
La Aguada	3.452	7.1	1.811	Chama
Valle Grande	2.560	13.6	1.655	Chama
Páramo La Culata	3.027	10.0	1.170	Chama
Pueblo Nuevo	1.510	18.8	621	Chama
El Molino	2.750	14.4	1.129	Uribante
Páramo La Negra	3.050	9.3	1.144	Uribante
Guárico	1.801	19.6	995	Tocuyo
Agua de Obispo	2.300	16.3	951	Tocuyo
Cendé	3.000	13.8	656	Tocuyo
La Cristalina	2.600	13.2	974	Motatán
Villa Mercedes	2.500	15.5	513	Motatán

TABLA 2. LOCALIDADES PARAMERAS Y SUBPARAMERAS CON REGIMEN UNIMODAL

Localidad	Altitud (m)	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)	Cuenca Hidrográfica
Santo Domingo	2.155	16.1	1.359	Santo Domingo
Los Plantíos	2.878	7.9	1.003	Santo Domingo
Mucubají	3.550	5.4	968	Santo Domingo
Granja de Mucuchíes	2.870	11.3	688	Chama
San Rafael de Mucuchíes	3.156	10.6	630	Chama
Páramo de Mucuchíes	3.870	3.8	837	Chama
Pico del Aguila	4.118	2.8	798	Chama
Loma Redonda	4.045	3.0	1.553	Chama
Pico Espejo	4.765	-0.3	1.173	Chama
Niquitao	1.900	18.4	1.055	Boconó
Mesitas	2.200	17.0	840	Boconó

Andressen et al. (1973) en su mapa de isothermas medias y cotas de nivel de las cuencas de los Ríos Chama y Capazón (Núcleo Central de los Andes en Venezuela) señalan la siguiente correspondencia entre niveles altitudinales y temperatura media anual:

2.600 m	—————	12°C
3.000 m	—————	10°C
3.400 m	—————	7°C
3.800 m	—————	5°C
4.200 m	—————	3°C
4.670 m	—————	0°C

Si bien como señalan estos autores este mapa tiene carácter tentativo, resulta de utilidad y su validez o desajustes pueden comprobarse con localidades situadas a esas alturas para las cuales se poseen registros de temperatura.

Si con este criterio analizamos las localidades de páramo situadas en su límite inferior vemos que poseen temperaturas medias anuales en el entorno de los 10°C (Tablas 1 y 2). En Venezuela la estación climatológica situada a mayor altitud es Pico Espejo 4.765 m, con una temperatura media anual de  $-0,4^{\circ}\text{C}$ . A esta altitud se encuentra el límite superior de la vegetación paramera en ecotono con los glaciares, la Formación Desierto Periglacial, analizada en Monasterio (1980a). Por lo tanto en Venezuela las formaciones de páramo se disponen a lo largo de un gradiente térmico desde 10°C a  $-0,4^{\circ}\text{C}$  de temperatura media anual. Estos límites están basados en datos reales tomados de la relativamente escasa información sobre temperatura existente en las localidades de páramo.

Con respecto a la precipitación existe en Venezuela un amplio rango hídrico entre los sitios de páramo, que va desde 650 mm en el extremo seco a 1.800 mm en el húmedo (Tabla 1), lo que supone una amplitud de variación de 1.150 mm. Estas localidades con valores extremos se encuentran a pocos Km de distancia, perteneciendo ambas a la Cuenca del Río Chama, siendo la localidad más seca San Rafael de Mucuchíes y la más húmeda La Aguada (Tablas 1 y 2).

Una amplia gama de posibilidades ecológicas se presentará por lo tanto en función de los rangos termo-hídricos existentes en la Región Paramera de Venezuela:

$-0,4^{\circ}\text{C}$ a $10^{\circ}\text{C}$	y de 650 a 1.800 mm
de temperatura	de precipitación

### **Distribución espacial de los Patrones hídrico-térmicos presentes en el páramo. Su representación por medio de climadiagramas**

Con los datos que se poseen sobre precipitación y temperatura para diversas localidades de la Región Paramera hemos construido una serie de climadiagramas, tratando en lo posible de que quede representada por ellos la mayor parte del área. Este deseo no siempre es posible pues existen como es sabido lagunas de información climatológica en varias áreas. A veces para analizar tendencias hemos recurrido a la información climatológica de localidades que se encuentran en ecotonos en la franja inferior de los páramos. Otro problema estriba en que la mayor parte de los datos son registros de precipitación faltando frecuentemente la temperatura. Hemos procedido primero a procesar la información de las estaciones donde existen registros de precipitación y temperatura y luego, para áreas con sólo registros de precipitación pero que era importante representar, hemos calculado la temperatura media anual y mensual bien sea por el método de los gradientes medianos de De Fina y Sabella (1960) o por el método del gradiente altotérmico cuando se disponía para una zona precisa de una serie de estaciones a distintas alturas con registros de temperatura.

Los climadiagramas obtenidos son diagramas ombrotérmicos, elaborados por el método de Gaussen (1955), metodología utilizada por varios autores para las condiciones tropicales. En particular con este procedimiento Walter y Medina (1971) realizaron una caracterización climática preliminar de Venezuela, estos autores explican la metodología de Gaussen y las modificaciones introducidas por Walter para la mejor comprensión y expresión del climadiagrama, por lo tanto no entraremos aquí en nuevas explicaciones sobre esta metodología.

Debemos sin embargo puntualizar que el climadiagrama tiene sólo un valor puntual, sintetiza y caracteriza ecológicamente el clima de una localidad. Pero la distribución de una serie de climadiagramas en una Región dada nos permite ver la extensión de los climas homólogos, así como la delimitación de tendencias en los patrones hídrico-térmicos, y la predominancia de ciertos patrones sobre otros según las áreas y los factores o regiones climáticas que los influyen. Esto último es fundamental en un ambiente de alta montaña donde climas contrastantes pueden encontrarse muy próximos en áreas de convergencia de influencias contrapuestas.

La síntesis climática representada en el climadiagrama nos sirve para caracterizar ecológicamente una localidad por informarnos sobre el curso anual de la temperatura y la precipitación. La representación acoplada de estas variables climáticas nos da indicaciones sobre la presencia o ausencia de períodos secos y húmedos a lo largo del año. Para la Alta Montaña Tropical con regímenes casi isotérmicos, las fluctuaciones mensuales de las temperaturas medias aunque de poca amplitud constituyen un ritmo exógeno muy característico, que se relaciona en gran medida con las variaciones estacionales en el aporte hídrico, en forma de precipitación o nieve. Así veremos que en las épocas más secas se presentan los valores más bajos de la temperatura media mensual, lo que está determinado por otros factores climáticos como insolación, radiación solar y nubosidad (Monasterio, 1970).

La simple distribución horizontal en un mapa de la región paramera de los diversos climadiagramas elaborados no nos informa cabalmente sobre las áreas con climas homólogos, sino que debemos combinar la distribución horizontal y vertical en el ordenamiento de los climadiagramas para ver el grado de secuencia y proyección de un determinado patrón climático, por ejemplo a lo largo de las vertientes de un alto valle.

La Figura 6 nos muestra la localización geográfica de los climadiagramas analizados en el área. De su análisis podemos inferir en primer lugar que existen diversos patrones hídrico-

térmicos que diferencian varias tendencias en el clima, pudiendo en un primer paso agruparse los climadiagramas en dos grupos principales: aquéllos que presentan un régimen unimodal y los que tienen un régimen bimodal en el aporte hídrico.

La Cordillera de los Andes en Venezuela se encuentra al SE del Lago de Maracaibo (Figura 6) razón por la cual las laderas orientadas en esa dirección están expuestas al ritmo, frecuencia y cantidad de precipitaciones de esta importante cuenca hidrográfica. Sánchez Carrillo (1965) analiza las causas y algunas de las características climáticas de la zona del Lago. Un estudio comparativo de los climadiagramas de algunas localidades próximas o en la zona climática de influencia de la Región del Lago muestra la marcada distribución tetraestacional de las precipitaciones (climadiagramas de El Molino, Pueblo Nuevo, Páramo de La Culata, Páramo de La Negra, Figura 6).

Los páramos orientados hacia la depresión lacustre están influenciados por esa región climática, caracterizada igualmente como el patrón lacustre por un régimen bimodal (distribución tetraestacional de las precipitaciones) pero la cantidad de precipitaciones es de menor cuantía, debido a la influencia de la región climática semiárida de Lara-Falcón. Un ejemplo de esto lo constituye la localidad de Cendé (Figura 6).

En contraposición las vertientes y valles expuestos al SE u orientadas hacia los Llanos Occidentales, presentan una distribución de las precipitaciones marcadamente biestacional (régimen unimodal), semejante en ritmo con el patrón llanero. Pico Espejo, Mucubají, Las Mesitas, Niquitao (Figura 6).

#### **REGIMEN BIMODAL. PATRON LACUSTRE**

El patrón lacustre está caracterizado por una distribución estacional de la precipitación, en relación con un ciclo anual, que presenta dos máximos y dos mínimos. El porcentaje mayor del total anual está concentrado en dos picos y entre ellas hay dos períodos con precipitaciones menores. El número de meses que ocupa cada uno

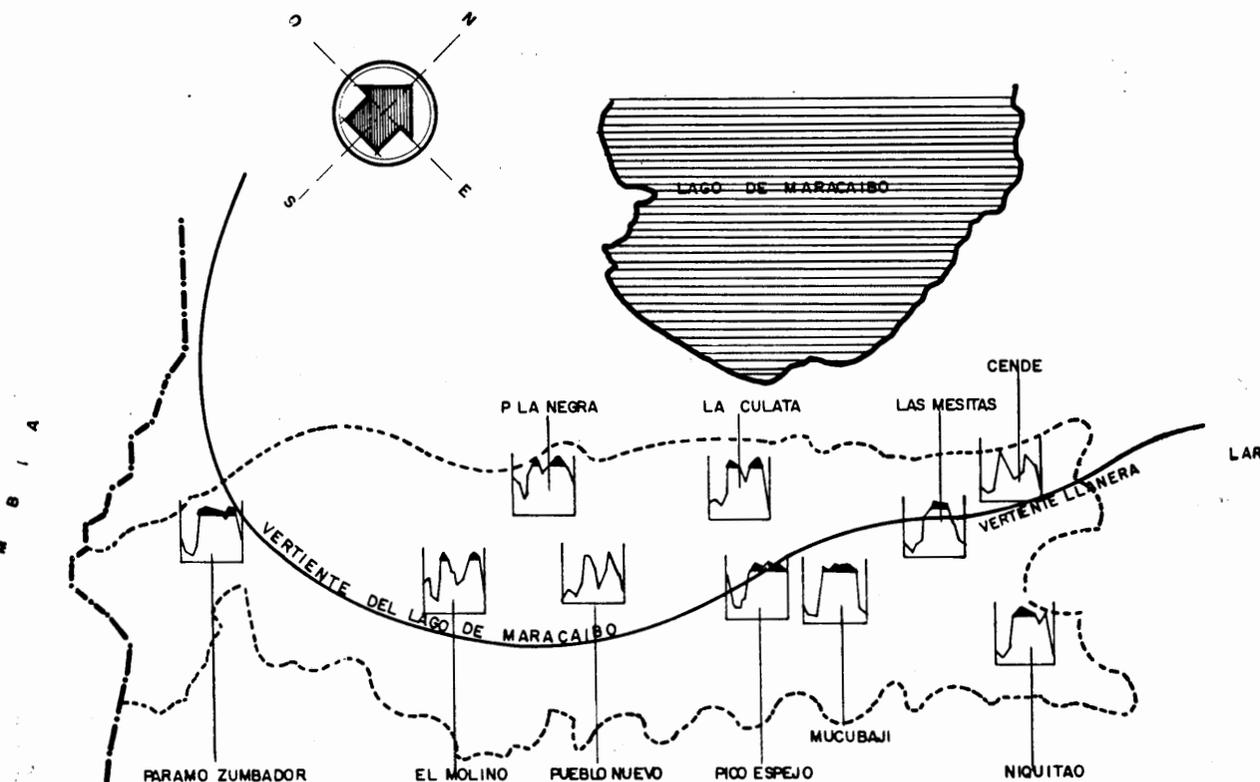


FIGURA 6: Mapa esquemático que muestra la localización geográfica, en la Cordillera de Mérida, de algunos climadiagramas representativos de los diversos patrones hídricos presentes en el área, influenciados por el clima lacustre, llanero o de la depresión larense.

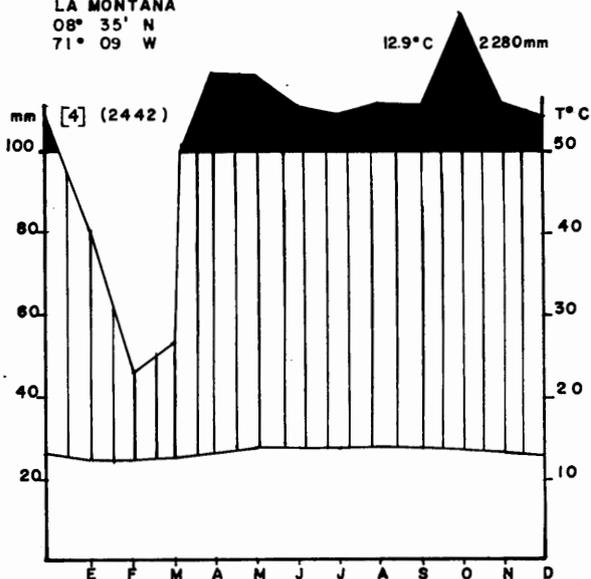
de estos períodos pueden variar localmente, como veremos más adelante. Dentro de este conjunto se integran localidades de páramo con ecologías contrastantes, con un rango hídrico de 1.157 mm, cuyos extremos son los Páramos de Cendé (654 mm) y La Aguada (1.811 mm) (Figuras 7b y 20). Por lo tanto los mínimos de precipitación pueden representar tanto verdaderas épocas críticas en el balance hídrico como períodos ecológicamente húmedos.

En todas las localidades de régimen bimodal se presenta un patrón semejante en la marcha de las precipitaciones, la primera inflexión o primer mínimo ocurre al principio del año entre febrero y marzo, según las localidades los valores de este mínimo oscilan entre 17-50 mm (Cendé-

La Aguada). Este primer mínimo constituye la época de menores aportes hídricos en el año. El número de meses con bajas precipitaciones es también variable 1, 2, 3 y en casos extremos 4 como en Cendé. Este pico de inflexión no es sin embargo ecológicamente significativo en la mayoría de las localidades, como puede verse en los climadiagramas de las Figuras 7b y 8 la pendiente de la curva de precipitación es muy abrupta, los mínimos están rodeados por ambos lados por aportes hídricos sustanciales. Solamente las localidades de Cendé, Villa Mercedes y Pueblo Nuevo (Figuras 20, 22b y 9a) presentan un período seco importante a principios del año, de estas tres la única localidad de páramo es Cendé y constituye probablemente un páramo

## ESTACION TELEFERICO

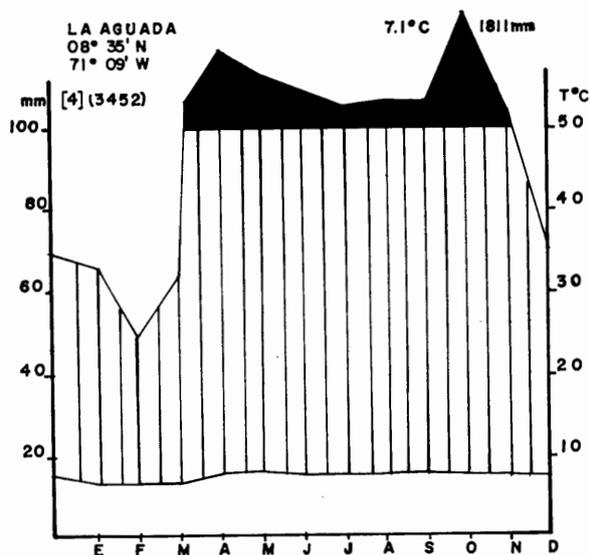
LA MONTAÑA  
08° 35' N  
71° 09' W



a

## ESTACION TELEFERICO

LA AGUADA  
08° 35' N  
71° 09' W



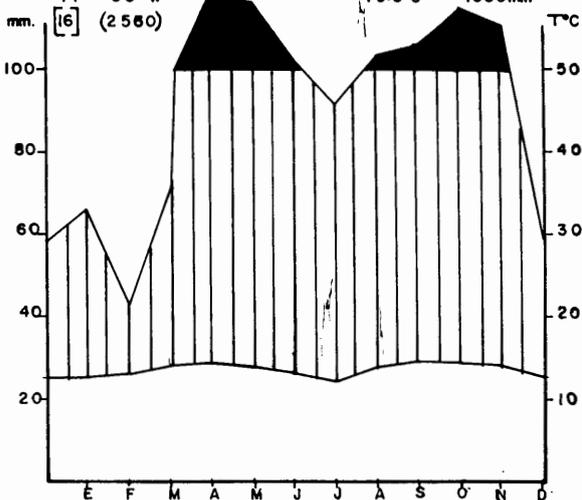
b

FIGURA 7: Climadiagramas de La Montaña (7a) y La Aguada (7b), pertenecientes al gradiente altitudinal más húmedo de la Sierra Nevada de Mérida (ver Figura 17). En la parte superior de cada climadiagrama se indica: a la izquierda la localización geográfica, número de años de registros climatológicos [4], altitud (2.442), a la derecha la temperatura media anual y la precipitación media anual dichos simbolismos son utilizados en todos los climadiagramas

## VALLE GRANDE

08° 42' N

71° 05' W

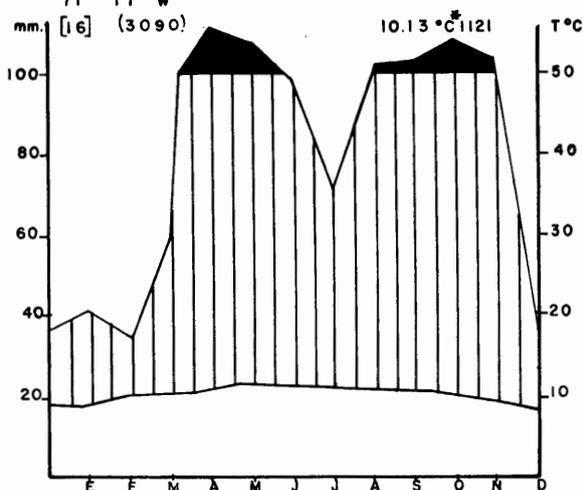


a

## PARAMO LA CULATA

08° 44' N

71° 11' W



b

FIGURA 8: Climadiagramas de Valle Grande (8a) y Páramo de La Culata (8b), localidades como régimen bimodal. °C\* significa temperatura calculada.

