

Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



Licencia Creative Commons CC de Atribución – Sin Derivar – No comercial por la que este material puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros solo si se muestra en los créditos. No se pueden realizar obras derivadas y no se puede obtener ningún beneficio comercial.

Contribución Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt No. 488

© Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
© Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Compiladores

Jimena Cortés-Duque y Carlos Enrique Sarmiento Pinzón

Coordinación editorial

Jimena Cortés-Duque y Carlos Enrique Sarmiento Pinzón

Asesoría editorial

Adriana Patricia Suárez Mejía

Revisión científica

Brigitte Baptiste, Antoine Cleef, Robert Hofstede, David Rivera, Clara Matallana y Carlos Enrique Sarmiento Pinzón.

Revisión de textos

Ana María Rueda

Corrección ortotipográfica

Adriana Patricia Suárez Mejía

Fotografías

Banco de Imágenes Ambientales (BIA) del Instituto Alexander von Humboldt, Elizabeth Jiménez, Fernando López, Carlos Enrique Sarmiento Pinzón

Foto de portada: *Puya* sp. Foto: Fernando López

Diseño e impresión

Legis S.A.

ISBN: 978-958-8343-90-7
Primera Edición, 2013: 1500 ejemplares
Impreso en Bogotá, D.C., Colombia

Documento preparado por el Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt en el marco de los convenios interadministrativos de asociación 11-103 y 12-092 suscritos con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Cita sugerida de la obra

Cortés-Duque, J. y Sarmiento, C. (Eds). 2013. Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.

Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos. / Jimena Cortés-Duque y Carlos Enrique Sarmiento-Pinzón, compiladores — Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013.

252 p.: il., col.; 28 cm.
Incluye bibliografía y tablas
ISBN 978-958-8343-90-7

1. ECOSISTEMAS DE MONTAÑA — PÁRAMOS — COLOMBIA. 2. PÁRAMOS – COLOMBIA -- MEMORIAS 3. ÁREAS PROTEGIDAS — COLOMBIA. 4. CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES. I. Cortés-Duque, Jimena, comp. II. Sarmiento-Pinzón, Carlos Enrique, comp. III. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

CDD: 577.3 Ed. 23

Número de contribución: 488

Registro en el catálogo Humboldt: 14927

Catalogación en la publicación – Biblioteca Instituto Humboldt – Nohora Alvarado

Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de opinión o juicio alguno por parte del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt ni de las instituciones participantes. Así mismo, las opiniones expresadas en esta publicación no representan necesariamente las decisiones o políticas de las instituciones participantes, ni la citación de nombres, estadísticas o procesos comerciales. Todos los aportes y opiniones expresadas son de entera responsabilidad de los autores correspondientes. Los documentos que componen este libro han sido editados con previa aprobación de sus autores.

REPÚBLICA DE COLOMBIA

JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN
Presidente de la República

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

LUZ HELENA SARMIENTO VILLAMIZAR
Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

JUAN GABRIEL URIBE
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012-2013)

FRANK JOSEPH PEARL
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2011-2012)

PABLO ABBA VIEIRA SAMPER
Viceministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

ADRIANA SOTO CARREÑO
Viceministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2011-2013)

MARÍA CLAUDIA GARCÍA
Directora de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos

OMAR FRANCO TORRES
Director de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (2012)

XIOMARA SANCLEMENTE MANRIQUE
Directora de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (2011)

ZORAIDA FAJARDO RODRÍGUEZ
Profesional Especializado, Supervisora Convenio MADS – Instituto Alexander von Humboldt

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT

BRIGITTE L. G. BAPTISTE
Directora General

MARÍA PAOLA AVILÁN REY
Subdirectora Científica

JERÓNIMO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ
Subdirector de Servicios Científicos y Proyectos Especiales

Agradecimientos

Los editores y compiladores de esta publicación y el Instituto Alexander von Humboldt en general expresamos nuestros agradecimientos a los diferentes colaboradores, conferencistas, asesores y autores que desde el año 2010 se han sumado a esta iniciativa dirigida a revisar y proponer nuevas formas de abordar el conocimiento de los páramos, con el objetivo de garantizar la adecuada identificación, delimitación y gestión de estos ecosistemas vitales para el bienestar de la población colombiana.

Agradecemos especialmente a Adriana Patricia Suárez Mejía por su trabajo en la asesoría editorial y corrección de los textos, así como a los revisores científicos; también a Ana María Rueda, Olga Adriana León, Heidi María Pérez y Claudia Fonseca Tobián por su colaboración en la revisión de contenidos.

Asimismo al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, al Fondo Adaptación, a la Subdirección de Servicios Científicos y Proyectos Especiales y al Proyecto Insumos para la Delimitación de Ecosistemas Estratégicos: Páramos y Humedales, por facilitar los medios técnicos y financieros para llevar a cabo la presente publicación.

Prólogo

Durante los años 2010 a 2012 gran parte del esfuerzo investigativo y de gestión del Instituto Alexander von Humboldt giró en torno a los ecosistemas de páramo. Esta labor implicó reevaluar conceptos y criterios sobre su definición, sus interrelaciones con los demás ecosistemas de alta montaña y los servicios ecosistémicos que de ellas se desprenden.

Igualmente precisó de una profunda reflexión sobre lo que entraña la ciencia integrativa y el tipo de investigación que la entidad adelanta al llenar los vacíos entre la investigación científica y las necesidades de los tomadores de decisiones político-administrativas.

En el proceso en torno a la generación de insumos científico-técnicos para la delimitación de los ecosistemas de páramos el Instituto Humboldt realizó un trabajo conjunto con investigadores, centros de investigación y universidades nacionales y extranjeras, con el ánimo de construir una propuesta a la vez integral y colectiva que legitimara el marco conceptual que planteó el mandato legal de delimitarlos para excluirlos de ciertas actividades productivas.

Así, el proceso de delimitación de páramos ha estado soportado en información y conocimiento de múltiples actores quienes en un gran número de talleres y simposios, aportaron desde sus distintas perspectivas multiplicidad de miradas sobre los ecosistemas de alta montaña.

No en pocas ocasiones fue el instituto objeto de críticas sobre la inutilidad, desde el punto de vista científico, de la delimitación de un ecosistema como pregunta de investigación. Igualmente recibió comentarios sobre la insatisfacción de los tomadores de decisiones sobre las respuestas al interrogante planteado, su alcance y las limitaciones de las mismas. Incluso se ha querido transferirle la responsabilidad por las implicaciones que impone la ley sobre las poblaciones que habitan estos ecosistemas.

Sin embargo, todas esas insatisfacciones (sumadas a aquellas relacionadas con los recursos y el tiempo disponible) han servido para enriquecer el proceso e inspirar al Instituto a buscar un enfoque cada vez más incluyente e integral, como parte del cumplimiento del enfoque socioecosistémico, como premisa que orienta nuestra labor.

El proceso ordenado por la ley para la delimitación de ecosistemas estratégicos continúa, y para ello el Instituto está comprometido en reconocer el conocimiento adquirido en el país tanto por las entidades oficiales como por la academia y centros de investigación, y continuar en la generación de nuevos conocimientos que apunten a decisiones informadas, con el mejor sustento científico posible.

Para reconocer el rol de estos investigadores e instituciones que han participado en el proceso y contribuir a difundir su conocimiento presentamos la publicación:

“Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos”

Los insumos científicos compilados en esta publicación permitirán a la comunidad académica, al sector público, gremios económicos y en general a la población ahondar en la comprensión del valor e importancia que estos ecosistemas representan para nuestro bienestar. Los beneficios que recibimos de ellos llevaron al Congreso de la República y al Gobierno en su conjunto a reconocer el pacto social consagrado en nuestra Constitución de proteger los páramos y los servicios ecosistémicos que de ellos se desprenden para el bienestar de la población de nuestro país.

Jerónimo Rodríguez Rodríguez

Subdirector de Proyectos Científicos y Proyectos Especiales

Introducción

El páramo como socioecosistema

¿Qué es el páramo? ¿Es algo concreto? ¿Es una palabra únicamente? ¿Es una invención de la cultura? ¿Cómo definir lo que es y lo que no es un páramo? ¿Cuáles son los criterios para definirlo? ¿Por qué y cómo delimitarlo, conceptual y territorialmente? No es la primera vez que planteamos estos interrogantes. Ya en años pasados se ha abordado la misma cuestión considerando además que, como bioma, el páramo está limitado a unas regiones muy específicas del planeta, y que, sin embargo, en cada país su denominación, características biofísicas e importancia cultural y económica son diferentes. ¿Es entonces posible plantear un acuerdo al respecto?

Allí aparece un problema epistemológico que nos enfrenta a entender que las cosas son, pero con ciertas restricciones, con limitaciones de validez, y las debemos entender a partir de un consenso entre distintas concepciones, visiones y conceptualizaciones; llegar a construir un criterio que contemple el páramo como un objeto de gestión para tomar decisiones y operar sobre este, comprendiendo su variabilidad y comportamiento.

Propusimos la “Paradoja del Barco de Teseo” para ilustrar la dificultad de definir algo que por su propia naturaleza o por los cambios ejercidos sobre el sistema ha sufrido modificaciones en todos sus aspectos, y por tanto nos lleva a preguntar cuándo este objeto ha pasado a ser, cualitativa y cuantitativamente, otra cosa diferente a la inicial. La pregunta es relevante pues como lo muestran algunos de los autores invitados a esta publicación existen cuestionamientos sobre la idea del páramo como un ecosistema “natural”, posiblemente más reducido que su expresión actual, y sobre hasta qué punto los páramos como los conocemos hoy en día son la manifestación parcial de diferentes formas de intervención de origen humano.

En la actualidad existen dos corrientes fuertemente encontradas acerca de la naturaleza del cambio; de un lado está la idea de cómo, si se cambia una parte del sistema, por pequeña que sea, el sistema

se convierte en otra cosa, y de otra parte, se acepta el cambio de las partes mientras el todo se mantenga en su razón de ser (durabilismo vs perdurabilismo).

Entonces, ¿cómo identificar límites entre sistemas dinámicos, en permanente movimiento, con categorías y tipologías estrictas cuando en la realidad todo está permeado por la gradualidad y un movimiento de atributos que hacen que una cosa vaya dejando de ser y esté en camino de convertirse en otra cosa? (Paradoja de Sorites: cuando un páramo deja de serlo, ¿en qué se convierte? ¿Qué elementos son necesarios para definir algo como páramo y en qué cantidad?).

Tales preguntas se abordan en estas memorias desde perspectivas múltiples y complementarias. Por ejemplo, Robert Hofstede nos recuerda que la palabra páramo y por tanto su definición no es exclusiva de la botánica, y puede hacer referencia tanto a regiones geográficas como a un estado del clima e incluso a estados de ánimo. Antoine Cleef nos expone el origen, evolución y estructura de los páramos y nos recuerda su singularidad desde el punto de vista de su biodiversidad. Joaquín Molano argumenta que las categorías que usamos para identificar nuestra propia diversidad biológica y cultural obedecen a formas preconcebidas de estudiar y entender la realidad, pero que muchas veces no son consecuentes con nuestras propias necesidades y con el conocimiento de nuestros ancestros.

Mauricio Diazgranados nos muestra también que un elemento emblemático de los ecosistemas paramunos como son los frailejones no siempre son sinónimo de su identidad (“existen páramos sin frailejones y frailejones en donde no hay páramo”). Orlando Vargas explica en detalle los disturbios a los que han sido sometidos los ecosistemas paramunos y las consecuencias sobre su estructura y composición, así como en su distribución geográfica. Germán Corzo evalúa las metas de conservación y la representatividad del ecosistema en el Sistema de Áreas Protegidas, partiendo de una reflexión del profesor Thomas Van der Hammen: ¿Hasta qué punto los páramos son similares? ¿En qué radica su diferencia? ¿Podemos argumentar que cada páramo es único?

Con ello entendemos entonces que la idea de páramo no se circunscribe a un elemento ni a una disciplina en particular. En consecuencia proponemos abordar los páramos como *socioecosistemas*: se trata de un término relativamente nuevo, resultado de una idea que ha estado presente desde el siglo XIX en la historia de las disciplinas modernas, que nunca separó lo humano del entorno natural ni el análisis de los ecosistemas de la presencia o del impacto humano.

Es en los años setenta cuando irrumpe una corriente de pensamiento que propone una separación entre la dimensión de lo biológico y de lo humano, que más tarde las ciencias sociales cuestionan ante la necesidad de ver y entender la realidad con una visión integrada, en la que la sociedad y el ecosistema son interdependientes.

En algunas escuelas de la ecología se hace visible esta necesidad integradora que permite trabajar simultáneamente aspectos biológicos y sociales, avanzando en el entendimiento de una relación no de tipo lineal sino complejo, en la que intervienen múltiples redes de actores y relaciones, como lo exponen aquí Germán Andrade, Catherine Gamba-Trimíño y Guillermo Ospina.

En este momento aparece por primera vez asociado el término socioecosistema a la idea de *gestión de la resiliencia*. Esta visión surge de manera asociada a la gestión de un cambio, que entendiendo la relación compleja e interdependiente entre la sociedad y la naturaleza en permanente movimiento y evolución posibilita el direccionamiento de ese reacomodamiento para lograr ciertos niveles de estabilidad durante cierto tiempo (manejo adaptativo).

Sociedad y naturaleza interactúan permanentemente a diferentes ritmos. Dependiendo de lo que se haga, observe y entienda de esta dinámica es posible persistir funcionalmente, pero si no se está atento a ella es posible que aparezcan desequilibrios que conllevan al caos y al surgimiento de un cambio en el funcionamiento del sistema (ciclos adaptativos).

¿Cómo es posible operar con esta idea? Evaluando la resiliencia, es decir, los umbrales en los cuales se encuentra el funcionamiento del socioecosistema, lo cual se logra con el análisis de información histórica, construyendo y analizando la trayectoria de los sistemas físicos, biológicos y socioeconómicos, y observando cómo han ido cambiando en el tiempo y en el espacio.

Desde esta perspectiva, hay que construir una definición lo suficientemente amplia que permita entender el páramo en todas sus dimensiones y en la complejidad de su dinámica, y que considere umbrales para la ocupación y desarrollo de actividades, de tal manera que no se genere una exclusión de las comunidades que hoy lo habitan, puesto que son parte de él. El páramo no es solo una formación vegetal o un escenario climático, es mucho más.

Brigitte Baptiste

Directora General
Instituto de Investigación de Recursos
Biológicos Alexander von Humboldt

Contenido

VISIONES PARA LA DELIMITACIÓN Y LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE LOS PÁRAMOS

Origen, evolución, estructura y diversidad biológica de la alta montaña colombiana Antoine Marie Cleef	3
Aportes a la delimitación de los páramos desde el estudio de los frailejones Mauricio Diazgranados	23
Disturbios en los páramos andinos Orlando Vargas Ríos	39
Aspectos genéticos y funcionales de los suelos de alta montaña en Colombia Jorge Alberto Sánchez Espinosa	59
Historia e importancia de la palinología para el manejo y conservación de los páramos Por Luis Norberto Parra Sánchez	73
Perturbaciones en las turberas de páramo: la acción del hombre y el clima Juan Carlos Benavides Duque	81
Una mirada desde los páramos a la conservación de la biodiversidad en Colombia Germán Arturo Corzo Mora	89
La detección de fronteras ecológicas y la descripción cuantitativa de ecotonos como herramientas para la delimitación de los páramos Jesús Julio Camarero Martínez	103

VISIONES INTEGRADORAS SOBRE LOS PÁRAMOS

- Lo mucho que sabemos del páramo. Apuntes sobre el conocimiento actual de la integridad, la transformación y la conservación del páramo 113
Robert Hofstede
- La delimitación del páramo y la incierta gestión de los servicios ecosistémicos de la alta montaña en escenarios de cambio ambiental 127
Germán Ignacio Andrade Pérez
- Aproximación a la integridad ecológica en socioecosistemas de páramo 141
Catherine Gamba-Triminiño
- Un paisaje con muchas dimensiones: el desarrollo de la relación entre la sociedad y los páramos andinos 153
Robert Hofstede
- Delimitaciones geopolíticas y ambientales en los Andes ecuatoriales de Colombia ¿Por qué y para quién limitar y delimitar los páramos? 165
Joaquín Molano Barrero
- Criterios para no limitar la conservación y la diversidad cultural de los páramos en Colombia 187
Guillermo Andrés Ospina

A MANERA DE CONCLUSIÓN

- Marco de principios, criterios e indicadores para la delimitación de los páramos del país 211
David Rivera Ospina, Henry Arellano, María Carolina Pinilla, Catherine Gamba-Triminiño, Camilo Rodríguez, Felipe Rubio Torgler, Nohra León, Camilo Londoño, Martha García y Álvaro Gómez

Visiones para la delimitación y la conservación de la biodiversidad de los páramos

Origen, evolución, estructura y diversidad biológica de la alta montaña colombiana

Antoine Marie Cleef

Aportes a la delimitación de los páramos desde el estudio de los frailejones 23

Mauricio Diazgranados

Disturbios en los páramos andinos

Orlando Vargas Ríos

Aspectos genéticos y funcionales de los suelos de alta montaña en Colombia 59

Jorge Alberto Sánchez Espinosa

Historia e importancia de la palinología para el manejo y conservación de los páramos

Por Luis Norberto Parra Sánchez

Perturbaciones en las turberas de páramo: la acción del hombre y el clima 81

Juan Carlos Benavides Duque

Una mirada desde los páramos a la conservación de la biodiversidad en Colombia

Germán Arturo Corzo Mora

La detección de fronteras ecológicas y la descripción cuantitativa de ecotonos como herramientas para la delimitación de los páramos

Jesús Julio Camarero Martínez



Origen, evolución, estructura y diversidad biológica de la alta montaña colombiana

Antoine Marie Cleef¹

Introducción

El 15 de mayo de 2012 el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible celebraron el simposio: *Páramos y alta montaña: gestión adaptativa de los ecosistemas para el bienestar de la sociedad colombiana*. Allí se discutieron entre otros, conceptos básicos sobre páramos, aspectos relacionados con los servicios ecosistémicos que ofrecen y la biodiversidad que albergan, además de los efectos del cambio climático y los criterios para su delimitación y conservación.

En el marco de este simposio tuve la oportunidad de participar con una conferencia introductoria al tema de páramos: qué son, dónde se ubican, cuáles son las características bióticas y abióticas que los distinguen de otros biomas como bosques andinos y sabanas; igualmente hice referencia al clima, la megadiversidad, las formas de crecimiento exclusivas de plantas, su origen, los taxones inmigrantes y la dinámica de las épocas glaciares, entre otras.

¹ Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam. cleef@uva.nl

En el presente documento desarrollo los apartes más importantes de esta conferencia y además hago referencia a un aspecto básico y muy importante del páramo como es la gran disponibilidad de agua: el páramo es un sitio clave donde se presenta la 'co-secha' de agua de las lluvias y nieblas que se almacena en lagunas glaciares, turberas, pantanos y en los suelos humíferos.

Igualmente presento la zonificación altitudinal de la cordillera de los Andes, específicamente la correspondiente al páramo y al límite superior de los bosques (LSB), su relación con el gradiente térmico y el efecto de masa y/o de cima sobre la posición altitudinal del LSB.

Adicionalmente abordo la relación funcional del páramo bajo con el bosque altoan-

dino y la importancia de estos ecosistemas para la captura y almacenamiento de agua, y presento una aproximación a los impactos generados por la actividad antrópica, el fenómeno de paramización y la problemática asociada.

Páramos: ¿qué son? ¿Cuáles son sus características?

Colombia es considerada como el país núcleo de los páramos debido a que posee la mitad de la superficie de estos ecosistemas a nivel mundial, que albergan una enorme y singular diversidad biológica, además de la heterogeneidad, que se encuentra distribuida en las tres cordilleras (figura 1).

Figura 1. Área del bioma páramo en Centro y Suramérica



El bioma de páramo forma parte del bioma global tropalpino; el término 'alpino' quiere decir terreno con vegetación abierta por encima del LSB.

Fisionómicamente, el páramo se identifica con el predominio de vegetación abierta tropalpina, que se extiende por encima del límite superior de los bosques andinos ecuatoriales de Venezuela, Colombia y Ecuador, con extensiones en Centroamérica, específicamente en Panamá y Costa Rica, y algunas derivaciones ubicadas en el norte de Perú, llamadas jalcas, consideradas como regiones paramunas.

Sin embargo, en ocasiones se ha considerado que el páramo como ecosistema tropalpino, de acuerdo con sus condiciones geográficas y las características morfoecológicas de la vegetación se encuentra restringido a las cumbres frías de algunas regiones tropicales de Centro y Sudamérica, Asia, África y Oceanía.

Luteyn (1999) ha documentado en los páramos de Costa Rica al norte de Perú casi 3400 especies de plantas vasculares, 835 especies de briofitas y 465 especies de líquenes. La jalca en el norte de Perú es una zona de transición a la puna, pero pertenece florísticamente al bioma páramo. La mayor parte de los Andes del Perú son secos, como consecuencia de la fría corriente de Humboldt en la costa Pacífica, creando condiciones desérticas en toda la costa.

Los tepuies de Venezuela, entre los ríos Amazonas y Orinoco, no son tan altos, pero tienen superficies expuestas de roca y arenas de baja fertilidad, sedimentados en las depresiones (entre las rocas), presentan una vegetación fisionómicamente semejante pero de composición muy diferente y más ancestral que la de los Andes tropicales.

Para Colombia, que está clasificado como un país megadiverso, Rangel-Ch. (2000) registra en los páramos y el bosque

altoandino 3379 especies vasculares y 1243 especies de briofitas y líquenes. Sumando las cifras de los grupos de plantas se alcanza para toda la región del bioma páramo y la franja del bosque altoandino unas 4700 especies en total (Rangel-Ch. 2000).

Este autor igualmente presenta información sobre la cantidad de especies de vertebrados terrestres: mamíferos (66), aves (ca. 155), reptiles (15. -11 lagartos y 4 serpientes-), y anfibios (90). En Ecuador León Yanez (2000) estimó un total de 1500 especies.

Entre las formas de crecimiento de las plantas en los páramos sobresalen las rosetas (caulirrosulas con tronco y terrestres), macollas, bambusoides, cojines y arbustos siempreverdes con hojas pequeñas coriáceas; la combinación de estas formas de crecimiento es bien característica en el páramo (Cuatrecasas 1934, 1968; Cleef 1980).

Climáticamente el páramo se caracteriza por presentar lluvias la mayor parte del año y una temperatura que puede fluctuar más de 10°C entre el día y la noche (especialmente por encima de los 3800 m de altitud). La ocurrencia de heladas es un fenómeno frecuente en esas zonas.

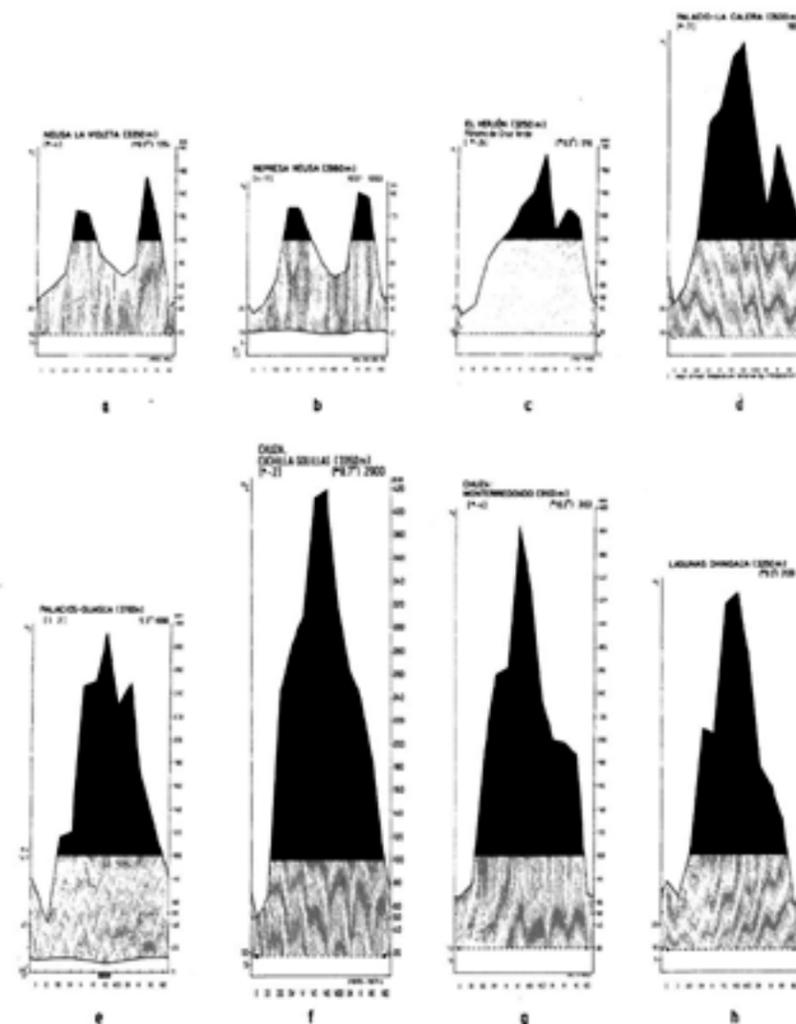
En términos generales se considera que el clima del páramo es principalmente húmedo. Las regiones paramunas presentan precipitaciones entre 1000 a 4000 mm/año. No obstante, se encuentran páramos secos cuyas precipitaciones están entre 600 y 1000 mm por año (figura 2).

La cantidad anual de lluvia, en primera instancia, y la naturaleza del material parental determinan la presencia de ciertas formas de vida. Por ejemplo, los páramos secos son dominados por macollas, y los páramos más húmedos por chusques (bambusoides). Sin embargo, la mayor parte de los páramos de la cordillera Oriental combina las dos formas de crecimiento: macollas en las lomas y chusques en los valles.

El páramo más húmedo documentado hasta la fecha corresponde al Cerro Consuelo en el parque Podocarpus al este de Loja en Ecuador, con una precipitación aproximada de 6700 mm al año, tomando en cuenta la lluvia vertical y horizontal y el agua contenida

en las nieblas frecuentes (Bendix *et al.* 2008). En Colombia, los estudios del Dr. Conrado Tobón muestran mucho menos efecto del agua adicional de las nieblas en los aportes netos (Tobón y Gil-Morales 2007).

Figura 2. Diagramas ombrotérmicos de diferentes páramos de la cordillera Oriental



Normalmente en Colombia se presentan valores de precipitación alrededor de 1000 mm/año o menos en los páramos de los valles internos de las cordilleras, y hasta de 4000 mm/año o más en las vertientes expuestas a los vientos alisios o a las lluvias

y vientos del Pacífico. Sin embargo, algunos páramos ubicados en la sombra de las lluvias son más secos, como por ejemplo, el Páramo de Berlín (Santander), actualmente transformado, y otros páramos ubicados en las cabeceras del Valle del Chicamocha.

La nubosidad es muy alta en las vertientes húmedas, a veces solamente se presentan dos a tres semanas sin nieblas al año (*com. pers.* trabajadores Campamento MOP 'El Cadillac' en el páramo de Pisba). En general durante la noche la humedad atmosférica está cerca al 100% y durante el día, con sol, podría bajar a 40 o 60%.

En cuanto a la temperatura diaria la situación es más extrema: durante la noche las temperaturas son muy bajas y durante el día más altas; esto se conoce como clima diario y es propio de todas las altas montañas ecuatoriales en África, Nueva Guinea y Hawái, entre otras. La diferencia de temperatura entre el día y la noche es más alta en los páramos secos que en los húmedos, donde la diferencia es de pocos grados centígrados.

Los suelos del páramo, de otro lado, son predominantemente orgánicos en la parte superior (negro-oscuro) del perfil. Como los suelos del bosque andino y altoandino son negros y humíferos también se podría imaginar que los bosques y páramos arriba de 2800 m son una fuente importante de carbono orgánico. Según la clasificación de US Soil Taxonomy (1998) los suelos arriba de 3800 m s.n.m. son Cryorthents y Cryands.

En Colombia, los suelos de los páramos del Sumapaz en la cordillera Oriental son Dystrocryoepts, Cryofolists (Rubio-Rivas 2008) y los del parque Los Nevados en la cordillera Central son Cryorthents, Cryandepts y Vitrandepts (Thouret 1989). Arriba de los 3800 m s.n.m., donde el vidrio volcánico no está alterado, se presentan Vitrandes y Vitricryands; por debajo de este nivel se encuentran Udands y Aquands, representando suelos más diferenciados. Localmente donde aparecen depósitos de ceniza volcánica (como en el páramo de Sumapaz) se presentan Hapludands y Melanudands.

Sobre las rocas ígneas arriba de 3800 m s.n.m. en la Sierra Nevada de Santa Marta son comunes los Cryaquepts. Los suelos

turbosos en las hondonadas y valles de los páramos son Sapristis, Hemists y Fibrists (Cortés 1996, Van der Hammen y Otero 2007).

Origen e historia evolutiva del páramo y del bosque andino

Durante la formación de los Andes ecuatoriales emergieron cerros bajos en el Mioceno tardío (Terciario), una vez cerrada la salida de la cuenca amazónica al Pacífico (Hoorn *et al.* 2010). Como primera cadena de volcanes apareció la cordillera Central (hace 22-18 Ma) y después las cordilleras Occidental (Mioceno Tardío) y Oriental (10-4 Ma). El levantamiento estructural no era simultáneo en todas partes en la misma época (Jaramillo 2012). Por ejemplo, el Macizo de Santander se levantó entre 16-12 Ma, mientras que el Macizo de Garzón tiene una fecha de 12 Ma (Kroonenberg *et al.* 1990, Hooghiemstra *et al.* 2006).

Debido al efecto de cima (Grubb 1971) ya había zonas con vegetación abierta (pre-páramo *sensu* Van der Hammen y Cleef 1986) en crestas, cumbres, y turberas, mezcladas con elementos de sabana (como gramíneas y especies de los géneros *Xyris* y *Paepalanthus*); apareciendo posteriormente otros elementos a menores altitudes que en la actualidad.

El bosque montano bajo o subandino ya existía, pero faltaba la adaptación de especies de árboles a una altitud mayor. El bosque montano alto o andino estaba compuesto principalmente de árboles de podocarpaceas; todavía no tenía el desarrollo que exhibe hoy día, con grupos de especies inmigrantes desde zonas templadas del sur y del norte.

Las primeras especies en llegar fueron las australantárticas (por ejemplo de *Weinmannia*, *Brunellia*, *Drimys*, *Escallonia*) y después de cerrar el istmo de Panamá lo hicieron las provenientes del norte como *Quercus*, *Berberis*, *Prunus*, (aunque *Alnus* ya

había llegado desde 1.01 millón de años antes). Durante todo el tiempo del levantamiento vertical de las cordilleras también estaban adaptándose a las alturas árboles y arbustos de Melastomataceae (*Miconia*, *Tibouchina*), Myrsinaceae (*Myrsine*), Clusiaceae (*Clusia*) y Piperaceae (*Piper*), entre otras especies de los bosques tropicales más abajo.

Mientras tanto el páramo inicial o 'Proto-páramo' (*sensu* Van der Hammen y Cleef 1986) del Plioceno Medio muestra polen de la hierba sabanera *Borreria* (Rubiaceae), *Lathyrus* (Fabaceae) y Asteraceae ('Compos. Liguliflorae') como *Hieracium* e *Hypochaeris*, con especies de arbustos/arbólitos como *Macrocarpaea* (Gentianaceae), *Gaiadendron* (Loranthaceae), *Monnina* (Polygalaceae) y *Sericotheca* (Rosaceae) entre otras. También presenta especies de turbera y acuáticas de *Xyris* (Xyridaceae), *Elatine* (Elatinaceae), *Callitriche* (Callitrichaceae) y *Montia* (Portulacaceae).

En el Plioceno Tardío aparecieron más elementos del páramo alto, como *Eleocharis* (Cyperaceae), *Draba* y *Lepidium* (Brassica-

ceae), *Rubus* y *Hesperomeles* (Rosaceae), mientras *Ranunculus* y *Sphagnum* estaban presentes tanto en bosque altoandino como en páramo (Hooghiemstra *et al.* 2006). En esta época la enorme depresión de la sabana de Bogotá ya se había formado, y se encontraba inicialmente en tierras bajas a una altura estimada de 700 m, para luego elevarse (sin cambiar de posición horizontal) hasta más o menos 2000 m, mientras se llenaba con los sedimentos erosionados de los cerros altos que la rodeaban.

Durante un tiempo y hasta 27000 AP la sabana fue un enorme lago; actualmente alcanza una altitud de 2600 m, correspondiente a la altura promedio de la ciudad de Bogotá.

Hooghiemstra (1984), Torres (2005) y Torres y Hooghiemstra (2013) para el pozo de Funza en la sabana de Bogotá alcanzan un núcleo de hasta casi 600 m de profundidad registrando así 2.25 Ma de historia de clima y vegetación. Dichos autores identifican cuarenta épocas glaciares desde el Plioceno Tardío, con importantes diferencias



en temperatura y en condiciones de humedad atmosférica. Conocemos con algún detalle la penúltima glaciación del periodo del interglaciario anterior (Eemien) y sobre todo de la última glaciación, ya que las morrenas y lagunas glaciares todavía son muy visibles en el paisaje de alta montaña del país.

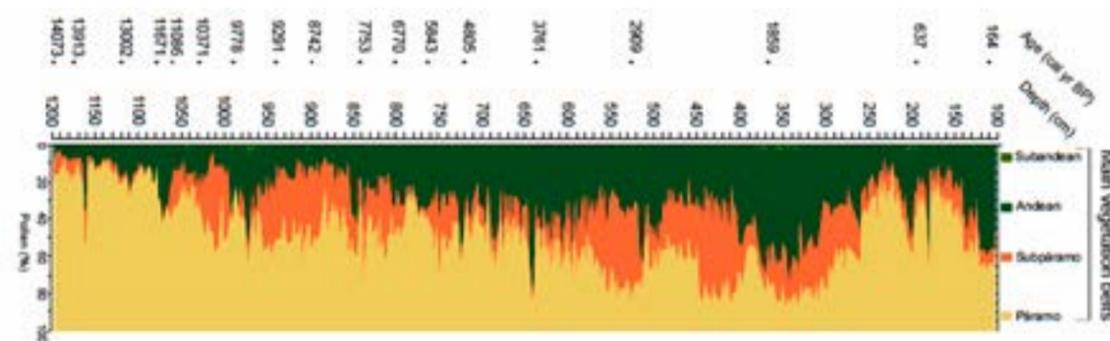
En especial me refiero a los núcleos de la laguna de Fúquene (58 m) y a la laguna de La Cocha (12 m) en Nariño. Allí, Bogotá *et al.* (2011) y Groot *et al.* (2012) estudiaron cada centímetro (resolución ca. 60 años) de los sedimentos de la laguna de Fúquene, mientras que González-Carranza *et al.* (2012) lo hicieron con una resolución de ca 25 años por 2 cm para la laguna de La Cocha a 2740 m.

En Fúquene había unos 284 000 años de historia y en La Cocha los últimos 14 000

años. Estos datos sofisticados y altamente detallados ayudan mucho para entender mejor el ascenso del LSB y de los páramos de ambas localidades. Tales resultados son únicos en el mundo, ya que del trópico no existen registros de este tipo de alta resolución (figura 3).

En Fúquene se aprecia que el LSB, al calentarse el clima al inicio del Eemien, subió rápidamente de 2200 a 3400 m en un periodo de solamente un siglo, la temperatura media anual subió de 7.6 a 15.0 °C (Bogotá-A. 2011); luego, alrededor de 35 000 AP se extendió un bosque de *Polylepis* por toda la cuenca durante la última época glaciaria. En La Cocha se observa que el LSB subió durante el Holoceno gradualmente hasta el nivel de hoy día, de 3650 m s.n.m.

Figura 3. Evolución de los diferentes cinturones de vegetación en los Andes



Actualmente los niveles superiores de los bosques difieren en el país; en la cordillera Oriental generalmente están alrededor de 3200 a 3400 m, en la Central a 3550 a 3650 m y en la Occidental a 3650 m.

Para entender mejor la megadiversidad en especies de plantas de los páramos del país se debe tener en cuenta que durante el Mioceno la megadiversidad de la cuenca Occidental de la Amazonía (Hoorn *et al.* 2010) era mucho mayor que la de hoy día. Además, es necesario mencionar que la orogénesis de los Andes ecuatoriales y la co-

nectividad con zonas templadas y frías del hemisferio sur y luego con el hemisferio norte disparó la inmigración de especies de estas zonas (igual como la emigración de taxa autóctonos).

Hace 1.01 millones de años AP migró *Alnus* (aliso) hacia el subcontinente, mientras que hace 430 000 años AP arribaron los primeros granos de polen de *Quercus* (roble) a los sedimentos de la sabana de Bogotá (Torres *et al.* 2013). El aliso se presentó en suelos fangosos o cerca del agua, y la llegada de *Quercus* cambió de nuevo la compo-

sición de los bosques subandinos y andinos en Colombia.

Durante el levantamiento de las cordilleras ecuatoriales también se adaptaron especies de tierra bajas (bosques y sabanas) a las zonas templadas, y algunas de estas a las bajas temperaturas del bosque andino y del páramo. De igual forma, descendieron especies de las alturas a las selvas bajas de Chocó, como es el caso de algunas *Ericáceas* (*Vaccinium* p.ej.).

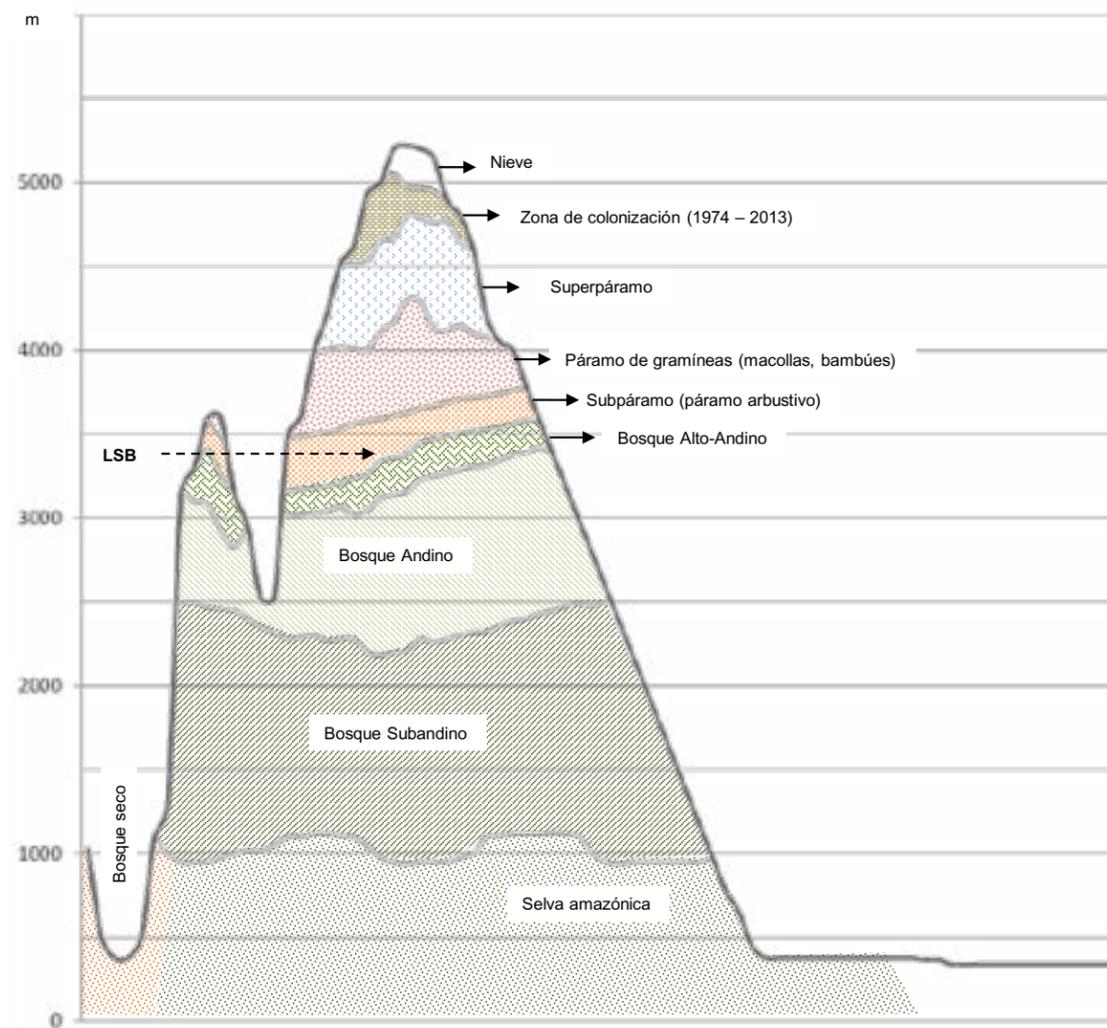
La alternancia de las épocas glaciares e interglaciares a partir del Plioceno Tardío permitieron el aumento en la especiación en la alta montaña, sobre todo en los páramos con los procesos de conectividad, que durante épocas glaciares presentaban el LSB a bajas altitudes, y del aislamiento entre las poblaciones durante épocas interglaciares (LSB a altitud elevada). Esto explica la gran cantidad de endemismos y la megadiversidad actual entre los frailejones, los arbustos, las hierbas, briofitas y líquenes del páramo, que no se repite en ninguna otra parte del mundo (Smith y Cleef 1988) Sklenar *et al.* 2013, Madriñán *et al.* 2013).

Zonas altitudinales de vegetación y la posición del Límite Superior del Bosque (LSB)

Cuatrecasas (1934,1958) propuso la subdivisión altitudinal del páramo colombiano en: subpáramo para la parte baja, que es el páramo arbustivo por debajo del páramo de gramíneas; páramo de gramíneas o páramo propiamente dicho, que se puede considerar como el núcleo del bioma; y superpáramo por encima del páramo de gramíneas hasta el límite inferior de la capa del hielo y nieve (figura 4).



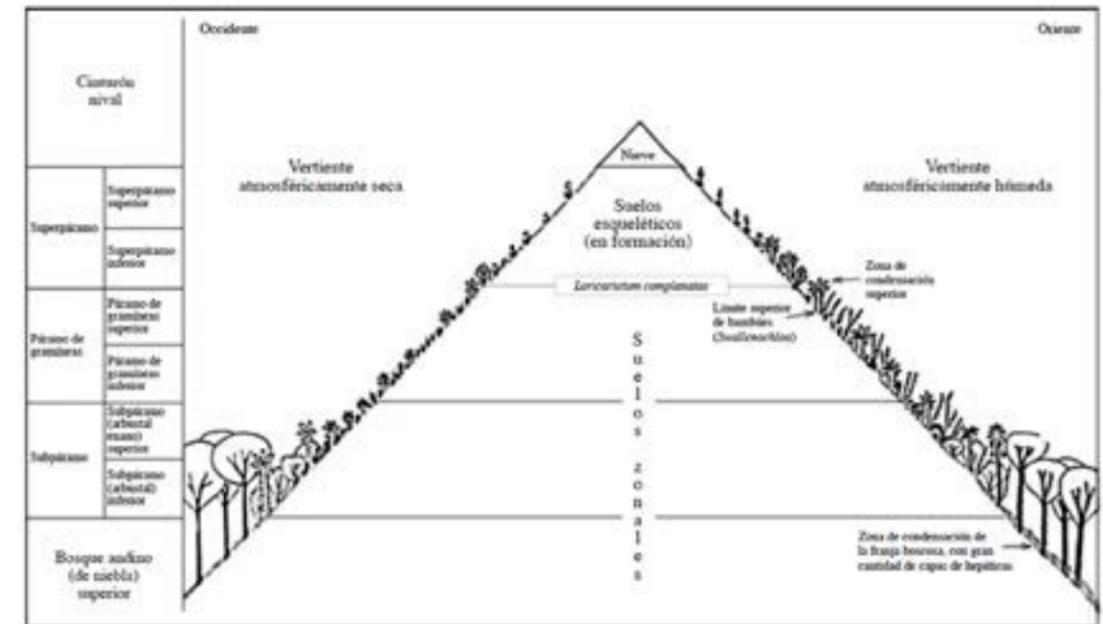
Figura 4. Zonificación altitudinal de los tipos de vegetación (adaptado de Van der Hammen 1974, basado en Cuatrecasas 1958)



No obstante, recientemente en Colombia se ha dado una incorrecta comprensión de esta subdivisión por parte de algunos abogados, quienes buscaron interpretar los términos científicos del Dr. José Cuatrecasas y argumentaron que el subpáramo está por fuera del bioma páramo. El LSB corresponde al límite del bioma y precisamente por debajo está el bosque altoandino y andino.

Basado en los estudios geobotánicos de los páramos, Cleef (1981) publicó una subdivisión altitudinal algo más detallada (figura 5), en la que la fisionomía y la composición son determinantes. La fisionomía es relativamente fácil de ver en las vertientes zonales; sin embargo, para entender la composición se necesita conocimiento de las especies. Esta división consiste en un superpáramo alto y bajo, páramo de gramíneas alto y bajo, y un subpáramo alto y bajo.

Figura 5. Subdivisión altitudinal de la fisionomía de la vegetación. Tomado de Cleef, 1981



El subpáramo bajo está dominado por arbustos con la presencia ocasional de árboles, y el subpáramo alto por arbustos bajos y arbustillos. En el páramo de gramíneas o páramo propiamente dicho presente en la partes secas el suelo se encuentra totalmente cubierto por pajonales o por una mezcla de estos con chusques y briofitas, especialmente en las zonas con acumulación de humedad. A medida que aumenta la altitud se observa gradualmente el suelo más expuesto.

Los chusques o bambusoides no alcanzan el límite del superpáramo en suelos zonales, llegando solo a ca. 100 m altitudinalmente por debajo; no obstante, a lo largo de las quebradas pueden alcanzar el superpáramo bajo, donde sus poblaciones se ven afectadas aperiódicamente por heladas nocturnas muy fuertes.

En la parte alta del superpáramo solamente se presentan plantas pioneras con cobertura muy limitada, mientras que en la parte baja, en zonas secas, se encuentra un mayor número de especies pero con coberturas bajas (< 10%).

En el caso de las zonas bajas expuestas a los vientos alisios con mucha humedad ambiental por lluvias y nieblas frecuentes, como por ejemplo en el superpáramo bajo muy húmedo de Sumapaz, se observa una cobertura vegetal completa de arbustos, cojines, rosetas terrestres y mucha cobertura de briofitas (Cleef 2008). Al parecer, en Ecuador se presentan condiciones similares al superpáramo bajo muy húmedo de Colombia (Sklenár y Balslev 2007).

La ubicación actual del LSB es fundamental para las discusiones acerca de la delimitación de los páramos. En los Andes ecuatoriales dos aspectos influyen en la posición altitudinal superior de los bosques andinos: el fenómeno de masa, originalmente denominado como 'Massenerhebung' (Schröter 1908, Han *et al.* 2012, Berdamin 2010) y el efecto contrario de cima o 'top effect' indicado por Grubb (1971), como un caso especial de 'Massenerhebung'.

Contrario a esto, en las islas del Caribe los cerros tienen los cinturones altitudinales de la vegetación más comprimidos, y aparece una zona 'alpina' a menor altitud que en



las cordilleras altas del continente con mucha más masa. Esto se explica por la menor cantidad de masa (resultando en menos retención del calor), pero también, por el clima más extremo en las cumbres, donde los vientos alisios soplan casi permanentemente. Estos vientos causan una temperatura media anual más baja que no corresponde a la altitud; en caso de que este cerro formara parte de la cordillera en el continente el gradiente térmico sería diferente al de las cordilleras altas (Leuschner 1996).

En las islas de Indonesia este fenómeno se ha descrito como el 'efecto telescópico' (Van Steenis 1934, 1972). Inicialmente De Quervain (1904) y luego Schroeter (1908) documentaron el fenómeno de 'Massenerhebung' por primera vez en los Alpes. Troll (1968) ha reseñado que el LSB en la zona húmeda ecuatorial es más bajo en el trópico y está al máximo en las zonas que están al límite con la zona templada subtropical de México y Bolivia-Perú. Todo esto se debe a que la humedad atmosférica transmite me-

nos energía a la superficie en la parte ecuatorial, en contraste con países tropicales más secos.

El LSB, que es un parámetro ecológico muy importante y marca el límite entre biomas, es sensible a cambios climáticos y coincide más o menos con la temperatura media anual de 9.5°C en Colombia (según Hooghiemstra en la práctica de la paleoecología ecuatorial, *com. pers.*).

