

# Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en Condición HotSpot & Global Climatic Tensor

*Parámo  
de Chingaza*

*Parámo  
de Cruz Verde*

*Parámo  
de Sumapaz*



Carlos Castaño Uribe  
Editor



MINISTERIO  
DEL MEDIO AMBIENTE



INSTITUTO DE HIDROLOGÍA,  
METEOROLOGÍA Y  
ESTUDIOS AMBIENTALES



Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
Desarrollo Humano Sostenible



**Páramos y Ecosistemas  
Alto Andinos de Colombia  
en Condición HotSpot  
& Global Climatic Tensor**

# Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en Condición HotSpot & Global Climatic Tensor





**Editor General**

Carlos Castaño-Uribe

**Coordinación de la Publicación**

Patricia Parada Castro

**Diseño**

Juan Carlos Lara Bonilla

**Diagramación**

Jorge García García

Juan Carlos Lara Bonilla

**Subdirecciones IDEAM**

Cartografía digital

**Portada**

Imagen de satélite Landsat TM

857 de 1994

Sabana de Bogotá

**Fotografías**

Páramo de Guerrero

Conservación Internacional Colombia

**Impresión**

Imprenta IDEAM

© 2002 Colombia

ISBN: 8067-05-7

Impreso en Colombia - Printed in Colombia

**ADVERTENCIA**

Las ideas consignadas en los textos son de responsabilidad exclusiva de los autores.

Este libro puede reproducirse parcialmente citando la fuente y con la autorización del IDEAM.

---

*IN MEMORIAM*

*A Jorge "El Mono" Hernández Camacho,  
insigne sabio, investigador, profesor  
y amigo de todos los ambientalistas  
de Colombia, quien siempre luchó  
y propendió por la conservación  
de los páramos del país.*

---

## **A u t o r e s**

---

Juan Carlos Alarcón Hincapié  
Germán Andrade Pérez  
Gonzalo Arango Fernández  
César Barbosa Castillo  
César Buitrago Gómez  
Juan B. Carrasco Leal  
Carlos Castaño-Uribe  
Jorge Luis Ceballos Liévano  
Sandra Cruz Argüello  
Patricia Falla Ramírez  
Martha García de Mejía  
Carlos Gómez Sánchez  
Hilda Gutiérrez Rey  
Jesús Eugenio Henao  
Gonzalo Hurtado Moreno  
Rodrigo Marín Ramírez  
Néstor Martínez Ardila  
Patricia Martínez Nieto  
Gladys Moreno Pinzón  
Claudia Olarte Villanueva  
Javier Otero García  
José Daniel Pabón Caicedo  
Esperanza Pardo Pardo  
Eugenia Ponce de León Chaux  
Diana Patricia Ramírez Aguilera  
Mauricio Rincón Romero  
María Lucía Rosas F.  
Ethel Rolón Domínguez  
Fernando Salazar Holguín  
Félix D. Sánchez Lancheros  
Reinaldo Sánchez López  
José Ville Triana García  
Thomas Van der Hammen  
Antonio Villa Lopera

## **Agradecimientos**

---

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

IDEAM agradece a las siguientes personas e instituciones:

### **Por la información aportada**

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR

Conservación Internacional Colombia

Dirección Nacional de Estupefacientes

Jairo Chinchilla Castro

Fundación Biocolombia

Fundación Ecoan

Jairo García Giraldo

Jairo Hómez Sánchez

Instituto de Ciencias de la Universidad Nacional

Ministerio del Medio Ambiente

Patricia León Poveda

Jesús Emilio Peinado Solano

Policía Nacional Antinarcóticos DIRAN

Proyecto CIMSI

Diana Patricia Ramírez Aguilera

Liseth Rodríguez Montenegro

Hugo Saavedra Umba

Jorge Enrique Soler Vargas

### **Por el incondicional y valioso apoyo**

Agustín Angel Salazar

Cristina Botero Orozco

Lucy Eugenia Bravo Motta

Rosalba Hernández Ospina

José Daniel Pabón Caicedo

Luis Carlos Perdomo Forero

Consuelo Sánchez Herrera

Fernando Salazar Holguín

Antonio Villa Lopera



El IDEAM fue creado en 1994 con la misión de generar conocimiento, producir y suministrar datos e información ambiental, además de realizar estudios, investigaciones, inventarios y actividades de seguimiento y manejo de la información que sirvan para fundamentar la toma de decisiones en materia de política ambiental y para suministrar las bases para el ordenamiento ambiental del territorio, y el manejo, el uso y el aprovechamiento de los recursos naturales físicos del país.

El IDEAM es un establecimiento público de carácter nacional adscrito al Ministerio del Medio Ambiente.

