

JOSE A. LOZANO - JOSE DANIEL PABON
EDITORES



**MEMORIAS DEL
SEMINARIO TALLER
SOBRE ALTA MONTAÑA
COLOMBIANA**
(Santafe de Bogotá, 13-15 de octubre de 1993)

TEXTOS:

THOMAS VAN DER HAMMEN
ANTONIO FLOREZ
JOSE DANIEL PABON
ORLANDO RANGEL
LUIS EDUARDO MORA-OSEJO
ABSALON MACHADO
DIMITRY MITOV PAVLOV

ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES
COLECCION MEMORIAS No. 3

ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES
COLECCION MEMORIAS No. 3



MEMORIAS DEL SEMINARIO TALLER SOBRE ALTA MONTAÑA COLOMBIANA

(Santafé de Bogotá, 13-15 de octubre de 1993)

Editores:

José A. Lozano
José Daniel Pabón

Textos:

Thomas van der Hammen
Antonio Flórez
José Daniel Pabón
Orlando Rangel
Luis Eduardo Mora-Osejo
Absalón Machado
Dimitry Mitov Paulov

SANTAFE DE BOGOTA, D.C.
1995

© Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
 Cra. 3A No. 17-34, Piso 3o.- Apartado 44763 - Fax (571) 2838552
 E. Mail accefyn@colciencias.gov.co
 Primera Edición, 1995 - Santa Fe de Bogotá, D.C.-Colombia

© José A. Lozano, José Daniel Pabón

Reservados todos los derechos. Este libro no puede ser reproducido total o parcialmente sin autorización.

Presidente de la Academia : Luis Eduardo Mora-Osejo
 Director de Publicaciones : Santiago Díaz-Piedrahita
 Comité Editorial : Eduardo Brieva Bustillo
 Período 1994-1996 : Gonzalo Correal Urrego
 Hernando Dueñas Jiménez
 Paulina Muñoz de Hoyos
 Gerardo Pérez Gómez
 Víctor Samuel Albis González

Esta publicación ha sido realizada con la colaboración financiera de COLCIENCIAS, entidad cuyo objetivo es impulsar el desarrollo científico y tecnológico de Colombia.

Las opiniones expresadas en las conferencias son responsabilidad de los autores y no comprometen la posición de las entidades organizadoras del Seminario Taller, ni de los participantes en el Comité para el Estudio de las Áreas de Alta Montaña.

ISBN: 958-9205-16-X

Clasificación Dewey: 574.52626 A 168 m

Materias: 1. ECOLOGIA MONTAÑOSA-COLOMBIA. 2. ECOLOGIA DE PARAMOS-COLOMBIA. 3. VEGETACION Y CLIMA-COLOMBIA. 4. TRANSPIRACION VEGETAL. 5. EVAPOTRANSPIRACION
 I. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
 II. Lozano, José A., ed. III. Pabón, José Daniel. IV. Hammen, Tomás van der V. Tit. VI. Serie

Autoedición e Impresión:
 EDITORA GUADALUPE LTDA.
 Apartado 29675 - Tel.: 269 05 32
 Printed in Colombia - Impreso en Colombia

CONTENIDO

	Pág.
PREAMBULO	7
La dinámica del medio ambiente en la alta montaña colombiana: historia, cambio global y biodiversidad <i>Thomas van der Hammen</i>	11
Alta montaña: algunos factores de cambio ambiental <i>Antonio Flórez</i>	17
Aspectos globales y regionales del cambio climático y su impacto en la alta montaña colombiana <i>José Daniel Pabón</i>	19
Consideraciones sobre la diversidad y la vegetación de alta montaña en Colombia <i>Orlando Rangel</i>	33
La Transpiración en las plantas del páramo y del bosque alto andino y sus relaciones con los factores ecoclimáticos y la anatomía foliar <i>Luis Eduardo Mora-Osejo</i>	61
Condiciones institucionales y regulación del impacto socio-económico del cambio en la alta montaña <i>Absalón Machado</i>	71

¿Falta mucho para acabar con los páramos? <i>Dimitry Mítov Pavlov</i>	83
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	89
ACTA DE INTENCION	91
TALLER	
PROYECTO MARCO	97
ASISTENTES AL SEMINARIO TALLER	111

PREAMBULO

De suyo los ecosistemas tropicales se cuentan entre los más complejos y frágiles del planeta, en particular los de las altas montañas, donde precisamente los factores determinantes de la condición tropical se acentúan.

Pero es precisamente de los ecosistemas de alta montaña tropical de donde proceden recursos tan importantes, como el agua y la energía, para el sostenimiento y desarrollo de las poblaciones humanas que habitan las veredas, las pequeñas aldeas o las grandes ciudades, como ocurre en Colombia.

Sin embargo, particularmente en el caso de Colombia, es muy poco lo que se conoce sobre la dinámica e interrelaciones de los factores determinantes de la disponibilidad de tales recursos, en razón de la notoria discontinuidad de los estudios, ocasionada, entre otros, por la falta de coordinación interinstitucional, como se señaló en las intervenciones y discusiones que tuvieron lugar en desarrollo del "Seminario-Taller sobre Alta Montaña Colombiana", cuyas memorias se publican en este volumen.

En el intento de superar esta situación, la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales decidió promover el acercamiento de Instituciones interesadas en el estudio de los cambios globales del clima y sus efectos en el ámbito tropical; como resultado de este esfuerzo se elaboraron los perfiles de los proyectos que conformarían la participación Colombiana, en el programa internacional IGBP (Cambio Global). Entre estos proyectos, los relativos al estudio de las áreas de alta montaña colombianas, en el marco del Cambio Global, merecieron particular atención, no solamente en razón de su viabilidad sino también por cuanto su realización, permitiría obtener conocimientos significativos sobre la estructura y dinámica de los ecosistemas andinos, en general y del impacto que sobre ellas tendría el Cambio Global del Planeta. Estos conocimientos, a la vez, son indispensables para el abordamiento de problemas tales como la reforestación de las cordilleras, propagación y cultivo de especies nativas in-situ, controles a los procesos de erosión de los suelos, manejo de bosques y plantaciones comerciales de plantas nativas y foráneas, entre otros.

Posteriormente, varias instituciones, pertenecientes a los sectores público y privado, en respuesta a una convocatoria hecha por el HIMAT, constituyeron el "Comité ad-hoc de Alta Montaña Colombiana", con el fin de propiciar la cooperación interinstitucional. Dicho comité fue coordinado por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y el HIMAT.

Entre los resultados del trabajo de este Comité, cabe destacar la iniciativa de efectuar el "Seminario-Taller de Alta Montaña", con el propósito de lograr consenso sobre las pautas para la elaboración del "Proyecto Marco para el Estudio de las Áreas de Altas Montañas de Colombia", con participación del sector público y privado; como en efecto se cumplió, entre el 13-15 de octubre de 1993.

Entre los resultados del "Seminario-Taller sobre Alta Montaña Colombiana" cabe destacar la claridad lograda sobre los aspectos que a continuación se enuncian y que habrán de ser tenidos en cuenta en la preparación del Proyecto mencionado:

- Necesidad inaplazable de adoptar medidas conducentes a evitar el deterioro de las áreas de Alta Montaña que aún mantienen su condición prístina y a la recuperación, hasta donde aún fuere posible, de las áreas ya intervenidas y afectadas por la acción antrópica.

- Complementación de los estudios básicos de los recursos y de la dinámica y estructura de los ecosistemas de los que puedan derivarse criterios generales para la elaboración de modelos de desarrollo sostenible, adecuados a las características singulares de las diferentes regiones.

- Adopción de medidas dirigidas a facilitar la participación y concientización de la población campesina y de propietarios de predios situados en las zonas de Alta Montaña, a fin de lograr su concurso y compromiso de cooperar en la puesta en práctica de las medidas que se adopten para la recuperación del equilibrio de los ecosistemas ya intervenidos y la conservación de las áreas prístinas.

Complemento indispensable para el buen logro de todos estos esfuerzos, tendrá que ser, necesariamente, la preparación de proyectos de ley en referencia a la conservación que desarrollen los mandatos constitucionales previstos, particularmente, en los artículos 8, 79 y 80 de la Constitución Nacional, expedida en 1991.

Tales normas, entre otros particulares, tendrán por objeto evitar la expansión del límite de la agricultura y el pastoreo a zonas cada vez más altas de las cordilleras, la construcción de obras civiles que causan daños irreparables a los ecosistemas, la explotación irracional del subsuelo y la supresión de las quemadas. En relación a las quemadas, cabe subrayar la urgencia de llevar adelante estudios dirigidos a determinar el impacto del cambio global del clima del planeta sobre los ecosistemas de Alta Montaña de Colombia.

Se trataría de definir no solamente la magnitud de tal impacto sino sus efectos sobre la estructura y dinámica de los ecosistemas; su influjo sobre la extensión de las áreas ocupadas por la vegetación paramuna, sobre los ciclos fenológicos, entre otros. En lo que respecta al impacto del posible aumento de CO₂ en la atmósfera de las Altas Montañas, cabe destacar la importancia y urgencia de definir la magnitud de tal aumento y su influjo sobre la temperatura y la fotosíntesis.

LUIS EDUARDO MORA-OSEJO

**COMITE PARA EL ESTUDIO DE LAS AREAS DE ALTA MONTAÑA
COLOMBIANA**

ENTIDAD COORDINADORA

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - ACCEFYN

ENTIDADES PARTICIPANTES

Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras - HIMAT

Instituto Colombiano de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente - INDERENA.

Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química - INGEOMINAS

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC

Universidad Nacional de Colombia - UNAL

Dirección Nacional para Prevención y Atención de Desastres - DNAPD

Escuela de Administración Finanzas y Contaduría-EAFIT

Instituto Colombiano de Fomento a la Investigación «Francisco José de Caldas» - COLCIENCIAS

SEMINARIO TALLER SOBRE ALTA MONTAÑA COLOMBIANA

Comité Organizador

José A. Lozano

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

José Daniel Pabón

Leonardo Rivera

Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras

Editores

José A. Lozano

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

José Daniel Pabón

Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras

La Dinámica del Medio Ambiente en la Alta Montaña Colombiana: Historia, Cambio Global y Biodiversidad

THOMAS VAN DER HAMMEN ¹

INTRODUCCION

Colombia posee en su alta montaña, en el bosque alto-andino y especialmente en el páramo, un gran depósito de especies de plantas, y también de animales; una gran biodiversidad. Es un legado de la historia, del levantamiento de las cordilleras, de glaciaciones e interglaciales, de evolución, adaptación y migración: procesos creativos.

Solo en los páramos de la Cordillera Oriental hay unos 260 géneros de plantas fanerógamas, y un múltiplo de esta cifra de especies, entre ellas más de 50 especies de frailejones todas endémicas. Ese legado maravilloso, de millones de años de historia, corre ahora gran peligro, y depende también de nosotros, si se salva o se pierde. También pueden correr peligro nuestras fuentes de agua, que se encuentran en la alta montaña, y de las que dependen la vida de una buena parte de la población. Por todo esto, la alta montaña colombiana es una zona que demanda toda nuestra atención y estudio pero sobre todo nuestra acción decidida para protegerla.

A continuación quisiera mostrar algo de los procesos históricos y dinámicos mencionados, incluyendo el aspecto de cambios globales naturales del pasado y la génesis de la biodiversidad, para luego considerar los cambios globales y locales actuales, y sus efectos sobre los ecosistemas de la alta

¹ Miembro Honorario de la Academia Colombiana de Ciencias

montaña; para, finalmente, llegar a conclusiones sobre que es lo más urgente para hacer, si queremos salvar esta zona extraordinaria, de tanta importancia para el país y para el mundo.

LOS CAMBIOS DEL PASADO

La historia de la vegetación de la alta montaña colombiana comienza con el levantamiento de las cordilleras.

En el Mioceno probablemente hubo localmente montañas con cimas en la zona bioclimática del bosque andino, pero el levantamiento mayor hasta una altura actual tuvo lugar entre aproximadamente 5 y 3 millones de años, antes del presente. En esa época se deben haber formado la mayoría de los páramos que conocemos hoy día.

La alta montaña colombiana que entonces se formó, como un archipiélago de clima frío en un mar de clima templado y caliente, no se pudo poblar sino gradualmente. Hubo evolución adaptativa desde zonas más bajas hacia arriba y hubo inmigración (y sucesiva evolución - adaptación) desde el norte de la región Laurasiática terciaria y la región actual Holártica, y desde el sur, de la región austral Antártica.

Cuando comienza el Cuaternario (hace unos 2,5 millones de años), las cordilleras se encuentran ya a su altura actual, pero parece que el límite altitudinal del bosque se encuentra todavía algunos centenares de metros más bajo que hoy día, siendo la zona del bosque alto andino probablemente todavía más angosta que hoy día.

La inmigración en la zona alto andina de especies fundadoras desde el sur puede haber comenzado ya durante el Mioceno; la inmigración desde el norte se facilita mucho con la formación del istmo de Panamá (hace 6 ó 5 millones de años), y la formación de muchas "islas" de clima frío desde este istmo hacia el sur ("stepping stones").

El Cuaternario presenta una larga secuencia de períodos glaciales e interglaciales y cambios climáticos menores. Durante los glaciales, las temperaturas medias anuales llegan hasta unos 8°C menos que hoy día, causando una gran extensión de los glaciares y un descenso del límite altitudinal del bosque hasta de 1.300 m o más (llegando a situarse localmente a una altura de 2000 m).

Durante los interglaciales las temperaturas son parecidas a las actuales, pero pueden también llegar a ser unos 2°C más altas que hoy día. Durante el actual interglacial, el Holoceno, se presentaron temperaturas más altas entre aproximadamente 7.000 y 3.000 años antes del presente.

Durante las glaciaciones las zonas de clima frío se multiplican en superficie facilitando aún más la inmigración, y vemos que durante el Plioceno

y Cuaternario aumenta gradualmente la biodiversidad, de manera que la mitad de los géneros de la flora actual de páramo tiene su origen en las zonas latitudinales templadas.

PARAMOS

En los páramos de la Cordillera Oriental, hay actualmente como ya mencionamos, unos 260 géneros de plantas, y un múltiplo de esta cifra de especies, entre ellas unas 36 especies del género *Espeletia* s.s (Fraylejón). El relativo aislamiento de muchos páramos en la Cordillera Oriental ha causado un endemismo notorio. La Cordillera Central tiene una zona larga poco interrumpida de páramo, con solo dos especies de *espeletia*, y faltan decenas de géneros existentes en la Cordillera Oriental. La continuidad de la zona de páramo y el fenómeno de extinción por las grandes erupciones volcánicas, son factores en la explicación de la actual biodiversidad de la Cordillera Central.

Durante los últimos 10.000 años de Holoceno, nuestro actual interglacial, se han presentado frecuentes cambios de temperatura y de precipitación, de menor amplitud que de los de la alternación glacial - interglacial, pero que también tuvieron impacto en la vegetación de la alta montaña; cambios en la posición del límite altitudinal del bosque de varios centenares de metros, cambios en el nivel de lagunas y la extensión de turberas, etc.

De los últimos miles y centenares de años conocemos fuertes cambios en la precipitación, del orden de los que se presentan en el Fenómeno de El Niño, pero que duraron mucho más tiempo, hasta uno o varios siglos, y que deben haber afectado a toda la parte andina del país, lo cual se traduce en bajos niveles de las lagunas, y muy bajos niveles de inundación del río Magdalena.

CAMBIOS ACTUALES Y EL FUTURO DE LOS PARAMOS

Acabamos de ver como la actual vegetación y gran biodiversidad de la alta montaña colombiana es el resultado de millones de años de una complicada historia, un legado que está ahora en nuestras manos. El hombre puede destruirlo todo en unos pocos decenios, o puede salvarlo, recuperarlo, para guardarlo intacto para el futuro, y asegurar los beneficios que tiene para toda la población actual y la del futuro.

Es importante entonces evaluar los efectos de los cambios globales y locales que afectan la alta montaña.

Ante todo, se puede decir que para evitar un nuevo apagón y escasez generalizada de agua, es muy importante saber que en el pasado relativamente reciente, se han presentado, repetidas veces, períodos hasta de más de un siglo, con precipitaciones hasta de 25% debajo del promedio, como ahora pasa durante unos pocos años con el Fenómeno de El Niño. Si no se toma en cuenta este hecho, nuestros hijos podrían sufrir un apagón que dure más de 100 años, una posibilidad por cierto preocupante.

En circunstancias naturales, los cambios globales de temperatura y humedad no causaron extinción en masa, ya que la flora y la fauna podían moverse libremente a lo largo de gradientes altitudinales de temperatura y humedad. Hoy día, el hombre ha causado la fragmentación de bosques, y en parte de páramos; los campos de cultivo y potreros forman barreras para la migración. Un descenso fuerte de temperatura podría entonces llevar a la extinción de muchas especies.

Un ascenso de 2 °C como se podría esperar en el próximo siglo, podría causar la desaparición de buena parte de los hielos de los nevados y de algunas áreas pequeñas de páramo, pero la mayoría de los páramos seguiría existiendo en áreas un tanto reducidas.

No obstante parece haber un efecto secundario de este cambio global del clima actual, mucho más grave, que es el ascenso del límite de la agricultura. Por un lado desaparecen los bosques alto-andinos con una rapidez alarmante, y por otro lado el cultivo de papa sube cada vez más destruyéndose el páramo y, como si eso fuera poco, a eso se añade ahora la amapola.

Fuera de este cambio, está la influencia de la ganadería en el páramo: pastoreo, pisoteo y quemas. El estudio del impacto de estos factores apenas ha comenzado, pero ya se puede decir algo al respecto. Pastoreo hubo ya antes de la venida del hombre, como por venados y conejos, y se puede decir que este pastoreo natural no es nocivo, sino que más bien tiende a aumentar algo la diversidad. Igualmente, quemas muy limitadas, como deben haber ocurrido naturalmente, por ejemplo por rayos, hacen cierto daño local, y también tiende a aumentar algo la biodiversidad de la vegetación.

Pero, si estos dos factores se vuelven muy intensos y generalizados, el efecto es negativo. Cada vez se vuelven más pocas y más esparcidas las poblaciones de los frailejones, hasta que por fin, puedan desaparecer del todo; y lo mismo parece pasar con muchas especies arbustivas, las macollas del pasto *Calamagrostis* tienden igualmente a desaparecer, y ser reemplazadas por especies semi-rastreras, como *Alchemilla*. Se empobrece la vegetación en especies y cobertura, y el final total llega cuando otros tipos de pastos, foráneos, son introducidos. Falta todavía saber cual es la influencia de todo esto sobre la retención y evaporación de agua y sobre las fuentes de agua, pero hay poca duda que eso sea negativo.

Son estos cuatro factores: deforestación, ascenso del límite de la agricultura, pastoreo y quemas, los que son los problemas más graves que afrontamos en la protección y conservación de la alta montaña colombiana.

En vista de todo esto, considero que es de suma urgencia tomar medidas amplias, drásticas e inmediatas, para frenar el deterioro rápido y definitivo a que están sometidos ambos el bosque alto -andino y los páramos.

Pienso que estos bosques y páramos, como paisaje y ecosistemas únicos en el mundo, y como el depósito de una gran biodiversidad, y además

como una de las fuentes más importantes de agua para la población de Colombia, deberían ser propiedad nacional, y no de particulares.

Para salvarlos, hay que excluir o limitar en grandes áreas la agricultura, el pastoreo y las quemas.

Regeneración de bosque alto-andino en el límite original o altitudinal del bosque, incluyendo cabeceras de quebradas y ríos, sería también una medida muy recomendable; este bosque regenerado rodearía los páramos y facilitaría la recuperación y protección de vegetación, flora, fauna y aguas del páramo.

Bien me doy cuenta que estas propuestas suenan como utopía inalcanzable, ya que habrá que resolver problemas sociales muy complejos. No obstante, si no se toman medidas drásticas pronto, los problemas serán mucho más graves después. Podemos aprender de los errores cometidos por los así llamados países desarrollados, donde los problemas de medio ambiente, conservación y agua se volvieron gravísimos por no atenderlos a tiempo, y cuyo costo social y económico suma ahora cifras astronómicas.

Colombia tiene una constitución modernísima, su política indigenista es de lo más avanzada en Suramérica, y hay una conciencia medio-ambientalista también muy avanzada. Solo falta quizás, todavía, la voluntad política para tomar medidas drásticas de protección.

Nuestra gran esperanza está ahora en el nuevo Ministerio del Medio Ambiente. Pienso que es nuestra responsabilidad, como investigadores y como Academia de Ciencias, de hacer oír altamente nuestra voz de alarma, y nuestras recomendaciones, al país, a los políticos y al gobierno.

Alta Montaña: Algunos Factores de Cambio Ambiental ¹

ANTONIO FLÓREZ ²

En el sistema andino colombiano se evidencian cambios ambientales de carácter global, algunos relacionados con factores térmicos y otros con la energía hidro-gravitatoria ligada a la orogenia.

Aquí se presentan tres casos referidos a: la dinámica glaciaria, al aumento de temperaturas por deforestación y a la inestabilidad de las vertientes como consecuencia de la disección profunda.

1. En el Pleniglacial de la última glaciación los glaciares cubrieron 17.109 Km² de las montañas colombianas y 374 Km² en la Pequeña Edad Glacial. En la actualidad el área cubierta es de 85 Km² y las mediciones muestran un retroceso de los glaciares del orden de 15m/año y una pérdida de espesor de 33m/año. Este proceso es la respuesta al incremento térmico a nivel mundial.

2. A lo largo de transectos en los andes centrales de Colombia se midió la temperatura estabilizada del suelo en condiciones naturales y de intervención y se comparó con la temperatura media anual del aire. Los resultados muestran que: el gradiente térmico para el suelo es de 0.5°C/100m y de 0.6 para el aire, aunque los gradientes no son constantes, la temperatura del suelo bajo bosque es aproximadamente igual a la del aire y la temperatura de los suelos intervenidos es superior a las dos anteriores. Esta última afirmación indica que la deforestación facilita un incremento térmico. Además se muestra que la isoterma media anual de 0°C se encuentra cada vez a

¹ Resumen de la Ponencia presentada

² Departamento de Geografía, Universidad Nacional

mayor altura y que está ligeramente por debajo del borde de los nevados, lo que explica el retroceso glaciar.

3. La orogenia andina generó cambios climáticos y un potencial hidrogravitatorio que se refleja en el modelado de disección profunda y activa en las montañas colombianas. Como respuesta a la disección se da un retroceso de las vertientes con una diferenciación en sectores, cada uno con procesos geomorfológicos específicos, algunos de los cuales condicionan las formas de utilización del suelo y constituyen también un factor de riesgo.

Aspectos Globales y Regionales del Cambio Climático y su Impacto en la Alta Montaña Colombiana

JOSÉ DANIEL PABÓN¹

RESUMEN

Se presenta una breve revista de los conocimientos actuales sobre los aspectos globales y regionales del cambio climático. Según los modelos climáticos, una duplicación del contenido de dióxido de carbono en la atmósfera traería un incremento de la temperatura del orden de 2-3°C en la zona tropical. Entre otros efectos, este incremento iría acompañado del ascenso de los cinturones de vegetación (bosque andino, páramo) y la desaparición de los glaciares en territorio colombiano; estudios de algunos autores confirman que tales ascensos se observaron en el pasado cuando las condiciones fueron más cálidas que las actuales. Este ascenso implica una reducción de las áreas de páramo en el país. Además del proceso de ascenso, estas zonas se están viendo afectadas por la explotación local. de darse este proceso en forma rápida, las consecuencias para Colombia serían graves, dada la importancia de la alta montaña en la actividad socioeconómica del país. Por lo anterior, se recomienda un tratamiento especial a las zonas de alta montaña Colombianas reduciendo la presión local sobre sus ecosistemas, mejorando el conocimiento sobre los procesos naturales y socioeconómicos que en ella suceden y participando en la reducción del problema de mayor escala: el calentamiento global.

ABSTRACT

A brief review of the current knowledge on the global and regional aspects of climate change is presented. According to the climate prediction models, a double carbon dioxide concentration in the atmosphere will produce a 2-3°C rise of the air

¹ Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras - Himat

temperature in the tropical zone. Among others effects, this temperature increase would produce an upward displacement of the vegetation belts (andean forest, paramo) and the disappearance of the high mountain ice caps in Colombia; the studies of some authors confirm that such upward movements of the vegetation belts occurred in the past, when the climate conditions were warmer than now. This upward movement implies a reduction of the paramo areas. Besides the upward movement, these areas have been affected by the local exploitation. If this process continues the consequences will be serious for the country. Therefore, a special management of Colombian high mountain regions is recommended, directed to reduce the stress on the ecosystems, and to increase understanding of the natural and socio-economical processes in order to make a contribution in the reduction of the largest scale problem: global warming.

INTRODUCCION

La intensificación de la actividad del hombre ocurrida durante el último siglo está generando cambios significativos en la composición química de la atmósfera y en las características de la superficie terrestre, con lo cual se está alterando el balance energético del sistema climático del planeta. Las emisiones de CO_2 (por el incremento de la utilización de combustibles fósiles), de CH_4 (por el incremento de la explotación minera y agropecuaria) y de CFCs (producto industrial) y de otros gases, reforzarán el efecto atmosférico natural de invernadero. A esto se suma la alarmante tasa de deforestación que, además de alterar el balance hidrológico y de CO_2 , está cambiando las características del albedo de la superficie terrestre. De otra parte, la emisión de CFCs propicia la destrucción de la capa de ozono, lo cual también afectará el balance de radiación del planeta.

Es indudable que los cambios de origen antropogénico que están ocurriendo, de alguna manera afectarán el clima global aunque no se sabe con certeza cómo. Sin embargo, las incertidumbres actuales no deben servir de pretexto para ignorar los resultados de las evaluaciones científicas del cambio climático que nos muestran los posibles efectos en el futuro. Aunque no exista plena claridad en algunos aspectos (ciclo del CO_2 , el papel de algunos componentes en el sistema climático, entre otros), hay bases para afirmar con seguridad que de seguir manteniéndose esta situación, el incremento del efecto invernadero tarde o temprano se pondrá de manifiesto con un calentamiento global. Según algunas estimaciones este aumento de la temperatura mundial sería sensible ya en las próximas dos décadas.

El cambio climático (calentamiento global, cambios en el régimen pluviométrico actual, cambios en el balance hidrológico, etc.) afectará los ecosistemas del planeta, las actividades humanas y las relaciones entre sociedades. De darse este cambio en un ritmo acelerado, muchos ecosistemas y sociedades no lograrían adaptarse a las nuevas condiciones. En este sentido las zonas montañosas, donde se localizan ecosistemas frágiles, se verían seriamente afectadas.

EL CAMBIO CLIMATICO

Durante toda la historia anterior a la revolución Industrial (hasta finales del siglo XVIII), la concentración de gases de efecto invernadero se mantuvo en los niveles controlados por procesos naturales. Pero en la medida como creció la población, se incrementó el consumo de productos y servicios, se tecnificó la agricultura y se industrializó el mundo, el contenido de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, óxido nitroso, metano y CFCs, entre otros) en la atmósfera fue creciendo notablemente (ver Fig. 1) hasta llegar a las concentraciones actuales.

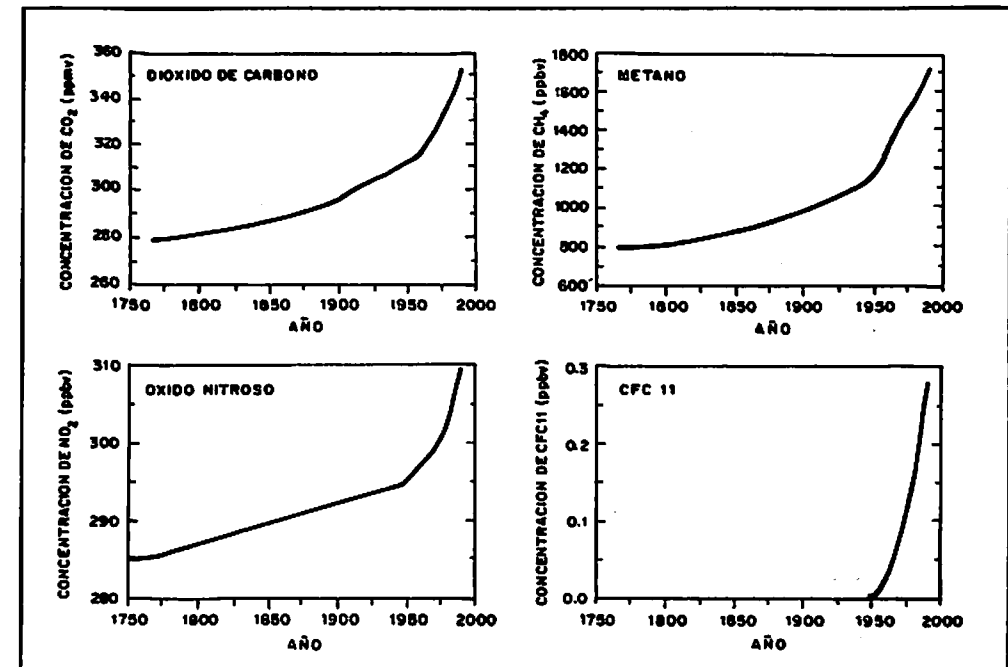


Figura 1. Comportamiento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero durante los últimos 240 años (Tomado de Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio Climático, 1992)

De continuar esta tendencia, el reforzamiento del efecto invernadero traerá como consecuencia un calentamiento global que producirá un *cambio climático* (cambios de los patrones térmicos, en la circulación atmosférica y oceánica, en el régimen pluviométrico y en la humedad del suelo). De no tomar ninguna medida, este cambio ocurriría en un ritmo acelerado y se destacaría dentro de las tendencias naturales (en el ciclo glacial-interglacial actualmente estaríamos en una fase de enfriamiento relacionado con un mínimo que tendría lugar aproximadamente dentro de 10.000 años Budyko, 1980) de largo plazo constituyéndose en un cambio brusco que difícilmente permitiría la adaptación de algunos ecosistemas del planeta.