PUEBLO NUEVO  
08° 27' N  
71° 25' W  
[5] (1510)

PARAMO EL MOLINO  
08° 16' N  
71° 34' W  
[15] (2750)

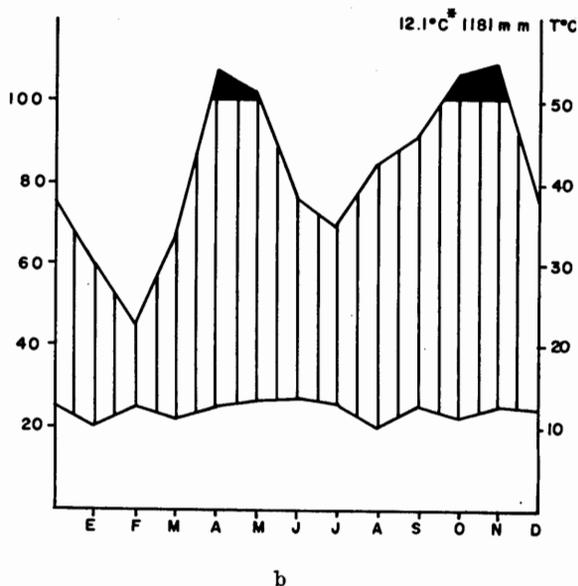
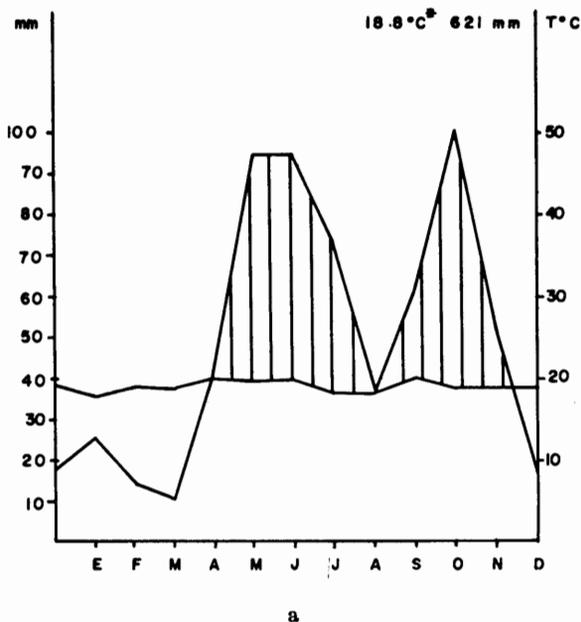


FIGURA 9: Climadiagrama con régimen bimodal. Pueblo Nuevo (9a) presenta un período seco importante a principio del año, (9b) Páramo El Molino.

con un balance hídrico negativo durante varios meses al año.

El primer máximo de precipitación se presenta entre abril y mayo, según las localidades sus valores varían entre 86 mm para Cendé y 294 mm en La Aguada. El segundo mínimo de precipitación desciende menos que el primero, llegando a 43 mm en Cendé y a 132 mm en La Aguada. Este mínimo se sitúa entre junio y agosto. El descenso de las precipitaciones entre junio y agosto, conocido popularmente como el "veranito de San Juan" tiene distintas consecuencias ecológicas según las localidades, en los páramos más húmedos no influye sobre el balance hídrico pero sí permite la intercalación de cortos períodos libres de lluvia, días despejados con mayores valores de insolación y calor durante el día y temperaturas más bajas durante la noche. En los páramos más secos como Cendé el balance hídrico puede ser negativo durante esta época, por lo tanto el régimen bimodal en

estas localidades de páramo más seco constituye un régimen verdaderamente tetraestacional con dos períodos secos y dos relativamente húmedos.

Las consecuencias ecológicas del régimen bimodal son por lo tanto divergentes según las áreas; en los páramos más húmedos los mínimos de precipitación no constituyen nunca épocas deficitarias, podemos considerarlos con un balance hídrico positivo todo el año e inclusive en algunos con épocas de exceso. A la isoterminia o constancia térmica de la Alta Montaña Tropical se añade en estos casos la "constancia" hídrica. Las variaciones cíclicas en este ambiente a lo largo del año estarían dadas por diferencias del fotoperíodo que varía para esta latitud aproximadamente 60' entre los días más largos en junio y los más cortos en diciembre; otro impulso periódico lo constituye las variaciones de la radiación solar que estarían en función principalmente de los días despejados que se intercalan con más frecuencia durante las épocas de los mínimos de precipitación. En

junio-julio ocurre un mínimo de precipitación lo que implica la posibilidad de máximos de radiación asociados con el máximo de fotoperíodo (21 de junio día más largo). Esto puede ser importante para los ritmos fenológicos sobre todo para el crecimiento foliar, máximos de tasas fotosintéticas y algunas fases reproductivas. El mínimo hídrico de febrero-marzo sería la época de mayor insolación pero no asociado con días largos.

El otro impulso periódico de este ambiente de alta montaña casi constante es el ciclo diario de temperatura, pero este impulso repetitivo a lo largo del año, hay que integrarlo como una constante más del ambiente (Monasterio, 1979). Son ejemplos de este ambiente de páramos con tendencia a lo constante las localidades de: La Aguada, Páramo de La Culata (Figuras 7b y 8b), Páramo de Los Conejos, siguiéndoles pero con mayores oscilaciones ambientales El Páramo La Negra y El Molino (Figuras 9b y 10), páramos con regímenes bimodales y cuyas precipitaciones se encuentran entre 1.000 y 1.800 mm.

Al considerar ahora los páramos más secos con régimen bimodal, con precipitaciones del

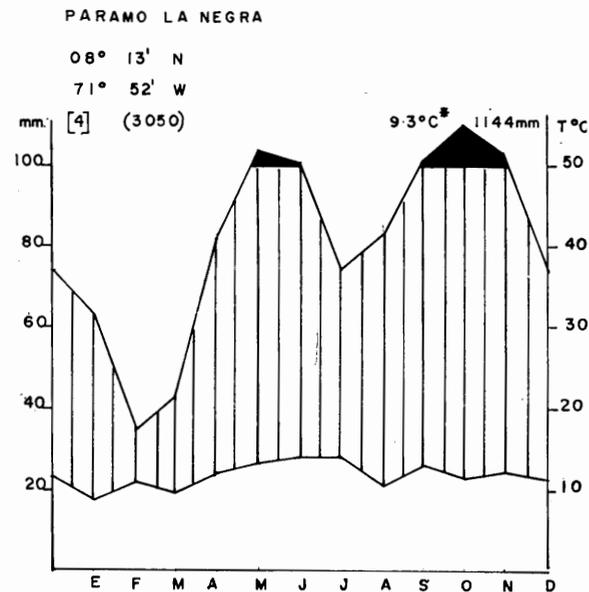


FIGURA 10: Climadiagrama del Páramo La Negra, los dos períodos secos intercalados entre las épocas más húmedas condicionan ritmos ambientales ecológicamente significativos.

orden de los 600 mm la situación ecológica que se plantea es distinta, produciéndose en este caso la mayor desviación de la constancia de todas las localidades de páramo, como veremos al discutir la ecología que condicionan los regímenes unimodales y en particular la comparación con un régimen unimodal de 600 mm.

El Páramo de Cendé frente a la Región Llanense constituye el ejemplo de mayor estacionalidad en un régimen bimodal ya que los 656 mm de precipitación distribuidos en dos picos generan dos estaciones secas pronunciadas que abarcan varios meses del año. Los valores de insolación en esta localidad deben ser altamente contrastantes a lo largo del año; constituyendo el extremo Norte de los páramos en Venezuela un ambiente alternante, oscilante a lo largo del tiempo. En esta área paramera las quemas son frecuentes y los páramos convergen a fisonomías sabanicolas (Figura 11).

## REGIMEN UNIMODAL. PATRON LLANERO

El patrón unimodal responde a una distribución bastante generalizada en los trópicos, con las precipitaciones concentradas en un período único entre mayo y octubre (para los trópicos del Hemisferio Norte) y un período seco con un mínimo de 4 meses por año casi enteramente desprovisto de lluvias, entre diciembre y marzo. Abril y noviembre son meses de transición, cuando 2 años consecutivos se sitúan por debajo de la media, la estación seca puede fácilmente alcanzar 6 meses. Monasterio (1970) analiza este régimen unimodal o biestacional hídrico que caracteriza toda la Región de los Llanos de Venezuela. Los páramos cuyas laderas o vertientes están orientadas hacia los Llanos presentan este régimen biestacional (Figura 6), como es el caso de las cuencas de los ríos Santo Domingo, Chama, Motatán y Boconó. Si bien el régimen llanero se presenta a lo largo de toda la cuenca del río Santo Domingo, en el Chama es dominante en la parte alta de la cuenca y sólo llega la influencia a Mucuchíes; a partir de esta área se hace más importante la influencia del régimen



FIGURA 11: *Senecio rigidolium* (con hojas muy escleromorfas) en el Páramo de Cendé, las que-  
mas son frecuentes y los páramos  
convergen a "fisonomías sabáni-  
cas" (ver régimen hídrico de Cen-  
dé en la Figura 20).

bimodal o lacustre. Sin embargo Loma Redonda y Pico Espejo situadas en la parte media de la cuenca del Chama muestran también una tendencia en la marcha de las precipitaciones de tipo unimodal, como vemos la influencia del clima llanero llega a la parte más alta de la Sierra Nevada de Mérida cercana a la divisoria meridional de las aguas que van hacia los Llanos. La influencia llanera llega en este caso directamente a las partes más altas de la Sierra Nevada ascendiendo por las vertientes que miran al Llano y sobrepasando las cumbres.

Debemos aclarar como un paso previo, que las consecuencias ecológicas del régimen unimodal tienen obviamente que ser muy diferentes en las tierras bajas del trópico con temperaturas medias del orden de 28°C y en condiciones de alta montaña tropical con temperaturas medias entre 10°C y -0,4°C.

En la Tabla 2 están representadas algunas localidades con régimen unimodal, su análisis nos va a permitir ver sucintamente, en relación con la escala de este trabajo, las consecuencias ecológicas de la biestacionalidad hídrica en condiciones de alta montaña.

Las diversas localidades de páramo que presentan este patrón de precipitaciones tienen sin embargo, balances hídricos muy diversos, existiendo una amplitud de variación de la lluvia de 923 mm, desde Loma Redonda con 1.553 mm hasta San Rafael de Mucuchíes con 630 mm (Tabla 2). Esto condiciona páramos biestacionales donde los meses de menores aportes hídricos no son ecológicamente secos hasta los de fuerte "stress" hídrico. Las localidades de Pico Espejo y Loma Redonda tienen aportes no inferiores a 30 mm en los meses más secos; Mucuchíes y San Rafael de Mucuchíes 3 a 4 meses con precipitaciones entre 5 a 8 mm. Otro factor a considerar es la temperatura media anual de cada localidad en función de su situación altitudinal.

Monasterio (1979) analiza las condiciones de Pico del Aguila, (localidad que por el climadiagrama de Gaussen no presenta meses secos, Figura 12a) situada en el Piso Altiandino: "Los aportes hídricos (lluvia y nieve) tienen un patrón netamente biestacional llanero, diciembre, enero, febrero y marzo son meses climáticamente secos que reciben el 8% de la precipitación total. Abril y noviembre son meses de

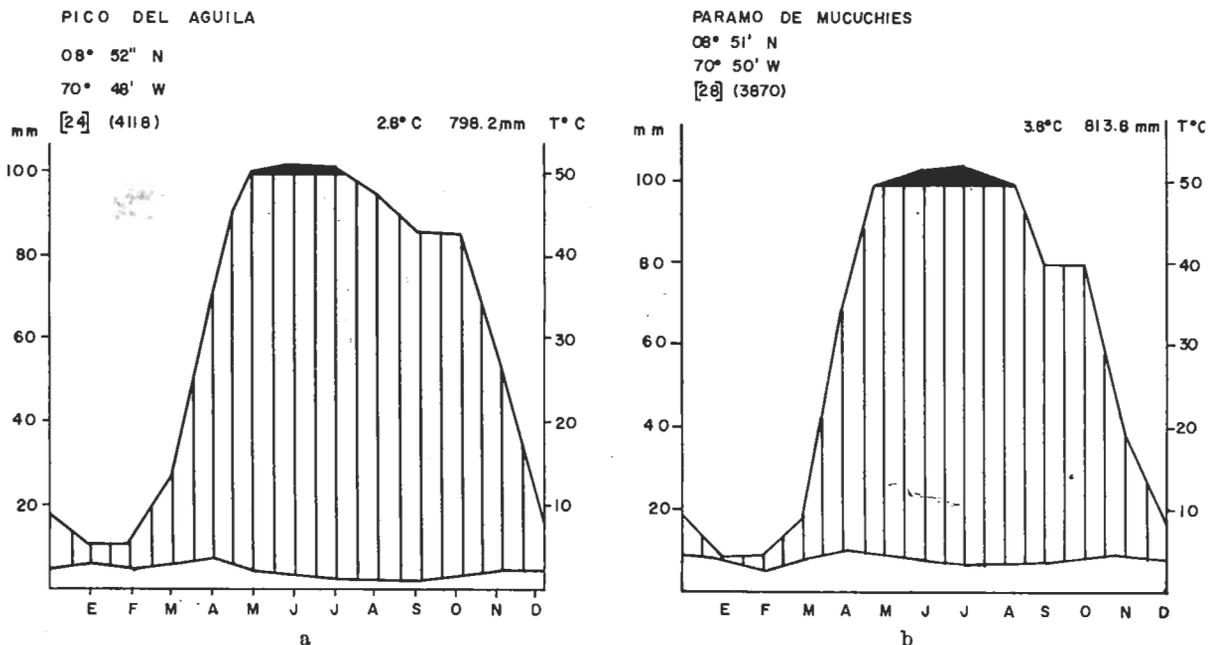


FIGURA 12: Localidades con régimen unimodal, Pico del Aguila (12a) y Páramo de Mucuchíes (12b), pertenecientes a la serie altitudinal más seca Mucuchíes-Pico del Aguila representada en la Figura 18.

transición que reciben cada uno 8% de la precipitación total. Entre mayo y octubre se concentra el 76% de las lluvias". Sin embargo los suelos nunca alcanzaron el punto de marchitez permanente en el muestreo de humedad edáfica que se realizó entre 1977-1978. Las consecuencias ecológicas de esta fuerte estacionalidad hídrica inciden en los ritmos térmicos diarios, ya que en la época seca se producen las mayores oscilaciones térmicas diarias y los máximos valores de insolación y radiación. Pero todavía no conocemos claramente el impacto de la sequía en un régimen biestacional relativamente seco en localidades del Altiandino, ni si en años extremos el impacto de la sequía puede afectar los habitats y las poblaciones del piso más frío en los Andes.

Las otras localidades del altiandino: Loma Redonda y Pico Espejo, son climática y ecológicamente húmedas todo el año (Figura 13) ya que si bien las precipitaciones alcanzan un mínimo o descienden entre diciembre y marzo, aquí no puede hablarse de una verdadera estación seca. Sin embargo tanto los páramos húmedos como los secos con régimen unimodal, presentan un ambiente con neta estacionalidad.

Durante los meses de menores aportes hídricos se presentan los valores más altos de insolación lo que trae aparejado, un balance energético más favorable durante el día y también temperaturas más bajas durante la noche, concentrándose las heladas en esta época. Ya puntualizamos que las oscilaciones térmicas diarias se hacen más contrastantes durante la época seca.

En el Piso Andino, analizado por Monasterio (1980a), capítulo 4, las localidades con regímenes unimodales presentan una amplitud de variación de la lluvia de 583 mm, desde Páramo El Batallón 1.213 mm, hasta San Rafael de Mucuchíes 630 mm, (Figuras 16a y 14b, Tabla 3). Las Figuras 14, 12b, 15b y 16 representan una serie de localidades del Piso Andino con patrón biestacional: Granja de Mucuchíes, San Rafael de Mucuchíes, Páramo de Mucuchíes, Los Plantíos, Páramo El Zumbador, Páramo El Batallón. Hay que añadir a esta serie Mucubají, típica localidad paramera de régimen biestacional analizada en el capítulo 8.

En los climadiagramas de Gausssen solamente se detectan meses con balance hídrico desfavorable en La Granja de Mucuchíes y San Rafael de Mucuchíes, cada uno con 4 meses secos. Sin embargo para Mucubají, que según el climadia-

ESTACION TELEFERICO

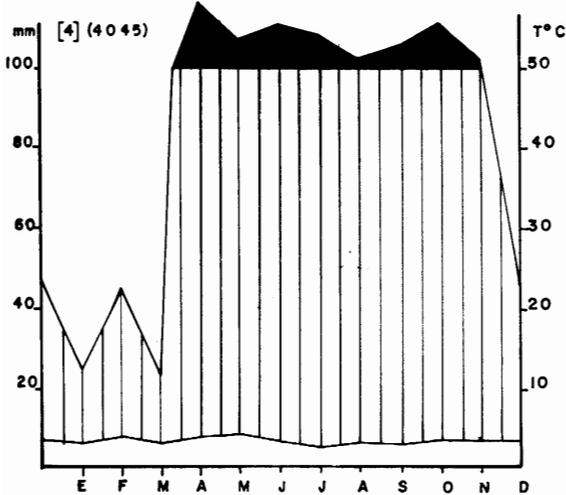
LOMA REDONDA  
08° 35' W  
71° 09' W

3.0°C 1553mm

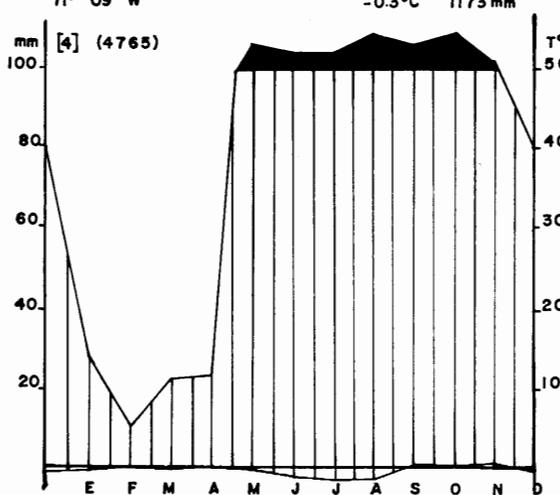
ESTACION TELEFERICO

PICO ESPEJO  
08° 35' N  
71° 09' W

-0.3°C 1173 mm



a



b

FIGURA 13: Localidades del Altiandino húmedo con régimen unimodal: Loma Redonda (13a) y Pico Espejo (13b), ambas pertenecen al gradiente altitudinal más húmedo de la Sierra Nevada de Mérida representado en la Figura 17.