---

## **Junta Directiva**

### **Presidente**

Juan Mayr Maldonado  
*Ministro del Medio Ambiente*

### **Miembros**

Elizabeth Grijalba de Rodado  
*Representante del señor Presidente de la República*

Eduardo Pizano de Narváez  
*Ministro de Desarrollo Económico*

Manuel Rodríguez Becerra  
*Representante del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*

José Luis Ramírez Sánchez  
*Representante de las Corporaciones Autónomas Regionales*



## Directivos

---

Carlos Castaño-Uribe  
*Director General*

Jerónimo Rodríguez Rodríguez  
*Secretario General*

José Daniel Pabón Caicedo  
*Subdirector de Meteorología*

Martha García de Mejía  
*Subdirectora de Hidrología*

Mauricio Rincón Romero  
*Subdirector de Geomorfología y Suelos*

Antonio Villa Lopera  
*Subdirector de Ecosistemas*

Patricia Falla Ramírez  
*Subdirectora de Población y Asentamientos Humanos*

César Buitrago Gómez  
*Subdirector de Ecología Económica*

Agustín Angel Salazar  
*Subdirector Administrativo*

Adriana Soto Carreño  
*Jefe de la Oficina de Cambio Global*

Fernando Salazar Holguín  
*Jefe de la Oficina de Sistemas de Información Geográfica*

Mariela Rodríguez Vargas  
*Jefe de la Oficina de Ciencia y Tecnología*

Javier Rodríguez Moreno  
*Jefe de la Oficina de Etnias y Culturas*

Patricia Parada Castro  
*Jefe de la Oficina de Documentación y Divulgación*

Nancy Maldonado Figueredo  
*Jefe de la Oficina de Informática y Telecomunicaciones (e)*

Ricardo Carrillo Carrillo  
*Jefe de la Oficina de Planeación*

Guillermo Camelo Bohórquez  
*Jefe de la Oficina de Control Interno*

# Contenido

<b>Prólogo</b>	<b>19</b>
<b>Introducción</b>	<b>21</b>
1 Colombia Alto Andina y la Significancia Ambiental del Bioma Páramo en el contexto de los Andes Tropicales: una aproximación a los efectos futuros por el Cambio Climático Global ( <i>Global Climatic Tensor</i> ) .....	27
Introducción .....	27
1.1 Antecedentes .....	29
1.1.1 Sobre los ecosistemas globales de Alta Montaña .....	29
1.1.2 La significancia de los Andes Tropicales .....	30
1.1.3 La significancia de la Colombia andina.....	32
1.2 Los factores climáticos actuales del páramo, sin la condición GCT (1xCO <sub>2</sub> ) .....	35
Generalidades .....	35
1.2.1 El clima general en las zonas de montaña.....	35
1.2.2 El escalonamiento térmico vertical en los trópicos americanos.....	36
1.2.3 El factor altitud en relación con el promedio o la media térmica anual .....	36
1.2.4 El factor altitud en relación con la amplitud térmica anual.....	36
1.2.5 El factor altitud en relación con la amplitud térmica diurna .....	36
1.2.6 El factor altitudinal en relación con el límite inferior y superior de los páramos .....	36
1.2.7 Factores secundarios que determinan los pisos térmicos y su composición vegetativa .....	37
1.2.8 Los diversos pisos térmicos.....	37
1.2.9 Las particularidades de un bioma endémico del norte de los Andes desde el punto de vista adaptativo .....	38
1.2.10 La adaptación y vulnerabilidad general a las condiciones extremas y prevalecientes del páramo ...	39
1.3 Los ecosistemas Alto Andinos frente a los escenarios de cambio climático global actual y futuro, y los tensores de transformación .....	41
1.3.1 Las particularidades del cambio ocurrido en Colombia durante los últimos 30 años .....	41
1.3.2 Las particularidades del cambio futuro .....	43
1.3.3 El escenario del <i>HotSpot</i> y el <i>Global Climatic Tensor</i> : un contexto sin precedentes generado por la especie humana .....	49
Referencias bibliográficas.....	51
<b>2 Lineamientos para definir la vulnerabilidad y adaptabilidad de los ecosistemas continentales colombianos ante la Convención de Cambio Climático</b>	<b>71</b>
Introducción .....	71
2. 1 Antecedentes generales del tema .....	72
2. 2 Aproximaciones para predecir el cambio global .....	73
2.2.1 Paleoecología y biomización .....	73