Tendencias actuales

El calentamiento que siguió a la Pequeña Edad de Hielo empezó a finales del siglo XIX, pero solamente en los años 1920-1930 llamó la atención de los climatólogos como un fenómeno de escala global, cuando aparecieron señales de un intenso calentamiento en el Ártico. Después se encontraron claros indicios de este calentamiento en diferentes continentes por medio del seguimiento de los glaciares. Actualmente en Colombia, por ejemplo, según Flórez, 1992a, b, los glaciares están por encima de los 4750 metros sobre el nivel del mar lo cual representa un retroceso de un poco más de 500 metros en 140 años aproximadamente. Este proceso al parecer ha sido más acelerado durante las dos últimas décadas (Flórez, 1992a).

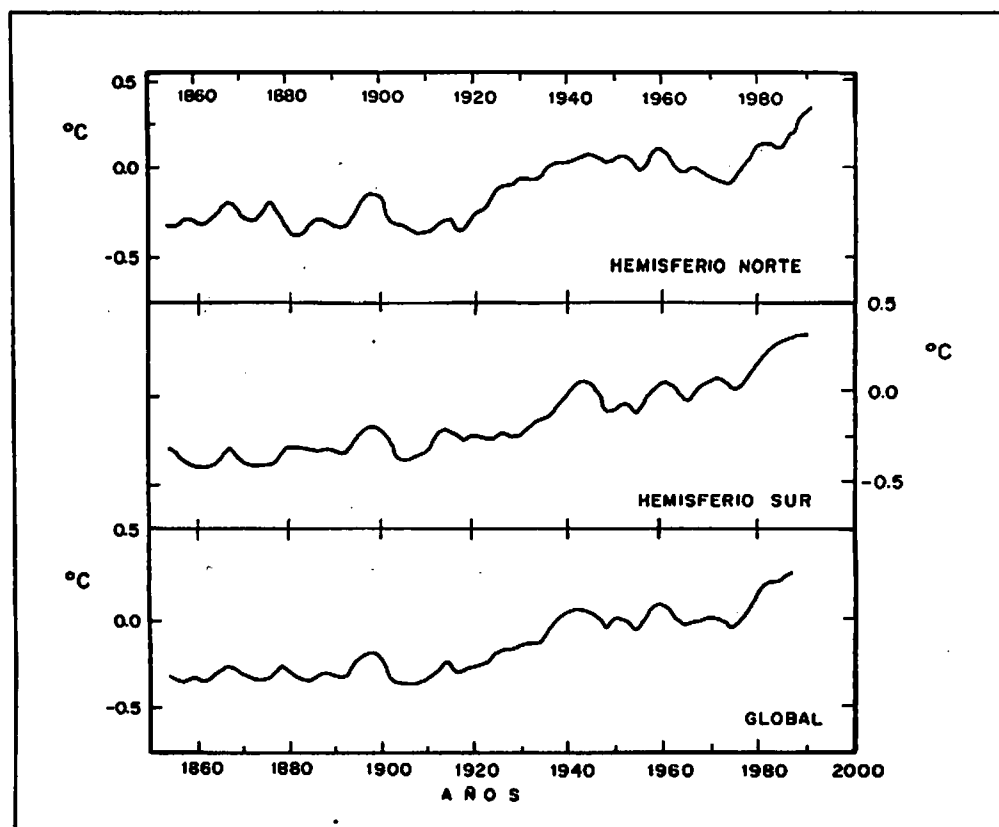


Figura 2. Anomalias de la temperatura media anual hemisférica y global en relación con el período 1950-1979 (Tomado de WMO/UNEP, 1992)

Para los últimos 120 años se dispone de datos obtenidos por medición instrumental directa sobre diferentes elementos climatológicos. Con base en esta información se ha analizado el comportamiento de la tempe-

ratura media global y la de los hemisferios norte y sur (Fig. 2), separadamente (Jones y otros, 1986a, 1986b; Hansen & Lebedeff, 1987; Vinnikov y otros, 1987). Aunque se observan algunas diferencias en el comportamiento de la temperatura en los dos hemisferios, hay una clara tendencia al incremento de la misma. En el hemisferio norte el aumento de la temperatura media es de aproximadamente 0.5°C a partir de mediados del siglo pasado hasta 1991. Para el hemisferio sur el incremento es un tanto mayor. Un análisis realizado por WMO/UNEP, 1992 muestra que los años 80 fueron los más cálidos (con un incremento de 0.2°C) del período de registro instrumental. Los años más cálidos en orden descendente fueron 1990, 1991, 1988 y 1987.

Al analizar detenidamente los gráficos presentados en el informe WMO/UNEP, 1992 sobre el comportamiento de la temperatura para diferentes continentes, no se observa la tendencia al calentamiento en todas las regiones y en la zona tropical es difícil encontrar tendencia alguna. Al parecer, el incremento de la temperatura es mayor en las latitudes medias y altas que en las bajas, lo cual estaría acorde con las situaciones presentadas durante los períodos de calentamiento global del pasado, cuando el menor incremento de la temperatura se dio en la zona tropical. Sin embargo, el análisis del comportamiento de las temperatura medias anuales sobre territorio colombiano, noroccidente sudamericano (Fig. 3), muestra un ligero incremento durante las dos últimas décadas. Pero en estas y otras series (no presentadas aquí) es posible encontrar en años anteriores incrementos de temperatura similares que bien podrían estar asociados con ciclos de variabilidad climática interdecadal (Pabón, 1993).

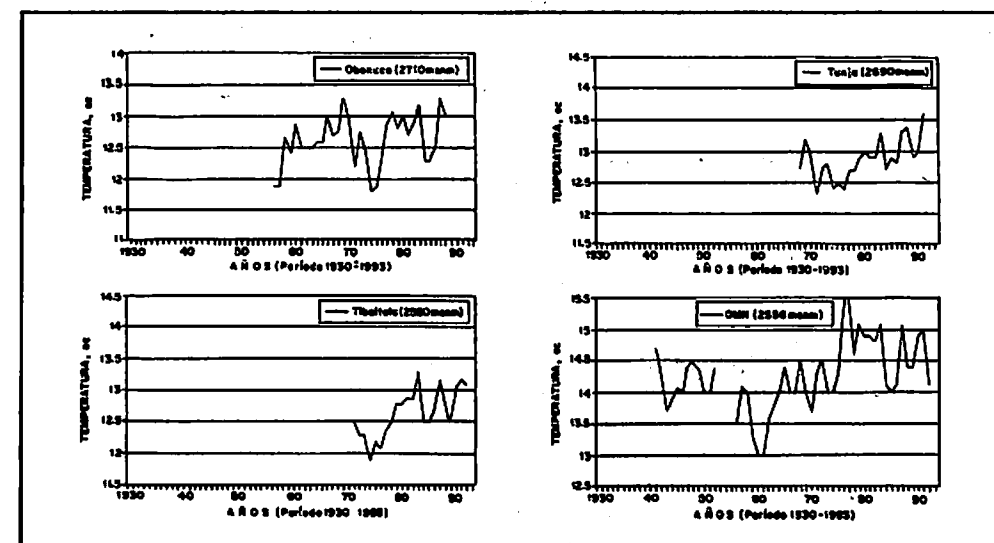


Figura 3. Comportamiento de las temperaturas medias anuales en el territorio colombiano en estaciones climatológicas ubicadas cerca de los 2500 m.s.n.m.

Aspectos globales del Cambio Climático

Aunque hoy en día, por medio del análisis de series históricas de temperatura, se intenta aislar la señal del calentamiento global, aún no es posible en forma definitiva asociar las tendencias observadas con una manifestación del cambio climático. Algunos autores relacionan directamente con el calentamiento global las anomalías positivas de temperatura del aire observadas durante las últimas décadas, sin embargo es conveniente considerar que tales anomalías aún pueden estar dentro de la variabilidad climática interdecadal y por lo tanto se debe tener cuidado en la formulación de conclusiones sobre este particular.

No obstante las incertidumbres existentes sobre el calentamiento global, no se debe restar importancia al problema del cambio climático. Se sabe con certeza que se está incrementando el contenido atmosférico de gases de efecto invernadero con lo cual se está reforzando este último. De todas maneras, si no se ejerce ningún control sobre las emisiones de estos gases tarde o temprano se presentará un incremento de la temperatura. Se cree que este calentamiento y las primeras manifestaciones del cambio climático se podrán registrar con mayor claridad en las próximas dos décadas.

Dada la certeza del incremento del contenido de CO₂, entre otros gases de efecto invernadero, es de esperar una duplicación de la concentración de este en comparación con los niveles preindustriales, la cual se presentaría en un plazo que depende del escenario que se desarrolle en el futuro próximo (ver escenarios en *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 1992*). En la hipótesis del escenario A (denominado «situación habitual», en la cual prácticamente no se toman medidas de restricción de las emisiones de gases de efecto invernadero) este nivel se alcanzaría hacia los años 2030-2050. Tomando en cuenta esta situación, para fines de predicción se analizan las características climáticas globales que se observarían bajo la condición de una duplicación del contenido de CO₂ atmosférico en relación con los niveles preindustriales. Para el efecto se utilizan dos métodos diferentes: las analogías paleoclimáticas y la simulación con modelos numéricos de circulación general de la atmósfera.

Las analogías paleoclimáticas, a pesar de sus limitaciones, son de gran utilidad para conocer las condiciones que se observaron en el pasado bajo una duplicación del CO₂ atmosférico, lo cual permite prever las condiciones que se observarían en un futuro no lejano. De otra parte, la información de los climas del pasado permite validar los resultados de los modelos numéricos que se utilizan para las proyecciones del cambio climático.

A partir del análisis del clima del pasado se ha estimado (*Budyko y otros, 1985*) que la sensibilidad térmica global ante una duplicación del dióxido de carbono es aproximadamente de 3.0 ± 1.0 °C. De otra parte se sugiere que las condiciones predominantes durante el Holoceno Medio (1°C por encima de la temperatura global observada durante el período preindustrial), durante el Eemiense (2°C) y en el Plioceno (3-4°C) son las analogías paleoclimáti-

cas de los años 2000, 2025-2030 y del 2050, respectivamente. Sin embargo, es conveniente considerar con cierta cautela las dos primeras ya que no podrían ser fiables si se tiene en cuenta que las causas del calentamiento durante estas dos épocas fueron diferentes de una duplicación del CO₂. En este sentido las condiciones observadas durante el Plioceno servirían de mejor referencia.

Aunque los modelos numéricos utilizados actualmente para predicción del clima no integran todos los componentes del sistema climático (hasta ahora se ha logrado acoplar el océano y la atmósfera) son un medio bastante útil para la proyección del cambio climático. Los resultados obtenidos en la simulación de la variabilidad climática interanual e interdecadal, en la reconstrucción del clima del pasado y en la predicción climática permiten tener cierta confianza en los mismos.

Las condiciones de equilibrio bajo una concentración de CO₂ equivalente al doble del nivel preindustrial han sido simuladas mediante experimentos numéricos con diferentes modelos climáticos. Los resultados muestran un considerable incremento de la media mundial de temperatura del aire cerca de la superficie con relación a las temperaturas medias globales observadas durante el período preindustrial. Según estos resultados, el calentamiento estaría en el intervalo de 1.5-4.5°C (*Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, 1992*), sin embargo, no hay evidencias concretas que sugieran la zona de este intervalo donde se encuentre el valor más probable. Pero, aunque la mayor parte de los expertos rehusa señalar un valor único, de acuerdo con los conocimientos actuales, se toma el valor de 2.5°C como la aproximación óptima.

El análisis de los resultados de las pruebas numéricas realizadas por los modelos dinámicos (*Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, 1992*) permite una mayor resolución espacial con lo cual se logra ver mejor la manifestación regional de los cambios de escala global. A primera vista se destaca que en todos los modelos el calentamiento es mayor en las latitudes medias y altas que en el trópico; en esta última zona, la diferencia estacional del calentamiento, que está entre 2-3°C, es poca. Así mismo, todos los modelos muestran una atmósfera considerablemente más húmeda y una intensificación de la precipitación en el trópico y en las latitudes altas a lo largo del año y en las latitudes medias en el invierno; los cambios en los patrones pluviométricos en las regiones subtropicales son generalmente pequeños, presentándose tanto aumentos como disminuciones en relación con los promedios actuales.

A pesar de las anteriores coincidencias, existen discrepancias considerables sobre los cambios en el régimen de precipitación a escala subcontinental, particularmente en los trópicos, aunque la mayoría de los modelos simula una intensificación del monzón del sudeste asiático.

En cuanto a la humedad del suelo, la mayoría de los modelos muestra un incremento (en relación con la situación actual) general en las latitudes medias del hemisferio norte durante el invierno y un desecamiento durante

el verano. En este aspecto hay grandes diferencias entre los resultados de los modelos para la zona tropical y para el hemisferio sur.

Aspectos regionales del cambio climático

Tomando como base los resultados de diferentes modelos y centrandó la atención en Suramérica, particularmente en la parte noroccidental donde se localiza el territorio colombiano, se puede establecer la posible magnitud del calentamiento regional al lograrse condiciones de equilibrio bajo una duplicación del CO_2 .

Como ya se anotó anteriormente, en el trópico el incremento de la temperatura media estaría entre $2\text{-}3^\circ\text{C}$ tanto para junio-julio-agosto como para diciembre-enero-febrero; en este rango estarían también los cambios para la zona tropical del subcontinente sudamericano. En el caso de las latitudes medias (Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay y sur de Brasil) las temperaturas medias estarían por encima de las actuales en 1°C hacia el año 2010 y en 2.5°C hacia el año 2050 (ver Hansen y otros, 1987; Hansen y otros, 1988).

Burgos y otros, 1989 efectuaron el análisis de los resultados de diferentes modelos para Suramérica y los complementaron teniendo en cuenta variaciones en la cobertura vegetal de la Amazonía. En la Fig.4 se presenta en forma esquemática los resultados de este análisis. Se puede observar los posibles cambios de temperatura del aire cerca de la superficie, de la temperatura troposférica, de la precipitación y de los patrones de circulación en la troposfera para dos condiciones especiales: deforestación moderada (año 2010) y deforestación de gran escala (año 2050).

Las variaciones de la cobertura vegetal de la Amazonía juegan un papel importante en el cambio climático global al influir en el albedo terrestre, el balance energético planetario y en el comportamiento del ciclo hidrológico y del CO_2 . Pero es a nivel regional donde los cambios en la Amazonía tendrán efectos más marcados. Según estimaciones de Shukla y otros, 1990, al sustituir los bosques de la Amazonía por praderas, en el centro de esta región se registraría un incremento de la temperatura hasta de 3°C y una reducción de hasta el 20% de la precipitación en comparación con los volúmenes actuales. Analizando los resultados que Shukla y otros, 1990 presentan en un mapa, habría una reducción de la precipitación menor del 20% para el suroccidente colombiano y de aproximadamente 10% para el resto del territorio. La temperatura se incrementaría en aproximadamente 2°C en el sector amazónico colombiano y en 1°C en el resto del país.

POSIBLE IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ALTA MONTAÑA COLOMBIANA

Considerando lo expuesto anteriormente, una duplicación del CO_2 implicaría para la zona tropical, donde está localizado el territorio colomb-

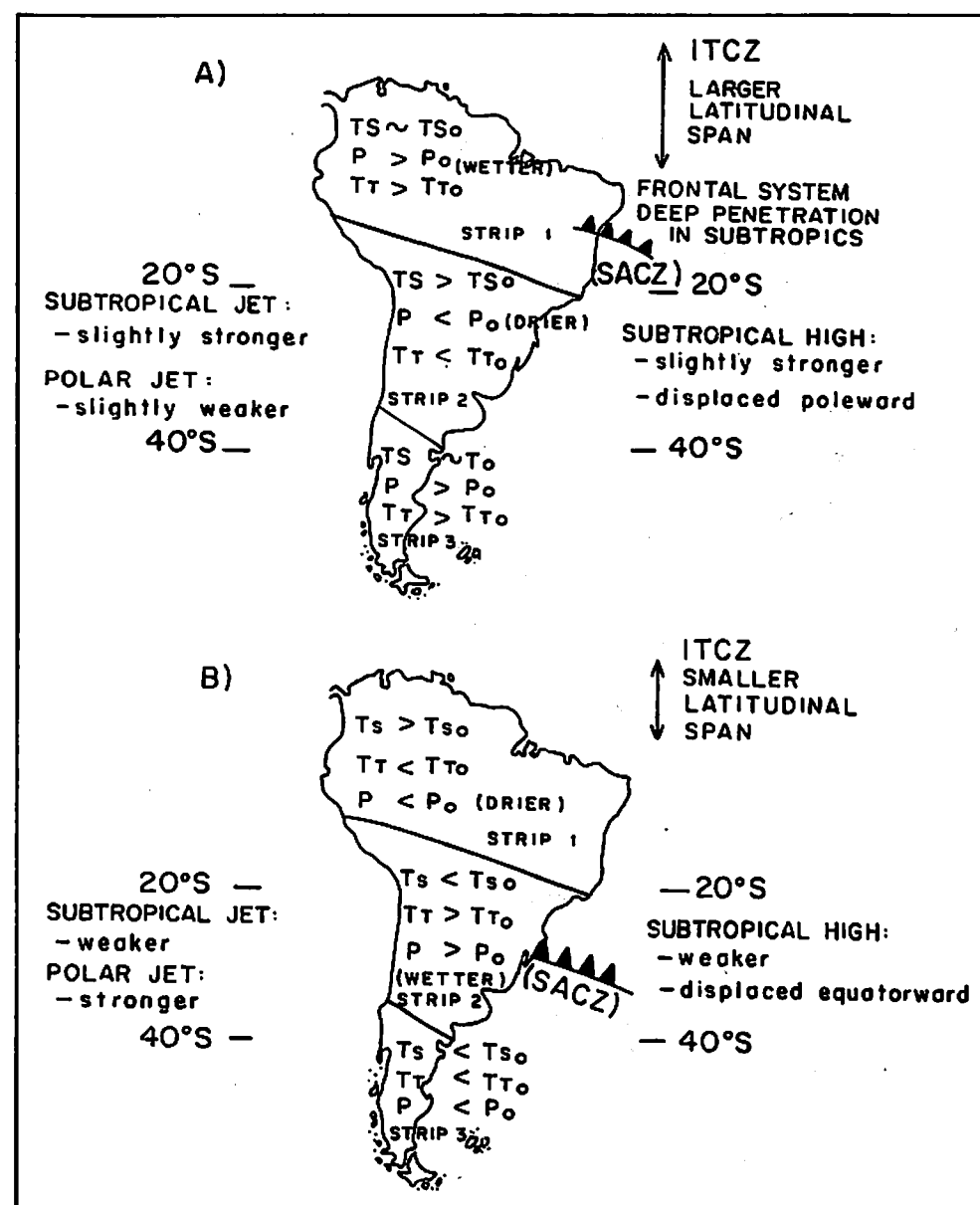


Figura 4. Cambios en los parámetros climatológicos: temperatura en superficie (T_s), temperatura troposférica (T_t), precipitación (P) y características del flujo troposférico (Tomado de Burgos y otros, 1991).

biano, un incremento de la temperatura media del aire en superficie que oscila entre $2\text{-}3^\circ\text{C}$. Esto iría acompañado de la desaparición de los glaciares y el ascenso de las franjas de vegetación (alto andino y páramo) de la alta

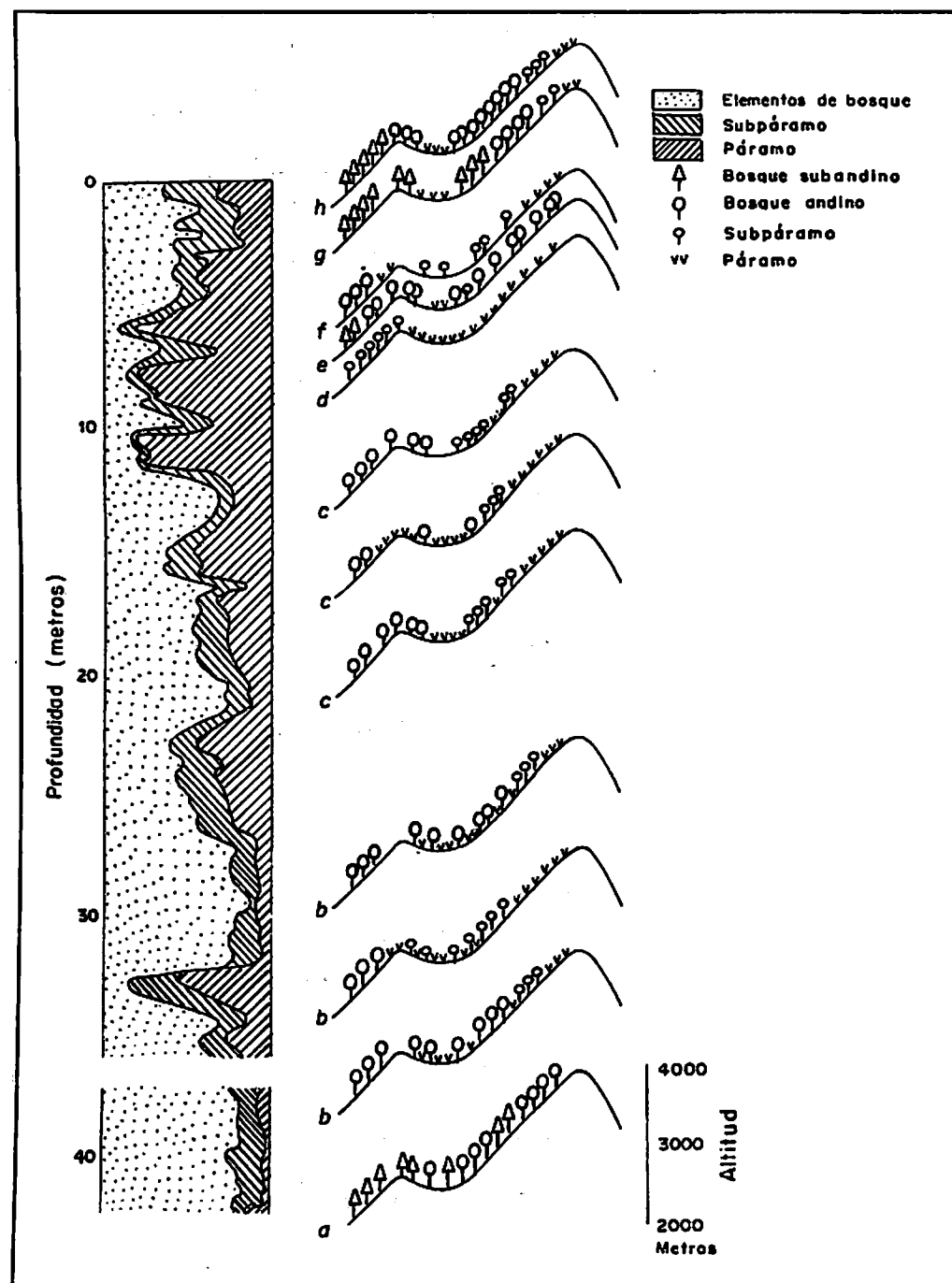


Figura 5. Historia de la vegetación en la Sabana de Bogotá en la región de la Laguna de Fúquene (Adaptado de Wijmstra, 1980)

montaña colombiana. Existen evidencias (Flórez, 1992a,b; Hooghiemstra, 1989, 1994; Van der Amen, 1974, 1991; Wijmstra, 1980) de que estos cambios ocurrieron en el pasado cuando se presentaron condiciones relativamente más cálidas que las actuales. En la Fig. 5, tomada de Wijmstra, 1980, se presentan esquemáticamente estos cambios. Durante el máximo del Holoceno Medio, por ejemplo, cuando en territorio colombiano la temperatura media estuvo en 1-2°C por encima de la actual, el nivel superior del bosque andino y el nivel inferior del páramo ascendieron considerablemente, ubicándose alrededor de los 3500 metros sobre el nivel del mar (aproximadamente 500 metros por encima de la ubicación promedio actual).

Teniendo en cuenta un escenario A, es admisible pensar que en el período 2030-2050 el límite superior del alto andino y los páramos se sitúen a mayores alturas que las observadas durante el Holoceno Medio. No es difícil llegar a la conclusión de que esta variación implica una reducción del área cubierta por el páramo. De esta manera se producirán cambios en el régimen hidrológico (de por sí ya afectado por alteraciones en los patrones pluviométricos) y en la frecuencia de fenómenos como sequías y crecientes de corrientes de alta pendiente, así como alteraciones físicas y ambientales, como también graves consecuencias económicas y sociales no solo en las zonas de montaña, sino en casi todo el territorio colombiano, particularmente en las zonas semiáridas y bajas, que ya estarían con problemas de otro tipo relacionados con el cambio climático.

Es conveniente anotar que actualmente los ecosistemas frágiles de alta montaña colombianos están siendo presionados desde dos direcciones: de un lado están siendo afectados por las tendencias de escala global y, de otro, por la desmedida explotación local. De continuar estas condiciones, es muy posible que en un plazo más corto se presenten problemas realmente graves.

CONCLUSIONES

Las evaluaciones científicas del cambio climático indican que de seguir la situación actual (escenario A del IPCC: ningún control sobre emisiones y tala de bosques) el calentamiento global sería lo suficientemente sensible ya en los años 2030. El calentamiento que para una duplicación del CO₂ podría ser de 2-3°C en la zona tropical se vería reforzado en el subcontinente sudamericano por las variaciones de la cobertura vegetal de la Amazonía.

El cambio climático en diferente grado afectará los ecosistemas naturales frágiles, particularmente, los de alta montaña que, teniendo especial importancia para Colombia, están siendo presionados por la irracional explotación local. De no tomar medidas de control concretas e inmediatas a nivel local, a la par con las necesarias en la participación de la solución del problema global, el deterioro de estos ecosistemas es inminente en el corto plazo, lo cual traerá consecuencias económicas, sociales y políticas que pondrán a prueba la estabilidad de nuestra sociedad.

RECOMENDACIONES

Considerando la importancia de la alta montaña para la población colombiana, un rápido deterioro de estas zonas traería consecuencias nefastas para el país. Ante la gravedad del problema es prioritario reducir al mínimo la presión que se está ejerciendo localmente a fin de frenar el ritmo del deterioro. Paralelamente, se debe mejorar el conocimiento acerca del comportamiento de las áreas de montaña en épocas cálidas del pasado, con el propósito de utilizar las analogías paleoclimáticas para prever las condiciones que se darían con el calentamiento global del próximo siglo y diseñar políticas de adaptación.

En este orden de ideas, se recomienda como actividades prioritarias:

- Asegurar la conservación de las áreas de bosques andinos y de los páramos existentes en la actualidad y la recuperación del área perdida.
- Fomentar en la región andina el uso de combustibles distintos del carbón y la leña.
- Fomentar la utilización conservativa (ecoturismo, deporte, etc) de las zonas de alta montaña colombianas.
- Hacer el seguimiento de la evolución de los sistemas de montaña colombianos utilizando tecnología moderna de observación.

En el área investigativa se recomienda hacer énfasis en:

- El estudio detallado del clima del pasado utilizando diferentes métodos para conocer con mayor detalle el comportamiento de los ecosistemas de montaña durante el Plioceno, el Eemiense y el Holoceno Medio.
- El estudio detallado de las características de retención o regulación hídrica propias del bosque, del páramo y del glaciar en forma aislada, diferenciar su papel en el régimen hidrológico de las cuencas y simular los cambios del ciclo hidrológico relacionados con las variaciones del área cubierta por diferentes franjas de vegetación.
- Hacer el seguimiento de la manifestación del calentamiento global en la región.
- Realizar análisis detallado de las actualizaciones de las proyecciones de los modelos climáticos, particularmente de los de alta resolución espacial que permiten una mejor representación regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BUDYKO M.I., RONOV A.B., YANSHIN A.L., 1985: «Historia de la atmósfera de La Tierra». Gidrometeoizdat..Leningrad. 209p. (en ruso)

- BURGOS J.J, FUENZALIDA H., MOLION L.C., 1991: «Climate change predictions for South America». *Climatic Change*, 18, pp.223-239.
- FLÓREZ A., 1992a: « Los glaciares residuales de Colombia. Enfoque histórico y geosituación actual ». *Zenit*, 3, pp.35-45.
- FLÓREZ A., 1992b: «Los nevados de Colombia, glaciales y glaciaciones». *Análisis Geográficos*, 22, IGAC, Santafé de Bogotá, 95p.
- GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO, 1992: «Cambio Climático. Evaluación Científica. Informe preparado para el IPCC por el Grupo de Trabajo 1». (Versión española de la edición inglés de J.T. Houghton, G.J. Jenkins y J.J. Ephraums, Cambridge University Press). Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. p.397.
- HANSEN J., FUNG I., LACIS A., LEBEDEFF S., RIND D., RUEDY R., RUSSEL G., 1987: «Prediction of near-term climate evolution. What can we tell Decision-Makers now». *Proc. of the First North American Conference on Preparing for Climate Change*, Oct. 27-29, Washington, D.C., pp.35-44. (Citado por Burgos y otros, 1991)
- HANSEN J., FUNG I., LACIS A., RIND D., RUSSELL G., LEBEDFF S., RUEDY R., STONE P., 1988: «Global climatic changes as forecast by Goddard Institute for Space Studies three dimensional model». *J. Geophys. Res.*, 93, pp.9341-9364. (Citado por Burgos y otros, 1991)
- HANSEN J., LEBEDEFF S., 1987: «Global trends of measured surface air temperature». *J. Geophys. Res.*, 92, pp.13345-13372.
- HOOGHIEMSTRA H., 1989: «Quaternary and upper-Pliocene glaciations and forest development in the tropical Andes: evidence from a long high-resolution pollen record from the sedimentary basin of Bogotá, Colombia». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72, pp.1 1-26.
- HOOGHIEMSTRA H., 1994: « Tres millones de años de la historia de Colombia contenidos en un registro de polen: una reseña del nuevo corazón Funza II de 586 metros de largo». Conferencia presentada en INGEOMINAS el 25 de febrero. Santafé de Bogotá.
- JONES P.D., RAPER S.C.B., BRADLEY R.S., DIAZ H.F., KELLY P.M., WIGLEY T.M.L., 1986a: «Northern Hemisphere surface air temperature variations, 1851-1984». *J. Clim. Appl. Met.*, 25, pp.161-179.
- JONES P.D., RAPER S.C.B., BRADLEY R.S., DIAZ H.F., KELLY P.M., WIGLEY T.M.L., 1986b: «Southern Hemisphere surface air temperature variations, 1851-1984». *J. Clim. Appl. Met.*, 25, pp.1213-1230.
- PABÓN J.D., 1994: Material sin publicar.
- SHUKLA J., NOBRE C., SELLERS P., 1990: «Amazon deforestation and climate change». *Science*, 247, pp.1322-1325.
- VAN DER HAMMEN T., 1974: «The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America». *J. Biogeogr.*, 1, p. 3-26
- VAN DER HAMMEN T., 1991: «Palaeocological Background: Neotropics». *Climatic Change*, v. 19, N° 1 y 2, September/91 , pp. 37-47.