GRANJA DE MUCUCHIES

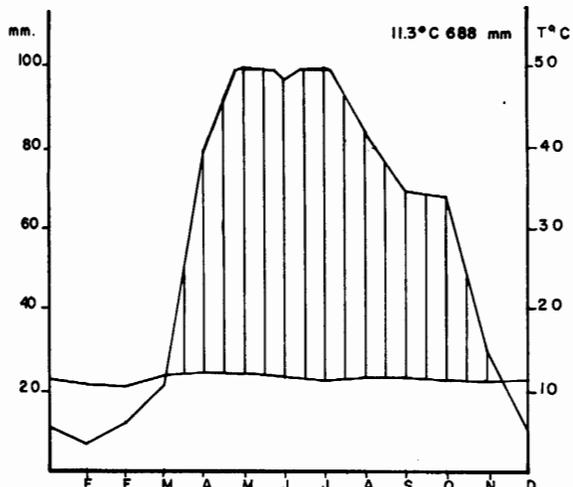
08° 44' N  
70° 55' W

[5] (2870)

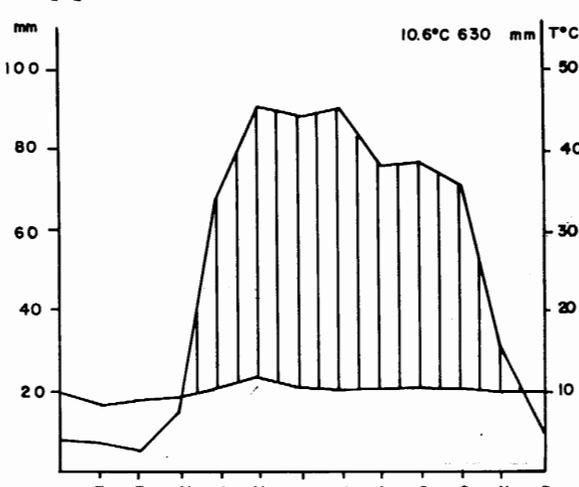
SAN RAFAEL DE MUCUCHIES

08° 46' N  
70° 52' W

[22] (3156)



a



b

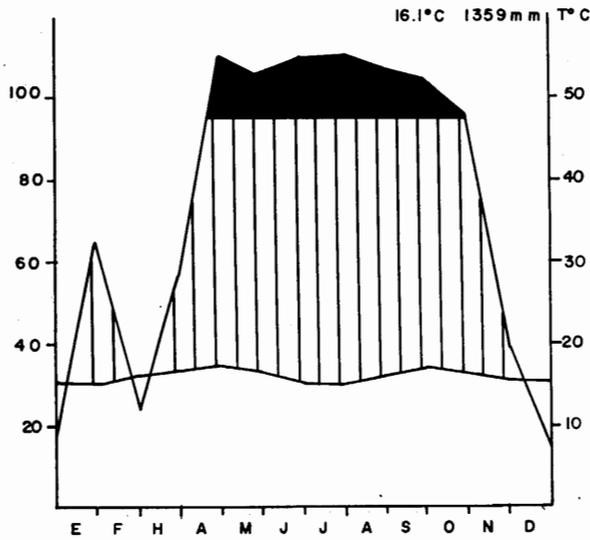
FIGURA 14: Localidades con régimen unimodal pertenecientes al sector más seco del Piso Altiandino: Granja de Mucuchies (14a), San Rafael de Mucuchies (14b), ambas pertenecen a la serie altitudinal representada en la Figura 18.

## SANTO DOMINGO

08° 51' N

70° 41' W

[16] (2155)



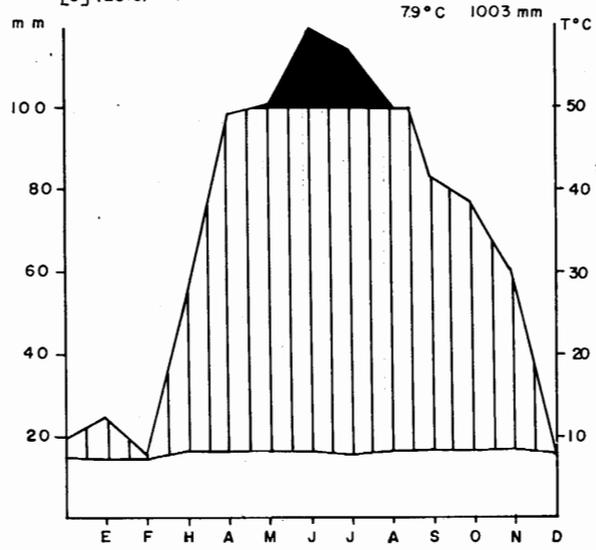
a

## LOS PLANTÍOS

08° 49' N

70° 44' W

[8] (2878)



b

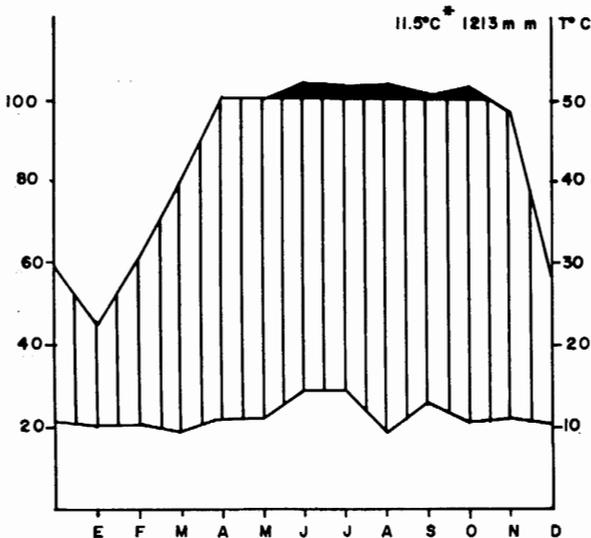
FIGURA 15: Localidades con régimen unimodal situadas en la vertiente que mira hacia los Llanos: Santo Domingo (15a) y Los Plantíos (15b), pertenecientes a la serie altitudinal representada en la Figura 19.

## PARAMO EL BATALLON

08° 07' N

72° 04' W

[9] (3165)



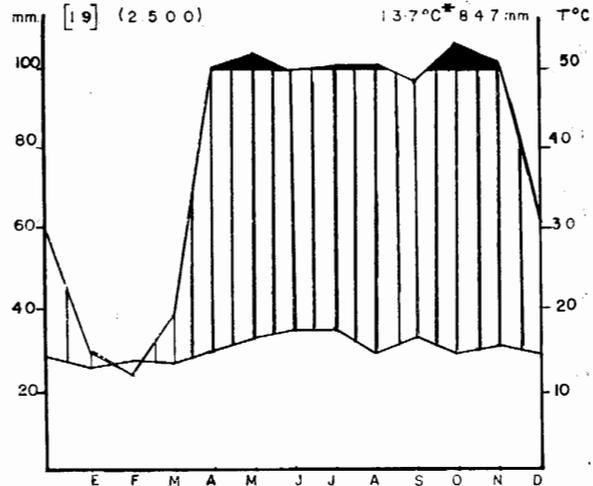
a

## PARAMO ZUMBADOR

07° 58' N

72° 05' W

[19] (2500)



b

FIGURA 16: Climadiagramas de los páramos tachirenses: Páramo El Batallón (16a) y Páramo El Zumbador (16b), pueden considerarse como regímenes transicionales en los patrones hídricos. Situados en un punto de convergencia entre la influencia llanera y la lacustre.

grama no presenta meses secos, Azócar y Monasterio (1980a) capítulo 8, analizando el balance hídrico año por año y los valores de evaporación, encontraron años con balance hídrico desfavorable durante 2 a 3 meses; seguidos por años con balance hídrico favorable todos los meses. Habría un intercalación periódica a lo largo de varios años de algunos meses ecológicamente secos.

Los ciclos polianuales de "stress" hídrico estarían más influenciados por la duración de la estación seca que por la variabilidad interanual de las precipitaciones (Tabla 3). En el régimen unimodal, diciembre a marzo son los meses de menores aportes hídricos siendo noviembre y abril meses de transición. Un mes de transición en el régimen unimodal significa que unos años recibe suficientes lluvias y otros es un mes seco. Esto implica que según los años la estación seca puede tener una duración variable entre 4 y 6 meses, comportamiento que introduce cambios cíclicos a lo largo del tiempo, variaciones interanuales en el balance hídrico no dadas tanto por la desviación de la media de precipitación sino por la diferencial duración de la estación seca. No es tan significativa la variación interanual en el total de precipitaciones, como discutiremos más adelante, sino la variación interanual en el número de meses secos. En años críticos, al incrementar el número de meses secos, se produce un grado de concentración notable de las precipitaciones en 6 meses en vez de estar repartidas en 8.

### VARIABILIDAD INTERANUAL DE LAS PRECIPITACIONES

Las oscilaciones anuales en la cantidad total de precipitación tienen una gran importancia ecológica, sobre todo en regímenes con una concentración estacional muy neta de las lluvias. Monasterio (1970) analiza este hecho en los climas sabánicos de los Llanos Centrales de Venezuela; las medias pueden resultar engañosas para los climas llamados de transición. Hedberg (1964) analiza en la Región Afroalpina la variabilidad interanual de las precipitaciones de climas de alta montaña con regímenes bimodales,

en Kilimanjaro y Mt Kenya, encontrando desviaciones apreciables con respecto a la media.

En los páramos de Venezuela las precipitaciones presentan un grado variable de oscilación interanual. A fin de conocer el rango de estas oscilaciones, se analizó la marcha anual, a lo largo del tiempo de registros, en 8 localidades pertenecientes a diferentes formaciones de páramo, geográficamente separadas y con distintos patrones en la distribución de las lluvias. En la Tabla 3 se presenta la información de las 8 localidades estudiadas. En cuanto al rango de variación vemos que parece no estar influenciado por la media anual, ya que páramos con 600 mm como otros con 1.200 mm, presentan variabilidades interanuales equivalentes.

Con respecto a los valores extremos, encontramos valores bajos como en el páramo de Cendé con un registro de 315 mm, el máximo registrado fue en Valle Grande con 2.300 mm, ambas localidades con régimen bimodal. (ver Tabla 3).

Para analizar la variabilidad interanual de las precipitaciones recurrimos al coeficiente de variabilidad, medida estadística muy utilizada como índice de dispersión y que se define como la relación entre la desviación standard y la media, coeficiente muy utilizado por los climatólogos. Los valores obtenidos se expresan en porcentajes, este tratamiento fue aplicado a cada columna de valores anuales de precipitación para cada localidad. En la Tabla 3 se observan los resultados, donde se aprecia distintos grados de variabilidad interanual, siendo Pico del Aguila, una localidad con régimen biestacional típico en el Altiandino, la que presenta valores más bajos y Cendé los valores más altos. Sin embargo los valores de la variabilidad interanual son importantes en todos los páramos. En relación con la altitud y las oscilaciones interanuales en el aporte hídrico vemos que valores del orden de 20% fueron encontrados en páramos con alturas, localización y totales anuales diferentes. Es interesante notar, que los coeficientes de variación encontrados para dos localidades situadas en la misma cuenca y siguiendo un gradiente altitudinal, como son Valle Grande y Páramo La Culata, son del mismo orden a

pesar de las diferencias en la media anual; las oscilaciones anuales entretanto parecen guardar las proporciones entre ambas, Valle Grande es una localidad de Selva Nublada Montana Alta y La Culata de Páramo Andino.

Las 8 localidades analizadas, cuatro con régimen unimodal y cuatro con bimodal, si bien constituyen una muestra escasa del conjunto, muestran que no existen valores significativamente diferentes con respecto a la variabilidad interanual y el tipo de régimen hídrico. Sin

embargo ya señalamos que las consecuencias ecológicas deben ser más drásticas en años más secos en climas netamente estacionales, y salvo casos extremos como el páramo de Cendé donde los años de valores mínimos implicarían un balance hídrico desfavorable durante la mayor parte de los meses, el régimen bimodal sería ecológicamente más estable que el régimen unimodal, en los años de deficiencias más acentuadas por repartirse en aquél más proporcionalmente el recurso hídrico.

TABLA 3. VARIACIONES INTERANUALES DE LAS PRECIPITACIONES DE 8 LOCALIDADES DE PARAMO.

Localidad	Media anual	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variación (%)
Cendé	656 mm	315 mm	865 mm	20.8%
Mueuchíes	571	428 mm	752 mm	20.0%
P. Mueuchíes	837 mm	499 mm	1.132 mm	19.0%
P. El Aguila	798 mm	683 mm	1.040 mm	13.5%
El Zumbador	1.035 mm	713 mm	1.473 mm	20.0%
El Molino	1.129 mm	775 mm	1.635 mm	19.5%
La Culata	1.170 mm	949 mm	1.578 mm	17.3%
Valle Grande	1.655 mm	1.374 mm	2.291 mm	17.8%

### Efectos ecológicos comparativos del régimen bimodal y unimodal

La variación interanual en algunos páramos puede implicar ciclos polianuales de "stress" hídrico, efectos que se hacen sentir sobre todo en las localidades con menos de 1.000 mm de precipitación media anual. El impacto ecológico de las oscilaciones a través del tiempo por lo tanto se haría sentir más en los páramos biestacionales que en los tetraestacionales. En el régimen unimodal los años con mínimo de lluvia implican una tendencia a una concentración extrema, a que los meses de transición abril y noviembre sean secos, a dividir el año entre un período favorable y otro desfavorable en el recurso hídrico. Sin embargo ello implica también un balance energético más positivo (insolación-radiación) y una oscilación térmica más pronunciada en el ciclo diario.

En los regímenes tetraestacionales se logra como ya puntualizamos aún en los años de mínimos aportes una mejor repartición del recurso hídrico anual. Pero si comparamos dos localidades de páramo de bajas precipitaciones, Mueuchíes y Cendé (Figuras 14a y 20), y distinto patrón de distribución, el régimen bimodal de escasas precipitaciones, Cendé, en años de aportes mínimos extremos (Tabla 3) presenta condiciones ecológicas de mayor "stress" aún con la misma variabilidad interanual, ya que las escasas precipitaciones repartidas en 2 picos no alcanzan a constituir ninguna época verdaderamente favorable en el balance hídrico. Mueuchíes en años extremos presenta dos épocas alterantes en el año, una de "stress" hídrico y otra relativamente favorable.

Para el uso de la tierra esto implica en Cendé un área de ganadería extensiva introducida desde el tiempo de la colonia y con pequeños conuecos

de subsistencia en las vegas parameras al lado de los escasos asentamientos unifamiliares.

En Mucuchíes condiciona una época seca con heladas concentradas en ella y una época relativamente lluviosa y libre de heladas. Por estar situada en el límite ecotonal de los Páramos, la región de Mucuchíes constituye una de las áreas de mayor concentración de asentamientos agrícolas y densidad de población, (cultivándose cereales templados, papas y horticultura). La aplicación del riego puede ampliar las épocas anuales de uso de la tierra, siendo la época seca la que posee un balance energético más favorable.

### GRADIENTES ALTITUDINALES HIDRICO-TERMICOS PRESENTES EN EL PARAMO

Para interpretar realmente la influencia en los páramos de las áreas climáticas circundantes debemos analizar también los patrones hídricos como secuencias verticales; el grado de extensión de cada patrón sobre un área dada o una determinada cuenca y las zonas de transición donde ambos regímenes climáticos convergen.

Para esta finalidad analizaremos varios gradientes hídrico-térmicos tratando de que estén representadas una diversidad de secuencias presentes en diversas cuencas y vertientes; esto no es siempre posible pues tenemos que ceñirnos a la información disponible.

#### 1. — Cuenca del Chama.

La cuenca del Chama, en el núcleo central de páramos, es un ejemplo ilustrativo de la diversidad ambiental en secuencias altitudinales. El mapa de isoyetas, elaborado por Andressen et al. (1973) para esta cuenca indica diversos sectores significativamente divergentes en el aporte pluviométrico. A partir de este mapa de isoyetas podemos señalar las siguientes características con respecto a la distribución geográfica de la precipitación en el área ocupada por páramos:

—Se destaca un sector de baja precipitación, del orden de 600 mm al año, alrededor del poblado de Mucuchíes (2.870 m de altitud). Este sector se encuentra en la cuenca alta del Chama (Figura 2).

—Descendiendo ligeramente por la cuenca del Chama y limitando con el anterior se encuentra el sector de más alta precipitación (más de 2.000 mm) que se sitúa en la ladera intermontana de la Sierra Nevada de Mérida (Figura 2). Los valores más altos de precipitación de esta ladera se encuentran en la franja ecotonal de los páramos y son localidades con Selva Nublada (La Montaña 2.280 mm, a 2.442 m de altitud, Figura 7a; La Mucuy 2.020 mm a 2.607 m de altitud). Más arriba de La Montaña siguiendo una transecta lineal se encuentran los páramos con más altas precipitaciones (La Aguada 1.811 mm a 3.446 m de altitud).

Lado a lado se localizan a lo largo de la cuenca del Río Chama dos sectores contrastantes en lo que respecta a sus precipitaciones. El sector Mucuchíes en la parte alta de la cuenca es de carácter relativamente seco, abarcando este "bolsón" intermontano desde 2.200 m a 4.200 m. Sus valores más bajos de precipitación se encuentran en Mucuchíes-San Rafael de Mucuchíes a altitudes en el entorno de los 3.000 m (Tabla 2). En la parte media de la cuenca se encuentra el sector de más altas precipitaciones de la región paramera, siendo La Aguada y Loma Redonda los páramos más húmedos de Venezuela (Tablas 1 y 2).

Si comparamos ahora dos gradientes altitudinales en la cuenca del Chama, un gradiente situado en la vertiente más húmeda y otro a lo largo de la más seca, podremos visualizar las toposecuencias climáticas divergentes a lo largo de diferentes porciones del valle principal del río Chama, que aunque se encuentran relativamente cercanas entre sí, determinan páramos con ecologías muy diferentes.