2.2.2	Construcción de escenarios a partir de modelos de circulación global.....	73
2.2.3	Estudios del cambio de distribución de especies.....	74
2.2.4	Síntesis: Alcances y limitaciones .....	75
2.3	Contexto biológico y ecológico de Colombia .....	77
2.3.1	Riqueza de especies .....	77
2.3.2	Regiones biogeográficas.....	79
2.3.3	Diversidad de ecosistemas .....	83
2.3.4	Riesgo de pérdida de la biodiversidad en Colombia .....	83
2.3.4.1	Generalidades sobre el proceso de extinción.....	83
2.3.4.2	Identificación de la biodiversidad colombiana en riesgo.....	84
2.4	Marco conceptual para el análisis de la vulnerabilidad de los ecosistemas.....	84
2.4.1	Evaluación de riesgo .....	85
2.4.2	Funciones de los ecosistemas pertinentes para el ejercicio .....	85
2.5	Vulnerabilidad de los ecosistemas .....	88
2.5.1	Resiliencia y vulnerabilidad .....	88
2.5.2	Regímenes de perturbación natural y vulnerabilidad .....	88
2.5.3	Factores tensionantes y vulnerabilidad .....	89
2.6	Aproximación a la vulnerabilidad de los ecosistemas continentales colombianos .....	93
2.6.1	Ecosistemas terrestres.....	93
2.6.1.1	Zonobioma del bosque húmedo tropical .....	93
2.6.1.2	Pedobiomas y helobiomas del zonobioma del bosque húmedo tropical.....	95
2.6.1.3	Zonobioma del bosque seco tropical.....	96
2.6.1.4	Sabanas (Pedo o peino biomas, dependiendo de la ubicación) .....	98
2.6.1.5	Orobiomas andinos: Selvas andinas.....	100
2.6.1.6	Orobiomas andinos: Páramos.....	102
2.6.2	Ecosistemas acuáticos continentales.....	104
2.6.3	Agroecosistemas (Generalidades) .....	105
2.7	Gestión para la adaptación de los ecosistemas ante el cambio climático .....	106
2.7.1	Conocimiento y monitoreo del cambio climático y sus efectos .....	107
2.7.1.1	Conceptos generales sobre el monitoreo de los ecosistemas .....	107
2.7.1.2	Lineamientos para el monitoreo en el nivel de los ecosistemas.....	110
2.7.1.3	Monitoreo en el nivel de especies y poblaciones.....	115
2.7.1.4	Aspectos institucionales del monitoreo .....	117
2.7.2	Escenarios de adaptación al cambio climático.....	119
2.7.2.1	Concepto de estructura ecológica .....	119
2.7.2.2	Enfoque complementario a los procesos de ordenamiento territorial definidos por el IDEAM en su Plan Estratégico 2002-2005 .....	123

2.8 Síntesis de recomendaciones para el IDEAM.....	124
Referencias bibliográficas.....	153
<b>3 Cambio Global y los Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia</b>	<b>163</b>
Introducción .....	163
3.1 Estado del conocimiento sobre los ecosistemas de Alta Montaña .....	164
3.2 Aspectos conceptuales y metodológicos .....	164
3.2.1 Conceptos generales y nomenclatura.....	164
3.2.2 Metodología de análisis .....	168
3.2.2.1 Análisis de los cambios y la vulnerabilidad ante el cambio del clima .....	168
3.2.2.2 Análisis de los cambios y la vulnerabilidad por el avance de la agricultura .....	169
3.3 Los ecosistemas andinos e interandinos (con énfasis en los Alto Andinos) .....	169
3.4 El cambio climático en perspectiva histórica.....	174
3.5 Los principales factores del cambio climático y sus impactos potenciales sobre los ecosistemas de Alta Montaña.....	178
3.6 La vulnerabilidad de los ecosistemas de Alta Montaña frente al cambio climático y al aumento del CO <sub>2</sub> en el aire.....	180
3.7 Vulnerabilidad de los ecosistemas de Alta Montaña ante el avance de la actividad agrícola, ganadería y forestal .....	194
3.8 Conclusiones generales y recomendaciones .....	198
3.9 Propuesta de un sistema de seguimiento de los cambios en el componente biótico .....	204
Referencias bibliográficas.....	208
<b>4 Transformación y cambio en el uso del suelo en los páramos de Colombia en las últimas décadas</b>	<b>211</b>
4.1 Transformaciones de las coberturas vegetales en los páramos de Colombia: un punto de partida para la evaluación ambiental.....	211
Introducción .....	211
4.1.1 Coberturas vegetales asociadas a la Alta Montaña .....	212
4.1.1.1 Zona nival .....	212
4.1.1.2 Superpáramo.....	212
4.1.1.3 Páramo .....	213
4.1.2 Los bosques Alto Andinos de páramo.....	214
4.1.3 Caracterización de los páramos colombianos con relación a la precipitación.....	215
4.1.4 Análisis de los cambios de coberturas ocurridos en la Alta Montaña entre las décadas del 70 y el 90 ....	215
4.1.4.1 Metodología .....	215
4.1.4.2 Procesamiento digital de imágenes .....	216
4.1.4.3 Construcción de mosaicos.....	217
4.1.4.4 Resultados .....	218
4.1.4.5 Unidades de clasificación .....	218
4.1.5 Agroecosistemas Alto Andinos .....	218