En general se acepta que la temperatura es la variable con mayor influencia sobre la posición altitudinal del bosque (Holtmeier y Broll 2005). En zonas templadas el LSB generalmente está representado por una única especie de árbol, mientras que en el trópico suramericano el LSB se caracteriza por la presencia de varias especies arbóreas. Esto hace que las investigaciones sean más complejas en el trópico, excepto en los casos donde el LSB presenta solo una especie, como ocurre en algunas zonas de Colombia y Costa Rica (*Quercus*) o en Ecuador (*Polylepis*).

Pero las opiniones sobre la causalidad de la posición altitudinal del LSB están divididas y dependen mucho del ángulo con que se está mirando el fenómeno. Para unos es más determinante la temperatura media anual del suelo (Walter & Medina 1969, Thouret 1984), asociando el LSB con 5°C a 6°C en la rizósfera en zonas ecuatoriales (Körner & Paulsen 2004). De hecho, la temperatura media anual es el factor indicativo general en macizos grandes y altos, limitando la ecofisiología de los últimos árboles.

Otros, como Bader *et al.* (2007) y Flenley (2007) también mencionan como otro factor complementario la alta radiación, que impide la expansión del bosque más arriba en el páramo.

Los vientos fuertes casi permanentes, como ocurren en la zona del parque Podocarpus en el sur de Ecuador, también se han referido como limitantes para alcanzar el límite altitudinal potencial de bosques (Peters 2009). Richter *et al.* (2008) indican como responsables de un LSB bajo regional en la cordillera Real de Loja a la excesiva humedad del suelo en el páramo y a los fuertes vientos.

El exceso de agua lava los nutrientes del suelo e influye en el sistema radical de las especies leñosas impidiendo su función fisiológica durante una parte del tiempo. Según Grubb (1977), la humedad atmosférica y edáfica permanente también está involucrada en la posición altitudinal de los bosques ecuatoriales de alta montaña en el sureste de Asia. De otra parte, Rada *et al.* (1996) y Körner & Paulsen (2004), entre otros, han estudiado el balance de carbón, que al parecer también influye en el LSB.

En Colombia, Van der Hammen (1984) registró una temperatura de 8°C a 9°C en el suelo del bosque altoandino a 3300 m, a pocos metros del LSB en el Transecto Buritaca-Sierra Nevada de Santa Marta. El pajonal paramuno inmediatamente arriba de este bosque ha sido quemado frecuentemente, de manera que el LSB potencial se ubica a mayor altitud por efecto humano.

En el transecto de Tatamá (Colombia), a 3700 m las temperaturas del suelo a un metro de profundidad y en las zonas donde se encuentran los últimos arbolitos del bosque altoandino fueron de 6.7°C con exposición occidental en la cresta del Filo Ventanas, y de 7.2°C en la exposición oriental. No obstante, se observaron algunos relictos discontinuos de bosque cerca de los 4100 m (Cleef *et al.* 2005, Florez 2005).

Un LSB bajo con desarrollo de musgos de turbera de *Sphagnum* sobre suelos húmidos profundos saturados de agua se podría reconocer como de tipo azonal, no climático. Un ejemplo se observa en la misma cresta del Filo Ventanas, marcando el divorcio de aguas entre Risaralda y el Chocó.

Bendix y Rafiqpoor (2001) encontraron un promedio de 4.25°C a 50 cm de profundidad del suelo en un bosque de *Polylepis incana* a 4065 m en Papallacta, al este de Quito; en este sitio encontraron en una ocasión un extremo de 1.9°C.

Peters (2009) ha estudiado el ecotono entre el páramo y el bosque andino en el Parque Podocarpus, cerca de Loja, Ecuador, donde el LSB es más bajo, con altitudes entre 2900 m y 3000 m. Richter *et al.* (2008) han medido temperaturas del suelo de 5.5°C a 3700 m en la zona del macizo más alto, lo que corresponde al valor referido por Körner & Paulsen (2004) para el LSB en zonas ecuatoriales. Es decir el LSB potencial está cerca a los 3700 m según Richter *et al.* (2008).

Procesos químicos-biológicos en los suelos del LSB

En los suelos asociados al LSB se observa una gran disponibilidad de agua, limitados nutrientes disponibles y bajos valores de pH; además en las capas superiores de los suelos, en especial en la hojarasca se presenta contenido de aluminio por debajo de los arbustos del subpáramo. En ecosistemas pobres en nutrientes (bajo nivel de Ca, K, Mg y P), como en el bosque altoandino y en el ecotono con el páramo se presenta una capa espectacular de raíces finas para capturar el agua y los nutrientes limitados.

En el páramo también se presenta la micro y mesofauna del suelo de forma limitada (por las condiciones ácidas y de poca disponibilidad de nutrientes), lo que resulta en una limitación de nitrógeno y una tasa de mineralización muy baja; el enorme espesor

de la hojarasca es indicativo de estas condiciones (Hofstede *et al.* 1994).

La disponibilidad de agua en el páramo es mayor por la presencia de muchas turberas, pantanos y cuerpos de agua como lagunas glaciares, además de los perfiles orgánicos presentes con bastante almacenamiento de agua. La disponibilidad de agua potable es el servicio ecosistémico más importante del páramo y es máxima donde no hay influencia de actividad humana, es decir en páramos bien conservados. Hasta ahora sabemos la importancia de los acuíferos del páramo, pero nuestros conocimientos son actualmente muy limitados acerca de su ubicación, su capacidad y su función. Esta es una tarea muy importante en el futuro cercano, no solamente en el caso de los páramos sino para todos los humedales del país.

En este contexto es importante señalar la función del almacenamiento del agua por el pajonal y el chuscal del páramo. El chuscal tiene mayor capacidad de almacenamiento que el pajonal (quizás de tres a cinco veces más). En la cordillera Oriental de Colombia, en la mayor parte de los páramos se presenta una mezcla entre chuscales (fondos de valles y hondonadas) y pajonales (las vertientes más secas). Los perfiles húmidos tienen un mayor desarrollo en los páramos húmedos de chuscales, pero de todos modos aumenta el almacenamiento de agua en profundidad cerca al LSB.

El perfil orgánico, sobre todo en el bosque altoandino, tiene su máximo desarrollo zonal y la capacidad de almacenamiento del agua es máximo (Moser *et al.* 2011, Bendix *et al.* 2008, Thouret 1989, Ruíz-Beltrán 2005, Rubio-Rivas 2008).

El cinturón del bosque altoandino y la parte superior del bosque andino es importante para mantener la integridad ecológica de los páramos: ¿cómo asegurar los servicios ecosistémicos y el funcionamiento de los biomas del bosque andino y el páramo en términos de sistemas reproductivos, de refu-

gio y comida diaria para la fauna, de captura máxima del agua atmosférica por las estructuras arbustivas y arbóreas con muchísimas ramas y ramitas con hojitas pequeñas?

Además se presenta un epifitismo impresionante, sobre todo las péndulas para capturar el agua de las nieblas (Hofstede *et al.* 1994). Un páramo y un bosque intervenido ya no producen la cantidad de agua como los biomas conservados. El espesor de la hojarasca y el epifitismo de briofitas es mayor en el bosque superhúmedo, de manera que se podría esperar aquí la mayor capacidad de almacenaje del agua de un ecosistema zonal.

Un aspecto muy particular del LSB en los trópicos es que el bosque tiende a ascender a posiciones altitudinalmente superiores en los valles de las quebradas (con condiciones de mayor humedad y abrigo respecto a las cimas de las vertientes aledañas). Puede variar generalmente entre 25 m y 75 m altitudinalmente según las condicio-

nes de protección del bosque en el ambiente natural (azonal) del valle de la quebrada. En bosques boreales la situación es al revés (Troll 1968).

Impacto humano

Finalmente es necesario referirse al impacto humano sobre los ambientes de páramos y el cinturón de bosques altoandinos y andinos. El uso agrario, principalmente con cultivos de papa, y la ganadería asociada, relacionada con quemas frecuentes en los páramos, ha disminuido gradualmente la capacidad de almacenamiento del agua en la vegetación y el suelo.

Laegaard (1992) postuló que la mayor parte de la superficie de los páramos en Ecuador es de origen humano, es decir que corresponde a procesos de paramización debido a la destrucción de los bosques altoandinos.



En el siglo pasado se dio una gran migración de gente con minifundios hacia las zonas de alta montaña (Guhl 1964, 1968, Verweij y Beukema 1992) que afectaron el LSB o lo destruyeron por completo. En zonas donde solamente talaron los bosques de alta montaña y establecieron fincas pequeñas (sin actividad) dejando un espacio abierto, especies pioneras de la vegetación de páramo bajo ocuparon toda el área.

Este proceso se conoce en la literatura como 'paramización' (Rangel-Ch. 2000, Verweij 1995, Luteyn 1999, Cleef 2008). Un ejemplo muy claro se ha descrito en el páramo del Ángel en el norte de Ecuador (Moscol-Olivera y Cleef 2009), donde un pajonal con frailejones ha ocupado la zona del bosque talado. Es importante notar que el páramo que colonizó estas zonas es menos rico en especies nativas y contiene una proporción de hierbas introducidas trópico-americanas como exóticas.

Con la ganadería más intensiva estos terrenos podrían tener muy pocas especies, como *Pennisetum clandestinum* (kikuyo) y *Lachemilla orbiculata* (la única nativa del páramo), formando un estrato rasante con hierbas estoloníferas rastreras muy resistentes al pisoteo. La erosión gradualmente abre más el estrato rasante dejando el suelo desnudo. Sería sumamente difícil (si no imposible) restaurar estos terrenos hacia un bosque o hacia un páramo, con respecto al estado original.

Con los minifundios se formaron muchas parcelas pequeñas, las cuales luego de varios años de descanso presentaron una mayor fitodiversidad en el área de intervención agrícola, con unas especies nativas del páramo y otra cantidad de especies nativas y exóticas, anuales o bianuales como pioneras y acompañando al sistema agrícola. Una de las más conocida es *Rumex acetosella*, una maleza pionera, de color rojo intenso unos meses después de la cosecha a los anteriores terrenos de cultivos de papa; especie que fue introducida con la conquis-

ta desde la península Ibérica. Este patrón es muy similar en otras exóticas que colonizan las áreas antropizadas.

Actualmente, en algunas zonas se ve mucho menos fragmentado el paisaje por parcelas pequeñas de los minifundios, pero aparecen grandes parcelas de grandes paperos que generalmente no viven en el páramo. Muchos fragmentos de bosque alto andino y andino han desaparecido con los tractores de estos paperos que suben para arar y cosechar vertientes muy inclinadas hasta de 45 grados.

Finalmente, el problema de la minería en los páramos es muy riesgoso, aún teniendo en cuenta las medidas preventivas para evitar accidentes de disminución de cantidad y calidad del agua. Dado que en la mayoría de los páramos hay desconocimiento acerca de la ubicación y funcionamiento de los acuíferos existe total incertidumbre acerca de las afectaciones al sistema natural con túneles por debajo del páramo o abriendo orificios de exploración.

Para garantizar el agua potable proveniente de los páramos la única opción es excluir la minería del bioma del páramo y del cinturón de bosques protectores alrededor del bioma páramo. La ley del páramo ha llegado justo a tiempo para frenar usos no convenientes y no permitidos por la sociedad colombiana.

Agradecimientos

Al grupo Insumos para la Delimitación de Ecosistemas Estratégicos: Páramos y Humedales, encabezado por el Dr. Carlos Sarmiento, del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, muchas gracias por la comprensión y por el apoyo permanente. El trabajo en grupo ha sido una gran experiencia. A Jimena Cortés, Olga Adriana León y Heidi Pérez del mismo grupo, por el manejo de estilo y el control del texto en español, y al profesor

Henry Hooghiemstra, en Amsterdam, por la evaluación de la parte histórica.

Referencias

- Bader, M., I. van Geloof y M. Rietkerk. 2007. High solar radiation hinders tree regeneration above the alpine treeline in northern Ecuador. *Plant Ecol.* 191: 33-45.
- Bendix J. y M. D. Rafiqpoor. 2001. Studies on the thermal conditions of soils at the upper tree line in the paramo of Papallacta: (Eastern Cordillera of Ecuador). *Erdkunde* 55, H. 3 (Jul. - Sep., 2001) 257-276
- Bendix, J., R. Rollenbeck, M. Richter, P. Fabian y P. Emck. 2008. Climate. En E. Beck *et al.* (Eds.) *Gradients in a Tropical mountain Ecosystem in Ecuador. Ecological Studies* 198: 63-73. Springer, Berlin-Heidelberg.
- Berdamien, A. 2010. Global treeline position. *Nature Education Knowledge* 3 (10): 11.
- Bogotá-A., R. 2011. Pleistocene Centennial-scale vegetational, environmental and climatic change in the Colombian Andes: based on biotic and abiotic proxy analyses from Lake Fúquene sediments. Ph.D. thesis University of Amsterdam. 144 pp.
- Bogotá-A., R., M. Groot, H. Hooghiemstra, L. Lourens, M. van der Linden y J. Berrío. 2011. Rapid climate change from north Andean Lake Fúquene pollen records driven by obliquity: implications for a basin-wide biostratigraphic zonation for the last 284 ka. *Quaternary Science Reviews* 30: 3321-3337.
- Cleef, A. 1980. Vegetación del Páramo Neotropical y sus lazos Australo Antárticos. *Revista del Instituto Geográfico 'Agustin Codazzi'* 7(2):7-49.
- Cleef, A. 1981. The vegetation of the páramos of the Colombian Cordillera Oriental. *Diss. Botan.* 61. 320 pp. J. Cramer, Vaduz.
- Cleef, A. 2008. Influencia humana en los páramos. En: *Panorama y perspectivas sobre la gestión ambiental de los ecosistemas de páramo.* (J.P. Castañeda R., Ed.), p. 26-33. Colección Asuntos Ambientales 5. Procuraduría General de la Nación. Bogotá.
- Cortés, A. 1996. En: Z. Reyes, J. Molano, F. González, A. Cortés Lombana, O. Ángel, P. Flórez, A. Iriarte y E. Kraus. 1996. El páramo: Ecosistema de alta montaña. Fundación Ecosistemas Andinos. Gobernación de Boyacá.
- Cuatrecasas, J. 1934. Observaciones geobotánicas en Colombia. *Trab.Mus. Nac. Cienc. Nat. Sér. Bot.* 27. Madrid.
- Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Rev.Acad. Colomb. Cienc. Ex., Fis. & Nat.* 10(40): 221-264.
- Cuatrecasas, J. 1968. Paramo vegetation and its life forms. En: *Geo-ecología de las regiones montañosas de las Américas Tropicales* (C. Troll, ed.). *Colloquium Geographicum* 9: 163-186. Bonn.
- Flenley, J. R. 2007. Ultraviolet insolation and the tropical rainforest: altitudinal variations, Quaternary and recent change, extinctions, and biodiversity. En: Flenley, J.R. & M.B. Bush (eds.), *Tropical rainforest responses to climatic change.* UK: Jointly published with Praxis Publishing, 219-235.
- Florez, A. 2005. Temperatura del aire y del suelo en el Transecto Tatamá.
- En: T. van der Hammen, J.O. Rangel y A. Cleef (eds.) *Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 6: 105-116. J. Cramer, Berlin-Stuttgart.
- González-Carranza, Z., H. Hooghiemstra y M. Vélez. 2012. Major altitudinal shifts in Andean vegetation on the Amazonian flank show temporary loss of biota in the Holocene. *The Holocene* 22(1): 1227-1241.
- Grubb, P. 1971. Interpretation of the 'Massenerhebung' effect on tropical mountains. *Nature* 229(5279): 44-45.
- Grubb, P. 1977. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains, with special reference to mineral nutrition. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8: 83-107.
- Guhl, E. 1964. Aspectos geográficos y humanos de la region del Sumapaz en la Cordillera Oriental de Colombia. *Rev.Acad. Colomb. Ciencias Ex., Fis. & Nat.* 12(46): 153-161.
- Guhl, E. 1968. Los páramos circundantes de la Sabana de Bogotá. Su ecología y su importancia para el regimen hidrológico de la misma. En: C. Troll (Ed.) *Geo-ecology of the mountainous*

- regions of the tropical Americas: 195-212. Coll. Geogr. 9.
- Groot, M., R. Bogotá, L. Lourens, H. Hooghiemstra *et al.* 2012. Ultra-high resolution pollen record from the northern Andes reveals rapid shifts in montane climates within the last two glacial cycles. *Climates of the Past* 7, 299-316.
- Han, F., Y. Yao, S. Dai, C. Wang, R. Sun, J. Xu y B. Zhang. 2012. Mass elevation effect and its forcing on timberline altitude. *J. Geogr. Sciences* 22(4): 609-616.
- Hofstede, R., J. Wolf y D. Benzing. 1994. Epiphytic biomass and nutrient status of a Colombian Upper Montane Rainn forest. *Selbyana* 14: 37-43.
- Hofstede, R. 1995. Effects of burning and grazing on a Colombian páramo ecosystem. Ph.D. thesis, University of Amsterdam. 199 pp.
- Holtmeier, F. y G. Broll. 2005. Sensivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales. *Global Ecology and Biogeography* 9(3): 253-268.
- Hooghiemstra, H. 1984. Vegetational and climatic history of the high plain of Bogotá, Colombia. Diss. Botan. 79. 368 pp. J. Cramer, Vaduz.
- Hooghiemstra, H., V. Wijninga y A. Cleef. 2006. The paleobotanical record of Colombia: implications for biogeography and biodiversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 93: 297 – 324.
- Hoorn, C., F. Wesselingh, H. ter Steege, M. Bermudez, A. Mora, J. Sevink, I. Sanmartín *et al.* 2010. Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *Science* 330, 927 – 931.
- Jaramillo, C. 2012. Historia geológica del bosque húmedo neotropical. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 36 (138): 57 – 77.
- Körner, C. 2012. Treelines will be understood once the functional difference between a tree and a shrub is. *AMBIO* 41(Suppl. 3):197-206.
- Körner, C. y J. Paulsen. 2004. A world-wide study of high-altitude treeline temperatures. *J. Biogeography* 31(5): 713-732.
- Kroonenberg, S., J. Bakker y A. van der Wiel. 1990. Late Cenozoic uplift and palaeography of the Colombian Andes: constraints on the development of high-Andean biota. *Geol. & Mijnb.* 69: 279 – 290.
- Laegaard, S. 1992. Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador. En: Balslev, H. y J. L. Luteyn (eds.), *Páramo. An Andean ecosystem under human influence*. Pp. 151-170. Academic Press, London.
- Leuschner, C. 1996. Timberline and alpine vegetation on the tropical and warm-temperate islands of the world: elevation, structure and floristics. *Vegetatio* 123(2): 193-206.
- Luteyn, J. 1999. Páramos. A checklist of plant diversity, geographical distribution and botanical literature. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 84. 278 pp.
- Moscol-Olivera, M. y A. Cleef. 2009. A phytosociological study of the páramo along two altitudinal transects in El Carchi Province, northern Ecuador. *Phytocoenologia* 39(1): 79-107.
- Moser, G., C. Leuschner, D. Hertel, S. Graefe, N. Soethe y S. Lost. 2011. Elevation effects on the carbon budget of tropical mountain forests (S. Ecuador): the role of the belowground component. *Global Change Biology* 17(6): 2211-2226.
- Peters, T. 2009. Struktur und oekologische Merkmale der oberen Waldgrenze in de Andinen Depression. Ph.D. Thesis University of Erlangen-Nürnberg. 256 pp.
- Quervain, A. de. 1904. Die Hebung der atmosphärischen Isothermen in der Schweizer Alpen und ihre Beziehung zu deren Höhengrenzen. *Gerlands Beiträge zur Geophysik* 6: 481-533.
- Rada, F., A. Azócar, B. Briceño, J. González y C. García-Núñez. 1996. Carbon and water balance in *Polylepis sericea*, a tropical treeline species. *Trees* 10: 218-222.
- Rangel-Ch., J. O. 2000. Colombia Diversidad Biótica III. La region de vida paramuna de Colombia. 903 pp. Unibiblos, Bogotá.
- Richter, M., K. Diertl, T. Peters y R. Bussmann. 2008. Vegetation structures and ecological features of the upper timberline ecotone. En: E. Beck *et al.* (eds.): *Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador*. *Ecological Studies* 198: 123-135. Springer, Berlin Heidelberg.
- Rubio-Rivas, P. 2008. Los suelos del transecto Sumapaz (cordillera Oriental colombiana). En T. van der Hammen, J.O. Rangel y A. Cleef (eds) *Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 7: 59 – 142. J. Cramer Berlin Stuttgart.
- Ruíz-Beltrán, E. 2005. Climosecuencia altitudinal de los suelos del transecto Tatamá (Cordillera Occidental). En: T. van der Hammen, J.O. Rangel y A.M. Cleef (eds.) *Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 6: 155-224. J. Cramer, Berlin-Stuttgart.
- Schröter, C. 1908. Das Pflanzenleben der Alpen. Eine Schilderung der Hochgebirgsflora. Rauhstein. Zürich.
- Sklenár, P. y H. Balslev. 2007. Geographic flora elements in the Ecuadorian superparamo. *Flora* 202: 50-61.
- Smith, J., A. Cleef. 1988. Composition and origins of the world's tropicalpine floras. *Journal of Biogeography* 15: 631-645.
- Soil Survey Staff. 1998. Keys to soil taxonomy. UD Dept. of Agriculture, Soil conservation service. Edition 8, Wahington D.C. 326 pp.
- Thouret, J. (con la colaboración de P. Faivre). 1989. Suelos de la Cordillera Central, transecto Parque Los Nevados. En T. van der Hammen, S. Díaz Piedrahita y V., Alvarez (Eds.) *Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 3: 293 - 441. J. Cramer, Berlin Stuttgart.
- Tobón, C. y E. Gil-Morales. 2007. Capacidad de interceptación de la niebla por la vegetación de los páramos andinos. *Avances en recursos hídricos* 15: 35-46.
- Torres, V., H. Hooghiemstra, L. Lourens, P. Tzedakis. 2013. Astronomical tuning of long pollen records reveals the dynamic history of montane biomes and lake levels in the tropical high Andes during the Quaternary. *Quaternary Science Reviews* 63: 59-72.
- Troll, C. 1968. The Cordilleras of the Tropical Americas. Aspects of climatic, phytogeographical and agrarian ecology. En: *Geo-ecología de las regiones montañosas de las Américas Tropicales* (C. Troll, ed.). *Colloquium Geographicum* 9: 15-56. Bonn.
- Van der Hammen, T. 1984. Temperaturas de suelo en el Transecto Buritaca-La Cumbre. En: T. van der Hammen y P. Ruíz (eds.) *Estudios de Ecosistemas Tropandinos* 2: 67-74. J. Cramer, Berlin-Stuttgart.
- Van der Hammen, T. y A. Cleef. 1986. Development of the high Andean páramo flora and vegetation. In: F. Vuilleumier & M. Monasterio, *High altitude tropical biogeography*: Pp. 153 - 201. Oxford University Press. New York/Oxford.
- Van der Hammen, T. y J. Otero García 2007. Los páramos: archipiélagos terrestres en el norte de los Andes. En: Morales *et al.* *Atlas de páramos de Colombia*. Pp. 25-31. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C.
- Van Steenis, C. 1934. On the origin of the Malaysian mountain flora. *Bull. Jard. Bot. Buitenzorg* III, 13: 135-262; 289-417; 14: 56-72 (1936).
- Van Steenis, C. 1972. *The Mountain Flora of Java*. 90 pp. (con 57 láminas coloradas con explicación). Brill, Leiden
- Verweij, P. y H. Beukema. 1992. Aspects of human influence on upper-Andean forest line vegetation. En H. Balslev & J.L. Luteyn (eds.) *Páramo. An Andean ecosystem under human influence*. Pp. 171-175 Academic Press London.
- Verweij, P. 1995. Spatial and temporal modelling of vegetation patterns. Burning and grazing in the paramo of Los Nevados National Park, Colombia. Ph.D. thesis, University of Amsterdam. 233 pp.
- Walter, H. 1973. Vegetation of the earth in relation to climate and ecophysiological conditions. London, English University press.
- Walter, H. & E. Medina 1969. Die Bodentemperatur als ausschlaggebender Faktor für die Gliederung der subalpinen und alpinen Stufe in den Anden Venezuelas. *Ber. Deutsche botan. Gesellschaft*. 81: 159-168.



Aportes a la delimitación de los páramos desde el estudio de los frailejones

Mauricio Diazgranados¹

Introducción

Los Andes tropicales son uno de los sistemas topográficos y climáticos más complejos del mundo (Killeen *et al.* 2007). Esto, en adición a una historia geológica muy dinámica y a su posición ecuatorial convierten esta ecorregión en una de las más biodiversas (Brooks *et al.* 2006). La estratificación ecosistémica de los Andes tropicales es marcada, aunque los límites entre ecosistemas suelen ser difusos.

Por encima de la línea superior del bosque emerge un ecosistema único: el páramo. Con una edad estimada de dos a cuatro millones de años (Hooghiemstra y Van der Hammen 2004, Hooghiemstra *et al.* 2006) el páramo es un ecosistema muy joven, y aún así es el más biodiverso de los ecosistemas de alta montaña del mundo (Luteyn 1999, Rangel-Ch. 2000^a, Sklenár *et al.* 2005, Smith y Cleef 1988).

Una de las características únicas del páramo es la presencia de frailejones, plantas con una inusual forma de vida, solo encontrada en sistemas tropicales de alta montaña. Tradicionalmente la presencia de fraile-

¹ PhD. Departamento de Botánica, U.S. National Herbarium, NMNH, Institución Smithsonian. espeletias@gmail.com

jones se ha asociado al ecosistema de páramo. De hecho, la definición biológica de este ecosistema propuesta por Cuatrecasas (1958) describe al páramo propiamente dicho como un pajonal-frailejonal.

¿Son por lo tanto “frailejones” y “páramo” conceptos inseparables? ¿Pueden los frailejones indicar el límite del páramo? ¿Es posible encontrar frailejones fuera del ecosistema de páramo y páramos sin frailejones? ¿Pueden los frailejones indicar el estado de conservación de un páramo? Estos y otros cuestionamientos se exploran en este trabajo, a la luz del conocimiento actual de los frailejones.

Métodos

Para este trabajo se examinaron en total 4408 especímenes de frailejones, a partir de colecciones personales y de los siguientes herbarios: A, AAU, ANDES, CAS, COL, CUVC, DS, ECON, F, FMB, G, GB, GH, H, HECASA, HUA, K, M, MA, MEDEL, MER, MERF, MIN, MO, MY, MYF, NEU, NY, P, PSO, QCA, QCNE, S, U, UC, US, VALLE, VEN and WAG (acrónimos basados en Thiers, actualizado constantemente).

En total 3408 de estos especímenes fueron georeferenciados. Adicionalmente 1685 plantas fotografiadas fueron identificadas y georeferenciadas, para un total de 5093 individuos utilizados para estudiar la distribución geográfica del grupo. Por otra parte, durante varios años el autor realizó viajes de estudio y colecta a casi todos los complejos de páramos, cubriendo desde el norte de Colombia y Venezuela hasta Ecuador.

Frailejones y páramos

Los frailejones son muy abundantes en los páramos y bosques altoandinos. En general tienen aspecto de palmas, con una roseta de hojas pubescentes al final, y un tallo cubierto de hojas secas. De cada roseta emergen ramas florales sosteniendo inflorescencias en capítulos, usualmente amarillas. A pesar de que es relativamente fácil reconocer estas plantas su diversidad morfológica es muy notoria, con especies cuyos individuos adultos van desde unos pocos centímetros hasta especies que superan los 15 m de altura (figura 1).

Figura 1. Ejemplo de variación morfológica en frailejones



La pubescencia, las hojas y los órganos reproductivos también exhiben un nivel similar de variación. Algunas especies ramificadas (arbóreas) reciben otros nombres comunes (e.g. carrambo, incienso, tabaco, trementino, etc.) (Diazgranados 2012a). Sin embargo, los individuos jóvenes no ramificados tienen con frecuencia la morfología típica y son reconocidos como frailejones.

De los 46 nombres comunes registrados para estas plantas ninguno es biunívoco (i.e. cuando un nombre común es aplicado solo a una especie, la cual tiene únicamente ese nombre común) (Diazgranados 2012a). Por lo anterior, en este artículo se emplea el nombre común “frailejón” de manera amplia para denotar cualquiera de las especies de este grupo.

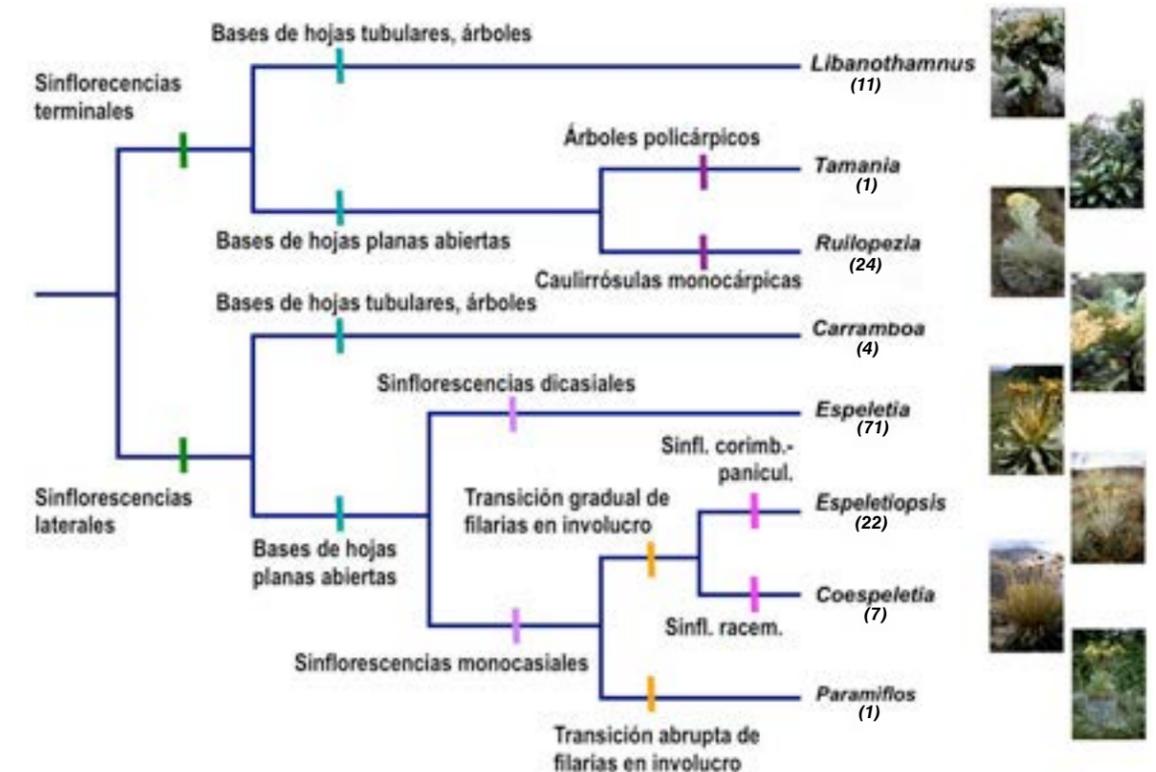
Los frailejones se clasifican en la subtribu Espeletiinae Cuatrec. (Millerieae: Asteraceae). La subtribu es claramente monofilética, de origen reciente, con frecuente hibridación e introgresión interespecífica e

intergenética (Rauscher 2002, Diazgranados 2012b, Cuatrecasas y Robinson).

En la actualidad existen ocho géneros de frailejones, siendo el más diverso *Espeletia* H. & B. (71 spp.), seguido por *Ruilopezia* Cuatrec. (24 spp.), *Espeletiopsis* Cuatrec. (22 spp.), *Libanothamnus* Ernst (11 spp.), *Coespeletia* Cuatrec. (7 spp.), *Carrambo* Cuatrec. (4 spp.), *Paramiflos* Cuatrec. (1 sp.) y *Tamania* Cuatrec. (1sp.) (Diazgranados 2012a). Estos géneros agrupan en total 141 especies, 17 subespecies, 22 variedades, y 8 formas (Diazgranados 2012a).

Los géneros se reconocen con relativa facilidad a partir de ciertas homologías morfológicas: posición de las sinflorescencias (i.e. terminal o lateral), formas de vida (e.g. árboles, a/caulirrósculas monocárpicas, a/caulirrósculas policárpicas, etc.), tipo de base de las hojas (i.e. plana o tubular) y tipo de sinflorescencia (i.e. dicasia, monocasia, racemiforme o monocasia corimbiforme-paniculada) (figura 2).

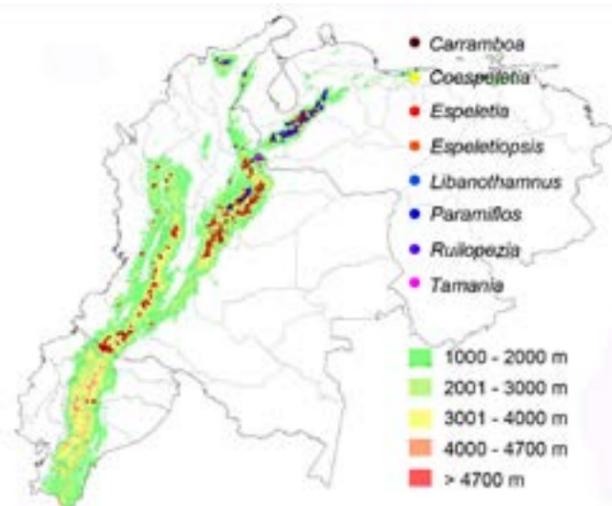
Figura 2. Clave visual para los géneros de frailejones



Desde el punto de vista evolutivo los frailejones se relacionan estrechamente con *Smallanthus* y otros géneros como *Ichthyothere* y *Rumfordia* (Rauscher 2002, Diazgranados 2012b). La filogenia basada en evidencia molecular sugiere que la subtribu se originó en los Andes centrales de Venezuela, posiblemente a partir de un ancestro común con *Smallanthus* (Diazgranados 2012b).

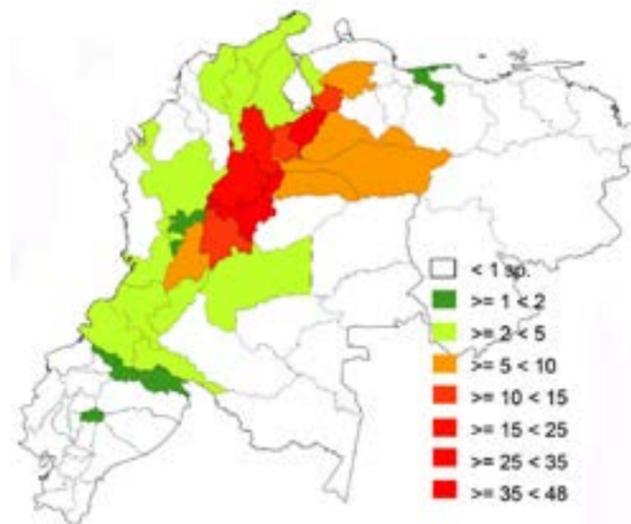
La variación altitudinal de los ecosistemas durante las glaciaciones e interglaciaciones del Pleistoceno sin duda favoreció la colonización paulatina de los diversos macizos y dispersión desde este centro de origen hacia el norte hasta la Cordillera del Mar venezolana y la Sierra Nevada de Santa Marta (73.8°W, 11°N), y hacia el sur hasta los páramos del norte de Ecuador y una localidad disjunta al sur de Quito llamada la Sierra de Llanganates (78.5°W, 1.2°S) (Diazgranados 2012a) (figura 3a).

Figura 3a. Mapas: a) Rango de distribución geográfica de frailejones



Cerca del 80% de las especies ocurren entre 70.5 y 73°W, y 5.5 y 9.0°N, a lo largo de la cordillera Oriental colombiana y los Andes venezolanos. Los frailejones se encuentran en 21 (64%) departamentos de Colombia, seis provincias (25%) en Ecuador y 12 (52%) estados en Venezuela (figura 3b).

Figura 3b. Riqueza de frailejones por principales divisiones administrativas de países



El género *Carramboa*, de especies arbóreas, es posiblemente el más cercano a *Smallanthus*. De allí se desprenden varios clados de especies venezolanas, y luego un gran clado con especies principalmente colombianas (Diazgranados 2012b). Las especies venezolanas son indudablemente más antiguas, y morfológicamente más variables. El color de los capítulos, por ejemplo, puede ser blanco, rosado, púrpura, morado, naranja, amarillo o verde. Las especies colombianas son más jóvenes y menos variables morfológicamente.

Los frailejones son polinizados principalmente por abejas y abejorros (por especies de *Bombus*, *Colletes* y *Apis*), y carecen de estructuras de dispersión a larga distancia (Berry y Calvo 1994, Fagua y Gonzalez 2007, Sobrevila 1988). Las semillas (cipselas) están desprovistas de cerdas plumosas para volar con el viento (papus), con excepción de una especie (*Tamania chardonii* [A. C. Sm.] Cuatrec., con brácteas remanentes a manera de papus, probablemente no funcionales). Las semillas son dispersadas por gravedad, lo que hace que las especies sean en general gregarias (Cuatrecasas y Robinson).

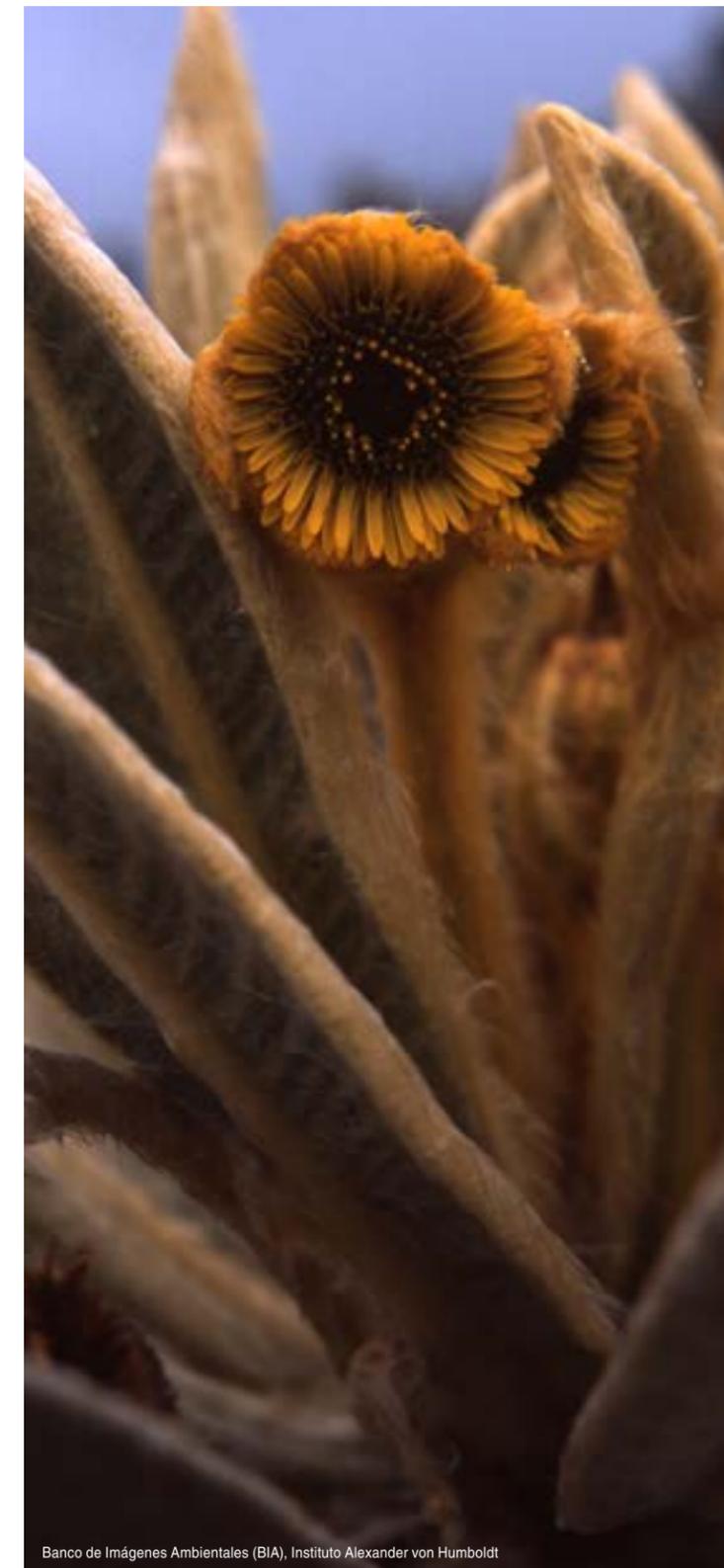
Por esta razón, el efecto de las glaciaciones e interglaciaciones del Pleistoceno en la variación altitudinal de los pisos ecosistémicos pudo haber promovido colonizaciones por vicarianza, así como hibridación por contacto secundario e introgresión entre especies aisladas previamente.

Las especies venezolanas han estado más tiempo expuestas a estas variaciones en su distribución geográfica, mientras que es posible que algunas de las especies colombianas estén apenas en proceso de formación. La evidencia molecular indica que la geografía tiene un rol fundamental en la evolución del grupo (Diazgranados 2012b). En general en los páramos venezolanos las especies simpátricas provienen de clados diferentes (dispersión filogenética), mientras que en los páramos colombianos las especies simpátricas se encuentran generalmente emparentadas (agrupamiento filogenético) (Diazgranados 2012b).

Los frailejones son altamente endémicos y cada especie se encuentra por lo general restringida a un solo complejo de páramos. Solo nueve especies son compartidas entre Colombia y Venezuela, y unas pocas especies crecen en múltiples localidades de páramos (e.g. *Libanothamnus neriifolius* [Bonpl. & Humb.] Ernst. en Venezuela y Colombia, *Espeletia hartwegiana* Sch. Bip. ex Cuatrec. en Colombia, y *E. pycnophylla* Cuatrec. en Colombia y Ecuador) (Diazgranados 2012a).

Las especies ampliamente distribuidas, sin embargo, se caracterizan por tener una notable variación morfológica y numerosos taxones infraespecíficos (e.g. *L. neriifolius* tiene 4 variedades; *E. hartwegiana* y *E. pycnophylla* tienen cada una dos subespecies y dos variedades; y *E. grandiflora* Humb. & Bonpl. tiene dos subespecies y una variedad).

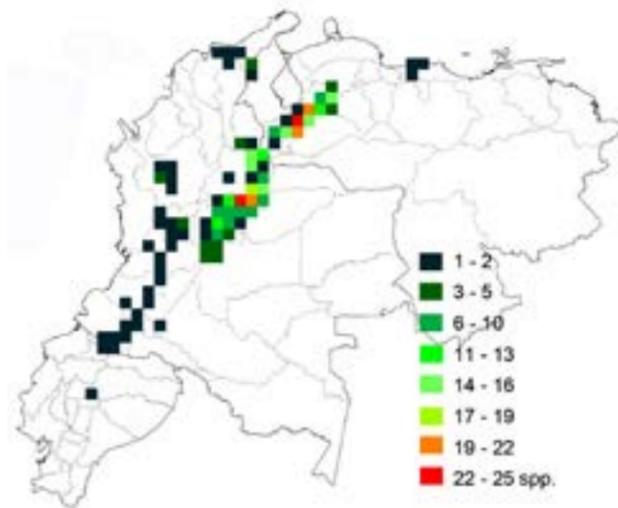
Existen tres centros de radiación: los páramos de Mérida en Venezuela (con 44 spp.), los páramos de Santander y Norte de



Banco de Imágenes Ambientales (BIA), Instituto Alexander von Humboldt

Santander (con 39 spp.) y los páramos de Boyacá (45 spp.) en Colombia (Diazgranados 2012a) (figura 3c). En términos generales, Colombia tiene la mayor riqueza de especies de frailejones (86 spp.), seguido por Venezuela (67 spp.) y Ecuador (1 sp.) (Diazgranados 2012a).

Figura 3c. Centros de radiación de frailejones



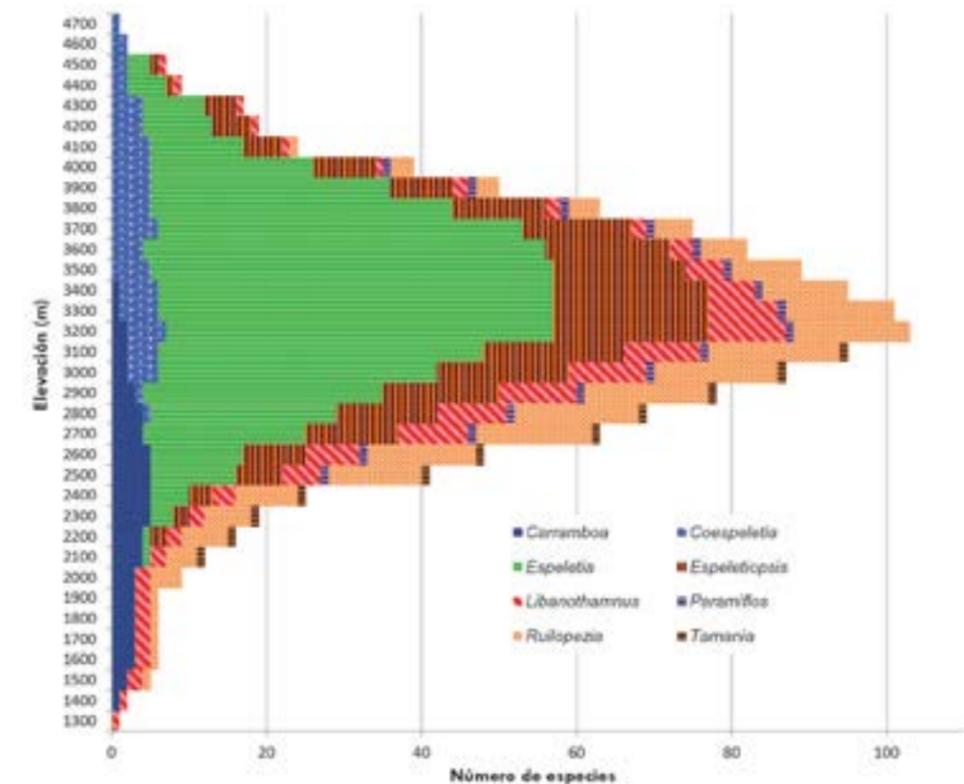
En cuanto a la distribución altitudinal la mayoría de las especies de frailejones (104 spp.) crece entre 3200 y 3400 m de elevación (Diazgranados 2012a) (figura 4). Sin embargo, algunas especies logran desarro-

llarse a alturas tan bajas como los 1300 m (i.e. *L. neriifolius* var. *turmalensis* Cuatrec., col. J.Steyermark 105028), o cercanas al borde de nieve a 4780 m (i.e. *Coespeletia timotensis* (Cuatrec.) Cuatrec., col. L.Ruiz-Terán 851). En general, *Carramboa* y *Tamania* crecen por debajo de los 3500 m, *Coespeletia* crece por encima de los 2800 m y los demás géneros se encuentran entre los 2000 y los 4600 m (Diazgranados 2012a).

Los frailejones son especies clave para los páramos, puesto que con sus estructuras xeromórficas contribuyen con la regulación del ciclo hídrico, además de producir un gran porcentaje de la biomasa en el ecosistema, prevenir la erosión del suelo y tener interacciones con más de 125 especies de animales (Cuatrecasas y Robinson). No solo gozan de una enorme importancia ecológica sino que también son culturalmente importantes. Esculturas, marcas comerciales, postales, afiches, vestuario, cafés e incluso monedas elogian y simbolizan estas plantas.

Sin embargo, el modelamiento de nichos ecológicos bajo varios escenarios probables de cambio climático sugiere que entre el 61 y el 81% de las especies (81–133 spp.) tendrá una para el 2080, con una tasa de extinción de entre el 31 y el 51% (41–84 spp.) (Diazgranados 2012b, sometido).

Figura 4. Riqueza de especies por género a lo largo del gradiente altitudinal



¿Son frailejones y páramos conceptos inseparables?

La evolución de los frailejones está estrechamente ligada a su historia biogeográfica, con corredores de dispersión claramente identificados (Diazgranados 2012b). Esto explica por qué los páramos del extremo norte solo tienen especies de *L. neriifolius* y un par de especies de *Espeletia* (*E. tillettii* Cuatrec. y *E. perijaensis* Cuatrec.) en la Sierra de Perijá. También explica la baja diversidad de frailejones, solo del género *Espeletia*, en las cordilleras Central y Occidental colombianas, en el Macizo Colombiano y en límites con Ecuador, y la ausencia de frailejones en algunas áreas de páramo o subpáramo en estas regiones.