La Figura 17 representa la transecta del teleférico Mérida-Pico Espejo situado en la ladera intermontana de la Sierra Nevada de Mérida con exposición NO. Las estaciones climatológicas se encuentran en diversas altitudes a lo largo de una secuencia lineal. La Montaña es la localidad de máxima precipitación en el sector, con 2.280 mm, y vegetación de Selva Nublada Montana Alta. La temperatura media anual presenta una isoterminia notable, la dife-

GRADIENTE ALTITUDINAL LA MONTAÑA-PICO ESPEJO  
ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS TELEFERICO DE MERIDA

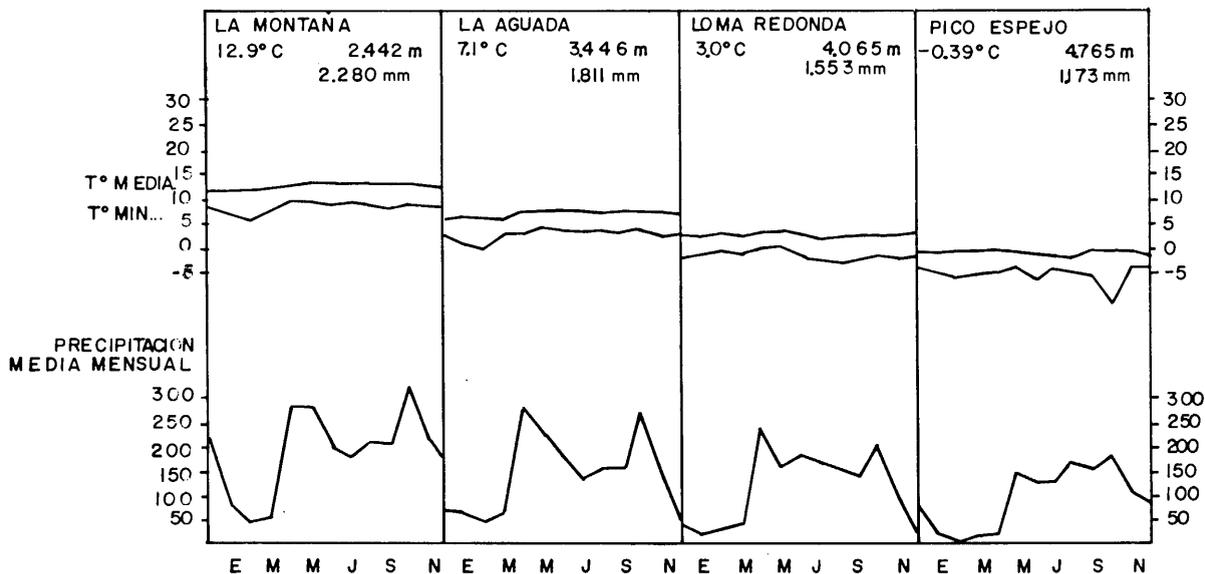


FIGURA 17: La Serie altitudinal La Montaña-Pico Espejo, se encuentra en el sector más húmedo de los Andes de Venezuela.

rencia entre el mes más frío (Enero) con 12°C y los más cálidos con 13,6 (Agosto y Noviembre) es sólo de 1,6°C. Las temperaturas mínimas más bajas no descienden de los 5°C, estos valores extremos se presentan entre Enero y Marzo, el resto del año las mínimas fluctúan entre 7° y 10°C. En la Figura 17 puede verse que las medias y las mínimas mensuales más bajas se presentan en la época de menores precipitaciones, ya que si bien no existen en este ambiente meses ecológicamente secos, hay fluctuaciones pluviales verdaderamente importantes, siendo octubre el mes más húmedo con más de 300 mm de precipitación y febrero el más seco con 50 mm. La importancia del aporte desigual de lluvias no influye tanto en el balance hídrico, que es positivo todo el año, sino en otros factores ambientales como humedad relativa, nubosidad e insolación. En los meses más secos el cielo está más despejado, la cantidad de calor recibida durante el día es mucho mayor pero la temperatura nocturna baja más por irradiación terrestre durante la noche.

A partir de La Aguada (3.446 m) Figura 7b, ya nos encontramos en la región de los páramos, esta localidad está en el ecotono entre la Selva Nublada Montana alta y el Páramo, ya que en este gradiente altitudinal húmedo la selva sube hasta casi 3.400 m. La Aguada es la localidad de páramo con más altas precipitaciones en Venezuela, pajonales-rosetales y arbustales parameros constituyen la vegetación más importante.

En Loma Redonda (4.065 m) Figura 13a, las temperaturas bajo cero se presentan durante varios meses al año, sin embargo como veremos más adelante existen meses libres de heladas. La vegetación dominante está constituida por pajonales, y rosetales bajos que caracterizan algunas serranías del Piso-Andino (Monasterio, 1980a) encontrándose también cercanos a Loma Redonda enclaves del bosque de *Polylepis sericea*.

En Pico Espejo (4.765 m) Figura 13b la temperatura media del mes más cálido, Abril, es de 0°C y la del mes más frío de -1,5°C. Hay

temperaturas mínimas inferiores a  $-5^{\circ}\text{C}$  durante todos los meses del año. Las mínimas extremas se presentan entre septiembre y noviembre (Figura 17) coincidiendo con la época de máximos aportes hídricos. Esto no es concordante con las otras localidades de esta transecta que presentan las mínimas en la época más seca, sin embargo aquí puede explicarse por qué a esa altitud el aporte hídrico es en forma de nieve en esa época del año. Pico Espejo se encuentra en el límite entre el Desierto Nival y el Desierto Periglacial, es la avanzada altitudinal máxima del Desierto Periglacial en la región paramera.

Consideremos ahora una transecta en el sector más seco, situado en la parte alta de la Cuenca del Chama, que como ya señalamos se encuentra adyacente y a escasos km de distancia del gradiente húmedo anterior. En la Figura 18 se representa el gradiente altitudinal Mucuchíes-Pico del Aguila (2.870 a 4.118 m) Figuras 14 y 12. Con respecto a la precipitación todas las localidades presentan el mismo patrón de dis-

tribución biestacional, con una estación seca donde las precipitaciones son relativamente escasas. Este sector hasta aproximadamente los 3.400 m de altitud está intensivamente dedicado a uso agrícola, horticultura y papas en los valles, conos aluviales, y laderas suaves, cereales templados en las pendientes más fuertes. En la época seca los valles pueden ser cultivados con riego. El uso intensivo pre y post-hispánico ha destruido en gran parte la vegetación natural, de matorrales y arbustales pre-parameros. A partir de los 3.400 m desaparece prácticamente la agricultura y aparecen las formaciones de Páramo Andino (rosetales bajos y arbustales, Monasterio 1980a). En esta área con precipitaciones relativamente bajas distribuidas estacionalmente, las heladas frecuentes y concentradas durante la estación seca detienen el avance de la frontera agrícola. A la altura de Pico del Aguila (Figura 18) ya nos encontramos en el Piso Altiandino, predominando a partir de esta altura en esta área las formaciones de Páramo Desértico y de Desierto Periglacial (Figura 32).

GRADIENTE ALTITUDINAL MUCUCHIES-PICO EL AGUILA

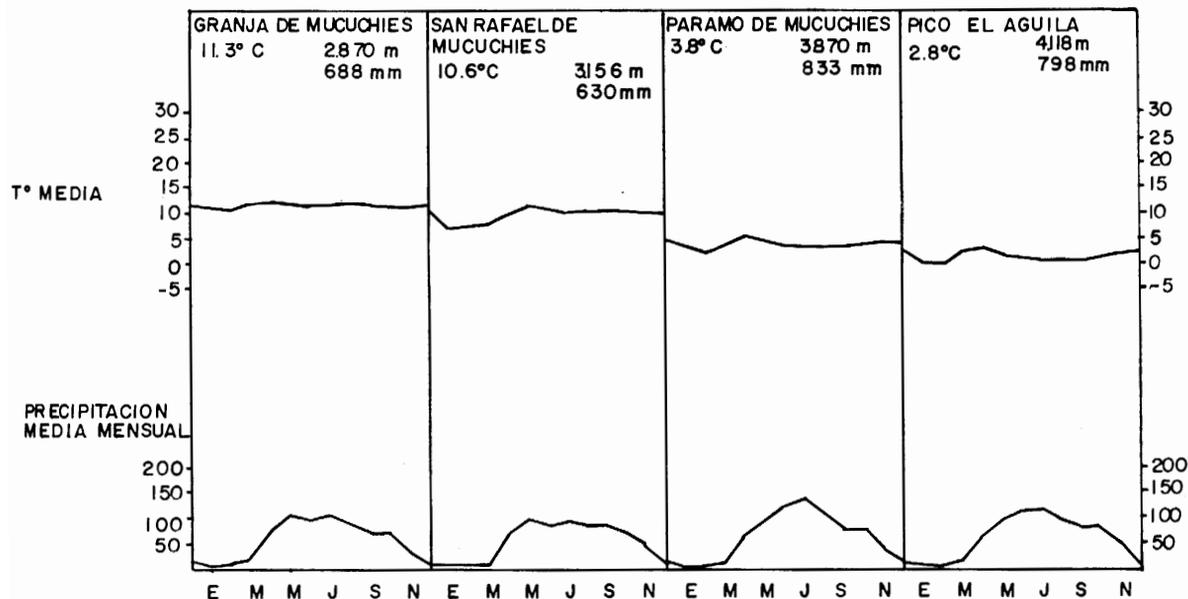


FIGURA 18: La Serie altitudinal Mucuchíes-Pico del Aguila se encuentra en uno de los sectores más secos de los Altos Andes de Venezuela. El poblamiento humano y el uso agrario de esta área data de épocas pre-hispánicas.

## GRADIENTE ALTITUDINAL SANTO DOMINGO-MUCUBAJI

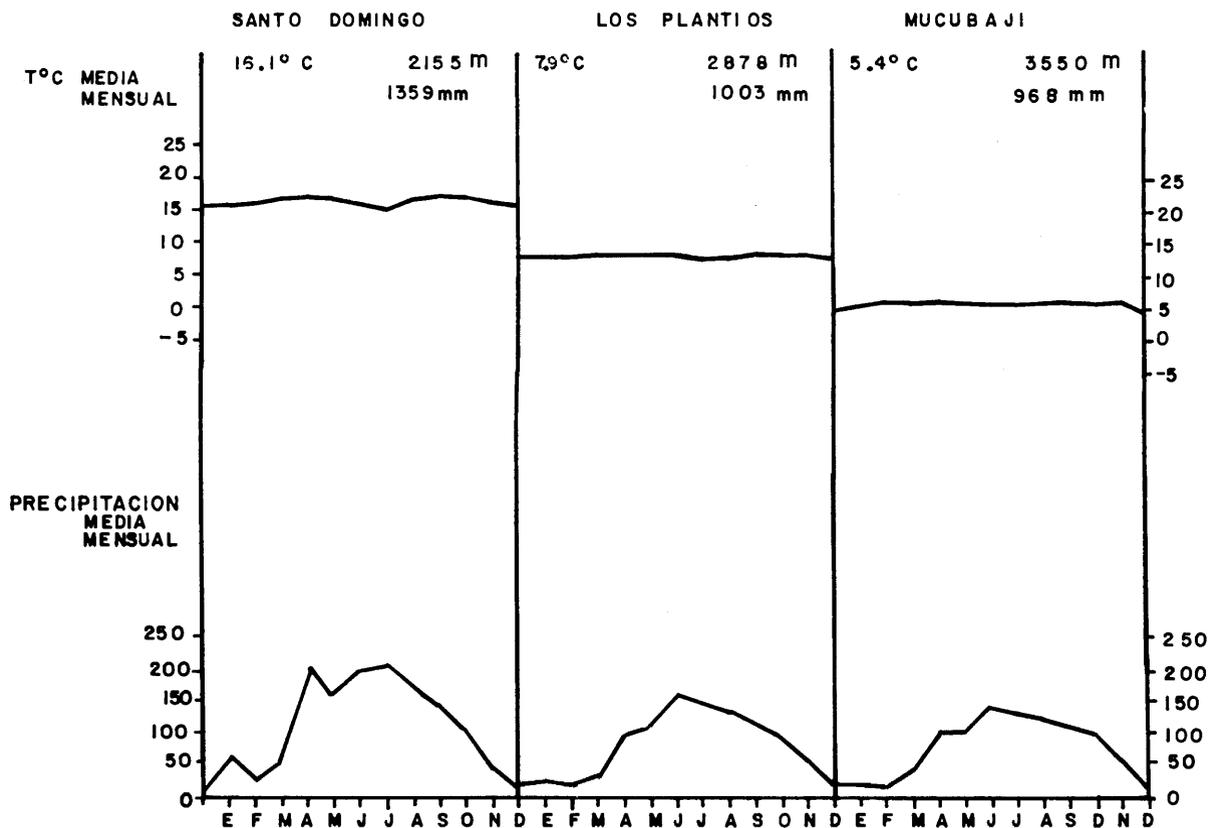


FIGURA 19: Gradiente altitudinal en la Cuenca del Río Santo Domingo orientada hacia los Llanos Occidentales.

La Figura 19 nos muestra un gradiente altitudinal en la cuenca del Río Santo Domingo que desagua en los Llanos Occidentales. Todas las localidades muestran una neta concentración de las precipitaciones correspondientes al patrón llanero, el cual como ya señalamos influencia toda la cuenca de este río. Santo Domingo a 2.155 m (Figura 15a) es una localidad de Selva Montana, la vegetación natural ha sido muy destruída, volcándose la utilización del suelo hacia el cultivo de papas, horticultura, y ganadería lechera. También el turismo es una de sus principales actividades. Los Plantíos (Figura 15b) es una localidad netamente paramera con vegetación de rosetales y arbustales bajos de Páramo Andino. A Mucubají nos referimos en la segunda parte de este libro.

Por último analizaremos el ordenamiento de las localidades cuyos climadiagramas hemos construído, a lo largo de las series altitudinales a las que pertenecen. Sus secuencias en una ladera o cuenca nos permite completar este cuadro de la distribución horizontal y vertical de los distintos patrones hídrico-térmicos presentes en el páramo así como detectar sus áreas de influencia. Nos remitimos a la Figura 6 para recordar la distribución geográfica de algunos de los climadiagramas que representan las diversas tendencias.

Si empezamos por el extremo norte de los páramos cara a la depresión Larense, la serie altitudinal Guárico-Agua de Obispo-Cendé (entre 9° 42' a 9° 30'N) es informativa de las ten-

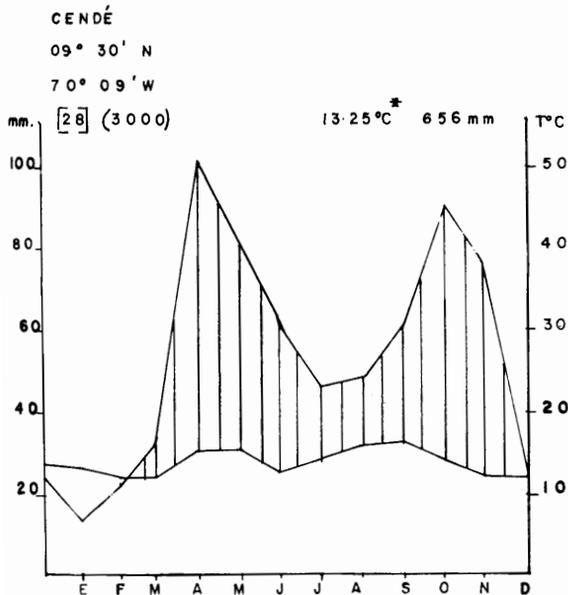


FIGURA 20: Climadiagrama de Cendé, representa las condiciones más secas del régimen bimodal, en esta área paramera las quemas son frecuentes.

dencias climáticas en el área (Figuras 20 y 21). Ligeramente más hacia el sur en el ramal andino pero todavía en la porción Norte del ramal, se encuentra La Cristalina (Figura 22a). La Tabla 1 nos informa sobre las cuencas a las que pertenecen estas localidades: cuenca de los ríos Tocuayo y Motatán. Las cuatro localidades del extremo Norte del ramal andino presentan como puede verse en las Figuras 20, 21 y 22a un régimen bimodal.

Un poco más hacia el sur, las localidades de Niquitao, Mesitas y Villa Mercedes situadas aproximadamente a la misma latitud 9°07' a 9° 01'N. (Figuras 20b y 23) tienen patrones hídricos diferentes: Niquitao y Mesitas en la cuenca del Boconó reciben la influencia del clima llanero, Villa Mercedes en la cuenca del Motatán del clima lacustre.

En el núcleo central de páramos (en el entorno de 8° de latitud Norte) ya hemos analizado en parte las tendencias de los patrones climáticos y su relación con las regiones climáticas circundantes. La influencia del clima unimodal llanero abarca toda la cuenca del río Santo Domingo (Figura 19), parte del Chama, Mota-

tán, Ticoporo y Paguey. En el Chama la influencia del régimen unimodal llega hasta Mucuchíes (Figura 18), mientras que Mucurubá-Mérida presentan patrones bimodales, los que también se encuentran en la parte más baja de la vertiente intermontana de la Sierra Nevada de Mérida, La Montaña y La Aguada (Figuras 7 y 17). Este régimen influencia asimismo las localidades de Valle Grande y Páramo de La Culata de la cuenca del Mucujún afluente del río Chama (Figura 8), que nace en la Sierra de La Culata. La influencia lacustre penetra por la parte baja de la cuenca del Chama. Sin embargo la parte alta de la Sierra Nevada de Mérida presenta como ya dijimos un patrón unimodal: Loma Redonda y Pico Espejo (Figura 13) cercanos a la divisoria de las aguas de donde parten los ríos llaneros de Ticoporo y Paguey, en la vertiente que mira hacia los llanos.

Pueblo Nuevo y Páramo El Molino en las Serranías más bajas que prolongan la Sierra Nevada de Mérida hacia el SO, orientada hacia el Lago de Maracaibo, reciben la influencia del régimen lacustre (Figura 9).

Por último los páramos tachirenses presentan en algunos casos un patrón típicamente lacustre como el Páramo La Negra (Figura 10) o regímenes transicionales como el Páramo El Batallón y El Zumbador (Figura 16), que si bien tienen una concentración estacional de las lluvias, durante la época húmeda éstas presentan una tendencia a distribuirse en dos máximos. La posición geográfica de estas localidades entre las dos influencias climáticas determina patrones no claramente definidos en los cuales unos años puede predominar la influencia llanera y en otros la lacustre.