4.1.5.1	Páramo .....	218
4.1.5.2	Bosques Alto Andinos.....	218
4.1.5.3	Arbustos de páramo .....	218
4.1.5.4	Áreas con vegetación escasa .....	218
4.1.5.5	Nieves .....	218
4.1.5.6	Cuerpos de agua.....	218
4.1.5.7	Sin información.....	219
4.1.6	Cambios más importantes ocurridos en las coberturas vegetales de los distritos paramunos entre las décadas 70 y 90 .....	219
4.1.7	Estudio de caso regional: Los páramos de Boyacá .....	221
4.1.8	Conclusiones .....	222
4.2	Caracterización geomorfológica y herencia climática .....	222
	Introducción .....	222
4.2.1	Factores asociados a la formación de la Alta Montaña colombiana .....	223
4.2.1.1	La tecto-orogénesis .....	223
4.2.1.2	El vulcanismo .....	224
4.2.1.3	Los eventos glaciales y los glaciares.....	225
4.2.2	Los páramos y la Alta Montaña.....	226
4.2.2.1	El modelado glaciar heredado .....	226
4.2.2.2	Procesos morfodinámicos predominantes.....	227
4.2.3	Otras unidades asociadas a la Alta Montaña .....	227
4.2.3.1	Los altiplanos.....	227
4.2.3.2	El piso periglaciar .....	228
4.3	Caracterización de los suelos páramos de Colombia: génesis de una transformación .....	230
4.3.1	Usos e impactos adversos en los suelos de páramo.....	231
4.3.2	Oferta hídrica de los suelos y niveles de resiliencia de los suelos de páramo .....	232
4.3.3	Suelos de vertientes expuestas a frentes húmedos .....	232
4.3.4	Suelos de vertientes abrigadas .....	232
4.3.5	Impacto del cambio de uso de la tierra en los suelos de páramos .....	233
4.3.5.1	Análisis de resultados .....	239
4.3.5.2	Cambios de pastos a cultivos .....	239
4.3.5.3	Cambio de coberturas de páramo a cultivos .....	240
4.3.5.4	Cambio de arbustos de páramo a cultivos .....	241
4.3.5.5	Cambio de bosque Alto Andino a cultivos.....	241
4.3.5.6	Áreas que no han tenido cambio de uso de la tierra.....	241
4.3.6	Conclusiones generales.....	241
4.4	Cambios en los patrones de temperatura media anual del aire y de la precipitación anual en los páramos de Colombia .....	242

Introducción .....	242
4.4.1 Métodos y datos utilizados .....	243
4.4.2 Distribución espacial de la temperatura del aire y de la precipitación sobre los páramos para el período 1961-1990 .....	243
4.4.2.1 Distribución espacial de la temperatura media anual .....	243
4.4.2.2 Distribución espacial de la precipitación anual .....	243
4.4.2.3 Cambios en la temperatura del aire y de la precipitación en los páramos .....	244
4.4.3 Conclusiones .....	251
4.5 Hidrología y recursos hídricos en los ecosistemas de Alta Montaña en el período 80-90 .....	251
Introducción .....	251
4.5.1 Importancia y funciones de la Alta Montaña asociados con el recurso hídrico y de su régimen .....	254
4.5.2 Caracterización hidrográfica del los principales sistemas de drenaje en zonas de Alta Montaña .....	254
4.5.2.1 Macizo Colombiano.....	254
4.5.2.2 Sierra Nevada de Santa Marta .....	255
4.5.2.3 Sierra Nevada del Cocuy .....	256
4.5.2.4 Nevado del Ruiz.....	256
4.5.2.5 Nevado de Santa Isabel.....	256
4.5.2.6 Nevado del Tolima.....	256
4.5.3 Lagunas del ecosistema de la Alta Montaña .....	256
4.5.3.1 Lagunas del ecosistema de páramos de la cordillera Oriental.....	257
4.5.3.2 Lagunas del ecosistema de páramos de la cordillera Central.....	257
4.5.4 Caracterización hidrológica del ecosistema de Alta Montaña.....	258
4.5.4.1 Macizo Colombiano y Nudo de los Pastos .....	258
4.5.4.2 Sistema centro-oriental .....	258
4.5.4.3 Sistema central.....	258
4.5.4.4 Sistema de la Sierra Nevada de Santa Marta.....	267
4.5.5 Variación de la escorrentía en las décadas del 80 y 90 .....	267
4.5.6 El recurso hídrico y el abastecimiento a la población.....	267
4.6 Proceso de ocupación y distribución poblacional y calidad de vida de los asentamientos humanos de Alta Montaña en Colombia .....	267
Introducción .....	267
4.6.1 Metodología.....	268
4.6.2 Generalidades del proceso de ocupación de la Alta Montaña.....	268
4.6.3 Distribución de la población .....	269
4.6.4 Distribución de los municipios que tienen relación con el ecosistema páramo.....	270
4.6.5 Lo urbano-rural después de los 2.744 m.s.n.m .....	271
4.6.6 Condiciones de vida y servicios públicos .....	271
4.6.7 Evolución de la población en los municipios con cabeceras sobre los 2.744 m.s.n.m. Período 1973-1993 .....	274

4.7	Cambio, uso y transformación de las actividades económicas de los ecosistemas de Alta Montaña ..	274
4.7.1	Proceso de ocupación .....	277
4.7.2	Uso del suelo .....	277
4.7.3	Función ecológica y económica de los páramos.....	280
4.7.4	Presiones y problemática en los ecosistemas de páramo .....	280
4.7.4.1	Concentración de la propiedad .....	280
4.7.4.2	Ganadería extensiva .....	280
4.7.4.3	Deforestación .....	290
4.7.4.4	Cultivo de papa.....	290
4.7.4.5	Explotación de canteras .....	293
4.7.4.6	Orden público y conflictos .....	293
4.7.4.7	Cultivos ilícitos .....	293
4.7.4.8	Construcción de vías .....	293
4.7.5	Algunas problemáticas regionales .....	293
4.8	Problemática de los cultivos ilícitos en los ecosistemas de Alta Montaña .....	295
4.9	Marco jurídico colombiano relacionado con los páramos en el contexto de las transformaciones y el cambio del uso del suelo .....	305
	Introducción .....	305
4.9.1	Principales disposiciones ambientales relacionadas con los páramos .....	306
4.9.1.1	La legislación de áreas protegidas.....	306
4.9.1.2	Ecosistemas que merecen protección o manejo especial.....	311
4.9.1.3	Propiedad y protección de las aguas .....	313
4.9.2	Los páramos frente al ordenamiento territorial y la reglamentación del uso del suelo .....	314
4.9.2.1	El recurso suelo en la legislación ambiental .....	314
4.9.2.2	El ordenamiento territorial .....	316
4.9.3	Tratados públicos ratificados por Colombia relacionados con la protección de los páramos.....	317
4.9.4	Reflexiones finales.....	321
4.10	Las reservas forestales nacionales: una estrategia a tener en cuenta para la mitigación de los efectos del Cambio Climático Global.....	322
	Referencias bibliográficas.....	326