Varias especies de frailejones pueden crecer tanto en páramos propiamente di-

chos como en bosques altoandinos (figura 4). Algunas de estas especies son incluso más exitosas en los bosques, muchas veces como elementos emergentes (e.g. *Espeletia uribei* Cuatrec., *Espeletopsis purpurascens* (Cuatrec.) Cuatrec., *E. sanchezii* S. Díaz & Obando, *Ruilopezia lopez-palacii* [Ruiz-Terán & López-Fig.] Cuatrec., y *R. paltonioides* [Standl.] Cuatrec.).

Otras raramente llegan hasta el páramo (e.g. *Carramboa* spp.) o forman agregaciones boscosas muy compactas, a 3800 m o más, por encima de las cuales se presenta una abrupta transición a superpáramo, en donde los pajonales típicos de páramo se ven muy reducidos o están ausentes (e.g. población de *Libanothamnus occultus* ssp. *humbertii* [Cuatrec.] Cuatrec. en la Sierra Nevada de Santo Domingo, o de *L. lucidus* en la Sierra Nevada de Mérida).



Por otra parte, algunas especies de frailejones pueden ser pioneras agresivas, con gran tasa de fertilidad y relativo rápido crecimiento. *Espeletia argentea* Humb. & Bonpl. en Cundinamarca, *E. boyacensis* Cuatrec. en Boyacá, *E. schultzi* Wedd. en Mérida, y *Espeletiopsis santanderensis* (A. C. Sm.) Cuatrec. en los Santanderes, cumplen con estas características: tienen un amplio rango de distribución; son localmente muy abundantes y forman poblaciones densas; y se desarrollan bien en cultivos abandonados, después de quemas o en ambientes intervenidos como bordes de carreteras.

En el altiplano cundiboyacense es común ver frailejonales de *E. argentea* o *E. boyacensis* en áreas deforestadas (fenómeno conocido como “paramización”). El valle del páramo de Berlín, a lo largo de la vía entre Bucaramanga y Pamplona, solía tener al menos seis especies de frailejones, de las cuales quedan principalmente dos: *E. standleyana* A.C. Sm. con poblaciones muy reducidas, y *Espeletiopsis santanderensis* con poblaciones muy extensas. En Mérida (Venezuela), *Espeletia schultzi* forma densos frailejonales en zonas alteradas, diezmando poblaciones de otras especies de frailejones.

Ruilopezia floccosa (Standl.) Cuatrec. fue reportada con frecuencia entre los años 60 y 70 en los alrededores de la Laguna de Mucubají (Sierra Nevada de Santo Domingo, Mérida) (e.g. Smith 1981). Luego de tres días de búsqueda el autor logró encontrar un solo individuo de *R. floccosa*, a varios kilómetros de donde se solía encontrar. El área hoy en día es ampliamente dominada por *E. schultzi*.

Por último, los páramos en general son sumamente diversos en sus factores abióticos. El clima es altamente heterogéneo entre regiones geográficas e incluso vertientes, y la temperatura varía de acuerdo con la elevación, humedad relativa, precipitación y vientos. Los regímenes de precipitación pueden presentar sequía de dos a cuatro

meses al año, a veces con dos (unimodal), cuatro (bimodal) o seis (trimodal) estaciones (Rangel-Ch 2000b).

Los páramos y superpáramos muy húmedos del sur de Colombia contrastan con los páramos secos de los pueblos del sur de Mérida en Venezuela, y con los superpáramos del norte de Mérida, llamados desiertos periglaciales (Monasterio 1986).

En Colombia el clima paramuno se puede clasificar en siete categorías, desde seco, con una precipitación media anual de 623.5–1.196,5 mm hasta pluvial, donde las precipitaciones exceden los 4061 mm (Rangel 2000b). Los suelos también son muy variados, desde muy superficiales y principalmente rocosos o morrénicos, hasta profundos y húmicos, con diferentes niveles de influencia volcánica. La composición florística de los páramos cambia de acuerdo con los factores abióticos, y de hecho hay incluso páramos que carecen de frailejones, a veces reemplazados por poblaciones de cardones (*Puya* spp.).

La combinación entre eventos históricos, biogeográficos, condiciones bióticas y abióticas determina la presencia, abundancia y diversidad de frailejones en los páramos. Por lo anterior los páramos no necesariamente tienen presencia de frailejones. De la misma manera, áreas con frailejones no necesariamente son páramos.

¿Pueden los frailejones indicar el límite de los páramos?

Por las razones anteriormente expuestas la respuesta sería no, por lo menos en términos generales para la subtribu Espeletiinae Cuatrec. (Millerieae: Asteraceae). Especies oportunistas como *L. neriifolius* crecen incluso por debajo de los 2000 m en laderas expuestas al viento y de suelos bien drenados, compitiendo con *Pteridium*, *Monochaetum*, *Morella* y varias especies arvenses.

Con base en el análisis de distribución de los especímenes observados se identificaron 111 especies observadas en el páramo propiamente dicho, de las cuales 40

son exclusivas de este ecosistema (tabla 1). Estas especies podrían ser usadas como indicadores de presencia de páramos.

Tabla 1. Especies de frailejones propias del páramo

Especies	Elevación prom. (m) (mín.–máx.)	Colombia	Ecuador	Venezuela	Bosque Andino	Subpáramo	Páramo	Superpáramo
Carramboa badilloi	2650 m (2050–3190)			X	X	X		
Carramboa rodriguezii	2530 m (1460–2960)			X	X	X		
Carramboa trujillensis	2510 m (2100–2880)			X	X			
Carramboa wurdackii	2420 m (2140–2560)			x	x			
Coespeletia albarregensis	4060 m (3920–4150)			X			X	
Coespeletia elongata	3650 m (3320–4280)			X			x	
Coespeletia laxiflora	3740 m	X					X	
Coespeletia moritziana	4020 m (2120–4530)			X			x	x
Coespeletia spicata	3980 m (3350–4300)			X			X	X
Coespeletia thyrsoformis	3230 m (2500–3510)			X		X	X	
Coespeletia timotensis	4080 m (3650–4780)			X			X	X
Espeletia annemariana	3350 m (2990–3870)	X					X	
Espeletia arbelaezii	3420 m (2720–3810)	x				x	x	
Espeletia argentea	3350 m (2730–4030)	X				X	X	
Espeletia ariana	3650 m (3580–3680)	X					x	
Espeletia aristeguietana	2320 m (2110–2850)			X	X	X	X	
Espeletia azucarina	3900 m (3620–3980)	X					x	
Espeletia barclayana	3440 m (3130–3700)	X				X	X	
Espeletia batata	3930 m (3450–4270)			X			X	x
Espeletia boyacensis	3530 m (2570–3910)	X				X	X	
Espeletia brachyaxiantha	3720 m (3320–3840)	X					X	
Espeletia brassicoidea	3040 m (2610–3880)	X		X	X	X	X	
Espeletia cabrerensis	3240 m (3230–3240)	X				X	X	
Espeletia cachaluensis	3850 m	X					x	
Espeletia canescens	4140 m	X					X	
Espeletia cayetana	3380 m (3210–3450)	X					x	
Espeletia chocontana	3310 m (3170–3680)	X				X	X	
Espeletia chontalensis	3620 m	X					x	
Espeletia cleefii	4280 m (3620–4450)	X					X	X
Espeletia congestiflora	3610 m (2630–3870)	X				X	X	
Espeletia conglomerata	3550 m (3000–3980)	X		X		X	X	

Especies	Elevación prom. (m) (mín.–máx.)	Colombia	Ecuador	Venezuela	Bosque Andino	Subpáramo	Páramo	Superpáramo
Espeletia cuniculorum	4190 m			x				x
Espeletia curialensis	3580 m (3210–4090)	x					x	
Espeletia discoidea	3640 m (3210–3880)	x				x	x	
Espeletia dugandii	3280 m (3160–3740)	x				x	x	
Espeletia episcopalis	3410 m (3370–3430)	x					x	
Espeletia estanislana	3760 m (3400–3980)	x					x	
Espeletia formosa	3290 m (3250–3330)	x					x	
Espeletia frontinoensis	3650 m (3420–3830)	x					x	
Espeletia grandiflora	3380 m (2550–3960)	x				x	x	
Espeletia hartwegiana	3510 m (2640–4510)	x				x	x	x
Espeletia idroboi	3430 m (3310–3880)	x				x	x	
Espeletia incana	3710 m (2480–3870)	x				x	x	
Espeletia jajoensis	3230 m (2740–3440)			x		x	x	
Espeletia jaramilloi	3730 m (3240–3920)	x					x	
Espeletia killipii	3550 m (2730–3880)	x				x	x	
Espeletia lopezii	4030 m (3130–4990)	x					x	x
Espeletia marnixiana	3540 m	x					x	
Espeletia marthae	3370 m (3080–4040)			x			x	x
Espeletia mirabilis	3590 m	x					x	
Espeletia miradorensis	3750 m	x					x	
Espeletia murilloi	3450 m (2890–3820)	x				x	x	
Espeletia mutabilis	3610 m	x					x	
Espeletia nana	3370 m (2830–3660)			x			x	
Espeletia nemekenei	3320 m (2910–3620)	x				x	x	
Espeletia occidentalis	3100 m (2720–3730)	x				x	x	
Espeletia oswaldiana	3060 m (2800–3240)	x				x	x	
Espeletia paipana	3400 m (3390–3400)	x					x	
Espeletia perijaensis	3180 m (2570–3480)	x		x		x	x	
Espeletia pescana	3720 m (3500–3800)	x					x	
Espeletia pisbana	3300 m (3240–3330)	x					x	
Espeletia praefrontina	3620 m (3310–3830)	x					x	
Espeletia pulcherrima	3260 m	x					x	
Espeletia pycnophylla	3510 m (2780–4380)	x	x			x	x	x
Espeletia raquirensis	3400 m (3210–3410)	x					x	
Espeletia roberti	3430 m (3170–4610)	x				x	x	
Espeletia rositae	3740 m (2880–3980)	x				x	x	
Espeletia schultesiana	2890 m (2690–3720)	x				x	x	
Espeletia schultzii	3600 m (2340–4430)			x		x	x	x

Especies	Elevación prom. (m) (mín.–máx.)	Colombia	Ecuador	Venezuela	Bosque Andino	Subpáramo	Páramo	Superpáramo
Espeletia semiglobulata	4030 m (3570–4170)			x			x	x
Espeletia soroca	3180 m	x					x	
Espeletia standleyana	3340 m (3110–3860)	x				x	x	
Espeletia steyermarkii	2820 m (2770–3250)	x		x		x		
Espeletia summapacis	3820 m (3540–4040)	x					x	
Espeletia tapirophila	3600 m	x					x	
Espeletia tenorae	3360 m (2910–3760)			x			x	
Espeletia tibamoensis	2500 m	x				x		
Espeletia tillettii	3060 m	x*		x		x	x	
Espeletia tunjana	3250 m (2890–3720)	x				x	x	
Espeletia ulotricha	3250 m (2980–3450)			x			x	
Espeletia uribei	3330 m (2790–3610)	x			x	x		
Espeletia weddellii	3530 m (2650–4270)			x		x	x	x
Espeletiopsis angustifolia	3050 m (1700–3940)			x	x	x	x	
Espeletiopsis betancurii	3260 m	x				x	x	
Espeletiopsis caldasii	3620 m (3340–3920)	x					x	
Espeletiopsis colombiana	4020 m (3200–4990)	x					x	
Espeletiopsis corymbosa	3150 m (2720–3780)	x			x	x	x	
Espeletiopsis funcckii	3690 m (3410–3890)	x				x	x	
Espeletiopsis garciae	3330 m (2680–3630)	x			x	x	x	
Espeletiopsis guacharaca	3540 m (3000–3880)	x			x	x	x	
Espeletiopsis insignis	2880 m (2770–3250)	x			x	x		
Espeletiopsis jimenez-quesadae	3690 m (2820–4120)	x			x	x	x	
Espeletiopsis meridensis	2910 m (2610–3260)			x	x	x		
Espeletiopsis muisca	3400 m (2720–3840)	x				x	x	
Espeletiopsis pannosa	3770 m (3240–4200)			x	x	x	x	
Espeletiopsis petiolata	3730 m (3160–4440)	x					x	
Espeletiopsis pleiochasia	3300 m (2900–3800)	x			x	x	x	
Espeletiopsis pozoensis	3330 m (2930–4040)			x			x	x
Espeletiopsis purpurascens	3030 m (2620–3940)	x		x	x	x	x	
Espeletiopsis rabanalensis	3300 m (3230–3440)	x					x	
Espeletiopsis sanchezii	3230 m (3080–3560)	x			x	x	x	
Espeletiopsis santanderensis	3400 m (2680–3920)	x				x	x	
Espeletiopsis sclerophylla	3540 m (2880–3980)	x				x	x	
Espeletiopsis trianae	2890 m	x				x		
Libanothamnus arboreus	3050 m (2840–3290)			x	x	x		
Libanothamnus banksiaefolius	3020 m (2710–3210)			x	x	x		
Libanothamnus divisoriensis	3290 m (3170–3500)	x		x	x	x		

Especies	Elevación prom. (m) (mín.-máx.)	Colombia	Ecuador	Venezuela	Bosque Andino	Subpáramo	Páramo	Superpáramo
<i>Libanothamnus griffinii</i>	2830 m (1660–3080)			x	x	x		
<i>Libanothamnus liscanoanus</i>	3230 m (3040–3450)			x		x	x	
<i>Libanothamnus lucidus</i>	3480 m (3400–3550)			x		x	x	
<i>Libanothamnus neriifolius</i>	2620 m (1300–3900)	x		x	x	x	x	
<i>Libanothamnus occultus</i>	3430 m (2480–4350)	x		x	x	x	x	x
<i>Libanothamnus parvulus</i>	3000 m (2650–3300)			x	x	x		
<i>Libanothamnus spectabilis</i>	3010 m (2360–3150)			x	x	x		
<i>Libanothamnus tamanus</i>	2930 m (2610–4090)	x		x	x	x	x	
<i>Paramiflos glandulosus</i>	3350 m (2550–3800)	x			x	x	x	
<i>Ruilopezia atropurpurea</i>	3030 m (2690–3900)			x	x	x		
<i>Ruilopezia bracteosa</i>	2880 m (2520–3530)			x		x		
<i>Ruilopezia bromelioides</i>	2850 m (2260–3480)			x	x	x		
<i>Ruilopezia cardonae</i>	3150 m (3110–3300)	x		x			x	
<i>Ruilopezia coloradarum</i>	2800 m (2680–3040)			x	x	x		
<i>Ruilopezia cuatrecasasii</i>	2760 m (2690–2820)			x	x	x		
<i>Ruilopezia emmanuelis</i>	2820 m (2590–3210)			x	x	x		
<i>Ruilopezia figueirasii</i>	3160 m (3150–3160)			x		x	x	
<i>Ruilopezia floccosa</i>	3640 m (3290–4090)			x			x	x
<i>Ruilopezia grisea</i>	3560 m (3550–3560)			x			x	
<i>Ruilopezia hanburiana</i>	3240 m (3130–3310)			x		x	x	
<i>Ruilopezia jabonensis</i>	3070 m (2790–3290)			x		x	x	
<i>Ruilopezia jahnii</i>	3330 m (3130–3510)			x		x	x	
<i>Ruilopezia josephensis</i>	2790 m (2670–3100)			x	x	x		
<i>Ruilopezia leucactina</i>	3390 m (2930–3480)			x		x	x	
<i>Ruilopezia lindenii</i>	2880 m (2330–3360)			x		x	x	
<i>Ruilopezia lopez-palacii</i>	2890 m (2680–3080)			x		x	x	
<i>Ruilopezia marcescens</i>	2960 m (2060–3560)			x	x	x	x	
<i>Ruilopezia margarita</i>	3600 m (3590–3600)			x			x	
<i>Ruilopezia paltonioides</i>	2800 m (1490–3210)			x	x	x		
<i>Ruilopezia ruizii</i>	2790 m (2500–2990)			x	x	x		
<i>Ruilopezia usubillagae</i>	2830 m			x		x		
<i>Ruilopezia vergarae</i>	2780 m (1450–3180)			x	x	x		
<i>Ruilopezia viridis</i>	2650 m (1660–3080)			x	x	x		
<i>Tamania chardonii</i>	2710 m (1830–3170)	x		x	x	x		
Todal de especies		86	1	67	40	88	111	16

*Existencia probable pero no confirmada

¿Puede la elevación ser usada para predecir la presencia de frailejones?

No en todos los casos. En general las formas de vida de los frailejones responden a adaptaciones bajo condiciones xeromórficas. En las serranías bajas venezolanas (por debajo de los 3500 m) es frecuente observar que las vertientes a barlovento son generalmente secas y tienen cobertura de páramo con frailejonal, mientras que las vertientes de sotavento son más húmedas, con predominio de bosque altoandino e incluso con palmas iriartoideas.

En algunos casos el autor ha registrado formaciones de bosque altoandino de *Libanothamnus* spp. que llegan prácticamente hasta el superpáramo, a más de 4200 m (e.g. vertiente de la Laguna La Comoto, Sierra Nevada de Mérida), en donde no hay un páramo propiamente dicho. En otros casos frailejonales pueden presentarse en condiciones azonales, rodeados de bosques andinos desarrollados, a elevaciones excepcionalmente bajas. Dichos páramos azonales se encuentran por lo general en suelos de bajo drenaje (e.g. páramo de Fontibón o de La Legía, en la vía de Pamplona a Chitagá).

¿Puede la densidad de frailejones ser un indicativo de la condición de conservación de los páramos?

Depende de cada especie. De hecho, especies aquí mencionadas como posibles pioneras de paramización (*Espeletia argentea*, *E. boyacensis*, *E. schultzii* y *Espeletia santanderensis*) suelen tener poblaciones supremamente densas. En el extremo sur del rango de distribución páramos conservados pueden incluso carecer por completo de frailejones o contener poblaciones muy restringidas (e.g. páramos del Azufral o de Coconucos).

¿Puede el tamaño de los frailejones ser un indicativo de la condición de conservación de los páramos?

Nuevamente depende de cada especie. Si bien es cierto que en general el tamaño se correlaciona con la longevidad en general hay tres factores importantes a tener en cuenta. Por un lado, ciertas especies son resistentes a las quemadas, que quedan en evidencia en los tallos carbonizados de individuos vivos. Por otra parte la tasa de crecimiento varía notablemente entre poblaciones (dependiendo de elevación, suelo y humedad) entre especies, y a lo largo del año. Aunque solo se han estudiado unas pocas especies las tasas de crecimiento anual reportadas varían de 1 a 8.8 cm/año (Smith 1981, Cavellier *et al.* 1992, Verweij y Kok 1995).

El autor ha observado distancias entre eventos de floración (usualmente anuales) de hasta 25 cm en *Espeletia pleiochasia* (Cuatrec.) Cuatrec., lo que sugiere es una elevada tasa de crecimiento para esta especie aún sin estudiar. Por último, ciertas especies son de tamaño reducido en su forma adulta. *Espeletia caldasii* (Cuatrec.) Cuatrec., el frailejón más pequeño que existe, crece hasta 10 cm de altura en su forma adulta y es altamente sensible al pisoteo por ganadería.

¿Puede un frailejonal formar un bosque?

En algunos casos la respuesta es obvia: *Libanothamnus*, *Carramboa* y *Tamania*, géneros de hábitos típicamente arbóreos, forman bosques de manera natural, dominando incluso comunidades de vegetación altoandina. Un ejemplo es el *Libanothamnus griffini* del Ramal de Guaramacal en Venezuela (Cuello y Cleef 2009). Sin embargo, el autor conoce al menos dos poblaciones excepcionales de especies caulirósulas no ramificadas.

En Norte de Santander individuos de varios metros de altura de *Espeletopsis insignis* (Cuatrec.) Cuatrec. conforman una población tan densa y desarrollada que se genera una condición boscosa debajo de las rosetas de hojas, las cuales se tocan entre sí formando un pseudo-dosel. Algo similar sucede en un valle abrigado en Boyacá, al oeste del Parque Nacional Cocuy. Allí, *E. jimenez-quesadae* (Cuatrec.) Cuatrec., una especie que se encuentra típicamente en vertientes escarpadas de páramo crece en tal densidad que el pajonal es reemplazado por hierbas típicas de bosque altoandino.

Reflexiones finales

El páramo es mucho más que un conjunto de especies de plantas abundantes (i.e. pastos y frailejones), y su delimitación no puede ser simplificada a la presencia de uno de sus componentes más conspicuos, los frailejones. El páramo es también un socioecosistema en constante interacción con comunidades humanas, con bienes y servicios ambientales emergentes. La ausencia, poca abundancia o diversidad de frailejones no es indicativo de la ausencia o degradación de un páramo.

Una gran densidad de frailejones tampoco es indicativo de un buen estado de conservación de un páramo, e incluso puede ser efecto de un proceso de paramización antropogénica de un bosque andino y altoandino. Los frailejones pueden ser de ayuda para delimitar e identificar condiciones de páramo, siempre y cuando las especies sean claramente identificadas. Sin embargo, se debe incrementar el conocimiento sobre las historias de vida de la mayoría de las especies de frailejones para usar estas plantas como indicadores biológicos.

Referencias

Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, G. B da Fonseca, J. Gerlach, M. Hoffmann, J. F. Lamoreux, C. G. Mittermeier, J. D. Pilgrim y S. L. Rodrigues.

2006. Global biodiversity conservation priorities. *Science* 313: 58-61. doi:10.1126/science.1127609.

Berry, P. E., y R. N. Calvo. 1994. An overview of the reproductive biology of *Espeletia* (Asteraceae) in the Venezuelan Andes. En: W. Philip, A. Rundel, A. P. Smith y F. C. Meinzer (Eds.). *Tropical Alpine Environments Plant Form and Function*. Cambridge University Press, Los Angeles, pp. 229-250. doi:http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511551475.014.

Cavelier, J., J. L. Machado, D. Valencia, J. Montoya, A. Laignelet, A. Hurtado, A. Varela y C. Mejía. 1992. Leaf Demography and Growth Rates of *Espeletia barclayana* Cuatrec. (Compositae), a Caulescent Rosette in a Colombian Paramo. *Biotropica* 24: 52-63.

Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista Acad. Colomb. Ci. Exact.* 10: 221-268.

Cuatrecasas, J. y H. Robinson. En prensa. Monography of the subtribe Espeletiinae. New York Botanical Garden - Smithsonian Institution.

Cuello, N. L. y A. M. Cleef. 2009. The forest vegetation of Ramal de Guaramacal in the Venezuelan Andes. *Phytocoenologia* 39: 109-156.

Diazgranados, M. y J. Barber. Sometido. Doomed by climate change: the demise of a spectacular radiation of Andean plants.

Diazgranados, M. 2012a. A nomenclator for the frailejones (Espeletiinae Cuatrec., Asteraceae). *Phytokeys* 16: 1-52. doi: 10.3897/phytokeys.16.3186

Diazgranados, M. 2012b. Phylogenetic and biogeographic relationships within the Espeletiinae (Asteraceae), an endemic subtribe of the South American Paramos (Doctoral Dissertation), Saint Louis University, Saint Louis, Missouri.

Fagua, J. C., y V. H. Gonzalez. 2007. Growth rates, reproductive phenology, and pollination ecology of *Espeletia grandiflora* (Asteraceae), a giant Andean caulescent rosette. *Plant biology* 9: 127-135.

Hooghiemstra, H. y T. van der Hammen. 2004. Quaternary Ice-Age dynamics in the Colombian Andes: developing an understanding of our legacy. *Philosophical transactions of the*

Royal Society of London (Biological sciences) 359: 173-180.

Hooghiemstra, H., V. M. Wijninga & A. M. Cleef. 2006. The Paleobotanical Record of Colombia: Implications for Biogeography and Biodiversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 93 (2): 297-324.

Killeen, T. J., M. Douglas, T. Consiglio, P. M. Jørgensen y J. Mejía. 2007. Dry spots and wet spots in the Andean hotspot. *Journal of Biogeography* 34: 1357-1373. doi:10.1111/j.1365-2699.2006.01682.x.

Luteyn, J. L. 1999. Páramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. New York Botanical Garden Press, Bronx, New York, USA.

Monasterio, M. 1986. Adaptive strategies of Espeletia in the Andean desert páramo. En: F. Vuilleumier y M. Monasterio (Eds.). *High Altitude Tropical Biogeography*. Oxford University Press and American Museum of Natural History, New York and Oxford, pp. 49-80.

Rangel-Ch., O. 2000a. Síntesis Final: Visión integradora sobre la Región del Páramo. En: Rangel-Ch., O. (Ed.). *La región de vida paramuna. Serie Colombia Diversidad Biótica Vol. III*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia, 816-838.

Rangel-Ch., O. 2000b. Clima de la Región Paramuna en Colombia. En: Rangel-Ch. O. (Ed.). *La región de vida paramuna. Serie Colombia Diversidad Biótica Vol. III*. Instituto de Ciencias

Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia, 85-125.

Rauscher, J. 2002. Molecular phylogenetics of the Espeletia complex (Asteraceae): evidence from nrDNA ITS sequences on the closest relatives of an Andean adaptive radiation. *American Journal of Botany* 89: 1074-1084.

Sklenár, P., J. L. Luteyn, C. Ulloa, P. M. Jørgensen y M. O. Dillon. 2005. *Flora Genérica de los Páramos - Guía Ilustrada de las Plantas Vasculares*. The New York Botanical Garden Press, New York.

Smith, A. P. 1981. Growth and Population Dynamics of Espeletia (Compositae) in the Venezuelan Andes. *Smithsonian Contributions to Botany* (48).

Smith, J. M. B. y A. M. Cleef (1988): Composition and origins of the world's tropicalpine floras. *Journal of Biogeography* 15: 631-645.

Sobrevila, C. 1988. Effects of distance between pollen donor and pollen recipient on fitness components in *Espeletia schultzii*. *American Journal of Botany* 75: 701-724.

Thiers, B. Actualizado constantemente. *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium, <http://sweetgum.nybg.org/ih/>.

Verweij, P. A. y K. Kok. 1995. Spatial and temporal modelling of vegetation patterns: Burning and grazing in the paramo of Los Nevados National Park (Doctoral Dissertation), University of Amsterdam.ww



Disturbios en los páramos andinos

Orlando Vargas Ríos¹

Introducción

Los disturbios afectan la dinámica de los ecosistemas en todos los niveles de organización, desde individuos, poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes (Pickett y White 1985, Vargas 2000) y modelan los diferentes tipos de dinámica de la vegetación, como son: fluctuaciones, claros, parches, sucesiones primarias, sucesiones secundarias, regeneraciones, sucesiones cíclicas y sucesiones seculares (Van der Maarel 1988) y pueden afectar las características de disturbios futuros (Reice 1994, Collins 1987, Veblen *et al.* 1994).

Un disturbio es cualquier evento discreto en el tiempo que altera la estructura de un ecosistema, comunidad o población, ocasionando cambios en la distribución de los recursos, la disponibilidad de sustratos y/o las características del ambiente físico (Pickett y White 1985). Pickett *et al.* (1989) también lo definen como un evento discreto en el tiempo, externo al nivel jerárquico de interés, capaz de cambiar la estructura mínima de una entidad ecológica.

¹ Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. jovargasr@unal.edu.co

La estructura mínima es la unidad de organización que aparece cuando se desciende al nivel jerárquico inmediatamente anterior. Por ejemplo, un evento que altere la estructura de una población necesariamente afecta a los individuos, pues estos son la estructura mínima de las poblaciones.

En el estudio de los disturbios se tienen en cuenta las siguientes dimensiones:

Dimensión espacial y magnitud

Se trata de dos aspectos relacionados aunque no intercambiables. La escala espacial se refiere a la extensión del disturbio dada en unidades de área o de volumen. La magnitud, por su parte, se relaciona con la fuerza, intensidad o severidad del disturbio. Disturbios grandes en términos de extensión espacial suelen serlo también en magnitud, aunque puede haberlos leves que involucren grandes extensiones, o viceversa.

Dimensión temporal

Incluye frecuencia y predictibilidad. En algunos casos, como por ejemplo con los disturbios por fuego, la estación climática en que este ocurre también debe considerarse en esta dimensión.

Según la frecuencia los disturbios pueden clasificarse como “raros” si ocurren en un tiempo menor al lapso de vida de las especies más longevas, o “frecuentes” si acontecen muchas veces dentro del lapso de vida de las especies menos longevas (Noble y Slatyer 1980). En la mitad del espectro están los disturbios “recurrentes” como fuegos, inundaciones, eventos climáticos extremos y ataques de plagas. Estos eventos pueden darse a intervalos irregulares, aunque con una frecuencia tal que es razonable esperar su ocurrencia dentro del lapso de vida de muchas de las especies de la comunidad.

Existen también disturbios “continuos” como el pastoreo intensivo, los cuales sue-

len tener un impacto significativo sobre las comunidades, especialmente sobre aquellos ecosistemas que no evolucionaron bajo pastoreo.

La predictibilidad de un disturbio dado se relaciona con una cierta periodicidad en su ocurrencia o con la conjunción de los factores que lo generan. Si un disturbio es predecible la biota puede adaptarse a él, mientras que un disturbio impredecible tendrá un gran impacto sobre el ecosistema.

El régimen de disturbio

Los patrones espacio-temporales, así como la magnitud de un disturbio o de un conjunto de disturbios que ocurren en un sistema biológico dado se conocen como el régimen de disturbio (Pickett y White 1985, Collins 1987, Vargas 1997, Posada y Cárdenas 1999).

Por ejemplo, los pastizales presentan un régimen de disturbio complejo que incluye fuego, pastoreo y disturbio del suelo por animales; cada uno de los cuales difiere en escala, frecuencia e intensidad. El efecto de cada tipo de disturbio en la vegetación de pastizal es variable y lo más importante es que estos disturbios interactúan afectando la estructura de la comunidad (Collins 1987).

Mecanismos y efectos de los disturbios

La acción de un disturbio es directa si afecta la supervivencia de los individuos, e indirecta si altera los niveles de recursos, influyendo en la supervivencia de los individuos (Hobbs y Huennecke 1992).

Los efectos concretos de los disturbios, a nivel de comunidades, se relacionan con cambios en la composición, diversidad y estructura (vertical y horizontal) de estas (Fox 1981, Pickett y White 1985, Wootton 1998), que implican un retroceso de las comunidades a estados sucesionales previos (Van der Maarel 1988).



Dichos efectos son a su vez resultados de otros como la apertura de claros, la generación de mayor heterogeneidad espacial, la eliminación de especies existentes, el arribo y la colonización de otras, así como la alteración de las relaciones de competencia entre las especies presentes (este es el caso de las invasoras).

Regímenes de disturbio en los páramos

Los páramos son islas biogeográficas. Todos los ecosistemas del mundo que evolucionaron en aislamiento geográfico son ecosistemas frágiles porque dada esta característica no fueron sometidos a disturbios permanentes y no desarrollaron adaptaciones especiales para resistir diferentes tipos de ellos, y por consiguiente sus umbrales de resistencia y resiliencia son muy bajos.

Muchos ecosistemas que tienen grandes extensiones, como por ejemplo las sabanas y praderas, evolucionaron bajo disturbios por fuegos y pastoreo de grandes animales. Los páramos no, y por lo tanto sus plantas no están adaptadas a resistir fuegos continuos y sus suelos y vegetación no están adaptados a resistir pastoreo permanente de animales. Esta es una de las principales características que hay que tener en cuenta para comprender por qué es tan fácil destruir un ecosistema como el páramo.

Actualmente este es un ecosistema sometido a una fuerte influencia humana con un régimen de disturbios que incluye tanto naturales como antrópicos. El régimen de disturbios actúa sobre los diferentes tipos de gradientes: altitudinales, topográficos, hídricos, de nutrientes, florísticos y faunísticos.

Dentro de los disturbios naturales, en una megaescala, se presentan eventos catastróficos que alteran el sustrato y trastornan los mecanismos de persistencia y recuperación de las especies, como los grandes fenómenos geológicos de deriva continental, tectónica de placas (como el levantamiento de los Andes y del Istmo de Panamá y actividad volcánica), así como los ciclos glaciales e interglaciales y el consecuente aislamiento de los páramos en islas biogeográficas (van der Hammen 1988, 1992, van der Hammen y Cleef 1986).

Todos estos eventos ayudaron a la conformación del medio ambiente de páramo y son importantes para entender el origen y adaptación de las especies, su distribución, y la estructura y función del ecosistema, así como las adaptaciones morfoecológicas a los actuales regímenes de disturbios.

Otros disturbios naturales presentes en los páramos son: erosión, lluvias y vientos, heladas y disturbios producidos por animales y fuegos naturales.

Los principales disturbios antrópicos en el páramo son: fuego, ganadería (vacas, caballos, ovejas, llamas, cabras), agricultura (principalmente papa), minería a cielo abierto y de socavón (calizas, carbón, oro, canteras), plantaciones de especies exóti-

cas (pinos, eucaliptos, acacias), construcción de obras civiles (embalses, oleoductos y carreteras), corte de matorrales para leña, especies invasoras (retamo espinoso, pasto kikuyo, falsa poa) y cacería (eliminación de herbívoros y carnívoros nativos).

El cambio climático lo podemos considerar como un disturbio antrópico que puede cambiar la extensión e intensidad de todos los disturbios naturales y antrópicos y producir la aparición de nuevos disturbios que antes no se conocían, como la llegada de especies invasoras.

La relación entre disturbios naturales y antrópicos conforman actualmente el régimen de disturbios del páramo.

Disturbios por fuego

El uso del fuego ligado a la agricultura y especialmente a la ganadería extensiva como medio de subsistencia es una práctica común en los páramos (figuras 1a, 1b).

Para entender el papel del fuego en un ecosistema es muy importante conocer el régimen de fuego. Un régimen de fuego tiene cinco componentes: la frecuencia, la intensidad, la estacionalidad, la extensión, el patrón y el tipo de fuego (Keeley 1981, Whelan 1995).

• Frecuencia

Con respecto al periodo de recuperación de la biomasa después de ocurrido un fuego Verweij (1995), en el Parque Nacional Natural Los Nevados, calcula un intervalo entre 3 a 3.5 años para la regeneración de la fisionomía de la comunidad y de 10 años para la regeneración del frailejónal –pajonal inicial-. Por su parte Verweij y Budde (1992) reportan 8 años para la recuperación de la cobertura de macollas en páramos de la cordillera Central.

Estimaciones de la productividad para el páramo de El Dadal en Ecuador (Ramsay 1992; citado por Ramsay y Oxley 1996) sugieren que la biomasa de macollas puede recuperar los niveles pre-fuego entre 3 y 5 años, aunque la recuperación total de la comunidad puede ser mayor a 5 años. Por último, Horn (1989) sugirió un periodo de recuperación de 8 a 10 años en páramos donde la gramínea dominante es *Chusquea subtessellata*.

Los cálculos de frecuencia natural de fuegos en ecosistemas de alta montaña tropicales realizados por diferentes autores reportan intervalos muy disímiles, por lo que es difícil establecer patrones generales. Para páramos de Costa Rica, Horn (1989) calculó una recurrencia de fuego de entre 6 a 30 años. Vargas (2000) estableció una frecuencia de 7 a 11 años para páramos de pajonal en Colombia. Finalmente Verweij (1995) reconstruyó la historia de quemaduras de un área del Parque Nacional Natural Los Nevados, donde la actividad de incendios es importante y estimó entre 1.0 a 1.6 fuegos en 100 años.

• Intensidad

La intensidad de un fuego está relacionada con factores como clima, topografía, cantidad, tipo, características físico-químicas y distribución horizontal y vertical del combustible, es decir, de la vegetación (Whelan

1995). Esto se evidencia claramente en el trabajo de Ramsay y Oxley (1996) en el cual, mediante quemaduras experimentales de macollas encontraron diferencias en la intensidad del fuego, dependiendo de la zona de la planta involucrada. En la parte superior de las hojas, a alturas por encima de 1 m, así como en los niveles medios de las macollas (35 a 65 cm) se registraron temperaturas entre los 400 a 500°C, mientras que en la base de la macolla y 2 cm por debajo del suelo la temperatura fue cercana a los 65°C.

La historia de fuegos de un sitio puede tener un efecto marcado sobre la intensidad de fuego, vía disponibilidad de combustible. Un sitio que ha sido quemado recientemente será incapaz de acumular adecuada cantidad de combustible que garantice un fuego intenso. De forma que existe una estrecha relación entre intensidad y frecuencia de fuego. La severidad del fuego es una función del intervalo desde la última quema. Así, fuegos frecuentes tienden a ser menos severos que los infrecuentes (Laegaard 1992).

• Estacionalidad

El potencial de la frecuencia de fuego está determinado por la cantidad de precipitación y su distribución, así como la disponibilidad de combustible (principalmente necromasa en pie) que es igual a la cantidad de biomasa quemable que queda después del consumo por animales. Las quemaduras en el páramo ocurren en la época seca, cuando es posible que solo dos días sean suficientes para secar la vegetación en un páramo atmosféricamente seco. En un páramo húmedo este periodo puede ser mayor para vegetación tipo chuscales de suelos mal drenados.

• Extensión

En los páramos la heterogeneidad del paisaje es el principal factor que impide la extensión del fuego, a través de barreras na-

Figura 1a. Fuego en el páramo



Figura 1b. Páramo quemado, PNN Nevados



turales (como cursos de agua) o artificiales (como carreteras). Además, la heterogeneidad de la vegetación asociada con ciertos suelos o topografía puede ser importante puesto que algunas comunidades de plantas pueden actuar como barreras, como es el caso de la vegetación azonal en el páramo.

Dado que los patrones de distribución de la vegetación dependen en gran medida del régimen de disturbio la extensión y los patrones discontinuos o en parches de los eventos de fuego son en consecuencia influenciados por los patrones espaciales de fuegos pasados.

Susceptibilidad al fuego

La susceptibilidad de los páramos a la ocurrencia de fuegos se relaciona con los siguientes aspectos:

1. Suficiente combustible acumulado: el páramo es un ecosistema en donde se acumula necromasa en pie, principalmente en las macollas y las hojas muertas de rosetas. En páramos que no han sido quemados se forma una matriz continua de necromasa entre el frailejón-pajónal. La principal fuente de combustible son las hojas muertas, principalmente de *Calamagrostis effusa*. Cerca del 80% de la fitomasa epigea de las macollas puede consistir de material muerto (Cardoso y Schnetter 1976, Hofstede y Witte 1993; Hofstede *et al.* 1995).
2. Bajo contenido de humedad: los fuegos en el páramo ocurren en la época seca cuando el contenido de humedad en la vegetación y el suelo es bajo.
3. Arreglo de las plantas en el espacio: el desarrollo de una matriz continua de macollas es el factor más importante para el desarrollo de fuegos en el páramo; además

densidades altas de frailejones con su necromasa en pie en áreas poco quemadas contribuyen grandemente en el desarrollo de fuegos de superficie. Ecosistemas como praderas y sabanas en el mundo están ligados al fuego.

4. Bajas tasa de descomposición: las bajas tasas de descomposición de la materia orgánica hacen que la necromasa epigea se acumule y sea la principal fuente de combustible para el fuego.
5. Bajos niveles de herbivoría: en el páramo la herbivoría es baja y esto contribuye a la acumulación de materia orgánica. A diferencia de la puna en los Andes centrales en el páramo no evolucionaron grandes mamíferos, sino que la mayoría del consumo lo hacen insectos.

Efectos del fuego

Las quemaduras que ocurren en el páramo destruyen casi totalmente la fitomasa epigea (biomasa y necromasa), solo pequeñas plantas rasantes no son quemadas dependiendo de la severidad e intensidad del fuego (Vargas 2000).

En el Parque Nacional Natural Chingaza, Vargas *et al.* (2002) encontraron que el fuego disminuye drásticamente la saturación de bases en suelos inceptisoles (orgánicos). El contenido de P total tanto en inceptisoles como en histosoles aumenta significativamente en el primer mes después de la quema, comparado con áreas no quemadas, para luego fluctuar durante la recuperación. El pH solo varía en los inceptisoles disminuyendo en el primer mes después de la quema para aumentar un poco en el tercer mes.

En la vegetación, los niveles de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) aumentan y el Potasio (K) disminuye en el primer mes después de

ocurrido el fuego, para alcanzar los niveles de nutrientes de vegetación no quemada un año o un poco más después de ocurrida la quema. La tasa C/N en la vegetación cae drásticamente después de un fuego, y aún después de un año de recuperación no alcanza los niveles de sitios no quemados.

Los disturbios por fuego también promueven la colonización rápida de especies invasoras. Un caso que se está presentando actualmente en los páramos secos es la invasión de *Ulex europaeus*.

Disturbios por ganadería

Los efectos del pastoreo de ganado (figuras 2a y 2b), a partir de los trabajos de Molinillo (1992), Verweij & Kok (1992) y Premauer (1999), en el páramo son:

- Movilización de nutrientes, como resultado de la defoliación y la deposición de orina y heces.
- Retardo del crecimiento de ciertas especies, por defoliación.

- Pisoteo de plántulas, lo cual impide el establecimiento y/o permanencia de ciertas especies.
- Muerte selectiva de clases de tamaños, ocasionando cambios en la estructura demográfica de las poblaciones de plantas.
- Compactación del suelo, por pisoteo continuo, especialmente en suelos húmedos, ricos en materia orgánica.
- Alteración de abundancias relativas y del balance competitivo entre especies, debido a la selección que hacen los animales de las especies palatables y las no consumidas.
- Erosión causada por el pisoteo de ganado especialmente en zonas con pendientes pronunciadas, cuya severidad depende en gran medida del régimen de precipitación.

Figura 2a. Pastoreo de vacas. PNN Los Nevados



Figura 2b. Pastoreo de ovejas. PNN. Sumapaz



Verweij & Budde (1992) reportan algunas de las especies que se ven favorecidas por el pastoreo en el páramo de pajonal de la cordillera Central: *Taraxacum officinale*, *Poa subspicata*, *Calamagrostis coarctata*, *Lachemilla orbiculata*, *Poa annua*, *Veronica serpyllifolia*, *Lachemilla mandoniana*, *Rumex acetosella*, *Agrostis tolucensis*, *Ranunculus* sp., *Luzula racemosa* y *Bidens triplinervia*.

El pastoreo es un disturbio continuo altamente complejo, que tiene impactos directos e indirectos en las comunidades de plantas y animales. Los efectos directos del pastoreo incluyen: daño selectivo a plantas individuales por herbivoría (defoliación) y pisoteo, y alteraciones en la movilización de nutrientes (remoción por defoliación y retorno a través de excrementos y orina). La defoliación y el pisoteo alteran el balance competitivo entre las especies pastoreadas con respecto a las otras especies y cambian las oportunidades para el establecimiento de nuevas plantas.

El aspecto indirecto más importante del pastoreo y el más ampliamente reportado es su poderoso efecto para cambiar la composición y estructura de las comunidades, además de causar perturbación de los procesos del suelo y del agua, que tienen consecuencias en la disponibilidad de recursos (Molinillo 1992).

El mayor efecto del ganado en los individuos de las especies no se debe tanto a que se coman las plantas hasta su extinción sino más bien a la modificación de las habilidades competitivas o del éxito de reclutamiento de propágulos de una especie con respecto a otra. Al causar los disturbios pérdida del dosel de la vegetación, mortalidad diferencial de especies y de clases de edades en algunas poblaciones se generan dinámicas en la vegetación que se evidencian en cambios estructurales de la comunidad, tanto en su estructura vertical como en la horizontal (Pickett *et al.* 1989, Premauer 1999).

Impacto sobre la vegetación

En general, se ha encontrado que la biomasa aérea total de las comunidades vegetales disminuye de un 60% a 66% en localidades con alta presión de pastoreo. De igual forma la necromasa en pie, que en condiciones naturales constituye de 70% al 80% de la biomasa aérea total pasa a representar un porcentaje muy bajo. Para páramos secos (Hofstede 1995) y húmedos (Premauer 1999) se registra la disminución de la biomasa aérea y el incremento en la relación biomasa asimilatoria/necromasa.

En páramos venezolanos Molinillo (1992) reporta disminución de biomasa aérea. Posiblemente este fenómeno esté relacionado con la retroalimentación positiva del ganado al preferir sitios ya pastoreados y de esta forma no permitir la acumulación de necromasa (Hofstede *et al.* Hobbs y Huenneke 1992). En consecuencia, al aumentar el pastoreo disminuye la altura total, la diversidad de estratos y el biovolumen total (asimilatorio + necromasa). La proporción de biovolumen de necromasa y diversidad (H') de los estratos verticales disminuye con el incremento en el grado de disturbio, con lo cual se presenta un predominio cada vez mayor del estrato rasante (0 cm a 5 cm de altura) (Premauer 1999).

La vegetación que resulta después de fuegos repetidos y pastoreo intensivo es una alfombra de hierbas rasantes y pastos cortos con alta cobertura total y alta proporción de biomasa viva. Esto ocurre principalmente en los valles de origen glacial, los cuales casi siempre tienen pequeños ríos que los atraviesan o corrientes de agua subterránea que afloran en las áreas planas. Estas áreas son las que presentan un mayor grado de transformación y se reportan para otros tipos de ecosistemas pastoreados (Navie *et al.* 1996).

En la época seca el ganado se concentra en las fuentes de agua, aumentando el pisoteo y acelerando así la compactación del suelo. Además, es posible que la oferta de

forraje sea mayor en estas áreas y que exista una relación entre productividad ganadera y gradiente topográfico.

En el páramo la riqueza de especies de plantas se ve favorecida por intensidades intermedias de pastoreo, porque en áreas no pastoreadas las especies dominantes como las macollas de *Calamagrostis* spp. o los “chusques” *Chusquea tessellata* desplazan competitivamente a muchas otras. Por el contrario, en sitios muy pastoreados aumenta la dominancia de unas pocas especies, entre ellas la “plegadera” *Lachemilla orbiculata*, por lo cual disminuye la diversidad (Verweij 1995, Premauer 1999).

Especies vegetales positivamente relacionadas con este disturbio son generalmente herbáceas, de hábito rastrero, que presentan estolones o rizomas, pastos de porte pequeño y especies introducidas. En los parques naturales Los Nevados y Chingaza se encontraron especies introducidas como *Rumex acetosella*, “pasta oloroso” *Anthoxantum odoratum*, “diente de león” *Taraxacum officinale*. En Chingaza se encontró la especie introducida “trébol blanco” *Trifolium repens*.

La “plegadera” y otras herbáceas y pastos pequeños están entre las especies nativas que se presentan en ambos páramos, donde hay alto grado de disturbio (Premauer 1999, Verweij y Budde 1992).

Retomando la consideración general acerca del efecto del pastoreo podemos mencionar para los páramos colombianos – al menos aquellos que han sido estudiados hasta ahora– cinco aspectos responsables del proceso de transformación de las comunidades naturales en pastizales:

1. Mortalidad selectiva de especies del género *Espeletia*.
2. Cambios en la altura, fragmentación y aumento en las distancias de macollas y/o bambusoides.

3. Alteración de los procesos hídricos por efecto del pisoteo.
4. Cambios en las abundancias relativas de las especies.
5. Compactación del suelo y selección de las especies con rasgos de historia de vida que las hacen resistentes a pisoteo y herbivoría.

Regímenes de disturbio por fuego y pastoreo

Las prácticas ganaderas están íntimamente ligadas con el uso del fuego en las mismas zonas, por lo que muchos ecosistemas en el mundo presentan regímenes de disturbio que involucran ambas. El efecto de dichos regímenes difiere del que tienen cada uno de los disturbios por separado (Cleef 1981, Premauer 1999).

En el páramo el uso del fuego ligado a los sistemas de producción es una práctica reciente. Las quemas se realizan con el fin de obtener rebrotes tiernos para el ganado y preparar el terreno para cultivos de arveja, papa y/o haba. Los efectos de este régimen de disturbio se evidencian en diferentes escalas, desde la poblacional hasta el nivel de paisaje (Guhl 1968, Laegaard 1992, Hofstede y Rossenaar 1995).

El fuego tiene un fuerte impacto a nivel poblacional sobre la mortalidad de individuos de plantas en determinadas clases de tamaños (Verweij & Kok 1992, Premauer 1999). Posteriormente, el pisoteo del ganado afecta las plántulas y juveniles de muchas especies. La combinación de pastoreo intensivo más quemas produce una vegetación abierta con mucho suelo expuesto, bajo contenido de materia orgánica y una baja capacidad de retención de agua, por lo que es más sensible al pisoteo y no es apto para recolonización por elementos de la vegetación natural, que están adaptados para germinar en presencia de una vegetación más alta (Hofstede 1995, Hofstede *et al.* 1995).

Esto ocasiona la desviación o detención de la sucesión –regeneración de la vegetación según la intensidad y frecuencia del disturbio– (Vargas 2000).