VINNIKOV K.Y., GROISMAN P.Y., LUGINA K.M., GOLUBEV A.A., 1987: «Variations in Northern hemisphere mean surface air temperature over 1881-1985». *Meteorologiya i Gidrologiya*, 1, pp. 45-53. (en ruso)

WIJSTRA T.A., 1980: «Paleobotánica y cambio climático». En *Cambio Climático*, J. Gribbin (Ed.). (Versión rusa de la edición inglesa *Climatic Change*, J.B. Gribbin (Ed.), Cambridge University Press, Cambridge). Gidrometeoizdat, Leningrad, pp.44-70. (en ruso)

WMO/UNEP, 1992: «The global climate system. Climate System Monitoring, December 1988 - May 1991». Geneva, Switzerland. 110 p.

Consideraciones sobre la Diversidad y la Vegetación de Alta Montaña en Colombia

J. ORLANDO RANGEL¹

RESUMEN

En la historia natural y en la dinámica de la vegetación de la alta montaña en Colombia, los primeros registros de vegetación de este tipo se remontan a 4 - 6 millones de años antes del presente, cuando en la cima de las mesetas se establecía vegetación de un protopáramo. La división primaria de las franjas o áreas geográficas que contempla la alta montaña de Colombia obedece al factor topográfico y comprende: la franja inferior o altoandina hasta 3300 m (3400), el páramo bajo o subpáramo entre 3300 y 3600 m, el páramo propiamente dicho entre 3600 y 4100 m y el superpáramo entre 4150 y 4600 m. La segunda división que se fundamenta en la fisiografía y en la cantidad de agua en el sustrato diferencia entre vegetación zonal y azonal. Una tercera división se relaciona con un factor ecológico como es el monto anual de la precipitación y segrega en diferentes tipos de ambientes: seco, semiseco, húmedo y muy húmedo. En la alta montaña el arreglo de las comunidades vegetales obedece principalmente a las causas relacionadas anteriormente y muestra los siguientes tipos generales: a. bosques y selvas de la franja altoandina, con comunidades dominadas por especies de *Weinmannia* (encenillo, Cunoniaceae), de *Quercus humboldtii* (roble, Fagaceae) y de *Miconia* (Melastomataceae). b. bosques achaparrados dominados por especies de *Polylepis* (Rosaceae), *Gynoxys* (Asteraceae), *Vallea* (Elaeocarpaceae) e *Ilex* (Aquifoliaceae). c. Matorrales dominados por especies de Asteraceae, Ericaceae y de Rosaceae. d. Caulirosuletos o frailejonales dominados por especies de *Espeletia*. e. Pajonales dominados por especies de *Calamagrostis*. f. Prados. En la vegetación azonal se distinguen las comunidades de *Sphagnum* y los cojines de plantas vasculares especialmente de *Plantago rigida* y de *Distichia muscoides*. La diversidad florística en la franja altoandina muestra que las familias con mayor número de especies son Asteraceae, Polypodiaceae, Orchidaceae, Ericaceae, Melastomataceae y Rubiaceae. En la región paramuna las familias más diversificadas son Asteraceae, Polypodiaceae, Poaceae, Ericaceae y Rosaceae.

¹ Instituto de Ciencias Naturales -MHN. Universidad Nacional Apartado Aéreo 7495. Bogotá

ABSTRACT

In the natural history and the dynamic of the high mountain vegetation in Colombia, the first vegetation records of this type date 4 or 6 million years before present when a protoparamo type of vegetation was established. A primary division of the zones or geographic areas of the Colombian high mountain is based on topography and consists of: a lower zone or high andean zone up to 3.300 (3400), the low paramo or «subparamo» from 3300 to 3600, the middle páramo or páramo propiamente dicho from 3600 to 4100 m and the superparamo (4150-4600 m). The physiography and quantity of water in the substrate characterizes vegetation as zonal or azonal.

Another division is related to the total amount of precipitation which produces four different types of environment: dry, middle-dry, moist and very wet.

Plant communities arrangement is due to causes mentioned before mainly and shows the following general types: a. Forest and jungle of the high andean zone with communities dominated by species of *Weinmannia* (encenillo, Cunoniaceae), *Quercus humboldtii* (roble, Fagaceae), *Miconia* (Melastomataceae); b. Lower forest, dominated by *Polylepis* (Rosaceae), *Gynoxys* (Asteraceae), *Vallea* (Elaeocarpaceae), *Ilex* (Aquifoliaceae); c. Scrubs dominated by Asteraceae y Rosaceae; d. Stem-rosettes dominated by species of *Espeletia*; e. Bunchgrass communities dominated by species of *Calamagrostis* and f. the meadows.

In azonal vegetation figure the communities with species of *Sphagnum* and the cushion of vascular plants (*Plantago rigida* and *Distichia muscoides*) among others.

High andean zones floral diversity shows that the most abundant families (species number) are: Asteraceae, Polypodiaceae, Orchidaceae, Ericaceae, Melastomataceae y Rubiaceae. In the paramo region the families with the high diversity are: Asteraceae, Polypodiaceae, Poaceae, Ericaceae y Rosaceae.

PRESENTACION

Bajo la denominación de alta montaña, en Colombia se agrupan los ambientes o paisajes comprendidos entre 3000 m y los límites de las nieves perpetuas. La historia evolutiva y el poblamiento de estos ambientes están muy ligadas a los procesos orogénicos asociados con el levantamiento de la parte norte de la Cordillera de los Andes. La conexión norte-sur entre las dos Américas mediante el istmo de Panamá favoreció el paso de inmigrantes en sentido norte-sur y viceversa.

La composición florística de la vegetación que se establece cerca al límite superior de la región andina en cualquiera de nuestras cordilleras depende claramente de la localidad geográfica y de la influencia de factores abióticos (clima, suelo, subsuelo, inclinación, exposición) y de factores biogeográficos (históricos) y antropogénicos; la interrelación de los dos tipos de factores se manifiesta en un variado mosaico de fitocenosis y en consecuencia de ecosistemas.

Las consideraciones sobre los cambios en la composición florística de las comunidades vegetales, de la abundancia-dominancia de los taxa y su asociación con las variaciones del medio externo en los gradientes montañosos de Colombia se remontan a las observaciones de Caldas en comienzos del siglo XIX (Reimpresión, 1951) y a los tratamientos clásicos de Cuatrecasas (1934,1958). Las contribuciones de Cleef (1978; 1979;1981), Cleef *et al.* (1984); Cleef & Rangel (1984); Duque & Rangel (1989); Franco (1982); Franco *et al.* (1986); Lozano & Rangel (1989); Lozano & Schnetter (1976); Rangel & Aguirre (1986); Rangel & Franco (1985); Rangel & Jaramillo (1983); Rangel & Lozano (1986); Sturm & Rangel (1985); Rangel (1991); Salamanca (1991); Sánchez & Rangel (1990); van der Hammen & Cleef (1986) y Vargas & Zuluaga (1981) permiten formarse una idea preliminar sobre la composición florística y la complejidad fitogeográfica de las regiones montañosas.

En esta contribución se presentará una visión general sobre la alta montaña en Colombia, en cuanto a la historia natural, los paisajes o ambientes y a las comunidades vegetales que se establecen. Se considera una división primaria de acuerdo con el efecto determinante de la topografía y divisiones complementarias de orden ecológico que segregan entre vegetación zonal y azonal y entre ambientes húmedos y secos. En la parte final se señalarán tendencias en la diversidad o riqueza según categorías taxonómicas y su relación con la variación de la precipitación en el gradiente de alta montaña.

En las consideraciones finales se coloca especial atención a los riesgos que se corren si la excesiva presión de utilización de los recursos, transgrede las barreras del punto de «no retorno» a las condiciones originales.

CONDICIONES INICIALES Y CAMBIOS INFLUENCIADOS POR OSCILACIONES CLIMÁTICAS

Ambientes con vegetación similar a la de los páramos y a los de la franja altoandina (>3000 m) actuales, solamente se evidencian a partir del límite Mioceno-Plioceno hace unos 4-6 millones de años antes del presente. No se descarta la existencia de vegetación abierta en la cima de las mesetas de esas épocas, mas aún la posibilidad de su presencia con elementos florísticos comunes a los que ahora dominan en la alta montaña, es un argumento fuerte en favor de las rutas de especiación y poblamiento de las partes altas de nuestras cordilleras. El levantamiento definitivo de la parte norte de los andes, hace 4-5 millones de años trajo como consecuencia el impulso a procesos de migración, de colonización y a la diferenciación de estirpes (van der Hammen & Cleef, 1986).

Al contrario de otras zonas de alta montaña del globo, como las africanas, las nuestras han estado en contacto en varias épocas de su historia geológica, aún zonas muy separadas, acción que ha facilitado los procesos de especiación y de diversificación.

Cuando áreas separadas entran en contacto se presenta intercambio genético, evento que mas tarde al producirse la fragmentación de los habi-

tats naturales asociada a cambios climáticos bruscos facilita la generación de nuevas especies, como respuesta adaptativa a las nuevas condiciones de vida.

De acuerdo con las evidencias palinológicas y paleoecológicas (Van der Hammen et al., 1973) es factible pensar que en la medida en la cual se levantaba la cordillera surgían centros de colonización sobre los cuales se presentaban presiones selectivas de poblamiento con base en migraciones locales, regionales y aún desde áreas remotas. Los cambios fuertes en las condiciones climáticas del Pleistoceno significaron que en un momento determinado los límites de distribución de una de estas franjas de alta montaña hubiesen aumentado o disminuído, dependiendo de la condición climática prevaleciente. Las fluctuaciones climáticas han afectado la distribución de las franjas de vegetación tanto en la parte basal como en la zona altoandina. Para la cordillera Central, Melief (1985) y Salomón (1986), consideraron variaciones fuertes que ocasionaron cambios dinámicos drásticos. En períodos cuando la temperatura descendió, se extendieron los casquetes glaciares y se afectaron los ambientes aledaños; lógicamente cuando hubo mejoramiento del clima la distribución de la vegetación en estas regiones de vida nuevamente cambió. La influencia de las fluctuaciones climáticas es fundamental para entender patrones de especiación en la zona altoandina.

VULCANISMO

Factor implicado en la diversidad florística altoandina especialmente en la cordillera Central; el vulcanismo del Mioceno en la cordillera Central se desencadenó por movimientos importantes en la corteza terrestre que culminaron con el levantamiento de las cordilleras a su nivel actual. En el área del Parque los Nevados se manifiesta por los depósitos de lava andesítica, y por los flujos de lava mixta por lo general por encima de 2200 m (Thouret & Van der Hammen, 1983c). En la parte media de la cordillera central, la erupción y sedimentación de cenizas, arenas y lapilli se presentaron durante el Pleistoceno y el Holoceno y junto con los procesos pedogenéticos, originaron capas gruesas de tephras y de andosoles (Van der Hammen, com. personal).

Según Kronenberg y Diederix (1985), en el sur del Huila se encuentran depósitos de hasta 100 kilómetros cúbicos de lavas espumosas provenientes de erupciones volcánicas que rellenaron los valles y las depresiones de un relieve antiguo. La deposición ocurre a menudo en zonas de pendientes suaves, alejadas considerablemente del centro de erupción y rellena la topografía circundante. La mayor parte de los depósitos en la zona provienen de erupciones antiguas, también hay influencia del vulcanismo basáltico posterior, con pequeños volcanes como Merenberg, El Morro y el Pensil, que en el caso de Merenberg por ejemplo, erupcionaron hace 50.000 años (Kronenberg y Diederix, 1985).

Pennel, (1938) en Fernández-A., (1991) se refirió a la influencia del vulcanismo sobre la distribución actual de las especies de *Aragoa* (Scrophulariaceae). El efecto directo del fenómeno sobre la composición florística del páramo fue tratado por Salamanca (1991), para el Parque de los Nevados.

DIVISION BASICA DE UN GRADIENTE MONTAÑOSO

Cuatrecasas (1934,1958) propuso un esquema para explicar la distribución de la vida vegetal en cualquier sistema montañoso y en general en el territorio Colombiano. Aunque la propuesta se distingue por su sencillez, su alcance es enorme porque combina la relación entre la altitud y por extensión la topografía, con factores medioambientales como precipitación y temperatura. En un corte ideal con los tres ramales de las cordilleras, que abarca desde los llanos Orientales hasta la región del Pacífico, se diferencia la división básica entre una zona superior o cima, región del páramo y una inferior o de base, la tropical o ecuatorial. En la mitad, la franja andina que se subdivide en subandina y andina propiamente dicha.

Aunque Cuatrecasas (1958) siguió un enfoque geobotánico con base en el concepto de «formaciones vegetales» es decir el conjunto de organismos vegetales que independientemente de la localidad geográfica muestran un patrón definido en su organización y en su aspecto fisionómico, la validez de la propuesta estriba en que considera el gradiente montañoso como un sistema en el cual los acontecimientos ecológicos de las partes altas repercuten en los arreglos de las zonas inferiores y a partir de allí igualmente hay influencias decisivas en las condiciones bióticas de las partes altas. Hoy en día con algunas adaptaciones (Cleef 1981; Rangel 1991) prevalece el enfoque original por lo acertado de su concepción.

Diversas investigaciones de corte fitoecológico sobre la región andina han confirmado las presunciones de Cuatrecasas (1934;1958) sobre la influencia determinante del factor fisiográfico - topográfico sobre la extensión de las franjas o zonas de vida, como se deduce de la comparación de los tres ramales montañosos del esquema original. En la cordillera Occidental la franja de páramo es mas reducida que en las otras regiones. También se puede interpretar del esquema original, el efecto de cima (Messenheuberg o teleoscópico) que se relaciona con el corrimiento de las franjas o zonas de acuerdo con la altitud del edificio montañoso, razón por la cual los límites que se citan para las diferentes franjas o zonas no son rígidos.

En la región de alta montaña (idealmente) se consideran dos zonas básicas, la franja altoandina que pertenece a la región de vida andina, entre 3000 y 3500 o 3400m y la región paramuna por encima de 3500 hasta 4600 o 4800 m. En un corte topográfico en cualquiera de las cordilleras que alcance estas elevaciones se pueden encontrar estas franjas; por ejemplo entre la ciudad de Pasto y el cráter del volcán Galeras (fotografía 1), o entre la Laguna del Puracé y el cráter del volcán del Puracé.

La franja altoandina engloba las formaciones con vegetación arbórea del límite superior de la región Andina y los bosquecitos y matorrales de la zona de confluencia entre las dos zonas.

Cleef (1979;1981) propuso la división de la región paramuna en franjas baja, media o páramo propiamente dicho y alta con base en características



Foto 1. Arriba: Corte topográfico altitudinal en el volcán Galeras, Nariño. Al fondo la ciudad de Pas-to (A), inmediatamente a la región andina (B). En primer plano la zona paramuna (C), con la franja del superpáramo (D), desprovista de cobertura vegetal (O.Rangel).



Foto 2. Izquierda: Variedad de microambientes producto de la erosión fluvio-glaciar en el Nevado del Ruiz. En la cima se establecieron comunidades de *Espeletia hartwegiana*; en las laderas, matorrales de *Pentacalia vernicosa*; en los sitios con grandes cantos, restos de bosques de *Polylepis sericea* y en el fondo del valle prados con *Lachemilla orbiculata*.

del suelo, del clima y en los tipos de crecimiento de los elementos dominantes. En términos generales la división comprende:

Subpáramo (páramo bajo): franja que sigue a la ocupada por la vegetación arbórea de la región andina, sus límites altitudinales en la mayoría de las veces varían desde 3200 hasta 3600 m. Se caracteriza por el predominio de la vegetación arbustiva, con elementos florísticos de la familia Compositae.

Páramo propiamente dicho: Páramo de gramíneas, sus límites se extienden entre 3200 (3600 m) hasta 4100 m. En la vegetación dominan los pastizales y los frailejones.

Superpáramo: Franja situada por encima de 4100 m, llega hasta el límite inferior de las nieves perpetuas, se caracteriza por la discontinuidad de la vegetación y la apreciable superficie de suelo desnudo.

ESTRUCTURA Y FISONOMIA

El arreglo estructural o aspecto fisionómico de las comunidades vegetales varía a lo largo del gradiente altitudinal en la alta montaña, comprende desde bosques, inclusive selvas pluriestratificadas hasta comunidades rasantas en el límite con las nieves perpetuas (figura 1). En la medida en que se incrementa la altitud, el porte de la vegetación disminuye e igualmente la diversidad florística.

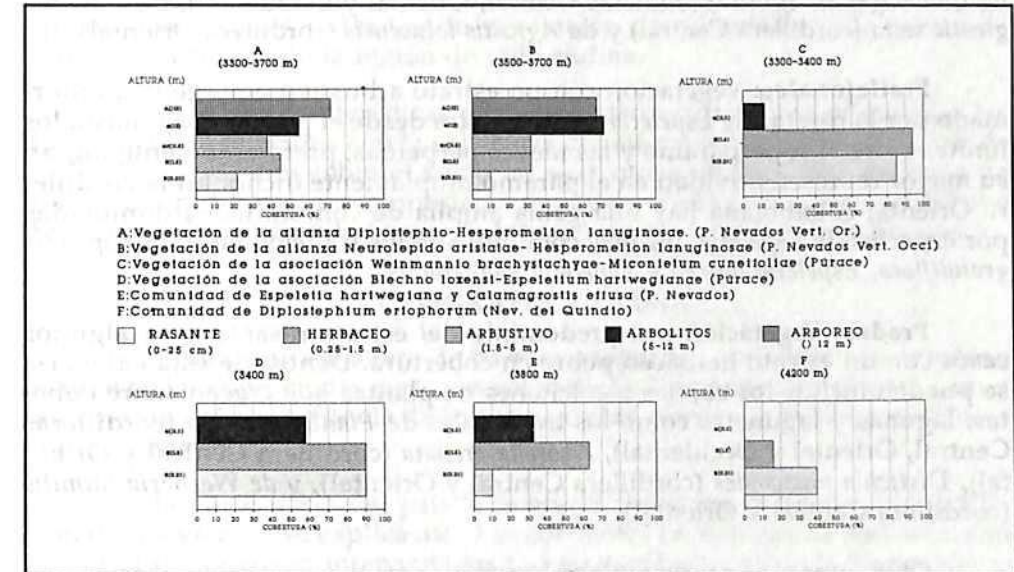


Figura 1. Diagramas estructurales (cobertura % versus estratos) en tipos de vegetación de la alta montaña en Colombia.

En la franja alto andina, las comunidades incluyen selvas con dos estratos arbóreos y sotobosque denso, como las comunidades dominadas por *Weinmannia rollotii* y *Weinmannia balbisiana* en la cordillera Oriental; por *Weinmannia marequitense* y por *Hesperomeles ferruginea* en la cordillera Central y por *Clethra fagifolia* y *Escallonia sp.*, en la cordillera Occidental. Bosques con elementos hasta de 20 m de altura, como los robledales de *Quercus humboldtii* en las tres cordilleras colombianas y las comunidades dominadas por *Drymis granadensis*. También figuran los bosques ralos que marcan el límite superior de distribución de la vegetación arbórea como los de *Gynoxys tolimensis* y *Vallea stipularis* de la cordillera Central.

En la región paramuna se presenta un tipo de vegetación que rompe la armonía del paisaje, son los bosques de *Polylepis* (Rosaceae) que crecen sobre derrubios y rocas en áreas con evidencia de la acción fluvio-glaciar.

En el páramo los tipos de vegetación mas frecuentes son:

Matorrales. Vegetación arbustiva, con predominio de elementos leñosos. Se establecen desde el páramo bajo hasta el superpáramo; entre las comunidades mas ampliamente distribuidas se encuentran, las de *Hypericum laricifolium* (cordilleras Central, Oriental y Occidental), de *Pentacalia vernicosa* (cordillera Oriental y Central) de *Ageratina tinifolia* (cordilleras Central y Oriental).

Pajonales: Vegetación herbácea dominada por gramíneas en macollas. Se encuentran desde el páramo propiamente dicho hasta el superpáramo. Entre las comunidades mejor representadas en cuanto a área de distribución, figuran las de *Calamagrostis effusa* (cordilleras Central, Oriental y Occidental), de *Calamagrostis recta* (cordillera Central) y de *Agrostis tolucensis* (cordillera Oriental).

Frailejonales: Vegetación con un estrato arbustivo emergente conformado por la rosetas de *Espeletia*. Se le registra desde el páramo bajo hasta los límites entre el superpáramo y las nieves perpetuas; preferentemente logran su mayor representatividad en el páramo propiamente dicho. En la cordillera Oriental colombiana hay una gama amplia de comunidades dominadas por especies de *Espeletia*, los mas comunes son los frailejonales con *Espeletia grandiflora*, *Espeletia lopezii* y *Espeletia phaneractis*.

Prados: Vegetación con predominio del estrato rasante o en algunos casos con un estrato herbáceo pobre en cobertura. Dentro de esta categoría se pueden incluir los cojines o colchones de plantas que crecen sobre cubetas, lagunas y lagunetas como los tremedales de *Plantago rigida* (cordilleras Central, Oriental y Occidental), *Azorella crenata* (cordillera Central y Oriental), *Distichia muscoides* (cordillera Central y Oriental), y de *Werneria humilis* (cordillera Central y Oriental).

Obviamente se presentan combinaciones en el aspecto fisionómico que se reflejan en la composición florística, así es factible entonces hablar de frailejonales arbustivos y del pajonal - frailejonal.

LIMITE ENTRE LA FRANJA ALTOANDINA (VEGETACION CERRADA) Y LA REGION PARAMUNA (VEGETACION ABIERTA)

Una de las razones que más dificulta la diferenciación entre las dos franjas que involucran la alta montaña es el estado actual de transformación de los ambientes naturales. En la franja altoandina (3000-3500 m), casi no se encuentran sitios con condiciones originales en las 3 cordilleras, lo cual a veces distorsiona nuestras aproximaciones sobre la fisonomía y la composición florística. En repetidas ocasiones se dice que en la parte alta de las cordilleras por encima de 3000m predomina la vegetación de tipo abierto, lo cual no es un evento general, ya que en la Sierra Nevada de Santa Marta, en la cordillera Occidental y en algunas partes de la cordillera Oriental aún es posible por encima de 3000 m encontrar verdaderos bosques y formaciones selváticas (tipo de vegetación en donde hay mas de un estrato arbóreo con elementos de alturas superiores a los 25 m) como en las selvas de Lauraceas con *Ocotea calophylla* y *Podocarpus oleifolius* a 3000-3200 m en la cordillera Central.

Cuando la vegetación arbórea de la franja altoandina, los bosques con especies de *Weinmannia*, de *Clethra* y en ocasiones de *Quercus* son talados, se presenta la invasión de elementos de la cercana región paramuna que se asocian con los remanentes de la vegetación boscosa y forman mosaicos variados. En ocasiones junto a un relicto de bosque es frecuente encontrar frailejonales-arbustivos, pajonales o matorrales cuya área de distribución típica es la región paramuna. Esta presencia no es indicadora de las condiciones ecológicas que definen una región de vida y no debería asociarse a la calificación que se le da a la localidad. Una comunidad de páramo puede presentarse en límites muy bajos como a 2500m en la zona de Meremberg (Parque Natural del Puracé) con las turberas de la Candelaria, en donde se notan típicos frailejonales rodeados de vegetación de robledales y de selvas de Lauraceae propias de la región de vida andina.

Otra de las características que se pueden utilizar para diferenciar las dos franjas, se relaciona con la existencia de una capa de hojarasca a nivel de suelo. En el páramo sobre el suelo no se dispone de una capa definida de hojarasca, porque la descomposición es «insitu», esta particularidad influye de manera decisiva en la fauna de los suelos y en la fauna de la hojarasca.

TOPOGRAFIA Y CLIMA

Por funcionar a manera de barrera geográfica, un edificio montañoso influye en las condiciones meso y ecoclimáticas. Un parámetro climático muy importante para entender la distribución de las plantas en la alta montaña es la precipitación.

En la parte norte del país la interacción cadena montañosa - circulación de los vientos se explica así: Las corrientes de aire que se han saturado de vapor de agua son interceptadas por las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta y de la cordillera Occidental y se producen descargas sobre determinadas áreas de estos macizos. En esta región se presenta un

gradiente de humedad que aumenta en la medida en que las nubes se aproximan a los macizos montañosos (Montealegre, 1986).

De la parte sur también vienen corrientes de aire con bastante vapor de agua que al chocar contra las estribaciones externas de la cordillera Oriental originan precipitaciones muy localizadas sobre esta vertiente.

Las precipitaciones de origen orográfico y los centros de concentración de lluvias son la causa de la disimetría entre las vertientes de cualquiera de nuestros sistemas montañosos, acción que también se refleja en la distribución y en la extensión de las zonas de vida (figura 2) como lo explican las contribuciones de Cleef (1981) y de Sturm & Rangel (1985).

Flórez (1986) estableció para el ámbito andino que las temperaturas del suelo variaban linealmente con relación a la altitud con gradientes térmicos más bajos hacia las vertientes externas del Pacífico y de la cordillera Oriental. A nivel general, los valores de las temperaturas del aire en los valles interiores del Cauca y del Magdalena son mayores que los de las vertientes del Pacífico y de los Llanos.

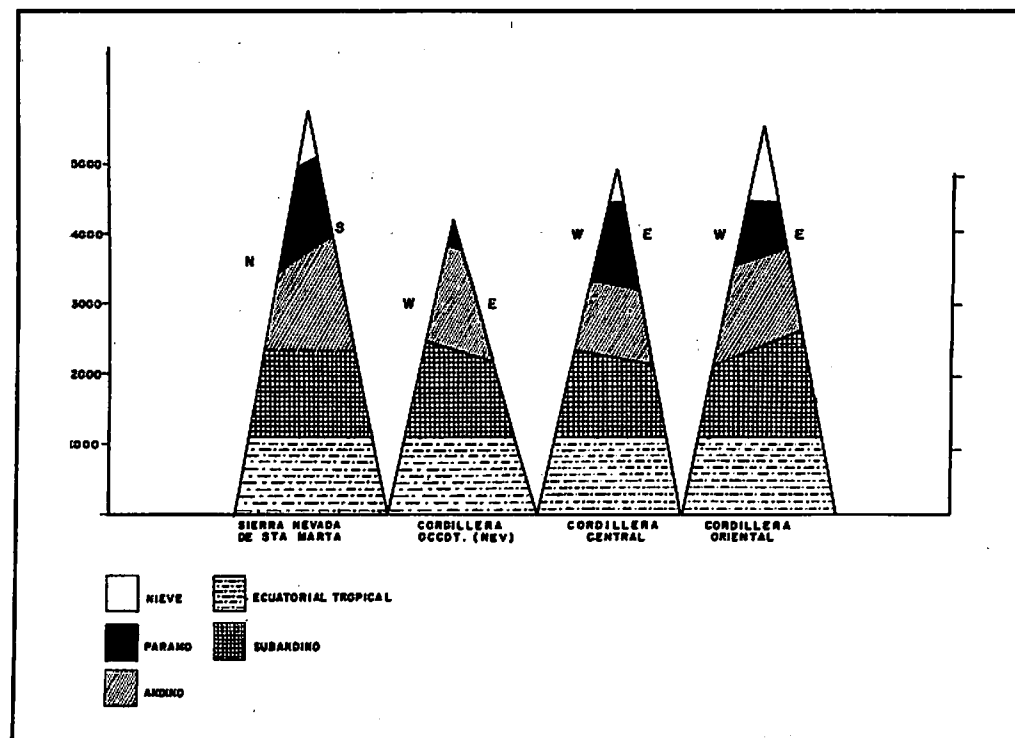


Figura 2. Distribución ideal de las regiones de vida en las cadenas montañosas de Colombia y su relación con la exposición de las vertientes.