**5 Aproximación a un modelo para la evaluación de la vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un posible cambio climático utilizando Sistemas de Información Geográfica SIG 335**

	Introducción .....	337
5.1	Aspectos metodológicos y resultados .....	337
5.1.1	Primera Fase: Zonas de Vida de Holdridge actual .....	339
5.1.1.1	Modelo de Zonas de Vida y de transiciones de Holdridge para Colombia .....	339
5.1.2	Segunda Fase: Zonas de Vida de Holdridge con cambio climático.....	345
5.1.2.1	Modelo de temperatura del territorio colombiano con escenario de cambio climático 2xCO <sub>2</sub> .....	346

5.1.2.2	Modelo de precipitación del territorio colombiano con escenario de cambio climático .....	347
5.1.2.3	Modelo de Zonas de Vida de Holdridge y transiciones de Zonas de Vida para Colombia con escenario de cambio climático.....	351
5.1.3	Tercera Fase: Vulnerabilidad de las coberturas vegetales .....	355
5.1.3.1	Modelo de Desplazamiento de las Zonas de Vida de Holdridge con escenario de cambio climático 2xCO <sub>2</sub> .....	355
5.1.3.2	Coberturas vegetales IDEAM/96 afectadas por desplazamiento de las Zonas de Vida de Holdridge con escenario de cambio climático .....	361
5.1.4	Zonificación del territorio colombiano en grados de vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia frente a un cambio climático 2xCO <sub>2</sub> .....	361
5.1.5	Conclusiones .....	366
5.1.5.1	Primera fase.....	366
5.1.5.2	Segunda fase.....	368
5.1.5.3	Tercera fase.....	374
	Referencias bibliográficas.....	376

## **Anexo**

<b>Descripción geomorfológica de la Alta Montaña por zonas geográficas</b>	<b>379</b>	
1	La Sierra Nevada de Santa Marta .....	379
2	La cordillera Central .....	381
3	El complejo Ruiz-Tolima y norte de la cordillera Central.....	381
4	El Macizo Colombiano y el sur del país.....	382
5	La cordillera Centro-Occidental.....	382
6	La cordillera Occidental .....	383
7	La cordillera Oriental .....	384
8	El Macizo de Garzón.....	384
9	Bordes del altiplano cundiboyacense.....	384
10	Sierra Nevada del Cocuy y norte de la cordillera Oriental.....	385
11	Serranía del Perijá .....	386
	Referencias bibliográficas.....	387





# Prólogo

**P**ara el Ministerio del Medio Ambiente es motivo de entusiasmo y orgullo presentar el libro *Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en Condición HotSpot & Global Climatic Tensor*, preparado por el IDEAM.

Este documento, con relación a un referente de enorme importancia de dos eventos, a saber: el lanzamiento del Programa para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña Colombiana: Páramos, que tuvo lugar en Bogotá, en el marco del Congreso Nacional Ambiental, en abril y el Congreso Mundial de Páramos, en mayo de 2002 en Paipa.

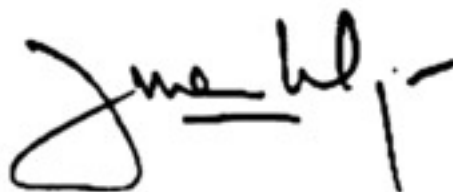
En el primer caso, el libro constituye un instrumento para orientar y precisar la ejecución de las acciones convenidas en el programa para el manejo sostenible de los páramos. En el segundo, se destaca su contribución a la elaboración del Informe de País para el Congreso y su aporte a las discusiones y recomendaciones relacionadas con el desarrollo del mismo.

El empeño puesto en avanzar en el entendimiento de las relaciones entre el ambiente y las actividades humanas en este singular bioma y en

el contexto de cambio climático global, merecen la mayor atención, dada su importancia como ecosistema estratégico y especialmente en términos de suministro y regulación hídrica, particularidades biológicas, valores paisajísticos y culturales y su evidente vulnerabilidad, lo que nos obliga a adoptar las medidas preventivas, correctivas, de compensación, restauración y demás que sean necesarias.