El uso indiscriminado del fuego ha conformado tipos de vegetación en parches con diferentes grados de alteración, modificando las estructuras poblacionales de plantas y animales y cambiando las estructuras verticales y horizontales de las comunidades vegetales (Premauer 1999). En zonas relativamente no tan extensas se pueden encontrar áreas no quemadas hace varios años, áreas quemadas con relativa frecuencia, áreas recientemente quemadas y áreas con fuerte impacto de quemaduras y pastoreo. Todas estas zonas reflejan el patrón de quemaduras y pastoreo conformando así un mosaico de parches con diferentes intensidades de disturbio (Verweij 1995).

Cuando un parche acumula suficiente necromasa en su matriz de gramíneas y vuelve a ser quemado el fuego se detiene en otro parche que no ha acumulado suficiente necromasa (Laegaard 1992) o en barreras como ríos, carreteras o caminos (Vargas 2000).

En lugares muy disturbados por quemaduras recurrentes y pastoreo intensivo son eliminados los estratos arbustivo y herbáceo con consecuencias directas sobre las especies características y reducción en la cobertura de formas de vida como las macollas, que pueden desaparecer completamente al ser fragmentadas por el pisoteo, quedando los meristemos expuestos a la intensa luz UV-B y a temperaturas inferiores a los 0°C.

Así mismo ocurre la disminución de las especies perennes más que de las anuales, lo cual ha sido reportado por Hofstede (1995) y Verweij (1995) en el páramo, y por Van der Maarel y Titlyanova (1989) en estepas y praderas de pajonales en altas latitudes.

En el páramo de Chingaza, Posada y Cárdenas (1999) encontraron que el dis-

turbio por quema y pastoreo elimina los estratos arbustivo y herbáceo afectando principalmente a las especies dominantes que los conforman, como *Chusquea tessellata*, reduciendo también la cobertura de formas de crecimiento como las macollas y la vegetación a una alfombra de pastos cortos y hierbas rasantes (especialmente dicotiledóneas) capaces de tolerar el pisoteo continuo y el ramoneo, con alta cobertura total y alta proporción de biomasa viva (follaje especialmente).

Estos resultados son similares a los reportados por Hofstede *et al.* (1995) y Hofstede y Rossenaar (1995). Por otro lado, se ha encontrado que en regímenes moderados de estos disturbios la productividad total de la vegetación puede ser mayor que en vegetación no disturbada (Hofstede *et al.* 1995, Hofstede y Rossenaar 1995).

Premauer (1999) encontró que con el aumento del disturbio disminuyó el biovolumen total (suma de biovolumen de biomasa asimilatoria y biovolumen de necromasa). También hubo descenso en la altura, riqueza y equitatividad de los estratos verticales, y observó con mayor intensidad el patrón de distribución agrupado, posiblemente relacionado con las especies que se reproducen vegetativamente.

Disturbios por agricultura

El cultivo de papa es el principal impacto de la agricultura en el páramo (figura 3). Actualmente se presenta un progresivo avance de la frontera agrícola que está transformado extensas áreas de páramo, y su intensificación implica utilización de maquinaria agrícola y de insumos químicos para fertilización, y pesticidas para el control de plagas.

La utilización de maquinaria para estos cultivos conlleva una alteración profunda del suelo, mientras que su extensión y demanda de insumos requiere de enormes cantidades de agua para riego, y genera grandes canti-

dades de contaminantes al suelo y al agua. Adicionalmente, el carácter intensivo de este tipo de agricultura determina que las parcelas utilizadas sean excluidas de los ciclos de

regeneración natural por períodos de tiempo mucho más largos, seguramente comprometiendo la recuperación potencial de esas tierras.

Figura 3. Agricultura de papa en el páramo de Chisacá



El cultivo de la papa consume grandes cantidades de fertilizantes compuestos (30 a 40% del total del consumo nacional), y se considera el de mayor demanda de insecticidas y de fungicidas, y el segundo después del café en uso de fertilizantes. La fertilización incluye prácticas de abonado orgánico, gallinaza, urea, abonos químicos y también cal, como medida para contrarrestar la acidez del suelo.

Generalmente se presenta una sobredosis de nutrientes, desbalance catiónico, pérdidas por lavado, modificación de la composición microbiana del suelo y contaminación de los recursos de agua.

La aptitud de uso de los suelos de páramo está limitada por las mismas características del suelo: una fertilidad natural media a baja, acidez marcada, alta retención de humedad (especialmente en páramos húmedos), alta susceptibilidad al deterioro y baja temperatura edáfica, lo que implica una actividad biológica lenta (Malagón y Pulido 2000). Las actividades agrícolas en las zonas de páramo son entonces onerosas, pues requieren la inversión de grandes cantidades de dinero en la corrección de la acidez y en la adición de fertilizantes ricos en N, P, K y elementos menores (Malagón y Pulido 2000)

Disturbios por minería

Los diferentes tipos de minería tienen un efecto catastrófico en los páramos (figura 4), dada su fragilidad, sus bajas tasas de re-

cuperación y, sobre todo, el impacto sobre la red hídrica conformada por suelos, lagunas, ríos, cubetas, turberas, humedales estacionales y aguas subterráneas.

Figura 4. Minería a cielo abierto en un páramo de Ecuador



Los páramos son ecosistemas de mucho valor ecológico por sus servicios ecosistémicos: agua, y suelo (acumulación de carbono) y por su biodiversidad (de las montañas del mundo los páramos andinos son los más ricos en especies de plantas). Podríamos decir que los páramos en su conjunto son uno de los ecosistemas del mundo con mayor heterogeneidad ambiental.

Los principales impactos de la minería sobre los páramos son los siguientes:

1. Alteraciones y destrucción de la dinámica hidrológica a escala local y regional.

El valor más importante del páramo es su función hídrica y su valor de uso direc-

to e indirecto. La heterogeneidad ambiental del páramo, producto de su herencia glacial, modeló una compleja red hídrica que funciona a escalas locales y regionales alimentando grandes y pequeñas cuencas hidrográficas.

La minería, al alterar la topografía y las unidades geomorfológicas, destruye a escala local y regional el suministro hídrico. Las actividades mineras (como en el caso de la extracción de oro) disminuyen los caudales, y junto con los cambios estacionales pueden llevar a que los acueductos regionales no logren responder a la demanda de agua, lo cual en un escenario de cambio climático puede ser desastroso.



2. Impactos sobre el suelo y su capacidad de almacenamiento hídrico.

La destrucción total de los suelos y su compactación por la utilización de maquinaria pesada, especialmente en la minería a cielo abierto, reduce drásticamente su capacidad de almacenamiento de agua y por consiguiente aumenta la escorrentía superficial, la erosión y sedimentación, lo cual tiene un gran impacto sobre las cuencas y acueductos locales.

3. Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Incluye contaminación por metales pesados usados como parte de las técnicas mineras. Las rocas no solo contienen el mineral que se explota sino también sulfuros que producen ácidos; si estas rocas se mineralizan pueden producir metales y químicos potencialmente tóxicos como arsénico, antimonio, mercurio, cobre, plomo y selenio, los cuales se liberan en medios ácidos.

Todas estas sustancias producen lo que se conoce como el drenaje ácido de mina, contaminación por sedimentos y otros materiales particulados, producto de la remoción de tierras y otras actividades. Todos estos procesos pueden persistir por mucho tiempo después de que se abandona la mina. Los residuos que quedan permanecen para siempre y si no hay un tratamiento especial los contaminantes químicos serán liberados tarde o temprano.

En las explotaciones de oro los residuos con cianuro son acumulados y tarde o temprano llegarán a las fuentes de agua de consumo humano.

El problema de las explotaciones mineras a cielo abierto es que requieren de mucha agua para procesar las toneladas de roca que se van a explotar, esto puede cambiar el régimen hidrológico local y regional. Se pueden secar lagunas, ríos y acabar con todos los humedales estacionales al bajar el

nivel freático, además de producir un gran impacto social por la disminución y contaminación del agua.

Esta contaminación es difícil de controlar en ecosistemas de montaña por el escurrimiento de aguas y por su difusión en la red hídrica, conformada principalmente por el agua de lagunas y ríos que baja de acuerdo con la estacionalidad de las lluvias. Actualmente hay que tener en cuenta que con el cambio climático los fenómenos extremos de precipitación pueden arrastrar sedimentos y contaminantes peligrosos.

4. Impactos sobre la diversidad y las dinámicas del ecosistema.

Incluye la destrucción de hábitats y fragmentación del ecosistema, lo cual en el páramo puede tener mayor impacto sobre la fauna y flora por ser islas biogeográficas con muchos endemismos locales. Esta fragmentación y pérdida de hábitats altera procesos como polinización, produce cambios en las redes tróficas y puede favorecer la aparición de especies invasoras que extinguen localmente a especies nativas.

5. Impactos socioeconómicos y culturales.

Cambios en las estructuras sociales y culturales y llegada de problemas sociales no previstos. El mayor impacto sobre las comunidades está relacionado con los servicios ambientales a poblaciones locales y regionales, como puede ser la contaminación, sedimentación, disminución de las fuentes de agua, lo cual puede tener consecuencias impredecibles.

En general los disturbios por minería, unidos a disturbios ya existentes por expansión de la ganadería y agricultura pueden causar la destrucción total de los páramos.

Disturbios por plantaciones de especies forestales

Las plantaciones de especies forestales como pinos (*Pinus patula* y *Pinus radiata*) tienen un gran impacto en el páramo pues destruyen totalmente el suelo y la vegetación (Hofstede *et al.* 1998), (figuras 5a, 5b y 5c).

Figura 5a. Plantaciones de pino en el páramo



Figura 5b. Mortalidad de plantas de páramo en plantaciones de pino



Figura 5c. Forestación, páramo de Rabanal



En general para muchos ecosistemas del mundo, y en particular para el páramo, el impacto de las plantaciones de pinos es el siguiente (Lips y Hofstede 1998, Pinzón y Corzo 2009):

1. La hojarasca producida por los pinos (capa de acículas) inmoviliza los nutrientes reduciendo la capacidad de desarrollar procesos de reciclaje en los suelos, esto sumado a los requerimientos nutricionales de los pinos hace que la fertilidad de los suelos baje. En general los suelos se vuelven ácidos, secos y sin materia orgánica. Al perder la materia orgánica se pierde la capacidad de retención de agua.
2. El suelo también se acidifica como producto de las resinas que producen las raíces de los pinos.
3. Se afecta el patrón de distribución del agua, así como la cantidad que llega a los ríos, lagunas, turberas. Al cambiar totalmente la estructura y función del páramo la función hidrológica se pierde totalmente.
4. Disminuye la oferta de hábitats para la fauna: los pinos no ofrecen ningún tipo de hábitat para la fauna del páramo.
5. Baja luminosidad debida a la forma de las copas de los árboles y a la cantidad de acículas que caen al suelo, impidiendo el crecimiento de otras especies.
6. Reducción en la germinación, establecimiento y crecimiento de otras especies, debido al enterramiento de semillas bajo la densa hojarasca, baja luminosidad y alteración total de los requerimientos nutricionales de las especies nativas.
7. Los pinos contribuyen al cambio del régimen de fuegos del páramo. Son especies que se queman fácilmente en la época seca y for-

man incendios subterráneos, de superficie y de dosel.

Disturbios por especies invasoras

La invasión de especies al páramo es una consecuencia de toda la sumatoria de disturbios por quemas, ganadería, agricultura y construcción de carreteras. Las especies invasoras son oportunistas de disturbios y al encontrar áreas abiertas las colonizan rápidamente, ejemplo de ello es el retamo espinoso (figura 6), que amenaza principalmente los páramos secos. Pastos invasores reconocidos actualmente son el kikuyo (*Penisetum clandestinum*) y la falsa poa (*Holcus lanatus*). Otro pasto que está iniciando su invasión es el gordura o yaragua (*Melinis nutiflora*).

Una de las predicciones del cambio climático es que al cambiar la temperatura las especies invasoras pueden aumentar su rango, pues son las únicas adaptadas a eventos climáticos extremos, en este caso, a bajas y altas temperaturas en la estación seca, y alta humedad en la estación de lluvias.

Es muy importante iniciar el monitoreo de las plantas invasoras en los páramos y programas de erradicación, contención y control. Hasta el momento no hay ningún estudio de evaluación de las especies invasoras de plantas y animales en los páramos.

Figura 6. Invasión de retamo espinoso en el páramo



Disturbios por cambio climático

El cambio climático lo podemos considerar un disturbio de gran escala, que ya está teniendo sus efectos al interactuar con otros disturbios como el fuego. El aumento de la frecuencia anual de fuegos naturales y antrópicos en los páramos es un hecho. Las lluvias torrenciales, causadas por este fenómeno, aumentan las tasas de erosión y sedimentación, y junto con la minería, las quemadas y la agricultura son actualmente un proceso de gran escala en la degradación de los páramos.

Se dice que en escenarios de aumento de la temperatura las especies de formas de vida arbórea pueden ocupar el páramo; sin embargo, lo que estamos viendo actualmente es un aumento de las invasiones de especies de plantas arbustivas, que se están desplazando desde hace mucho tiempo en el gradiente altitudinal. Un ejemplo de esto es el retamo espinoso, que fue introducido en el altiplano de Bogotá hace aproximadamente unos sesenta años; esta especie ya se ha detectado a 3500 m s.n.m., en el páramo de Guerrero.

En un escenario de cambio climático estas especies introducidas pueden ocupar el páramo y causar que la forma arbórea no sea de especies nativas sino de invasoras como acacias, pinos y eucaliptos.

La mayoría de estudios mencionan los impactos que puede tener el cambio climático sobre el balance hídrico y el almacenamiento de carbono del páramo. Un aumento de temperatura puede liberar el carbono almacenado en los suelos, y la combinación de quemadas, pastoreo y altas temperaturas y precipitaciones puede causar la degradación acelerada de los suelos.

Al aumentar la temperatura en el gradiente altitudinal los cultivos de papa se verán favorecidos, lo mismo que el pastoreo de ganado, que junto con las gramíneas invasoras terminarán ocupando muchos páramos.

Actualmente se está presentando en los páramos mucha mortalidad de individuos de frailejón por diferentes causas: cambios en las redes tróficas, aumento de plagas, entre otros. En escenarios de cambio climático este problema puede ser mucho más grave (figura 7).

Figura 7. Mortalidad de frailejones, PNN. Chingaza



Conclusiones

Los páramos son islas biogeográficas de herencia glacial con una altísima heterogeneidad ambiental. Su carácter de isla los hace muy diferentes unos de otros, tanto en su distribución altitudinal (asimetría hipsométrica), como en climas de mucha variabilidad y en sus precipitaciones. Son ecosistemas de gradientes altitudinales, hídricos, climáticos, de nutrientes, de especies. Los páramos evolucionaron bajo un régimen de estrés y por su carácter de isla con un régimen de disturbios de baja frecuencia. Todas estas características los hace un ecosistema frágil.

Para delimitar los páramos en escenarios de gradientes y disturbios hay que tener en cuenta los siguientes aspectos.

1. El páramo hace parte del bioma de montaña, esto implica una relación en el gradiente bosque-páramo (subpáramo, páramo propiamente dicho y superpáramo).

2. Entre el límite superior del bosque y el inicio del páramo se presenta lo que Guhl (1975) denominó el segundo cinturón de nubes ecuatoriales, en donde se presentan generalmente los bosques de niebla (de 3000 a 3200 y 3300 m s.n.m.). Este gradiente es de una inmensa riqueza hídrica que es necesario proteger.
3. Los disturbios antrópicos han producido un fenómeno denominado paramización, que se refiere a la ocupación del páramo en áreas donde existió el bosque. Lo que encontramos actualmente en la franja del segundo cinturón de nubes ecuatoriales desde aproximadamente los 3000 m es un mosaico de relictos de bosques, matorrales de subpáramo y pajonal-frailejónal. Esta combinación de tipos de vegetación tiene una alta diversidad de especies y cumple actualmente la función hídrica del gradiente original, a pesar de la destrucción del gradiente bosque-páramo por la ganaderización y los cultivos de papa.

Estos mosaicos de vegetación son las coberturas vegetales que protegen el suelo de las fuertes lluvias que ocurren en esta franja y que captan la precipitación horizontal. En un escenario de cambio climático y sin coberturas vegetales protectoras la erosión y pérdida de suelo aumentaría de una manera dramática.
4. En términos de servicios ecosistémicos lo que realmente cuenta son las cuencas hidrográficas; la mayoría de ellas se forman en el páramo y se nutren en el gradiente bosque-páramo.
5. El gradiente bosque-páramo no debe delimitarse como una línea sino como una franja, que varía según la vertiente y las condiciones locales. Esta franja debe establecerse con diferentes criterios que tengan en cuenta el sistema natural y el sistema social, pero ante todo la protección de las fuentes hídricas.
6. Todos los páramos son de gran importancia para garantizar la sostenibilidad de las actividades humanas, pero los páramos húmedos deben tener esquemas más fuertes de protección. La franja bosque de niebla-páramo húmedo debe conservarse en su totalidad.
7. Es necesario proteger los páramos con sectores de herencia glacial en donde es evidente la relación lagunas, turberas, cubetas, ríos y cascadas. Los páramos con herencia glacial son posiblemente los ecosistemas de más heterogeneidad ambiental y por consiguiente de alta biodiversidad.
8. La franja con mosaicos de vegetación (bosque-páramo) deben mantenerse pues son sistemas muy ricos en especies en los que es evidente la relación de regulación hídrica y captación de precipitación horizontal.
9. Los gradientes altitudinales completos bosque-páramo deben tener medidas de protección especiales.
10. La minería no debe permitirse en áreas de montaña por su gran impacto ambiental y social.
11. Un régimen de disturbios con quemadas, agricultura, ganadería y minería destruye toda la red hídrica de los páramos.
12. Es muy importante que se inicie el monitoreo de las especies invasoras en los páramos y se establez-

can programas de erradicación y control.

13. La ganadería en ladera no debe permitirse en ningún sector de montaña porque aumentan las tasas de erosión, y la frecuencia de derrumbes y tragedias humanas.
14. Colombia es un país de montañas y es necesario garantizar la sostenibilidad de las actividades humanas. Sin un ordenamiento de las montañas Colombia no será viable.

Referencias

- Cardoso, H. y M. Schnetter. 1976. Estudios Ecológicos en el Páramo de Cruz Verde, Colombia III. La biomasa de tres asociaciones vegetales y la productividad de *Calamagrostis effusa* (HBK) Steud y *Paepallanthus columbiensis* Ruhl. en comparación con la concentración de clorofila. *Caldasia*. XI (54): 85 - 91.
- Cleef, A. 1981. The vegetation of the paramos of the Colombian Cordillera Oriental. *Diss. Bot.*, 61: 1 – 321.
- Collins, S. 1987. Interaction of disturbances in Tallgrass prairie: a field experiment. *Ecology*, 68(5): 1243 – 1250.
- Fox, J. 1981. Intermediate levels of soil disturbance maximize alpine plant diversity. *Nature* 293: 564 – 565.
- Guhl, E. 1968. Los páramos circundantes de la Sabana de Bogotá. Su ecología y su importancia para el régimen hidrológico de la misma. *Colombia Geográfica*, 9: 195 – 212.
- Guhl, E. 1975. Colombia: Bosquejo de su geografía tropical. Tomo I. Biblioteca Básica colombiana. Instituto Colombiano de Cultura.
- Hobbs, R. y L. Huennecke. 1992. Disturbance, Diversity and Invasion: Implications for conservation. *Conservation Biology* 6: 324-337.
- Hofstede, R. y H. Witte. 1993. An evaluation of the use of the dry-weight-rank and the comparative yield biomass estimation methods in páramo ecosystem research. *Caldasia* 17(2): 205 - 210.
- Hofstede, R. 1995. The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in Colombian páramo grasslands. *Plant and Soil*, 177(3): 111 – 132.
- Hofstede, R., M. Mondragón y C. Rocha. 1995. Biomass of grazed, burned and undisturbed páramo grasslands, Colombia. I. Aboveground vegetation. *Artic and Alpine Research*, 27 (1): 1 – 12.
- Hofstede, R. y J. Rossenaar. 1995. Biomass of grazed, burned and undisturbed páramo grasslands, Colombia. II. Root mass and aboveground: Belowground ratio. *Artic and Alpine Research*, 27(1): 13 – 18.
- Hofstede, R., J. Lips, W. Jongsma y Y. Sevink. 1998. Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador. Ediciones Abya-Yala.
- Horn, S. 1989. Prehistoric fires in the Chirripó Highlands of Costa Rica: sedimentary charcoal evidence. *Revista de Biología Tropical*. 37(2): 139 – 148.
- Keeley, J. 1981. Reproductive cycles and fire regimes. In: *Proceedings of Conference: Fire Regimes and Ecosystem Properties*. General Technical Report WO - 26. U.S. Department of Agriculture.
- Laegaard, S. 1992. Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador. En: Balslev, H y Luteyn, J. (Eds) *Páramo an Andean Ecosystem under Human Influence*. Academic press. England.
- Lips, J. y R. Hofstede. 1998. Impactos ecológicos de plantaciones forestales. En: Hofstede, R., J. Lips, W. Jongsma y Y. Sevink. 1998. *Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador*. Ediciones Abya-Yala. Quito, Ecuador.
- Malagón, D. y C. Pulido. 2000. Suelos del Páramo Colombiano. En: Rangel, O. (Ed.). *Colombia Diversidad Biótica III. La Región de Vida Paramuna*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá, Colombia. pp. 37-84.
- Molinillo, M. 1992. Pastoreo en Ecosistemas de Páramo: Estrategias culturales e impacto sobre la vegetación en la Cordillera de Mérida, Venezuela. Tesis de Maestría, Postgrado de Ecología Tropical. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. 192 p.
- Navie, S., R. Cowley y R. Rogers. 1996. The relationship between distance from water and the soil seed bank in a grazed semi-arid subtropical rangeland. *Australian Journal of Botany*, 44: 421 – 431.
- Noble, I. y R. Slatyer. 1980. The use of vital attributes to predict successional change in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio* 43: 5 – 21.
- Pickett, S. y P. White (Eds). 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press Inc., San Diego, California, 472 pp.
- Pickett, S., J. Kolasa, J. Armesto y S. Collins. 1989. The concept of ecological disturbance and its expression at various hierarchical levels. *OIKOS*, 54: 129 – 136.
- Pinzón, L. y L. Corzo. 2009. Plantaciones de especies forestales exótica: revisión y síntesis. En: O. Vargas, O. León y A. Díaz (eds.). *Restauración ecológica en zonas invadidas por retamo espinoso y plantaciones forestales de especies exóticas*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Posada, C. y C. Cárdenas. 1999. Banco de semillas germinable de una comunidad vegetal de páramo sometida a quema y pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza), Trabajo de Grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Premauer, J. 1999. Efecto de diferentes regímenes de disturbio por quema y pastoreo sobre la estructura horizontal y vertical de la vegetación del páramo (Parque Nacional Natural Chingaza), Tesis, Departamento de Biología, Universidad Nacional.
- Ramsay, P. y E. Oxley. 1996. Fire temperatures and post fire plant community dynamics in Ecuadorian grass paramo. *Vegetatio* 124: 129-144.
- Reice, S. 1994. Nonequilibrium, determinants of biological community structure. *American Scientist*, 82: 424 – 435.
- Van der Hammen, T. 1988. South America. Pp 307 - 337. En: B. Hutley y T. Webb III (eds.). *Vegetation History*. Kluwer Academic Publisher.
- Van der Hammen, T. y A. Cleef. 1986. Development of the high andean páramo flora and vegetation. En: F. Vuilleumier y M. Monasterio (eds). *High Altitude Tropical Biogeography*. Oxford University Press. pp. 153-201.
- Van der Hammen, T. 1992. *Historia, Ecología y Vegetación*. Fondo FEN, Corporación Araracuara. Banco Popular, Bogotá.
- Van der Maarel, E. 1988. Vegetation dynamics: patterns in time and space. *Vegetatio*, 77: 7 – 19.
- Van der Maarel, E. y A. Titlyanova. 1989. Above-ground and below-ground biomass relations in steppes under different grazing conditions. *OIKOS*, 56: 364 – 3770.
- Vargas, O. 1997. Un modelo de sucesión regeneración de los páramos después de quemadas. *Caldasia*, 19 (1 – 2): 331 – 345.
- Vargas, O. 2000. Sucesión – Regeneración del páramo después de quemadas. Tesis de Maestría, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O., J. Premauer y C. Cárdenas. 2002. Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. *Sociedad Venezolana de Ecología, ECOTROPICOS* 15(1): 35-50.
- Veblen, T., K. Hadley, E. Nel, T. Kitzberger, M. Reid y R. Villalba. 1994. Disturbance regime and disturbance interactions in a Rocky Mountain subalpine forest. *Journal of Ecology*, 82: 125 – 135.
- Verweij, P. 1995. Spatial and temporal modelling of vegetation patterns. Burning and grazing in the paramo of Los Nevados National Park, Colombia. Ph.D dissertation, University of Amsterdam. 233 pp.
- Verweij, P. y P. Budde. 1992. Burning and grazing gradient in páramo vegetation. En: H. Balslev y J. L. Luteyn (Eds). *Paramo. An andean ecosystem under human influence*. Academic Press, pp: 177 – 195.
- Verweij, P. y K. Kok. 1992. Effects of fire and grazing of *Espeletia hartweiana* populations. En: H. Balslev y J. Luteyn (Eds). *Paramo. An andean ecosystem under human influence*. Academic Press, pp: 215 – 229.
- Whelan R. 1995. *The Ecology of Fire*. Inglaterra, Cambridge University Press.
- Wootton, T. 1998. Effects of disturbance on species diversity: a multitrophic perspective. *American Naturalist*, 152: 803 – 825.



Aspectos genéticos y funcionales de los suelos de alta montaña en Colombia

Jorge Alberto Sánchez Espinosa¹

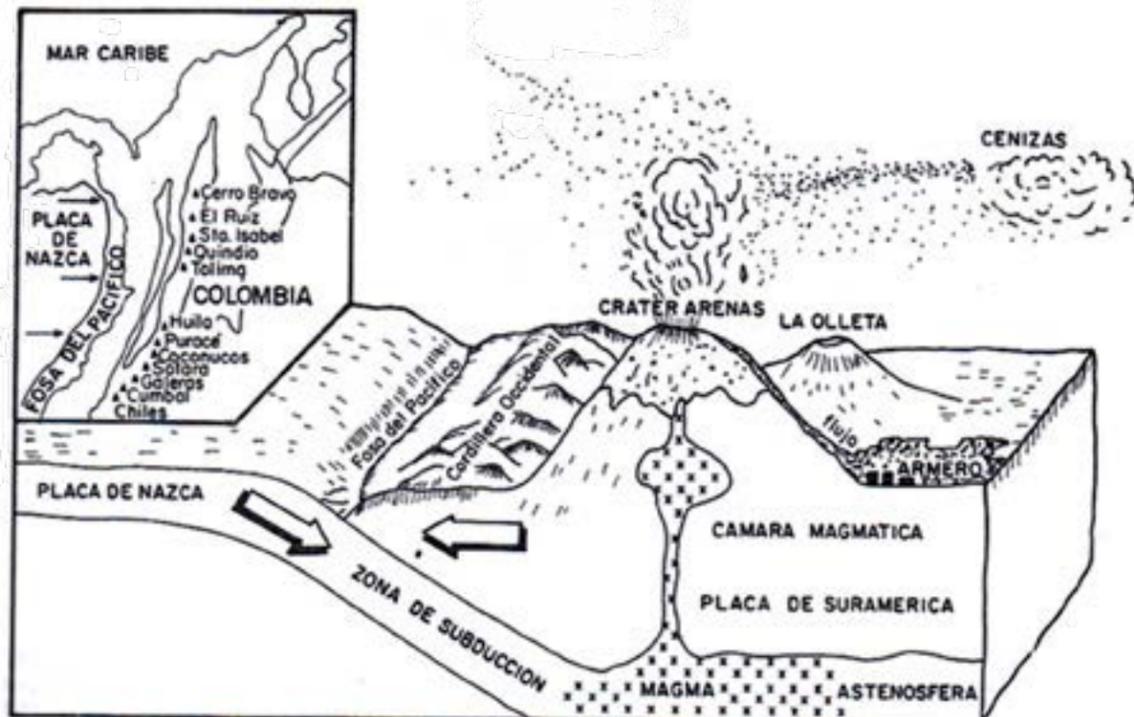
Introducción

Colombia está en lo que conocemos como el “Círculo de Fuego del Pacífico”, que concentra las zonas de actividad tectónica y volcánica a lo largo de la costa occidental de todo el continente americano, se extiende a través de las islas Aleutianas, hacia abajo de la península de Kamchatka en Rusia, de un lado a otro de Japón, Filipinas e Indonesia, a través de Papúa Nueva Guinea, islas Salomón y Vanuatu, y otras islas del Pacífico hasta Nueva Zelanda (Soil Survey Staff 1999).

El país está rodeado de varias placas tectónicas activas, entre las cuales se tienen las de Nazca, Cocos y la del Caribe, las cuales han contribuido a la formación de la alta montaña cordillerana. Si no hubiese sido por esta dinámica tectónica no existiríamos como país, nos debemos al choque de estas placas tectónicas que han producido la elevación de nuestras cordilleras y la formación posterior de estos ecosistemas. En el esquema tectónico de la formación cordillerana son las zonas de subducción su principal causa; la placa de Nazca se está metiendo por debajo de la placa Suramericana (figura 1).

¹ Agrólogo y antropólogo. Magister en suelos. Candidato a doctorado en suelos. Coordinador Laboratorio Nacional de Suelos Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Docente Universidad Santo Tomás - VUAD. jasanchez@igac.gov.co

Figura 1. Zona de subducción y actividad volcánica en Colombia. Fuente: IGAC (1996)



Este efecto ha generado la formación de la alta montaña en Colombia y su deformación geotectónica en la que la placa de Nazca ha contribuido fuertemente a la formación de los sistemas cordilleranos alto andinos. El retoque glaciar y volcánico (ceniza volcánica) también ha sido fundamental en este modelado y, como consecuencia de todo esto, en la arquitectura morfológica de los ambientes paramunos la formación de valles en forma de 'u' o cóncavos, las relaciones de tipo geológico referidas principalmente a la litología y estructuras predominantes en los relieves iniciales ligados a los procesos endógenos (tectodinámicos) que los originaron han contribuido verdaderamente a que se hayan formado grandes cuencas altas receptoras y almacenadoras de agua.

Por tal motivo las relaciones topográficas se deben considerar al nivel de macrorrelieve o regional y reconocerse que las relaciones espaciales tienen que ver con la disposición del ecosistema en el contexto medioambiental.

En Colombia las tres cordilleras se formaron en tiempos diferentes, así: la cordillera Central, la más antigua, a partir del Paleozoico superior; la Occidental a finales del Cretáceo, y la Oriental, la más reciente, a partir del Mioceno, alcanzando su conformación actual durante el levantamiento plioleistocénico. La actividad volcánica ha sido prácticamente permanente, al igual que la producción de sedimentos por erosión, a medida que la cordillera aumenta en altura, bajo la acción continua, variable y cambiante del clima. Estos fenómenos han modificado la apariencia externa de la cordillera andina y el vulcanismo ha sido especialmente importante para explicar la presencia de muchos suelos.

De acuerdo con el IGAC (1982) los Andes colombianos pueden dividirse geológicamente en dos amplios dominios: el occidental y el oriental, separados aproximadamente por una línea que se prolonga al oriente de la cordillera Central. La impor-



tancia de dicha diferenciación estriba en que permite agrupar al occidente rocas ultra-máficas y productos del vulcanismo máfico del Cretáceo afectados en su evolución estructural por la tectónica de placas, y al oriente los productos de la corteza continental, con características de miogeosinclinal, integrados por series sedimentarias del Triásico y del Jurásico y otras marinas del Cretáceo.

La influencia de los materiales piroclásticos, en particular cenizas y lapilli, es que modifica y disminuye la importancia del sustrato litológico en todas aquellas áreas donde dicha actividad haya sido importante. Por otra parte, dichos materiales condicionan fenómenos erosivos asociados a los efectos del agua y de la pendiente, al aumentar la

inestabilidad de las laderas, situación que padece el país año tras año durante las épocas de alta pluviosidad.

El paisaje geomorfológico de los páramos

El ambiente geomorfológico contribuye a entender las relaciones genéticas de los suelos en cuanto a su origen y evolución, lo que permite tener una mayor perspectiva de su dinámica espacial y temporal, ya que a partir de la morfogénesis se pueden determinar los criterios asociados ya no solo con la geoforma misma sino con el suelo desarrollado sobre ella (Cortés *et al.* 1984).

La geomorfología es fundamental para poder explicar la dinámica y formación de lo que tenemos hoy y lo que se conoce como páramos; el clima y el material parental determinan, a su vez, el contenido pedológico. La alta montaña incluye las culminaciones altitudinales de las cordilleras andinas por encima de los 3200 metros, cuya principal característica geomórfica se relaciona con el modelado glaciar heredado y la actividad volcánica.

De acuerdo con Van der Hammen (1992) los relieves modelados por antiguos glaciares de montaña, relacionados con el periodo de los últimos 130000 años del Cuaternario, corresponden al ciclo del último interglacial-glacial-interglacial, alrededor de 70000 años AP. Según el investigador, es evidente un primer gran periodo frío del último glacial, "Peniglacial temprano", en el cual los glaciares se extendían hasta alturas inferiores al límite actual de las nieves.

Estudios recientes de la secuencia de morrenas en la cordillera Central colombiana han puesto en evidencia que allí está presente una secuencia similar a la de la cordillera Oriental. Adicionalmente se han encontrado vestigios muy antiguos de morrenas, posiblemente de la parte temprana del último glacial, o de la edad del penúltimo glacial.

"La presencia de cenizas volcánicas alternando con suelos antiguos (paleosoles) sobre diferentes morrenas, proveen una excelente forma de datar" (Van der Hammen 1992). Según Oppenheim (1940) y Van der Hammen (1957), en el páramo de Sumapaz se han presentado varios eventos de glaciación, con los cuales se puede asignar una edad del Pleistoceno a las morrenas que se presentan. Helmes (1990) distingue cuatro "complejos" de morrenas diferentes, que del más reciente al más antiguo son así: Complejo 4, formado cerca de 13000 a 12400; Complejo 3, formado cerca de 18000 a 14000; Complejo 2, formado cerca de 22500 a 19500; Complejo 1, formado durante el Pleniglacial medio.

El paisaje geomorfológico de los páramos corresponde a montañas escarpadas modeladas por el deshielo del último glacial, que formaron valles en "u" y depósitos morrénicos laterales, caracterizados por materiales de diferentes tamaños y formas subredondeadas. La fuerte acción tectónica, al disponer en distinta forma los estratos mediante levantamientos, plegamientos y fallamientos, dio origen a los diferentes tipos de relieve glacio-estructurales-volcánicos, que fueron modelados por procesos glaciares y periglaciares.

Hoy en día, como evidencia de ese modelado se encuentran cumbres, glaciares coluviales y vallecitos en forma de "u", ubicados a más de 3200 m s.n.m. Los materiales parentales que conforman el andamiaje arquitectónico de este gran paisaje son rocas sedimentarias en la cordillera Oriental e ígneas y metamórficas en la cordillera Central, recubiertas en ambas por mantos de ceniza volcánica de diferente espesor.

En este lugar se representa un sistema orogénico importante para toda la región andina de Colombia, tanto por su amplitud y altitud, como por ser áreas productoras de agua y de una gran belleza escénica.

El relieve montañoso estructural-glaciárico-denudativo de la cordillera Oriental corresponde al relieve montañoso fuertemente escarpado, modelado por el deshielo del último glacial. Se destacan en él valles en "u", artesas, circos, lagunas, valles glaciáricos, espinazos y cuevas homoclinales, con o sin ceniza volcánica; sus suelos son superficiales limitados por roca y colonizados por vegetación típica de páramo.

El ecosistema de páramo se encuentra en las cimas de las cordilleras andinas, en altitudes que superan los 3200 metros, con temperaturas entre 4°C y 8°C y precipitación media anual entre 500 y 2000 mm. Ocupa las geoformas denominadas espinazos, crestas y escarpes mayores dentro del paisaje montañoso, en un relieve fuertemente quebrado



a fuertemente escarpado, con laderas de pendientes mayores de 25%, medias y largas y rectilíneas, y en algunos sectores ligeramente convexas; pendientes superiores al 75% caracterizan los escarpes mayores y afloramientos de roca, que se distribuyen en diferentes sectores de este paisaje.

La litología del páramo en la cordillera Oriental se caracteriza por una alternancia de materiales duros y blandos; los primeros compuestos por la arenisca de la formación Guadalupe, una roca porosa receptora de agua que la retiene y la mantiene, constituyendo un gran recurso hidrogeológico, debido a la gran precipitación en estas zonas altas. En los grandes valles en forma de "u" se conforma una serie de artesas glaciáricas, que son sitios donde se establecen grandes depósitos de agua y se desarrollan

suelos un poco más profundos; alrededor se presentan relieves inclinados denominados espinazos y cuchillas, que son los que circunscriben a estas grandes áreas captadoras de agua.

En estos ambientes también se encuentran grandes ollas glaciáricas, denominadas artesas, que recogen toda el agua que llega por precipitación y por la alta humedad relativa; allí se forman a su vez cojines y zonas de turberas conformando grandes reservorios de agua.

Como consecuencia de este gran retoque glacial y volcánico (ceniza volcánica) y por su diseño arquitectónico geomorfológico los páramos son lo que se han denominado verdaderas "fábricas de agua naturales".

Génesis y evolución de los suelos

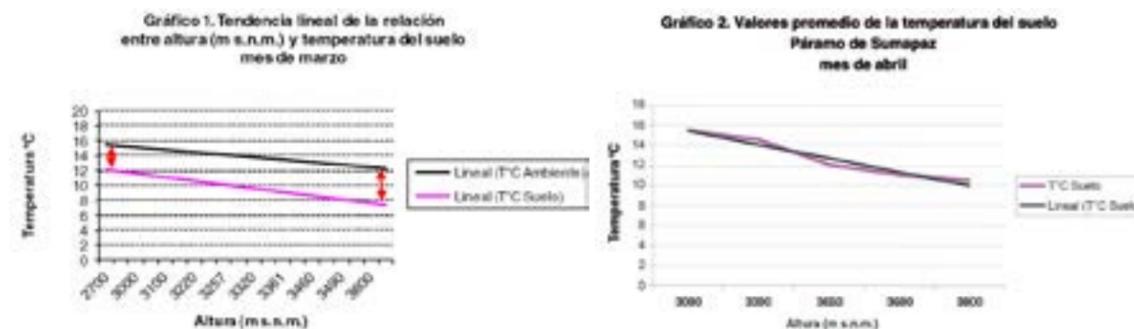
En las áreas de la alta montaña andina (altura superior a los 3200 m s.n.m.), donde las condiciones climáticas se caracterizan por temperaturas muy frías y permanente humedad, los suelos se han desarrollado a partir de una gran variedad de materiales geológicos, por lo cual su pedogénesis, sus propiedades y la distribución espacial son heterogéneas. Se encuentran suelos muy variados que fluctúan desde los escasamente evolucionados y muy superficiales a los de mayor evolución y profundidad, escasos en bases y con niveles variables de materia orgánica, o aquellos con propiedades ándicas, con un rango grande en su génesis y evolución, pero igualmente desaturados y con porcentajes variables de carbón orgánico. Hay también suelos de naturaleza orgánica, en los que los restos orgánicos evidencian diferentes grados de maduración.

Temperatura y algunas características hidrológicas de los suelos de páramo

En el proyecto “Caracterización y Zonificación de Ecosistemas de Alta Montaña, Páramos Caucanos” (Sánchez 2006), que se realizó mediante convenio interinstitucional entre el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Corporación Autónoma Regional del Río Cauca (CRC) en el año 2004, se tomaron datos de temperatura, tanto del ambiente como del horizonte A de los suelos.

Los resultados evidenciaron que los datos de las temperaturas se hacen mucho más fríos (figura 2) a medida que ascienden los suelos. Situación similar se ha encontrado en el páramo de Sumapaz, pero con la variante de que allí las menores temperaturas están entre los 9°C y 10°C, mientras que en las áreas estudiadas de los páramos caucanos las menores temperaturas oscilan entre 7.5°C y 8°C.

Figura 2. Tendencia lineal de la relación entre altura y temperatura de los suelos de los páramos caucanos (Sánchez 2006) y valores promedio de la temperatura del suelo en el páramo de Sumapaz (Pinzón 1989)



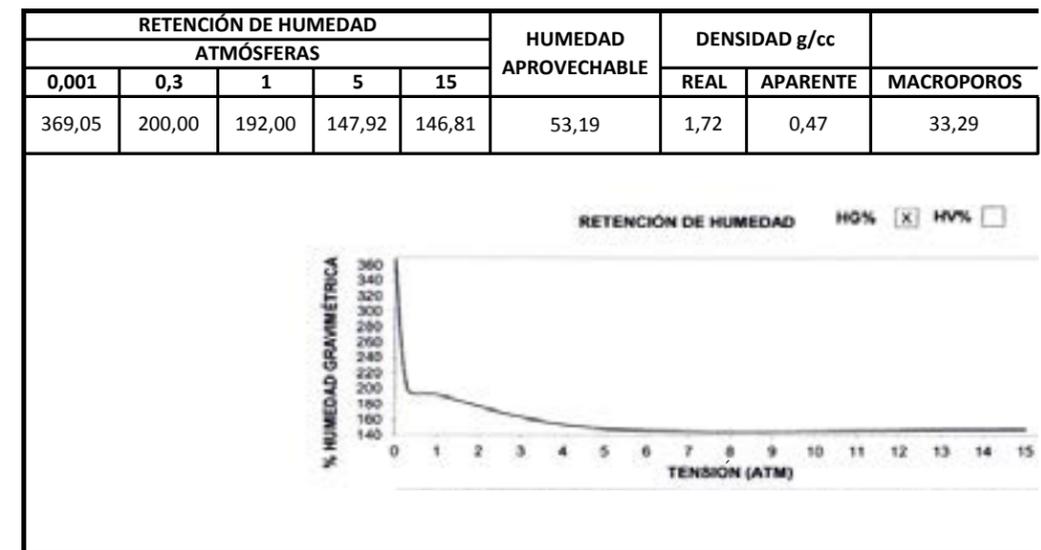
En estas condiciones y de acuerdo con Figueroa *et al.* (2002) las reacciones químicas que tienen lugar en el suelo y en la planta ocurren con mucha menor velocidad, y los procesos físicos de difusión, flujo viscoso y translocación dependen también de la temperatura, así como los procesos biológicos en el suelo. Cada especie de organismos requiere de una temperatura adecuada (Figueroa *et al.* 2002).

La investigación concluye, además, que el manejo que se le ha dado a este ecosistema no ha sido el más adecuado, se ha destruido la vegetación natural que permite el almacenamiento del agua y en estas condiciones el proceso de recuperación y/o restauración del mismo demasiado lento y quizás no se logre.

En estos suelos se demuestra que la desecación prolongada puede rebajar la capacidad de campo en forma espectacular y a menudo irreversible: del 100% pueden descender a menos del 40% (figura 3). De otra parte, la dificultad de dispersarlos eficiente-

mente en el laboratorio hace que el análisis granulométrico no sea fácil de realizar y de interpretar y se deba acudir a la prueba de la textura en campo (método organoléptico) para determinar con mayor certeza la clase textural.

Figura 3. Curva de retención de humedad, humedad aprovechable, densidad aparente, real y porosidad de un andisol típico de páramo



Algunas propiedades mineralógicas de los suelos asociadas a la captura de CO₂

En cuanto a la distribución espacial de los suelos de los páramos, y de acuerdo con el IGAC (2003), aproximadamente el 49% son andisoles (suelos derivados de ceniza volcánica), el 24% inceptisoles (suelos relativamente jóvenes), el 15% histosoles (suelos orgánicos en las áreas depresionales), el 9% entisoles (suelos muy jóvenes) y el 3% corresponde a los afloramientos rocosos.

Dominan los contenidos altos de materia orgánica evaluada por los contenidos de carbono, lo que demuestra que en estas condiciones predomina la acumulación sobre la capacidad mineralizadora de estos

suelos, lo que se debe a temperaturas bajas, alta acidez, bajo contenido de fósforo y de alófana.

Con el fin de profundizar en el conocimiento de estos suelos se desarrolló una investigación IGAC-Colciencias (2006) en andisoles y mollisoles de Colombia, que tenía entre sus propósitos medir la capacidad de estos suelos para capturar el CO₂ de la atmósfera, mediante la cuantificación de la cantidad de carbono acumulado y la persistencia de este a través del tiempo; esto se realiza mediante el fraccionamiento de la materia orgánica, la cual depende de las características de los suelos, de los materiales orgánicos aportados y de las condiciones climáticas, factores que a su vez influyen en la actividad biológica responsable de la mineralización y humidificación de la materia orgánica.



Tabla 1. Promedios de carbono en los horizontes O, A y Ap en la tierra fina, en fracción estable, muy estable y extremadamente estable (t/ha) FUENTE: IGAC-Colciencias (2006)

SUELO	USO	Horizontes	C t/ha			
			< 2mm	Estable	Muy estable	Altamente estable
				< 50 ym	extract.	CNE
HAPLUDANDS* Marsella MA	Café libre exposición	Ap	131	126	79	47
		A	49	47	34	14
		A»Ap	179	173	108	60
FULVUDANDS Chinchiná C-1	Café con sombrio guamo	O	29			
		Ap	120	117	46	72
		A	160	163	83	80
		O+A+Ap	309	280	129	152
FULVUDANDS Chinchiná C-2	Café libre exposición	Ap	116	103	65	38
		A	100	89	70	19
		A+Ap	216	192	135	57
FULVUDANDS Chinchiná G	Guadua	O	32			
		A	213	188	130	58.13
		O+A	245			
HAPLUSTOLLS	Bosque	O	13			
		A	177	171	101	70 85
		O+A	190			
HAPLUSTOLLS	Pasto	Ap	56	52	13	38
		A	61	58	21	37
		A+Ap	117	110	35	75
HAPLUSTOLLS	Carta de azúcar	Ap	64	49	4	45
		A	96	85	9	76
		A+Ap	159	134	12	122

Se consideró que la fracción lábil es la que está presente en las partículas del suelo de mayor tamaño como carbohidratos, proteínas, polifenoles, lignina y grupos alifáticos, y que las sustancias húmicas solubles son los ácidos fúlvicos, y las no solubles son las húminas, cuya fracción es menor a 50m (IGAC-Colciencias 2006).

En cuanto a la capacidad de captura de CO₂ se evaluó de acuerdo con la cantidad de carbono acumulado en la fracción de tierra fina en los horizontes O, A y Ap. Se consideró como estable la materia orgánica asociada a la fracción menor de 50m y en esta se diferenciaron dos fracciones: la soluble en medio básico, es decir los ácidos húmicos y fúlvicos, y la insoluble (la humina), ya que es más estable y es considerada más eficaz en

la captura de CO₂ por mayor tiempo. Se consideró la cantidad de carbono acumulada en el suelo, como una medida indirecta de su capacidad para capturar el CO₂ de la atmósfera, y se evaluó la capacidad relativa de los suelos en estudio (IGAC-Colciencias 2006).

Finalmente se encontró que los andisoles estudiados tienen mayor capacidad para capturar el CO₂ en forma indirecta (por medio de la vegetación), aparte de la mayor acumulación de carbono (este es retenido bajo formas más estables, como lo es la humina de insolubilización). En ambos grupos de suelos se presentan diferencias del carbono acumulado en las fracciones consideradas como de diferente labilidad; en la tabla 1 se presentan los resultados de carbono (IGAC-Colciencias 2006).

La evolución pedogenética de los suelos es baja, en general se destaca un horizonte A de color negro, reacción ácida, capacidad de intercambio catiónico media a alta en los horizontes superficiales y baja en profundidad, baja saturación de bases, saturación con aluminio alta, bajo contenido de fósforo y fertilidad baja.

Se encuentran suelos que se han originado a partir de cenizas volcánicas producidas por los volcanes de la cordillera Central durante el Plio-pleistoceno y que se dispersaron en áreas extensas, llegando a las cordille-

ras Oriental y Occidental; se caracterizan por contenidos bajos de fósforo, calcio y potasio, baja saturación de bases, alta capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de aluminio, de reacción extremada a muy fuertemente ácida y fertilidad baja.

Con respecto a la presencia de suelos derivados de ceniza volcánica Van der Hammen (1992) anota que “Se encontró que los granos de polen y esporas pueden estar muy bien conservadas en los suelos en ceniza volcánica (andosoles, suelos ándicos) como se encuentran en la cordillera Central.