### REGIMEN DE HELADAS. GRADIENTE ALTITUDINAL DEL INCREMENTO DE HELADAS

Las heladas son un factor ecológico de extrema importancia en la alta montaña tropical, ya que su ocurrencia y distribución a lo largo del año y sus grados de frecuencia, determinan y delimitan los patrones y formas de ocupación de la tierra, tanto en los aspectos de ocupación hu-

GUARICO  
09° 36' N  
69° 45' W  
[4] 1801

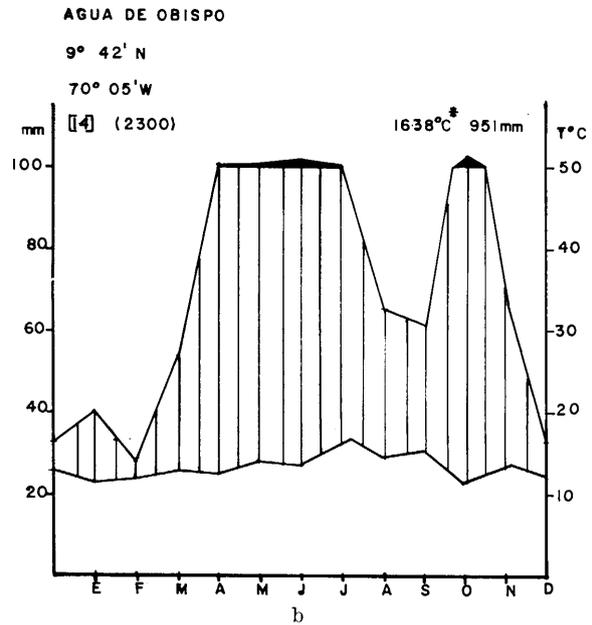
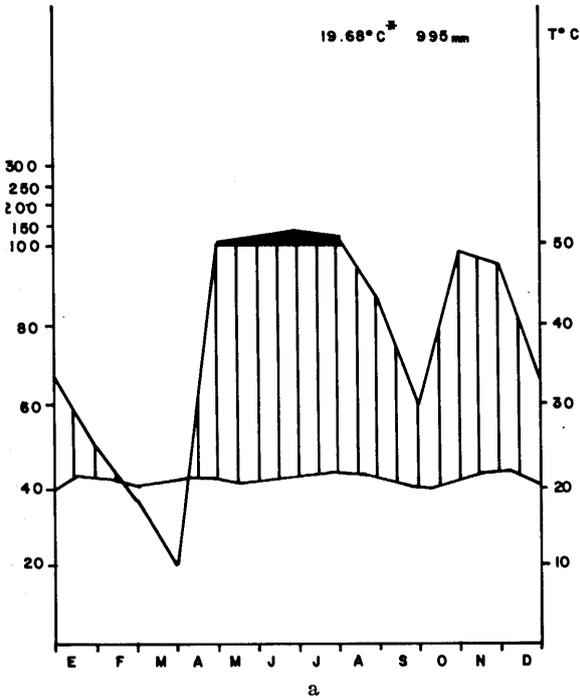
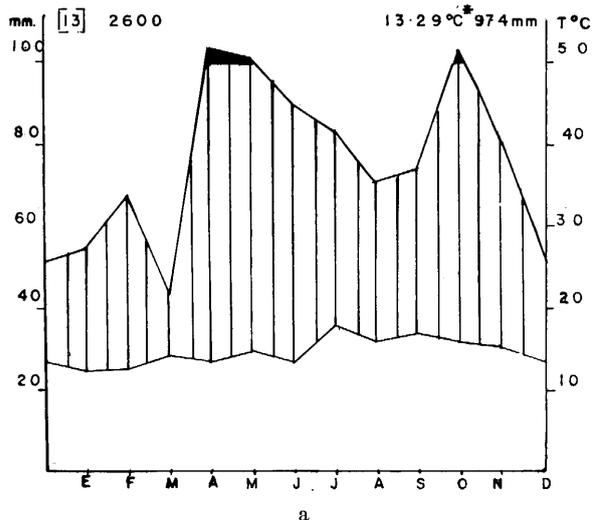


FIGURA 21: Climadiagramas de Guárico (21a) y Agua de Obispo (21b) junto con Cendé forman una serie altitudinal bimodal en el extremo Norte de los Andes, cara a la depresión Larensé. (ver también Figura 6).

LA CRISTALINA  
09° 19' N  
70° 20' W  
[13] 2600



VILLA MERCEDES  
09° 01' N  
70° 42' W  
[9] (2500)

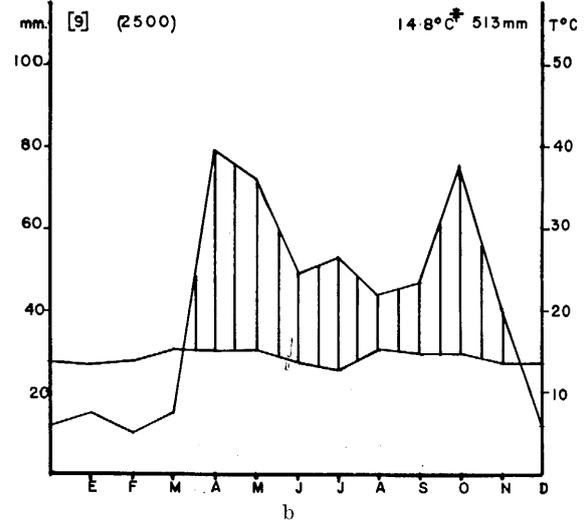


FIGURA 22: Localidades con régimen bimodal situadas en la porción Norte del principal ramal Andino, La Cristalina (22a), Villa Mercedes (22b).

mana como en la distribución de las distintas formaciones vegetales y ecosistemas de las tierras altas.

Las heladas merecen un tratamiento especial, ellas fueron consideradas como un "recurso" por las culturas andinas del altiplano puneño, utilizándolas como una técnica para el almacenamiento de papas y obtención del chuño (Troll, 1968, Murra, 1978). Las heladas fijan la frontera agrícola en los Altos Andes tropicales. En los páramos más bajos (3.300-3.500 m) con regímenes pluviales netamente estacionales, las heladas se concentran durante el período seco, limitando el éxito de las siembras y cosechas sucesivas de cereales y tubérculos en años térmicamente extremos (Monasterio 1980b).

En la Figura 24 se representa para un período de 3 años la ocurrencia de heladas en la transecta anteriormente analizada en la Sierra Nevada (La Montaña-Pico Espejo que recordemos correspondía a la vertiente más húmeda de los páramos de Venezuela. Debemos aclarar con respecto a la información de la Figura 24

que la representación de las heladas corresponde a la información suministrada por las estaciones climatológicas de la transecta Mérida-Pico Espejo, por lo tanto los datos corresponden a las temperaturas bajo cero ocurridas en la marcha de la temperatura del aire en las casetas meteorológicas. Las temperaturas registradas en la superficie del suelo son mucho más bajas, como ha podido comprobarse con las mediciones efectuadas en Muebají (capítulos 7, 8 y 9 de este volumen), comparando la información suministrada por la estación meteorológica con los datos obtenidos mediante la instalación de estaciones para registros meso y microclimáticos.

En la Figura 24 se observa que La Aguada, el páramo más húmedo en Venezuela, presenta durante el período analizado sólo tres días con temperaturas bajo cero, los que ocurrieron en diciembre de 1970. Si bien este hecho puede estar submuestreado, pues corresponde a la temperatura del aire, nos sirve como punto de comparación con lo que ocurre en otros niveles altitudinales de la misma transecta. La localidad inferior adyacente, La Montaña con Selva Nu-

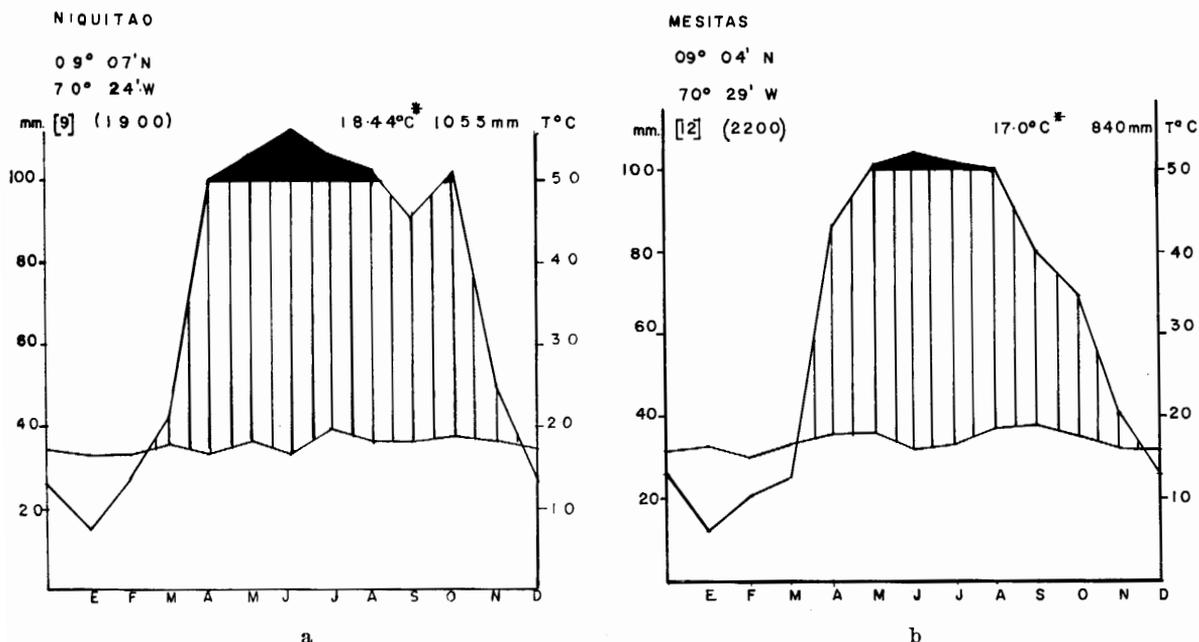


FIGURA 23: Localidades de la Cuenca del Río Boconó que desagua hacia los Llanos Occidentales con patrones hídricos típicamente llaneros o unimodales, Niquitao, (23a), Mesitas (23b).

DISTRIBUCION ESTACIONAL DE LAS HELADAS (LA AGUADA-PICO ESPEJO)  
N° DE DIAS CON HELADAS / MES

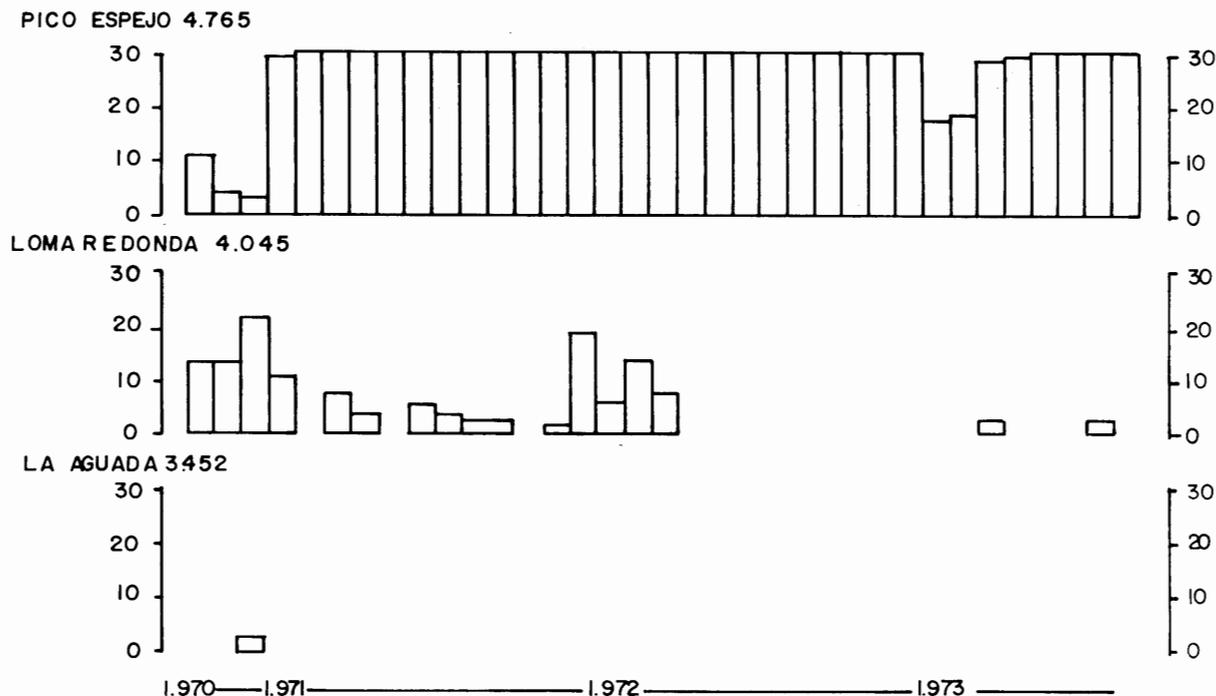


FIGURA 24: Se representa para un lapso de 3 años de registros la ocurrencia de heladas en la transecta La Montaña-Pico Espejo.

blada, no presentó para este período de observaciones ningún día con heladas, por eso no lo hemos representado en la secuencia de la Figura 24.

Con fines comparativos analizaremos la frecuencia de heladas en Mucubají, localidad de páramo situada a una altura equivalente a La Aguada pero con la mitad de precipitaciones (946,8 mm) y estas concentradas en una sola estación de lluvias. Vemos en la Figura 25 que en 18 meses consecutivos de los años 1972-1973 hubo 210 días con heladas, concentrados durante la época seca (datos suministrados por la Estación Meteorológica de Mucubají). La comparación de La Aguada y Mucubají nos hace ver la importancia de una variable ambiental básica como es la precipitación, su cantidad y sobre todo su repartición a lo largo del año, pues influye fuertemente sobre otros factores ecológicos en este caso las heladas. Si comparamos de nuevo las Figuras 24 y 25 vemos que mientras en Mucubají, desde Enero de 1971 a Junio de

1973, hubo 210 días con heladas, en La Aguada para ese mismo período no hubo ningún día con temperaturas bajo cero. Mucubají es una localidad de Páramo Andino con dominancia de Rosetales de *Espeletia spp* las franjas altitudinales que la rodean hacia su límite inferior tienen rosetales de la Formación Páramo Andino que se presentan en todo su entorno desde los 3.000 m de altitud. En cambio La Aguada es una localidad de Páramo Andino con dominancia de pajonales-rosetales y arbustales los cuales se encuentran casi en contacto con la Selva Nublada.

Si comparamos ahora La Aguada con La Montaña vemos que una diferencia importante está dada por el hecho de que en La Aguada, aunque con muy baja frecuencia (ya que pueden presentarse numerosos meses consecutivos y hasta varios años libres de heladas), las heladas pueden ocurrir en intervalos de tiempo variables, lo que intercala cielos polianuales más extremos en los ambientes parameros.

## DISTRIBUCION ESTACIONAL DE LAS HELADAS

MUCUBAJI 3.550 m.

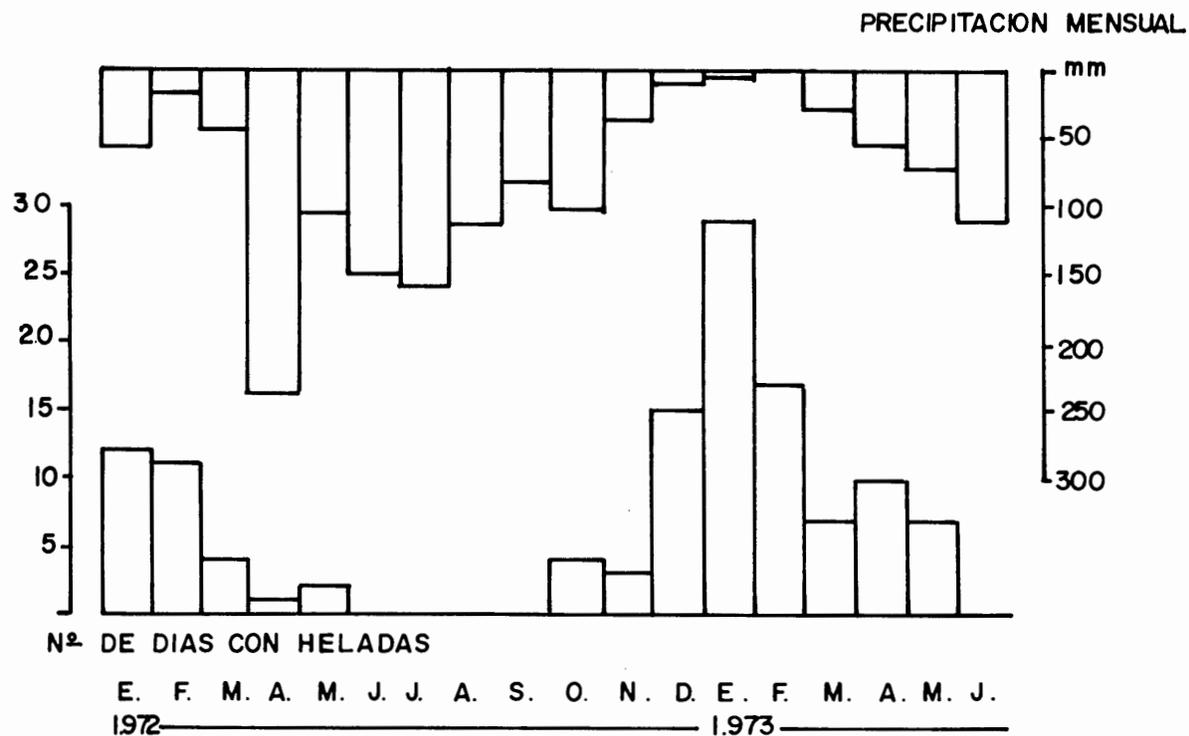


FIGURA 25: Distribución de las heladas en la localidad de Mucubají, un páramo con neto patrón unimodal de precipitación.

En Loma Redonda la ocurrencia de heladas para el lapso de observaciones dio los siguientes resultados: durante los únicos tres meses representados de 1970, octubre a diciembre, hubo 45 días con heladas, en 1971 hubo en total 52 días, la mayor cantidad ocurrió en diciembre lo mismo que para los meses representados de 1970. En 1972 sólo hubo 25 días con heladas, también concentradas durante los meses más secos del año. Luego durante 11 meses consecutivos desde abril 1972 hasta febrero 1973 no se presentaron heladas en los registros meteorológicos.