Recalamos el esfuerzo colectivo y las visiones de región y de país que el libro recoge y ensambla para beneficio de la sociedad, de la gestión ambiental, del desarrollo productivo y del ecosistema en particular. El enfoque integral con que se aborda el tema de los páramos, en términos de ocupación y uso, junto con las conclusiones y recomendaciones para la acción futura, le confieren un valor inestimable.

Haciendo eco del buen recibimiento que este libro tendrá al interior de las instituciones públicas y privadas, de los organismos que integran el SINA y de la sociedad en general, extendiendo un profundo agradecimiento al IDEAM y demás colaboradores por el aporte científico y técnico que este documento representa para la información ambiental del país.



**Juan Mayr Maldonado**  
*Ministro del Medio Ambiente*







# Introducción

**E**ste libro sobre páramos en el contexto de cambio climático y antrópico no pretende ser un documento exhaustivo sobre el tema. De hecho es tan solo una primera aproximación a la preocupación cada vez más creciente del Instituto de Investigaciones Ambientales IDEAM, sobre el peligro y la amenaza que se cierne sobre este bioma a causa de los rápidos y, prácticamente, irreversibles factores de transformación que están sufriendo y que de no reorientar estrategias, políticas y acciones mancomunadas en el contexto nacional e internacional, podremos tener en el mediano plazo, en serio peligro de extinción.

Este documento es ante todo un recuento preliminar de los alcances generales sobre las indicaciones que ya se están encontrando en el país respecto a los efectos del cambio climático global y es un mensaje de alerta sobre las consecuencias que este fenómeno puede tener en uno de los biomas más vulnerables y estratégicos de la porción más septentrional de Suramérica y el Neotrópico. Es en últimas, un esfuerzo por sintetizar los diferentes puntos de vista, de una manera sencilla





y educativa sobre este tema que deberá profundizarse en los próximos años por parte del país y la región andina en el marco de la Convención de Cambio Climático.

Existen en la actualidad dos aspectos fundamentales que pueden explicar la priorización del contenido de este documento. El primero, la culminación del estudio sobre la Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, recientemente entregada por Colombia, el cual permite contextualizar plenamente las implicaciones y los riesgos para el país a partir de esta circunstancia de transformación de las condiciones climáticas producto de los gases efecto invernadero y, el segundo, la realización del Congreso Mundial de Páramos que el IDEAM con otras instituciones del orden nacional ( Ministerio del Medio Ambiente, La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR y la Fundación Conservation International, capítulo Colombia), están coordinando con el propósito de profundizar y evaluar estas mismas circunstancias y poder definir en el contexto regional del neotrópico una posición coherente frente al tema.

Como se podrá observar en la lectura de este documento, existen razones de peso para inferir que sobre los páramos están actuando dos situaciones específicas de transformación y deterioro. Una de orden local, donde las poblaciones y los asentamientos humanos en cada uno de los países con presencia en este tipo de bioma endémico del norte de los Andes, ha venido utilizando y transformando los ecosistemas naturales en paisajes humanos que cada vez más disminuyen sus potenciales capacidades de procurar bienes y servicios ambientales para las zonas más bajas de los Andes. Cultivos de papa, ganadería extensiva y sobrepastoreo; o, incluso, cultivos ilícitos como los de amapola en nuestro país, son solo algunas de las circunstancias que modifican y transforman este gran ecosistema de altura en las montañas andinas de algunos países del neotrópico.

Los procesos de disturbio y fragmentación en los ecosistemas paramunos, como lo anota en el presente documento Martínez Nieto (2002) son

debidos en gran medida por las actividades humanas ligadas a sistemas de producción extensiva, bien sea de tipo agrícola, ganadero o minero. La disminución de los períodos de descanso de la tierra después del cultivo, aumento de la frecuencia de las quemas y el sobre pastoreo, son algunos de los factores que conducen a una degradación de sus condiciones originales y a la introducción de formaciones vegetales secundarias, presentándose cambios en los patrones de las poblaciones y comunidades vegetales.

Sobresale dentro de la problemática de intervención antrópica en Colombia, el establecimiento de cultivos ilícitos de amapola, los cuales amplían la frontera agropecuaria, con la consecuente destrucción de bosques y comunidades paramúnas, generando así, cambios de uso del suelo, erosión, pérdida de biodiversidad, destrucción de cadenas tróficas y aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>. El cultivo ilícito de amapola, por ejemplo, se comporta en cierta forma igual a los otros cultivos ya que después de la tala y quema de bosques se procede con la implementación del cultivo, es decir con los procesos agrícolas inherentes a la siembra, cuidado y cosecha de los plantíos y para obtener la mayor productividad se introducen al ambiente una gran cantidad de bioestimulantes, abonos y pesticidas.

Desde finales de los ochenta algunas de las personas de las poblaciones locales de la zona Andina Central de Huila y Tolima se dedicaron a la producción casera de amapola y a la obtención de látex de alta calidad. A principios de la década de los noventa los cultivos de amapola sufrieron un aumento de 700 has. a 16.000 ha y en la actualidad se calcula en valores superiores a las 6.500 ha (DNE).