Estas secuencias de suelos negros ‘crecen’ en espesor por los depósitos frecuentes de cenizas volcánicas en los cuales el humus está bien conservado. Ya se han obtenido muchas secuencias de suelos, fechas que, formando grupos, representan aparentemente catástrofes volcánicas de aproximadamente 7400, 6200, 3600 y 2600 años AP.” (Van der Hammen 1992).

De otra parte la formación de materiales amorfos se ve muy afectada por el clima, por el régimen de lixiviación y por el tiempo de exposición a la intemperie (Dahlgren *et al.* 2004). Varios estudios a lo largo del clima (llamados climosecuencias) han mejorado la comprensión del efecto climático en la formación de materiales amorfos (materiales poco cristalinos y materiales no cristalinos), que a la larga conllevan a la generación de lo que se conoce como las propiedades ándicas de los suelos. En términos generales, estos estudios encontraron que los materiales amorfos (por lo tanto andisoles) se forman preferentemente en áreas con alta lixiviación (Zehetner *et al.* 2006).

De lo anterior se deduce que la formación de los andisoles se ve favorecida por todos los factores ecológicos que aceleran la alteración de los minerales y el vidrio volcánico y permiten la síntesis rápida de los aluminosilicatos amorfos. Se destaca también en este evento pedogenético la naturaleza del material parental piroclástico y un clima constantemente húmedo, que son requisitos indispensables para su desarrollo; por lo tanto el proceso de andolización se ve favorecido en áreas donde la precipitación excede a la evapotranspiración y la temperatura no es mayor a 25°C. Es por esto que los andisoles se encuentran en condiciones húmedas desde el Ártico hasta los trópicos y su desarrollo es más rápido en condiciones tropicales húmedas (Besoain 1985).

Respecto a la evolución de la materia orgánica Dahlgren *et al.* (2004) indican que el complejo Aluminio-humus se origina en medio ambientes de pedogénesis de an-

disoles que son ricos en materia orgánica y presentan valores de pH de 5 o menos, rango en que los ácidos orgánicos son los donadores predominantes de protones (H), disminuyendo el pH y el aluminio activo soluble a través de la formación de complejos Aluminio-humus.

Bajo estas condiciones, el humus compete eficientemente por el aluminio disuelto dejando poco aluminio disponible para la coprecipitación con sílica para formar materiales aluminosilicatados. Destacan que alófana e imogolita se forman preferencialmente en medio ambientes de alteración con valores de pH en el rango entre 5 y 7 y con bajo contenido de complejantes orgánicos, mientras que la ferrihidrita es el oxihidróxido de hierro encontrado comúnmente en andisoles, ya que el elemento, por tener una alta estabilidad en la forma de oxihidróxido frente al complejo húmico, genera una cantidad baja de complejo Fe-humus.

Por lo precedente, el perfil de estos suelos es uniformemente oscuro o negro, tiene la apariencia de un perfil AC, donde el horizonte A se caracteriza por una fuerte acumulación de amorfos orgánicos y minerales, y por lo tanto está fuertemente humificado. Se encuentra que a menudo se forma un horizonte B oscuro o pardo amarillento en el límite entre la zona alterada, constantemente húmeda y la zona poco alterada, con frecuencia más seca, principalmente sobre cenizas (Duchaufour 1984, Malagón *et al.* 1991).

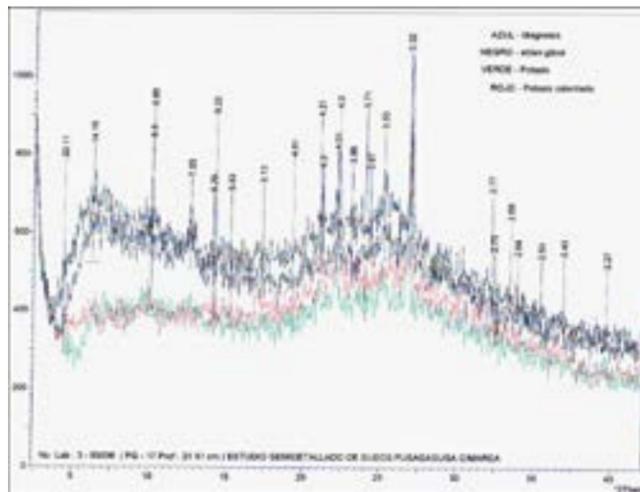
En cuanto a las propiedades mineralógicas la fracción coloidal de estos suelos está dominada por materiales de bajo grado de ordenamiento u orden cristalino (alófanas, imogolita y ferrihidrita) que gobiernan su comportamiento (Duchaufour 1984, Malagón *et al.* 1991). En la fracción arcillosa de naturaleza cristalina predominan las arcillas neoformadas como caolinita y esmectitas, por lo general mal cristalizadas, sin embargo, la composición mineralógica como tal depende del grado evolutivo del andisol:



esmectitas en condición juvenil y caolinita en maduro.

Aunque no son frecuentes es también corriente encontrar en la arcilla haloisitas, que se asocian con climas con una etapa de sequedad o con suelos enterrados, micas o illita, vermiculita, cristobalita y óxidos e hidróxidos de hierro y de aluminio cristalinos o amorfos (Duchaufour 1984, Malagón *et al.* 1991); en la figura 4 se muestra un análisis de difracción de rayos-X.

Figura 4. Difractograma de rayos-X: material no cristalino dominante, haloisita trazas, cuarzo presente, esmectitas trazas, de un suelo de páramo



La mineralogía de las arenas se ve afectada por la composición original de los piroclastos (desde riolítica hasta basáltica) y en especial la del vidrio volcánico; los minerales ferromagnesianos, los feldespatos y el cuarzo se presentan variando en cantidades relativas, de acuerdo con la naturaleza mineralógica del material volcánico (IGAC-Colciencias 2006).

Químicamente los materiales amorfos inorgánicos y orgánicos como la alófana y los compuestos lumínicos suministran a los andisoles propiedades exclusivas, dentro de las cuales las químicas más destacadas son la alta capacidad de cambio catiónico

(dependiendo del pH del medio); el alto poder *buffer* como consecuencia de ello y especialmente por el alto valor de las cargas dependientes del pH; la alta retención de elementos como el fósforo, hierro y aluminio; y el escaso contenido y baja saturación de bases, principalmente cuando se cuantifican con la capacidad de cambio catiónico determinado con acetato de amonio 1M, pH:7.0.

El grado de acidez oscila desde fuertemente ácido (pH 5.1-5.5) en los horizontes superficiales a moderadamente ácido (pH 6.1-6.5) en los horizontes profundos.

Referencias

Besoain, E. 1985. Mineralogía de arcillas de suelos. IICA, San José de Costa Rica. pp 123-939.

Cortés, A., y D. Malagón. 1984. Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Colombia. Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. pág. 37.

Dahlgren, R., y M. Saigusa. 2004. The Nature, Properties and Management of Volcanic Soils. *Advances in Agronomy* Volume 82, Pages 113-182. Science Direct Geoderma. Elsevier.

Duchaufour, P. 1984. 1. Edafogenesis y clasificación. Mason S.A., Barcelona, España. pp. 27-65; 115-166; 198-229; 258-294.

Figuroa, A., y I. Zambrano. 2002. Los recursos vegetales y su gestión para el desarrollo del Cauca. Colombia: Universidad del Cauca. Popayán, Cauca. Colombia.

Helmes, K. 1990. Neogen-Quaternary Geology of the High Plain of Bogotá (Eastern Cordillera, Colombia): stratigraphy Paleoenvironments and Landscape Evolution. Thesis Ph.D., University of Amsterdam, Hugo de Vries Laboratory. 278p. Amsterdam.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Colombia). 1982. Atlas regional andino. Subdirección de Geografía y Cartografía. Bogotá, Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Colombia). 1996. Suelos de Colombia. Subdirección de Agrología. Bogotá, Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Colombia). 2003. Mapa de suelos de Colombia Esc. 1:1.500.000. Subdirección Agrología. Bogotá, Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colciencias (Colombia). 2006. Estudio de las sustancias húmicas en andisoles y mollisoles de Colombia desarrollados bajo ambientes ecológicos diferentes. Subdirección de Agrología. Bogotá, Colombia.

Malagon, D., C. Pulido y R. LLinas. 1991. Andisoles. *Investigaciones Subdirección de Agrología*, V3. No. 1. 118p.

Oppenheim, V. 1940. Glaciaciones Cuaternarias de la cordillera Oriental de Colombia. INGEOMINAS. Informe 276. Bogotá.

Pinzón, A. 1989. Temperatura edáfica del páramo de Sumapaz. Bogotá. En: *Revista Suelos Ecuatoriales*, Volumen XIX No. 1, pp 41-47.

Sánchez, J. 2006. Caracterización y zonificación edafológica de ecosistemas de alta montaña de los páramos caucanos, municipios de

Puracé, Silvia y Totoro. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi En: *Revista Análisis Geográficos*, número 33, pp. 84-90.

Soil Survey Staff. 1999. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Second edition. Soil survey staff. USA, Natural Resources Conservation Service. *Agriculture Handbook N. 436*, Washington D.C., USA. 868p.

Van der Hammen, T. 1957. Estratigrafía palinológica de la sabana de Bogotá. *Serv. Geol. Nal., Bol. Geol.*, 5(2):187-203. Bogotá.

Van der Hammen, T. 1992. La paleoecología de Suramérica tropical. En: *Historia, Ecología y Vegetación*. Fondo FEN Colombia, Corporación Colombiana para la Amazonia-Araraucara-COA y Fondo de Promoción de la Cultura. Págs. 40 - 41. Santafé de Bogotá.

Zehetner, F., y W Miller. 2006. Soil variations along a climatic gradient in an Andean agro-ecosystem. www.elsevier.com/locate/geoderma. Science Direct Geoderma. Elsevier.



Historia e importancia de la palinología para el manejo y conservación de los páramos

Por Luis Norberto Parra Sánchez¹

Este documento presenta un resumen de la ponencia sobre la palinología de los páramos, realizada en el “Taller de definición de criterios para la delimitación de los diferentes tipos de páramos del país y lineamientos para su conservación” (marzo de 2010), e intenta responder algunas de las inquietudes surgidas de las discusiones colectivas, especialmente aquellas sobre las cuales la palinología puede ofrecer una respuesta concreta.

La palinología de alta montaña en Colombia, entendida como aquella realizada por encima de los 2500 metros de altitud, es una de las mejor estudiadas a nivel mundial y fue liderada por Thomas van der Hammen y un equipo de más de treinta coinvestigadores durante más de cincuenta años de trabajo continuo.

Notables logros en levantamientos de vegetación, actuoecología de plantas (Cuatrecasas 1934), colecciones botánicas, palinotecas y atlas de polen han sido logros en paralelo a las más de cien perforaciones extraídas de sedimentos y suelos en la alta montaña, que han cubierto las tres cordilleras y la Sierra Nevada de

¹ Profesor Dr., Universidad Nacional de Colombia.
lnparra@unal.edu.co

Santa Marta, con excepción de la cordillera del Baudó y la serranía de la Macarena; de hecho, la historia natural de los ecosistemas de alta montaña durante el Cuaternario había sido ya descifrada a la escala de pocas centurias y milenios para finales del siglo XX.

Numerosas publicaciones internacionales, van der Hammen y colaboradores con los siete tomos de los estudios de ecosistemas tropandinos - proyecto Ecoandes (1983-2008), los treinta tomos de la serie sobre "The Quaternary of Colombia", los doce tomos de la serie "Colombia Diversidad Biótica", y numerosas tesis de doctorado de colombianos y holandeses constituyen una herencia científica invaluable.

Durante conversaciones con el maestro Thomas van der Hammen él consideraba que la paleoecología de Colombia se podía dividir en tres etapas. La primera, correspondiente a los estudios pioneros (1953-1963) que permitieron demostrar que las altas montañas tropicales también son sensibles a los cambios climáticos globales y que en sus sedimentos y suelos existía una preservación ideal del polen para estudiar el Cuaternario.

En esta etapa se iniciaron las colecciones intensivas de plantas y la caracterización del polen actual de cada una de ellas, junto con los estudios de lluvia polínica, todo lo cual convergió en la perforación "Ciudad Universitaria X" y en la publicación cimera de esta etapa "Historia de clima y vegetación del Pleistoceno Superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá", Van der Hammen y González (1963), cuya influencia llega hasta nuestros días.

Una segunda etapa, la de expansión, que incluye los proyectos Ecoandes, Funza, Fúquene y otros, se desarrolló en los años siguientes (1964-2004), y en conjunto permitió recuperar más de cien perforaciones adicionales y mostró que los cambios climáticos ocurrieron en todo el país en forma sincrónica y correlacionable con lo sucedido en otros países del mundo.

Con Hooghiemstra (1984) se logró otro gran hito al tener una primera visión de la historia de todo el Cuaternario (2.6 Ma), con base en el estudio de las perforaciones Funza que alcanzaron los 357 metros de profundidad en el relleno sedimentario de la Sabana de Bogotá; en los años siguientes (1988) se recupera otro núcleo similar llamado Funza-2 que con sus 586 metros alcanza el fondo de la cuenca y cuyos resultados los publicó Torres (2006) y Torres *et al.* (2013), completando la palinología de una de las cuencas continentales más profundas y mejor estudiadas a nivel mundial.

A partir del 2004, la paleoecología de alta resolución o tercera etapa fue diseñada para lograr información en forma continua, con resoluciones temporales finas y a partir de núcleos de alta calidad. Para cumplir estas exigencias fue necesario implementar en forma paulatina mejoras sensibles en los instrumentos y en los métodos. La calidad de los núcleos (calidad de sitio, recuperación y estratigrafía) se inicia con la exploración del área a estudiar por medio de perforaciones exploratorias que han sido cuidadosamente distribuidas en múltiples sitios y que tienen por resultado la selección de aquella perforación con el mayor potencial de información.

La recuperación de los núcleos en las etapas anteriores había sido realizada normalmente con la sonda Dachnovsky, pero desafortunadamente con los materiales de los páramos este instrumento tiene una relación de avance/recuperación desigual y por lo tanto los distintos segmentos tienen recuperaciones desde altas (>75%) hasta inaceptablemente bajas (<25%), y además ocasiona distorsión lateral de la estratificación en los núcleos. Por ello, para los estudios de alta resolución debió ser sustituida por una sonda rusa que tiene una recuperación sin compresión, distorsión o pérdidas de los materiales.

La paleoecología de alta resolución requiere igualmente que sea garantizada la monotonía y continuidad de la sedimenta-

ción. A pesar de que un núcleo se observa como un empaquetamiento vertical de distintos materiales ello no garantiza que la sedimentación de ellos ha sido continua o monótona y por lo tanto es trabajo de la estratigrafía probar cuáles segmentos cumplen estos requisitos.

La descripción visual de los estratos en los núcleos recientemente extraídos en el campo, tal como se practica en la paleoecología de baja resolución, es insuficiente para los estudios de alta resolución, con los que se buscan detalles singulares en la estratigrafía, como presencia de contactos inusuales, laminaciones, hiatos, paleosuelos, discordancias o singularidades en la macrocomposición, todo lo cual requiere trabajo de laboratorio al estereomicroscopio y de secciones con el material esparcido sobre un microscopio petrográfico.

Para lograr una estratigrafía de detalle idealmente debe acompañarse de verificaciones adicionales con técnicas especializadas como las pérdidas bajo calcinación, isotopía y rayos x (micro-geoquímica y mapeo elemental) entre otras, orientadas a dilucidar las laminaciones y otros aspectos estratigráficos.

Si se ha logrado probar que un estrato de materiales ha sido depositado continuamente entonces es necesario segmentarlo y estudiarlo de tal manera que esa continuidad no se vea afectada. La segmentación del núcleo se debe realizar respetando los límites estratigráficos y a intervalos constantes, lo que produce rodajas del mismo espesor de cada tipo de estrato, excepto en aquellos niveles donde los contactos discordantes están inclinados.

La longitud del intervalo de corte, espesor de la rodaja, depende del tipo de resolución deseada y de las posibilidades que al respecto tiene cada microfósil. De cada una de las rodajas se extrae la misma cantidad de material (en volumen o peso seco) y se procesan con idéntico método de extracción

del microfósil. Del residuo resultante del procesamiento de laboratorio se monta en un cubreobjetos un microvolumen que se debe mantener constante entre muestras. Los métodos de conteo de las secciones ya montadas deben ser más rigurosas e implican realizar un censo de cada microvolumen.

Mantener la continuidad estricta de la información implica estudiar todos y cada uno de los segmentos, excepto que se haya probado con anterioridad que la que es de interés se puede lograr reduciendo en forma sistemática el estudio de ciertos segmentos, por ejemplo, uno de cada dos rodajas, etc.

Quizás el aspecto más delicado, difícil y costoso en la palinología de alta resolución es estudiar el tiempo en cada perforación. Cada punto de interés de una columna estratigráfica es necesario fijarlo a una línea de tiempo, la cual usualmente es proporcionada por el radiocarbono en años Carbono-14 (confiable hasta los 45000 a 50000 AP) y esto requiere enviar la muestra adecuada a un laboratorio especializado.

Sin embargo, el aspecto más descuidado de este tema temporal es asumir que la perforación no posee vacíos de tiempo (hiatos), cuando lo normal es todo lo contrario y por lo tanto muchas interpolaciones a lo largo de las columnas adolecen de fallas fatales, por haber sido realizadas a través de hiatos notorios. Por otro lado, un espesor dado de sedimento representa diferente duración temporal dependiendo del tipo de material, por ejemplo, un espesor de un centímetro de diatomitas de páramo representa solo la mitad de un lodo orgánico fibroso del mismo espesor.

Todos estos aspectos afectan la calidad y resolución temporal máxima que es posible lograr de cada estrato y perforación, lo cual requiere especial atención si se desea hablar de fenómenos por debajo de una centuria de resolución. Procesamientos matemáticos sofisticados sobre las edades no pueden mejorar la resolución temporal por



Banco de Imágenes Ambientales (BIA), Instituto Alexander von Humboldt

da a conocer la estratigrafía de detalle de tal perforación. El trabajo con ese núcleo ha continuado hasta hoy completando los últimos 17 000 años con altas resoluciones temporales en la palinología (Velásquez 2004, Mejía 2012 y Monsalve en preparación).

La palinología de alta resolución es capaz de localizar eventos severos de corta duración, ubicar en forma precisa el inicio-final de los cambios paleoambientales, lograr detalles acerca de las dinámicas de las sucesiones vegetales altoandinas y del comportamiento a escala de décadas de cada especie, descubrir cómo y a qué ritmos se conforman o disocian comunidades vegetales específicas, e incluso detectar la presencia o no de ciclicidades de eventos en el registro fósil.

Del estado del arte anteriormente bosquejado se puede deducir claramente que la palinología del Cuaternario ha logrado numerosos objetivos científicos. Sin embargo, durante el desarrollo del simposio surgió la necesidad de dejar claro que la palinología también tiene aspectos aplicados, capaces de suministrar respuestas concretas a los problemas modernos del páramo. A continuación mencionaré algunos de ellos:

Cuando el ecosistema de páramo ha sido degradado o destruido ¿es posible materializar un límite previo o restaurar el ecosistema?

Varias características del polen permiten que se pueda dar una respuesta acertada a estas problemáticas; por un lado el suelo o sedimento que subyace a cada una de las comunidades vegetales tiene un ensamble de polen muy distintivo, en segundo lugar dicho ensamble de polen es resistente en el tiempo y no es destruido por las prácticas de cultivo, y por último, se conoce muy bien qué tipo de polen produce cada planta de páramo.

De hecho, en algunas tierras altas de Colombia la cobertura vegetal del páramo

ha sido destruida o reemplazada por especies no nativas de este ecosistema y, por lo tanto, establecer sus extensiones primigenias es un tema de gran utilidad jurídica para las entidades encargadas de su delimitación y manejo. La herramienta empleada para tal delimitación debería ser objetiva, basada en un conocimiento sólido, concreto y verificable, y se le debería exigir que permita localizaciones geoespaciales correctas en latitud, longitud y altura.

La palinología del primer centímetro de suelo funciona como dicha herramienta, ya que toda muestra de suelo se puede georreferenciar, extraer su polen y determinar si fue formado bajo cobertura de páramo. De hecho, el polen adicional suministrado al suelo por un cultivo o plantación no destruye su espectro polínico inicial.

La palinología también ha sido una herramienta ampliamente empleada en restauración, pues permite identificar los tipos de plantas que existieron en un lugar, especialmente cuando se dispone de palinotecas muy completas o, de forma complementaria, atlas de polen, como actualmente es el caso para los páramos de Colombia (palinotecas de las Universidades de Amsterdam y Nacional de Colombia). Adicionalmente, el estudio de los primeros centímetros del suelo permite reconstruir las sucesiones vegetales que han ocupado un sitio en los últimos decenios, lo cual agrega valor a un plan de restauración.

¿Se puede saber cómo es el funcionamiento y composición de los páramos bajo estrés climático?

Una de las grandes preocupaciones actuales que se escucha en todos los foros es saber cómo se comportan y afectan las comunidades de páramo bajo escenarios de cambio climático, y en especial bajo aquellos que se prevén para el inmediato futuro.

Simulaciones muy complejas, realizadas con datos climatológicos modernos, son

encima de los valores mínimos indicados por la estratigrafía.

Dado que ni el polen ni ningún otro resto biótico aislado en un sedimento contiene toda la historia es aconsejable que una buena columna de sedimentos sea estudiada por equipos de especialistas, los llamados estudios de multindicadores, entre los cuales se incluye adicionalmente a las diatomeas, los fitolitos, las tecamebas, los macrorestos y los zooclastos, pero también otros indicadores abióticos como la granulometría, el análisis elemental, el magnetismo y los biomarcadores.

Los estudios palinológicos de tercera generación tienen sus raíces en las etapas previas, ya que algunos segmentos cortos de pocas perforaciones fueron analizados de este modo; por ejemplo, perforaciones recuperadas con compresiones altas pero

analizadas a cada centímetro han sido realizadas en el páramo de Frontino, Antioquia (Jaramillo 1998), para la laguna de Puente Largo, e igualmente la perforación Llano-grande I del mismo páramo por Velásquez y Hooghiemstra (2013).

Posteriormente Monsalve (2004) recuperó y analizó la primera perforación, sin compresión del núcleo, de la parte norte de la laguna de Puente Largo y con ella se iniciaron los estudios de alta resolución en Colombia. Luego se recuperó la perforación Llanogrande 2 en el páramo de Frontino, que contiene en más de 12 m el registro más completo y mejor datado del tardiglacial-Holoceno del país.

Para el año 2004 se publicó la palinología de la parte superior de este núcleo, que cubre los primeros 4000 años (Velásquez 2004) y un poco después (Parra 2005) se



capaces de proporcionar escenarios de climas futuros cuyas incertidumbres solo pueden ser reducidas o delimitadas cuando se acotan con otros datos paleoecológicos, lo cual se logra en otras latitudes y ambientes de los registros fósiles anuales o subanuales como los anillos preservados en los árboles, los corales, las estalagmitas o los sedimentos varvados; por supuesto, en el caso de los páramos las opciones se ven reducidas a los anillos de algunos árboles como el *Polylepis*, que podrían preservar un registro temporal anual.

Otras especies paramunas promisorias para aplicar la dendrocronología y dendroclimatología son *Ageratina tinifolia*, *Aragoa perez-arbelaeziana*, *Baccharis macrantha*, *Berberis* (varias especies), *Bucquetia glutinosa*, *Diplostephium* (varias especies), *Gaiadendron punctatum*, *Gynoxys* (varias especies), *Hesperomeles*, *Myrsine dependens*, *Pentacalia andicola* y *P. vaccinioides*.

Pero, de todos modos, se está limitado a encontrar una de tales plantas de suficiente antigüedad que permita extender los paleoclimas siquiera algunas centurias. Al respecto los trabajos del profesor Ignacio del Valle sobre dendroclimatología tropical ofrecen alguna esperanza en tal sentido, y también los realizados por el profesor. Dr. Joachim Bräuning en el sur de Ecuador

(<http://www.geographie.uni-erlangen.de/pers/abraeuning/>).

La otra opción es la palinología de ultra altas resoluciones temporales, extraída de los sedimentos de lagunas y turberas, pero la limitación en esta caso es que aún se desconoce cuál es la resolución máxima que es posible obtener de tales materiales con suficiente confiabilidad; para ello es obligatorio demostrar que al menos algunos de estos sedimentos tienen una estratificación a la escala de milímetros, y probar además cuál intervalo de tiempo representa cada una de dichas láminas.

Por ahora sabemos que para el páramo un centímetro representa entre diez y veinte años de registro, dependiendo del tipo de sedimento, y por lo tanto ya es posible reconstruir los paleoclimas con más detalle en aquellos segmentos sin hiatos y para intervalos de cada cincuenta años de duración. Una ventaja de la palinología en este escenario es la existencia de sedimentos paramunos que albergan muchos milenios, y la otra es que dichos páramos se distribuyen por todo el país permitiendo estudiar la variabilidad espacial de los paleoclimas para un mismo intervalo de tiempo.

Las múltiples perforaciones realizadas en los páramos han demostrado, sin lugar a

dudas, que el clima como lo conocemos actualmente solo se ha establecido desde los últimos 2500 años y que las condiciones climáticas más antiguas difieren sensiblemente de ellas.

De particular interés para enfrentar el cambio climático futuro es estudiar detalladamente el comportamiento de los sistemas bióticos en aquellos intervalos de tiempo del pasado en los que los climas han sido más contrastados o francamente se han vuelto áridos. Espectacular es el ascenso dentro de un siglo de la temperatura media anual en el Eemien, en la cuenca de la laguna de Fúquene (Bogotá-Angel 2011).

Ciertamente el registro fósil de los páramos alberga varios de tales periodos en el pasado, con evidencias de sequías que han durado pocas centurias e incluso algunas muy severas con duraciones de un milenio. Desafortunadamente ninguno de estos intervalos ha sido estudiado con el nivel de detalle requerido para extraer de allí los conocimientos que se necesitan para enfrentar los climas más contrastados previstos para el inmediato futuro.

Agradecimientos

Comentarios, puntos de vista e incluso datos por parte de los revisores permitieron mejorar sensiblemente el trabajo. A ellos mi gratitud.

Referencias

- Bogotá-Angel, R.G. 2011. Pleistocene centennial-scale vegetational, environmental and climatic change in the Colombian Andes: based on biotic and abiotic proxy analyses from Lake Fúquene sediments, Tesis de Ph.D., Universidad de Amsterdam. 144 pp.
- Cuatrecasas, J. 1934. Observaciones geobotánicas en Colombia. Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. Ser. Bot. 27. Madrid.
- Hooghiemstra, H. 1984. Vegetational and climatic history of the high plain of Bogotá, Colom-

bia: a continuous record of the last 3.5 million years. Dissertationes Botanicae 163, Cramer, Vaduz, 368 pp.

- Jaramillo, A. 1998. Registro palinológico de una de las turberas del complejo lagunar de Puente-largo, páramo de Frontino, cordillera Occidental colombiana, Tesis M. Sc., Universidad de Antioquia, Medellín, 354 pp.
- Mejía, P. 2012. Holocene climate variability in tropical South America: case history from a high-mountain wet zone in NW Colombia based on palynology and x-ray microfluorescence. Thesis PhD, Université de Genève, Switzerland, 184 pp.
- Monsalve, C. A. 2004. Palinología del Holoceno Superior en la laguna Puente Largo, páramo de Frontino, Antioquia, cordillera Occidental colombiana, Tesis M. Sc., Universidad Nacional, Medellín, 122 pp.
- Parra, L. N. 2005. Análisis facial de alta resolución de sedimentos del Holoceno tardío en el páramo de Frontino, Antioquia, tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 228 pp.
- Van der Hammen, T. y E. González. 1963. Historia de clima y vegetación del Pleistoceno Superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá, Boletín Geológico 11 (1-3): 189-266. Bogotá.
- Torres, V. 2006. Pliocene-Pleistocene evolution of flora, vegetation and climate: A palynological and sedimentological study of a 586-m core from the Bogotá Basin, Colombia, PhD Thesis, Universiteit van Amsterdam. 190 pp.
- Torres, V., H. Hooghiemstra, I. Lourens y P. C. Zedakis. 2013. Astronomical tuning of long pollen records reveals the dynamic history of montane biomes and lake levels in the tropical high Andes during the Quaternary, Quaternary Science Reviews, V.63, pp. 59-72.
- Velásquez, C. A. 2004. Paleoecología de Alta Resolución del Holoceno Tardío en el páramo de Frontino, Antioquia. Tesis de doctorado en Biología, Línea Palinología y Paleoecología. Universidad Nacional de Colombia, Sede de Bogotá. Pág. 240.
- Velásquez, C.A. y H. Hooghiemstra. 2013. Pollen-based 17-kyr forest dynamics and climate change from the Western Cordillera of Colombia: no-analogue associations and temporarily lost biomes. Review of Palaeobotany and Palynology, Accepted.



Perturbaciones en las turberas de páramo: la acción del hombre y el clima

Juan Carlos Benavides Duque¹

Introducción

Las turberas son humedales donde la producción primaria excede las pérdidas por descomposición, respiración o carbono orgánico disuelto. Las bajas tasas de descomposición es la característica principal, ya que como ecosistemas relativamente pobres en nutrientes las pérdidas por carbono disuelto en el agua y por respiración son bajas al tener una actividad metabólica lenta en ambientes de bajas temperaturas y bajos nutrientes (Clymo 1984).

Las turberas en el trópico se encuentran desde el bosque húmedo tropical hasta las altas elevaciones en el límite superior de la vegetación; en las tierras bajas son formadas por hojarasca y restos de plantas vasculares que se preservan debido a la rápida tasa de acumulación de ambientes altamente productivos (Lähteenoja *et al.* 2011). En los Andes las bajas temperaturas y bajas pérdidas de agua por evapotranspiración garantizan el desarrollo de humedales dominados por musgos y otras plantas vasculares que son resistentes a la descomposición, y se acumulan en el suelo produciendo turba.

Estas turberas andinas son similares en la composición de especies y funcionamiento ecosistémico a las

¹ Department of Botany and Plant Pathology, Oregon State University, Corvallis (Oregon) 97331 USA.
icbenavides@gmail.com

turberas boreales y australes, que en su mayoría son dominadas por musgos del género *Sphagnum* (Cleef 1981, Bosman *et al.* 1993). Por lo anterior podemos inferir que las turberas acumulan turba a través de un equilibrio dinámico entre producción y descomposición. Perturbaciones humanas o naturales que modifiquen este equilibrio afectan la función acumuladora de las turberas poniendo en peligro su supervivencia.

Las turberas altoandinas son un ecosistema estratégico ya que ellas acumulan grandes cantidades de carbono; pueden acumular hasta cinco mil toneladas por hectárea y a nivel mundial almacenan aproximadamente 650 giga toneladas, que es equivalente a dos veces la cantidad de carbono en la atmósfera (Yu *et al.* 2011).

Pero es su habilidad para retener y acumular grandes cantidades de agua la que realza su importancia en las regiones; las turberas almacenan un 10% del agua dulce mundial y pueden acumular hasta 35 veces su peso en agua, que es liberada a las corrientes cercanas de manera gradual previniendo sequías, aumentando flujo base o crecientes de los ríos (Holden 2005).

A pesar de que las turberas cubren una baja proporción del área total de los ecosistemas de montaña, menos del 1% del área de páramo, están localizadas en puntos de acumulación en el paisaje en donde las aguas subterráneas y de escorrentía superficial se intersectan y acumulan, siendo uno de los cuellos de botella el paso del agua. Estas aguas luego alimentan ciudades y campos agrícolas (Ferone y Devito 2004, Buytaert *et al.* 2005).

Pese a tener una dinámica relativamente lenta las turberas andinas reaccionan rápidamente a las perturbaciones de sus ambientes. Cambios en el clima de solo un par de grados centígrados puede incrementar las tasas de descomposición en un orden de magnitud sin afectar las tasas de producción, cambiando una función básica como fijación de carbono a emisores netos (Turetsky *et al.* 2002).

A continuación se presentan algunos ejemplos de cómo diferentes tipos de perturbaciones humanas y naturales han afectado ecosistemas de turberas en las zonas altoandinas de Colombia, con atención especial a perturbaciones originadas por actividades agrícolas y pecuarias.

Clima: el calentamiento global tiene un efecto considerable en los cambios en la función ecosistémica de turberas. El aumento de las temperaturas tiene un efecto multiplicativo sobre su descomposición ya que no solo aumenta las tasas metabólicas sino también la evaporación y transpiración por respiración, reduciendo el nivel del agua y exponiendo la turba al oxígeno atmosférico (Yu *et al.* 2001, Turetsky *et al.* 2007).

En las turberas del norte de los Andes los efectos del cambio climático son más intensos en los límites inferior y superior de la distribución altitudinal de este ecosistema. Turberas a bajas elevaciones se han convertido en emisores más que sumideros de carbono al aumentar las tasas metabólicas y al perder parte de su área en cultivos y ganadería (figura 1). En altas elevaciones donde hay turberas dominadas por la planta vascular *Distichia muscoides* la productividad neta se ve afectada por el incremento en temperaturas, posiblemente por el aumento de la competencia de plantas de zonas más bajas y de ecosistemas zonales como *Espeletia*, *Senecio* y diferentes especies de *Calamagrostis*.

La colonización de plantas de ecosistemas zonales con sistemas radiculares extensos sumado a los aumentos en la temperatura producen un aumento en las pérdidas de materia orgánica de la turba por descomposición. El aumento en las tasas de descomposición se debe a la mayor concentración de oxígeno transportado por las raíces de las plantas vasculares más el aumento en la velocidad de las tasas de descomposición bacterianas.

Sin embargo, el calentamiento global no tiene siempre un efecto negativo y turberas en el rango medio de la distribución que no

presentan otro tipo de disturbio, como por ejemplo escorrentía de campos agrícolas o drenaje, muestran un aumento en sus tasas de producción sin incrementos notables en las tasas de descomposición. En zonas de influencia glaciaria el calentamiento global ha aumentado la descarga hídrica, producto del derretimiento de los glaciares.

Durante la temporada seca cerca del 80% del agua de escorrentía proviene de los glaciares, que mantienen un suministro de agua elevado durante todo el año favoreciendo el crecimiento de las plantas en las turberas y previniendo la exposición del subsuelo a las altas concentraciones de oxígeno en la atmósfera.



Figura 1. Turberas en el Santuario de Flora y Fauna de Iguaque. **Arriba:** Laguna de Cazadero afectada por drenaje usado para cultivos de papa. **Abajo:** Laguna Ojo de Agua con baja perturbación humana. Ambas turberas se desarrollan en sitios de acumulación en los valles represadas por morrenas glaciares



Desecación: el agua almacenada en las turberas es vista por habitantes de las regiones adyacentes como una fuente inagotable, dada la recarga proveniente de acuíferos cercanos y la localización topográfica de las turberas en las depresiones y valles de los paisajes. Benavides (2013) evidenció en el Santuario de Flora y Fauna de Iguaque, que hace parte del sistema oficial de áreas protegidas de Colombia, que el drenaje de agua en una turbera redujo la cantidad de materia orgánica acumulada durante los últimos cien años en casi un cuarenta por ciento, a pesar

de que la acumulación lineal de la turba fue similar a una turbera en la misma localidad.

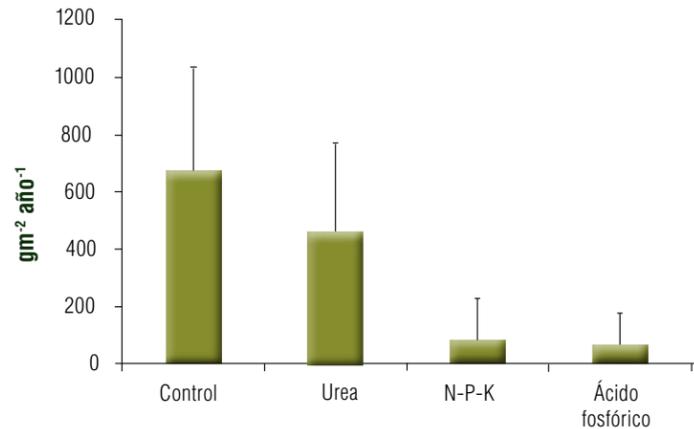
En el área del parque el uso de aguas por parte de agricultores ha sido permitido desde su establecimiento en 1977 y es desde aproximadamente ese año cuando la composición de especies entre ambas turberas empieza a divergir.

Agricultura y ganadería: las actividades humanas agropecuarias tienen el efecto más rápido y drástico de todos los tipos de per-

turbación estudiados sobre los ecosistemas de turba. León-Castaño (2011) en un experimento de campo en la localidad de Rabanal (Boyacá, Colombia) mostró que la adición de fertilizantes de nitrógeno y fósforo en concentraciones similares y con los mismos productos que los usados en cultivos de papa tenían un efecto negativo en la producción del musgo *Sphagnum*, el cual es el principal constituyente y productor de la turba en los Andes.

El exceso de nutrientes favoreció la producción de plantas vasculares que compitieron efectivamente contra las plantas de *Sphagnum*. El efecto en las tasas de descomposición también fue observable incluso a partir de seis meses cuando aumentaron en un diez por ciento y la capacidad de retener agua (porosidad) se redujo en un quince por ciento aproximadamente (figura 2).

Figura 2. Producción primaria neta de musgo *Sphagnum* en 24 parcelas tratadas con diferentes tipos de fertilizantes. Urea- nitrógeno en la forma de $\text{NH}_2(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$; N-P-K fertilizante con nitrógeno NH_3 , fósforo en forma de pentóxido de difósforo (P_2O_5), potasio en forma de óxido de potasio (K_2O); y control en el cual solo se adicionó agua sin fertilizantes. Barras de error representan errores estándar (modificado de León-Castaño 2011)



El efecto del pisoteo y pastoreo de ganado fue evaluado en un experimento de simulación y mostró efectos muy parecidos a la simulación de escorrentía de campos agrícolas, descrita anteriormente. La compactación por pisoteo de ganado, simulada a partir de las huellas de ganado en zonas de pantano y replicadas en una turbera con baja perturbación en el páramo de Belmira (Colombia) mostró un efecto drástico en el que solo en un año luego de muestreo se observó un aumento en las tasas de descomposición superficiales de aproximadamente un cincuenta por ciento sin un efecto notable en la producción primaria neta anual (ca 400 g m⁻²).

Al adicionar excrementos de ganado en una cantidad similar a la observada en sitios de pastoreo habitual de ganado encontramos: 1) un aumento de las tasas de descomposición en la misma escala del pisoteo, 2) una producción de *Sphagnum* más alta (500 g m⁻²) y 3) una invasión de especies consumidas por el ganado que tuvo un efecto significativo en la composición de especies

locales, causando el detrimento de las especies de musgos y plantas acuáticas que originalmente se encontraban en la turbera.

Conclusiones

Los ecosistemas de montaña en el mundo enfrentan una crisis ambiental inmediata, que es el producto de los cambios en el clima originados por la industria en lugares remotos y del aumento de la presión sobre los recursos naturales por agentes locales (Young y Leon 2000, Young y Lipton 2006, Young y Leon 2007). Al estar las turberas localizadas en la intersección atmósfera-agua-suelo son particularmente sensibles a cambios en cualquiera de estos factores (Turetsky *et al.* 2002, Holden 2005).

En el presente las sinergias de las diferentes actividades humanas (industria, cultivo, expansión urbana) han afectado cada una de las dimensiones de las turberas poniéndolas en grave riesgo, y originando cambios inmediatos en su función ecosistémica, de la que sabemos muy poco cómo restaurar.

Oportunidades de manejo y gestión de recursos existen usando como moneda los servicios ecosistémicos principales de las turberas: acumulación de carbón como materia orgánica y regulación y acumulación de agua. Créditos de carbón a través del programa REDD existen en otras regiones tropicales y turberas tropicales (Murdiyarsa *et al.* 2010).

Programas de financiamiento por parte de administradores de distritos de riego o entidades responsables de administrar acueductos en ciudades o regiones se han intentado en bosques más no en turberas. Uno de los criterios con los cuales se excluye a las turberas de estos planes de manejo es su baja área, sin embargo, no se tiene en cuenta su posición estratégica en el paisaje y su interacción con el ciclo de agua local.

Referencias

- Benavides, J. C. (2013). *The changing face of Andean peatlands*. Carbondale: University of Southern Illinois.
- Bosman, A. F., P. C. Vandermolen, R. Young, & A. M. Cleef. (1993). Ecology of a paramo cushion mire. *Journal of Vegetation Science*, 4,633-640.
- Buytaert, W., R. Celleri, B. De Bievre, F. Cisneros, G. Wyseure, J. Deckers, & R. Hofstede. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean paramos. *Earth-Science Reviews*, 79,53-72.
- Buytaert, W., G. Wyseure, B. De Bievre & J. Deckers. (2005). The effect of land-use changes on the hydrological behaviour of Histic Andosols in south Ecuador. *Hydrological Processes*, 19,3985-3997.
- Cleef, A. (1981). The vegetation of the páramos of the Colombian Cordillera Oriental. Vaduz: Cramer.
- Clymo, R. S. (1984). The limits to peat bog growth. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 303,605-654.
- Ferone, J. M. & K. J. Devito. (2004). Shallow groundwater-surface water interactions in pond-peatland complexes along a Boreal Plains topographic gradient. *Journal of Hydrology*, 292,75-95.
- Holden, J. (2005). Peatland hydrology and carbon release: why small-scale process matters. *Philosophical Transactions of the Royal Society. Mathematical Physical and Engineering Science*, 363,2891-2913.
- Lähteenoja, O., Y. R. Reátegui, M. Räsänen, D. D. C. Torres, M. Oinonen, & S. Page. (2011). The large Amazonian peatland carbon sink in the subsiding Pastaza-Marañón foreland basin, Peru. *Global Change Biology*: doi: 10.1111/j.1365-486.2011.02504.x.
- León-Castaño, M. I. (2011). Efecto de la fertilización sobre la tasa de descomposición y Productividad Primaria Neta (PPN) en una turbera andina dominada por *Sphagnum* (Sphagnaceae). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Murdiyarsa, D., K. Hergoualc'h, y L. V. Verchot. (2010). Opportunities for reducing greenhouse gas emissions in tropical peatlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107,19655-19660.
- Turetsky, M., K. Wieder, L. Halsey, & D. Vitt. (2002). Current disturbance and the diminishing peatland carbon sink. *Geophysical Research Letters*, 29,1526.
- Turetsky, M. R., R. K. Wieder, D. H. Vitt, R. J. Evans, & K. D. Scott. (2007). The disappearance of relict permafrost in boreal north America: Effects on peatland carbon storage and fluxes. *Global Change Biology*, 13,1922-1934.
- Young, K. R. & B. León. (2000). Biodiversity conservation in Peru's eastern montane forests. *Mountain Research and Development*, 20,208-211.
- Young, K. R. y B. León. (2007). Tree-line changes along the Andes: implications of spatial patterns and dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 362,263-272.
- Young, K. R. y J. K. Lipton. (2006). Adaptive governance and climate change in the tropical highlands of Western South America. *Climatic Change*, 78,63-102.
- Yu, Z. C., M. R. Turetsky, I. D. Campbell, y D. H. Vitt. (2001). Modelling long-term peatland dynamics. II. Processes and rates as inferred from litter and peat-core data. *Ecological Modelling*, 145,159-173.
- Yu, Z., D. W. Beilman, S. Frolking, G. M. MacDonald, N. T. Roulet, P. Camill, y D. J. Charman. (2011). Peatlands and their role in the global Carbon cycle. *EOS Trans. AGU* 92.



Una mirada desde los páramos a la conservación de la biodiversidad en Colombia

Germán Arturo Corzo Mora¹

En memoria del profesor Thommas van der Hammen

Pocos investigadores en Colombia conocían tanto, tan bien y desde hacía tanto tiempo los ecosistemas de Colombia, como el profesor Thommas van der Hammen (1924 - 2010), con quien tuve la oportunidad de discutir reiteradamente sobre las alternativas de conservación de la biodiversidad en Colombia.

Para la publicación “Qué y dónde conservar” (Andrade y Corzo 2010) acudí a él en múltiples ocasiones, para resolver dudas y ocasionalmente para generarlas. En la mayoría de los casos se lograban acuerdos, pero en relación con las metas de conservación necesarias para asegurar la conservación de la biodiversidad en los páramos nunca fueron posibles. Para él, en relación con los páramos ninguna meta diferente al 100% era adecuada, lo que pone en entredicho el principio de la representatividad como propiedad de conservación de la biodiversidad.

¹ Biólogo Marino, Candidato a PhD Conservación de la Biodiversidad. Investigador titular del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. gcorzo@humboldt.org.co



Posteriormente, en el proceso de formulación de criterios para la delimitación de páramos en Colombia tuvo la oportunidad de presentar una ponencia sobre la representatividad de los páramos en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, y su eventual conservación. Ahora algunos años después, aún persisten dudas sobre el papel de la representatividad en la conservación *in situ* de la biodiversidad, particularmente en relación con ecosistemas antagónicos en el gradiente altitudinal, tales como páramos y bosques secos tropicales, así como de las metas de conservación para hacer de esta una apuesta segura y un mecanismo efectivo.

La representatividad de los ecosistemas y las especies es la principal apuesta de los foros internacionales del Convenio de Diversidad Biológica, en los sistemas de áreas protegidas y en otros instrumentos de conservación *in situ*, aunque también se plantean la efectividad en el manejo y la integralidad, como elementos de formulación indisolubles y complementarios. Sobre la representatividad ecológica se planteaba que el 10% de los territorios nacionales (COP-7 2004) podían ser una meta segura para la conservación de la biodiversidad; otros au-

tores afirman que el 12% (McNelly y Miller 1983). La Conferencia de las Partes del Convenio de Diversidad Biológica en Nagoya lo define en el 17% de los ecosistemas terrestres (COP-10 2010), pero con otras estrategias de conservación integradas.

Autores tales como E. Odum (1989) sostenían que el 30% era la meta mínima necesaria para tipos de ecosistemas de amplia distribución, pero insuficiente para otros, que por sus connotaciones naturales de archipiélagos debían ampliarse las metas de conservación; el autor manifestaba como ejemplo los bosques secos, con argumentos que pueden ser usados también para los páramos.

El profesor van der Hammen (1998) planteaba que de los páramos todo debía ser conservado, lo que obliga a repensar los conceptos y a plantear nuevas preguntas; una sobre la suficiencia del concepto de representatividad ecológica, y otras sobre el riesgo de pérdida de biodiversidad en los páramos colombianos.

Ahora cuando se acelera la tendencia para la extracción de recursos naturales renovables y no renovables de los páramos se

retrotraen las preguntas y se plantea la necesidad de respuestas urgentes. El dilema sigue planteado, la exploración y explotación de recursos naturales en los páramos parece entrar en contradicción con el papel preponderante de estos ecosistemas ya no solo en la conservación *in situ* de la biodiversidad, sino también en tanto su valor como generador de servicios ecológicos fundamentales para el desarrollo económico y el bienestar social de poblaciones humanas y silvestres, que se debaten entre el desarrollo y la conservación.

En las siguientes líneas se muestra el estado de la representatividad de los ecosistemas de páramo en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) de Colombia, dando particular atención a las áreas del sistema de parques nacionales y la complementariedad que han ejercido los sistemas regionales y locales, posteriormente se evalúa la amenaza a la que han sido sometidos estos ecosistemas y su significado en términos de la efectividad en el manejo de los ecosistemas y de las áreas protegidas mismas.

Finalmente se formulan unas prioridades de conservación en este tipo de ecosistemas desde la perspectiva de las autoridades ambientales del país, con la pretensión de aportar elementos prácticos a la conservación de tan valiosos ecosistemas y elementos teóricos a la discusión del significado de la representatividad ecológica como mecanismo de conservación de la biodiversidad

Representatividad de los ecosistemas de páramos en el sistema de áreas protegidas de Colombia

La Ley 2.^a de 1959, una de las normas pioneras en materia ambiental en Latinoamérica, ya define implícitamente los páramos como áreas de conservación, en tanto plantea que los nevados y sus áreas circundantes serán Parques Nacionales Naturales.

También formula como reservas forestales las zonas del Cocuy, la Sierra Nevada de Santa Marta y la reserva forestal central.

Posteriormente la Ley 79 de 1986 declaró como área de reserva forestal protectora para la conservación y preservación de las aguas “Todos los bosques y la vegetación natural, existentes en el territorio nacional, que se encuentren sobre la cota de los tres mil (3000) metros sobre el nivel del mar” (art. 1, literal c), quedando cubierta por tal declaración una porción significativa del bioma páramo existente en el país (Ponce de León Chaux 2002). Adicionalmente, desde mediados del siglo pasado, muchas de estas áreas han venido siendo declaradas como parques nacionales o como reservas forestales por parte del Instituto Nacional de los Recursos Naturales (INDERENA).