La relación entre la temperatura del suelo y la temperatura del aire en un gradiente altitudinal del Parque de los Nevados, le permitió a Thouret (1983b) establecer 4 puntos que denominó «rupturas térmicas» localizados a 1250, 1950, 2700 y a 3700 m. y diferenciar dos zonas de contraste térmico, por encima del bosque alto-andino (>3500 m) y por debajo de 1000 m.

Las diferencias en la distribución de las temperaturas, debidas a la exposición y a los fenómenos asociados, se relaciona igualmente con la distribución altitudinal de la isoterma de 0° C a nivel del suelo y en el aire (Flórez, 1986). En las vertientes húmedas la isoterma de 0° C en el suelo se alcanza a elevaciones mayores mientras que en el aire, el fenómeno se presenta de manera inversa.

FISIOGRAFIA

La fisiografía y los procesos geomorfológicos y de modelaje del paisaje son factores también muy importantes para entender la diversidad beta o de las comunidades en la región de alta montaña, especialmente en el páramo.

En la alta montaña andina el modelado comprende diques volcánicos, domos, escaleras cortas y altas producidas por el escalonamiento estructural de coladas de lavas, escarpes originados por erosión y ablación glaciaria, cubetas de excavación glaciaria, flujos de lava mixtos, valles glaciares y taludes de derrubios (Thouret, 1983a), que en conjunto configuran numerosos microambientes sobre los cuales las plantas crean su ecoclima particular y colocan la diversidad beta en un nivel más alto que en cualquiera de las demás zonas de vida de un gradiente montañoso (figura 3). En la cordillera Central en el parque de los Nevados cerca al refugio del Ruiz (fotografía 2) es posible observar en un trayecto relativamente corto un mosaico de paisajes en donde se combinan los procesos actuales y pasados de la erosión y originan ambientes sobre los cuales se establecen diversos tipos de comunidades como frailejonales dominados por *Espeletia hartwegiana*, chuscales con *Chusquea tessellata*, pajonales con *Calamagrostis recta*, bosquetes con especies de *Diplostegium* y de *Polylepis* y prados con especies de *Werneria* (Compositae) y de *Lachemilla* (Rosaceae).

EFFECTO DE LA AMPLITUD, ANCHURA (LATITUD EN SENTIDO RESTRINGIDO)

Además de los efectos de la altitud-topografía y la fisiografía para entender la diversidad de los ambientes de alta montaña es necesario incluir la influencia de una cordillera muy ancha o muy estrecha. En la cordillera Oriental, la amplitud es fundamental para explicar la diversidad florística en las categorías beta de los ambientes de alta montaña. Un ejemplo ilustrativo se presenta en la meseta Cundi-Boyacense, la parte más ancha de la cordillera Oriental. De manera general podría decirse que es 2 - 3 veces mayor que otras partes de la misma cordillera Oriental e inclusive de la Central y Occidental.

En un corte topográfico altitudinal muy sencillo de 70 km de extensión entre el Lago de Tota y el páramo de la Rusia, Cleef (1979) reseñó 14 especies de

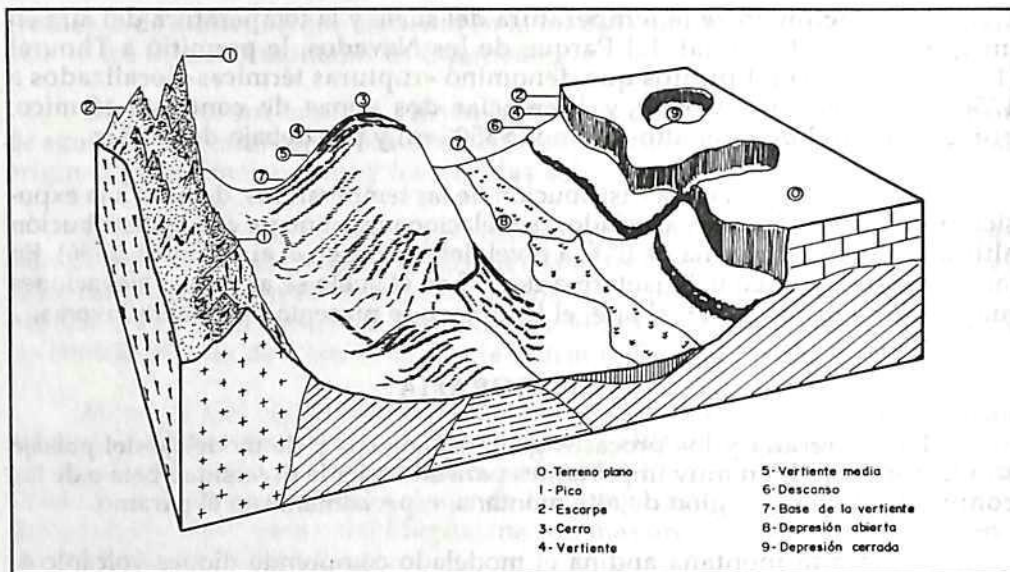


Figura 3. Principales accidentes topográficos en la alta montaña y acción del modelado glaciar (Tomado del vademecum)

Espeletiinae; posteriormente Rangel & Sturm (1985) y Rangel & Aguirre (1986) diferenciaron varias comunidades vegetales, cada una dominadas por diferentes especies de Espeletiinae. En el páramo de la Rusia entre 3300 m y la parte más alta cerca de 3800 m se distinguen 5 comunidades cada una bien caracterizada florística y estructuralmente por representantes de Espeletiinae de los géneros *Espeletia* y *Espeletiopsis*. Entre las de mayor cubrimiento figuran las comunidades de a. *Espeletiopsis glandulosa* que se establecen en laderas y sitios planos, que han sido muy alterados por actividades agrícolas y en las cuales los nutrientes son escasos; b. *Espeletia congestiflora* que arraiga en terrenos en descanso luego de su uso en la agricultura; c. *Espeletia murilloi* en sitios con contenido alto de agua; d. *Espeletia incana* en las partes más altas 3500-3700 m asociadas con el bambú paramuno *Chusquea tessellata*; e. y de *Espeletiopsis guacharaca* sobre laderas pedregosas. Estos casos ilustran el fenómeno de diversidad beta; en un espacio muy reducido se disponen 5 comunidades.

En general, la diversidad de las comunidades en la cordillera Oriental colombiana es mayor en comparación con cualquier otro corte que se pueda hacer por ejemplo en las cordilleras Central y Occidental y en otras partes de los Andes del norte de Suramérica.

CONVERGENCIAS MORFOLOGICAS

La influencia del factor topográfico es fundamental para explicar las adaptaciones y acomodaciones de las plantas, primero para colonizar y luego para perpetuarse en los ambientes de alta montaña.

El factor topográfico influye en las montañas del norte de los Andes así como también en áreas extratropicales y subtropicales (volcanes de Hawaii) y en cadenas montañosas más antiguas como las de las regiones volcánicas del trópico Africano (Hedberg, 1951 en Flenley, 1979).

Un ambiente con características paisajísticas similares a las de los de alta montaña en Colombia es la puna, en donde a pesar de presentarse más de 3 meses con deficiencia de agua, en su vegetación se encuentran convergencias morfoecológicas con los elementos dominantes del páramo, por ejemplo las rosetas de *Puya raimondii* y las de *Puya santosii* y de *Lupinus alopecuroides*; (fotografías 3 y 4) las macollas de *Festuca* sp. y las de especies típicamente paramunas como *Calamagrostis recta* (cordillera Central).

De ambientes montañosos no andinos en cuanto a su origen, se puede citar el caso de la vegetación del macizo de Chimatá en Venezuela en donde a 2500 m, predominan las plantas rosetosas y las formas gramínoideas que Huber

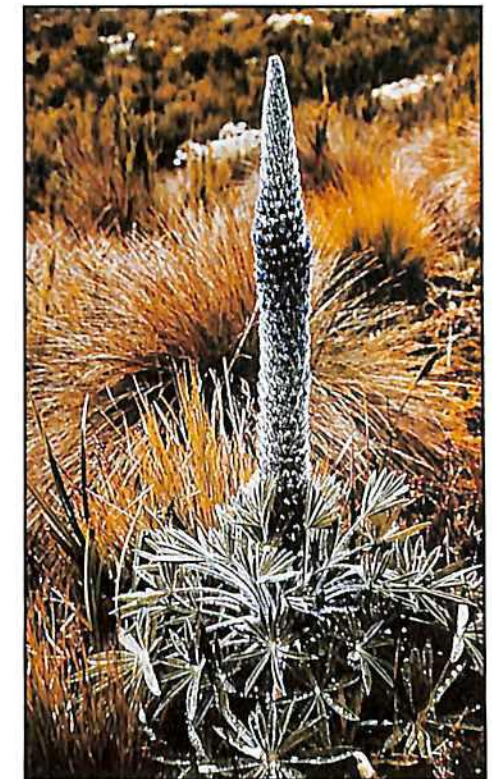


Foto 3 y 4. Convergencia morfoecológica de las plantas de los ambientes de alta montaña: *Puya raimondii* de la puna peruana (A. Cleef) y *Lupinus alopecuroides* del páramo del Ruiz (4100, O. Rangel).

(1992) denominó como el arbustal paramoide de *Chimantea mirabilis* (Asteraceae, foto 130, pag 255) y el herbazal sobre substrato turboso (foto 139, pag 259). Estas formaciones se asemejan notablemente en su fisionomía con los frailejonales de *Espeletia hartwegiana* de la cordillera Central y a los chuscales con *Chusquea tessellata* de las cordillera Oriental y Central (fotografías 5 y 6).

En síntesis un edificio montañoso y su interrelación con los factores climáticos son elementos decisivos en las adaptaciones de los organismos, las cuales se repiten en cada localidad, independientemente de su ubicación geográfica de la alta montaña.

VEGETACION ZONAL Y AZONAL

Una comunidad vegetal alcanza su máximo desarrollo bajo las condiciones del clima regional, sin embargo al presentarse variaciones locales en una condición como el contenido de agua en el suelo, se establecen otras fitocenosis. En regiones paramunas cercanas a Bogotá como la de Chisacá (cordillera Oriental), la comunidad dominante es la de el frailejónal-pajónal con *Espeletia grandiflora* y *Calamagostis effusa*, su área de distribución aunque muy amplia no cubre la totalidad de la superficie y en algunos parques especialmente en los alrededores de las lagunas y lagunetas en sitios planos, permanentemente encharcados arraigan los chuscales con *Chusquea tessellata*, que forman cordones con área de distribución muy bien definida. En el chuscal, el contenido de agua es cerca de tres veces el del suelo del frailejónal (fotografía 7). Cuando cambia la inclinación del sitio y por ende el contenido de agua en el suelo, la vegetación que se establece es la del frailejónal-pajónal. En el enfoque clásico de Walter (1964, en Cleef & Rangel, 1984) al primer tipo de vegetación se le denomina zonal y al segundo azonal.

Esta división es importante porque facilita por ejemplo, que con base en estudios de fotointerpretación se pueda calcular la cobertura vegetal según la condición prevaleciente en una localidad lo cual permite predecir con bastante aproximación las posibilidades de reservas potenciales de aguas en las zonas altas. Entre mayor sea el cubrimiento de la vegetación azonal en un páramo, con bastante probabilidad se trata de una zona húmeda o con valores de precipitación por encima de un promedio que divide las regiones paramunas de Colombia en áreas con exceso de precipitación y áreas con precipitación deficiente. Un caso típico de vegetación azonal que para su establecimiento necesita de la expresión máxima de un factor local como es el contenido alto de agua en el suelo, se ejemplifica en las turberas de plantas en cojines de *Plantago rigida* o de *Distichia muscoides* en los páramos de la cordillera Oriental.

En algunas situaciones, como en el interesante caso de la zona alta de la cordillera Occidental, la vegetación típicamente paramuna compuesta por frailejonales y pajonales, muestra un comportamiento de vegetación azonal, al encontrarse restringida a las lagunas y lagunetas colmatadas en los valles glaciares.



Foto 5 y 6. Similitud en el arreglo fisionómico entre comunidades de alta montaña. Aspecto del arbustal paramoide con *Chimantea mirabilis* (Asteraceae, O. Huber) del tepui Chimantá, Guyana Venezolana (5). Aspecto del frailejónal paramuno con *Espeletia lopezii* (Asteraceae) en la Sierra Nevada del Cocuy (H. Sturm; 6).

GRADIENTE DE HUMEDAD

Para referirse a la condición de zonalidad o azonalidad en términos más concretos, se debería contar con los datos del monto anual de precipitación. Aunque son pocas las estaciones climáticas en las partes altas, hay regiones con datos representativos.

Los regímenes de distribución de la precipitación pueden ser unimodales, bimodales o isohídricos, es decir que no presentan una verdadera división entre períodos de concentración y de escasez de lluvias. En el páramo del Cardón en la cordillera Oriental, el régimen es unimodal con un monto de precipitación cercano a los 4500 mm, mientras que en el Cocuy el régimen es bimodal, tetraestacional (Sturm & Rangel, 1995). Los regímenes de precipitación se relacionan estrechamente con características fenológicas: fructificación, floración, dispersión de semillas y sedimentación del polen.

El monto anual de la precipitación permite establecer una división de tipo ecológico, entre regiones paramunas en las cuales hay precipitaciones altas o en exceso y páramos en los cuales la precipitación tiene valores bajos. Se denominan húmedos los que tienen montos superiores a 1500 mm, como Chingaza y algunos de la cordillera Occidental y de la cordillera Central como el páramo del Nevado del Huila. Páramos secos son los de Berlín (Santander) y los del costado sur de la Sierra Nevada de Santa Marta.

El monto anual de la precipitación se relaciona de manera clara con los tipos de vegetación predominantes y con la arquitectura comunitaria. En los alrededores de la laguna de Chingaza hay frailejonales y chuscales y en otros sitios del parque, el chuscal está muy extendido como vegetación zonal, aunque la cantidad de agua es alta, los sitios no están encharcados, acción que se asocia con la humedad ambiental elevada producto de un régimen hídrico con exceso de agua. Aunque en Chingaza el área de extensión de los chuscales es considerable, comparativamente con el área cubierta en los páramos de la cordillera Occidental, es de menor extensión. El comportamiento ilustra de manera clara la estrecha relación entre la humedad ambiental y el vigor del chuscal.

Para los páramos de la cordillera Oriental, (Cleef, 1981) y Sturm & Rangel (1985) definieron las especies que preferencialmente se establecen en páramos húmedos como *Chusquea tessellata*, *Calamagrostis bogotensis*, *Calamagrostis effusa*, *Rynchospora macrochaeta*, *Espeletia grandiflora*, *Blechnum loxense*, *Pernettya prostrata*, *Paepalanthus karstenii*, *Arcytophyllum nitidum*, *Arcytophyllum muticum*, *Aragoa abietina*, *Lycopodium contiguum*, *Castilleja fissifolia*, *Castrella piloselloides*, *Vaccinium foribundum*, *Diplostephium revolutum*, *Disterigma empetrifolium*, *Puya santosii*, *Chusquea tessellata*, *Hypericum goyanesii*, *Halenia asclepiadea*, *Oritrophium peruvianum*, *Pentacalia vacciniodes*, *Gentianella corymbosa*, *Festuca dolichophylla* y *Bartsia santolinaefolia*.

En un páramo seco como los del costado sur de la Sierra Nevada de Santa Marta, arriba de San Sebastián, la vegetación crece de manera dispersa, no hay homogeneidad en el área de distribución, la estructura es bastante simple y obviamente tipos de vegetación indicadores de condiciones húmedas no se presentan.



Foto 7. Laguna de Chisacá (Sumapaz, 3800 m). Al lado del espejo de agua, el cordón de vegetación azonal del chuscal (*Chusquea tessellata*). En primer plano, el frailejonal-pajonal (vegetación zonal) de *Espeletia grandiflora* y *Calamagrostis effusa* (O.Rangel).

En los páramos secos de la cordillera Oriental son especies frecuentes entre otras *Diplostephium phyllicoides*, *Bucquetia glutinosa*, *Brachyotum strigosum*, *Gaultheria cordifolia* y *Gaylussacia buxifolia*. En grupos florísticos como en *Aragoa* (scrophulariaceae), igualmente hay series de especies (Sección Ciliatae) que prefieren con su distribución páramos secos como los de la Sierra Nevada de Mérida (Venezuela) y la Sierra Nevada de Santa Marta (Fernández-Alonso, 1993). Curiosamente las especies que prefieren páramos atmosféricamente secos son en su mayoría de hábito leñoso, de allí que una de las preocupaciones mayores en cuanto a la utilización del recurso vegetal en los páramos secos, se relaciona con el empobrecimiento y desaparición de las poblaciones de estas especies que son muy sensibles al efecto del fuego.

ORIGEN GEOGRAFICO Y ESPECTRO FLORISTICO DE LA VEGETACION PARAMUNA

Cleef (1979) propuso un arreglo sobre el origen geográfico de la flora paramuna - a nivel de género- en la cordillera Oriental de Colombia. De acuerdo con sus resultados se presenta una condición de relativo equilibrio entre los aportes de los elementos inmigrantes (templado en sentido amplio, austral-antártico, holártico, cosmopolita) y los tropicales (neotropicales pa-

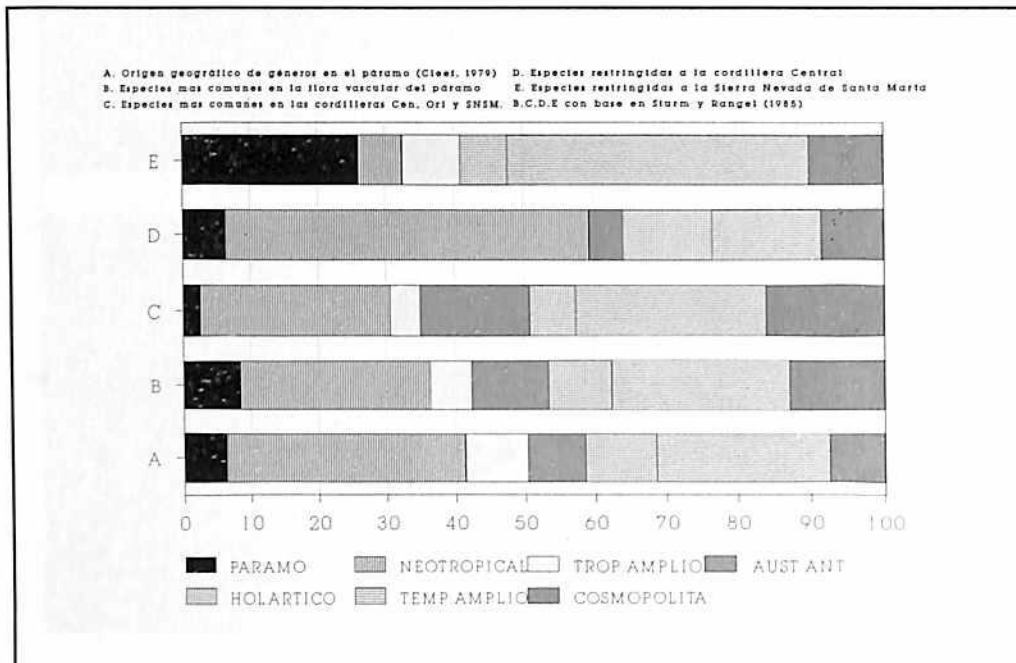


Figura 4. Representación (%) a nivel de especies por componente geográfico en el sentido de Cleef (1979) en la flora paramuna de Colombia.

ramunos). Tomando como premisa esta condición, Sturm y Rangel (1985) y Rangel (1991) consideraron la representación a nivel específico de estos componentes en determinadas situaciones detectadas en sus análisis florísticos (figura 4), para tratar de establecer las tendencias de especiación por componente geográfico en el sentido de Cleef (1979).

Algunas de las consideraciones que han sido complementadas con los datos recientes se discriminan así: en la figura 4B se representa el espectro de las 130 especies más importantes en la flora paramuna de Colombia. Hay un equilibrio en la repartición entre el número de especies pertenecientes a los elementos locales y el número de especies de los géneros inmigrantes, grupo en el cual el valor mayor lo muestra el elemento de origen templado en sentido amplio (Tp). La figura 4C representa el espectro de las especies comunes a las cordilleras Central, Oriental y a la Sierra Nevada de Santa Marta, la influencia de los géneros inmigrantes es mayor que la de los locales, resultado lógico de esperar, por cuanto las especies con área de distribución restringida a cada localidad (endémicas) no se consideraron. En la figura 4D, especies restringidas a la cordillera Central, predominan las correspondientes a géneros neotropicales, la representación estrictamente paramuna es la más baja de los tres transectos y no se reseñaron representantes del componente tropical en sentido amplio. En la figura 4E, especies con

con área de distribución restringida a la Sierra Nevada de Santa Marta, hay un ligero dominio del componente inmigrante (especialmente el elemento de origen templado) sobre el local.

Las especies derivadas del componente paramuno muestran el máximo valor para las zonas incluidas en la reseña y resaltan el endemismo considerable que se ha mencionado para el macizo (Wurdack, 1976; Cuatrecasas, 1986; Mora & Rangel, 1983; Cleef & Rangel, 1984).

Los componentes neotropical (Nt), templado en sentido amplio (Tp), y paramuno (P) son los que varían de manera significativa; el comportamiento de los componentes austral-antártico y holártico es muy regular en cada una de las situaciones analizadas, a excepción de la Sierra Nevada de Santa Marta, en donde de acuerdo con Sturm & Rangel (1985) no se le reseñó.

Las comparaciones florísticas de numerosas localidades paramunas de Colombia (Sturm & Rangel, 1985), mas los registros recientes [(Duque & Rangel, 1989; Sánchez y Rangel, 1990; Rangel (en preparación)], han permitido diferenciar un grupo de especies de amplia distribución en este tipo de ambientes que conforman un espectro básico paramuno en cuanto a composición florística, integrado por: *Calamagrostis effusa*, *Pernettya prostrata*, *Castilleja fissifolia*, *Festuca dolychophylla*, *Vaccinium floribundum*, *Hypochoeris sessilifolia*, *Bartsia orthocarpiflora*, *Nertera granadensis*, *Pentacalia vaccinioides*, *Geranium sibbaldoides*, *Oritrophium peruvianum*, *Luzula racemosa*, *Valeriana plantaginea*, *Hieracium avilae*, *Gaiadendron punctatum*, *Relbunium hypocarpium*, *Agrostis hankeana*, *Escallonia myrtilloides*, *Grammitis moniliformis*, *Orthrosanthus chimboracensis*, *Bidens triplinervia* y *Acaena elongata*.

La mayoría de las especies que componen el espectro básico paramuno (Sturm y Rangel, 1985) se distribuyen igualmente en los páramos venezolanos y en los ecuatorianos (Acosta-Solís, 1968; Rangel, inédito). La comparación entre la composición florística a nivel específico (listas de especies) de la flora paramuna de Colombia y la de Venezuela (Vareschi, 1970; Farias, 1978) muestra un valor de similaridad de 40%, que necesariamente debe incrementarse con la revisión detallada de la corología de algunos grupos florísticos importantes. El espectro básico en la composición florística de la región paramuna de Colombia es un conjunto de especies que se repiten en todo tipo de vegetación en una proporción importante.

En un momento determinado puede ser difícil precisar el origen geográfico de una comunidad vegetal, por cuanto los límites de distribución de las especies no son estáticos, sino que cambian de acuerdo con las potencialidades genéticas y con las disponibilidades de ambientes sobre los cuales se entra a competir. Es frecuente preguntarse si la presencia de vegetación abierta de frailejonales es indicadora de la región de vida paramuna. El concepto región de vida involucra además del componente vegetal, el componente geográfico, climático, edáfico y faunístico. No siempre se tienen datos sobre la totalidad de los componentes. Para definir si una comunidad vegetal in-

dependientemente de la región de vida que se trabajó, es de tipo paramuno en cuanto al origen geográfico de sus componentes, se requiere sólo de comparaciones entre la composición florística de la comunidad investigada y el espectro básico paramuno. Con base en 1200 muestreos en diferentes páramos de la cordillera Oriental se seleccionaron las especies de amplia distribución, cuando se comparó esta lista con el espectro de especies que tipifican la región paramuna de Colombia se obtuvieron niveles muy altos de coincidencia [Sturm & Rangel, 1985; Rangel (en preparación)].

DIFERENCIACION COMUNITARIA

Como se mencionó anteriormente las zonas de alta montaña del norte de Los Andes se diferencian de las africanas y asiáticas, entre otras causas, porque en las primeras zonas de vida del gradiente montañoso han estado en contacto en su historia natural como lo muestran las evidencias paleoecológicas suministradas por Van der Hammen (1974, 1981) para los páramos del núcleo de la Sábana de Bogotá y los de la Sierra Nevada del Cocuy y por Melief (1985) y Salomón (1986) en la cordillera Central. Si las zonas estuvieron en contacto, cabe esperar la conformación de un patrón florístico que se repita y que en cada localidad paramuna de acuerdo con las teorías evolutivas, se hayan diferenciado algunas entidades que sirvan para caracterizar las comunidades allí establecidas.

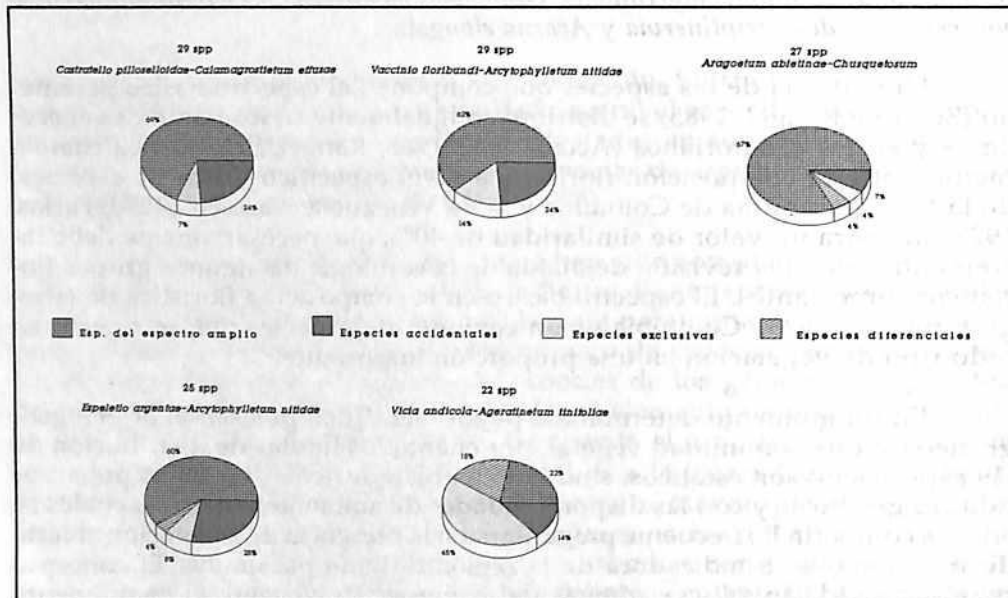


Figura 5. Composición de las agrupaciones vegetales de Chingaza según la procedencia de las especies (%)

Un enfoque novedoso (Rangel, en preparación), de los trabajos iniciales sobre la vegetación del páramo de Chingaza (Franco, 1982; Franco et al., 1985) consistió en comparar el espectro básico de la flora paramuna con la composición florística integral de las asociaciones vegetales. En una comunidad se diferencian especies exclusivas es decir que solamente se encuentran en ese sintaxon, especies selectivas (diferenciales) que prefieren varias comunidades pero se desarrollan vigorosamente en una y especies cosmopolitas (accidentales) que tienen distribución muy amplia.

Como se observa en la figuras 5, en el parque Chingaza en los tipos de vegetación abierta (pajonal-frailejunal) hay representación mayoritaria del espectro florístico paramuno de la cordillera Oriental y le sigue el componente diagnóstico de cada conjunto comunitario.

Cuando se incluyen en este análisis otras comunidades como los matorrales de *Ageratina tinifolia* (figura 5E) se nota que cambian los valores (%). Este nuevo ordenamiento es indicativo de que la comunidad no pertenece a la vegetación abierta típica del páramo y convendría mejor buscar similitud con la vegetación de la franja alto andina.

Si se logra extender este ordenamiento a toda la vegetación paramuna de Colombia y a zonas de páramo de países vecinos, se podrán detectar de manera mas precisa las afinidades sinecológicas y singenéticas.

DIVERSIDAD FLORISTICA

En las dos regiones de vida que involucra la alta montaña en Colombia, la diversidad vegetal significa el 50% de la encontrada en el gradiente montañoso (Rangel, 1994). En la región de vida andina de las cordilleras de Colombia, las familias con mayor número de especies son Asteraceae, Polypodiaceae, Orchidaceae, Ericaceae, Melastomataceae, Rubiaceae, Piperaceae y Poaceae. En el páramo predominan Asteraceae, Poaceae, Polypodiaceae, Ericaceae, Rosaceae, Apiaceae y Scrophulariaceae.

Para la franja altoandina (3000-3500m) se poseen registros de 170 familias, 426 géneros y 1216 especies y para el páramo de 140 familias, 328 géneros y 973 especies; en general en la franja altoandina la diversidad en cualquier categoría taxonómica es mayor que las de la región paramuna, en donde por el contrario, la diversidad a nivel beta (comunitario) tiene expresión máxima (figura 6).

Estimativos sitúan en cerca de 3000 el número de especies de plantas vasculares para la gran extensión biogeográfica del páramo (Luteyn et al., 1992). Las aproximaciones para el territorio colombiano se colocan entre 1600 y 1800, que sería una cantidad razonable para la diversidad de la flora paramuna. Estos valores reafirman la calificación de la elevada diversidad a y de los ambientes de alta montaña.