Lo anterior demuestra que existen serios trastornos que obedecen a la acción antrópica local; no obstante, es necesario también considerar que existen otra serie de transformaciones más generales e impactantes de transformación de los ecosistemas mundiales y, en particular, de los biomas de alta montaña andina, que son precisamente generados por los cambios climáticos globales y que pueden ser, en el mediano plazo, mas devastado-

res que los de tipo local, puesto que estos del nivel global favorecen el cambio del uso del suelo de los ecosistemas de alta montaña e inciden a los factores y las poblaciones de orden local para expandir e incrementar sus procesos de intervención (v.g. ampliación de la frontera agrícola con papa, determinado por cambios en la temperatura media del aire y del suelo, así como una disminución de las condiciones de acidez edafológica). Este fenómeno es el que se describe en la presente publicación como el *Global Climatic Tensor*(GCT).

Esta variable (GCT), sumada a la condición particular de *HotSpot* (biodiversidad, endemismo y amenaza) de Colombia hace especialmente sensible no solo a nuestros ecosistemas de alta montaña sino en particular a los páramos y los estratos nivales del país que pueden estar amenazados de extinción masiva en los próximas décadas. Sin embargo, es importante, también señalar, el papel estratégico que tendrá para el país profundizar en el conocimiento y las particularidades de este fenómeno en los próximos años, pues las interrelaciones entre el clima y los recursos naturales es aun incipiente en Colombia.

Los páramos, como se anotara enfáticamente en el presente documento, son el resultado de la influencia de las fluctuaciones climáticas del territorio norandino en el pasado. El páramo es la máxima expresión a la adaptabilidad de condiciones extremas y adversas de estas fluctuaciones diarias (dirunas y nocturnas), y es uno de los biomas más sensibles en el fondo a las variaciones actuales de esas condiciones extremas y alternantes entre los ciclos noche-día.

La morfología, topografía y hasta la andolización de los suelos y el carácter pedológico de los mismos está determinado por la interrelación especial de las últimas etapas de formación de los andes –cosa ocurrida muy recientemente respecto a otras formaciones del globo- lo cual significa que estamos ante un ecosistema joven, endémico y hecho a imagen y semejanza de las condiciones climáticas particulares de las variables altitudinales y latitudinales de esta región. La distribución de nuestros páramos, de otra parte, y la topología entre ecosistemas paramunos secos, húmedos y

superhúmedos ( de la clasificación propuesta por O. Rangel, 2000) demuestran una variabilidad impresionante y ponen de manifiesto el carácter especial y particular de estos en el contexto regional.

El conocimiento de los cambios climáticos llevados a cabo durante los últimos miles de años ha venido constituyéndose como un patrón de referencia y evaluación obligado para entender las implicaciones de los cambios actuales por presión antrópica local y global. Los inestimables esfuerzos y la dedicación llevada a cabo por investigadores de la talla del profesor Van der Hammen, A. Cleef, Robert Hofstede entre otros, permiten comprender las dimensiones reales de los cambios que ya se han empezado a realizar y los que están por suceder como consecuencia de las alteraciones climáticas de los gases con efecto invernadero.

Los documentos que se incorporan a este libro, tienen que ver, en primer lugar, con las particularidades de los páramos colombianos frente a la doble condición *HotSpot* y *Global Climatic Tensor*, donde lógicamente se hace énfasis en el papel y la significancia del páramo respecto a estos escenarios de biodiversidad, endemismo, amenaza y extinción.

Seguidamente se incorpora el tema del cambio global en los ecosistemas de alta montaña de Colombia y los lineamientos para definir la vulnerabilidad y la adaptabilidad de los ecosistemas continentales Colombianos ante el cambio climático global.

Por último, se definen los procesos de transformación y cambio de coberturas vegetales en los ecosistemas paramunos analizando las implicaciones para los grandes temas medioambientales del país, así como también se hace un esfuerzo por explicar los modelos utilizados para la evaluación de la vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia, instrumento donde descansa realmente la identificación de los posibles escenarios futuros por el cambio climático para nuestro país.

En tal sentido, es necesario advertir, que parte de las investigaciones aquí presentadas tratan de mostrar como la distribución geográfica nacional de los tipos de vegetación, podrían variar tanto latitudinal como altitudinalmente, respondiendo al

cambio del patrón de clima. Actualmente, casi el 50% de la superficie nacional está cubierta por bosques, el 27% por agroecosistemas, el 14% por sabanas, el 1,6% por coberturas xerofíticas, el 1.4% por páramos y el 0.04% por cobertura nival. La vulnerabilidad de estos ecosistemas ante el cambio climático, puede agravarse por la ausencia de una efectiva gestión ambiental, de mecanismos de financiación, de investigación y de observación sistemática de los sistemas naturales y antrópicos.

Finalmente, a lo largo del presente documento se podrán encontrar informaciones relacionadas con los desplazamientos de Zonas de Vida de Holdridge en el páramo y otros ecosistemas alto andinos, así como los desplazamientos de las coberturas de alta montaña, los cuales pueden diferir, con el propósito de no crear confusiones innecesarias.

Es importante entonces indicar que, la metodología aplicada en el modelo para este estudio es la de Planteamiento de Función Directa del IPCC, la cual se basa en el análisis de la distribución actual de las Zonas de Vida o Unidades Bioclimá-

ticas de Holdridge, y sus posibles cambios futuros en distribución y área al variar el patrón del clima.