Finalmente, en el actual Plan Nacional de Desarrollo (2010–2014) todo este ecosistema se encuentra excluido de cualquier actividad que pueda generar deterioro, particularmente actividades mineras, agropecuarias y de hidrocarburos.

Sin embargo, a mediados del siglo pasado el concepto de representatividad ecosistémica no era el criterio predominante, sino el de la funcionalidad para la preservación de recursos naturales tales como agua, suelo, bosques, etc. A pesar de lo anterior, los páramos en Colombia han sido continuamente transformados (figura 1), de acuerdo con el mapa de las coberturas de la tierra 1:100.000 (IDEAM, 2010) entre 2005 y 2009, y la actualización cartográfica de los páramos de Colombia a escala 1:100.000 (Atlas de Páramos – Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2012), en donde se evidencia que la transformación en los páramos es un poco superior al 13%.

Por su parte, la representatividad de los páramos en el SINAP, de acuerdo con la actualización cartográfica de los páramos de Colombia a escala 1:100.000 (*Ibid.*) y el re-

gistro único de Áreas Protegidas en diciembre de 2012 (RUNAP), es de 42,1%, lo que se podría considerar como suficiente, de acuerdo con el principio de representatividad y las metas de conservación establecidas en la décima reunión de la Conferencia de las Partes (COP-10 2010), del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), en Nagoya en el 2010.

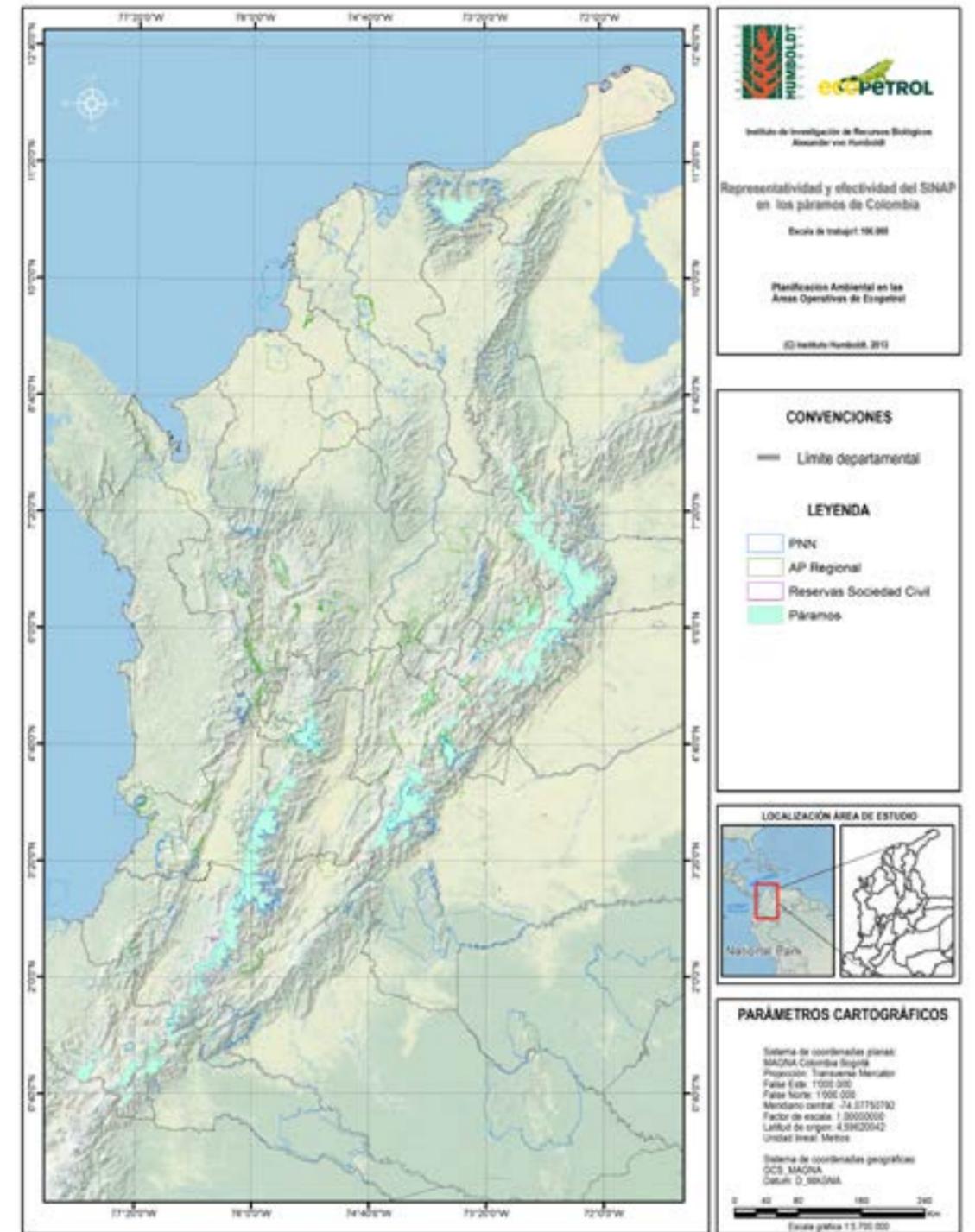
En este contexto, el bioma de páramo se constituye en el segundo bioma de mayor representatividad en el SINAP, después de los casquetes glaciales. Sin embargo, ¿esta meta será suficiente?, más aún, ¿será el concepto de representatividad suficiente para la conservación de la biodiversidad en los páramos de Colombia, y con ella la gene-

ración sostenible de servicios ecosistémicos y de elementos naturales asociados a la reproducción cultural, objetivos estos últimos, del Sistema de Parques Nacionales, que podrían ser determinados tanto por el criterio de representatividad, como por el de conectividad, integridad y resiliencia?

Adicionalmente, las particularidades biológicas, ecológicas y biogeográficas de cada enclave paramuno determinarían la necesidad de porciones protegidas significativas, en cada uno de ellos, en las que el criterio de bioma es apenas una medida nacional que debe ser confrontada con evaluaciones de la representatividad ecosistémica regional y local.



Figura 1. Páramos naturales y transformados y áreas del SINAP que los contemplan (Fuente: Atlas de páramos de Colombia – Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2012 y RUNAP – UAESPNN, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2012)



En la tabla 1 se observa qué tanto representan los páramos en el SINAP, de acuerdo con los sectores y distritos definidos

en la Cartografía de Páramos de Colombia a escala 1:100.000 (Instituto Alexander von Humboldt 2012).

Tabla 1. Extensión de los páramos de Colombia en los distintos tipos de gobernanza (Fuente: *Ibid.*)

Sectores - Distritos	AP Nacionales (ha)	AP Regionales (ha)	AP Locales (ha)	Sin AP (ha)
Cordillera Central	344,601	34,547	416	443,654
Belmira	-	10,622	-	-
Macizo Colombiano	56,990	-	416	161,200
Sonsón	-	-	-	8,707
Valle – Tolima	230,945	4,702	-	122,902
Viejo Caldas – Tolima	56,666	19,224	-	150,845
Cordillera Occidental	23,249	18,600	-	27,048
Duende – Cerro Plateado	4,545	4,458	-	17,066
Frontino – Tatamá	12,001	14,141	-	9,941
Paramillo	6,703	-	-	41
Cordillera Oriental	431,079	162,407	390	991,802
Altiplano	-	171	-	4,486
Boyacá	214,658	44,404	-	417,772
Cundinamarca	190,054	76,536	390	244,074
Los Picachos	13,331	40	-	10,353
Miraflores	-	-	-	19,928
Perijá	-	-	-	29,727
Santanderes	13,036	41,255	-	265,461
Nariño -Putumayo	29,478	34,607	436	213,505
Nariño -Putumayo	29,478	34,607	436	213,505
Sierra Nevada de Santa Marta	142,753	-	-	8,268
Santa Marta	142,753	-	-	8,268
Otros biomas	11,811,358	1,833,933	32,216	-
Otros biomas	11,811,358	1,833,933	32,216	-
Total general	12,782,518	2,084,093	33,457	1,684,279
Representatividad	33.4%	8.6%	0.04%	42.06%

Si se considera la proporción de los páramos en Colombia estos apenas alcanzan el 2,5% aproximadamente del territorio emergido nacional, mientras que en el SINAP son el 7,6%, el 12% y el 3,7%, del Sistema de Parques Nacionales, de las áreas Protegidas Regionales y de las reservas naturales de la sociedad civil, respectivamente. Es decir que abarcan con suficiencia en cada tipo

de áreas protegidas proporciones superiores a su distribución nacional. No obstante, la situación no es homogénea en todo el territorio; de los cinco sectores paramunos los de la Sierra Nevada de Santa Marta están prácticamente todos protegidos (95%), los de las cordilleras Occidental y Central tienen la mitad de todos los páramos protegidos (61% y 46%), mientras que los de la cordille-

ra Oriental tienen apenas una tercera parte (37%), y los de Nariño y Putumayo menos de una cuarta parte (23%).

Esta mirada general es optimista, en cuanto a la representatividad y las metas de conservación, definidas en la COP-10 del CDB, sin embargo, a nivel de las particularidades de cada distrito biogeográfico las cosas son diferentes. Los páramos de Sonsón en la cordillera Central, y los de Miraflores y Perijá en la Oriental no tienen ninguna representatividad, así como los del altiplano y los de los Santanderes, en la cordillera Oriental, tampoco alcanzan la meta mínima definida por el CDB. Los cinco páramos subrepresentados abarcan más de 380 mil ha, es decir el 13,2% de los páramos del país.

Tampoco es homogénea la representatividad en los páramos, aportada por las áreas protegidas del orden nacional, regional y local: del 42,1% protegido el SINAP incluye casi un millón de hectáreas, es decir, una tercera parte de los páramos del país (33,4%), las áreas protegidas regionales incorporan casi una décima parte, en 250 mil hectáreas (8,6%) y las Reservas Naturales de la Sociedad Civil apenas el 0,04%, con 1241 hectáreas.

Efectividad en el manejo de los ecosistemas de páramo en el sistema de áreas protegidas de Colombia

Uno de los criterios a partir de los cuales es posible evaluar la efectividad en la gestión de las áreas protegidas consiste en la determinación de las coberturas de la tierra y su posterior evaluación desde perspectivas multitemporales. Para el presente estudio se usó esta aproximación, integrando sus resultados a la complementariedad entre diversas formas de gobernanza (pública nacional, pública regional y privada). En términos de complementariedad (tabla 2) entre esquemas de gobernanza de áreas protegidas, se puede decir que de los cinco

sectores de páramos en el país tres de ellos (cordilleras Central y Oriental, y Nariño-Putumayo), tienen esquemas de gobernanza pública nacional y regional, así como privada.

En la cordillera Occidental falta gobernanza privada y en la Sierra Nevada de Santa Marta gobernanza pública regional y gobernanza privada, lo que es comprensible si se considera la inaccesibilidad de los páramos de la Sierra Nevada de Santa Marta y que el 95% de ellos hacen parte del Parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta, mención particular que en este caso merecen los resguardos indígenas de la Sierra, que complementarían la conservación del 5% restante, y que además aportarían un tipo de conservación y de gobernanza comunitaria, que aunque no hace parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, se evidencia en la realidad.

A nivel de los distritos de páramos, de los diecisiete establecidos en la Cartografía de Páramos de Colombia (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2012), solo los de Cundinamarca y los de Nariño tienen los tres tipos de gobernanza expresados en la legislación ambiental del país, lo que se puede considerar como conveniente en la medida en que expresan la participación de actores públicos nacionales y regionales, así como de la sociedad civil. De los quince restantes, más de la mitad (ocho), tienen al menos dos tipos de actores, mientras que los siete residuales solo tienen participación regional en el caso de los páramos de Belmira y del altiplano, y exclusivamente nacional en el de la Sierra Nevada de Santa Marta y el de Paramillo, mientras que tres de ellos no tienen ningún tipo de representatividad.

Como dato significativo, en los tres distritos en donde se registran iniciativas de conservación privada (Macizo Colombiano, Cundinamarca y Nariño-Putumayo) en todos también hay procesos de conservación ligados a Parques Nacionales, pero no provenientes de iniciativas regionales.

Tabla 2. Proporción de los páramos de Colombia en los distintos tipos de gobernanza (Fuente: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2012)

Sectores - Distritos	Representatividad de AP públicas nacionales	Representatividad de AP públicas regionales	Representatividad de AP privadas	Representatividad total
Cordillera Central	42%	4%	0%	46%
Belmira	0%	100%	0%	100%
Macizo Colombiano	26%	0%	0%	26%
Sonsón	0%	0%	0%	0%
Valle - Tolima	64%	1%	0%	66%
Viejo Caldas - Tolima	25%	8%	0%	33%
Cordillera Occidental	34%	27%	0%	61%
Duende - Cerro Plateado	17%	17%	0%	35%
Frontino - Tatamá	33%	39%	0%	72%
Paramillo	99%	0%	0%	99%
Cordillera Oriental	27%	10%	0%	37%
Altiplano	0%	4%	0%	4%
Boyacá	32%	7%	0%	38%
Cundinamarca	37%	15%	0%	52%
Los Picachos	56%	0%	0%	56%
Miraflores	0%	0%	0%	0%
Perijá	0%	0%	0%	0%
Santanderes	4%	13%	0%	17%
Nariño - Putumayo	11%	12%	0%	23%
Nariño-Putumayo	11%	12%	0%	23%
Sierra Nevada de Santa Marta	95%	0%	0%	95%
Santa Marta	95%	0%	0%	95%

Desde una perspectiva general, se evalúa uno de los motores de pérdida de biodiversidad como es el de la fragmentación y transformación del paisaje por cambios en el uso del suelo. En este contexto, como se observa en la tabla 3, los páramos han sido transformados (2005–2009) de diversa forma; los menos transformados son los de la Sierra Nevada de Santa Marta (0,4%), mientras que los de la cordillera Occidental apenas tienen transformación sobre menos del

5% de su área de distribución; los de Nariño-Putumayo y los de la cordillera Central están transformados por debajo del 10%, y los de la cordillera Oriental casi alcanzan el 20% de transformación. Sin embargo, también debe ser dicho que en este último sector los distritos de Picachos y de Miraflores no tienen niveles de transformación significativa, lo que solo se compara con los páramos del distrito de Paramillo, en la cordillera Occidental.

Tabla 3. Transformación de los páramos de Colombia en los distintos tipos de gobernanza (Fuente: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2012 y Coberturas de la tierra 2012)

Sectores - Distritos	Natural (ha)	Indeterminado Nubes (ha)	Transformado (ha)	% Transformación
Cordillera Central	728,284	23,910	71,024	8.6%
Belmira	9,562	-	1,060	10.0%
Macizo Colombiano	199,384	-	19,222	8.8%
Sonsón	7,903	-	804	9.2%
Valle - Tolima	338,107	8,008	12,433	3.5%
Viejo Caldas - Tolima	173,328	15,902	37,505	16.5%
Cordillera Occidental	65,367	561	2,970	4.3%
Duende - Cerro Plateado	22,953	541	2,576	9.9%
Frontino - Tatamá	35,670	20	394	1.1%
Paramillo	6,744	-	-	0.0%
Cordillera Oriental	1,291,214	9,221	284,309	17.9%
Altiplano	966	72	3,619	77.7%
Boyacá	529,154	3,640	144,041	21.3%
Cundinamarca	436,956	5,236	68,159	13.3%
Los Picachos	23,562	163	0	0.0%
Miraflores	19,928	-	-	0.0%
Perijá	27,040	70	2,433	8.2%
Santanderes	253,608	40	66,057	20.7%
Nariño - Putumayo	256,084	-	21,941	7.9%
Nariño - Putumayo	256,084	-	21,941	7.9%
Sierra Nevada de Santa Marta	150,445	-	576	0.4%
Santa Marta	150,445	-	576	0.4%

Resultados y discusión

A partir de los datos presentados se pretende deducir algunas discusiones en términos de los atributos de la conservación *in situ* de la biodiversidad que propone el CDB –y que son recogidos por el CONPES 3680 de 2010 para la consolidación del SINAP–, la representatividad ecológica, la efectividad en el manejo y la integralidad entre ellos.

Sobre la representatividad, se evidencia que los páramos mejor representados no son significativamente los mejor conservados. Páramos con alta representatividad en el SINAP, tal como el de Belmira (100%), tienen mayores niveles de transformación

(10%) que páramos sin ninguna representatividad, tal como el de Miraflores.

Aunque los niveles de correlación entre representatividad del SINAP y transformación plantean cierto resultado negativo, este no es significativo. El coeficiente de Spearman para todo el SINAP es de $p = -0,4663$, que no es importante en términos estadísticos, mientras que si solo se considera la transformación en las áreas del SPNN de $-0,0287$, esta determina suficiente significancia estadística. Es decir que solo el caso de las áreas protegidas del SPNN genera niveles de certeza suficientes para determinar que en aquellos páramos en los que solo existen iniciativas nacionales de conserva-

ción los niveles de transformación son significativamente menores.

Sin embargo, esta evaluación estadística debe considerar que son las AP del SPNN de la Sierra Nevada de Santa Marta y de Paramillo las que marcan la tendencia, pero los altos niveles de representatividad ecológica de esas áreas protegidas en el SINAP también tienen otras connotaciones tales como la existencia de resguardos indígenas o de áreas de conflicto que han limitado el uso irrestricto del territorio.

La complementariedad entre categorías de manejo y de diversa gobernanza, que puede significar una mayor implicación de actores públicos (nacionales y regionales) y privados, en el proceso de manejo de las áreas protegidas no significa, en el caso de los páramos de Colombia, mejores niveles de conservación. Se evidencia que en los

páramos de Colombia las áreas del SPNN con mejores niveles de conservación están ligados a una mayor tradición histórica, o tendencias de conservación más homogéneas, probablemente debido a la permanencia de políticas e incluso de funcionarios.

Ahora bien, cuando se evalúan los niveles de transformación, considerando ya no tanto el páramo que las AP representan, sino el que está contenido al interior de las áreas protegidas, se tiene que de lejos las AP del SPNN poseen muy bajos niveles de transformación (figura 2), que las AP regionales con considerables excepciones limitan levemente la transformación del territorio, y que los páramos al interior de las reservas de la sociedad civil, con valores muy disímiles al interior de ellas, participan marginalmente en la limitación a la transformación de los territorios.

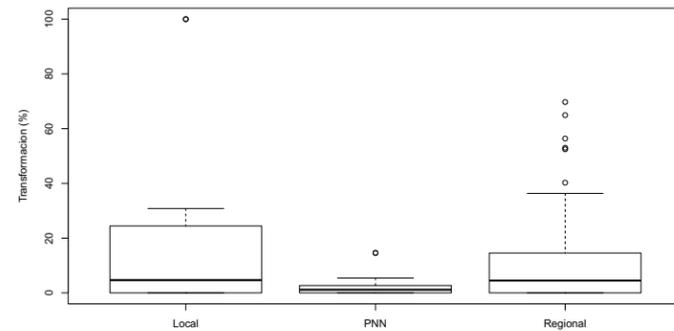


Figura 2. Diagrama de Cajas para la evaluación de la efectividad de las estrategias de conservación *in situ* de la biodiversidad locales (Reservas de la Sociedad Civil), del Sistema de Parques Nacionales y de las áreas protegidas del orden regional, para la limitar la transformación de los ecosistemas

El significado de la representatividad ecosistémica en la conservación de los páramos de Colombia no es plano, existen una serie de elementos paralelos que deben ser evaluados, entre los que la propiedad comunitaria tiene un valor significativo –como el de los resguardos indígenas–, así como los *hot spot* del conflicto armado.

En el anterior contexto se presenta en la tabla 4 aquellos distritos de páramos en donde deben ser enfocadas acciones de conservación, considerando su baja representatividad y alta transformación, a nivel de autoridades ambientales regionales y de los municipios en las que se encuentran.

Tabla 4. Distritos de páramos con baja representatividad y alta transformación, y los departamentos, municipios y CAR involucrados. (Algunos municipios de los páramos de Santander, –Vetas, California y Suratá– en jurisdicción de la CDMB se mencionan, a pesar de que cuentan con la declaratoria del AP regional de Santurbán, que no ha sido incluida en el RUNAP)

Distritos de páramos	% Representatividad	% Transformación	Departamento	Municipios	CAR
Altiplano	4%	78%	Boyacá	Ventaquemada, Sichoque, Cucaita, Tunja, Ráquira, Sora, Chivatá, Firavitoba, Cómbita, Tibasosa, Arcabuco, Soracá, Samacá	CorpoBoyacá
			Cundinamarca	Tocancipá, Gachancipá, Zipaquirá, Zipacón, Nemocón, Suesca, Chocotá, Tausa, Cucunubá, Villapinzón, Lenguazaque	CAR
Santanderes	17%	21%	Santander	Tona, Charta, Vetas, California, Suratá, el Playón, Rionegro	CDMB
			Norte de Santander	Chitagá, Silos, Cáco-ta, Mutiscua, Labateca, Pamplona, Toledo, Herrán, Pamplonita, Cucutilla, Chinácota, Arboledas, Bochalema, La Esperanza, Cáchira, Salazar, Gramalote, Lourdes, Villa Caro, Bacarasisa, Ábrego	CorpoNor
			Santander	Chimá, Macaravita, San Miguel, Hato, San José de Miranda, Enciso, Moga-lavita, Carcasí, Galán, Málaga, el Carmen, Concepción, San Andrés, Simácota, Cerrito, Guaca, Santa Bárbara, Piedecuesta, San Vicente de Chucurí	CAS
Sonsón	0%	9%	Antioquia	Nariño, Argelia, Sonsón	CorAntioquia
			Caldas	Manzanares, Marulanda, Salamina, Pensilvania, Pácora, Aguadas	CorpoCaldas
Viejo Caldas - Tolima	33%	17%	Caldas	Marulanda	CorpoCaldas
			Tolima	Roncesvalle, Rovira, Cajamarca, Ibagué, Anzoátegui, Santa Isabel, Murillo, Villahermosa, Casabianca	CorTolima

Distritos de páramos	% Representatividad	% Transformación	Departamento	Municipios	CAR
Boyacá	38%	21%	Boyacá	Tutazá, Siachoque, Aquitania, Pesca, Monguí, Sogamoso, Saboyá, Gámeza, Sotaquirá, Mongua, Tasco, Paipa, Duitama, Socha, Belén, Socotá, Sativa Norte, El Espino	CorpoBoyacá
Perijá	0%	8%	Cesar	Agustín Codazzi, Manau-re Balcón del Cesar, La Paz	CorpoCesar
			Guajira	Urumita	CorpoGuajira
Macizo Colombiano	26%	9%	Cauca	Inzá, Silvia, Páez (Belalcázar)	CRC
Nariño - Putumayo	23%	8%	Nariño	Potosí, Córdoba, Ipiales, Puerres, Funes, Cumbal, Tangua, Mallama, Santa Cruz	CorpoNariño
			Putumayo	Santiago, Colón, Mocoa	CorpoAmazonia
Miraflores	0%	0%	Caquetá	El Paujil, El Doncello, Puerto Rico	Corpoamazonia
			Huila	Garzón, Gigante, Algeciras	CAM
Duende Cerro	35%	10%	Chocó	El Litoral del San Juan (Docordó)	CODECHOCO

Por último, y considerando que la representatividad de los páramos en el SINAP no determina de manera categórica su estado de conservación, podríamos deducir también que efectivamente la conservación de los páramos de Colombia no puede depender exclusivamente de la declaración y manejo de áreas protegidas, y que tampoco esta es la única alternativa para limitar la transformación de los paisajes paramunos, particularmente en lo referente a la minería.

Mecanismos de conectividad y funcionalidad deben ser complementarios a la declaración y manejo de áreas protegidas, en contextos más amplios del ordenamiento ambiental del territorio, que además supon-

gan la identificación de prácticas productivas armónicas con la conservación de la biodiversidad y con el flujo sostenible de los servicios ecológicos asociados a esta.

Referencias

- Andrade-Pérez, G. I. y G. A. Corzo- Mora. 2010. ¿Qué y dónde conservar? Mesa Nacional de Prioridades de Conservación. Memorando de Entendimiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Parques Nacionales Naturales de Colombia. 165 pp.
- CONPES 3680 de 2010. Consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia. Consejo de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá.

COP-7. 2004. Séptima Conferencia de las Partes. Convenio de Diversidad Biológica. En: [Http://www.cdb.int/doc/decision/cop-07/full/cop-07-dec-es.pdf](http://www.cdb.int/doc/decision/cop-07/full/cop-07-dec-es.pdf)

COP-10. 2010. Décima Conferencia de las Partes. Convenio de Diversidad Biológica. En: [Http://www.cdb.int/doc/decision/cop-10/full/cop-10-dec-es.pdf](http://www.cdb.int/doc/decision/cop-10/full/cop-10-dec-es.pdf).

IDEAM. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2012. Cartografía de Páramos de Colombia Esc 1: 100.000. Proyecto: Actualización del Atlas de Páramos de Colombia. Convenio Interadministrativo de Asociación 11-103, Instituto Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá D.C. Colombia.

McNeelly, J. A. y K. R. Miller. 1983. National Parks and Protected Areas. UN. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. Bankog.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2013. Corine Land Cover. Coberturas de la Tierra 2005 – 2009. Escala 1:100.000.

Odum, E. P. 1989. Ecología. Bases científicas para un nuevo paradigma. Instituto de Ecología, Universidad de Georgia. Edición Vedrà Barcelona. 282 p.

Ponce de León Chau, E. 2002. Marco jurídico colombiano relacionado con los páramos. Documento inédito. Bogotá.

Van der Hammen, T. 1998. Páramos. En: Informe Nacional Sobre el Estado de la Biodiversidad –INSEB–. Tomo 1. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia.



La detección de fronteras ecológicas y la descripción cuantitativa de ecotonos como herramientas para la delimitación de los páramos

Jesús Julio Camarero Martínez¹

Los ecotonos: el caso del límite superior del bosque

En sentido estricto, un ecotono es una transición brusca entre comunidades vegetales distintas mientras que una ecoclina es una transición gradual (figura 1). En este manuscrito consideramos la definición actual y más extendida de ecotono, que englobaría en sentido amplio tanto cambios graduales como bruscos, pese a que la distinción entre ecotono y ecoclina es relevante para detectar la respuesta de estas transiciones ecológicas a los cambios ambientales (van der Maarel 1990).

¹ ARAID-Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Avda. Montañana 1005, 50192 Zaragoza, España. Dept. d'Ecologia, Universitat de Barcelona. Avda. Diagonal 645, 08028 Barcelona, España. jjcamarero@ipe.csic.es

Figura 1. Descripción esquemática de un ecotono en sentido estricto (izquierda, cambio brusco) y una ecoclina (derecha, cambio gradual). Estos esquemas muestran un descenso en el tamaño y densidad de los árboles al ascender en altitud, lo que correspondería a la transición entre el límite superior de bosque y la vegetación supra-forestal



Un ecotono paradigmático lo forma la transición entre el límite altitudinal del bosque (en las montañas templadas y frías, definido como la altitud máxima del bosque, considerado este como una masa de árboles cuya cobertura supera el 30% y cuya altura mínima es de 5 m) y la vegetación supraforestal (arbustos, pastos). El aumento de altitud y el descenso de temperatura conllevan esta disminución en tamaño, densidad y crecimiento del bosque que da paso, más arriba, a vegetación no arbórea (Körner 2012).

También se han descrito fronteras adicionales dentro del ecotono formado por el

límite del bosque, como es el caso del límite del árbol que consideraría solo aquellos individuos situados a mayor altitud y con una altura mínima de 2 m.

La detección de fronteras y su utilización para caracterizar los ecotonos

Los cambios o transiciones que conforman los ecotonos pueden medirse de muchas maneras y considerando distintas variables y escalas (Camarero y Fortin 2006). Por ejemplo, pueden detectarse cambios de tamaño (altura, área basal, cobertura) de la vegetación o de su diversidad o riqueza, que corresponden a fronteras ecológicas o transiciones bruscas en las variables citadas y sirven para delimitar y definir cuantitativamente la extensión, intensidad o forma de un ecotono.

Sin embargo, es evidente que delimitar una frontera o un ecotono de forma objetiva o cuantitativa depende de la escala espacial utilizada (y seguramente de la temporal). Así, es posible delimitar el límite superior del bosque a escala de imagen satelital o de fotografía aérea, pero esta delimitación diferirá mucho de aquella observada a escala de paisaje o de rodal (figura 2). Además, las fronteras pueden ser de variadas formas (bruscas, graduales, lineales, sinuosas, conectadas o dispersas), lo que complica su detección y descripción cuantitativa.

Figura 2. La delimitación de fronteras depende de la escala espacial analizada. Se muestra la detección del límite superior del bosque a distintas escalas espaciales (la escala disminuye de izquierda a derecha) en montañas templadas o frías (Pirineos españoles, fila superior) o tropicales (Andes colombianos, fila inferior): escala grande (fotografía aérea, p.ej. 1-100 km²), escala intermedia (bosque, p.ej. 0,1-1 km²) y escala pequeña (rodal, p.ej. 100-1000 m²). En todas las imágenes la línea amarilla delimitaría el límite superior del bosque. Nótese su carácter mucho más sinuoso en los Andes que en los Pirineos



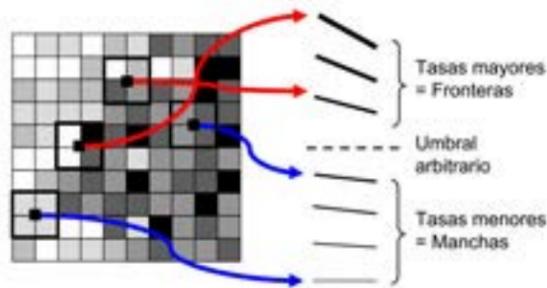
Los ecotonos pueden considerarse compuestos por grupos de fronteras ecológicas o zonas de cambio brusco. Desde un punto de vista estadístico y espacial las fronteras se definen como los lugares contiguos, donde las tasas de cambio son más altas para las variables analizadas (Jacquez *et al.* 2000, Fortin y Dale 2005). Un ecotono puede así definirse como un grupo de fronteras contiguas, es decir, una zona de cambios bruscos espacialmente conectados, como

puede ser el paso de la vegetación forestal a la supraforestal al ascender por una montaña.

Si hiciéramos una analogía geométrica la tasa de cambio equivaldría a la pendiente de la variable medida en dos localizaciones vecinas. Aquellos sitios próximos que muestran tasas de cambio muy elevadas son candidatas a formar parte de fronteras y por tanto pueden componer un ecotono (figura 3).



Figura 3. Ilustración gráfica de un método cuantitativo de detección de fronteras. Los límites (tasas de cambio) se calculan basándose en los valores (escala de grises), medidos en una o más variables (altura, área basal, cobertura, diversidad, factores edáficos o topográficos, etc.) para celdas adyacentes (en este caso cuatro celdas conforman la unidad o cuadrado analizado). Las tasas de cambio más elevadas (flechas rojas) formarían fronteras y ecotonos. Las tasas de cambio menores (flechas azules) suelen aparecer en zonas espacialmente homogéneas (manchas) en las que la variable muestra valores similares. El gradiente de tonos grises corresponde a la escala de valores cuantitativos de la(s) variable(s) de estudio (modificado de Camarero y Fortin 2006)



Esta descripción resumida de la detección cuantitativa de fronteras ecológicas y ecotonos puede dar una idea de cómo estas herramientas pueden ser métodos útiles y objetivos para definir el límite entre el bosque andino y los páramos supraforestales. Cabe mencionar que en las recopilaciones de altitudes del límite superior del bosque a escala global escasean datos para zonas ecuatoriales o tropicales, situadas a una latitud entre 5° S y 10° N, donde se localizan la mayor parte de los páramos andinos (Körner 2012).

Esto indica la escasez de datos que tenemos sobre estas zonas, o bien, la dificultad para definir el límite del bosque en estas áreas. Sin embargo, se estima que el área por encima de dicho límite del bosque representaría hasta diez veces más que la presente en montañas extratropicales mucho más estudiadas como los Alpes. Por esta escasez de información ecológica y por la peculiaridad y valor biológico y social de los páramos cabría profundizar en el uso de métodos cuantitativos ya disponibles, para

delimitar adecuadamente la vegetación paramuna.

A continuación se describe de forma somera este tipo de vegetación para ilustrar las posibilidades de detección de fronteras y ecotonos en la vegetación de los páramos y la alta montaña colombiana.

Los páramos como paradigma de vegetación supraforestal tropical

Los ecosistemas americanos, tropicales húmedos y situados en montañas y por encima del límite del bosque son los páramos andinos (Luteyn 1999). Se extienden desde Costa Rica hasta el norte de Perú cubriendo unos 35 000 km² (Hofstede *et al.* 2003).

Según el Diccionario de la Real Academia Española un páramo es un terreno yermo, raso, frío, desamparado, inhóspito e improductivo. En la Península Ibérica las parameras son zonas elevadas (mesetas), sometidas a condiciones climáticas rigurosas (frío, elevada radiación, suelo rocoso) y dominadas por arbustos y herbáceas. Esta definición próxima a la de un erial solo concuerda, en parte, con el aspecto de los páramos andinos en cuanto a su dureza climática, ya que los páramos son regiones desarboladas, frías y húmedas que se ven sometidos a fuertes contrastes térmicos y de radiación, están habitualmente cubiertos por nieblas, soportan intensos vientos y fenómenos frecuentes de congelación y deshielo.

Este aspecto desarbolado puede causar un menor atractivo paisajístico que el que ofrece un bosque, pero existen razones de sobra para reconocer el elevado valor ecológico de los páramos, dada su peculiaridad y riqueza en cuanto a valores biogeográficos, socioeconómicos y culturales.

En sentido amplio, el páramo puede considerarse un gran ecotono propio de las montañas tropicales húmedas, que abarca, desde el límite superior del bosque andino situado de 3600 a 3800 metros de altitud

(localmente puede aparecer a 3200 m) y el límite inferior de las nieves perpetuas situado entre 4400 m y 4700 m.

Cuatrecasas (1958, 1968) definió el páramo como regiones desarboladas, frías y húmedas que ocupan las cimas de las cordilleras por encima del bosque andino. Estas particulares formas de vegetación paramuna abierta (pajonales o pastizales, rosetales o frailejonales, arbustales o matorrales, chuscales o formaciones de bambú) dominan las zonas más elevadas de las cordilleras tropandinas, desde al menos hace dos millones de años, cuando el límite superior del bosque bajaba hasta los 2500 m de altitud (van der Hammen *et al.* 1973).

El clima extremo de montaña y el aislamiento en las cumbres (“islas o archipiélagos continentales”) determinaron condiciones para la evolución de una vegetación paramuna, con elementos muy distintos de los ecosistemas de menor altitud, como el bosque andino. Estas “islas” de páramo situadas en zonas elevadas de las cordilleras se contrajeron o expandieron, en respuesta a los ciclos glaciares o interglaciares que se repitieron durante el Cuaternario con una frecuencia de entre 40 000 y 100 000 años.

La unión y separación de páramos permitió su elevada especiación y nivel de endemismo de su flora, resultado de movimientos tectónicos, cambios climáticos, migraciones entre cordilleras, entrada de especies llegadas de las zonas Holártica y Austral-Antártica y fenómenos evolutivos. Aunque el páramo es menos rico en número absoluto de especies que el bosque andino la diversidad biótica de los páramos es la más alta en relación con otros ecosistemas de alta montaña del mundo, ya que contiene un elevado número de especies endémicas con distribuciones geográficas restringidas (Luteyn 1999).

Según este último autor el 60% de la flora del páramo es endémica, es decir que es singular a este ecosistema y no se encuentra en ninguna otra parte. Cada páramo o maci-

zo montañoso contiene ensamblajes únicos de especies de plantas, que difieren mucho entre páramos vecinos, como se observa por ejemplo en las tres grandes cordilleras colombianas (Rangel-Ch. 2000), siendo en este caso, el aislamiento de los páramos de Venezuela y Colombia mayor respecto al resto de macizos montañosos.

A nivel fisonómico destaca la presencia exclusiva de ciertas formas únicas de crecimiento como las rosetas gigantes caulescentes (frailejones del género *Espeletia* en los Andes) que también se observan en ecosistemas supraforestales tropicales y húmedos (“tropolpinos”) de África.

Los páramos están muy determinados por su historia y uso actual, pero también por la génesis de suelos a partir de depósitos de origen volcánico, la influencia de los procesos geológicos y geomorfológicos, vinculados al desplazamiento de los glaciares y la precipitación. Los páramos prestan servicios ambientales fundamentales como la provisión de agua, el almacenamiento de carbono en sus suelos, el mantenimiento de aspectos productivos (papa, quinoa), la constitución de reservorios de biodiversidad vegetal, la proyección ecoturística, etc. Se estima que un 40% de todos los páramos están incluidos en áreas protegidas (Hofstede *et al.* 2003).

Entre las regiones naturales de Colombia mejor documentadas y caracterizadas en su biota y en su entorno físico está el páramo, que ocupa unos 14 000 km² y en el que se han descrito hasta 327 formaciones vegetales distintas, en relación con la elevada diversidad de hábitats promovida por una compleja geomorfología (Rangel-Ch. 2000). Según diversos autores (Cuatrecasas 1968, Rangel-Ch. 2000) el páramo puede dividirse en cuatro franjas altitudinales con distintas fisonomías y composiciones de especies:

1. **Franja alto andina-subpáramo:** situada entre 2800 m y 3200 m de altitud (temperatura media entre 11 y 12°C). Constituye un ecotono

entre la vegetación cerrada de la media montaña y la abierta de la parte alta. Son bosques altos dominados por especies de *Weinmannia*, *Hesperomeles*, *Clethra* y *Escallonia*. En Colombia es común *Drimys granadensis* y los matorrales altos y bosques enanos con especies de *Gynoxys* y *Diplostegium*. Es la franja con mayor riqueza de flora (115 familias, 487 géneros, 2385 especies).

2. **Páramo bajo o subpáramo:** situado desde 3200 m hasta 3500 m (temperatura media entre 6°C y 9°C). Está dominado por vegetación arbustiva compuesta por matorrales de especies de *Diplostegium*, *Monticalia* y *Gynoxys*, así como especies de *Hypericum*, *Pernettya*, *Vaccinium*, *Bejaria* y *Gaultheria*. Suele contactar con la vegetación de la región de la media montaña, formando comunidades mixtas. Se considera la franja más húmeda (recibiría aproximadamente 1700 mm anuales).
3. **Páramo propiamente dicho:** dominado por gramíneas desde 3500 m hasta 4100 m de altitud. La diversificación de comunidades o formaciones vegetales es máxima, ya que aparece casi todos los tipos de vegetación, aunque predominan los frailejonales o rosetales (especies de *Espeletia*), los pajonales (especies de *Calamagrostis* -paja de páramo-) y los chuscales de *Chusquea tessellata* (bambú paramuno).
4. **Superpáramo:** franja situada por encima de 4100 m que llega hasta el límite inferior de las nieves perpetuas (4700 m). Presenta vegetación discontinua y suelo desnudo. La cobertura y la diversidad vegetal disminuyen mucho hasta aparecer pocas plantas aisladas y

predominar el sustrato rocoso. Se considera la franja menos húmeda al recibir unos 1200 mm de precipitación anual.

Según la legislación colombiana vigente estas franjas estarían incluidas dentro del ecosistema de páramo. En Colombia, la conservación de zonas de páramo varía entre el 8% (Merchán, Boyacá) y el 44% (Santuario, Boyacá) de su extensión.

El páramo colombiano es muy húmedo y recibe en promedio 1644 mm de precipitación anual (Rangel-Ch. 2000). Estos valores de lluvia son bastante elevados si se comparan con los de la puna peruana seca (800 mm) o con zonas montañosas de México (1054 mm), y por tanto determinan en gran medida la vegetación existente. No obstante, en general la riqueza y la diversidad de plantas disminuyen al aumentar la altitud.

La región biogeográfica del páramo andino contiene al menos 5168 especies de plantas con flores o angiospermas, de las cuales 3173 están en Colombia, lo que representa en torno al 60% de las especies de plantas con flores del páramo andino y un 12% del total de especies de Colombia (en el caso de los helechos encontrados en los páramos colombianos estos representan más del 90% de las especies de los páramos americanos) (Luteyn 1999, Rangel-Ch. 2000).

Según este último autor el mayor número de especies vegetales (1067 especies, de las cuales el 60% corresponden a las familias Asteraceae y Orchidaceae) se encuentra en el complejo de Cocuy, en la cordillera oriental, que representa el grupo de páramos más extenso de Colombia. Casi el 40% de las 5168 especies de plantas endémicas de los páramos americanos están en los páramos colombianos. De hecho, el páramo colombiano recoge gran parte de las comunidades vegetales de los páramos andinos (chuscales, pajonales, frailejonales o rosetales).

Las angiospermas del páramo colombiano pertenecen a 118 familias, siendo las más numerosas en especies las familias Asteraceae (100 géneros, 715 especies, p. ej. los frailejones), Orchidaceae (57 géneros, 579 especies) y Poaceae (46 géneros, 155 especies). Los géneros con mayor número de especies son *Epidendron* (103), *Espeletia* (83) y *Pleurothallis* (78).

Límites entre bosque andino y páramos: fronteras y ecotonos

En las montañas el gradiente vertical impera sobre los demás; en general buscamos describir límites o fronteras perpendiculares a este eje de máxima pendiente. Tanto en las montañas extratropicales como en las tropicales es complicado establecer el límite entre bosque y vegetación supraforestal (páramos, pastos alpinos) ya que el bosque ha sido eliminado por actividades humanas (quemadas, talas).

Se puede hablar así de “paramización” (o “alpinización” fuera de los trópicos) cuando la vegetación de especies supraforestales (p. ej. gramíneas) se extiende hacia abajo reemplazando al bosque nativo. Es destacable que tanto en los trópicos como fuera de ellos los árboles muestran un crecimiento más lento que la vegetación supraforestal, por lo que tardan bastante tiempo en “recuperar” la zona antes ocupada por el bosque, en la que dominan las condiciones microclimáticas propias del páramo, tras el cese de las actividades humanas locales.

Por tanto, se puede hablar de un páramo “natural” y de otro “secundario”, delimitados por el límite superior del bosque andino que se situaría a mayor altitud en el primero que en el segundo caso (situado debajo del límite de bosque original) (Hofstede *et al.* 2003). Además, para complicar la delimitación bosque-páramo existen zonas de páramo azonal o extrazonal, situadas más abajo del límite altitudinal del bosque por efectos topográficos, geomorfológicos y microclimá-

ticos. Por ejemplo, las frecuentes inversiones térmicas de los fondos de valles o las zonas de suelo poco apropiado para el desarrollo forestal (rocoso, encharcado) inducen la presencia de vegetación paramuna en altitudes más propias del bosque.

Pese a las dificultades planteadas por los páramos y en general por las comunidades vegetales de montaña es factible detectar fronteras y ecotonos para delimitar el páramo. Sin duda, para ello es prioritario establecer al menos unas pautas metodológicas sencillas como:

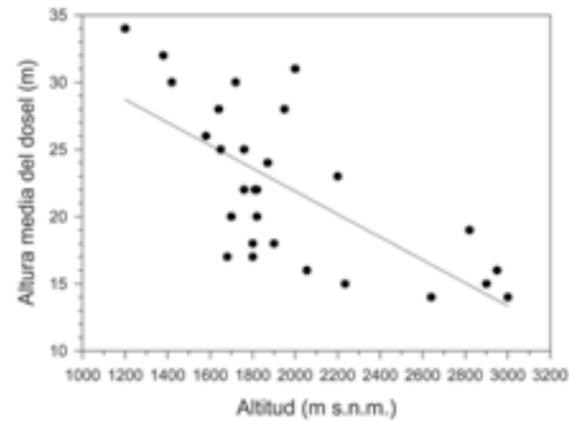
1. Determinar la(s) variable(s) a medir para detectar las fronteras y definir los ecotonos. Debe tratarse de variables claras, fáciles de medir y de cuantificar a lo largo de transectos altitudinales, como la altura o cobertura del dosel (figura 4), la densidad o el área basimétrica en el caso de bosques, la riqueza o la diversidad de plantas, el parecido o diferencias entre la composición o fisonomía (estructura) entre comunidades vecinas, etc.

Por supuesto, debe considerarse que estas variables bióticas descriptoras pueden ser relacionadas mediante diversos estadísticos con rasgos edáficos (profundidad, litología, composición, textura), topográficos (altitud, pendiente, orientación) o geomorfológicos (rugosidad del terreno) medidos en los mismos puntos o parcelas del transecto.

2. Establecer la escala espacial de medida ya que, como se ha comentado, la detección y descripción de las fronteras dependen de la escala espacial de interés.
3. Elaborar una metodología de muestreo clara, objetiva y cuantitativa. Es conveniente, por ejemplo, muestrear la vegetación utilizan-

do áreas similares a lo largo del gradiente altitudinal y obtener variables cuantitativas continuas o como mínimo coberturas en forma de porcentajes. Es también fundamental la elaboración de estos métodos con base en el conocimiento ecológico y botánico previo de la vegetación paramuna.

Figura 4. Ejemplo sencillo para detectar fronteras y delimitar páramos. Se muestra el descenso en la altura media del dosel al aumentar la altitud en la serranía de Perijá, cordillera Oriental. El descenso en altura del bosque (u otras variables como densidad, cobertura o riqueza) al ascender en altitud puede indicar la posición teórica del páramo. Datos tomados de Rangel-Ch. (2009)



Para concluir, espero haber podido ilustrar una descripción sucinta de herramientas estadísticas disponibles que sirvan para delimitar fronteras y caracterizar ecológica y espacialmente los ecotonos. El páramo es un gran ecotono de las montañas tropicales andinas, por lo que es un sujeto potencial de análisis mediante las técnicas de detección cuantitativa de fronteras. Confío en que estos métodos puedan ser usados y difundidos más intensamente por la comunidad científica paramuna en interés de la caracterización y conservación de los páramos.

Referencias

- Camarero, J. y M. Fortin. 2006. Detección cuantitativa de fronteras ecológicas y ecotonos. *Ecosistemas* 15: 76-87.
- Cuatrecasas J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 10: 221-264.
- Cuatrecasas, J. 1968. Páramo Vegetation and its Life Forms. *Geocology of Mountainous Regions of Tropical America. Colloquium Geographicum* 9: 163-186.
- Fortin, M. y M. Dale. 2005. *Spatial Analysis: A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Van der Hammen, T., J. Werner y H. van Dommelen. 1973. Palynological record of the upheaval of the Northern Andes. *Paleobotany and Palynology* 16: 1-22.
- Hofstede, R., P. Segarra y P. Mena (Eds.). 2003. *Los Páramos del Mundo*. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia, Quito.
- Jacquez, G., S. Maruca y M. Fortin. 2000. From fields to objects: A review of Geographic Boundary Analysis. *Journal of Geographical Systems* 2: 221-241.
- Körner, Ch. 2012. *Alpine Treelines. Functional Ecology of the Global High Elevation Tree Limits*. Springer, Basel.
- Luteyn, J. 1999. Páramos: A Checklist of Plant Diversity, Geographical Distribution, and Botanical Literature. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, New York.
- Van der Maarel, E. 1990. Ecotones and ecoclines are different. *Journal of Vegetation Science* 1: 135-138.
- Rangel-Ch., J. O. 2000. La región paramuna y franja aledaña en Colombia. En: J.O. Rangel-Ch. (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica*, III. La región de vida paramuna: 1-23. Instituto de Ciencias Naturales-Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá.
- Rangel-Ch., J. O. (Ed.). 2009. *Colombia Diversidad Biótica VIII: media y baja montaña de la serranía de Perijá*. Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá.

Visiones integradoras sobre los páramos

Lo mucho que sabemos del páramo. Apuntes sobre el conocimiento actual de la integridad, la transformación y la conservación del páramo

Robert Hofstede

La delimitación del páramo y la incierta gestión de los servicios ecosistémicos de la alta montaña en escenarios de cambio ambiental

Germán Ignacio Andrade Pérez

Aproximación a la integridad ecológica en socioecosistemas de páramo

Catherine Gamba-Trimiño

Un paisaje con muchas dimensiones: el desarrollo de la relación entre la sociedad y los páramos andinos

Robert Hofstede

Delimitaciones geopolíticas y ambientales en los Andes ecuatoriales de Colombia ¿Por qué y para quién limitar y delimitar los páramos?