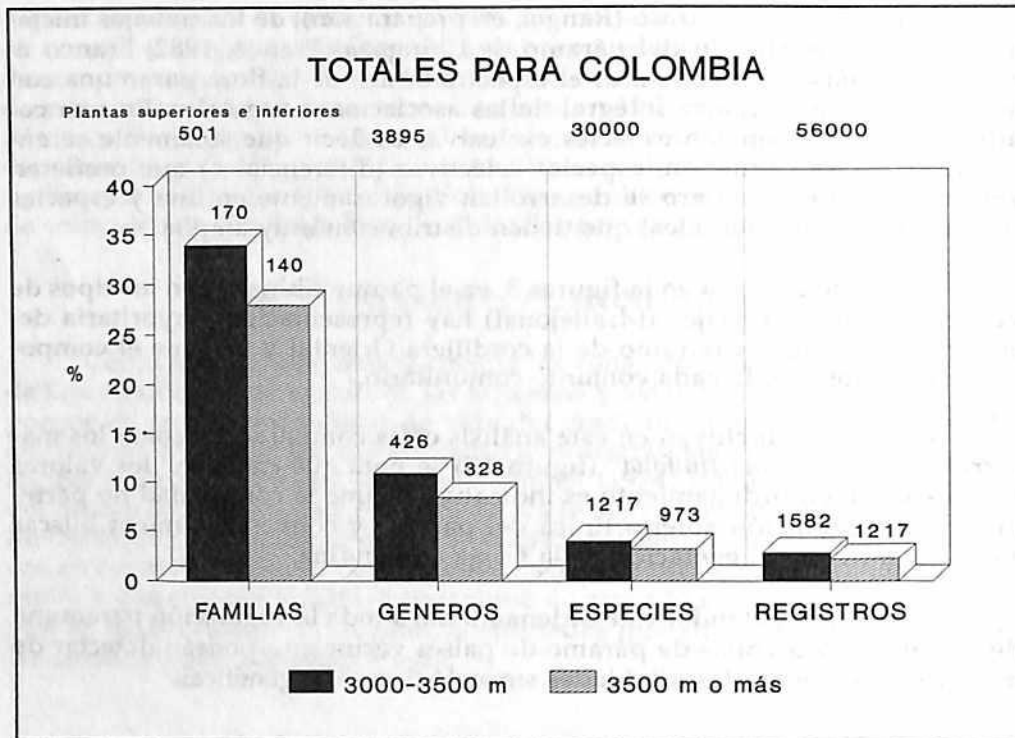


Figura 6. Diversidad (# de especies según categorías taxonómicas) en la flora de alta montaña.

Si se comparan la fisonomía y la composición florística de la vegetación de los páramos de Venezuela, Costa Rica y Ecuador, con cualquiera de los páramos de nuestras cordilleras se encuentra un nivel de similitud amplio, si esta comparación se efectúa a nivel de elementos dominantes y con especial referencia a los páramos de la cordillera Oriental (altiplano Cundi-Boyacense) se nota que en esta última localidad se encuentra representada toda la amplia variedad de comunidades y ambientes que existen en la región biogeográfica del páramo.

CONSIDERACIONES FINALES

Las características bioecológicas de las franjas de alta montaña en particular la paramuna y sus manifestaciones en la biota regional, especialmente en las plantas, reflejan de manera clara la dinámica de la relación organismos-medio ambiente que se presentó en el poblamiento de las áreas.

Para la mayoría de los ambientes de páramo se puede aducir su relativa juventud si se toma en cuenta que en los edificios montañosos con elevaciones apropiadas, los casquetes glaciares cubrieron áreas geográficas hasta

los 2800 m, en donde los organismos sufrieron el efecto de las bajas temperaturas y en ocasiones la acción erosiva de las lenguas de hielo (Van der Hammen et al., 1981). Numerosas poblaciones son nuevas y en algunos casos se puede afirmar que a nivel de funciones tróficas, hay nichos vacíos en los consumidores y en los recicladores. La vegetación de alta montaña incluye desde selvas pluriestratificadas con valores altos de diversidad florística a nivel de familia y de especie, tipos de vegetación arbórea dominados por especies de *Weinmannia*, de *Clethra* y por *Drimys granadensis* y *Quercus humboldtii*.

En la franja baja del páramo predominan los matorrales con especies de Compositae, de *Hypericum* y de Ericaceae (*Pernettya prostrata*, *Vaccinium floribundum*, *Befaria resinosa*). En casi todas las localidades se presentan zonas de ecotonía o de contacto con la vegetación de la franja altoandina y se conforman entonces comunidades mixtas.

En la franja media, la diversificación comunitaria es máxima, se establecen diversos tipos de vegetación pero dominan los frailejonales y pajonales con *Calamagrostis effusa* y especies de *Espeletia*.

En la franja alta, en algunos casos, en contacto con el límite inferior de las nieves perpetuas, el cubrimiento vegetal y la diversidad florística disminuyen bastante hasta llegar a la expresión mínima de individuos aislados que crecen entre las rocas: El tipo de vegetación más frecuente es la comunidad pratense con especies de *Draba* (Cruciferae) y de *Senecio* (Asteraceae).

En las regiones paramunas muy húmedas (entre 2800 y 3000 mm de precipitación anual) predomina la vegetación del tipo chuscal. El bambú *Chusquea tessellata* forma comunidades muy homogéneas y en otros casos es una especie muy importante en la fisonomía comunitaria. El chuscal es el tipo de vegetación más extendido en diversos habitats de los páramos húmedos. También figuran los pajonales con *Calamagrostis bogotensis*, los frailejonales-arbustivos con *Espeletia hartwegiana* y *Pentacalia vernicosa*, los prados con especies de *Paepalanthus*, los matorrales de *Hypericum laricifolium*, de *Diplostephium revolutum* y de *Pentacalia vaccinooides*. En estos páramos igualmente son comunes las turberas con plantas en cojines duros, compactos, especialmente de *Plantago rigida*, de *Distichia muscoides* y de *Azorella crenata*. Los cojines laxos, blandos, están conformados por especies de *Werneria*, de *Xyris*, de *Azorella* y de *Oreobolus* y los tapetes de las especies de *Sphagnum*. En los páramos secos con montos bajos de precipitación, predomina la vegetación de matorral con especies de Compositae y de Ericaceae y los pajonales de *Calamagrostis effusa* y *Calamagrostis macrophylla*. Las observaciones de Cleef (1981); Sturm y Rangel (1985); Sánchez y Rangel (1990), permiten concluir que la vegetación azonal - es decir la de los pantanos y la de las cubetas y turberas - tiene cubrimiento mayor en los páramos húmedos (Chingaza y Chisacá), que en los páramos secos o con valores de precipitación por debajo de 1200 mm.

Diversos autores (Sturm & Rangel, 1985; Cuatrecasas, 1986) han mencionado como causas extrínsecas de la diversidad florística y comunitaria de

la vegetación de alta montaña, la insularidad de las zonas, la topografía y el efecto del modelado. Entre los factores intrínsecos se menciona la capacidad de dispersión y colonización de las especies, presunción que se refuerza en lo relativo a la distribución geográfica de las especies de *Espeletiinae* en el trayecto corto entre el páramo de la Rusia y la laguna de Tota.

La flora de alta montaña representa cerca del 50% de la diversidad en un gradiente montañoso; en las dos franjas predominan las familias Astera-ceae y Polypodiaceae. En el páramo la diversidad comunitaria es mayor que en la franja alto andina, entre las explicaciones se citan la variedad de accidentes topográficos y el modelado fluvio-glaciario.

En los suelos con vegetación paramuna, no se puede diferenciar en sentido estricto una capa de hojarasca ni capas completamente orgánicas, por el contrario en los suelos con vegetación boscosa siempre hay una capa orgánica cuyo desarrollo y espesor es variable.

Intervención antrópica

En los ambientes de alta montaña, la reducción de la cobertura vegetal original se ha acelerado por la intervención antrópica. La zona limítrofe entre la vegetación arbórea (cerrada) y la herbácea (abierta) prácticamente desapareció en algunas localidades porque las áreas originales se dedicaron al pastoreo o cultivo de la papa. En los páramos del sur como Galeras y Azufral en Nariño, extensas superficies están siendo utilizadas para procesos industriales de forestación, en procesos que interpretan equivocadamente las condiciones climáticas e históricas del ambiente de alta montaña. Las existencias en el páramo de poblaciones arbóreas naturales (bosques de *Poly-lepis*), no implica que el macroclima facilite el crecimiento arbóreo de manera indiscriminada. En otros casos puede haber utilización excesiva de un elemento como la explotación de las macollas de especies de *Calamagrostis* en los páramos cercanos a Bogotá para el techado de casas de campo.

Otro efecto negativo sobre la diversidad florística del páramo lo constituye las quemaduras continuas. Las especies lábiles desaparecen del lugar; las especies de hábito leñoso difícilmente superan el efecto del fuego y con esta práctica lentamente se va homogenizando la vegetación, al persistir solamente las especies agresivas, que soportan la quema. La acción continua hace que los brotes de renuevo y especialmente las plántulas no logren cumplir su ciclo vital. Casos ilustrativos del fenómeno se tienen en la Sierra Nevada del Cocuy en donde extensas áreas cubiertas con *Espeletia lopezii* y *Espeletiopsis colombiana* han cedido sus espacios a prados dominados por gramíneas como *Aciachne pulvinata* y *Muehlenbergia fastigiata*.

No obstante estas influencias perturbadoras, los sistemas bióticos de la alta montaña persisten y mantienen parte de sus características originales; la introducción de ganadería extensiva con ovejas debería descartarse, la falta de estudios sobre la capacidad de porte de las comunidades y sobre los

valores bromatológicos de las especies dominantes y una explotación a escala comercial, sumado a la elevada susceptibilidad de los suelos son condiciones que deben tenerse en cuenta antes de iniciar cualquier proceso de uso del recurso en renglones tradicionales de la economía de extracción.

RECOMENDACIONES

Declarar la región de vida paramuna (por encima de 3300-3500 m) como un bien de la nación con finalidad social, esencialmente en lo relativo con los procesos de economía hídrica, captación, retención y traslado de agua a lo largo de las cadenas montañosas del país.

Los depósitos de agua, lagos, lagunas, lagunetas, pantanos, deben ser objeto de cuidados especiales. La utilización de las reservas hídricas en obras civiles (represas, generación de energía) debe evitarse, ya que la acción ocasionará cambios profundos en el ambiente paramuno.

Restringir al máximo la explotación de los recursos biológicos de la región. Deben descartarse por completo los intentos de establecer ganadería intensiva con ovejas. La acción directa del ganado, pisoteo, consumo indiscriminado de los vegetales, e indirecta como quemaduras continuas para ofrecer pastos tiernos y palatables, los procesos de uniformización de las comunidades vegetales y la desprotección del suelo, causan efectos graves sobre el ambiente paramuno.

AGRADECIMIENTOS

Dejo constancia de mis agradecimientos a Aida Garzón-C, Mauricio Aguilar-P y a Petter Lowy-C del grupo de investigación del Instituto de Ciencias Naturales sobre la diversidad biótica de Colombia, por su entusiasta colaboración para poder culminar el manuscrito. Al Dr. José Luis Fernández-A por sus comentarios y revisión.

La consolidación y elaboración de esta contribución fue posible gracias a la colaboración financiera de Colciencias, entidad cuyo objetivo es impulsar el desarrollo científico y tecnológico de Colombia.

REFERENCIAS

- ACOSTA-SOLÍS, M., 1968. Clasificación geobotánica de los bosques y las otras formaciones vegetales del Ecuador. *Cienc. y Nat.* 1(2): 62 - 77.
- CALDAS, F.J., 1951 (Reimpresión). Memoria sobre la nivelación de las plantas que se cultivan en la vecindad del Ecuador. *Rev. Ac. Col. Cienc. E.F. Nat.* 8:168-172.
- CLEEF, A.M., 1978. Characteristics of neotropical paramo vegetation and its subantarctic relations. In: C. Troll & W. Lauer (eds). *Geological relations between the southern temperate zone and the tropical mountains.* *Erdwiss. Forsch.* 11:365-390. Wiesbaden.

- _____. 1979. The phytogeographical position of the neotropical vascular paramo flora with special reference to the Colombian cordillera oriental. In: K.Larsen & L.B. Holm-Nielsen (eds). *Tropical Botany*. 175-184. London, Academic Press.
- _____. 1981. The vegetation of the páramos of the Colombian cordillera oriental. *Dissertationes Botanicae*. 61:321 pp. Cramer, Vaduz.
- _____. J.O.Rangel-Ch., T. Vander Hammen & R. Jaramillo-M. 1984. La vegetación de las selvas del transecto Buriticá. En: T. Van der Hammen y P. Ruiz-C (eds). *La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) Transecto Buriticá-La Cumbre*. Estudios de ecosistemas tropandinos 2:267-406. J.Cramer, Berlín.
- _____. & J.O. Rangel-Ch., 1984. La vegetación del páramo del noroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta En: T. Van der Hammen y P. Ruiz-C. (eds). *La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) Transecto Buriticá-La Cumbre*. Estudios de ecosistemas tropandinos 2:267-406. J.Cramer, Vaduz.
- CUATRECASAS, J., 1934. Observaciones geobotánicas en Colombia. *Trab. Mus.Nac. Cs. Nat.Serie botánica*. 27: 1-144, Madrid.
- _____. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Rev. Ac. Col. Cienc. E. F. Nat.*, 10 (40): 221-268.
- _____. 1986. Speciation an radiation of the Espeletineae in the Andes. In: F. Vuilleumier and M. Monasterio (eds). *High altitud Tropical Biogeography*: 267-303. Oxford University Press.
- DUQUE-N., A. & J.O.RANGEL-CH., 1989. Análisis fitosociológico de la vegetación paramuna del Parque natural del Puracé. En: L.F.Herrera, R. Drennan & C.Uribe (eds). *Cacicazgos prehispánicos del valle de la Plata I. El contexto medio ambiental de la ocupación humana*. U. of Pittsburg *Memoirs in Latin América - Archaeology No.2:70-95*.
- FARÍA-S., N. 1978. Afinidades fitogeográficas de la flora vascular de los páramos venezolanos. *Rev.Fac. de agronomía. Universidad de Zulia, Maracaibo* 4(2): 56-137. Venezuela.
- FERNÁNDEZ-A., J.L., 1991. Nueva especie y comentarios morfológicos y fitogeográficos en el género *Aragoa* H.B.K. (*Scrophulariaceae*). *Caldasia* 16 (78): 301-310.
- _____. 1993. Novedades taxonómicas en *Aragoa* H.B.K. (*Scrophulariaceae*) y sinopsis del género. *Anales Jard. Bot. Madrid* 51(1):73-96.
- FLENLEY, J.R. 1979. *The equatorial rain forest: A geological history*. Butter Worths & Co, publishers. 162 p p. London - Boston.
- FLÓREZ, A. 1986. Aspectos climatológicos y geomorfológicos del transecto Tatamá, cordillera occidental. *Análisis Geográficos*. Publicación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi:86 pp. Bogotá
- FRANCO-R., P. 1983. Estudios fitoecológicos en el Parque Nacional de Chingaza. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. (Mimeografiado).
- _____. J.O. Rangel-Ch., & G.Lozano-C. 1986, Estudios ecológicos en la cordillera Oriental, II: Las comunidades vegetales de los alrededores de la laguna de Chingaza (Cundinamarca). *Caldasia* 15(71-75):219-248. Bogotá.
- HUBER, O. 1992. La vegetación. En: O. Huber (ed.) *El macizo del Chimatá, escudo de Guayana, Venezuela. Un ensayo ecológico tepuyano*: 162-177. Oscar Todtmann editores, Caracas.

- KROONENBERG, S. & H. DIEDERIX. 1985. Geología. In: Robert Drennan (ed.). *Arqueología regional en el valle de la Plata, Colombia*. Informe preliminar sobre la temporada de 1984 del proyecto arqueológico Valle de la Plata. *Museum of Anthropology, University of Michigan*. Technical Reports No. 16. Ann.Arbor, Michigan.
- LOZANO-C., G. & R.SCHNETTER., 1976. Estudios ecológicos en el páramo de Cruz Verde, Colombia. II. Las comunidades vegetales. *Caldasia* 11(54): 54-68.
- _____. & J.O.Rangel-CH. 1989. Inventario florístico del perfil de vegetación entre el municipio de La Plata (Depto del Huila) y el Volcán del Puracé (Depto del Cauca). En: L.F. Herrera C., Uribe & R. Drennan. (eds). *Cacicazgos Prehispánicos del Valle de la Plata, Tomo 1. El Contexto Medioambiental de la Ocupación Humana*. *University of Pittsburg. Memoirs in Latin American Archaeology No.2: 40 - 69*.
- LUTEYN, J.L., A.M. CLEEF & J.O. RANGEL-CH. 1992. Plants diversity in paramo: Towards a checklist of paramo plants and generic flora. In: H. Balslev and J.L. Luteyn (eds). *Paramo an Andean ecosystem under human influence:71-84*. Academic Press, Boston, New York, London, Tokio, Toronto.
- MELIEF-B., M. 1985. Late quaternary paleoecology of the Parque Nacional Natural de los Nevados (Cordillera central) and Sumapaz (Cordillera oriental) areas Colombia. Ph.D Thesis. U. of Amsterdam, 166 pp. Also in the quaternary of Colombia, 12.
- MONTEALEGRE, E. 1986. Distribución espacial de la precipitación en Colombia. *Atmósfera (Revista de la sociedad colombiana de meteorología)* 9: 37-52, Bogotá.
- MORA-O., L.E. & J.O.RANGEL CH. 1993. Una nueva Cyperaceae de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) y consideraciones fitogeográficas y sincológicas sobre *Carex* L. *Rev.Ac.Col.Cienc.E.F.Nat* 15(58) 13- 21.
- RANGEL, CH., J.O. 1991. Vegetación y ambiente en tres gradientes montañosos de Colombia. Tesis de Doctor. Universidad de Amsterdam, 392pp. Amsterdam.
- _____. & J. Aguirre-C. 1986. Estudios ecológicos en la cordillera Oriental colombiana III. La vegetación en la Cuenca del Lago de Tota (Boyacá). *Caldasia* 15(71-75):263-311.
- _____. & R.M. Jaramillo. 1984. Lista comentada del material herborizado en el transecto Buriticá-La Cumbre (Sierra Nevada de Santa Marta). En: T Vander Hammen y P. Ruiz-C (eds). *La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) Transecto Buriticá-La Cumbre*. Estudios de ecosistemas tropandinos 2:33-44. J.Cramer, Berlin.
- _____. & P. Franco-R. 1985. Observaciones fitoecológicas en varias regiones de vida de la cordillera Central colombiana. *Caldasia* 14(67):211-249.
- _____. & Lozano. 1986. Un perfil de vegetación entre la Plata (Huila) y el Volcán del Puracé. *Caldasia* 14(68-70):503-547.
- _____. & H. Sturm. 1994. Consideraciones sobre la vegetación, la productividad primaria neta y la artropofauna asociada en regiones paramunas de la cordillera Oriental. En: L.E. Mora-O & H. Sturm (eds). *Estudios ecológicos en el páramo de Monserrate*. Publicación de la Ac.Col.Cienc.E.F.Nat.
- _____. 1994. La diversidad florística en el espacio andino de Colombia. *Memorias del Simposio sobre bosques montañosos tropicales*. New York Botanical Garden. New York.
- SALAMANCA-V.,S. 1991. The vegetation of the páramo and its dynamics in the volcanic massif Ruiz-Tolima (Cordillera Central Colombia). Ph.D Thesis U. of Amsterdam, 122 pp. Amsterdam.

- SALOMONS, J.B. 1986. Paleoecology of volcanic soils in the Colombian central cordillera (Parque Nacional Natural Los Nevados). *Dissertationes Botanicae* 95: 212 pp. J. Cramer, Berlin. Also in: *The quaternary of Colombia* 13.
- SÁNCHEZ-M., R. & J.O. RANGEL-CH., 1990. Estudios ecológicos en la cordillera Oriental de Colombia V. La vegetación de los depósitos turbosos de los páramos de los alrededores de Bogotá. *Caldasia* 16(77):155-193.
- STURM, H. & J.O. RANGEL-CH. 1985. Ecología de los páramos andinos, una visión preliminar integrada. Biblioteca J. Jerónimo Triana. Instituto de Ciencias Naturales: 292 pp. Bogotá.
- THOURET, J.C. 1983 a. Observaciones geopedológicas a lo largo del transecto del Parque Los Nevados. En: T. Van der Hammen, A. Pérez-P. y P. Pinto-E. (eds). *La Cordillera Central Colombiana transecto Parque Los Nevados (Introducción y datos iniciales)*. *Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 1: 113-141. J. Cramer, Vaduz.
- _____ 1983 b. La temperatura de los suelos: Temperatura estabilizada en profundidad y correlaciones térmicas y pluviométricas. En: T. Van der Hammen, A. Pérez-P. & P. Pinto-E (eds). *La Cordillera Central Colombiana- Transecto Parque Los Nevados (Introducción y datos iniciales)*. *Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 1: 142-149. J. Cramer, Vaduz.
- _____ & T. Van der Hammen. 1983c. La secuencia holocénica y tardiglacial en el parque los Nevados. En: T. Van der Hammen, A. Pérez-P. & P. Pinto-E. (eds). *La cordillera Central Colombiana, Transecto Parque los Nevados (Introducción y datos iniciales)*. *Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 1:262-276. J. Cramer, Vaduz.
- VAN DER HAMMEN, T., J.H. WERNER & H. VAN DOMMELEN. 1973. Palynological record of the upheaval of the Northern Andes: a study of the Pliocene and lower Quaternary of the Colombian Eastern cordillera and the early evolution of its High-Andean biota. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 16:1-122.
- _____ 1974. The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. *Journal of Biogeography* 1:3-26.
- _____ J. Barelds, H. de Jong & A.A. de Veer. 1981. Glacial sequence and environmental history in the Sierra Nevada del Cocuy (Colombia). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaecol.* 32:247-340. Also in *The Quaternary of Colombia* 8.
- _____ 1984a. Datos eco-climatológicos del transecto Buritaca-La Cumbre. En: T. Van der Hammen y P. Ruiz-C. (eds). *La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia)*, Transecto Buritaca -La Cumbre. *Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 2 : 189-202. J. Cramer, Berlin.
- _____ & A.M. Cleef. 1986. Development of the high andean páramo flora and vegetation. In : F. Vuilleumier & M. Monasterio (eds). *High altitude tropical Biogeography*. Oxford University Press: 153-201.
- VARGAS-R, O. & S. ZULUAGA. 1981. Estudio fitoecológico de la región de Monserrate, Bogotá. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia (Mimeografiada).
- VARESCI, V. 1970. Flora de los páramos de Mérida. Publicaciones de la Universidad de los Andes, Mérida: 429 pp. Venezuela.
- WURDACK, J. 1976. Endemic Melastomataceae of the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Britonia* 28(1):138-143.

La Transpiración en las Plantas del Páramo y del Bosque Alto-Andino y sus Relaciones con los Factores Ecoclimáticos y la Anatomía Foliar¹

LUIS EDUARDO MORA OSEJO²

RESUMEN

Los registros de los factores determinantes del macro y del ecoclima del Páramo de el Granizo, donde se realizó el estudio, confirmaron el régimen diurno del clima del páramo y la ocurrencia de oscilaciones fuertes a lo largo del día.

El xeromorfismo de la envoltura epidermal de las hojas de las especies estudiadas se enmarca en tres patrones principales: mesomórficas, hemixeromórficas y holoxeromórficas. Se encontró que el grado de mesomorfía, guarda relación inversa con el grado de xeromorfía total. El promedio de conductancia foliar más alto corresponde al grupo de especies con envoltura epidermal mesomórfica, le siguen, en su orden, los grupos de especies con envoltura epidermales hemixeromórficas y holoxeromórficas.

El aparato estomático de las especies holoxeromórficas muestra, en general, el mayor grado de complejidad; por lo cual, opone mayor resistencia a la transpiración. Las especies hemixeromórficas típicas de la comunidad Frailejónal-pajonal presentan rasgos y estructuras conspicuas estabilizadoras de la capa límite.

¹ La versión final completa de este trabajo se publicó en: MORA-OSEJO, LE., y H. STURM (Eds). 1994. *Estudios Ecológicos en el Páramo y en el Bosque Alto-andino Cordillera Oriental de Colombia*, Acad. Col. de Cs. Ex. Fis. y Nat., Colección "Jorge Alvarez -Lleras" No. 6. Ed. Guadalupe, Santafé de Bogotá. En la realización de este trabajo participaron como coinvestigadores la Profesora Nibia Beceerra de Lozano, el Biólogo Hernando Arenas y la Bacterióloga Bertha Cova de Gutierrez.

² Miembro de número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

El aparato estomático de las especies holoxeromórficas muestra, en general, el mayor grado de complejidad; por lo cual, opone mayor resistencia a la transpiración. Las especies hemixeromórficas típicas de la comunidad Frailejona-pajonal presentan rasgos y estructuras conspicuas estabilizadoras de la capa límite.

El rango de fluctuación de la transpiración momentánea, propio de cada especie, depende de los factores endógenos; pero la magnitud de la transpiración promedio, en cualquier día del año, de una especie dada, depende de las interacciones de los factores endógenos y de la magnitud de las variaciones que experimenten los factores ambientales.

El rango de fluctuación de la transpiración momentánea, propio de cada especie, depende de los factores endógenos; pero la magnitud de la transpiración promedio, en cualquier día del año, de una especie dada, depende de las interacciones de los factores endógenos y de la magnitud de las variaciones que experimenten los factores ambientales.

En la mayoría de las especies se estableció que la intensidad de la transpiración guarda relación directa con la temperatura y la radiación; mientras que la humedad relativa es inversamente proporcional.

ABSTRACT

The recorded data of the macro-and ecoclimatic factors in the Paramo "El Granizo" confirm the daily regime of the paramo climate and the occurrence of strong oscillations along the light period of each day.

The variations of the xeromorphism degree of the foliar epidermal sheaths can be referred to three principal patterns: mesomorphic, hemixeromorphic and holoxeromorphic. Mesomorphic and total xeromorphic degrees are inversely related. The highest conductance average belongs to the species group with mesomorphic epidermal sheaths, followed by those species groups with hemixeromorphic and holoxeromorphic ones.

In general, holoxeromorphic species present the most complex stomatal configurations; therefore, they also present the highest stomatal resistance to transpiration. At the other side, hemixeromorphic species, which are characteristic elements of the Frailejona-pajonal community hold conspicuous features and structures that play an important role in reaching limit layer stability.

Certainly, endogenous factors regulate the range of the momentaneous transpiration fluctuation, characteristic of each species; but, the magnitude of the average transpiration for any day of the year and for any species, depends from the interrelations between endogenous factors and the magnitude of the fluctuations experimented by the climatic factors during the same day.

Transpiration intensity is directly related to the surrounding air temperature and global radiation, but inversely related to air relative humidity.

INTRODUCCION

En general, se acepta que las condiciones particulares del medio donde crecen las plantas seleccionan a través del tiempo respuestas adaptati-

vas estructurales y funcionales que afectan a la planta total o a los diferentes órganos. Así, las hojas de las plantas esclerófilas -xerófilas que viven en regiones con sequías largas durante el verano, poseen hojas pequeñas duras rígidas, capaces de reducir la transpiración al mínimo cuando se presenta escasez de agua, (WALTER, 1973a y b).

En el páramo y en el límite superior del bosque alto-andino, no obstante la humedad permanente del suelo y frecuente del aire, abundan las plantas con hojas pequeñas, a veces aciculares, escamosas, coriáceas; otras veces, conspicuamente pilosas y gruesas. Estas características se denominan, desde la época de GOEBEL (1891) xeromorfias, por cuanto coinciden con las de las hojas de plantas esclerófilas -xerófitas, en el sentido de WALTER (1973 a y b).

Sobre uno de los problemas centrales que se intenta abordar en este trabajo, el significado adaptativo de las características xeromórficas de las hojas de especies del páramo, las opiniones de los autores, desde la época de GOEBEL (1891), difieren notablemente. El mismo GOEBEL (1891), opinaba que el xeromorfismo de las hojas era la respuesta adaptativa de las plantas a las altas velocidades del viento, incrementadoras de la transpiración y a la escasez intermitente de agua producida por bajas temperaturas nocturnas del páramo.

Con base en los resultados del estudio anatómico de las hojas de plantas del páramo, (MORA-OSEJO, et.al, 1994) de mediciones sistematizadas de la transpiración de 29 especies y de los factores ambientales, se buscó contribuir al conocimiento de los factores endógenos y ambientales que intervienen en la regulación de la transpiración en especies de plantas comunes de los páramos húmedos de Colombia. Dentro de este contexto, se pretende así mismo contribuir a esclarecer la tan controvertida cuestión de cómo puede explicarse la frecuente ocurrencia en el páramo de especies de plantas con hojas de características xeromorfias, es decir, coincidentes con las plantas de esclerófilas -xerófitas, a pesar del alto grado de saturación de agua de los suelos y la frecuente elevada humedad relativa de la atmósfera del páramo?.

MATERIALES Y METODOS

El estudio de la transpiración se efectuó en 29 especies pertenecientes a diferentes biotipos: caulirósula, roseta, arbusto, macolla, cojín y árbol. Todas las especies seleccionadas crecen en el páramo El Granizo, región de Monserrate, (3.200 m.s.n.m), y son características de las comunidades siguientes: Frailejona-pajonal, cordón de Ericáceas, Páramo Intervenido, Páramo Rocosó y Vegetación de Turbera.