De acuerdo con los resultados arrojados por este Modelo de Planteamiento de Función Directa, en cuanto a desplazamientos de las Zonas de Vida de Alta Montaña, por un cambio climático debido a una duplicación de CO2 en la atmósfera, serían los siguientes:

El cinturón Altitudinal Montano actual, en donde se encuentran ubicadas las zonas de Subpáramo de acuerdo a Cuatrecasas, se desplazaría en un 47.6%. El cinturón Subandino, en donde se encuentra el Páramo propiamente dicho según Cuatrecasas, se desplazaría en un 75.75%. El cinturón Altitudinal de Tundra en donde se ubica el Superpáramo se desplazaría en un 85.2%; y finalmente el cinturón Altitudinal Nival podría desplazarse en un 93.48%. (Ver Tabla 1)

Se debe tener en cuenta que las Zonas de Vida y los desplazamientos generados por el Modelo de Planteamiento de Función Directa y que se muestran en la Tabla 1, se refieren exclusivamente a Unidades Homoclimáticas en Precipitación y Tem-

**Tabla 1** Desplazamientos en las Zonas de Vida de Holdridge en la Alta Montaña colombiana por un Cambio Climático 2XCO2

Zona Vida de Holdridge de Alta Montaña	ZVH	Cinturón Altitudinal ZVH	Equivalente Cuatrecasas como ZVH	Precip MM	Temp ° C	Área ZVH Desplazadas			
						Ha	% Total		
Matorral Desértico Montano	md-M	Montano	Subpáramo	125 a 250	6 a 12	1603.26	1631516.66	69.14	47.60
Bosque Húmedo Montano	bh-M			500 a 1000	6 a 12	147414.73		31.11	
Bosque Muy Húmedo Montano	bmh-M			1000 a 2000	6 a 12	857819.57		40.79	
Bosque Pluvial Montano	bp-M			> 2000	6 a 12	624679.09		73.64	
Páramo Subandino	p-SA	Subandino	Páramo	500 a 1000	3 a 6	3717.64	278301.07	44.87	75.75
Páramo Pluvial Subalpino	pp-SA			> 1000	3 a 6	274583.42		76.47	
Tundra Pluvial Alpina	tp-A	Tundra	Superpáramo	> 500	1.5 a 3	34501.41	34501.41	85.20	85.20
Nieve	N	Nival	Nieve	> 0	0 a 1.5	43595.40	43695.40	94.48	94.48

peratura de acuerdo con los rangos del diagrama de Zonas de Vida de Holdridge.

Con el fin de identificar que coberturas de Alta Montaña corresponden a esas áreas modificadas por desplazamiento de las Zonas de Vida, se hizo necesario relacionar estos resultados con las coberturas naturales del país, para lo cual se utilizó el mapa de Coberturas Vegetales, Uso y Ocupación del Territorio Colombiano IDEAM/96, generado con el procesamiento y análisis de 67 imágenes de satélite y se obtuvo que el 55.45% de la cobertura de páramo actual podría verse afectado con el nuevo clima, al igual que el 77,79% de la cobertura nival. (Ver Tabla 2)

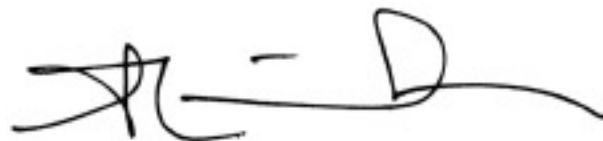
Las opciones de adaptación existentes para los ecosistemas son limitadas y su efectividad es

**Tabla 2** Coberturas de Alta Montaña IDEAM/96 afectadas por Cambio Climático 2XCO2

Cobertura	Área IDEAM/96	Área Afectada 2XCO2	% Afectado
Páramo	1620463	898485.79	55.45
Nival	40217	31285.48	77.79

incierta. Entre las opciones de adaptación está el establecimiento de corredores biológicos que ayuden a la migración de los ecosistemas, la repoblación vegetal, la restauración de áreas degradadas, y sobre todo una buena gestión ambiental en el uso de tierras y de protección de coberturas vegetales, incluyendo áreas de conservación, áreas protegidas entre otras alternativas (H. Gutiérrez, 2001) además del rescate de las reservas forestales de Ley 2ª de 1959, instrumento legal que desde entonces definió la necesidad de proteger especialmente a los páramos del territorio nacional.

Por consiguiente, la adaptación oportuna a los regímenes climáticos futuros, requerirá de un buen entendimiento del grado de vulnerabilidad al cambio climático de los sistemas naturales, sociales y culturales del país con el fin de identificar y adoptar medidas de adaptación y mitigación que garanticen el desarrollo sostenible del territorio del país. Los modelos empleados por el IDEAM demuestran que la distribución geográfica de las coberturas vegetales con un alto grado de vulnerabilidad a un posible cambio climático proyectado 2XCO2, podrían ocupar un 6.1% del territorio continental, en zonas de alta y media montaña dentro de lo cual, un 30% correspondería al bioma páramo (Gutiérrez, 2001).



**Carlos Castaño-Uribe**  
*Director General del Ideam*