Joaquín Molano Barrero

Criterios para no limitar la conservación y la diversidad cultural de los páramos en Colombia

Guillermo Andrés Ospina



Lo mucho que sabemos del páramo. Apuntes sobre el conocimiento actual de la integridad, la transformación y la conservación del páramo

*Robert Hofstede*¹

Introducción

En buena hora el conocimiento sobre los páramos ha aumentado considerablemente durante los últimos años. Un análisis rápido de Google Scholar (scholar.google.com, enero 2013) demuestra esta tendencia: de las 1485 publicaciones encontradas con páramo en el título (excluyendo Páramo como apellido), en cualquier idioma, más de la mitad (778) fueron publicadas después del 2000, y de estas, 157 después del 2010. Donde originalmente existía una mayor actividad académica en disciplinas naturales desde hace unas décadas el páramo también es estudiado desde las disciplinas sociales (Mujica 2011, Hofstede, este volumen).

¹ Asesor científico para la iniciativa de la delimitación de los páramos de Colombia, Instituto Alexander von Humboldt. Casilla 17-22-20529, Quito-Ecuador. hofstederobert@gmail.com



A la vez, el páramo está ubicándose cada vez más en el centro de la atención pública. Esto se debe a dos razones: el cambio climático y la minería. El impacto del cambio climático global es mayor en los ecosistemas de alta montaña que en la mayoría de los otros ecosistemas tropicales (Beniston y Fox 1995, Price 2006) y en el caso del páramo puede afectar de forma importante varios servicios hidrológicos para toda la sociedad andina (Buytaert *et al.* 2011).

Paralelamente se ha visto un fuerte crecimiento en la actividad minera en los páramos, y la preocupación por su impacto social y ambiental ha movilizó grandes grupos de la sociedad. Los debates sobre las actividades mineras en Santurbán (Colombia), Quimsacocha (Ecuador) y Cajamarca (Perú) han logrado que el páramo reciba atención de toda la sociedad, más allá de los sectores “clásicos”, relacionados con su investigación y conservación (Guerrero 2009).

Cuando se involucran más sectores de la sociedad en el debate sobre los páramos también se diversifican los puntos de vista sobre el manejo del territorio. Diferentes grupos usan distintos argumentos para defender su objetivo en la gestión del páramo, y es posible que ningún argumento sea más válido que otro. Sin embargo, estos deben ser sustentados sobre conocimientos reales y no sobre especulaciones u opiniones sesgadas.

El presente ensayo tiene como objetivo presentar el estado de conocimiento sobre algunos temas actuales relativos a los páramos, y está organizado alrededor de unas preguntas generales extraídas de debates recientes.

¿Por qué los páramos son tan importantes para la regulación hídrica?

Los ecosistemas de alta montaña, incluyendo los páramos, glaciares y bosques alto andinos forman el complejo de ecosistemas más importante para la provisión y regulación de agua en un país como Colombia, por razones de geografía, clima, edafología y vegetación.

Geográficamente la alta montaña es la base de todo el sistema hidrológico nacional. El hecho de que se encuentren a mayor altitud y que la provisión de agua se dé siempre hacia abajo implica necesariamente que los ecosistemas de alta montaña tienen influencia sobre todo lo que se encuentra a menor altitud, incluyendo los altiplanos, valles interandinos y hasta las zonas costeras, llaneras y amazónicas (Buytaert *et al.* 2006, Harden 2006).

La posición geográfica de los Andes tropicales hace que toda la zona de alta montaña tenga un clima constante, relativamente frío y húmedo. Aunque existen diferencias climáticas entre los diferentes páramos y bosques alto andinos la gran mayoría tiene un carácter perhúmedo (Rangel 2000). Por esto, todos tienen un rendimiento hídrico (caudal/precipitación anual) positivo, en el rango de 50 a 80%, mayor que otros ecosistemas tropicales (Buytaert *et al.* 2006). El páramo “produce” entre 2 a 5 l/m²/día; esto significa (según Hincapié *et al.* 2002) que el rendimiento total de los páramos de Colombia es de 70 km³/año.

Los suelos de los ecosistemas andinos son relativamente jóvenes: se formaron en la roca meteorizada después del retiro de los glaciares (hace unos 10000 años), en un proceso que demora miles de años. Además, en muchas zonas de actividad volcánica este desarrollo es aún más reciente porque se produjo en depósitos volcánicos de centenas o miles de años de edad.

El clima frío y húmedo hace que la meteorización y formación de suelo sea lenta. El material orgánico en los suelos, generado por las hojas y raíces de las plantas, tarda en descomponerse y se acumula en el suelo a través de los años.

Hierro y aluminio tienen concentraciones típicamente altas en los suelos jóvenes del páramo (Zehetner 2003, Tonneijck *et al.* 2010) y forman complejos órgano-metálicos que inhiben aún más la descomposición de la materia orgánica. Estos complejos tienen una suave carga eléctrica que hace que el agua se adhiera (Wada 1985, Shoji *et al.* 1993), y, de esta forma, que los suelos de páramo sean excelentes para retener humedad.

Además, sus características físicas (textura, estructura) son ideales para infiltrar y almacenar grandes cantidades de agua (Buytaert *et al.* 2006). Adicionalmente, la cobertura de vegetación continua y completa permite una buena protección de los suelos y evita la desecación, aún en los periodos secos (Hofstede 1995).

A medida que aumenta la altitud se encuentra un mayor contenido de materia orgánica (y por ende máxima capacidad de retención hídrica), con un óptimo entre los 3500 y 4000 m (bosques más altos y páramo “propiamente dicho”). Por encima de esta altura el suelo es tan joven que los procesos no han llegado a un máximo, y dado que la productividad primaria es menor el depósito de materia orgánica disminuye (Poulenard 2000, Tonneijck 2009, Couteaux *et al.* 2002).



Otra razón de la importancia de los ecosistemas de alta montaña para la regulación hídrica es la geomorfología, que les bendice con la presencia de muchos humedales. El paisaje de alta montaña, resultado de la modelación por acumulación y retiro de las masas glaciares, tiene una mayor cantidad de humedales que otros ecosistemas de montaña. Las glaciaciones formaron planicies donde se acumula el agua tanto encima de colinas como en el fondo de los valles, dando origen a lagunas, pantanos y turberas.

Gracias a la presencia de estos ecosistemas y la gran cantidad de otros humedales presentes en el páramo (ríos, quebradas, riachuelos, vegas, glaciares y, especialmente, pastizales húmedos) la convención Ramsar de humedales ha reconocido los ecosistemas altoandinos como un mosaico de humedales (resolución VII-39 de 2002) de importancia ecológica, hidrológica y social.

Los glaciares en los Andes del norte no cubren mucha superficie y por esto tienen una limitada contribución al sistema hidrológico en cuanto a volumen de agua. Sin embargo, por el hecho de estar en el punto más alto de varias cuencas y por tener un reservorio de agua en forma sólida son una fuente

constante de agua para los ríos. Son las coberturas más vulnerables al calentamiento global y su deglaciación tiene un efecto directo sobre la constante provisión de agua (Bradley *et al.* 2006, Vuille *et al.* 2008).

¿Qué es y qué rol juega la integridad ecológica en los servicios ecosistémicos del páramo?

La integridad ecológica, también llamada “salud funcional”, es una sombrilla amplia que cubre una variedad de temas de diferentes disciplinas académicas y pensamientos populares. Integridad se asocia con sistemas naturales y su capacidad propia de organización, regeneración, reproducción, adaptación, desarrollo y evolución. Tiene dimensiones temporales, espaciales, sociales y culturales (Pimentel *et al.* 2000), y cada una de estas juega su rol en el páramo.

La “naturalidad” es un aspecto de la integridad ecológica. Los páramos en su estado natural tienen óptimas propiedades hidrológicas. Así mismo, entre más natural (más “íntegro”) sea el páramo mejor será

su papel en cuanto a la prestación de servicios ecosistémicos tales como la regulación climática y el almacenamiento de carbono (Hofstede 2011).

En cuanto a la biodiversidad la situación es más compleja. En general, entre más natural son mejores las condiciones para que el ecosistema tenga mayor biodiversidad original. Sin embargo, desde ciertos puntos de vista y en ciertas condiciones, un moderado grado de disturbio puede resultar en una mayor diversidad de paisaje, cuando se intercalan áreas naturales con áreas intervenidas y áreas en regeneración (Sklenar y Ramsay 2001, Verweij 1995).

Existen datos que sustentan que el número total de especies vegetales es mayor cuando hay una leve presión ganadera y quemadas puntuales, pero esta diversidad está representada principalmente por especies comunes del páramo (“malezas nativas”, Verweij 1995). Entonces, si bien para muchos servicios ecosistémicos lo mejor es el estado natural la buena noticia es que el páramo intervenido mantiene muchas de sus propiedades ecológicas positivas (Hofstede *et al.* 2003).

La relación del páramo con otros ecosistemas asociados o adyacentes es un aspecto geográfico de la integridad ecológica. A escala local existe una interrelación hidrológica muy clara: el glaciar provee agua al páramo alto y el pajonal alimenta con agua al humedal (Buytaert *et al.* 2006, Harden 2006). Aunque no hay estudios publicados también es lógico que exista una interrelación hídrica del páramo con el bosque andino: la destrucción del páramo tiene influencia en la hidrológica del bosque andino.

A nivel de paisaje la interrelación se da a través de la meteorología: los bosques ayudan a mantener el clima local y regional, al aportar humedad al aire y contribuir a la formación de nubes. Se encuentran evidencias claras de que en zonas de mayor deforestación hay menor formación de nubes, lo cual

afecta a otros ecosistemas. Este fenómeno se ha estudiado principalmente en la Amazonía (D’Almeida *et al.* 2007, Durieux *et al.* 2003, Voldoire y Royer 2004) pero también parece válido para los ecosistemas andinos (Bruijnzeel *et al.* 2011, Buytaert *et al.* 2011).

Las interrelaciones de la biodiversidad entre los diferentes ecosistemas son igual de importantes. Existe una clara relación entre ecosistemas utilizados como zonas de refugio y los que suministran alimento a la fauna. El oso andino (*Tremarctos ornatus*) necesita al bosque andino para refugiarse y al páramo para alimentarse (Kattan *et al.* 2004). El cóndor de los Andes (*Vultur gryphus*) usa peñas rocosas en el páramo para la anidación y una serie de ecosistemas de alta montaña para alimentarse. Además pueden volar distancias de centenares de kilómetros por día pero las carreteras y otras infraestructuras humanas afectan drásticamente su uso del hábitat (Speziale *et al.* 2008).

A escala más pequeña existe una interrelación entre las aves que viven en los bosques altoandinos y se alimentan (polinizan y dispersan semillas) en el páramo (Fjeldsa 1992, Woods y Ramsay 2001).

La integridad también se manifiesta en la configuración espacial. Los páramos tienen el aspecto de un archipiélago: forman complejos de diferente tamaño desconectados entre sí. Esta clase de integridad implica mantener la interacción de ecosistemas bajo cuestión (páramo) con, por lo menos, parte del ecosistema de al lado (bosque andino, glaciares, paisajes culturales con elementos naturales) para asegurar el flujo de especies y genes (Monasterio y Sarmiento 1991, Jørgensen y Ulloa 1995).

¿Cuáles factores influyen en el límite entre páramo y bosque?

Si bien “bosque” y “páramo” son dos orobiomas (biomas zonales) distintos es difícil poner un límite concreto entre ellos. Este

límite es más bien un gradiente y hay muchas relaciones funcionales entre el bosque y el páramo, parte de las cuales ya fueron descritas en la pregunta anterior. Pero en realidad los bosques (o mejor dicho, árboles) y los páramos están íntimamente relacionados, y por lo tanto definir el límite como una línea discreta es imposible. Diferentes factores (geográficos, ecológicos, climatológicos, uso humano y concepto social) influyen en la ubicación y composición de este límite.

Existen varias especies de árboles que toleran las condiciones extremas de frío y radiación a altitudes mayores dentro del páramo, ya que han desarrollado ciertas adaptaciones morfológicas. Según Luteyn (1999) la lista incluye casi cincuenta especies del género *Gynoxys* (Asteraceae), cinco de *Buddleja* (Buddlejaceae) y diez de *Polylepis* (Rosaceae) que frecuentemente ocurren en el páramo, inclusive hasta altitudes mayores a los 4400 m s.n.m. Todas estas especies forman parte de la biodiversidad natural del páramo y contribuyen a su belleza e importancia para la ecología y la sociedad.

La ubicación del límite superior del bosque (LSB) no es clara y más bien hay un cinturón altitudinal de varios centenares de metros donde el bosque da lugar a una vegetación arbustiva y luego a una vegetación herbácea. En este cinturón (frecuentemente llamado subpáramo; Cuatrecasas 1934) existe un mosaico de bosques, arbustales y páramo herbáceo.

En lugares relativamente prístinos la transición entre el bosque andino y el páramo tiende a ser gradual, desde el bosque cerrado hacia un mosaico de fragmentos de bosque y arbustales. Además, debido a la variación geográfica este límite puede ser a cualquier altitud, desde los 2800 hasta los 4200 m (Wille *et al.* 2002, Bader 2007) por lo cual, mencionar una sola cifra altitudinal para delimitar el páramo y el bosque andino sería completamente irreal.

Las fluctuaciones del clima en las diferentes escalas temporales, actualmente

influenciadas por el calentamiento global, hacen que el límite bosque-páramo sea muy dinámico. Los estudios paleoecológicos demuestran que los ciclos glaciales-interglaciales del Cuaternario han resultado en cambios mayores y repetitivos en la posición del límite (ej. Hooghiemstra y van der Hammen 2004, Weng *et al.* 2006). Además, la variabilidad climática y los consecuentes cambios en el límite bosque-páramo ocurrieron en lapsos temporales mucho más cortos (centenares de años) que los observados anteriormente (miles de años; ej. Moscol 2010, Bogotá *et al.* 2011, Groot *et al.* 2011).

De estos estudios recientes surge la impresión de que el límite es bastante inestable y que la composición de los cinturones altitudinales de vegetación a través del tiempo ha sido muy variable. Esto implica que el gradiente "natural" puede ajustarse relativamente rápido a cambios en las condiciones climáticas y que está elevándose desde el inicio del cambio climático actual (Wille *et al.* 2002, Bader 2007).

La historia de ocupación humana es otro factor que influyó en la posición del LSB: la "paramización" consiste en el reemplazo de áreas de bosque andino con vegetación de páramo. La desaparición del bosque andino como consecuencia directa de las quemadas extensas y la tala desde el periodo de la colonización permitió que el páramo se extendiera más allá de lo natural.

En el espacio que queda abierto después de una quema las condiciones microclimáticas cambian pareciéndose a las del páramo (alta insolación, mucho viento, congelación frecuente, etc.). Por esta razón este espacio es colonizado por especies del páramo que cubren el suelo con una capa gruesa de paja, limitando así la regeneración del bosque natural, que está limitada por las quemadas repetidas y por la ganadería, que afecta más a las plantas leñosas que a la paja (Lægaard 1992, Verweij 1995, Sarmiento y Frolich 2002, diPasquale *et al.* 2008).

Finalmente, a largo plazo desaparece el banco de semillas de especies leñosas y se presenta una disminución de la entrada de semillas de los bosques naturales alrededor de la zona (ej. Young y Leon 2007, Bader y Ruijten 2008). Por esto, es una realidad que hay muchas áreas en los Andes que están ahora cubiertas por páramo pero que originalmente fueron bosque andino. Sin embargo, este páramo "paramizado" tiene condiciones similares al páramo "original" y es también muy importante para la sociedad por la prestación de los servicios ambientales (Hofstede *et al.* 1998, Hofstede *et al.* 2003, Nierop *et al.* 2007).

En varias regiones de los Andes el límite entre bosque y páramo es artificialmente creado mediante plantaciones forestales. Estas plantaciones, generalmente con especies exóticas, fueron implementadas de forma masiva desde hace cuarenta años y se encuentran principalmente ubicadas en tierras deforestadas y degradadas, así como en los ecosistemas que naturalmente tienen pocos árboles, como son los páramos.

Actualmente sabemos que la plantación de estas especies fue un error histórico: una cantidad importante de estudios en los páramos andinos indican que definitivamente hay más evidencias de los impactos negativos que de los positivos de las plantaciones forestales (ej. Cortés *et al.* 1990, Hofstede *et al.* 2002a, Van Wesenbeek *et al.* 2003, Farley *et al.* 2004, Farley y Kelly 2004, Celleri y Feyen 2009).

En respuesta a la creciente preocupación sobre los efectos negativos de las plantaciones con especies exóticas hubo un vuelco al uso de especies nativas en las actividades de reforestación y agroforestería (Kenny-Jordan *et al.* 1999). Para la zona de páramo fueron seleccionadas especialmente especies de *Polylepis* y *Buddleja*, las cuales se plantaron generalmente con fines de conservación hídrica y para usos domésticos. Aunque se asume que estas tienen impactos menos negativos que las especies exóticas todavía no hay estudios que lo confirmen.

Otro factor importante que caracteriza el límite entre páramo y bosque es el concepto social: aunque todos hablan del mismo ecosistema el páramo es percibido diferente por un campesino, que por un turista, un habitante de ciudad o un académico. Esto influye en la definición del ecosistema y, por ende, en la definición de su límite.

El turista reconoce el páramo cuando observa pajonal y frailejones, mientras que un botánico usa una serie más amplia de indicadores. El campesino, en cambio, define el páramo generalmente como un territorio para varias funciones, que incluye el pajonal donde pastan los animales, los humedales y ríos para generar agua, y su finca y cultivo para producir alimentos e ingresos. Para él, el espacio sigue siendo páramo, aunque la vegetación natural esté reemplazada por un pastizal o cultivo.

Lo importante es aceptar que las diferentes conceptos son válidos y ninguno es mejor que el otro, lo que implica que el límite entre páramo y bosque puede ser muy variable, según la percepción de cada persona (Molano 2003, Mujica 2011).

¿Es compatible la conservación con el uso del páramo?

Cualquier ecosistema en el mundo tiene algún grado de intervención humana. Incluso en los páramos y bosques donde ningún ser humano ha puesto su pie hay algún impacto indirecto de los seres humanos, ya sea por el cambio climático, la contaminación de aire, el cambio en paisajes adyacentes, los cambios de poblaciones de fauna que tienen su hábitat compartido, etc. Esto hace que el ser humano sea un elemento *de facto* en cualquier ecosistema y que se le deba incluir en su manejo (principio 1 del enfoque ecosistémico; Hofstede 2006).

Pero por supuesto hay gradientes en la intervención humana. Tradicionalmente (ej. Chapin 2009) se clasifica de la siguiente

te forma: (i) áreas naturales (sin intervención comprobable), (ii) áreas modificadas (con intervención humana demostrable, pero la estructura y funcionalidad del ecosistema todavía es dominada por procesos naturales –o sea dentro de la resiliencia del ecosistema–), (iii) áreas transformadas (con intervención humana que ha resultado en cambios en estructura y funcionalidad –agroecosistemas, ecosistemas culturales, etc.–) y (iv) áreas degradadas (tanto disturbio que los ecosistemas han perdido su capacidad de respuesta a las presiones del uso de la tierra). En el páramo se observan estas cuatro categorías y todas las situaciones intermedias.

Todavía existe un área considerable cubierta por páramo natural, sin intervención comprobable. Estos páramos están ubicados principalmente en áreas de difícil acceso, en áreas protegidas, y corresponden a superpáramos o páramos húmedos, sin historia de quemaduras y un uso humano muy restringido. Sin embargo, la mayoría de los páramos tienen algún grado de modificación.

En Ecuador se ha establecido que el área de páramo modificado es mucho mayor que lo originalmente pensado ya que se ha visto que la gran mayoría de los páramos dominados por pajonal en realidad son formados por una historia de quemaduras extensas, que han causado una homogeneización de la vegetación (Hofstede *et al.* 2002b).

Dentro de los páramos modificados también se incluyen aquellos que son usados para pastoreo extensivo, con una carga animal leve o moderada. Estos siguen siendo claramente páramos con vegetación de paja, frailejones, hierbas nativas, pero han perdido algunas especies típicas que no toleran el pisoteo y las quemaduras frecuentes, el suelo presenta algún grado de compactación y empiezan a aparecer especies introducidas (Hofstede 1995, Verweij 1995).



Los páramos transformados son los que han perdido su cobertura natural de pajonal-arbustal y se han convertido en pastizales cortos o cultivos (papas, árboles). Hay una interacción continua entre la siembra de papas y la ganadería: las áreas en descanso de la papa son sembradas con pastos (exóticos) para ganado (Crissman 2001, Cubillos 2011). Se encuentran ejemplos en que estas áreas transformadas en un sistema de ganadería-cultivos de papa están bien manejadas, evitando sobrepastoreo y permitiendo suficiente tiempo para barbecho. Sin embargo, por la alta vulnerabilidad del ecosistema hay peligro de degradación.

La degradación es un paso posterior al páramo transformado, y es el resultado de un mal manejo del cultivo/potrero. La teoría dice que de un ecosistema transformado se podría regresar a un ecosistema modificado (aunque en los casos de páramo esto es dudoso debido a la presencia de procesos irreversibles, especialmente en los suelos; Poulénard *et al.* 2004) pero de un ecosistema degradado no se puede volver a un ecosistema natural, sin procesos intensivos de restauración (Vargas 2011).

De aquí surgen algunas preguntas: ¿se debe prohibir toda actividad económica en los páramos? y ¿hay un punto de no retorno? La respuesta sobre la primera es clara: no hay necesidad de prohibir las actividades económicas para asegurar servicios ecosistémicos en el páramo. Es claro que cualquier intervención humana causa un efecto, generalmente negativo, sobre la capacidad del páramo de proveer servicios ecosistémicos, y por esto, los páramos “naturales” son preferibles para asegurar la base ecológica para la economía del país. Sin embargo, los páramos modificados también prestan un sinnúmero de servicios ecosistémicos.

No hay que olvidar que la producción de forraje para la ganadería, la provisión de leña y plantas útiles, y hasta los valores culturales y estéticos también son servicios ecosistémicos y para aprovecharlos se requiere intervención humana (Hofstede 2011). La cuestión es, ¿qué grado de modificación acepta la sociedad para balancear diferentes intereses colectivos e individuales? y ¿qué tipo de uso económico de la tierra es factible/efectivo dentro de un objetivo nacional de conservar los ecosistemas de páramo? Estas son preguntas políticas de conservación y van más allá del conocimiento técnico sobre el impacto humano en sí, dado que están en juego otros valores y consideraciones.

¿Hasta qué punto se puede intervenir o modificar el páramo sin que se disminuya la provisión de servicios ecosistémicos

(el “punto de no retorno”)? Es decir, ¿cuál es su resiliencia? Hay varias condiciones que sirven de ejemplo. En la cordillera Central colombiana el punto de cambio de pajonal a pastizal corto (de páramo modificado a transformado) se da con una carga animal de aproximadamente 1 cabeza/10 ha) y quemaduras repetitivas (<10 años). Hay un punto de no retorno claro en el que un páramo transformado en pastizal corto pasa a un pastizal degradado, que se da cuando tiene una carga mayor a 1 cabeza/ha (Hofstede 1995, Verweij 1995) y cuando el periodo de rotación de papa-pastizal es demasiado corto.

En estos casos se pierde la capacidad de recuperación a pastizal con especies nativas (< 3 a 5 años, Ferwerda 1987). Otros “puntos de no retorno” que son más abruptos: transformación de un páramo cualquiera a plantación de pino es un ejemplo de “uso de no retorno”, abrir páramo para una cantera o campo minero a cielo abierto es otro.

¿Qué tan importante es la delimitación del páramo para su conservación?

Al revisar el conocimiento actual sobre la importancia del páramo, su integridad e interrelación con otros ecosistemas, su límite inferior y temas de uso y conservación, en este artículo se demuestra que el conocimiento del páramo es complejo y se basa en muchas disciplinas y percepciones. Por esto es difícil llegar a un consenso sobre su manejo. Dada esta complejidad de conceptos y percepciones, ¿qué tan necesario es delimitar el páramo para asegurar su conservación?

Varios aspectos analizados en este documento demuestran que una delimitación precisa es prácticamente imposible. No se puede definir el límite entre bosque y páramo porque este límite no es abrupto sino gradual, su altitud varía según la geomorfología, exposición, latitud, clima y además, no es

constante en el tiempo. Otro factor que hace imposible poner límites al páramo es que en muchos lugares no hay un ecotono de bosque a páramo natural sino antrópico y no se sabe cómo era la configuración natural (ni se sabe si es deseable definir un páramo absolutamente natural o si el páramo antropizado es igual de importante ecológicamente).

Finalmente, no se puede delimitar un ecosistema cuando no hay un consenso sobre su definición. En el caso del páramo hay una variedad de definiciones, dependiendo de la percepción de diferentes grupos humanos, y cada una de estas es igual de válida.

Pero, ¿existe una necesidad de delimitar? Al páramo hay que conservarlo, pero la conservación integral significa no solo proteger el territorio, su biodiversidad y los recursos naturales sino también respetar la interacción con otros ecosistemas y con procesos sociales y culturales. Por esto, poner un límite para diferenciar el manejo “dentro” y “fuera” suena una medida bastante arbitraria desde el punto de vista científico. Sin embargo, delimitar el páramo puede ser una herramienta muy poderosa desde el punto de vista político.

Para esto se debe considerar que los límites sean definidos por un consenso de los diferentes grupos sociales, que la sociedad en su conjunto acepte que dentro de los límites hay un paisaje que merece un máximo cuidado y que su gestión reconozca la interrelación y dependencia del páramo con su entorno.

Conclusiones

Al revisar el estado de conocimiento actual sobre algunos temas es claro que se logra un mayor entendimiento sobre la ecología del páramo, lo que permite retroalimentar las discusiones sobre su manejo. Podemos concluir que hay bastante conocimiento sobre la diversidad, la hidrología, la dinámica del límite entre páramo y bosque y sobre los

diferentes valores del páramo para la sociedad (los servicios del ecosistema) y el impacto humano sobre el ecosistema.

De otro lado, falta todavía generar un mayor conocimiento sobre las interacciones entre el páramo y otros ecosistemas y la resiliencia del ecosistema (hasta qué nivel de intervención humana se pasa de un estado de modificado a transformado y degradado). Aparte del conocimiento académico necesitamos más conocimiento social, económico y cultural para conocer qué es lo que realmente la gente valora del páramo, y así lograr sustentar mejor las decisiones políticas con cifras.

Todo el conocimiento acumulado da una diversidad de criterios para la delimitación del páramo y dificulta poner un límite exacto para dirigir el manejo técnico. Sin embargo, la delimitación es una herramienta muy relevante para priorizar la conservación del páramo como política del Estado.

Referencias

- Bader, M. y J. Ruijten. 2008. A topography-based model of forest cover at the alpine tree line in the tropical Andes. *Journal of Biogeography* 35: 711-723.
- Bader, M. 2007. Tropical alpine treelines: how ecological processes control vegetation patterns and dynamics. *Disertación de PhD*, Universidad de Wageningen, Países Bajos.
- Beniston, M. y D. Fox. 1995. Impacts of Climate Change on Mountain Regions. En: R. T. Watson, M. C. Zinyowera y R. H. Moss (Eds.). *Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Chapter 5, pp 193-213. IPCC, Stanford USA.
- Bogotá, R., M. Groot, H. Hooghiemstra, L. Lourens, M. van der Linden y J. C. Berrio. 2011. Rapid climate change from north Andean Lake Fúquene pollen records driven by obliquity: implications for a basin-wide biostratigraphic zonation. *Quaternary Science Reviews* 30(23-24): 3321-3337.

- Bradley, R., M. Vuille, H. Diaz, y W. Vergara. 2006. Threats to water supplies in the Tropical Andes. *Science* 312 (5781): 1755-1756.
- Bruijnzeel, L., M. Mulligan, y F. Scatena. 2011. Hydrometeorology of tropical montane cloud forests: emerging patterns. *Hydrological Processes Special Issue: Hydrometeorology of tropical montane cloud forests* 25(3): pp. 465-498.
- Buytaert, W., R. Celleri, B. de Bievre, R. Hofstede, F. Cisneros, G. Wyseure y S. Deckers. 2006. Human impact on the hydrology of the Andean paramos. *Earth Science Reviews* 79: 53-72.
- Buytaert, W., F. Cuesta-Camacho y C. Tobón. 2011. Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20(1): 19-33.
- Celleri, R. y J. Feyen. 2009. The hydrology of tropical Andean ecosystems: Importance, knowledge status and perspectives. *Mountain Research and Development* 29(4): 350-355.
- Chapin, F. S. 2009. Principles of Ecosystem Stewardship. En: C. Folke, G. P. Kofinas y F. S. Chapin. (Eds.). *Managing Ecosystems Sustainably: The Key Role of Resilience*, pp 29-53. Springer, Berlin.
- Cortes, A., C. Chamorro y A. Vega. 1990. Cambios en el suelo por la implantación de praderas, coníferas y eucaliptos en un área aledaña al embalse del Neusa (páramo de Guerrero). *Investigaciones Instituto Geográfico Agustín Codazzi* 2(1): 101-114.
- Couteaux, M., L. Sarmiento, P. Bottner, D. Acevedo y J. Theiry. 2002. Decomposition of standard plant material along an altitudinal transect (65-3968 m) in the tropical Andes. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 69-78.
- Crissman, C. 2001. La agricultura en los páramos del Ecuador. *Production systems and Natural Resources Management Department Working Paper*, CIP, Lima.
- Cuatrecasas, J. 1934. Observaciones geobotánicas en Colombia. *Trabajos Museo Nacional Ciencias Naturales, Serie Botánica*. 27: 1-144.
- Cubillos, A. 2011. El proceso de transformación del páramo de guerrero por sistemas de ganadería bovina (1960-2010), con énfasis en

políticas públicas. Tesis de M.Sc, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales, Bogotá, Colombia.

- D'Almeida, C., C. Vorosmarty, G. Hurt, J. Marenngo, S. Dingman y B. Keim. 2007. Review: The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: a review on scale and resolution. *International Journal of Climatology* 27: 633-647.
- Di Pasquale, G., M. Marziano, S. Impagliazzo, S. Lubritto, A. de Natale y M. Bader. 2008. The Holocene treeline in the northern Andes (Ecuador): First evidence from soil charcoal. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 259: 17-34.
- Durieux, L., L. Machado y H. Laurent. 2003. The impact of deforestation on cloud cover over the Amazon arc of deforestation. *Remote Sensing of Environment* 86: 132-140.
- Farley, K. y E. Kelly. 2004. Effects of afforestation of a paramo grassland on soil nutrient status. *Forest Ecology and Management* 195: 281-290.
- Farley, K., E. Kelly y R. Hofstede. 2004. Soil organic carbon and water retention following conversion of grasslands to pine plantations in the Ecuadorian Andes. *Ecosystems* 7(7): 729-739.
- Ferwerda, W. 1987. The influence of potato cultivation on the natural bunchgrass paramo in the colombian Cordillera Oriental. Tesis de M.Sc, Universidad de Amsterdam, Países Bajos.
- Fjeldsa, J. 1992. Biogeography of the birds of the *Polylepis* woodlands of the highland of the Andes. En: H. Balslev y J. L. Luteyn (Eds.). *Paramo: An andean ecosystem under human influence*, pp. 31-44. Academic Press, London.
- Groot, M., R. Bogota, L. Lourens, H. Hooghiemstra, M. Vriend, J. C. Berrio, E. Tuenter, J. van der Plicht, B. van Geel, M. Ziegler, S. Weber, A. Betancourt, L. Contreras, S. Gaviria, C. Giraldo, N. Gonzalez, J. Jansen, M. Konert, D. Ortega, O. Rangel, G. Sarmiento, J. Vandenberghe, T. van der Hammen, A. van der Linden y W. Westerhoff. 2011. Ultra-high resolution pollen record from the northern Andes reveals rapid shifts in montane climates within the last two glacial cycles. *Climate of the Past* 7: 299-316.
- Guerrero, E. 2009. Implicaciones de la Minería en los Páramos de Colombia, Ecuador y Perú. Documento técnico. CONDESAN – Proyecto Páramo Andino, Lima.

- Harden, C. 2006. Human impacts on headwater fluvial systems in the northern and central Andes. *Geomorphology* 79(3-4): 249-263.
- Hincapié, J., C. Castillo, S. Argüello, D. Aguilera, F. Holguín, J. Triana, y A. Lopera. 2002. Transformación y cambio en el uso del suelo en los páramos de Colombia en las últimas décadas. En: C. Castaño (Ed.). *Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición hotspot y global climatic tensor*, pp. 211-333. IDEAM, Bogotá.
- Hofstede, R. 1995. Effects of burning and grazing on a Colombian paramo ecosystem. *Disertación de PhD, Universidad de Amsterdam, Países Bajos*.
- Hofstede, R. 2006. The ecosystem approach applied to the conservation of the paramo ecosystem in the Andes. En: M. F. Price (Ed.). *Global Change in Mountain Regions*, pp. 237-238. Sapiens Publishing, Duncow, UK.
- Hofstede, R. 2011. Los servicios del ecosistema páramo: una visión desde la evaluación de ecosistemas del milenio. En: P. Mena, J. Campaña, A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa y D. Ortiz (Eds.). *Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*, pp. 315-330. *EcoCiencia/Abya Yala/ECOBONA*. Quito.
- Hofstede, R., J. Lips, W. Jongma y J. Sevink. 1998. Geografía, ecología y forestación en páramos y bosques andinos. *Revisión de literatura*. Quito: Ediciones Abya Yala. 245 pp.
- Hofstede R., J. Groenendijk, R. Coppus, J. Fehse y J. Sevink. 2002a. Impact of pine plantations on soils and vegetation in the Ecuadorian High Andes. *Mountain Research and Development* 22(2): 159-167.
- Hofstede, R., R. Coppus, P. Mena, P. Segarra, J. Wolf y J. Sevink. 2002b. The conservation status of tussock grass paramo in Ecuador. (El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador). *Ecotropicos* 15(1): 3-18.
- Hofstede, R., P. Segarra y P. Mena (Eds.). 2003. *Los páramos del mundo*. IUCN, Global Peatland Initiative, Ecociencia, Quito.
- Hooghiemstra H, y T. van der Hammen. 2004. Quaternary ice-age dynamics in the Colombian Andes: developing an understanding of our legacy. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London*. B 359: 173-181.
- Jørgensen, P. y C. Ulloa. 1995. Seed plants of the high Andes of Ecuador: a checklist. *AAU reports* 34, Aarhus.
- Kattan, G., O. Hernández, I. Goldstein, V. Rojas, O. Murillo, C. Gómez, H. Restrepo y F. Cuesta. 2004. Range fragmentation in the spectacled bear *Tremarctos ornatus* in the northern Andes. *Oryx* 38(2): 155-163.
- Kenny-Jordan, C., C. Herz, M. Anazco y M. Andrade. 1999. *Construyendo cambios: Desarrollo forestal comunitario en los Andes*. FAO, Roma, Italia.
- Laegaard, S. 1992. Influence of fire in the grass paramo vegetation of Ecuador. En: H. Balslev y J. Luteyn (Eds.). *Paramo: an andean ecosystem under human influence*, pp. 151-170. Londres, Reino Unido: Academic Press.
- Luteyn, J. 1999. Paramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. NY Botanical Garden Press, New York.
- Molano, J. 2003. El páramo: producción social del espacio en las altas montañas ecuatoriales. CESO Universidad de los Andes, Bogotá.
- Monasterio, M., y L. Sarmiento. 1991. Adaptive radiation of *Espeletia* in the cold Andean tropics. *Trends in Ecology and Evolution* 6(12):387-391.
- Moscol, M. 2010. Holocene upper forest line dynamics in the Ecuadorian Andes. *Disertación de PhD, Universidad de Amsterdam, Países Bajos*.
- Mujica, E. 2011. El páramo, ¿Paisaje cultural?. En: S. G. Maldonado y B. De Bievre (Eds.). *PARAMUNDI, 2do Congreso Mundial de Páramos. Memorias*, pp. 42-58. CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito.
- Nierop, K., F. Tonneijck, B. Jansen y J. Verstraten. 2007. Organic matter in volcanic ash soils under forest and paramo along an Ecuadorian altitudinal transect. *Soil Science Society of America Journal* 71(4): 1119-1127.
- Pimentel, D., L. Westra y R. Noss. 2000. *Ecological integrity: integrating environment, conservation, and health*. Island Press, Washington DC.
- Poulenard, J. 2000. Les sols des paramos d'Equateur sur couverture pyroclastique, diversité, génèse et propriétés physiques. *Disertación de Ph.D., Universidad Henry Poincare, Nancy, Francia*.
- Poulenard, J., J. Michel, F. Bartoli, M. Portal y P. Podwojewski. 2004. Water repellency of volcanic ash soils from Ecuadorian paramo: effect of water content and characteristics of hydrophobic organic matter. *European Journal of Soil Science* 55: 487-496.
- Price, M. (Ed.). 2006. *Global Change in Mountain Regions*. Sapiens Publishing, Duncow, UK.
- Rangel, C. 2000. La región de vida paramuna. *Colombia Diversidad Biótica III*. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá.
- Sarmiento, F., y L. Frolich. 2002. Andean cloud forest tree lines: Naturalness, agriculture and the human dimension. *Mountain Research and Development* 22(3): 278-287.
- Shoji, S., M. Nanzyo y R. Dahlgren. 1993. Volcanic ash soils. Genesis, properties and utilization. *Developments in soil science*: 21. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam, Países Bajos.
- Sklenar, P. y P. Ramsay. 2001. Diversity of zonal paramo plant communities in Ecuador. *Diversity and Distributions* 7(3): 113-124.
- Speziale, K., S. Lambertucci y O. Olsson. 2008. Disturbance from roads negatively affects Andean condor habitat use. *Biological Conservation* 141 (7): 1765-1772.
- Tonneijck, F., B. Jansen, K. Nierop, J. Verstraten, J. Sevink, L. De Lange. 2010. Towards understanding of carbon stocks and stabilization in volcanic ash soils in natural Andean ecosystems of northern Ecuador. *European Journal of Soil Science* 61: 392-405.
- Tonneijck, F. 2009. Volcanic ash soils in Andean ecosystems: unravelling organic matter distribution and stabilisation. *Disertación de PhD, Universidad de Amsterdam, Países Bajos*.
- Van Wesenbeeck, B., T. Van Mourik, J. Duivenvoorden y A. Cleef. 2003. Strong effects of a plantation with *Pinus patula* on Andean subparamo vegetation: a case study from Colombia. *Biological Conservation* 114: 207-218.
- Vargas, O. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta biol. Colomb.* 16(2): 221-246.
- Verweij, P. 1995. Spatial and temporal modelling of vegetation patterns - burning and grazing in the paramo of Los Nevados National Park, Colombia. *Disertación de PhD, Universidad de Amsterdam, Países Bajos*.
- Voldoire, A., y J. Royer. 2004. Tropical deforestation and climate variability. *Climate Dynamics*. 22: 857-874.
- Vuille M, B. Francou, P. Wagnon, I. Juen, G. Kaser, B. Mark y R. Bradley. 2008. Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews* 89: 79-96.
- Wada, K. 1985. The distinctive properties of andosols. *Advances in Soil Science* 2: 174-223.
- Weng, C., M. Bush, J. Curtis, A. Kolata, T. Dillehay y M. Binford. 2006. Deglaciation and Holocene climate change in the western Peruvian Andes. *Quaternary Research* 66: 87-96.
- Wille, M, H. Hooghiemstra, R. Hofstede, J. Fehse y J. Sevink. 2002. Upper forest line reconstruction in a deforested area in northern Ecuador based on pollen and vegetation analysis. *Journal of Tropical Ecology* 18: 409-440.
- Woods, S. y P. Ramsay. 2001. Variability in nectar supply: implications for a high-altitude hummingbirds. En: P.M. Ramsay (Ed.). *The ecology of Volcán Chiles*, pp 203-216. Pebble and Shell Publications, Plymouth, UK.
- Young, K. y B. Leon. 2007. Tree-line changes along the Andes: implications of spatial patterns and dynamics. *Philosophical Transactions Royal Society B* 362: 263-272.
- Zehetner, F., W. Miller, y L. West. 2003. Pedogenesis of volcanic ash soils in Andean Ecuador. *Soil Science Society of America* 67 (6): 1797-1809.



La delimitación del páramo y la incierta gestión de los servicios ecosistémicos de la alta montaña en escenarios de cambio ambiental

Germán Ignacio Andrade Pérez¹

“Es mejor estar aproximadamente correcto que precisamente equivocado”².

J.M. Keynes

Introducción

La delimitación detallada de los páramos, para excluir de ellos la actividad minera, no está enmarcada en la tradición de la gestión ambiental normal. Surgió como un recurso en medio de la aprobación del Código Minero (Ley 685 2001), en un ambiente de desregulación ambiental. La ley del Plan de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para todos” (Ley 1450 de 2011) en su artículo 202 ratificó la exclusión de la minería y la amplió a

¹ Profesor asociado. Facultad de Administración, Universidad de los Andes. Miembro del Consejo Científico del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. gandrade@uniandes.edu.co

² “It is better to be roughly right than precisely wrong”.



la agricultura y los “humedales Ramsar³”. La misma ley pide la delimitación de los páramos a escala 1:25.000 con base en “estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales”, la cual debe ser adoptada mediante acto administrativo por el Ministerio del Ambiente y las Corporaciones Autónomas Regionales, y los otros entes ambientales, quienes deben luego zonificar su régimen de usos⁴.

3 Se refiere a los “humedales de importancia internacional” inscritos en el marco de la Convención Ramsar, aunque es claro que en el marco de la misma, legalmente ratificada (Ley 357 de 1997), el país adquiere compromiso con todos los humedales de su territorio (Ponce de León 2004).

4 La complejidad social y ambiental surgida de la exclusión total de la agricultura es objeto

Así, en 2012 la delimitación de los páramos para excluir de ellos la minería se convirtió en uno de los principales asuntos de discusión pública ambiental. Pero, ¿en qué momento resultamos ordenando el país en función de la minería? ¿Qué pasó con la legislación ambiental general?

Otra sería la discusión si se hubiera señalado en los mapas a escala detallada los “determinantes ambientales del ordenamiento territorial” (Decreto 3600 de 2007). Por eso, cuando al Instituto Alexander von Humboldt se le pide responder con precisión cada vez mayor (Rivera y Rodríguez 2011), surge la in-

de una reflexión aparte (Andrade, Hernández y Victorino, en preparación).

quietud sobre la exactitud de la pregunta⁵, porque la delimitación del páramo con fines de conservación se hace hoy no para conservar su biodiversidad característica, sino ante todo para mantener sus funciones hídricas.

En este sentido, no hay duda de que los páramos son “ecosistemas estratégicos” (Márquez 1996), es decir, que en una extensión relativamente menor concentran servicios ambientales que son recibidos por la población en amplios territorios; las “fá-

5 Precisión se refiere al nivel de resolución de la medida adoptada, usualmente asociada con la escala geográfica de representación. Exactitud al grado de concordancia de la medida con el fenómeno estudiado en el mundo real.

bricas de agua” del imaginario colectivo. La pregunta es si la exclusión de la minería del páramo es suficiente para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos demandados en las tierras bajas.

En el presente ensayo se presentan algunas reflexiones que ayudarían a construir socialmente una pregunta y un mandato más adecuado frente a este delicado tema. El asunto se revisa en relación con la nueva Política de Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (MADS e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2010) y en una perspectiva de adaptación basada en los ecosistemas frente al clima cambiante (Andrade, A. *et al.* 2011).

¿Dónde comienza el páramo?

Si alguien dijera que los páramos terminan donde terminan los bosques y los bosques comienzan donde no hay frailejones estaríamos frente a un grave error. De tiempo atrás los geobotánicos y fitosociólogos saben que por encima del límite del bosque continuo en los Andes están los bosques de *Polylepis* (Kessler 2002). En Colombia los “bosques de páramo” tienen además elementos como *Gynoxys* y *Diplostephium*, entre otros (Cleef 1981).

También saben los entendidos y observadores que algunas especies de frailejón (*Espeletia uribei*) son especies de bosque altoandino o de transición con el páramo, como se evidencia en el Parque Nacional Natural Chingaza (Vargas y Pedraza 2004, Diazgranados *et al.* 2010). Son frecuentes además en los Andes tropicales los páramos azonales, es decir, formaciones vegetales que estructural y florísticamente son páramo, pero que ocurren por debajo del límite superior del bosque andino allí donde los suelos están saturados de agua.

Hay también por debajo del límite superior del bosque en macizos aislados «paramillos que son considerados “proto-páramos”», sede de procesos evolutivos activos (van der

Hammen y Cleef 1986). Es decir, que más que un límite discreto entre el bosque alto andino y el páramo como formación abierta hay una ancha franja de transición, un mosaico complejo de sistemas ecológicos.

La ubicación de la franja de transición varía entre las vertientes atmosféricamente secas, en donde el páramo tiende a aparecer más abajo, y las húmedas en donde el bosque altoandino tiende a subir más por encima que en otros lugares (Cleef 1979). Justamente en esta franja es donde la deforestación produce de forma más severa el fenómeno de “paramización” (Hernández 1990, Rivera 2001), situación que complica la definición del borde entre dos tipos de sistema ecológico, la cual podría por supuesto ser definida con precisión, como resultado de un largo proceso de investigación básica de las ciencias naturales y sociales.

Pero, pretender que con una delimitación precisa de los ecosistemas como tipo (páramo y bosque) quedarían claramente deslindadas las zonas según su producción de servicios ecosistémicos es un tema más complejo en la perspectiva de las ciencias.

En efecto, hace años el fundador del pensamiento ecológico de la resiliencia C.S. Holling había dicho⁶ que

tanto la ciencia de las partes como la ciencia de su integración, son esenciales para el entendimiento y la acción. Aquellos que se sienten más cómodos con el ejercicio solo de una de ellas, tienen la responsabilidad de entender la otra. De otra forma la ciencia de las partes cae en la trampa de proveer res-

puestas precisas a las preguntas incorrectas, y la ciencia de la integración a proveer respuestas inútiles a las preguntas correctas (Holling 1998).

Biodiversidad y servicios ecosistémicos en la alta montaña tropical

No es lo mismo niveles de integración que escalas espaciales

A partir de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA 2005) y de la Política de Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (MADS e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2012) los términos biodiversidad y servicios ecosistémicos (SE) se presentan unidos en el nuevo discurso ambiental, que vincula la diversidad biológica –que podría parecer como un objeto solo de interés para algunos– con el funcionamiento del sistema ecológico del que actualmente derivamos beneficios. La necesaria unidad, sin embargo, acarrea un riesgo conceptual: ¿estamos hablando de lo mismo?

Cuando se habla de biodiversidad, en el sentido del Convenio de Diversidad Biológica, el término se refiere a la variedad de la vida en los niveles de organización genes, especies y ecosistemas, los cuales erróneamente se han considerado como representando discretamente las escalas espaciales. Posiblemente sería de esta forma si se consideran estos niveles solamente como estructuras, pero no si se miran los procesos, que tienen escalas de manifestación diferentes (figura 1).

En el páramo la diversificación genética es un proceso que se manifiesta en patrón de archipiélago en todo su ámbito de ocurrencia. Igualmente, los fenómenos a nivel de comunidades bióticas o ensamblajes y los ecosistemas tienen una escala superior en la heterogeneidad del paisaje (diversidad beta, Halffter y Moreno 2005).

Figura 1. Niveles de integración y escalas de los componentes y procesos de la biodiversidad (círculo negro y espacio sombreado: ámbito de ocurrencia principal del fenómeno; flecha: ampliación y sentido del ámbito de influencia del fenómeno). (En Andrade *et al.* 2011)

NIVEL DE ORGANIZACIÓN	ESCALAS ESPACIALES			PROCESOS
	Local: sitio	Regional: ecosistema	Global	
Biogeográfico	→	←●→	←●	
Ecosistema regional	→	←●→	←	
Comunidad biótica o ensamblajes de especies	●→	←●→	←	
Especie - población	●→	←●→	←	
Genético	●→	←●→	←	

La dependencia de escala se manifiesta de forma más clara en relación con los servicios ecosistémicos, que según su tipo tienen una expresión diferencial en el espacio. El SE de soporte puede aprehenderse en un sistema ecológico a escala local, lo mismo que la provisión de algunos bienes y servicios derivados o el valor cultural. Pero el SE de regulación casi siempre solo se hace evidente en escalas superiores del paisaje.