Los datos climatológicos (Macrolima) se registraron mediante los instrumentos instalados en la Estación Central del Programa, situada en el Páramo de El Granizo; en la estación de la Hacienda Santa Bárbara, colindante con el Páramo de El Granizo y en las estaciones satélites, situadas en las diferentes comunidades vegetales ya mencionadas.

Durante cada medición de la transpiración momentánea, efectuada en el transcurso del día, se registró el comportamiento del ecoclima reinante en torno a cada una de las plantas escogidas. Las mediciones se efectuaron a lo largo de todo un día de la "estación seca" y de la "estación húmeda" del año, respectivamente. Las primeras mediciones se hicieron por el método de la balanza de torsión, o de Stocker. De este modo, se obtuvo información sobre las variaciones de la transpiración en el transcurso del año.

Se midieron a lo largo del año 1990, las variables ecoclimáticas siguientes: humedad relativa, evaporación, temperatura, luminosidad, tensión del agua en el suelo y velocidad del viento.

Posteriormente, en marzo de 1992, con el objeto de obtener mayor información y verificar los resultados obtenidos con el método de Stocker, se midió la transpiración y la conductancia foliar, en el transcurso del día, durante la estación seca, con un podómetro Steady State 1600 de la firma LICOR Inc. Nebraska y simultáneamente se registraron, con el mismo aparato, las variaciones de los siguientes parámetros ecoclimáticos: radiación, temperatura del ambiente, temperatura de la hoja y humedad relativa. Con ayuda de un tensiómetro manual, de la firma JURGEN SEEHAUSBONDENKUNDLICHE MESSGERÄTE, se midió la tensión del agua del suelo y con un anemómetro manual de la firma LAMBRECH, la velocidad del viento.

RESULTADOS

Los resultados de las mediciones de los factores determinantes del macro y del ecoclima del Páramo de El Granizo, región de Monserrate, confirmaron el régimen diurno del clima del páramo, y la ocurrencia de oscilaciones a lo largo de un mismo día.

La diversidad en el grado de xeromorfismo de la envoltura epidermal de las hojas de las especies estudiadas se enmarca en tres patrones principales: mesomórficas, hemixeromórficas y holoxeromórficas.

Entre los caracteres xeromórficos, que en este trabajo se les ha dado particular relevancia, se destacan la presencia de epidermis adaxial conformada por células de paredes engrosadas y de cutícula gruesa o mediana en el 80% y 67% de las 49 especies estudiadas, respectivamente. La epidermis abaxial está también conformada por células engrosadas en un 78% de las especies estudiadas y en el 53% de las especies, se observa presencia de cutícula gruesa o mediana. Cuando una u otra de las epidermis (adaxial y abaxial), presenta al menos una de las dos características señaladas, se las considera xeromórficas, en este trabajo.

Dentro del conjunto de 29 especies en las cuales se estudió el comportamiento de la transpiración, se encontró que bajo el criterio arriba señalado, solamente tres especies no presentan xeromorfia epidermal. Dos de tales especies son introducidas y la tercera se cultiva desde tiempos remotos. Se

trata de las especies *Rumex acetosella*, *Digitalis purpurea* y *Solanum tuberosum*. En el contexto de este trabajo se hará referencia a ellas, como las especies con hojas de envoltura epidermal mesomórfica.

Cuatro especies, dos de las cuales provienen, probablemente, de especies ancestrales propias de "Bosques de Neblina" y "Alto-andinos", situados a menor altura que el páramo: *Espeletia grandiflora* y *Espeletiopsis corymbosa*; y otras con especies congéneres que crecen en sabanas tropicales bajas: *Paepalanthus alpinus* y *P. columbiensis*, presentan solamente en una de las dos epidermis caracteres xeromórficos. Por otra parte, la gramínea, *Calamagrostis effusa*, posee epidermis adaxial de células pequeñas, de paredes y cutícula delgadas y epidermis abaxial con células de paredes gruesas. El carácter células epidermales pequeñas, en este trabajo, no se considera xeromórfico. Por consiguiente, en esta especie solamente la epidermis foliar adaxial es xeromórfica. También, solamente la epidermis adaxial de las especies de *Valeriana pilosa*, *Acaena cylindrostachya* y *Weinmannia tomentosa* es xeromórfica.

Consecuentemente, todas las especies que se acaban de mencionar, conforman el grupo con epidermis foliares Hemixeromórficas.

Finalmente, un tercer grupo de especies, entre las estudiadas, presentan epidermis adaxial y abaxial xeromórficas, teniendo en cuenta el criterio ya expuesto. Tales especies son: *Clethra fimbriata*, *Macleania rupestris*, *Puya nitida*, *Chusquea scandens*, *Chusquea tesellata*, *Pentacalia vaccinioides*, *Baccharis prunifolia*, *Gaultheria annastomosans*, *Aragoa cupresina*, *Rhynchospora paramorum*, *Pentacalia ledifolia*, *Arcytophyllum nitidum*, *Vaccinium floribundum*, *Bucquetia glutinosa*, *Epidendrum chioneum*, *Befaria resinosa*, *Drimys granadensis* y la especie foránea *Pinus patula*. Estas especies conforman el grupo de las especies con hojas de envoltura epidermal holoxeromórficas. Para referirse a las dos epidermis de la hoja, adaxial y abaxial, se utilizará la frase: envoltura epidermal, en todos los tres grupos ya definidos. Por otra parte, es necesario subrayar que el grado de xeromorfia epidermal dentro de los grupos de especies, hemixeromórficas y holoxeromórficas, varía de una especie a otra.

Si examinamos detenidamente el grupo de las especies *E. grandiflora*, *E. corymbosa*, *V. pilosa*, *A. cylindrostachya* y *W. tomentosa*, presentan epidermis adaxial conformada por células con paredes gruesas, provistas de cutícula gruesa; en las especies *C. effusa*, *P. alpinus*, y *P. columbiensis*, son las epidermis abaxiales las xeromórficas, aunque también en distintos grados.

La epidermis abaxial de *C. effusa*, está conformada por células de paredes engrosadas y esta provista de cutícula, mientras que las *P. alpinus* y *P. columbiensis*, carecen de cutícula.

En el tercer grupo, conformado por las especies con epidermis foliares holoxeromórficas, encontramos que las divergencias entre las distintas especies en el grado de xeromorfismo es menor, en cuanto que en todas las especies nativas la epidermis adaxial está conformada por células de paredes engrosa-

das provistas de cutícula gruesa. En cambio, el xeromorfismo de las epidermis abaxiales presenta mayor grado de variabilidad; así, las de *Bucquetia glutinosa*, *Epidendrum chionium*, *Baccharis prunifolia*, *Befaria resinosa* y *Drimys granandensis*, llevan revestimiento de cera y están conformadas por células de paredes engrosadas, cubiertas de cutícula. Revestimiento de cera llevan también las epidermis adaxiales de *Bucquetia glutinosa* y *Epidendrum chionium*.

La epidermis abaxial de *Pentacalia vaccinioides* está también conformada por células de paredes engrosadas, recubiertas de cutícula, pero no lleva revestimiento de cera ni en la epidermis abaxial ni en la adaxial, al igual que la especie foránea *Pinus patula*; la epidermis abaxial de *C. fimbriata*, no lleva cutícula, al igual que las de *Ch. scandens*, *Ch. tesellata* y *Rhynchospora paramorum*. En contraste, las epidermis abaxiales de *M. rupestris* y *P. nitida* llevan cutícula gruesa y además están conformadas por células pequeñas como las de la epidermis adaxial.

Comportamiento de la conductancia y de la transpiración

El promedio de conductancia más alto correspondió al grupo de especies con envoltura epidermal mesomórfica, le siguen, en su orden, los grupos de especies con envolturas epidermales hemixeromorfas y holoxeromorfas.

El conjunto de especies con hojas hemixeromórficas presentó el promedio más alto de transpiración momentánea total, seguido, en su orden, por el de las especies mesomórficas y holoxeromórficas.

Dentro del grupo de especies holoxeromórficas, la intensidad promedio de la transpiración total, sigue el siguiente orden descendente: especies con envoltura epidermal holoxeromórfica sin reservas de agua y sin estructuras estabilizantes de la capa límite; especies con envoltura epidermal foliar holoxeromórfica con tejido acuífero sin caracteres estabilizantes de la capa límite; especie arbórea foránea con envoltura epidermal holoxeromórfica, *Pinus patula*. Los promedios de las conductancias de estos mismos subgrupos, en referencia a las especies nativas guardan la misma secuencia.

El aparato estomático de las especies con envolturas epidermales foliares holoxeromórficas muestra, en general, el mayor grado de complejidad; por lo cual, probablemente, opone mayor resistencia a la difusión del vapor de agua.

Las especies con envolturas epidermales foliares hemixeromórficas, predominantes en la comunidad Frailejónal-pajonal, llevan los más conspicuos rasgos y estructuras estabilizadoras de la capa límite.

Especies afines con hojas de estructura anatómica similar presentan promedios similares de las conductancias y de la transpiración total.

En general, la estructura anatómica y los rasgos fisiológicos de las hojas de las especies del páramo concuerdan con los de las llamadas "Hojas de sol" por varios autores, entre otros ROTH (1984) y BONGERS y POPMA (1988).

El rango de la fluctuación de la intensidad de la transpiración, propio de cada especie, depende los factores endógenos; pero la magnitud de la transpiración momentánea promedio, en cualquier día del año, de una especie dada, depende de las interacciones de los factores estructurales endógenos y de la magnitud de las variaciones que en ese mismo día experimenten los parámetros ambientales. Desde luego, tales interacciones también varían de una especie a otra.

Como ocurre con el agua almacenada en la médula del tronco de las especies caulirrósculas de Espeletia, probablemente, las especies del páramo estudiadas,

utilizan el agua que almacenan en diferentes tejidos, no solamente en la regulación de la transpiración sino también en el abastecimiento de la corriente transpiratoria, al igual de las llamadas "Hojas de sol".

En la mayoría de las especies en las cuales se midió la intensidad de la transpiración, simultáneamente con los factores ecolimáticos, se pudo establecer que la intensidad de la transpiración momentánea total guarda relación directa con la temperatura y la radiación; mientras que con la humedad relativa es inversamente proporcional. Probablemente, en los casos en los que esta última relación no se cumplió, se trate de plantas de metabolismo CAM.

La influencia del viento sobre la intensidad de la transpiración momentánea varió según el grado de humedad del aire transportado por el viento, dependiente, a la vez, de si el sol estuviera cubierto por nubes o brillara plenamente.

Dentro del conjunto de especies en las cuales se estudió la transpiración, se pudo distinguir tres grupos en cuanto a la capacidad de evitar el sobrecalentamiento. Al primer grupo pertenece la mayoría de las especies con hojas de envoltura epidermal holoxeromórfica estudiadas. Se trata de las especies cuyas hojas mantuvieron la temperatura inferior o igual a la del ambiente o, cuando la radiación alcanzó el pico más alto, fué por un momento ligeramente superior. Al segundo grupo pertenecen especies con hojas de envoltura epidermal mesomórfica, hemixeromórfica y dos especies de envoltura epidermal holoxeromórfica; una foránea y la otra de bioforma arrosetada, de hojas relativamente grandes, apretadamente dispuestas, cercanas al suelo, (*Puya nitida*) en las cuales la temperatura de la hoja oscila fuertemente por encima y por debajo de la temperatura del ambiente, particularmente cuando la radiación fué alta. El tercer grupo de especies está conformado por seis especies con hojas de envoltura epidermal hemixeromórfica y por tres especies con hojas de envoltura epidermal holoxeromórfica; dos de estas últimas son plantas de porte bajo con follaje próximo a la superficie del suelo, y una especie arbustiva, con hojas relativamente grandes, expuestas al sol. La temperatura de la hoja de las especies de este grupo siempre estuvo sobre la del ambiente.

Sin embargo, todo parece indicar, que cada especie, cualquiera que sea el grupo al cual pertenezca, posee un umbral térmico, sobrepasando el cual ya no es posible mantener la temperatura de la hoja por debajo de la del ambiente. A las especies holoxeromórficas correspondería el umbral más alto.

En el nivel altitudinal inferior de los páramos húmedos de Colombia, la disponibilidad de agua del suelo no es factor crucial en la regulación de la transpiración mometánea. Tal factor es la humedad relativa del aire la cual a la vez, depende estrechamente de la radiación, de la temperatura, de la velocidad del viento y, en el ciclo anual, del régimen de lluvias.

La regulación de la intensidad de la transpiración por el grado de apertura de los estomas varía de una especie a otra. Algunas especies presentan la mayor apertura en la época seca, tales como *Digitales purpúrea* y *Solanum tuberosum*; otras, tanto en la época seca como en la húmeda: *Calamagrostis effusa* y *Rhynchospora paramorum*; otras, en la época húmeda. Entre estas últimas predominan las de envoltura epidermal foliar holoxeromórfica.

En las especies de plantas del páramo estudiadas, la efectividad de la regulación estomática de la transpiración, medida con respecto a la intensidad de la evaporación absoluta, guarda relación con los tipos de envoltura epidermal de las hojas. Las especies del tipo holoxeromórfico transpiran al máximo en la época húmeda del año; las del tipo mesomórfico, con excepción de *Rumex acetosella*, en la época seca. En las especies con envoltura epidermal foliar de tipo hemixeromórfico, por lo general, la intensidad de la transpiración total en la época seca tiende a ser igual a la de la época húmeda.

En todos los tres casos, en cualquier día del año, siempre hay momentos en los cuales los estomas permanecen abiertos y permiten la penetración del CO₂ para la fotosíntesis y el escape del vapor de agua. De ahí que el crecimiento vegetativo de las plantas del páramo sea lento aunque pueda ocurrir en cualquier día del año.

El mayor o menor grado de saturación de agua del sustrato, característico de las comunidades vegetales presentes en el Páramo de El Granizo, guarda relación con los promedios totales de la transpiración estomática de las especies de cada comunidad. A mayor grado de saturación de agua del suelo, más alto promedio, en el orden siguiente: Vegetación de Turbera, Frailejonal-pajonal, Páramo Intervenido, Cordón de Ericaceas, Páramo rocoso.

BIBLIOGRAFIA

- BONGERS, F. & POPMA, 1988. Is exposure related variation in leaf, characteristic of Tropical Rain Forest species, adaptive?. In WERGER, M.J.A. et al (Eds.): Plant form and vegetation structure. Academic Publishing. Den Hagg 1988.
- GOEBEL, K., 1981. Pflanzenbiologische Schilderung II Teil, I.Lieferung.

- MORA-OSEJO, L.E., et al 1994. En MORA-OSEJO, L.E., & H.STURM (Eds.): Estudios ecológicos en el Páramo y en el Bosque Alto Andino Cordillera Oriental de Colombia, Acad. Col. de Cs. Ex. Fis. y Nat. Colección "Jorge Álvarez Lleras" No.6. Ed. Guadalupe, Santafé de Bogotá, 1994.
- ROTH, I., 1984. Stratification of tropical forests as seen in leaf structure, in H. Leith (Ed) Tasks for vegetation science 6. Dr. W. Junk Publishers, The Hague/Boston/Lancaster.
- WALTER, H. 1973a. Allgemeine Geobotanik Uni- Taschenbucher 284. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. 1973b. Vegetationzonen und Klima. Uni- Taschenbucher 14. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. 1973B. Vegetationzonen

Condiciones Institucionales y Regulación del Impacto Socioeconómico del Cambio en la Alta Montaña

ABSALÓN MACHADO C.¹

RESUMEN

Luego de la promulgación del Código de los Recursos Naturales y Protección del Ambiente de 1974 (decreto 2811), la constitución de 1991 avanzó en la definición de la función que deben cumplir el Estado y la sociedad en lo referente a la preservación del ambiente y al manejo y aprovechamiento de los recursos naturales. Sin embargo, la dinámica normativa no se ha traducido en una dinámica ejecutiva y gerencial, presentándose un gran desfase entre las normas y la realidad.

En la actualidad se intenta superar la ineficiencia del Estado y la sociedad mediante la creación del Ministerio del Medio Ambiente y la organización del Sistema Nacional Ambiental.

La alta montaña como fuente primordial para la generación de agua y la conservación de la biodiversidad, se constituye en recurso estratégico y bien público cuya conservación y utilización deben ser regulados por el Estado.

El caso del Parque de los Nevados constituye un claro ejemplo de ineficiencia institucional a pesar de ser una zona relativamente bien atendida por el Estado. El pastoreo y el cultivo de papa ejercen una presión permanente sobre los recursos y la biodiversidad. Los conflictos se han agravado últimamente por la aparición de la amapola en las zonas altas de las vertientes andinas. Se generan beneficios económicos para pocas personas con un alto costo ambiental para la sociedad.

El desarrollo rural, que se acerca a una visión holística del desarrollo, para las zonas planas y bajas de las vertientes, que desestime el ascenso a las altas montañas, podría consti-

¹ Profesor Titular Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Económicas

tuirse en la solución estructural del problema pero es necesario desarrollar acciones inmediatas y adoptar programas de emergencia para detener el deterioro de las áreas de Alta Montaña.

ABSTRACT

After promulgation of the Code of Natural Resources and Environmental Protection in 1974 (Decree 284), the National Constitution of 1991 made important advances toward a more precise definition of the responsibilities of State and society on preservation of the environment and adequate use of natural resources, but there is considerable lag between legislation and implementation.

Now it is intended to overcome the lack of efficiency of State and society establishing the Ministry of Environment and the National Environmental System.

The high mountain areas, with their very important resources of water and biodiversity, are strategic regions which must be closely controlled by State's regulations.

The "Parque de los Nevados" case is a clear example of lack of institutional efficiency, even though this is an area where governmental agencies are relatively active. Pasturing activities and potatoes growing exert a continuous pressure on resources and biodiversity. The appearance of poppy plantations has aggravated the environmental, social, and economic problems. A few people get the profits at a very high social environmental cost. A holistic approach to rural development, of valleys and lower Andean slopes could be a long term permanent solution, but it is necessary to apply emergency programmes to stop the degradation of fragile, natural high mountain environments.

PRINCIPIOS CONSTITUCIONALES Y NORMAS PARA EL USO DE LOS RECURSOS NATURALES

Colombia ha ido creando normas e instituciones para el manejo, conservación y desarrollo de los recursos naturales renovables y el medio ambiente. El antecedente más inmediato es el Código de los Recursos Naturales y Protección del Ambiente de 1974 (decreto 2811) y sus respectivos reglamentos, acuerdos y resoluciones. Pero hasta 1990 no existía en la Constitución nacional ninguna disposición expresa sobre la materia ambiental ni sobre la clase de manejo que se le debe dar a los recursos naturales, aunque los expertos consideran que pese a ese vacío si existen normas básicas para un ordenamiento y regulación de la materia ².

En la Constitución Política de 1991 se avanzó apreciablemente en definir una concepción del rol del Estado y de la sociedad para una gestión ambiental adecuada a los contextos en que se desarrollan hoy las actividades económicas y sociales y su relación con el medio ambiente. Podría decirse

² Pedro Pablo Morcillo, propuesta de creación del sistema nacional del ambiente. Ponencia presentada en el Seminario: La intervención del Estado en la Economía, comisión Presidencial para la Reforma de la Administración Pública del Estado Colombiano. Paipa 23 y 24 de febrero de 1990.

que el país cuenta con una normatividad básica para la conservación del ambiente, la cual debe aún desarrollar y poner en práctica. Lo que establece la Constitución es así una posibilidad que la sociedad debe concretar a través de un proceso de reglamentación, educación y destinación de recursos públicos y privados.

El art 8 de la Constitución establece que es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación y el artículo 58 indica que «la propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal le es inherente una función ecológica. El artículo 63 protege los bienes de uso público, de interés cultural histórico y comunitario, entre ellos los parques naturales.

La Constitución precisa todavía más el tema en el Capítulo 3 sobre derechos colectivos y del ambiente. Allí hay artículos claves como el 79 y el 80 referidos al derecho a tener un ambiente sano y a la utilización de los recursos naturales. El 79 señala que «Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines». El artículo 80 dice que «El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados».

El artículo 95 en su numeral 8° señala que es deber de las persona y los ciudadanos «Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano». Finalmente el artículo 277 indica que es una función del Procurador General de la Nación el defender los derechos colectivos en especial el ambiente.

Dada la trascendencia que tiene la conservación y el manejo de los recursos naturales, la Constitución establece claramente una intervención del Estado en la economía, en la explotación de los recursos naturales y el suelo (art 334). Ello indica que no se puede dejar al mercado la regulación del uso de los recursos naturales y del ambiente, dada su naturaleza de bienes públicos. Se trata de un intervencionismo estatal eficiente en términos de sostenibilidad y equidad en el uso de los recursos para preservar un patrimonio público, tanto para las generaciones presentes como para las futuras.

Como es sabido la sola existencia del Código de los Recursos Naturales no ha garantizado que la comunidad explote adecuadamente los recursos y propenda por su protección. Las instituciones que se han creado alrededor de él no constituyen un sistema para la gestión ambiental, como tampoco se da una correlación entre las normas y los procesos económi-

cos y sociales y los instrumentos que se establecen para cumplirlas. La regulación y manejo de bosques y agua ha sido casuística, dispersa, no planificada³. La dinámica normativa no se ha traducido en una dinámica ejecutiva y gerencial, presentándose una gran desfase entre las normas y la realidad.

En la actualidad existe un intento para superar la ineficiencia del Estado y la sociedad en el uso de los recursos naturales y la conservación del ambiente mediante la creación del Ministerio del Medio Ambiente (proyectos de ley 99 y 129 de 1992), el cual reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental. Esta es una iniciativa trascendental que bien puede conducir a desarrollos precisos de las normas constitucionales, y poner al día la acción del Estado y de sus instrumentos para frenar el deterioro de los recursos naturales y el ambiente como resultado del desarrollo capitalista donde el mercado tiende a ser la pauta orientadora de las actividades, es decir el lucro individual inmediato que no se fija en las consecuencias para el futuro de la sociedad, ni respeta los derechos de los ciudadanos en relación con el ambiente.

La sociedad colombiana está enfrentada así a un reto de mucha importancia: cómo adecuar sus instituciones, instrumentos y recursos para dar cumplimiento cabal a los principios constitucionales, a través de la convivencia y la concertación, con la participación de todos los actores sociales comprometidos en el desarrollo del país. Está a prueba la capacidad de la sociedad para garantizarse su supervivencia ahora y en el futuro, mediante sacrificios, regulaciones y manejo civilizado de los conflictos propios que genera el uso de recursos que son limitados frente a la demanda.

EL USO DE LOS RECURSOS EN LA ALTA MONTAÑA

Por ser la alta montaña una fuente primordial para la generación de agua, y la conservación de la biodiversidad, se constituye en un recurso estratégico y en un bien público que requiere una intervención del Estado para regular su utilización y conservar los recursos allí existentes.

Como dice la Unesco, «El del agua dulce va a ser en los próximos 15 a 20 años el problema ambiental y político más decisivo con que se enfrentará la humanidad. En comparación con los conflictos originados por el agua, los que hasta ahora hemos conocido en torno a territorios y petróleo parecen de importancia secundaria. Y la capacidad de resolver esos conflictos puede ser

³ Germán García Durán, la intervención del Estado en la protección de los recursos naturales y el medio ambiente. Inderena, febrero de 1990.

tan importante como la hidrología y la ingeniería para garantizar el futuro abastecimiento del agua a los seres humanos»⁴

El número de instituciones que regulan el uso del agua es tan numerosa como la disponibilidad de recursos hídricos, pero entre los dos no existe una correspondencia, en términos de eficiencia y calidad en la gestión pública. En el país hay 32 entidades que tienen que ver con el desarrollo, manejo y control del recurso hídrico, siendo las del Minagricultura las que más funciones tienen. Participan 5 ministerios y el DNP a través de las Corporaciones regionales y Dainco⁵. Tampoco tiene el país una cultura del agua; el mismo desarrollo de la agricultura se ha hecho sin contar, en general, con una cultura del riego para eliminar o atenuar riesgos climáticos y económicos.

A pesar de que Colombia se encuentra ubicado como el cuarto país en riqueza hídrica en el mundo, en los últimos años la escasez del recurso, tanto en cantidad como en calidad, se ha tornado en un factor restrictivo para el desarrollo de la sociedad y en una de las posibles causas de la pérdida de diversidad biológica⁶. Muchas áreas de la zona andina con potencial agropecuario se han visto relegadas de una actividad económica sustentable por la paulatina pérdida del recurso hídrico, fundamentada en buena parte en el mal manejo y no conservación de las fuentes de agua de los páramos circundantes. Ello se está traduciendo en problemas sociales y conflictos que en nada benefician a la sociedad; muchos antiguos agricultores pequeños y medianos han continuado desplazándose a la ciudades a engrosar los cinturones de miseria, otros se han incorporado a la subversión por no encontrar de qué vivir, y otros se debaten en la pobreza rasguñando unos suelos acabados y sin agua para producir, mientras otros se han refugiado en los cultivos ilícitos, destruyendo aún más los recursos

UN EJEMPLO DE INSUFICIENCIA INSTITUCIONAL: EL PARQUE DE LOS NEVADOS

Importancia del Parque y atención estatal

La importancia del recurso hídrico y su relación con las zonas de alta montaña se puede ilustrar con el caso del Parque de los Nevados, donde el

⁴ Tomado de la introducción a las memorias del Primer Congreso Internacional del Agua, septiembre 21 al 25 de 1993. Esta cita fue tomada a su vez de UNESCO-Oficina de información al público. El agua dulce, factor decisivo del desarrollo", Artículo redactado por Nancy Mathews con motivo de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro 3 al 14 de junio de 1992.

⁵ Rodrigo Marín Martínez, la hidrología en Colombia: Ponencia en el Seminario Internacional del agua, op cit.

⁶ Universidad nacional -CID, impacto socioeconómico derivado del uso del recurso hídrico proveniente de un parque natural. Parque Natural de los Nevados. Preparado por Jacqueline Barragán. Santafé de Bogotá, 1993.

agua se ha elegido como recurso representativo de la oferta ambiental por constituirse en uno de sus servicios ecosistémicos más importantes para la producción y la vida.

Como lo indica un estudio reciente ⁷, la riqueza hídrica del Parque Nacional Los Nevados es inconmensurable. Es una estrella fluvial que provee de agua a la más importante zona cafetera del país en el costado occidental de la Cordillera (departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda) y también a una de las zonas agrícolas más dinámicas (departamento del Tolima), en la vertiente oriental, donde resalta la producción arrocería y algodónera altamente tecnificada. Además provee de agua a la zona ganadera presente en las dos vertientes, y la red hidrográfica del Parque sirve como fuente fundamental para el abastecimiento de agua potable a los habitantes de la zona de influencia.

Para 1990, según estimaciones realizadas por el DANE, la población total del área de influencia era de 1'825.823 habitantes, correspondiente al 5.65% del total nacional. La población del Tolima ubicada en la zona de estudio corresponde al 53.65% del total de población tolimense; la del Quindío al 88.8% del total de su población; la caldense corresponde al 46.5% del total de sus habitantes y la risaraldense al 58.7%⁸. Puede decirse entonces que el Parque de los Nevados es una realidad socio-económica y cultural inmensa en términos relativos y territoriales. La protección de un ecosistema como éste se liga así no sólo a la fragilidad de las especies vegetales y animales que habitan el bosque de niebla y los páramos, sino también al impacto que el deterioro de dicho recurso tiene sobre la población y la actividad económica.

Pero existe una desproporción enorme entre los recursos económicos que se generan con el uso del recurso hídrico y lo que el Estado invierte en su conservación y manejo. «Si se compara el valor generado por la actividad agropecuaria en la zona de influencia en 1990, con la inversión realizada por el Inderena y las Corporaciones para el mismo año, en pesos constantes de 1975, se observa que por cada peso generado por la actividad sólo se invierten en protección trece centésimas de centavo, cifra colosalmente pequeña si se considera que el valor de la actividad agropecuaria para ese año fue de \$12.244,7 millones»⁹.

Esta desproporción y la magnitud del problema en zona relativamente bien atendida por el Estado y de una densificación de la sociedad civil alta, hace pensar que el problema es de una gravedad inmensa si se consideran otras zonas donde no se encuentran instituciones similares, donde la sociedad civil no está desarrollada, y donde prácticamente el Estado no hace presencia.

⁷ Ver Jacqueline Barragán, op.cit

⁸ Ibid

⁹ Ibid

El uso agroecológico del Parque y los conflictos que genera

Una zonificación agro-ecológica realizada por citado estudio de la Universidad Nacional, teniendo en cuenta la distribución altitudinal de los usos de la tierra y el escalonamiento pluviométrico, permite establecer los siguientes estratos:

1. **Superpáramo:** Por encima de los 4200 msnm aproximadamente. Las actividades agropecuarias son nulas o de muy baja intensidad. Hacia el área de transición con el páramo se presentan ocasionales quemas con el fin de adelantar pastoreo extensivo. Las temperaturas son muy bajas, menos de 3° y de 0°C, y la precipitación es inferior a 1500 (oeste) y 1000 mm (este).
2. **Páramo:** Entre 3500 y 4200 msnm. El pastoreo vacuno extensivo es la actividad dominante, acompañada de quemas periódicas. Las temperaturas son bajas, entre 3 y 6°C y la precipitación es del orden de 1500-2000 mm en la vertiente occidental y de 1000 en la oriental.
3. **Piso Alto Andino (Cinturón de la papa):** Entre los 2600-2700 y los 3800 msnm. El cultivo de la papa adquiere su mayor desarrollo, aunque el pastoreo continúa siendo una actividad importante. Las temperaturas medias varían entre 6 y 14°C, mientras las precipitaciones lo hacen entre 2000 y 2500 mm en la vertiente occidental y entre 1000 y 1250 mm en la oriental.