Vemos que Loma Redonda, localidad situada a más de 4.000 m de altitud, presenta una bajísima ocurrencia de heladas si la comparamos con Mucubají (3.550 m). Comparando con Pico del Aguila (4.118 m y 798 mm de precipitación,

es decir igual altitud y la mitad de precipitación aquí las heladas se presentan o pueden presentarse diariamente (Monasterio 1980a, capítulo 4). Estos hechos tienen una importancia fundamental en la distribución de las formaciones vegetales y las altitudes a las cuales se presenta la demarcación entre los pisos Andino y Altianдино, en las vertientes secas el Altianдино aparece a los 4.000 m y en las húmedas a 4.300. En Pico del Aguila se encuentra el Páramo Desértico y en Loma Redonda los pajonales húmedos del Páramo Andino (ver Monasterio 1980a).

La marcha de las heladas en Loma Redonda muestra una tendencia a una concentración en los meses más secos. Así diciembre de 1970 presentó el mayor número de heladas en esta localidad, esta época debió ser excepcionalmente rigu-

rosa pues en ella se presentaron también las heladas en La Aguada. La tendencia en estos páramos húmedos a una concentración de heladas durante los meses más secos no implica un patrón repetitivo fijo y estable a través del tiempo. Existen años con largos períodos libres de heladas, que no se presentan ni siquiera asociados con los meses considerados más secos, debido quizás a que estos meses tienen mayores precipitaciones unos años que otros, lo cual influye en los valores de radiación-insolación-nubosidad que son las variables que controlan directamente los climas térmicos diurnos. Las consecuencias de estos hechos en los páramos húmedos son ciclos largos libres de heladas intercalados con ciclos de heladas de frecuencia relativa o impacto más moderado.

En Pico Espejo se presentan heladas durante todos los meses del año. Podemos observar que desde febrero de 1971 hasta diciembre de 1972 o sea durante 23 meses consecutivos heló todos los días. Anteriormente en el año 1970 (Figura 24) hubo una fase menos extrema, pues en los tres meses representados (octubre a diciembre) sólo hubo 19 días con heladas: octubre con 11 días, noviembre con 4 y diciembre con 3. Pero lo que hay que resaltar para esta localidad no es la presencia sino la ausencia de heladas, presentando octubre 19 días, noviembre 26 y diciembre 27 días libres de heladas. Este hiatus o fase más favorable en este ambiente casi nival (Figura 24) no vuelve a producirse hasta 2 años después en enero 1973, aunque la fase favorable enero-febrero es de más corta duración y menor intensidad. Estos ciclos polianuales libres de heladas en un ambiente casi nival permiten al Desierto Periglacial ampliar su frontera y colonizar en parte esta área. La fase favorable ocurrida entre octubre y diciembre 1970 es sin embargo para los niveles situados más abajo, Loma Redonda y La Aguada, la de mayor ocurrencia de heladas. En La Aguada y Loma Redonda es la época de escasas precipitaciones, días despejados con fuerte insolación y re-irradiación nocturna lo cual provoca un descenso de las temperaturas. En Pico Espejo, a pesar del cielo despejado y la mayor insolación en esta época se produce un efecto contrario.

La Figura 26 nos indica la ocurrencia de las heladas en cuadradas en los ciclos diarios. Vemos por ejemplo que en Loma Redonda pueden presentarse heladas en horas nocturnas pero también diurnas, hasta las 10 de la mañana y a partir de las 3 de la tarde, con un hiatus entre estas horas. En Pico Espejo las heladas son nocturnas y diurnas presentándose en todas las horas del día, pero también puede haber días con horas libres de heladas aunque esto es menos frecuente.

## NEVADAS

Como fue señalado por Troll (1943 y 1968) en condiciones de la Alta Montaña Tropical las nevadas siguen un ritmo diurno y no estacional. Tales hechos han sido corroborados por Hedberg para el ambiente Afroalpino (1964).

En los páramos de Venezuela las nevadas representan una buena parte de las precipitaciones que caen por arriba de los 4.000 m, en el Altandino. Ello es especialmente importante en el sector más húmedo del Altandino, Sierra Nevada de Mérida, donde actualmente se encuentran los únicos glaciares en Venezuela (Pico Bolívar y Humboldt). En la Figura 27 puede observarse que durante la estación más húmeda, mayo a octubre, se concentra la mayor proporción de nevadas, sin embargo puede haber nevadas ocasionales desde enero. El análisis de la Figura 27 nos indica que el ritmo de las nevadas está en relación con la tendencia al patrón unimodal llanero imperante en Pico Espejo. En esta localidad el resto de la precipitación que cae entre diciembre y marzo es fundamentalmente en forma de lluvia.

En la Sierra de La Culata y en la Sierra de Santo Domingo, las nevadas también están concentradas entre mayo y octubre, pero ocurren con menor frecuencia, especialmente en el Altandino más seco, en el sector nororiental de la Sierra de La Culata (Páramo de Piedras Blancas, etc.).

Por debajo de 4.000 m la precipitación en forma de nieve ocurre de manera esporádica y

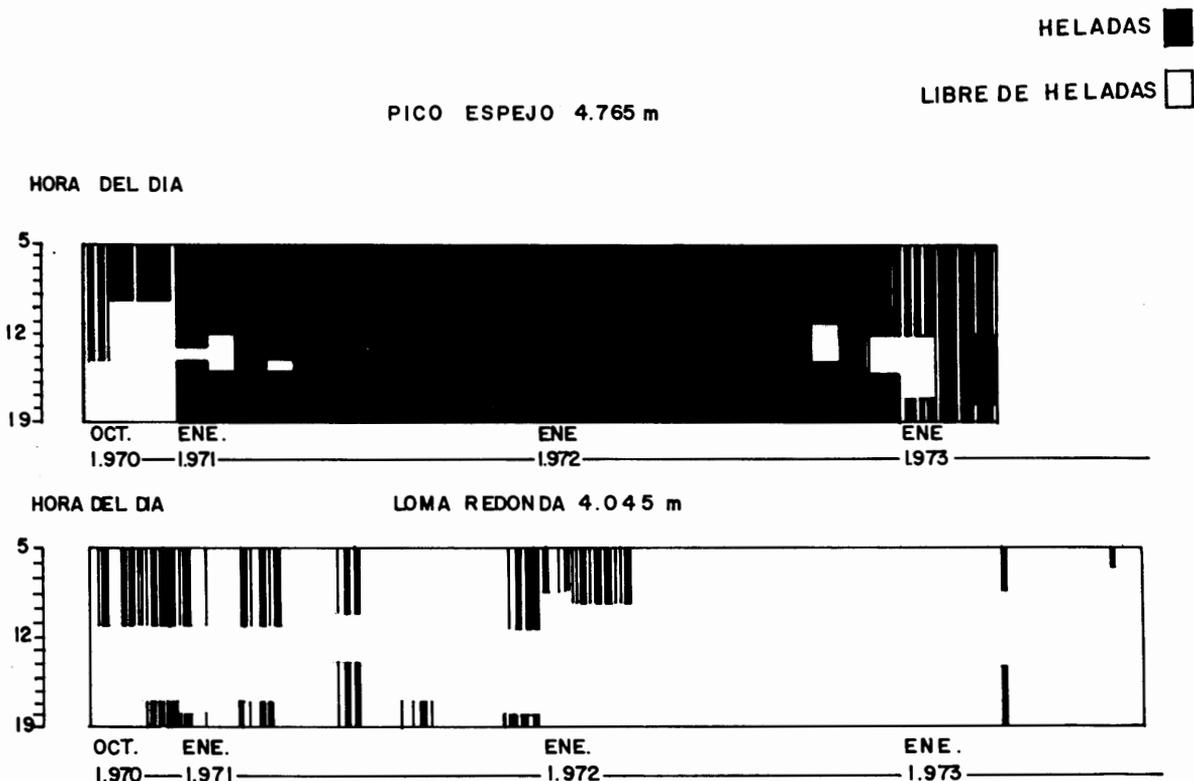


FIGURA 26: Gráfico que representa la ocurrencia de heladas encuadradas en los ciclos diarios para las localidades de Loma Redonda y Pico Espejo (ver explicaciones en el texto).

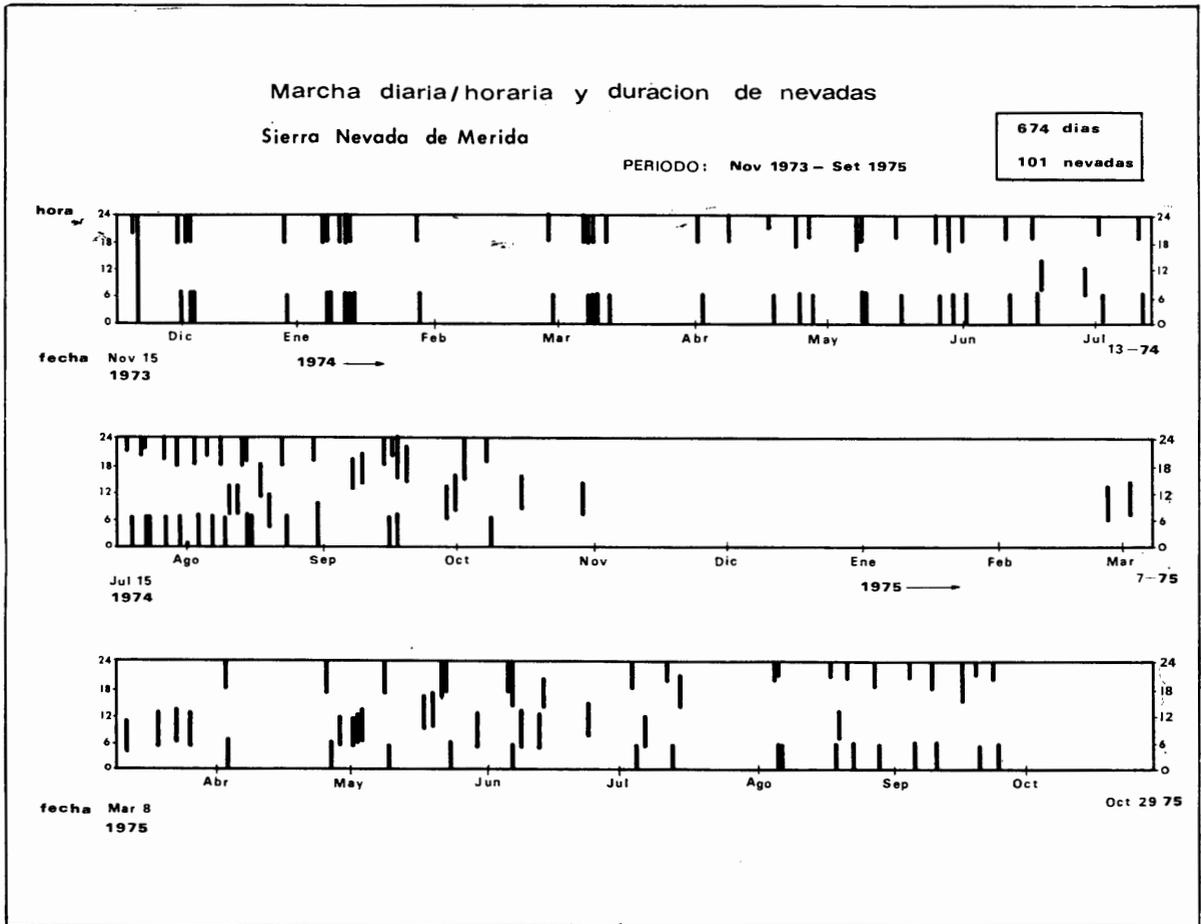
está en relación con las nevadas más intensas del Altiandino y de más larga duración. En estos casos las nevadas pueden llegar hasta cerca de los 3.200 m cubriendo en el sector de Mucuchíes-San Rafael de Mucuchíes los cultivos en años excepcionales. Es de hacer notar que en Venezuela fuera del núcleo central de páramos no ocurren nevadas.

Las nevadas son frecuentemente nocturnas, pero también pueden iniciarse a diferentes horas del día tanto por la mañana como por la tarde, extendiéndose la caída de la nieve durante varias horas.

La capa de nieve que se acumula puede alcanzar entre 20 y 30 cm de profundidad. Su derretimiento puede ocurrir durante el mismo

ciclo climático diario en el que fue depositada o permanecer por dos o tres días. Tales hechos están en función de las condiciones atmosféricas locales imperantes como de los sitios de deposición de la nieve. En la Sierra Nevada de Santo Domingo, en el Pico Mucuñuque (4.672 m), se observó que una nevada depositada en octubre de 1978 permaneció sin derretirse en las cumbres más de un mes. Según Jahn (1925) la Sierra de Santo Domingo poseía glaciares hace menos de un siglo y por eso se la llamaba también Sierra Nevada.

La lluvia en forma de granizo es un fenómeno a señalar también, este fenómeno se presenta en general por arriba de los 4.000 m y suele ocurrir en horas del día durante la época húmeda, asociado a tormentas.



FIGCRA 27: Ritmo de las Nevadas en la Sierra Nevada de Mérida (Registros realizados por Angelina Briceño).

## ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL BALANCE ENERGETICO

### Radiación Global e Insolación.

#### Fluctuaciones Cíclicas

Es sabido que la cantidad de energía que llegaría a la superficie terrestre si no hubiese atmósfera está en función de la latitud. La Figura 28 indica los valores correspondientes a la latitud de Mérida, una localidad andina circundada por los páramos más altos. Se observa que los valores de radiación global presentan 2 máximos anuales como consecuencia del paso del sol por esa latitud 2 veces por año (abril y septiembre). La curva pasa por dos mínimos el primero y

más acentuado en diciembre cuando el sol está en el Hemisferio Sur, el segundo en julio cuando el sol está en el Hemisferio Norte, este mínimo es menos acentuado por la posición de Mérida a  $8^{\circ} 35' N$ .

Sin embargo la radiación que realmente llega a la superficie terrestre está influenciada por la atmósfera, y se encuentra en estrecha relación con variables ambientales como nubosidad, neblina, exposición, etc., lo que condiciona que la radiación global que realmente llega a la superficie terrestre sea variable en cada localidad y habitat y por lo tanto deba ser medida en cada punto.

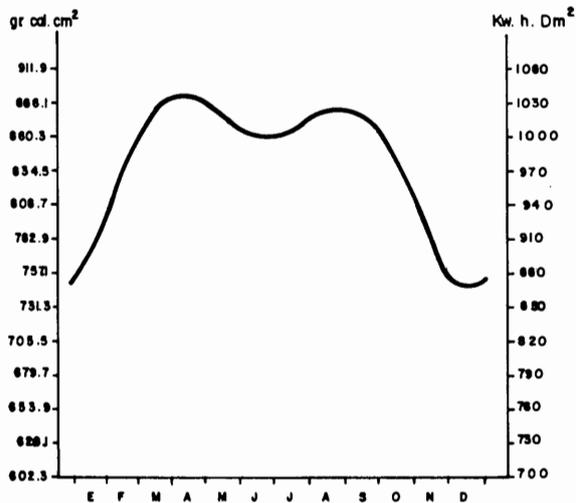


FIGURA 28: Radiación que llega a la parte superior de la atmósfera en la latitud de Mérida (8°35'). Tomado de Burgos et al. 1965.

Se disponen de muy escasas mediciones de radiación global en superficie para el área, Burgos et al. (1965) para la localidad de Mérida, Azócar y Monasterio (1980b) para Mucubají (Figura 29, ver Capítulo 9).

Existen también mediciones de insolación para algunas localidades del área, analizaremos Mérida, Mucuchíes y Mucubají, con fines comparativos ya que constituyen localidades de régimen hídrico bimodal y unimodal.

Para Mérida (Figura 29) las dos curvas de radiación e insolación son bastante concordantes acoplándose sus máximos y mínimos. Estas cur-

vas están asimismo engranadas al régimen hídrico tetraestacional que caracteriza la localidad meridena. Presentándose los máximos de radiación e insolación durante las 2 épocas más secas anuales y los mínimos durante las más lluviosas. En la Figura 30 se grafica la relación entre radiación y nubosidad en Mérida para los años 1959 y 1960 (tomado de Burgos et al. 1965) observándose que las curvas de radiación y nubosidad siguen patrones inversos, presentándose los mínimos de radiación en los máximos de nubosidad. Un comportamiento similar fue encontrado en una típica localidad de Páramo, Mucubají a 3.500 m de altitud, donde se presenta el mismo acoplamiento entre radiación e insolación y la nubosidad tiene picos opuestos a las 2 variables anteriores, Mucubají es un páramo con régimen hídrico típicamente biestacional, (ver Azócar y Monasterio, 1980a y b en los capítulos 8 y 9).

En la Figura 31 y Tabla 4 se muestra la variación de la insolación en la Granja de Mucuchíes, una de las áreas parameras de mayor densidad de población humana. Vemos que durante los 4 meses secos se presenta casi el 50% de la insolación anual, de noviembre a marzo se totalizan más de 200 horas mensuales de sol, por lo tanto Mucuchíes con un régimen hídrico unimodal presenta un sólo máximo de insolación acoplado con la estación seca.

Los más altos valores de la insolación concentrados durante los 4 meses de la estación seca tienen consecuencias agroecológicas importantes,

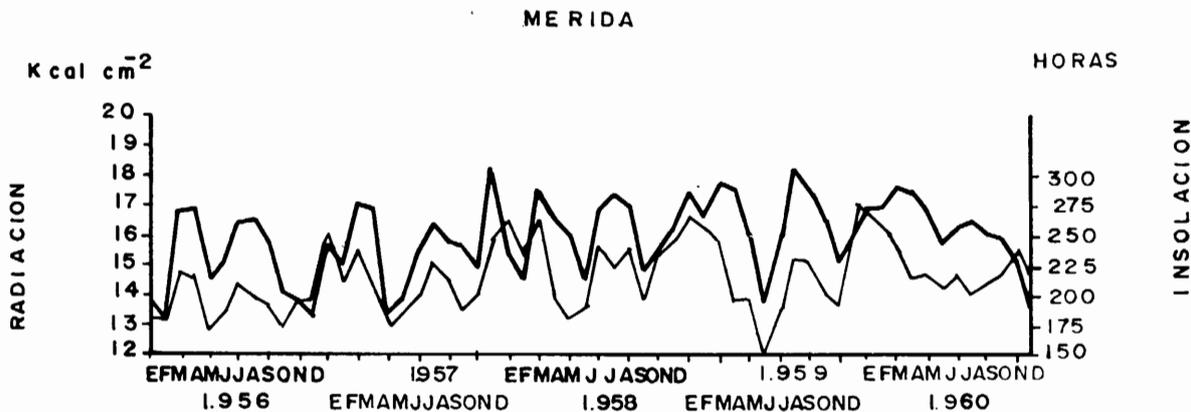


FIGURA 29: Marcha de la Radiación Global y la Insolación para Mérida. Tomado de Burgos et al. 1965.