El pastoreo extensivo y la papa se constituyen en las dos actividades económicas más relevantes, lo que ocasiona en el primer caso una destrucción de bosques por el proceso de ganaderización y en el segundo procesos de contaminación por el uso de agroquímicos. Ambas actividades ocasionan una presión permanente sobre los recursos y la biodiversidad, a tiempo que estimulan la presencia demográfica no controlada. Ello ha hecho, entre otras razones que el estado actual de degradación del Parque sea alarmante.

La verdadera vocación de los páramos (conservación de las fuentes de agua y de los ecosistemas de alta montaña) entra en conflicto con el uso que de él hacen los colonos (cultivo de papa, quema de barbecho corto para favorecer el rebrote de pastos y habilitar áreas importantes del páramo para la ganadería, el pastoreo permanente y el sobrepastoreo en épocas secas, y el consumo de madera para fines energéticos). Se hace evidente la contradicción entre el interés privado y el público. Se generan beneficios económicos para pocas personas con un alto costo ambiental para la sociedad¹⁰

Los páramos se comportan como «fábricas de agua», pero la disponibilidad y estabilidad del recurso hídrico para las zonas de influencia, no depende solamente de las lluvias y de la altura de las montañas, sino tam-

¹⁰ Una presentación de la magnitud del fenómeno y sus consecuencias se puede consultar en Ricardo Vargas y Jacqueline Barragán, Amapola en Colombia: Economía ilegal e impacto regional. Documento de Trabajo No. 2, agosto 1993.

bién de la frágil vegetación y su eficiencia como retenedora y acumuladora de agua, y de la utilización que de ella hacen los diferentes agentes.

Los conflictos se han agravado en los últimos años por la aparición de la amapola en las zonas altas de las vertientes andinas, en especial en municipios ubicados por encima de los 2000 msnm. El conflicto no sólo es con los recursos naturales, lo es también cultural y social, degenerando en factores de violencia y degradación de los derechos humanos. Esta es hoy una amenaza mayor para las altas montañas, pero también para la sociedad.

Las condiciones de ilegalidad en las cuales se desarrolla la amapola hacen que los productores se establezcan en zonas aisladas y distantes, correspondientes generalmente a ecosistemas vitales y frágiles, como los páramos, lo cual significa un altísimo costo social, pues estos son sistemas de lentísima recuperación. Un terreno de bosque desmontado sólo permite obtener dos cosechas y su recuperación tarda de 15 a 20 años para volver a ser útil para la agricultura.

Además, la producción de cualquier bien en estos ecosistemas de alta fragilidad biológica y de vital importancia en la producción de fuentes de agua tiene repercusiones en el abastecimiento de agua potable para la población. Y a ello se agrega el efecto que tiene sobre las producciones en las zonas de vertientes y bajas que dependen de los recursos hídricos de los páramos y de las microcuencas vinculados a ellos. De esa manera se amenaza la sostenibilidad del sistema agropecuario-agroindustrial del país.

Estos conflictos y la insuficiencia de recursos estatales y privados para la protección de los Parques, hacen evidente que el país se enfrentará en el mediano plazo a una catástrofe ecológica de grandes proporciones que se traducirá irremediablemente en el aumento de las importaciones de alimentos y en desplazamientos de población a las ciudades en busca de condiciones para sobrevivir, o en una mayor penetración en las zonas de colonización con un mayor efecto destructivo de los recursos naturales.

El Inderena no cuenta con suficiente personal capacitado en técnicas gestión para el Sistema de Parques, ni con recursos financieros para atenderlos. De acuerdo con información del Inderena, para atender las 42 unidades de conservación sólo cuenta con una planta mínima de 286 funcionarios, lo cual significa, que en promedio cada uno de ellos deberá responder por 31.523 has, con un presupuesto cercano a los \$160 de inversión por ha¹¹

SOLUCIONES A LA VISTA?

Se podría pensar que una solución estructural al problema radica en la aplicación de programas de desarrollo rural para las zonas de vertientes y pla-

¹¹ Jacqueline Barragán, op. cit.

nas, o sea de la frontera interior andina, que garanticen condiciones de ingreso, empleo y oportunidades productivas a la población, que les desestimule el ascenso a las altas montañas en búsqueda de actividades para sobrevivir. La solución estaría así en buena parte, no en la alta montaña sino en la baja montaña.

El desarrollo rural es «el proceso de cambio y modernización de las zonas rurales atrasadas, tradicionalmente campesinas, que opera constituyendo a los campesinos, al Estado, a los empresarios locales y regionales en actores de esa transformación. El desarrollo rural resulta de un conjunto de intervenciones tanto públicas como privadas, donde los empresarios deben jugar un papel relevante»¹²

Una concepción holística del desarrollo rural involucra, además de conseguir niveles aceptables de producción, productividad y bienestar de la población rural, aspectos como: el fortalecimiento de la sociedad civil y de la democracia en el campo, la equidad entre géneros y grupos de edad, la creación y fortalecimiento de los sistemas políticos locales, la creación de nuevos núcleos de acumulación para desarrollar y constituir un mercado interno sólido y diversificado, el desarrollo regional y local, una mejor distribución de la población en los territorios, la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente y el respeto a la diversidad cultural¹³

Este concepto de desarrollo rural, que se acerca a una visión holística del desarrollo, contiene así cuatro elementos centrales: el fortalecimiento de los gobiernos locales, la participación de la sociedad civil, la perspectiva de género y la sostenibilidad de los recursos naturales y de los procesos del desarrollo rural, es decir, de la dinámica de cambio de las sociedades rurales.

Sin el desarrollo de la democracia y la participación de la comunidad y los actores sociales, de lo público y lo privado, y sin la densificación de la sociedad civil, es difícil hacer una apuesta a la protección de las zonas de alta montaña. El reto está claro, la Constitución ha dado los principios, el Estado tiene programas de desarrollo rural, pero falta una voluntad política fuerte y un compromiso de la sociedad para impulsar y apoyar programas de desarrollo rural locales y regionales que involucren el criterio de sostenibilidad económica, social y de los recursos naturales.

En síntesis, el problema es estructural e institucional y debe empezar a resolverse mediante un proceso de capacitación y creación de conciencia comunitaria sobre el uso de los recursos y los riesgos que implica su utilización inapropiada. La intervención del Estado es esencial con criterios

¹² Manuel Chiriboga, hacia una modernización democrática e incluyente de la agricultura de América Latina y el Caribe. IICA, Seminario Internacional sobre Apertura Económica y Economía Campesina. Bogotá, octubre de 1991.

¹³ Ver Absalón Machado C. El concepto de desarrollo rural, en Cambio Institucional para el desarrollo rural: el caso de Colombia IICA, serie de Documentos Institucionales No. 003. Oficina del IICA en Colombia, Bogotá, junio 1993.

promocionales y de fomento, antes que con medidas represivas que solo atienden los efectos del problema pero no las causas.

¿ El proyecto de ley sobre creación del Ministerio de medio ambiente será el instrumento apropiado para enfrentar el problema en su raíz?. Esta es una pregunta aún difícil de contestar, y se requiere por ello de un debate y análisis serio para normar e instrumentar mecanismos que realmente apunten a una solución estructural que afecte las causas y no las manifestaciones del problema.

PROPUESTAS PUNTUALES PARA SOLUCIONES DE CORTO PLAZO

Es necesario proponer acciones más inmediatas para detener el deterioro de las zonas de páramo. Algunas sugerencias en ese sentido podrían ser:

1. Empezar por revisar los planes de manejo y conservación de microcuencas y establecer programas específicos de desarrollo rural en esas áreas con criterios básicos de sostenibilidad. Los recursos que el Fondo DRI y otras entidades destinan a microcuencas deberían incrementarse anualmente de manera importante.

2. Adoptar programas de emergencia en algunas regiones que impliquen, por ejemplo, la prohibición completa de la explotación agrícola y ganadera a partir de los 3000 msnm. Ello implica ofrecer otras alternativas a los productores en las zonas más bajas a través de proyectos de reforma agraria y desarrollo rural (el Incora podría comprar la tierra a los colonos que están en los Parques), el establecimiento de subsidios a la tierra para que no se cultive y se deje en recuperación o en explotaciones forestales protectoras, o en generación de una oferta calificada de agua. También se podría convertir a los pobladores en asalariados del Estado para que cuiden los recursos naturales y no hagan explotaciones agropecuarias. En casos muy excepcionales se podrían permitir granjas ovinas reguladas o bajo el criterio de experimentación, que fueran manejadas por corporaciones públicas y privadas con criterios de sostenibilidad.

3. Otra medida es crear un servicio de vigilancia con una policía ecológica compuesta de profesionales cuya misión es educar a las comunidades, vigilarlas en el uso de los recursos, además de hacer investigación. Se trataría de un cuerpo élite ecológico cuya arma sea el conocimiento y la capacidad de concertar con las comunidades el manejo de los páramos.

4. Formar profesionales y técnicos para manejar áreas de alta montaña destinando recursos permanentes para ello. Esto implica revisar los programas de enseñanza universitaria a nivel de pregrado y postgrado.

5. Otra posibilidad es que el Estado concerte con los grandes grupos económicos y financieros que se benefician directa o indirectamente con los recursos de alta montaña, el aporte de recursos para manejar las fuentes de agua y la

biodiversidad, con un manejo conjunto a través de corporaciones especiales que tendrían planes regulados y acordados, y recursos para inversiones de largo plazo, los cuales podrían ser objeto de exenciones tributarias.

6. Cerrar el acceso a los parques que estén en condiciones de alto deterioro por un período suficiente para recuperarlos, usando para ellos a la élite ecológica señalada, y las normas constitucionales, para regular ese proceso.

7. Empezar un Programa subsidiado por el Estado para sustituir por otras alternativas el uso de la leña como fuente de energía en los hogares rurales, para así disminuir la presión sobre los bosques de la alta montaña. Según la Encuesta de hogares Rurales de 1991, el 60.9% de los hogares pobres usa la leña como fuente de energía. En las regiones que cubre el Parque de los Nevados, cerca del 55% de los hogares pobres está usando dicho recurso.

8. Urge intensificar los programas de desarrollo alternativo en las zonas de influencia de los parques naturales para evitar la expansión de cultivos ilícitos, especialmente la amapola. Para ello no son suficientes las medidas represivas, se requieren procesos de concertación con las comunidades, capacitación, destinación de mayores recursos de presupuesto público, adecuar líneas de crédito, comprometer a entidades públicas en la compra de cosechas, intensificar transferencia de tecnología y aumentar el gasto social para resolver necesidades básicas insatisfechas; además de otras medidas.

¿Falta mucho para acabar con los páramos?

Por DIMITRY MÍTOV PAVLOV¹

En sentido llano de la palabra, el hábitat circunscribe la actividad humana en el marco de la tradición histórica, y esta, a su vez, nos señala cuál debe ser nuestro comportamiento como conducta social integrada a los cánones vigentes que rigen la sociedad o una comunidad determinada.

Tomando por referencia el desempeño individual en zonas geográficas señaladamente limitadas, donde impera la interdependencia de derechos e intereses, veríamos que se observa una marcada disposición de respeto por el inmediato entorno, por ser éste ceñido al factor espacio, bajo la exigencia de los mecanismos de control. El control no es sino el ejercicio de normas y disposiciones jurídicas tendientes a estipular los derechos individuales en una sociedad organizada, y los deberes inherentes a la estructura establecida.

La magnitud de los conglomerados urbanos está determinada por la necesidad de una mejor ubicación en un ámbito de competencia y de progreso, donde prima el afán de un rápido y mejor bienestar. Por ser el hombre un individuo con tendencia natural gregaria, se organizó en núcleos de asentamientos estables, fijando patrones de convivencia y formas de participar en la división del trabajo.

Puesto que la sociedad en etapa de continuo desarrollo se debate en medio de grandes contradicciones, las que generan lineamientos antagónicos, prevalece la necesidad de migrar para probar suerte en otras regiones geográficas, creando la natural congestión por concepto de trabajo, vivienda e integración social. En el caso concreto del campo, éste ha sido escenario

¹ Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras HIMAT.

de choque de intereses, generando violencia como constante de inseguridad; produciendo situación anómala en lo concerniente a tenencia y explotación de tierra y ganadería. El aumento de la población campesina, la concentración de las mejores tierras en pocas manos, las querellas por posesión desmesurada, así como la carencia de una reforma agraria total y a corto plazo, al igual que la falta de un determinismo altitudinal en cuanto a derecho de propiedad privada se refiere, son las causas más auténticas para que el campesino se vea obligado a buscar tierra «loma arriba», y así llegar al reino del cóndor, del águila, de la danta, del oso, del tigrillo, etc., para competir con ellos por espacio y alimento, en resumidas cuentas. De este modo, el campesino se convierte en un intruso, porque aspira a cohabitar terrenos no del todo aptos para los fines que se propone, por lo que cumplen otra y muy especial función. Estamos hablando del páramo como un gran hacedor de agua y regulador climático, además de ser santuario de flora y fauna, con especies endémicas a nivel mundial.

El país es famoso por el formidable potencial hídrico que posee; el potencial que mayormente tiene sus orígenes en los páramos. Para que el mismo pueda cumplir su función natural, altamente benéfica, tendríamos que asegurar la inviolabilidad de su original y primitivo aspecto, sin atentar contra la biomasa por medio de talas y quemas; ni en contra del humus a través de su arado y siembra.

Si imagináramos el territorio nacional predominantemente plano, no tendríamos ni un solo río navegable, ni con canoa siquiera; pero si el territorio fuese medio montañoso o montañoso de regulares altitudes, los ríos serían numerosos y de gran caudal. Como se trata de un relieve bastante particular, en el cual se alterna lo plano con lo montañoso en una relación de llanuras extensas, valles y mesetas, con altas cumbres de cordillera; donde llueve la mayor parte del año, el país es surcado por numerosos ríos; grandes, como pequeños que llevan vida y progreso.

Las condiciones físico-climáticas de las montañas por encima de los 3.000 m.s.n.m. son favorables a la formación de lluvias por periodos prolongados, y el inicio de los primeros arroyos de agua pura y mineralizada se tornarán en caudales crecientes y respetables. La clase de cobertura vegetal del páramo retiene más agua de la que necesita un equilibrio hídrico, la que va soltando por gravedad en dependencia del volumen que recibe y la capacidad de almacenamiento. Pero hay que destacar un rasgo característico en el cual radica una de las utilidades del páramo, y es que la cubierta vegetal, actuando como gigantesca esponja de retención, deja entresalir el líquido incluso en días soleados, lo que garantiza que tanto las lagunas, como las corrientes de agua no cesen en su función de ser las primeras fuentes hídricas permanentes a excepción de los nevados que también son páramos pero con otra mecánica de funcionamiento y predestinación.

Por no poseer gran biomasa a la vista, es insignificante el proceso de biodegradación y pobre el suelo de nutrientes; no apto para la agricultura en

la forma como se pretende. El páramo no sólo no contiene suelos aluvionales, sino que por arrastre hacia zonas bajas se empobrece en humus. También es una reserva de agua que beneficia a ciudades, municipios, veredas, fincas y el campo en general. Cabe destacar, repitiendo con sentido ecológico y racionalmente utilitario, que el páramo es por excelencia un manantial de agua limpia; una fábrica de líquido con valor incalculable, si así queremos verlo. La creación del agua en páramos y nevados no tiene que ver con nuestra voluntad; es un proceso meteorológico aunque variable, sujeto a leyes naturales, deslindado de toda conciencia humana, pero recibimos su vital beneficio en la medida que deseamos o sepamos hacerlo.

En virtud de la altitud de las montañas, el agua se atesora en forma sólida para ser reconvertida nuevamente o formando estanques y lagunas o flujos directos, como arroyos y ríos que descienden recorriendo los distintos pisos térmicos para así llegar al mar, depósito universal de agua. Dicho en un macrosentido, los fenómenos naturales no tienen nacionalidad, pero las formaciones de agua bajo el aspecto de flujo arterial, y antes de abandonar los límites territoriales, se deben aprovechar en bien de las necesidades de la población, previa observancia de disposiciones de control estipuladas por los organismos competentes.

El páramo es como un inmenso jardín al cual hay que cuidar; es un rincón paradisiaco con valor paisajístico de primer orden, con posibilidades de turismo selectivo y supervisado. Es, además, el rasgo sobresaliente del territorio como elemento de contrastante del relieve y punto visible de referencia para los distintos requerimientos, como la navegación aérea, por ejemplo; y, por último, no deja de ser orgullo ante el mundo por ser motivo de atracción para montañistas y turistas aventureros, ávidos por escalar montañas que ellos no poseen.

Habiendo llegado al objeto de la presente síntesis, se debe resaltar el hecho de la presencia campesina en el área del páramo. Movidado por circunstancias fortuítas se desplaza en busca de tierras vírgenes con posibilidades de asentamiento permanente; y así, establecer un dominio cupular, consistente en posesión de las partes altas de las montañas grandes.

Independientemente de si es legal o no, se lleva a cabo una labor de limpieza de la vegetación arbustiva y arado de los terrenos, sin más miramientos que el dictamen de sus propios intereses y conocimientos. Lo que resulta más grave aún es la práctica piromaniática de servirse del fuego como elemento supletorio de limpieza que antecede a las faenas agrícolas subsiguientes. Es así como por falta de supervisión alguna, educación y responsabilidad, se llega a efectuar el mayor atentado ecológico con impacto ambiental visible a corto plazo. Con una quema de determinado sector de páramo desaparece toda la cubierta vegetal con todos los organismos ahí presentes, iniciándose un proceso de desertificación de inmediato. Desaparece, como por encanto, una porción del ecosistema; o sea, la biomasa que en sí representaba una convivencia equilibrada entre vegetación y animales; o como se denomina, entre zoomasa y fito-

masa que venía existiendo desde la creación de la vida sobre el planeta. Por falta de humedad el suelo se agrieta; se forman surcos de encausamientos de aguas de escorrentía, cárcavas y lo que es peor, erosión laminar, lo que adelgaza la capa vegetal empobreciéndola de minerales y de nutrientes.

A nivel de páramo la regeneración del suelo por medio de la recuperación del manto vegetal es más lenta que en los pisos inferiores; huelga decir que las actividades del hombre intruso deben obedecer a algunos limitantes asociados al interés común. El campesino no debe destruir en un santiamén aquello que tarda mucho tiempo en tomar forma, tamaño y substancia; por lo que es y debe ser patrimonio funcional y decorativo de todos; y por lo tanto nacional.

Los nacimientos de agua que se originan en el páramo no tienen el mismo caudal, ni la misma pureza de antes; el paisaje adquiere claras connotaciones de desolación, desprovisto de la atracción de antaño. Se diría que existen un tácito desbalance dentro de la llamada biota, por la acción depredadora del hombre, lo que ha dado por resultado un exterminio casi indiscriminado de animales, o su desplazamiento hacia otros sectores, con pocas posibilidades de supervivencia.

La presión humana hacia la conquista de las montañas altas, está creando una especie de clase campesina de tercer orden por no contar con el recurso natural de producción competitiva, reduciendo sus posibilidades a una limitada e inestable existencia. Si no se racionaliza el uso de los páramos para los fines agropecuarios, estableciendo un límite altitudinal, así como manual de técnicas de labores y supervivencia adjunta, seguiremos siendo meros observadores y ajenos a acontecimientos tan importantes. Con otras palabras, se debe reglamentar la tendencia y exportación de los terrenos altos con un sentido altamente conservacionista si no deseamos ser señalados como culpables de cualquier desastre ecológico. Si el páramo deja de llamarse la «tierra del cóndor» habremos perdido el orgullo y la noción de las realidades, por no haber sabido manejar a tiempo y con sapiencia una problemática nacional de envergadura universal.

El páramo se considera, con certeza, como la montaña de las nubes y con inmenso potencial hídrico, de donde se obtienen los beneficios que tanto necesitamos para la supervivencia. Otro aspecto digno de ser valorado y tenido en cuenta es que la baja temperatura como la reducida insolación, son determinantes para que la evapotranspiración sea cuantitativamente también reducida, favoreciendo las fuentes de agua.

Y por último, el páramo es una zona geográfica donde ocurren los fenómenos atmosféricos más extraordinarios; es una montaña fuente de vida y desarrollo; por lo cual debe ser nuestra obligación aportar conocimientos y propósitos para que se detenga a tiempo su destrucción y se asegure desde ya el proceso natural de la recuperación y se le tenga en cuenta como montaña sagrada para todos y para siempre.

CONCLUSIONES

Las montañas son un componente importante del ecosistema planetario que siendo fuente de agua, energía, biodiversidad, recursos minerales, forestales, agrícolas y de esparcimiento, se constituyen en elemento esencial para la supervivencia de la humanidad. Las montañas son a la vez ecosistemas frágiles muy vulnerables a los cambios ambientales naturales y a los producidos por el hombre.

En la actualidad, en los sistemas de montaña se están produciendo cambios a un ritmo relativamente acelerado dada su alta sensibilidad a las alteraciones climáticas, su susceptibilidad a la erosión, a los deslizamientos y al empobrecimiento de la biodiversidad, problemas que se han intensificado por la creciente actividad humana. Esta situación está alcanzando un nivel crítico para diferentes naciones y para la comunidad mundial en general. Por lo anterior, en la comunidad científica internacional existe una profunda preocupación por el problema, actitud que se ha puesto de manifiesto en informes y recomendaciones en diferentes foros y tribunas. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo - celebrado en Río de Janeiro en junio de 1992, donde se dedicó un capítulo especial (capítulo 13) en uno de los documentos finales (Programa 21) a las zonas de montaña, es un ejemplo de ello.

Las zonas de montaña son de particular importancia para Colombia, país donde cubren un área considerable de su territorio y juegan un papel significativamente influyente en el desarrollo económico, social y cultural. No obstante su valor, las zonas de montaña colombiana están siendo presionadas desde dos extremos: de una parte están siendo afectadas por el cambio climático global y, de otra, están siendo explotadas incontroladamente en la escala regional y local. Esto último agudiza más el deterioro de estos ecosistemas en el país. De no tomar las medidas tendientes a controlar el problema, en un plazo corto estaremos ante una catástrofe ambiental sin precedentes que traerá como consecuencia conflictos socioeconómicos. Es imperativo reducir a cero la cuota local -regional al deterioro de los ecosiste-

mas de montaña. Con esto se contribuirá también a disminuir la magnitud del problema global.

En vista de lo anterior, es urgente desarrollar un programa nacional interinstitucional e interdisciplinario para las áreas de montaña, especialmente para la parte alta (alto andino, páramo y glaciar) que siendo la más vulnerable, está siendo intervenida irracionalmente. Este programa para la alta montaña colombiana deberá contemplar lo siguiente:

- Implementación de medidas de conservación de las áreas de alta montaña
- Evaluación y recuperación de las áreas deterioradas.
- Generación y consolidación de conocimientos sobre el funcionamiento de los sistemas de estas áreas.
- Fomento de formas conservativas de utilización de los recursos.
- Formación de una cultura conservacionista.

Los participantes en el Seminario manifestaron con satisfacción que ya existe terreno abonado para desarrollar este programa. La comunidad científica nacional tomó una iniciativa que se concretó con la firma por parte de nueve instituciones oficiales de una Acta de Intención para llevar adelante el «Estudio de las Áreas de Alta Montaña en el Marco del Cambio Global». Sin embargo, existe el temor de que no sea posible concretar esta iniciativa debido a problemas de coordinación y financiación, entre otros. Al plantear una solución viable se coincidió en que solo un ente independiente de carácter corporativo podría llevar a cabo tan importante proyecto.

RECOMENDACIONES

Al Gobierno Nacional, al nivel que corresponda, desarrollar un Programa Nacional para las áreas de Alta Montaña que incluya:

- Implementación de medidas de conservación de las áreas de alta montaña
- Evaluación y recuperación de las áreas deterioradas.
- Generación y consolidación de conocimientos sobre el funcionamiento de los sistemas de estas áreas.
- Fomento de formas conservativas de utilización de los recursos.
- Formación de una cultura conservacionista.

Al comité de Alta Montaña Colombiana, diseñar y presentar al Gobierno Nacional un proyecto Marco para el estudio del área Alta Montaña Colombiana y señalar pasos viables para la ejecución del Programa Nacional de Alta Montaña.

ACTA DE INTENCION

Los representantes legales de las Instituciones abajo firmantes, interesados en aunar esfuerzos interinstitucionales para el logro de un desarrollo sostenible en el país, en uso de las facultades legales que les son propias y

CONSIDERANDO:

Que las pautas de las políticas mundiales orientadas hacia un desarrollo sostenible demandan un mayor conocimiento de los recursos, de sus potencialidades, de su dinámica en el largo plazo y de sus interrelaciones con los demás elementos del ambiente.

Que las montañas son una fuente importante de agua, energía y diversidad biológica; son fuente de recursos vitales como minerales, productos forestales y agrícolas y medios de esparcimiento; que son un ecosistema importante en el cual está representada la ecología compleja e interdependiente de nuestro planeta y que el medio montañoso es esencial para la supervivencia del ecosistema mundial.

Que durante los últimos años se ha venido intensificando en Colombia y en el mundo entero la urgente necesidad de orientar la investigación hacia un mejor conocimiento de los recursos naturales, pero fundamentalmente hacia las interacciones entre el ambiente y los seres vivos, como metodología indispensable para descubrir los cambios que los procesos naturales, los avances tecnológicos y la actividad humana en general, producen a escala local, regional y global.

Que gran parte del territorio colombiano está representado en zonas de montaña y que la mayoría de la población del país depende en uno u otro grado de los recursos de estas zonas.

Que aunque en Colombia, durante el pasado, se han realizado algunos estudios descriptivos sobre el tema del piso alto andino, los páramos y glaciares, ha sido notoria la discontinuidad debido a la falta de coordinación interinstitucional, lo que ha repercutido en duplicidad de esfuerzos y en resultados aislados que restringen su utilidad práctica.

Que en muchos países ya se conocen los posibles efectos producidos por los distintos escenarios del cambio global pero que en Colombia aun no se han iniciado estudios concretos en esta dirección.

Que por lo general las instituciones disponen de recursos humanos y técnicos calificados pero carecen de los recursos económicos.


Que es necesario respaldar institucionalmente las iniciativas que sobre el estudio de los sistemas frágiles de montaña se produzcan en cada una de las instituciones involucradas.

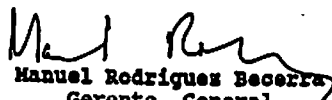
Que es conveniente para el país efectuar los esfuerzos necesarios para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos en el Proyecto "Estudio de las Areas de Alta Montaña en el Marco del Cambio Global".

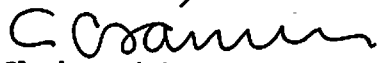
ACORDAMOS:

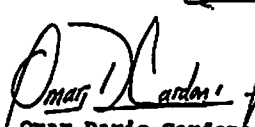
1. Facilitar la participación de investigadores de cada una de las instituciones, en el desarrollo de algunos de los tópicos del proyecto " Estudio de las Areas de Alta Montaña en el Marco del Cambio Global.
2. Estimular la presentación de propuestas de financiación para la consecución de fondos complementarios que permitan alcanzar el logro de los objetivos planteados.
3. Propiciar la cooperación Interinstitucional en los aspectos logísticos que demanda la ejecución de la propuesta.

Firmado



Jorge Ramirez Vallejo
Director General
INSTITUTO COLOMBIANO DE HIDROLOGIA
METEOROLOGIA Y ADECUACION DE TIERRAS
HIMAT



Manuel Rodriguez Becerra
Gerente General
INSTITUTO COLOMBIANO DE LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES Y DEL AMBIENTE
INDERENA


Gloria Cecilia Barney Duran
Directora General
INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI
IGAC

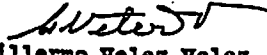

Omar Darío Cardona
Director General
DIRECCION NACIONAL PARA LA PREVENCION
Y ATENCION DE DESASTRES


Clemente Forero Pineda
Director General
COLCIENCIAS


Luis Eduardo Mora Ochoa
Presidente
ACADEMIA COLOMBIANA DE
CIENCIAS EXACTAS, FISICAS
Y NATURALES


Adolfo Alarcón Guzmán
Director General
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
EN GEOCIENCIAS MINERIA
Y QUIMICA - INGEOMINAS


Antanas Mockus
Rector
UNIVERSIDAD NACIONAL DE BOGOTA
COLOMBIA


Guillermo Velez Velez
Rector (E)
Universidad EAFIT

TALLER

PROYECTO MARCO

ESTUDIO DE LAS AREAS DE ALTA MONTAÑA COLOMBIANAS EN EL MARCO DEL CAMBIO GLOBAL

ENTIDAD COORDINADORA

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - ACCEFYN

ENTIDADES PARTICIPANTES

Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras
HIMAT

Instituto Colombiano de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente
INDERENA

Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química
INGEOMINAS

Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IGAC

Universidad Nacional de Colombia
UNAL

Dirección Nacional para Prevención y Atención de Desastres
DNAPD

Escuela de Administración Finanzas y Contaduría
Universidad EAFIT

Instituto Colombiano de Fomento a la Investigación «Francisco José de Caldas»
COLCIENCIAS

PARTICIPACION EN TALLERES

Grupo

ASPECTOS BIOTICOS

Moderador: Orlando Rangel

Aguirre Ceballos Jaime
Arenas Salazar Hernando
Barbosa César
Bello Espinosa Aurita
Cárdenas Torres Gina
Etter Andrés
Fagua Giovanni
Farfán de Cardozo Mery
Gutiérrez Germán Alberto

Katib Eyda
Lombo Ricardo
López Hugo Fernando
Moncada Amelia
Naundorf Gerardo
Pardo Marco
Restrepo Blanca
Rivera Ospina David

Grupo

ASPECTOS SOCIO ECONOMICOS

Moderador Leonardo Rivera

Amaya Cecilia
Anuar Morales
Arévalo Marcela
Avendaño Miguel
Chaparro Beatriz
Contreras Niño Víctor
García Diana

Garzón Elkin Dario
López René
Lozano José A.
Martínez Yoholima
Mora Luis E.
Ruiz Juan Pablo

Grupo

ASPECTOS FISICO AMBIENTALES

Moderador: José Daniel Pabón

Amaya Manuel José
Bermúdez García Oscar
Cepeda Hector
de Greiff Pedro
Garavito Luis Fernando
Gutiérrez Hilda J.
Hermelin Michel

López Granados Alfonso
Mitov Pavlov Dimitri
Muñoz Diocelly
Ovidio Simbaqueva
Torres B. Carlos Julio
Van der Hammen Thomas
Villa Luis Alberto

PROYECTO MARCO

ESTUDIO DE LAS AREAS DE ALTA MONTAÑA COLOMBIANAS EN EL MARCO DEL CAMBIO GLOBAL

BREVE DESCRIPCION DEL PROYECTO

Seguimiento y análisis de los procesos interactivos de diversa escala en el orden físico, químico, biológico, antrópico y socioeconómico en las zonas de alta montaña, que incluyen el piso alto andino, páramos y glaciares colombianos, con el propósito de establecer la dinámica de los cambios que están ocurriendo en las características de esas áreas bien sea por efectos naturales o de la actividad humana, su simulación y aplicación para fines prácticos de manejo y protección.

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

La actividad humana está induciendo cambios en el ambiente planetario. La posibilidad de un Cambio Global hace más aguda la necesidad de proteger los ecosistemas del planeta, de estudiar su estructura y su dinámica y de obtener un mejor conocimiento de los enlaces causa-efecto de los procesos reguladores de su evolución en el largo plazo.

La información sobre los recursos de un país es hoy en día de vital importancia en el ámbito internacional. Actualmente, las pautas de la política mundial están orientadas dentro del concepto de desarrollo sostenible que de alguna manera involucra la explotación racional de los recursos. Sin embargo, será difícil concretar lo «racional» si no se tiene un conocimiento fundamentado de los recursos, de sus potencialidades, de su dinámica en el largo plazo y de sus interrelaciones con los demás elementos del ambiente. De otra parte, la información sobre los recursos de un país está tomando cada día un carácter más estratégico. Por todo lo anterior, muchos países están dando especial importancia a los estudios ambientales e incluso tienen previstos ya los efectos que producirían distintos «escenarios» del cambio

global, pero en Colombia no se han desarrollado estudios concretos en esta dirección.

Es ampliamente conocido que las zonas de montaña son ecosistemas frágiles vulnerables a los cambios que se están dando en el entorno global. Las montañas son una fuente importante de agua, energía y diversidad biológica; son fuente de recursos vitales como minerales, productos forestales y agrícolas y medios de esparcimiento; son un complejo de ecosistemas de carácter único a nivel mundial y de vital importancia para el país. Dada la importancia global y nacional de las áreas de montaña, es necesario tener un mejor conocimiento sobre los procesos que ocurren en ellas.

En Colombia, durante el pasado, se han realizado estudios sobre el tema del piso alto andino, los páramos y glaciares, pero la falta de continuidad debido más que todo a la carencia de recursos y a la ausencia de coordinación interinstitucional, los esfuerzos efectuados en forma aislada se han desperdiciado, sus resultados no han sido aprovechados plenamente y no se han dado los pasos hacia la conservación y el desarrollo sostenible.

Conscientes de esto y motivados por las condiciones deficitarias del recurso hídrico observadas durante 1992, un grupo de entidades se reunió y conformó el comité *ad hoc* de Alta Montaña Colombiana. Las instituciones participantes convinieron llevar a cabo un proyecto interinstitucional de estudio de las áreas de alta montaña colombianas en el marco del cambio global para lo cual se firmó el Acta de Intención que se reproduce en estas Memorias para lograr estructurar un Proyecto Marco de Estudio de las Áreas de Alta Montaña Colombianas con la participación del sector estatal y privado, el Comité recomendó realizar un Seminario Taller. Este evento se llevó a cabo del 13 al 15 de Octubre de 1993 en Santafé de Bogotá con la participación de cerca de un centenar de especialistas en diferentes materias. El presente proyecto toma en cuenta todas las recomendaciones de los participantes en ese evento.

OBJETIVO GENERAL

Establecer criterios fundamentados de manejo y protección de los ecosistemas y de los recursos de las áreas de alta montaña (piso alto andino, páramos y glaciares) que tengan en cuenta su dinámica en el marco de los cambios regional y global para ser incluidos en la planificación a largo plazo de la utilización del recurso hídrico, en la protección de la biodiversidad y en la prevención de desastres y lograr así una armoniosa relación entre la población y el ambiente.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Ampliación de conocimientos en áreas básicas: climatología, hidrología, geología, geomorfología, pedología, glaciología, biología, ecología, en-

tre otras, sobre el piso alto andino, el páramo y los nevados colombianos y su evolución en el marco del cambio global. Al final se presentan los temas que se deben tener en cuenta para un conocimiento integral de estas áreas y se definen los temas prioritarios.

Profundizar en el conocimiento de la estructura y dinámica de los ecosistemas de las áreas de alta montaña, de su evolución con el cambio global, para establecer criterios de manejo en el largo plazo.--+

Dar a conocer al sistema nacional de prevención de desastres la información relacionada con fenómenos adversos que ocurren en la alta montaña que pudiera resultar útil en actividades operativas.

Lograr un mayor entendimiento del funcionamiento socio-económico en las áreas de alta montaña y del impacto de las actividades del hombre especialmente deforestación, agricultura y las quemadas.

Establecer criterios y diseñar políticas de recuperación y conservación de las áreas de alta montaña.

ACTIVIDADES PRINCIPALES

Realizar análisis comparativos entre los costos de la conservación de los recursos de las áreas de alta montaña y el beneficio económico, social y ambiental.

Consolidar y constantemente actualizar un Banco de Información relacionada con el tema del proyecto. El punto de partida de esta base de información sería el inventario de los trabajos realizados hasta el momento en todos los componentes del estudio con el fin de comenzar explotando la información ya existente sobre el tema.

Establecer y mantener activa una Red de investigadores de la Alta Montaña Colombiana.

Realizar subproyectos coordinados interinstitucionalmente para los diferentes componentes (físico-ambiental, biótico y socioeconómico) a fin de obtener mayores conocimientos en temas específicos que permitan formar un criterio mejor fundamentado para el manejo de estas zonas.

Impulsar la investigación en instituciones y universidades sobre los temas (físico-ambientales, bióticos y socio-económicos) propuestos en el Pro-

¹ José A. Lozano. Posgrado - Optimización del uso de Recursos (Esquema de formación Investigativa Participativa), 1993. Memorias VI Congreso Colombiano de Geología, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.

yecto Marco mediante la utilización de modalidad de formación investigativa-participativa.¹

Estimular la capacitación y actualización de personal para la investigación sobre temas específicos del proyecto.

Realizar seminarios y congresos periódicos de actualización y de evaluación del desarrollo del proyecto y de sus resultados.

Elaborar recomendaciones a diferentes instancias del orden nacional y regional relacionadas con la protección de las áreas de alta montaña de Colombia, basados en la aplicación práctica de los conocimientos obtenidos.

ACCIONES INMEDIATAS

Impulsar el desarrollo en el corto plazo de proyectos considerados prioritarios en el estudio y la conservación de la alta montaña colombiana.

Consolidar el Banco de Información (bibliografía, catálogos, mapas, etc.) centralizado sobre los diferentes componentes del estudio.

Elaborar recomendaciones de recuperación y conservación de la alta montaña basadas en el conocimiento disponible en la actualidad, dirigir estas recomendaciones a los niveles planificadores y decisorios.

Utilizar la información existente y dar prioridad a aquella necesaria para implementar métodos de recuperación y de conservación.

METODOLOGIA

El estudio tomará como base los conocimientos existentes actualmente en sus diferentes componentes y se impulsarán los proyectos que tengan como propósito enriquecerlos en la dirección del objetivo principal: el conocimiento integral de la alta montaña colombiana.

El componente de observación y seguimiento se desarrollará como base en las capacidades actuales de las instituciones participantes y en la ejecución de proyectos relacionados con el establecimiento de estaciones de medición y de utilización de nuevos métodos de obtención de información (sensores remotos, fotointerpretación, utilización del SIGs).

El estudio se llevará a cabo por áreas piloto. Se han propuesto las siguientes zonas como áreas piloto: Sierra Nevada de Santa Marta, Páramo de Chingaza, Páramo de Guerrero, (Laguna Verde), Parque de los Nevados, El Nevado del Huila, el Macizo Colombiano y la región montañosa nariñense. Sin embargo, para la selección el Comité Científico del Estudio tomará en cuenta los criterios como los que a continuación se enumeran: conocimiento

base (bibliografía, proyectos desarrollados) en las zonas sobre los componentes del estudio, grado de intervención, interés socio-económico, aspectos logísticos, potencial investigativo regional y posibilidades de apoyo financiero a los proyectos.

Al realizar el estudio en áreas piloto ubicadas en diferentes regiones del país, se requerirá unificación de metodologías en cada uno de los componentes.

ASPECTOS ORGANIZATIVOS

El presente proyecto será coordinado por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales apoyada por un Comité Interinstitucional conformado por las entidades participantes.

Para fines de operatividad y continuidad del proyecto se debería crear una oficina o un ente especializado dedicado exclusivamente al proyecto que podría ser un Instituto de Estudios de la Alta Montaña colombiana adscrito a la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales que es la institución coordinadora del mismo. Este órgano tendría una mínima carga burocrática (un profesional y una secretaria) y estaría dotado de un mínimo espacio físico, de telecomunicaciones y equipos de oficina y computación. Entre otras, las funciones de este órgano serían buscar fuentes de financiación, estimular y coordinar las actividades de diferentes componentes del estudio de la Alta Montaña, canalizar información relacionada con el proyecto y hacer un seguimiento continuo al proyecto.

Un Comité Científico compuesto por representantes de las entidades participantes y por científicos reconocidos invitados especialmente a formar parte del mismo, será el encargado de dar las directrices para el desarrollo del estudio, indicar prioridades y hacer el seguimiento.

Se impulsará la realización de subproyectos en diferentes componentes del estudio a través de la Red de Investigadores de la Alta Montaña Colombiana.

FINANCIACION DEL PROYECTO

Actualmente el proyecto no dispone de recursos financieros. Solamente una de las entidades participantes tiene asignado dentro del presupuesto de 1994 recursos para iniciar un subproyecto relacionado con la Alta Montaña Colombiana.

Se están explorando diversas fuentes de financiación en los fondos para la protección del medio ambiente, en los organismos gubernamentales y no gubernamentales y en la empresa privada tanto en el ámbito nacional como internacional.

RESULTADOS ESPERADOS

Conocimiento integral de las áreas de alta montaña colombianas y su evolución en el marco del cambio global, a fin de establecer modelos que permitan prever las variaciones o alteraciones (naturales o antrópicas, diferenciadas) en el mediano y largo plazo, con el propósito de conocer sus efectos socio-económicos e implementar políticas de protección de los ecosistemas de estas áreas.

Modelos prácticos de conservación de la alta montaña

BENEFICIARIOS

El país en general y particularmente las entidades encargadas de la planificación, manejo y aprovechamiento de los recursos, así como la comunidad científica nacional e internacional.

OBSERVACIONES

Los objetivos del presente proyecto se enmarcan dentro de los lineamientos esbozados en el Capítulo 13 de la Agenda 21 «Manejo de Ecosistemas Frágiles: Desarrollo Sostenible en Zonas de Montaña», adoptada en Río de Janeiro en junio 14 de 1992 por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo y Medio Ambiente.

Así mismo, este proyecto podría constituirse en una contribución nacional para lograr los objetivos de los proyectos núcleo GCTE (Global Change and Terrestrial Ecosystems), BAHC (Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle), PAGES (Past Global Changes) y del GAIM (Global Analysis, Interpretation and Modelling) incluidos en el IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme).

De otra parte, los objetivos del proyecto se encausan en la temática de los Grupos de Trabajo (Evaluación Científica, Evaluación de Impacto y Estrategias de Respuesta) del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

SUBPROYECTOS PROPUESTOS EN DIFERENTES COMPONENTES

Hasta el momento se han registrado los siguientes proyectos para ser realizados bajos los lineamientos del proyecto marco:

«Análisis hidroclimático de páramos y glaciares colombianos en el marco del cambio global» (HIMAT).

«Modelos de correlación altitudinal de algunos elementos climáticos en Colombia»(Univ. Nal. Depto. de Geociencias, Dpto. de Geografía).

«Cambios hidrogeomorfológicos de los pisos alto andino, páramo y glaciar»(Univ. Nal.- Dpto. de Geografía).

«Estudio del balance hídrico en la comunidad fraylejona - pajonal en los diferentes niveles altitudinales del páramo: subpáramo, páramo propiamente dicho y superpáramo». (ACCEFYN - Jardín Botánico).

«Estudio glaciológico de los nevados colombianos» (INGEOMINAS).

«Evaluación del estado actual de los páramos de Colombia, lineamientos para su ordenamiento y manejo» (INDERENA).

«Diversidad vegetal actual en áreas paramunas de Colombia y cambios en la Historia Natural durante el Cuaternario». (Univ. Nal., Instituto de Ciencias Naturales).

«Estudio de áreas de Alta Montaña colombianas en el marco del cambio global - Físico - Química de la Atmósfera» (Univ. Nal., Dpto. de Química)

«Análisis de subsistemas alto andino, páramo y glaciar en la alta montaña colombiana» (IGAC).

«Vigilancia Ambiental en el volcán Nevado del Huila» (INGEOMINAS, INDERENA, HIMAT).

ASPECTOS FISICO - AMBIENTALES**1. Climatología**

- Seguimiento de los parámetros climatológicos en la alta montaña.
- Modelos de Comportamiento altitudinal de diferentes parámetros climatológicos.
- Balance hidrológico en los sistemas de alta montaña.
- Balance de radiación en la alta montaña.
- Química de la atmósfera.

2. Hidrología

- Seguimiento de los parámetros hidrológicos en la Alta Montaña (niveles de ríos, lagos y lagunas, caudales, etc.).
- Inventario de los cuerpos.
- Cambios en el régimen de escorrentía causados por el cambio global.
- Influencia de la tala y la quema en el ciclo hidrológico.
- Análisis físico-químico y biológico de las aguas superficiales.

3. Suelos

- Evolución natural de los suelos.
- Alteraciones físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Ciclo de nutrientes de suelos en condiciones naturales y en suelos intervenidos.
- Procesos de erosión y sedimentación.
- Tefraestratigrafía aplicada a la evolución de suelos y actividad volcánica.

4. Subsuelo

Hidrogeología.

Gradiente geotérmico

Fuentes termales

Sismología

5. Geología del cuaternario

Neotectónica

Sismicidad

Tefracronología

6. Vulcanismo

Amenaza

Riesgo

Vigilancia

7. Glaciología.**8. Procesos Geomorfológicos.****9. Variabilidad y cambio climático.**

Paleoclimatología Cuaternaria

Análisis del clima del pasado

Particularidades del cambio climático en la escala regional.

10. Relaciones entre la alta montaña y las zonas bajas.**11. Criterios de ordenamiento territorial y ambiental.****12. Dinámica del paisaje de alta montaña.****13. Impacto ambiente local.****14. Desarrollo de modelos de la dinámica de la alta montaña.****15. Metodologías de recuperación y conservación.****Temas prioritarios en el componente Físico - Ambiental**

Balance Hidrológico

Influencia de la tala, la quema, pastoreo y pisoteo en ciclo hidrológico.

Cambios en el régimen de escorrentía.

Seguimiento de parámetros climatológicos

Seguimiento de parámetros hidrológicos.

Inventario de los cuerpos de agua.

Análisis físico-químico y biológico de las aguas.

Procesos de erosión y sedimentación.

La variabilidad climática natural en alta montaña.

El cambio climático en la escala regional.

Evaluación de los cambios locales por intervención local.

ASPECTOS BIOTICOS

1. Flora y Vegetación.

1.1. Inventarios.

- Compilación de los resultados de los trabajos ya realizados sobre vegetación en las tres cordilleras.
- Catálogo florístico del páramo y del alto andino.

1.2. Estructura.

- Estudio comparativo de ecosistemas naturales y sistemas intervenidos.
- Tipificación de las comunidades y de la vegetación, incluyendo enfoques fisionómicos de la estructura de páramo y zona alto andino.
- Producción de mapas.
- Estudios comparativos a largo plazo sobre interpretación del funcionamiento en zonas delimitadas de las regiones norte, sur y meridional.

1.3. Función.

- Flujo de nutrientes.
- Tasa de descomposición.
- Balance hídrico.
- Estudios auto-ecológicos.
- Fenología, dispersión, polinización, estructura floral.
- Modelos teóricos.
- Estudios de dinámica de población.
- Biomasa.
- Productividad.
- Fotosíntesis.
- Ciclos biogeoquímicos.
- Usos no convencionales.
- Estudios de repoblación.

2. Fauna

2.1. Estudios de Inventario.

- Inventarios locales y regionales de los invertebrados de la alta montaña.
- Inventarios locales y regionales de los vertebrados de alta montaña con énfasis en los pequeños mamíferos.

2.2. Otros estudios varios.

- Distribución espacial y preferencias de hábitat de elementos faunísticos de las áreas de estudio.
- Efecto de la actividad antrópica sobre las comunidades faunísticas.
- Seguimiento de la biodiversidad local y regional.
- Evaluación del estado de las poblaciones en lo referente a especies vulnerables.
- Efecto de la fragmentación de los hábitat sobre las poblaciones animales (definición de áreas de acción con criterios de conservación).
- Estudio de las poblaciones animales con relación a la reconstitución de los hábitat naturales.
- Etnozoología y utilización del recurso faunístico por poblaciones humanas.
- Interacciones planta-animal (herviboria, polinización, dispersión).
- Patrones de migración (altitudinal y latitudinal) en especies altoandinas.
- Los insectos como modelos biológicos en estudios de conservación de hábitats altoandinos.
- Especies faunísticas como indicadores biológicos.
- Importancia zoogeográfica de las áreas altoandinas.
- Gestiones para la conservación de la fauna andina.
- Utilización y mitificación de la fauna por la población de la alta montaña.

3. Hidrobiología

- Corrientes, seguimiento.
- Caracterización trófica (sistemas oligotróficos)
- Dinámica de comunidades bióticas (fijadores de N, recicladores de P).
- Caracterización de las comunidades bióticas de macroinvertebrados acuáticos. Niveles tróficos.
- Comunidades naturales.
- Limitaciones en cuanto al crecimiento de las especies introducidas.
- Estudios descriptivos de algas y microorganismos y su interacción con el medio de alta montaña.
- Análisis de nutrientes.
- Impacto antrópico.

Temas Prioritarios del componente biótico.

Biodiversidad: inventario y cartografía.

Estudios de comprensión de balances hídricos.

Seguimiento de la biodiversidad local.

Especies faunísticas y vegetales como indicadores biológicos.

Indicadores biológicos de contaminación.

Inventarios de flora y fauna (como información de referencia para realizar estudios).

Estudios de dinámica de población

Ciclos Biogeoquímicos

Efecto de la actividad antrópica sobre la biodiversidad.

Evaluación del estado de las poblaciones en especies vulnerables.

Especies faunísticas como indicadores biológicos.

ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS

1. Aspectos demográficos

2. Ocupación e ingreso

3. Usos y tenencia de la tierra

4. Dotación de equipamientos sociales y estructura física

5. Costo de la tierra

6. Análisis de la utilización de los recursos naturales y animales y del recurso hídrico.

7. Usos alternativos de la tierra. Control biológico y utilización de abonos verdes y tecnología apropiada de la agricultura orgánica.

8. Programación de educación ambiental

9. Estudio del impacto ambiental de la actividad socio-económica en la alta montaña.

10. Estudios socio-económicos de la Sierra Nevada.

11. Estudios sobre la valoración económica de los servicios ambientales derivados de la conservación de los ecosistemas naturales de alta montaña.

12. Inventario de plantas útiles, estudio de su biología reproductiva y posibilidades de desarrollo de mercados.

13. Estudios comparativos de la valoración económica de los servicios ambientales de la conservación de los ecosistemas y el valor económico de otras formas de utilización productiva (agricultura, ganadería).

14. Evaluación de los costos económicos de conservación de la alta montaña e identificación de mecanismos de transferencia de excedentes generados en las áreas bajas para tal efecto.

15. Identificación de reservas privadas de alta montaña y opciones legislativas y económicas para consolidar la iniciativa ciudadana relacionada con la conservación de los ecosistemas de alta montaña.

16. Propuesta de formas de explotación conservativa de las áreas de alta montaña colombiana utilizando el turismo, la recreación y el deporte.

Temas prioritarios en el Componente Socio-Económico

Análisis de la actividad económica en las áreas de alta montaña colombianas.

Estudios de impacto ambiental, en la actividad económica en la alta montaña.

Estudios comparativos de los costos de la conservación de los ecosistemas de la alta montaña y el beneficio económico, social y ambiental.

Proyectos de formas conservativas de utilización de las zonas de alta montaña como el turismo y la recreación.

Proyectos de opciones legislativas para la conservación de las áreas de alta montaña.

Programas de educación ambiental.

**ASISTENTES AL SEMINARIO TALLER SOBRE
ALTA MONTAÑA COLOMBIANA**

Aguirre Ceballos Jaime
Inst de Ciencias Naturales,
Univ. Nacional
Tel: 368 13 80

Amaya Sierra Cecilia
Cra 32D # 7-31 sur
Tel: 720 15 78

Amat Germán
Dpto de Biología Univ. Nacional

Amaya Villareal Martha Rocío
Calle 59 19-03
Tel: 279 07 60

Amaya Manuel
IGAC - Ordenamiento Territorial
Fax: 268 46 20

Andrade Germán
Fundación Natura
Tel: 616 92 63

Bello Aurita
Dpto.de Biología, Univ. Nacional
Calle 22 # 102-39 Tel: 267 28 97

Blanco Tovar Edgar Augusto
Tel: 238 42 35

Bermúdez de, Olga
CAR Hidrometeorología y Embalses
Tel: 288 06 93

Bello Carlos
Ing. Forestal Cra 10 # 16-82 of. 404
Tel: 243 86 79

Brand Prada Misael
Cra 68 45B-12 sur
Tel: 299 62 78

Cadena Alberto
Inst. de Ciencias Naturales, Univ.
Nacional
Tel: 368 13 30

Cantor Carmen
Tel: 674 51 35

Cardozo de Mery Farfan
Univ. Santo Tomás
Tel: 255 18 49

Cardozo Hernán
Dpto.de Biología, Univ. Nacional
Tel 244 23 88

Cepeda Héctor
INGEOMINAS
Subdirección de Geofísica
Tel: 222 18 11

Castañeda Diego Javier
INDERENA Cra 10 # 20-30
Tel: 243 30 91

Contreras Niño Víctor
Calle 49A # 75A-08
Tel: 295 88 62 - 295 46 54

Cavelier Jaime
Univ. de los Andes
Departamento de Biología

Cortés García Luis Enrique
Transv. 39 # 44-55 Apt. 119D
Tel: 221 27 13

Chaparro Rico Lidia Beatriz
Cra 10 # 16-82 piso 4 a 6
Tel: 334 71 53 - 281 31 11

- De Vito Dominick
INDERENA - Parques Nacionales
Tel: 341 02 65
- Díaz Reyes Trino de Jesús
Cra 97 # 38-89
Tel: 341 51 92
- Díaz Lida del Carmen
Artesanías de Colombia
Cra 3a # 18-70 Tel: 282 51 94
- Duque José Alberto
Ing. Forestal
- Escobar Uribe Ana María
ONAD
Tel: 283 49 66
- 26Eslava Jesús Antonio
Dpto. Geociencias Univ. Nacional
Tel: 368 13 27
- Etter Andrés
Cra 7 40-62
Tel: 288.37 88
- Farfán de Cardozo Mery
Univ. Santo Tomás
Tel: 227 17 17
- Flórez Antonio
Dpto de Geografía - Univ. Nacional
- Fonseca Margarita
Tecnología Recursos Naturales
Tel: 298 87 63
- García Diana Hortensia
Cra 68 # 65B-24
Tel: 251 15 77
- Garzón Elkin Darío
Empresa de Acueducto y Alcantari-
llado de Bgtá.
Tel: 269 69 66 - 269 77 66
- Gómez Miriam
Tecnología Recursos Naturales
Tel: 918 67 48 45
Fusagasugá
- Guamán Enrique
Ing. Forestal Cra 10 # 16-82 of. 404
Tel: 243 86 79
- Guarnizo Luis Fernando
INGEOMINAS - Manizales
Tel: () 84 30 04/5
- Gutiérrez Hilda Jeanet
HIMAT - Climatología
Cra 5 # 15-80 piso 18
Tel: 286 02 66
- Gutiérrez Alfredo
Programa Arborización de Bogotá
Tel: 269 37 12 269 37 26
- León Aristizábal Gloria
HIMAT - Div. Meteorología
Cra 5 # 15-80 piso 18 Tel: 283 90 24
- López Camacho René
Transv. 23 # 16-33 S Tel: 239 75 67
- Lombo Ricardo
Univ. Santo Tomás
Tel: 255 18 49
- López Hugo
Fundación Natura
Tel: 616 92 63
- Lozano José A.
Academia Colombiana de Ciencias
Cra 3a. A # 17-34 3er. piso
Tel: 341 48 05 - 283 85 52
- Lugo Ligia
Univ. Santo Tomás
Tel: 255 18 49

- Machado Absalón
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad Nacional
- Martínez Jaime Orlando
INGEOMINAS
Tel: 222 18 11 ext. 262
- Martínez Guerrero Yolima
Transv. 23 # 16-33 S
Tel: 239 75 67
- Montealegre Edgar
HIMAT Cra 5 # 15-80 piso 18
Tel: 283 06 68
- Mora Osejo Luis Eduardo
Academia Colombiana de Ciencias
Cra 3a. A # 17-34 3er. piso
Tel: 341 48 05 - 283 85 52
- Morales Feria José Arturo
Calle 13 # 8-23 Of. 320
Tel: 3341 51 92
- Morales Raquel
Fondo DRI
- Muñoz Paulina
Instituto de Ciencias Naturales,
Univ. Nacional.
Tel: 3 681251
- Murcia Miguel Antonio
Tel: 246 72 35
- Niño Parra Hernando
C.A.R. División de Hidrología
Tel: 288 06 93
- Ocampo Gutierrez Walter
DAMA -Investigaciones y Desarrollo
Tel: 269 37 58 - 269 37 12
- Ortiz Patricia
IGAC Estudios Geográficos Básicos
Fax: 268 46 20
- Ortiz Gabriel
Calle 98A # 34-48
Tel: 257 14 96
- Pabón José Daniel
HIMAT Cra 5 # 15-80 piso 18
Tel: 283 06 68 286 02 66
- Pardo Iván
Fondo DRI
- Pardo Marco
Cra 46 # 40-87
Tel: 270 78 43
- Pérez Alfredo
ONAD - Div. Coord. Regional
- Perez Santos Alfredo
ONAD
Tel: 2834966
- Pinzón Leyda Katib
Dpto.de Biología, Univ. Nacional
Tel: 341 78 52
- Prieto Judith
Estudiante facultad de Recursos
Naturales
Tel: 227 17 17
- Quiñonez Roberto
COLCIENCIAS
Tel: 216 98 00 - 625 17 88
- Quipiaquez Germán
Depto de Biología Univ. Javeriana
- Ramírez Carlos Julio
Estudiante Facultad de
Recursos Naturales
Tel: 261 58 04
- Rangel Jorge
Calle 98A # 34-48
Tel 311 17 99

Rangel Orlando
Inst de Ciencias Naturales Univ. Na-
cional
Tel: 368 13 30

Restrepo Blanca
Calle 37 # 22-32
Tel: 267 28 97

Rincón María Eugenia
Univ. Pedagógica Nacional
Cra 77 # 78-40 Tel: 248 95 79

Rivera David
Dpto de Biología Univ. Nacional

Rivera Leonardo
HIMAT Cra 5 # 15-80 piso 18
Tel: 283 06 68
Santafé de Bogotá

Roa Sonia
Univ. Santo Tomás
Tel: 255 18 49

Ruiz Carlos Fernando
ONAD-Div. Prog. Nacionales

Ruiz Juan Pablo
Fundación Natura

Ruiz Victoria Carlos Hernando
ONAD- Div. Programas Nacionales
Tel: 2833 49 66

Suárez Fonseca Libardo
INDERENA - Parques Nacionales
Tel: 341 02 65

Uribe de Toro Alicia
Dpto. de Biología Univ. de Antioquia
Fax: (94) 263 82 82

Uribe Eduardo
Planeación Nacional

Useche Bonilla Fernando
CAR Hidrometeorología y Embalses
Tel: 288 06 93

Van der Hammen Thomas
TROPEMBOS
Tel: 281 16 16

Velazquez Napoleón
Fondo DRI- Regional Cundinamarca
Cra 10 #27-51 Of. 214 Tel: 270 78 43

Villegas Ana Lucía
Inst. de Ciencias Naturales,
Univ. Nacional
Tel: 368 13 80

Zúñiga Herlis
Univ. Nacional - Univ. Santo Tomás
Tel: 255 18 49