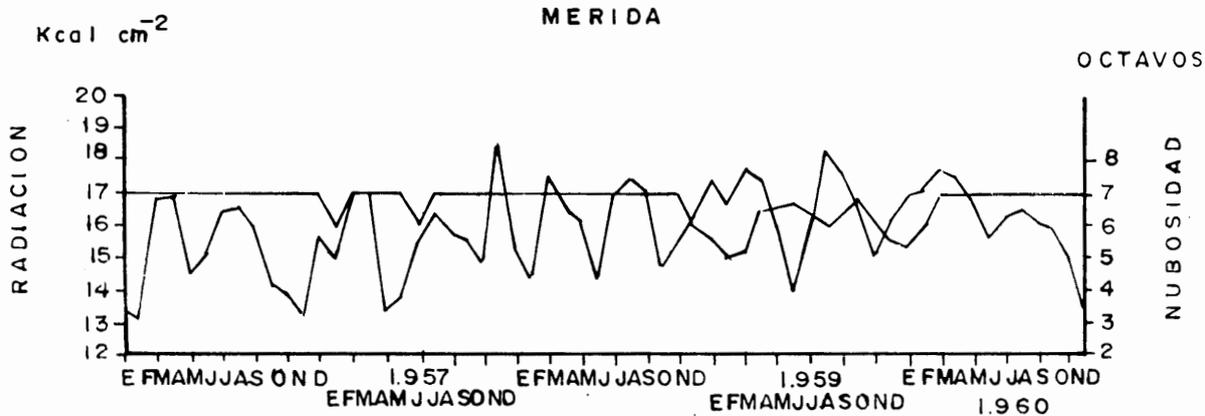


FIGURA 30: Marcha de la Radiación Global y la Nubosidad total para Mérida. Tomado de Burgos et al 1965.

pues durante esta época se totaliza un balance energético más positivo para el crecimiento de los cultivos y maduración de las simientes. Pero el factor limitante en esta época es el déficit hídrico. El riego en este intervalo combinado a la mayor cantidad de energía implica un crecimiento más acelerado y una mayor productividad de los agroecosistemas implantados en los páramos y pre-páramos más secos.

La exposición juega un papel fundamental en los valores de insolación, Tricart (1961) señala para la cuenca del Chama que las vertientes que miran al SE por arriba de los 2.500 m reciben los rayos del sol levante antes de que el cielo se cubra de nubes. Estas vertientes son más secas, la vegetación natural ha sido reemplazada por agricultura, el trigo y las papas, cultivos típicos del piso inferior paramero, descienden por estas vertientes a altitudes más bajas (2.200 m en Escagüey, en la cuenca del Chama).

En cambio, según Tricart (1961) las vertientes con exposición NW no se benefician de igual insolación que las SE, ya que cuando el sol pudiera alcanzarlas ya está muy avanzado el día y el cielo está cubierto de nubes. Solamente en ciertos días de la estación seca o en días despejados excepcionalmente en la húmeda reciben directamente los rayos solares. En estas vertientes mucho más húmedas los cultivos son más difíciles de obtener, la cantidad de calor es

insuficiente para permitir una buena maduración del maíz. La insolación es demasiado débil para el cultivo del trigo y la papa. La Selva Nublada en estas vertientes húmedas ocupa un mayor rango altitudinal, Sarmiento et al. (1971) encontraron que limita directamente con las formaciones de páramo en el entorno de los 3.400 m. En las vertientes con exposición NW correspondientes a la franja de Selva Nublada sólo es posible una utilización moderada de la tierra con fines ganaderos, la selva es un agente altamente eficiente de protección de las vertientes. Actualmente la vertiente NW de la Sierra Nevada de Mérida está bajo el régimen de Parque Nacional.

Andressen et al. (1973) analizan asimismo la influencia de la exposición a lo largo de la Cuenca del Chama. Según estos autores la vertiente del Chama expuesta hacia el Sur a la altura de Mucuchíes parece recibir más insolación pues se beneficia del sol de la mañana cuando es escasa la nubosidad, la vertiente expuesta hacia el Norte parece recibir menos insolación ya que desde comienzos de la tarde (cuando estaría más expuesta a los rayos solares) se incrementa la nubosidad, por lo tanto si bien este fenómeno no tiene las mismas implicaciones que en la franja húmeda de la Selva Nublada, el efecto también se hace sentir en los pre-páramos secos.

Monasterio (1980c, capítulo 7) para un área típica de páramo, analiza las consecuencias de

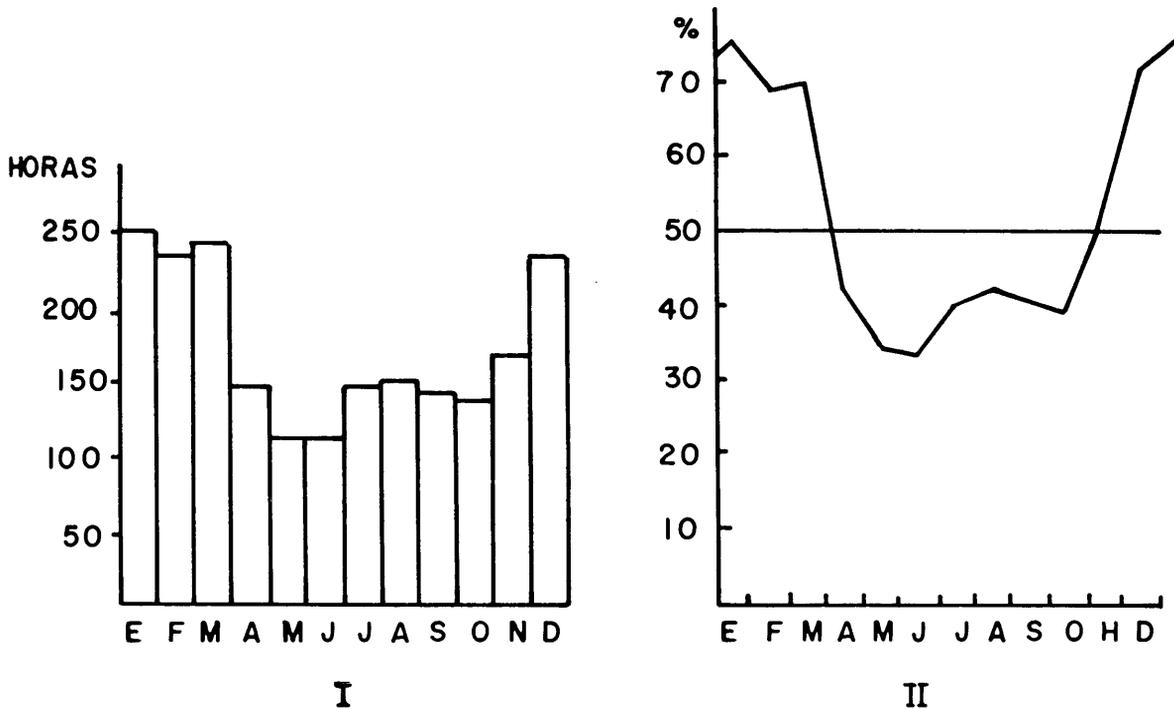


FIGURA 31: Promedios mensuales de Insolación para Mucuchíes (2,970 m). I, Insolación en horas. II, Porcentaje de Insolación teórica y posible. Tomado de Andressen et al 1973 (Fuente P. Perrin, datos inéditos).

TABLA 4. INSOLACION EN HORAS EN LA GRANJA DE MUCUCHIES (2.870 m). PERIODO 1963-1965. (Tomado de Andressen et a. 1973).

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
INSOLACION	MEDIA EN HORAS	8,4	8,1	7,7	5,1	3,6	4,1	5,3	5,4	4,8	4,4	5,6	8,0	5,9
	MAXIMA ABSOLUTA DIARIA EN HORAS	10,1	10,1	10,2	10,4	10,7	10,0	10,8	9,9	9,7	9,8	10,0	9,6	10,8
	MINIMA ABSOLUTA DIARIA EN HORAS	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	1,8	0,0

la exposición N-S que influyeron en Mucubají en el modelado glacial diferencial de las vertientes izquierda y derecha del río Santo Domingo, Azócar y Monasterio (1980b) estudian los mesoclimas diferenciales del área de Mucubají, en gran parte influenciados por la exposición W-E del complejo morrénico Mucubají, la exposición W-E tiene mucho mayor significado ecológico en condiciones tropicales casi ecuatoriales que la exposición N-S influyendo notablemente en la cantidad de insolación reci-

bida, las laderas con exposición Este reciben mayor insolación que las expuestas al Oeste.

En la alta montaña la nubosidad como es sabido juega un papel muy importante en el balance energético. Una buena parte del año, dependiendo las épocas de que se trate de localidades con régimen unimodal o bimodal, el cielo sólo está despejado al principio de la mañana, seguidamente las nubes suben. El sol matinal puede jugar un papel importante, en el Altandino puede además fundir la nieve de la noche.

Andressen et al. (1973) (tomando como fuente los datos de Perrin 1972) analizan la duración de la insolación media diaria, según las estaciones climáticas, para localidades de la Cuenca del Chama. Encuentran que existe una diferencia entre las frecuencias de la duración de la insolación en la estación seca y la húmeda, salvo en lo referente a los días asoleados (10 horas o más de sol), que por lo demás no representan sino un débil porcentaje, a excepción de Mucuchíes, única localidad analizada con régimen unimodal, que tiene aproximadamente 50% durante las dos estaciones. Ambas estaciones son de duración muy desigual 4 y 8 meses para los regímenes unimodales.

**TABLA 5. Porcentaje de insolación estacional en función de la insolación anual. Comparación de una estación con régimen bimodal y otra unimodal. (Datos tomados de Andressen et. al. 1973)**

Lugar	Periodo (Número de años)	Estación seca (4 meses)	Estación lluviosa (8 meses)
Mérida	21	37%	63%
Mucuchíes	5	46%	54%

La Tabla 5 muestra el porcentaje de insolación estacional en función de la insolación anual para Mérida y Mucuchíes. En Mérida la diferencia es menor en cuanto a la duración de la insolación entre las 2 estaciones. En Mucuchíes los cuatro meses de la época seca reciben el 46% de la insolación anual.

Andressen et al. señalan asimismo que en el régimen diario medio de la insolación, la mañana es más asoleada que la tarde (recibe el 60% de la insolación diaria). Hecho que se acentúa a medida que aumenta la altitud y está en relación con el horario de incremento de la nubosidad. Lo que implica un ritmo diurno más acentuado de la insolación en localidades de alta montaña. En cambio en la parte media del Chama, a menor altitud, donde la nubosidad no empieza a aumentar sino en horas de la tarde (ej. La Hechicera), la distribución de la insolación en el curso del día es bastante regular.

Vemos que la radiación y la insolación en la alta montaña son muy variables, presentando en muchas localidades un cielo diurno (durante las horas de luz) en relación con la nubosidad.

Cuando el cielo está despejado la intensidad del sol es notable, a esta altura puede ser nociva para los tejidos de plantas y animales así como de los pobladores que viven en las tierras altas. Esto ha sido señalado para las Regiones Afroalpinas (Hedberg 1964). Las adaptaciones de plantas convergen en estructuras de revestimiento de los tejidos (Monasterio 1979).

Si bien los valores de las variables insolación-radiación están encuadrados en los patrones hídricos (bimodal, unimodal) de cada localidad, hay que enfatizar que dentro de las épocas húmedas o secas existen ritmos diurnos en la marcha de la insolación-radiación-nubosidad. Estos hechos no vienen sino a reforzar la predominancia de los ritmos diarios para la mayor parte de las variables ambientales en la alta montaña tropical. Los Páramos.

## DIVERSIDAD AMBIENTAL Y ENCADENAMIENTO DE LA VEGETACION

### Variaciones de la vegetación a lo largo de gradientes termo-hídricos

La Figura 32 muestra la disposición diferencial de las formaciones vegetales a lo largo de dos gradientes termo-hídricos previamente analizados, uno correspondiente a la serie húmeda Mérida-Pico Espejo, en la ladera intermontana de la Sierra Nevada de Mérida y el otro a una serie más seca Mérida-Mucurubá-Pico del Aguila. Ambas series pertenecen como vimos a dos sectores adyacentes de la Cuenca del Río Chama. Las formaciones vegetales a las cuales nos referiremos a continuación han sido analizadas y mapeadas por Sarmiento et al. (1971) y por Monasterio (1980a), nos remitimos a esos trabajos para mayor información.

En la vertiente húmeda la Selva Nublada aparece en el entorno de los 2.000 m de altitud y con 2.200 mm de precipitación, por debajo de ella y con precipitaciones inferiores se encuentra la Selva Estacional Montana. Mérida a 1.600 m y con 1.600 mm de precipitación es una localidad típica de Selva Estacional y antiguo auge cafetalero. En esta vertiente la Selva Nublada

VARIACIONES DE LA VEGETACION ( Con la altura y la precipitación )

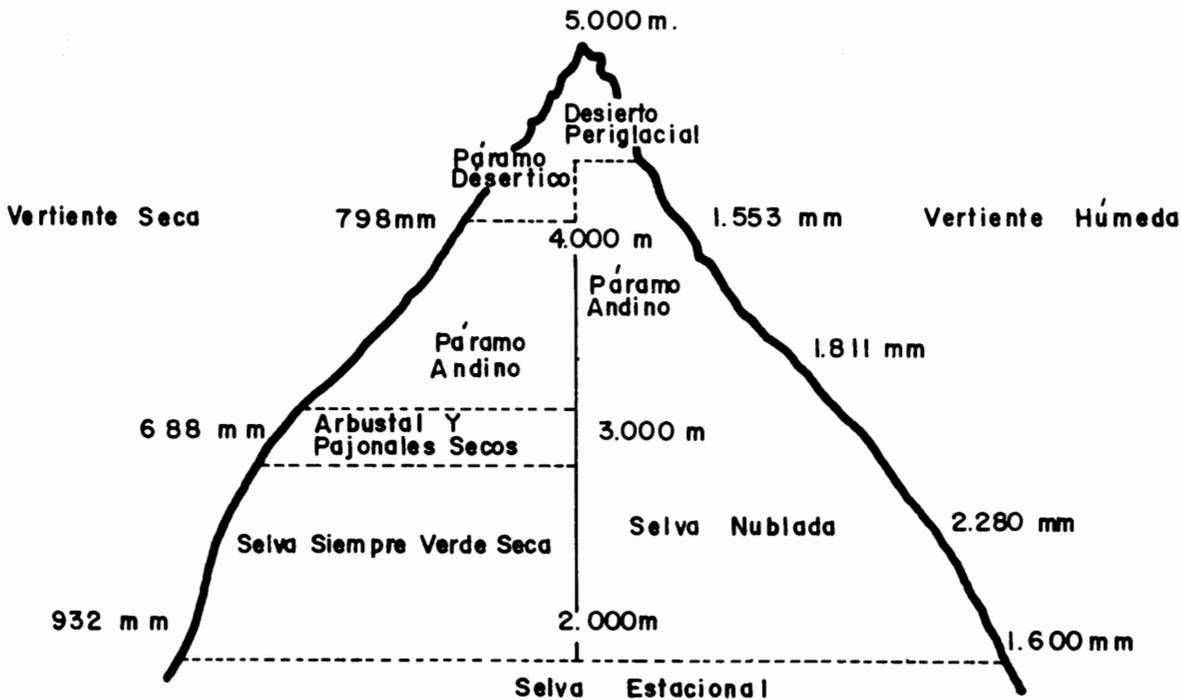


FIGURA 32: Variación de la vegetación a lo largo de dos gradientes altitudinales, uno situado en la vertiente más húmeda de al Sierra Nevada (ver Figura 17), el otro en el sector más seco de la Cuenca del Chama (Ver Figura 18).

sube hasta los 3.400 m, ocupando un rango altitudinal en esta área de 1.500 m y limitando directamente con formaciones de Páramo Andino en este caso Arbustales y Pajonales. A medida que ascendemos la Selva Nublada Montana Alta se va haciendo más abierta y sus árboles más bajos, en su límite superior se incorpora como elemento florístico importante *Espeletia neerifolia*, integrada aquí a la estructura y habitat de la selva.

En este gradiente altitudinal vemos que el máximo de precipitación en función de la altitud se presenta en la Selva Nublada de La Montaña (a 2.442 m), Figura 32, a partir de este máximo los valores decrecen hacia Mérida y La Aguada.

En esta vertiente húmeda las Formaciones de Páramo Andino (aquí representadas por Pajo-

nales y Arbustales) suben hasta 4.300 m, a partir de esta altura aparecen las Formaciones del Altiano (Páramo Desértico y Desierto Periglacial), ver Monasterio (1980a), capítulo 4.

En la vertiente seca Mérida-Pico del Aguila no aparece la Selva Nublada a ninguna altura, sino otra Formación Forestal andina, la Selva Siempreverde Seca, el rango altitudinal de esta formación en esta vertiente es apenas de 500 m (entre 1.800 a 2.400), a partir de Mucurubá (2.307 m) desaparecen las formaciones forestales en las laderas intermontanas, solamente los bosques de *Alnus spp* siguen subiendo asociados a habitats más húmedos como son las galerías y terrazas de los ríos, las quebradas y terrazas-conos. Si bien es difícil definir la vegetación primitiva de las laderas intermontanas, por el uso intensivo agrícola a que han estado some-

tidas, no hay indicios de que en ellas hubiera existido nunca un bosque. Matorrales y arbustales siempre-verdes secos junto con las parcelas agrícolas de las laderas son la vegetación actual. Los Matorrales o Chiriviales de *Dodonea viscosa* son dominantes hasta los 2.600 m, más arriba aparecen los Matorrales de *Bacharis latifolia*, y los Pajonales de *Stipa ichu*.

Este gradiente es de difícil interpretación en cuanto a la vegetación pre-paramera se refiere, y constituye un ecotono antrópico. Los asentamientos agrícolas pre y posthispánicos de los altos Andes de Venezuela constituyeron el núcleo de mayor densidad de población, localizados precisamente a lo largo de esta transecta "seca" en el entorno del sector Mucuchíes, lo cual será analizado en el capítulo 6.

Las Formaciones de Páramo Andino aparecen en este gradiente seco en el entorno de los 3.300 m en mosaico con los agroecosistemas de secano, trigo y papas y no es sino a partir de los 3.500 m que aparecen las formaciones parameras con escaso impacto de uso agrícola. Entre 3.500 a 4.000 m el páramo andino está dominado por Rosetales-Arbustales. A partir de los 4.000 m aparece en esta vertiente seca el Páramo Desértico y el Desierto Periglacial, 300 m antes que en la Sierra Nevada de Mérida, ya que en la porción Nororiental de la Sierra de La Culata las heladas se hacen recurrentes a partir de los 4.000 m.

Vemos que los diferentes gradientes hídrico-térmicos producen un encadenamiento diferencial de las formaciones vegetales de páramo y pre-páramo a lo largo de variaciones altitudinales. En los gradientes más secos el páramo se presenta a altitudes más bajas, en los más húmedos la Selva Nublada sube notablemente. Ya dentro de la Región Paramera también se producen desplazamientos verticales de sus formaciones vegetales como puede verse en la Figura 32 por la distribución del Páramo Desértico, su límite inferior está fuertemente influenciado por las heladas recurrentes.

## **Análisis del contacto Páramo-Bosque (Timberline) en Venezuela**

Si analizamos el contacto Páramo-Bosque a lo largo del ramal andino principal, vemos que se presentan grandes similitudes pero también algunas situaciones específicas. Diversas formaciones forestales forman la línea de demarcación de los páramos en Venezuela: Selva Nublada Montana Alta, Selva Montana Siempreverde Seca, Bosque de *Alnus*, Bosques bajos de *Espeletia neerifolia* etc. Sin embargo no siempre la línea de demarcación de un páramo está dada por un bosque o una Selva montana, también fajas relativamente anchas de formaciones arbustivas pueden constituir el límite inferior de los páramos. Por otro lado debemos considerar los ecotonos antrópicos en la base de los páramos.

Si partimos del extremo norte del ramal andino, páramos de Cendé, Las Rosas, Jabón, para el análisis del contacto Páramo-Bosque, vemos que en esta área la Selva Nublada subiendo por las quebradas alcanza un límite altitudinal de 3.300 m, con árboles de *Podocarpus oleifolius* hasta de 30 m de altura. Aquí la Selva no modifica sustancialmente su fisonomía y altura, como ocurre al ascender por las laderas intermontanas de la Sierra Nevada de Mérida, ya que su ubicación en quebradas con un balance hídrico más favorable pone en contacto directo a la Selva Nublada Montana Alta con las formaciones parameras, éstas se establecen en lugares abiertos, preferentemente en crestas y filos. Un patrón interdigitado de Selvas y Pastizales-Rosetales parameros caracteriza este paisaje. Por arriba de este mosaico de vegetación sobresalen en los picos, cumbres y laderas abruptas las formaciones parameras dominando en toda su extensión estos habitats a manera de islas.

La presencia de páramos en esta área está más en función de un balance hídrico desfavorable, mientras que en los sitios más favorables como son las quebradas y vertientes colectoras, se establece la selva. En estos páramos secos las neblinas casi permanentes de influencia lacustre actúan como un amortiguador de las bajas temperaturas y heladas que son escasas a lo largo del año.

Es difícil hablar en esta región de una línea continua de árboles (*timberline*) en relación a un límite altitudinal preciso. Páramo y Selva coexisten en un rango altitudinal de 400 m. Otra formación forestal presente en esta región son los bosques bajos siempreverdes de *Espeletia neerifolia* descritos en el capítulo 4, que aquí en determinadas situaciones se encuentran asociados al "pattern" dual anterior, interdigitándose en muchas áreas Selvas Nubladas-Páramos-Bosques de *Espeletia neerifolia*, Figura 33, estos últimos se encuentran en los suelos más ácidos sobre lutitas. La Selva Nublada sin embargo sube aquí a mayor altura que los Bosques de *Espeletia neerifolia*, ya que aquélla sigue las vías más húmedas de las quebradas.

En los Pastizales-Rosetales parameros de esta región el elemento florístico dominante es *Swa-llenochloa spencei* que en el páramo toma la

forma de una gramínea en mata de 0,6 a 1 m de altura y en la Selva Nublada adyacente alcanza varios metros de altura. Debemos recalcar este hecho particular de una formación paramera cuyo elemento florístico más importante es un componente natural de las Selvas Nubladas en Centro y Sudamérica (ver Figura 34 y capítulo 4).

En la Sierra de Trujillo los Bosques de aliso de montaña (*Alnus mirbellii* y *Alnus jorullensis*) constituyen una unidad forestal muy importante en contacto con las formaciones parameras. Los Alisales de montaña son bosques semidecídúos a diferencia de los Alisales de galería que son esencialmente siempreverdes. En el Páramo de Tuñame (Edo. Trujillo) se encuentran extensiones considerables de Alisales de Montaña en contacto directo con Páramos. Los Alisales ocupan habitats hídricamente más favorables y al-



FIGURA 33: En la foto se observa la interdigitación del bosque de *Espeletia neerifolia*, en primer plano, la Selva Nublada y el Páramo al fondo. Región de Cendé, 3.000 m.



FIGURA 34: En la Región de Cendé *Swallenochloa spenci* es un elemento importante de los Pastizales parameros y de las Selvas Nubladas adyacentes donde alcanza varios metros de altura. Foto Silvino Reyes.

ternan en un "pattern" en mosaico con las formaciones de páramo hasta alturas de 3.400 m (Figura 35).

Es en el área de Tuñame donde hemos encontrado bosques más extensos y mejor conservados de aliso de toda la Región Paramera. Sin embargo también en algunas partes de la cuenca del Mocotíes se encuentran relictos de aliso de montaña que indican que esos bosques pudieron ocupar un área más extensa y fueron destruidos por el uso intensivo de la tierra en esas localidades de fuerte influencia humana. En las terrazas y conos terrazas de Mucuchíes, sector

seco de la Cuenca Alta del Chama, también se encuentran relictos de Alisales, no así en los faldeos de esta área. En la parte media del Chama, los páramos que se ubican cara al sector de Estanquez (Páramos del Sur del Estado Mérida: Quirorá, San José etc.) muestran relictos de alisales de montaña, pero en esta área también la interpretación de su distribución pasada es difícil por el asentamiento de agroecosistemas en conos y terrazas altas, habitats probablemente preferenciales de los alisos de montaña, conservándose solamente los alisos de galería. Hay que aclarar que en algunos páramos con aliso de montaña también pueden existir lenguas de Selva Nublada en ecotono con los páramos, esto es válido para Tuñame y Los Páramos del Sur del Estado Mérida, pero no así en el Sector Mucuchíes como ya señalamos anteriormente.

Si seguimos nuestro análisis en el núcleo central de páramos: Sierra Nevada de Mérida, La Culata y Santo Domingo, donde ya previamente analizamos las diferentes secuencias de vegetación con la altura en relación a dos gradientes termo-hídricos, vemos que en estas sierras son diversos los ecotonos en el límite inferior de los Páramos. Asimismo en el Núcleo Central se presentan dos líneas o niveles altitudinales de crecimiento arbóreo separadas entre sí por una franja sólo ocupada por formaciones parameras, del orden de los 300-500 m, según la ecología presente en las vertientes. El segundo nivel altitudinal de crecimiento arbóreo está dado por los Bosques Altiandinos de *Polylepis sericea*.

En las vertientes más húmedas ya vimos que existe un contacto casi directo y lineal de los páramos con las Selvas Nubladas Montañas Altas, Ejemplo de ello es el gradiente altitudinal Mérida-Pico Espejo, donde el límite Selvas y Páramos es un límite continuo y rectilíneo. En la prolongación de la Sierra Nevada de Mérida hacia el Sur se encuentran los páramos de los Pueblos del Sur ubicados en sectores más secos. Aquí el límite entre formaciones selváticas tales como Selvas Nubladas, Selvas Siempreverdes Secas Montañas y Bosques de *Espeletia neerifolia* es un límite ondulante en su contacto con los páramos. Subiendo por las quebradas las



FIGURA 35: En el Páramo de Tuñame (Edo. Trujillo) los Bosques de *Alnus spp* se encuentran en mosaico con la vegetación paramera. Foto Carlos Estrada.

Selvas Nubladas, asociadas con exposiciones N-NE; en las laderas de mayor insolación el límite de los páramos es con la Selva Montana Siempreverde Seca y con los bosques bajos de *Espeletia neerifolia* (Figuras 36 y 37).

A lo largo de la extensa Sierra de La Culata se presentan diversas situaciones, en las vertientes más húmedas la Selva Nublada puede alcanzar mayor altitud y presentarse como un límite lineal, Figura 38, en los sectores relativamente más secos los límites son ondulantes. En la porción nororiental analizada en el gradiente altitudinal Mérida-Pico del Aguila, los páramos no limitan ni creemos limitaron nunca con bosques sino con fajas de Matorrales o arbustales, el sector nororiental es el sector más seco de esta Sierra.

Siguiendo una dirección Sur en el ramal Andino (Páramos del Batallón, La Negra, Zumbador) las Selvas Siempreverdes Montanas Altas

limitan con los páramos. Las especies que integran esta formación presentan caracteres morfoecológicos de gran escleromorfía y succulencia, sus especies más importantes son *Brunelia acutangula*, *Persea mutisii*, *Clussia spp*, helechos arborescentes (*Cyathea sp.*), *Espeletia marcensens*, *Espeletia pittierii*, componentes de esta formación que presentan estrategias tanto de las Selvas Nubladas como de las Selvas Siempreverdes Secas, Figura 39. En esta área Matorrales secundarios son frecuentes como límites interpuestos actualmente entre páramos y selvas.

En los Páramos de Tamá un cinturón ancho de Selva Nublada bordea el páramo (Figura 40), varias horas de camino son necesarias para cruzarlo y llegar a las mesetas, casi "tepuys", donde se encuentran los páramos más sureños de Venezuela (ver capítulo 4).

Por lo tanto no existe en Venezuela un "tim-



FIGURA 36: Páramo de San José a 3.100 m, ecotono entre Páramo y Selva Montana, que alcanza su avanzada altitudinal “subiendo” por las quebradas. Foto Mario Fariñas.

*berline*” continuo en el límite inferior de los páramos, ya que es de hacer notar la presencia en varias áreas de arbustales y matorrales de pre-páramo intercalados entre formaciones selváticas del Piso Subandino y las formaciones del páramo. Existen actualmente áreas que tienen arbustales por degradación de los bosques infrayacentes que fueron destruídos, formando actualmente Matorrales de *Clusia spp* y de *Pteridium aquilinum*. Otras áreas presentan arbustales primitivos o sea no por degradación forestal, dominados por Compuestas en sectores muy secos y por Ericaceas sobre suelos muy ácidos, formando “cinturones” de Compuestas o de

Ericaceas, a lo largo de las secuencias altitudinales en esas áreas.

Ya mencionamos que en el Núcleo Central de Páramos se presentan dos líneas de crecimiento arbóreo, la segunda ubicada en los niveles más altos pertenece al Bosque Altitudinal de *Poly-lepis sericea*, bosque que aparece por arriba de los 3.600 m y hasta 4.300. El ambiente de páramo presenta “nichos-refugio” para el crecimiento forestal por arriba del límite “tradicional” de crecimiento arbóreo, problema que seguiremos abordando en otros capítulos de este libro.



FIGURA 37: Interdigitación entre Selvas Montanas, Bosques de *Espeletia neerifolia* y arbustos Parameros. Páramo de Quirora 3.000 m. Foto Guillermo Sarmiento.



FIGURA 38: Límite casi lineal entre la Selva nublada y el Páramo. Sierra de La Culata, fotografía de Mario Fariñas tomada desde Mérida.

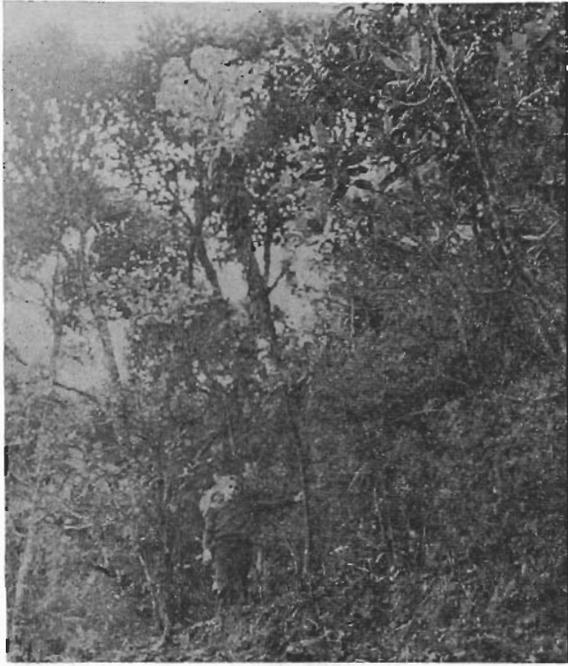


FIGURA 39: Selva Siempreverde Montana en la base del Páramo El Batallón, en primer plano *Espeletia marcensens* sostenida por Chaquita. - Foto Mario Fariñas.



FIGURA 40: Selva Nublada en la base del Páramo de Tamá (Estado Táchira).

## BIBLIOGRAFIA

- ANDRESSEN, R. y PONTE, R. 1973. Climatología e Hidrología. Estudio Integral de las Cuencas de los Ríos Chama y Capazón. Sub-Proyecto No. II. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, ULA. Mérida.
- AZOCAR A. y MONASTERIO, M. 1980a. Caracterización Ecológica del Clima en el Páramo de Mucubají. En M. Monasterio (Ed.): *Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos*. Ediciones de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- AZOCAR, A. y MONASTERIO, M. 1980b. Estudio de la variabilidad meso y microclimática en el Páramo de Mucubají. En M. Monasterio (Ed.): *Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos*. Ediciones de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- BURGOS, J., GONZALEZ, E. y SANCHEZ CARRILLO, J. 1965. Estimación de la Radiación Global en Venezuela. *Agronomía Tropical*, Vol. XV (1-4), 75-99.
- CASTILLO, J. B. 1953. El Cultivo del Trigo en las Cabeceras del Río Chama. Estado Mérida. MAC.
- DE FINA, A. L. y SABELLA, J. L. 1960. Cálculo de las temperaturas de localidades montañosas carentes de observaciones termométricas. *Instituto de Suelos y Agrotecnia*. Publicación No. 66. Buenos Aires, Argentina.
- GAUSSEN, H. 1955. Expression du Milieux par des Formules Ecologiques. Leur Representation Cartographique. *Les Divisions Ecologiques du Monde*. CNRS. París.
- HEDBERG, O. 1964. Features of Afroalpine Plant Ecology. *Acta Phytogeográfica Suecia*, 49: 1-114.
- JAHN, A. 1912. La cordillera venezolana de los Andes: *Rev. Técnica*, Ministerio de Obras Públicas, Caracas, 40 p.
- JAHN, A. 1925. Observaciones glaciológicas en los Andes venezolanos: *Cultura Venezolana*, No. 64, p. 5-15.
- LIVINGSTONE, D. A. 1967. Postglacial Vegetation of the Ruwenzori Mountains in Equatorial Africa. *Ecological Monographs*, 37: 25-52.
- LIVINGSTONE, D. A. 1979. Quaternary Geography of Africa and the Theory of Rainforest Refugia. Fifth International Association for Tropical Biology Symposium, La Guaira, Venezuela.
- MONASTERIO, M. 1970. Ecología de las sabanas de América tropical. II Caracterización ecológica del clima en los Llanos de Calabozo, Venezuela. *Rev. Geogr.* 21, 5-38.
- MONASTERIO, M. 1979. El Páramo Desértico en el Altiano de Venezuela. En M. Salgado Labouriau (Ed.): *Symposium Internacional sobre el Medio Ambiente Páramo*. UNESCO. Caracas.
- MONASTERIO, M. 1980a. Las formaciones vegetales de los Páramos de Venezuela. En M. Monasterio (Ed.): *Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos*. Ediciones de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- MONASTERIO, M. 1980b. Poblamiento Humano y Uso de la Tierra en los Altos Andes de Venezuela. En M. Monasterio (Ed.): *Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos*. Ediciones de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- MONASTERIO, M. 1980c. El Páramo de Mucubají dentro del cuadro general de los Páramos Venezolanos. En M. Monasterio (Ed.): *Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos*. Ediciones de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- MURRA, J. 1978. Algunos contrastes entre los Páramos y las Punas como zonas de establecimiento humano. Seminario Internacional Medio Ambiente Páramo, Mérida, Venezuela.
- SALGADO-LABOURIAU, M. 1977. Paleoeological analysis of a Late-Quaternary terrace from Mucubají, Venezuelan Andes. *Journal of Biogeography*, 4, 313-325.
- SANCHEZ CARRILLO, J. 1965. Mesoclimas en la cuenca del Lago de Maracaibo. *Agronomía Tropical*. Vol. XV (1-4), 101-137.
- SARMIENTO, G., MONASTERIO, M., AZOCAR, A. CASTELLANO, E. y SILVA, J. 1971. *Vegetación Natural*. Estudio Integral de la Cuenca de los Ríos Chama y Capazón. Sub-Proyecto No. III. Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- SCHUBERT, C. 1976. Glaciación y Morfología Periglacial en Los Andes Venezolanos Noroccidentales. *Bol. Soc. Venezol. Ciencias Naturales*, 32, 149-178.
- SCHUBERT, C. 1980. Aspectos geológicos de los Andes Venezolanos: Historia, Breve síntesis, El Cuaternario y Bibliografía. En M. Monasterio (Ed.): *Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos*. Ediciones de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- TRICART, J. 1961. *Problèmes de Mise en Valeur des Montagnes Tropicales et Subtropicales*. II: *Problèmes du développement dans les Andes Venezueliennes*. Centre de Documentation Universitaire, París.
- TROLL, C. 1943. Thermische Klimatypen der Erde. *Peterm. Geogr. Miitt.* pp. 81-89.
- TROLL, C. 1968. The Cordilleras of the Tropical Americas. Aspects of Climate, Phytogeographical and Agrarian Ecology. In. C. Troll (Ed.): *Geo-Ecology of the Mountains Regions of the Tropical Americas*. Proceedings of the UNESCO México Symposium: 13-56.
- VAN DER HAMMEN, T. 1974. The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. *Journal of Biogeography*, 1, 3-26.
- WALTER, H. y MEDINA, E. 1971. Caracterización climática de Venezuela sobre la base de climadiagramas de estaciones particulares. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*. Tomo XXIX, Nos. 119-120: 211-240.