Asimetría de escala entre pérdida de biodiversidad y de servicios ecosistémicos

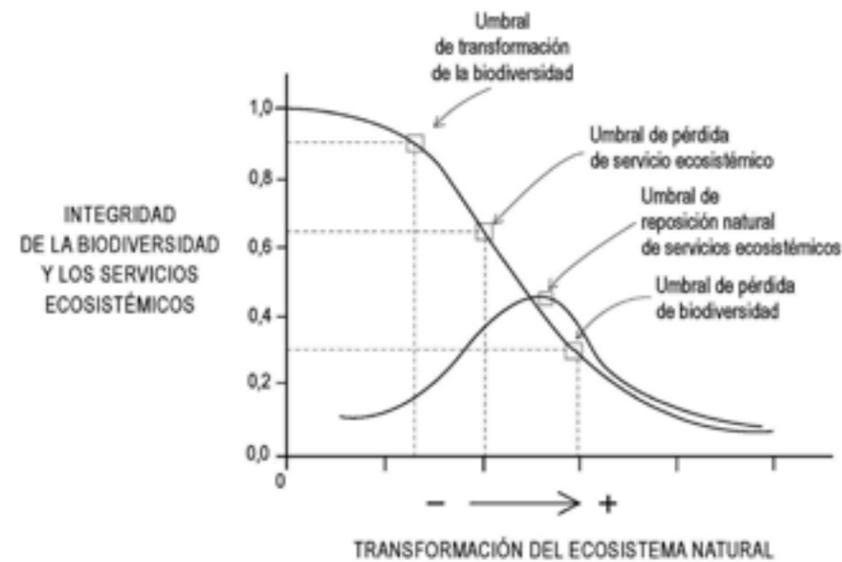
Por este motivo la gestión de la biodiversidad y los SE presentan unas asimetrías espaciales (y temporales) que son más claras al revisar los procesos que afectan la biodiversidad y los SE en medio de la transformación del sistema ecológico en el territorio. En la figura 2 se presenta esta hipótesis: en un proceso de transformación de un ecosistema (eje horizontal) la evidencia ha mostrado que existe transformación y pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos (eje vertical).

La transformación de la biodiversidad se inicia con umbral temprano de cambio en el ecosistema, marcado por el paso de una transformación local a una más generalizada. Si esta continúa llevaría a atravesar más adelante un segundo umbral manifiesto en pérdida de componentes y funciones de la biodiversidad. La figura, de manera didáctica, se presenta con un 30% de remanencia del ecosistema en su estado natural, proporción que por supuesto puede variar según sea el patrón espacial de heterogeneidad de la biodiversidad (alfa, beta y gama; Halffter y Moreno 2005), y del área mínima del mismo para mantener todas las especies.

En el mismo proceso de cambio en el ecosistema, una vez se inicia la transformación de la biodiversidad (generando ecosistemas de reemplazo), más adelante se transita un umbral temprano de pérdida de servicios ecosistémicos, que en la figura 2, de manera didáctica, se presenta con la remanencia del ecosistema natural en un poco más del 60%.

6 “Both the science of parts and the science of the integration of parts are essential for understanding and action. Those more comfortable in exercising only one of these have the responsibility to understand the other. Otherwise the science of parts can fall into the trap of providing precise answers to the wrong question and the science of the integration of parts into providing useless answers to the right question” (Holling 1998).

Figura 2. Hipótesis sobre asimetría en trayectorias umbrales de transformación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en ecosistemas en proceso de cambio



En las ciencias y práctica de la conservación de la biodiversidad hace rato que se sabe que la conservación de una muestra “completa y representativa de la biodiversidad” puede alcanzarse definiendo metas que podrían lograrse con una proporción variable pero menor del territorio, bajo figuras de conservación. Lo mismo no puede decirse si se habla de una muestra “funcional y resiliente”.

A medida que se aumentan las funciones de la biodiversidad que se expresan como objetivos de conservación aumenta la proporción del territorio que debe ser conservado. Los SE son expresión de esta dependencia de escala. En perspectiva de cambio ambiental global (climático, biótico, económico), las áreas protegidas son esenciales, pero no puede decirse que como solución sean completas o suficientes. Aún más cuando en este contexto de cambio las especies pueden cambiar su rango de distribución hacia el exterior de estas figuras (Hannah *et al.* 2007).

Cada vez es más claro que para una gestión de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en perspectiva de bienes-

tar y adaptación humana es necesaria una gestión diferenciada en todo el territorio (Andrade *et al.* 2011). El significado principal de este argumento es que en el proceso de transformación de un territorio primero se pasan umbrales de pérdida de servicios ecosistémicos y, después, de pérdida de biodiversidad.

El umbral de reposición de servicios ecosistémicos, es decir el punto en el que ya no sería posible contar con ellos a partir de procesos naturales, se acerca al mismo de pérdida de biodiversidad. El paso de este umbral marcaría el nivel de máxima artificialización de la naturaleza requerido para trabajar en una gestión basada en la biocapacidad y memoria biológica del ecosistema.

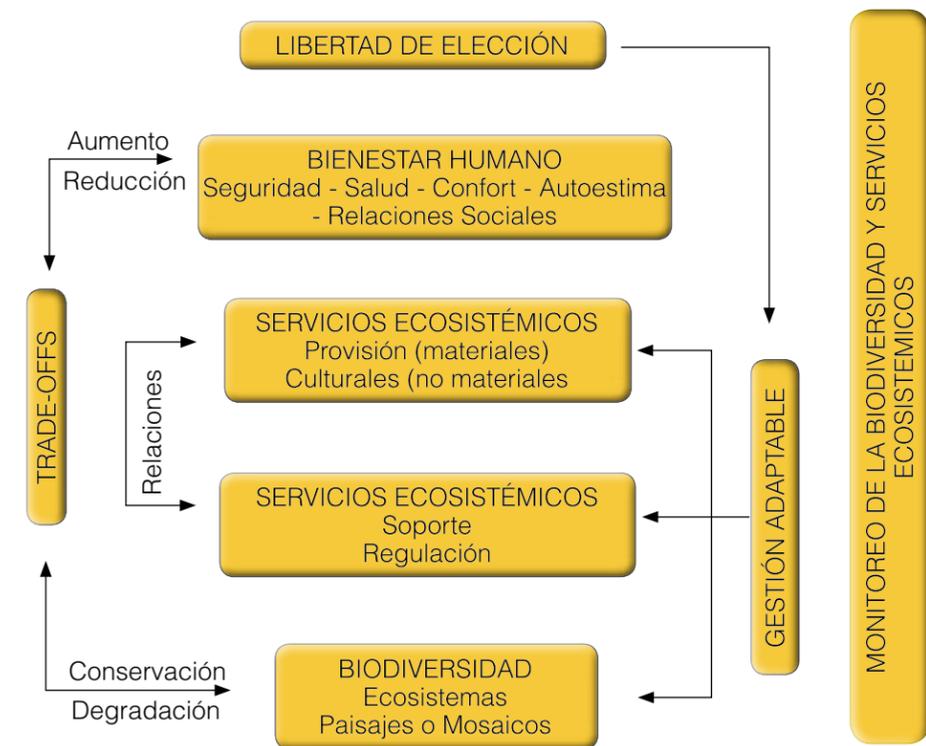
Conflictos y soluciones de compromiso entre servicios ecosistémicos

Muchos de los conflictos por el acceso a los recursos y bienes de la naturaleza pueden ser analizados como compromisos entre servicios ecosistémicos. Los más frecuentes

sucedan entre los servicios de provisión (extracción o uso de recursos) y culturales (valoración social de la naturaleza), frente a los servicios de soporte y regulación (figura 3). En la laguna de Fúquene (Andrade *et al.* 2012, Franco *et al.* 2012) el desbalance en los servicios ecosistémicos de provisión y culturales ha sido producido por una transformación del servicio ecosistémico de regulación. Es lo que denomino un “compromiso de tipo 1 en las relaciones entre los SE”.

La desecación de la laguna y artificialización para la creación del distrito de riego, lo cual ha producido el colapso del sistema jalonado por la variabilidad del clima (año extremo de lluvias por fenómeno de La Niña en el 2010) ha generado un compromiso entre conservación y destrucción, aquí denominado “de tipo 2, entre conservación y degradación”, esto es entre la biodiversidad, el ecosistema y el sistema de servicios ecosistémicos en su conjunto.

Figura 3. Relación entre biodiversidad, tipos de servicios ecosistémicos, en una perspectiva de gestión adaptable. (Original de Juliana Delgado)



En la alta montaña tropical puede pensarse que la agricultura y ganadería no intensiva representan un compromiso de tipo 1 entre servicios ecosistémicos, al menos en la medida en que su ocurrencia no afecte el

funcionamiento básico del sistema ecológico en su identidad propia (Molinillo y Monasterio 2002). Sin embargo, la minería, la urbanización, la agricultura industrial o la ganadería persistente basada en el uso del fuego



(Vargas 2002, Vargas *et al.* 2002) generan la destrucción del ecosistema, es decir un compromiso de tipo 2. En esto hay evidencia de cómo la huella ecológica minera tiene severas repercusiones en el páramo.

En el Parque Nacional Natural Chingaza la mina de cal de Palacio (Samper-Holcim), aunque fue abandonada hace décadas por destrucción del suelo presenta una sucesión prácticamente detenida en una formación vegetal mixta (especies nativas y exóticas) y con una fisonomía de pradera humanizada o superpáramo. Cuando esto no es posible por transformación total del sistema ecológico las decisiones pasan del dominio de la sostenibilidad como una decisión racional, hacia los dilemas socioecológicos de la gestión del riesgo de pérdida de patrimonio natural. En este caso son necesarias las soluciones de compromiso (*trade offs*), que son justamente las que no se están teniendo en cuenta con esta visión, en el caso de la alta montaña en Colombia.

El punto central del argumento es que los SE de regulación en las cuencas de la

alta montaña se manifiestan en espacios que van más allá del mismo páramo como tipo biológico. En efecto, numerosos autores han resaltado el papel que juegan las selvas andinas en la entrada de agua al sistema hidrológico por interceptación del vapor de agua (Bruijnzeel 2004).

En las vertientes más secas la proporción de agua que entra por interceptación y lluvia horizontal frente a la que entra por lluvia normal es mayor (Cavelier y Golstein 1989). También, y posiblemente con más contundencia, la cantidad y calidad del agua puede depender en mayor grado de la compleja hidrogeología y geoquímica de la alta montaña tropical (Julio Fierro y Sergio Gaviria, comunicaciones personales), de la geomorfología en el paisaje (Cabrera y Rodríguez 2007), y de la complejidad de la red hídrica (Dominguez e Ivanova 2007).

La consideración del páramo y la selva andina como tipos biológicos diferentes, sin atención explícita a los procesos geológicos, hídricos y químicos es claramente un inadecuado sesgo, producto de la mirada disciplinar de la realidad⁷.

¿Y el cambio climático?

Exposición al clima cambiante

Delimitar ecosistemas de alta montaña es una tarea complicada, pero el asunto se vuelve realmente complejo en situaciones de clima cambiante. El clima es un factor superior que determina el carácter ecológico de los ecosistemas altoandinos, y que se manifiesta en las variaciones de precipitación y temperatura en ciclos diarios, anuales o multianuales, que determinan procesos biofísicos y socioecológicos. La alta montaña

⁷ De tiempo atrás el profesor Andrés Etter, en sus clases de ecología del paisaje, ha insistido en la necesidad de considerar en el estudio de los ecosistemas tanto el fenosistema, la parte que se ve, y el criptosistema, la que no se ve.

andina es especialmente sensible al clima cambiante (Anderson *et al.* 2010).

En los Andes la complejidad del relieve resulta en un apretado mosaico de diferentes regímenes mesoclimáticos, de tal suerte que muchos complejos de humedales y sus cuencas aferentes pueden estar sometidas a diferentes regímenes hídricos, aumentando la dificultad de predicción del cambio (Franco *et al.* 2013, Pabón 2011) y de la formulación de la gestión adaptativa. En general las partes más altas de las cordilleras o las vertientes más secas presentan mayor tensión climática (Pabón 2011).

El cambio climático ya se manifestó

En efecto, en la alta montaña de la cordillera Central de Colombia se ha registrado un aumento de temperatura de 1.3°C por década (Ruiz *et al.* 2008) acompañado de reducción de humedad en los días soleados. En las series históricas de precipitación y temperatura de Colombia el IDEAM (2010), a través de índices de extremos climáticos, encontró: i) disminución de la precipitación media anual, ii) disminución de eventos extremos de lluvia en páramos y zonas aledañas, iii) incremento de eventos extremos de lluvia en los otros pisos térmicos (cálido, templado y frío), independientemente de la tendencia positiva o negativa en la precipitación total anual, iv) aumento de la temperatura máxima en el páramo alto (1°C por década), subpáramo y bosque altoandino (0.3-0.6°C por década), v) incremento en la temperatura mínima, menos pronunciado o incluso negativo en algunas estaciones de páramo negativo; vi) mayor incremento de temperatura media en el páramo alto.

En síntesis, en la alta montaña se presenta mayor temperatura y menor precipitación. No es claro si la tendencia general sería hacia la intensificación del ciclo hídrico en las vertientes más húmedas (Mulligan 2000) o a la aridización en las más secas. Hacia el futuro las variaciones en la temperatura en los Andes tropicales se presentarían

de manera más pronunciada y contrastante. La desaparición de los glaciares en las partes más altas (Ceballos 2005) podría acarrear pérdida completa de cuerpos de agua de deshielo. Igualmente la extensión del páramo podría cambiar sustancialmente (Buytaert *et al.* 2010).

En los Andes húmedos el efecto hidrológico de la disminución de los glaciares y lagos de mayor altura se ve, sin embargo, oscurecido por regímenes de alta humedad en la parte más baja de la mayoría de las vertientes. La tendencia a la aridización de la alta montaña, que podría presentarse más en algunas vertientes, acarrea además el aumento del régimen de fuego, con graves consecuencias sobre la vegetación y el ciclo del agua. Es una situación que podría desembocar en la generación de formaciones bióticas nuevas sin análogos conocidos, o sistemas ecológicos “emergentes” (Hobbs *et al.* 2006), situación en la cual sería mayor la incertidumbre en relación con los servicios ecosistémicos.

Es decir que si la delimitación de los páramos se realiza con el fin de garantizar en su interior la producción del servicio ecosistémico hídrico es evidente que es necesario rehacer la pregunta en un escenario del clima cambiante en toda la alta montaña. Si las condiciones climáticas que determinan la existencia de los páramos se ven tensionadas hacia arriba y si las mismas no se encontraran en páramos bajos o chatos es claro que para el mantenimiento de los SE no podrá prescindirse de la selva de montaña (Bruijnzeel 2004).

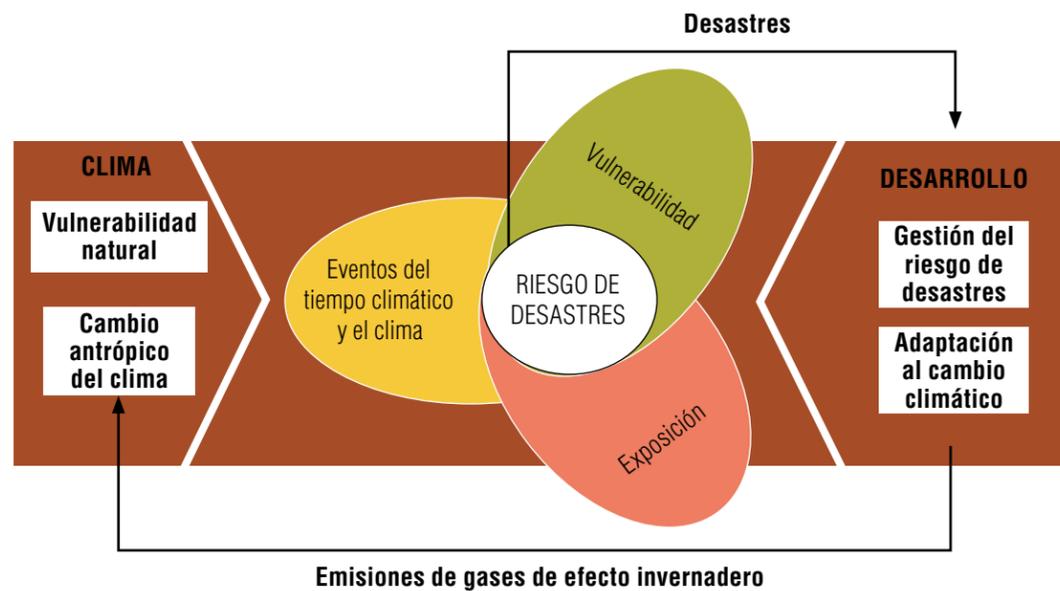
Delimitación de páramos, gestión del riesgo y adaptación al cambio climático

En consecuencia, la delimitación de los páramos como único criterio de exclusión de la minería en la alta montaña va en sentido contrario de la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo de desastres. El Panel Intergubernamental de Cambio Climá-

tico (IPCC, por su sigla en inglés) 2012 propuso una aproximación de adaptación que integra la vulnerabilidad, exposición y eventos extremos del clima frente a desastres naturales, y adaptación al cambio climático (figura 4). Esto implica que la exclusión de la minería debe además hacerse responsablemente teniendo en cuenta las diferencias de variabilidad natural y antrópica del clima en la alta montaña, y los niveles de exposición y riesgo a desastres en las cuencas andinas.

La pregunta por los espacios de exclusión debe ir acompañada de la consideración cuidadosa de si los instrumentos ambientales de licenciamiento ambiental serían suficientes para la gestión de las áreas no excluidas. La locomotora minera, como contribución al desarrollo del país, no podría ser ajena a los actuales, y costosos ya, procesos de gestión de riesgo de desastres naturales en perspectiva de adaptación al cambio climático.

Figura 4. Gestión integrada de gestión de riesgo a desastres y adaptación al cambio climático (Tomado del IPCC 2012)



Conclusiones

1. La conservación de la biodiversidad de los páramos debe enfrentarse teniendo en cuenta que se trata de ecosistemas con un patrón de archipiélago, con biota diferenciada al menos en 18 unidades biogeográficas (Morales *et al.* 2007).
2. Los estudios de representatividad basados en el páramo como un tipo son totalmente insuficientes para el objetivo de conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
3. Las funciones sociales y ecológicas de la alta montaña son interdependientes entre los páramos y las selvas altoandinas.
4. Delimitar el páramo sin una gestión integral de la alta montaña equivale a cercenar el socioecosistema.

5. La biodiversidad y los servicios ecosistémicos de soporte local del sistema ecológico son virtualmente irremplazables (el suelo del páramo tarda siglos en formarse), (van der Hammen y Cleef, 1986).
6. El concepto actual de compensación basado en “objetos de conservación” es totalmente insuficiente para compensar la merma o pérdida de servicios ecosistémicos.
7. Los servicios ecosistémicos de regulación, en especial del ciclo hidrológico, funcionan en escala de paisaje, incorporando otros espacios por fuera del páramo mismo.
8. La gestión de conservación de los servicios de regulación hídrica centrada solo en el páramo puede resultar insuficiente frente a funciones hidrológicas críticas que suceden por fuera de él.
9. La cantidad, calidad y flujo del agua en la alta montaña tiene una alta dependencia de los procesos hidrogeológicos y geoquímicos que no están siendo tenidos en cuenta en las actuales discusiones sobre delimitación del páramo como regulador hídrico.
10. El cambio climático, que ya se manifiesta de manera severa en la alta montaña (Poveda y Alvarez 2010, y Ruiz *et al.* 2008) no ha sido considerado dentro de las discusiones sobre minería y servicios ecosistémicos en los páramos. Las propuestas consideran, erróneamente, que los páramos de hoy serán similares (en ubicación, estructura y función) a los del futuro.
11. Igualmente, las discusiones de ubicación de la minería se están dando de forma independiente de las estrategias de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático (IPCC 2012), temas críticos en toda la alta montaña.
12. En los proyectos de desarrollo que tienen alta huella ecológica, como la minería, agricultura industrial, urbanismo y algunas obras públicas la conservación de los servicios ecosistémicos en escala de paisaje difícilmente se da con la exclusión solamente de algunos espacios para la conservación.
13. La alta dependencia de escala regional de los servicios ecosistémicos y los impactos hace que las discusiones sobre conservación y desarrollo deban migrar hacia el concepto de soluciones de compromiso democráticamente definidas en la sociedad. Lo contrario genera un escenario de conflictividad socioambiental.
14. En situaciones territoriales con una alta huella ecológica los emprendimientos mineros adecuadamente localizados y gestionados deberían contribuir a la reconstrucción ecológica y social de los territorios (Andrade, A. *et al.* 2011).

Referencias

- Anderson, P., J. Marengo, R. Villalba, S. Stephan Halloy, B. Young, D. Cordero, F. Gast, E. Jaimés y D. Ruiz. 2010. Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the tropical Andes. Pp 1-18. En: Herzog S., R. Martínez, P. Jørgensen y H. Tiessen (Eds.). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. MacArthur Foundation, Inter-American Institute for Global Change Research & Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) 348pp.
- Andrade, A., R. Córdoba, R. Dave, P. Girot, B. Herrera-F, R. Munroe, J. Oglethorpe, E. Pramova, J. Watson y W. Vergara. 2011a. Draft Principles and Guidelines for Integrating Ecosystem-Based Approaches to Adaptation in *Project and Policy Design: A Discussion Document*. CEM/ IUCN, CATIE. Kenya.

- Andrade, G.I., J.C. Sandino y J. Aldana. 2011b. Biodiversidad y territorio. Innovación para la gestión adaptativa ante el cambio ambiental global. Insumos técnicos para el Plan Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Bogotá. MAVDT, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2011, 64 p. ISBN 978-958-8343-63-1.
- Andrade, G. I., C. L. Franco y J. Delgado. 2012. Barriers to sustainable adaptation of Lake Fúquene, Colombia. En: C.A. Brebbia y S.E. Jørgensen (Eds.). *Lake Sustainability*. WIT Press. 224 pp. ISBN 978-1-84564-668-4.
- Bruijnzeel, L. 2004. Hydrological Functions of Tropical Forests: Not Seeing the Soil for the Trees?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 104:185-228.
- Buytaert, W., F. Cuesta-Camacho y C. Tobón. 2010. Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20(1): 19-33.
- Cabrera, E. y A. Rodríguez. 2007. Análisis morfométrico preliminar de la cuenca de las lagunas de Fúquene, Cucunubá y Palacio. Pp 25-41. En: Andrade, G. y L. Franco (Eds.). Fúquene, Cucunubá y Palacio. *Conservación de la biodiversidad y manejo sostenible de un ecosistema lagunar andino*. Fundación Humedales e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Pp. 29-41.
- Cavelier, J. y G. Goldstein. 1989. Mist and fog interception in elfin cloud forest in Colombia and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* 5: 309-322.
- Ceballos, J.L. 2005. Consideraciones generales acerca de la alta montaña colombiana. *Documento de trabajo para la formulación del Proyecto Piloto Integrado de Adaptación al Cambio Climático, componente Alta Montaña*. IDEAM.
- Cleef, A. M. 1979. Secuencia altitudinal de la vegetación de los páramos de la cordillera Oriental, Colombia. Actas del IV Simposio internacional de Ecología Tropical. Panamá.
- Cleef, A.M. 1981. The vegetation of the paramos of the Colombian Cordillera Oriental. Cramer, Varduz. 320 pp.
- Diazgranados, M., R. Fauser y J. Barber. 2010. Insights into the phylogeny of the subtribe Espeletiinae. Cuatrec. (Compositae) based on multiple molecular markers: nuclear sequence data, AFLPs and microsatellites. *Botany* 2010, Jul. 31-Aug. 4, Providence, Rhode Island.
- Domínguez E. e Y. Ivanova. 2007. Un modelo estocástico para la evaluación hidrológica, en alta montaña, bajo las condiciones de cambio climático (caso de estudio – paramo de Las Hermosas), *Proceedings I Conferencia Cambio Climático*, Bogotá 2005, IDEAM – Embajada de Suiza, 14 p.
- Franco, L., J. Delgado y G. I. Andrade. 2013. Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia ante el cambio climático global. *Cuadernos de Geografía. En prensa*.
- Franco, L., J. Delgado y G. I. Andrade. 2012. Laguna de Fúquene. Entender la crisis, visualizar el futuro y acordar el camino. *Gestión de Humedales* 2: 17-26 (ISSN2215-8893).
- Hannah, L., G. Midgley, S. Andelman, M. Araujo, G. Hughes, E. Martinez-Meyer, R. Pearson y P. Williams. 2007. Protected area needs in a changing climate. *Front. Ecol. Environ.* 5, 131-138.
- Halfpeter, G. y C. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades Alfa, Beta y Gamma. En: Halfpeter, G. y C. Moreno. *Sobre Diversidad Biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. ISBN: 84-932807-7-1. P. 5-18.
- Hernández, J. I. 1990. La selva en Colombia. Capítulo 13. En: Hernández y Carrizosa. *Selva y Futuro*. El Sello Editorial. Bogotá.
- Hobbs, R.J., S. Arico, J. Aronson, J. S. Baron, P. Bridgewater, V. A. Cramer, P. R. Epstein, J. Ewel, C.A. Klink, A. E. Lugo, D. Norton, D. Ojima, D.M. Richardson, E. W. Sanderson, F. Valladares, M. Vila, R. Zamora y M. Zobel. 2006. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography* 15:1-7.
- Holling, C.S. 1998. Two cultures of ecology. *Conservation Ecology* [online] 2(2): 4. URL: <http://www.consecol.org/vol2/iss2/art4/>
- IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2010. *2ª Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. República de Colombia.
- IPCC. 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- Kessler, M. 2002. The “*Polylepis* problem”: Where do we stand? *Ecotropica* 8: 97-110.
- Márquez, G. 1996. *Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental*. Fondo FEN Colombia. Santafé de Bogotá.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*. Vol. 1. Washington, DC: World Resources Institute.
- MADS e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2012. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Política de Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos. Bogotá.
- Molinillo, M. y M. Monasterio. 2002. Patrones de vegetación y pastoreo en ambientes de páramo. *Ecotropicos* 15 (10): 19-34.
- Morales, M., J. Otero, T. Van der Hammen, A. Torres, C. Cadena, C. Pedraza, N. Rodríguez, C. Franco, J. C. Betancourth, E. Olaya, E. Posada y L. Cárdenas. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Mulligan, M. 2000. Downscaled climate change scenario for Colombia and their hydrological consequences. *Advances in environmental monitoring and modeling* 1 (1): 3-35.
- Pabón, D. 2011. El cambio climático en el territorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. CAR y Universidad Nacional de Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. ISBN: 9789587611069. pp. 127.
- Poveda, G. y D. Álvarez. 2010. Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. *Climate Dynamics*, 36(11-12): 2233-2249.
- Rivera, D. 2001. Páramos de Colombia. Banco de Occidente Credencial. Cali.
- Rivera, D. y C. Rodríguez. 2011. Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Humboldt. Bogotá, pp. 68.
- Ruiz, D., H. A. Moreno, M.E. Gutierrez, y P. A. Zapata, 2008. Changing climate and endangered mountain ecosystems in Colombia. *Science of the Total Environment* 398: 122-132.
- Van der Hammen, T. y A. M. Cleef. 1986. Development of the high Andean Paramo Flora and Vegetation. Chapt. 7. En: Vuilleumier, F. y M. Monasterio (Eds). *Tropical Andean Biogeography*. Oxford University Press.
- Vargas, O. 2002. “Impacto del fuego y ganadería sobre la vegetación del páramo”. En Congreso Mundial de Páramos. Estrategia para la Conservación y Sostenibilidad de sus bienes y servicios ambientales. Paipa, Boyacá. Mayo 2002. MADS, CAR E IDEAM.
- Vargas, O., J. Premauer y C. Cárdenas. 2002. Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. *Ecotropicos* 15 (1): 35-50.
- Vargas O. y P. Pedraza. 2004. El Parque Nacional Natural Chingaza. Universidad Nacional de Colombia, Colciencias, Unidad de Parques Nacionales y Acueducto de Bogotá. Bogotá.



Aproximación a la integridad ecológica en socioecosistemas de páramo

Catherine Gamba-Trimini¹

“Stop thinking nature is fundamentally good and human action necessarily bad, and include human being as one of the factors, among others, of environmental dynamics”

Rossi, (2003)

Aproximación a la integridad ecológica en socioecosistemas de páramo

El concepto de integridad ecológica ha sido con frecuencia abordado desde una perspectiva netamente biofísica, asociándolo a estados prístinos de los ecosistemas, es decir, en los que la intervención humana ha sido nula o imperceptible. Así, Parrish *et al.* (2003) afirman que un ecosistema tiene integridad cuando sus características ecológicas dominantes –composición, estructura, función– y procesos ocurren dentro de sus rangos naturales de variación, y pueden resistir y recuperarse de perturbaciones ambientales y antropogénicas.

Esta definición implica un enfoque exigente en términos de naturalidad, y es la aproximación adoptada por el Sistema de Parques Canadiense (Parks Canada

¹ MSc Conservación. Consultora independiente. <https://flavors.me/catherinetrimini>. cgambatrimini@gmail.com



Agency 2005) y el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (Zambrano *et al.* 2007).

Alejándose un poco de esta visión naturalista, Vélez-Restrepo *et al.* (2008) proponen la *integridad ecológica del paisaje* que, partiendo de la escuela de planeación urbana y regional, utiliza elementos de la ecología del paisaje y el concepto de mosaicos (Forman 1995). En esta aproximación se tienen en cuenta la integridad estructural –conectividad y tamaño de fragmentos–, la integridad ecosistémica –naturalidad–, y la sostenibilidad ecológica de las actividades humanas.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los páramos son territorios habitados y/o utilizados, y que existe debate sobre el papel de la intervención humana a lo largo de la historia en las características que este ecosistema presenta actualmente (Baslev y Luteyn 1991, Molinillo y Monasterio 2002) el concepto de *salud ecosistémica* (Woodley *et al.* 1993, Rapport *et al.* 1998) podría ser más adecuado en este caso.

La salud ecosistémica integra de manera explícita consideraciones estrictamente ecológicas con los procesos sociales de manejo de recursos y las implicaciones que esto tiene sobre la salud humana, proponiéndose el seguimiento y evaluación de los criterios de vigor (productividad), resiliencia (de la que hablaremos más adelante) y



organización (complejidad). De esta forma, Hofstede (2004) realizó una primera aplicación de este concepto en los páramos ecuatorianos, con tres indicadores para su monitoreo: 1) Capacidad de prestar bienes y servicios ecosistémicos; 2) posibilidad de ofrecer alternativas de manejo; 3) salud de la población humana.

¿Integridad socioecológica?

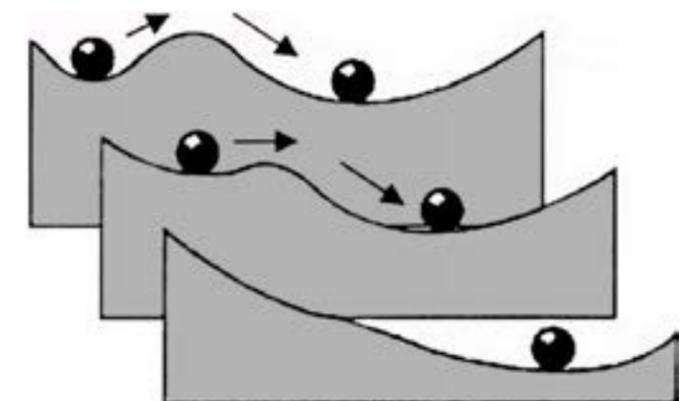
La necesidad de una comprensión compleja de los territorios y su devenir está siendo abordada a través de nociones como las de socioecosistema, con lo que se reclama una transdisciplinariedad que sea capaz de articular operativamente las dimensiones naturales y culturales del entorno. Los sistemas socioecológicos (SES por sus siglas en inglés) son complejos y adaptativos, y están conformados por una unidad bio-geo-física y sus actores sociales e instituciones asociadas (Glaser *et al.* 2008).

Existe evidencia creciente de que los sistemas socioecológicos no se encuentran en un estado de permanencia o equilibrio, sino que oscilan entre una multitud de dominios de estabilidad y transiciones

entre ellos (Hanski 1995, Ludwig *et al.* 1996, Walker *et al.* 1997), incluso en sus estados más prístinos (Dublin *et al.* 1990, Sinclair 1995). Así, reflexiones recientes desde la teoría de la estabilidad no-lineal (Berkes *et al.* 2003) indican que las dinámicas socioecosistémicas emergen de la interacción de tres atributos básicos: resiliencia, adaptabilidad y transformabilidad (Walker *et al.* 2004). En este escrito no abordaremos el concepto de transformabilidad, Folke *et al.* (2010) presentan una reflexión interesante al respecto.

La resiliencia se define como la capacidad de un sistema para absorber disturbio y reorganizarse, cambiando, pero reteniendo su estructura, función, identidad y canales de retroalimentación (Holling 1973, Ludwig *et al.* 1993, Walker *et al.* 2004). (Figura 1.)

Figura 1. Diagrama de bola y copa representando la estabilidad de un sistema. Los valles representan los dominios de estabilidad, la bola el sistema, y las flechas los disturbios. La resiliencia ecológica está determinada por el ancho de los dominios de estabilidad. La capacidad adaptativa se refiere a la habilidad del sistema para permanecer en un dominio de estabilidad así la forma del dominio cambie (representado por los tres segmentos o paisajes). Tomado de Gunderson (2000)





ética sobre lo que la sociedad considera admisible imponer a la naturaleza, y por tanto la

decisión sobre el tipo y calidad de naturaleza en la que queremos vivir (figuras 2 y 3).

Figura 2. Actividad minera en el páramo de Rabanal, Boyacá, Colombia. 2010.



Figura 3. Páramo de Rabanal, Boyacá, Colombia. 2010.



Un sistema que pierde resiliencia se vuelve cada vez más vulnerable a perturbaciones que antes podían ser absorbidas, acercándose o sobrepasando umbrales de cambio. Un cambio entre dominios de estabilidad es generalmente conocido como crisis de recursos, es decir, cuando un ecosistema se comporta de manera sorpresiva (Gunderson 2000).

Las sociedades y las instituciones han coevolucionado con los ecosistemas dentro de los cuales se encuentran inmersas en un sistema de ensayo y error (Berkes y Folke 1998), y cada vez se encuentran más documentados en la literatura estudios de caso, de diferente tipo y escalas, en los que se observan patrones de sorpresa, crisis y reforma (Berkes y Folke 1998, Gunderson *et al.* 1995, Johnson *et al.* 1999).

Las instituciones –definidas como el arreglo de normas y estructuras que le permiten a las personas organizarse para la acción colectiva– pueden por tanto añadir o restar resiliencia a un sistema (Gunderson 2000), y reaccionar de diferente forma ante las crisis de recursos. Esta capacidad para afectar la resiliencia de un sistema socioecológico es lo que se define como adaptabilidad (Walker *et al.* 2004). La adaptabilidad es la capacidad de un SES para ajustar sus respuestas a motores de cambio externos y procesos internos, permitiendo el desarrollo dentro de los dominios de estabilidad y trayectorias presentes (Folke *et al.* 2010).

La integridad socioecológica debería entonces ser redefinida dentro de una

perspectiva de análisis alejada de modelos simples de relación causa-efecto, siendo la flexibilidad, el manejo y la multiescalaridad espacial, temporal e institucional conceptos claves para su comprensión. Mantener la integridad socioecológica implicaría por tanto aceptar el cambio y cambiar, encarando el azar y los retos ambientales; no implicaría equilibrio, sino paradójicamente cambio, dinamismo.

Una de las aplicaciones en políticas internacionales de esta visión dinámica es la Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE), del Convenio de Diversidad Biológica (CDB). La AbE pretende "...construir resiliencia y reducir la vulnerabilidad de las comunidades locales al cambio climático, integrando el uso sostenible de la biodiversidad con los servicios ecosistémicos en una estrategia adaptativa" (CBD 2009). En páramos, este enfoque está siendo aplicado en Chingaza, Colombia (Andrade Pérez *et al.* 2010).

Integridad socioecológica en páramos: fluyendo en un mundo cambiante

"Quien no fluye no permanece"
Sabiduría del Pueblo Pasto, Colombia

1. ¿Qué tipo de naturaleza queremos tener? Decisiones y acciones multiescales

La integridad socioecológica lleva necesariamente asociada una consideración

Estudios ilustrativos sobre la calidad y cantidad de servicios ecosistémicos prestados por los páramos bajo diferentes regímenes de uso y disturbio son por tanto bastante útiles a este respecto (Molinillo y Monasterio 2002, Vargas 2009) así como la incorporación de los mismos en procesos multiescalares de participación y aprendizaje anticipado.

Es importante que estos procesos vayan más allá de presentar resultados, y que tengan en cuenta las diferentes percepciones, necesidades y asimetrías de conocimiento y poder entre las diferentes partes interesadas (Giller *et al.* 2008). Herramientas como la planeación participativa de escenarios –o futuros– podrían ser útiles en este sentido (Soliva *et al.* 2008, Gamba-Triminiño 2010).

Ante una crisis de recursos en los páramos la sociedad debe decidir si asume una actitud pasiva –esperar a ver qué pasa–, activa –restauración, intentar devolver el sistema al estado de estabilidad deseado–, o adaptativa –aceptar que el sistema ha cambiado y aprender a convivir con él–. En este punto hay que tener presente que un nuevo estado de estabilidad, así sea indeseado por la sociedad, puede ser muy resiliente, siendo la adaptación en ocasiones la única opción.

2. ¿Qué sabemos sobre la naturaleza que tenemos?

- Diversidad y redundancia funcional. Capacidad de amortiguamiento.

Walker (1992) propuso una analogía entre conductores y pasajeros para explicar la relación entre la biodiversidad y la resiliencia. Los conductores son especies clave que controlan el futuro de un ecosistema, mientras que los pasajeros viven en él pero no lo alteran significativamente. Sin embargo, como las condiciones de los socioecosistemas son necesariamente cambiantes, las especies cambian roles y deben estar preparadas para hacerlo. La resiliencia ecológica

ca residiría entonces tanto en la diversidad de los conductores y los pasajeros así como en el número de pasajeros que podrían ser conductores potenciales.

La llamada redundancia ecológica cobra entonces un papel primordial, pues las especies que dominan bajo cierto tipo de condiciones ambientales no lo harán si las condiciones cambian. Para mantener los servicios ecosistémicos es clave la existencia de especies similares funcionalmente a las especies dominantes, que encuentren su rango de dominancia en otras condiciones ambientales (Walker *et al.* 1999).

Se necesitan estudios sobre la biodiversidad de los páramos que vayan más allá de listas de especies, que hagan énfasis en la distribución de las mismas por asociaciones o grupos funcionales, su papel en el funcionamiento del ecosistema, y los dominios ambientales de desempeño y adaptabilidad actual y potencial.

- Procesos ecosistémicos clave. Efectos a diferentes escalas.

Los procesos y estructuras ecosistémicas que definen un estado de estabilidad ocurren a diversas escalas temporales y espaciales. La estructura de la vegetación, por ejemplo, es con frecuencia la variable que cambia más rápidamente. Regímenes de disturbio como el fuego ocurren en otras escalas temporales, mientras que la estructura y concentraciones de determinados nutrientes en el suelo suelen cambiar más lentamente.

Cuando el ritmo de cambio de estos procesos ecosistémicos clave se altera los dominios de estabilidad pueden cambiar rápidamente. Molinillo y Monasterio (2002) muestran los efectos de la ganadería en páramos venezolanos y colombianos con diferentes regímenes de humedad y estrategias de manejo. Un páramo sometido a la ganadería cambia rápidamente, observándose la formación de céspedes inducidos, con elevados niveles de riqueza florística y alta



estabilidad, siempre y cuando se mantenga una carga baja –i.e. menos de 0.2 unidades animales/ha–.

Sin embargo, estos autores encontraron que cuando la producción ganadera se intensifica el número de malezas introducidas aumenta y la diversidad disminuye, perjudicándose la calidad de forraje para el ganado y la protección del suelo. Hofstede (1995) estudió los efectos de la quema y la ganadería en los suelos de páramo colombiano, mostrando que en páramos sometidos a ganadería intensiva los suelos permanecen secos incluso en la época de lluvias.

Dado que uno de los principales servicios ecosistémicos del páramo tiene que ver con la regulación hídrica es importante que la sociedad decida cómo y a qué medida escalar y qué costo-beneficio maneja los motores de cambio que alteran los procesos ecosistémicos clave, y por ende los diferentes dominios de estabilidad.

3. ¿Cómo manejamos el socioecosistema para enfrentar el cambio? Adaptabilidad, autoorganización, multiescalaridad²

“Surprises are inevitable, knowledge will always be incomplete, human interactions with ecosystems will always be evolving”
Gunderson *et al.* (1995)

El manejo adaptativo es un método integrado y multidisciplinario para el manejo de los recursos naturales (Holling 1978, Walters 1986). Es adaptativo porque reconoce que los recursos naturales que están siendo manejados son cambiantes, y por tanto los seres humanos deben responder a estos cambios ajustándose y conformándose.

² El volumen 11 (2006) de la Revista *Ecology and Society* presenta varios estudios de caso que exploran la resiliencia en socioecosistemas <http://www.ecologyandsociety.org/issues/view.php?sf=22>

Así, aunque las políticas deben satisfacer los objetivos sociales también deben ser continuamente modificadas y flexibles para poderse adaptar a la incertidumbre inherente a los socioecosistemas (Holling 1978, Walters 1986, Lee 1993, Gunderson *et al.* 1995).

Este método ve las políticas como hipótesis, cuyos tratamientos experimentales serían las acciones de manejo implementadas. El aprendizaje social y el monitoreo colaborativo permanente son por tanto piezas claves en esta dinámica, en las que es necesario su fortalecimiento continuo.

¿Cómo fortalecer el manejo adaptativo?

- Identifique el carácter multifuncional del socioecosistema y sus potencialidades y debilidades al respecto. Aprenda a vivir con el cambio y la incertidumbre: diversidad de actividades productivas, diversidad de escalas espacio-temporales (Escalera-Reyes y Ruiz Ballesteros 2011). Esta estrategia se observa claramente en algunos páramos manejados de manera local, donde el campesinado combina las labores agrarias con ganadería a pequeña escala, cultivo de peces, ecoturismo, y trabajo en los centros urbanos (Robineau *et al.* 2010).

Así mismo, el manejo de parcelas en diferentes franjas altitudinales con rotaciones temporales puede aún observarse en algunos páramos manejados de manera local. Por el contrario, en páramos donde se ha impulsado una única actividad productiva es posible evidenciar no solo el deterioro en la calidad de los servicios ecosistémicos prestados sino en la calidad de vida de sus habitantes (Chaves-Agudelo 2011).

- Mantenga la memoria socioecológica, fortalezca el sentido de pertenencia y la dotación de significado asociado a los espacios (van Oosten 2012). Este tipo de vínculo se observa claramente en pueblos indígenas que aún viven en el páramo. Se necesitan estudios que documenten la historia socioecológica de los territorios de páramo.
- Combine diferentes tipos de conocimiento: fortalecimiento del conocimiento local, diálogo continuo entre diferentes tipos de conocimiento (*e.g.* Gamba-Triminiño *et al.* 2008). Fortalezca el aprendizaje anticipado y continuo para la toma de decisiones, permita que los diferentes actores se informen y hablen sobre el pasado, presente y futuro del socioecosistema. Nuevamente, los ejercicios de planeación de escenarios son muy útiles al respecto (Peterson *et al.* 2003, Gamba-Triminiño 2010), así como el establecimiento de centros de investigación-acción participativa (*e.g.* Hofstede *et al.* 2010).
- Identifique y examine las diferentes escalas que afectan el socioecosistema (Walker *et al.* 2004).
- Cree oportunidades para la auto-organización: redes, mecanismos para el manejo de conflictos, fortalecimiento de la capacidad de liderazgo (Ostrom *et al.* 2009). Clarifique los derechos y responsabilidades de los diferentes actores en el socioecosistema.
- Permita que las normas que gobiernan las instituciones sean susceptibles de ser modificadas por los diferentes actores sociales (Ostrom 1995).

Conclusiones

La integridad ecológica ha sido con frecuencia abordada desde un punto de vista netamente biofísico, por lo que es necesario redefinirla dentro de un contexto de sistemas complejos, en el que se tenga en cuenta la coevolución de los seres humanos y sus instituciones de manejo con la naturaleza que les rodea. En este contexto de complejidad los conceptos de resiliencia y múltiples estados de estabilidad adquieren gran importancia, y pueden ser operados bajo los criterios de flexibilidad, manejo y multiescalaridad.

La integridad socioecológica no puede garantizarse con un mecanismo único, en cambio deben implementarse procesos de aprendizaje continuo, en los que se manejen activamente las asimetrías de conocimiento y poder entre los diferentes actores sociales.

La diversidad y redundancia funcional e institucional, y el monitoreo permanente de procesos ecosistémicos clave y sus consecuencias multiescalares podrían sentar las bases para este proceso de aprendizaje.

Agradecimientos

Al Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt por promover el espacio para pensar los páramos desde el marco conceptual de los sistemas socioecológicos. A Jimena Cortés Duque del mismo Instituto por su paciencia y amable comunicación durante la elaboración de este escrito. A la comunidad que habita en los bosques y páramos de Soatá, Boyacá, pues mi trabajo de varios años con ellos ha alimentado gran parte de estas reflexiones. Finalmente, al revisor anónimo por sus valiosas sugerencias, que contribuyeron a mejorar este escrito.

Referencias

- Andrade-Pérez, A., M. Medina-Muñoz, K. Shutze-Páez y J. Ville-Triana. 2010. Lessons from the Chingaza massif in the high mountain ecosystem of Colombia. Building resilience to climate change: ecosystem-based adaptation and lessons from the field. A. Andrade Pérez, B. Herrera Fernández and R. Cazzolla Gatti. Gland, Switzerland, IUCN.
- Baslev, H. y J. Luteyn. 1991. Páramo: an Andean ecosystem under human influence. London, Academic Press.
- Berkes, F., J. Colding y C. Folke. 2003. Navigating Social-ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 393 pp.
- Berkes, F. y C. Folke. 1998. Linking social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- CBD. 2009. Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation: report of the second ad hoc technical expert group on biodiversity and climate change. Secretariat of the convention on biological Diversity (CBD). Montreal, Canada. Technical Series No. 41: 126.
- Chaves-Agudelo, J. 2011. Análisis multicriterio de la sustentabilidad ambiental de los sistemas productivos agropecuarios presentes en la alta montaña del complejo páramo de Guerrero. Facultad de Ciencias Económicas. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. Magister en Medio Ambiente y Desarrollo.
- Dublin, H., A. Sinclair y J. McGlade. 1990. Elephants and fire as causes of multiple stable states in the Serengeti-mara woodlands. *Journal of Animal Ecology* 59: 1147-1164.
- Escalera-Reyes, J. y E. Ruiz-Ballesteros. 2011. Resiliencia socioecológica: Aportaciones y retos desde la Antropología. *Revista de Antropología Social* 20: 109-135.
- Folke, C., S. Carpenter, B. Walker, M. Scheffer, T. Chapin y J. Rockström. 2010. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society* 15(4): 20.
- Forman, R. 1995. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge, New York, Cambridge University Press.

- Gamba-Triminiño, C. 2010. Planeación de Escenarios en el páramo de Rabanal, Colombia. Insumos Base y Perspectivas para el Manejo. Contrato 10-10-011-080PS Informe 1. Bogotá, Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Gamba-Triminiño, C., D. Yu, L. Lizarazo y F. Fajardo. 2008. Correspondence between scientific and traditional ecological knowledge: rapid assessment for forest beta diversity in the Colombian Andes. Talk presented at the section Indigenous Knowledge and Conservation, International Congress for Conservation Biology, 22nd Annual Meeting of the Society for Conservation Biology. Chattanooga, TN, USA.
- Giller, K., C. Leeuwis, J. Andersson, W. Andriess, A. Brouwer, P. Frost, P. Hebinck, I. Heitkönig, M. van Ittersum, N. Koning, R. Ruben, M. Slingerland, H. Udo, T. Veldkamp, C. van de Vijver, M. van Wijk y P. Windmeijer. 2008. Competing claims on natural resources: What role for science? *Ecology and Society* 13(2): 34.
- Glaser, K., K. Gesche, R. Beate y W. Martin. 2008. Human-nature-interaction in the Anthropocene. Potential of social-ecological systems analysis. DHG-Symposium Human-nature-interaction in the Anthropocene. Potential of Social-Ecological Systems Analysis. Sommerhausen.
- Gunderson, L., C. Holling y S. Light (Eds.). 1995. *Barriers & Bridges for the Renewal of Ecosystems and Institutions*. New York, Columbia Univ. Press.
- Gunderson, L. H. 2000. Ecological resilience in theory and application. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 31: 425-39.
- Hanski, I. 1995. Multiple equilibria in meta-population dynamics. *Nature* 377: 618-621.
- Hofstede, R. 1995. The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in Colombian páramo grasslands. *Plant and Soil* 173: 111-132.
- Hofstede, R. 2004. Health state of páramos: an effort to correlate science and practice. *Lyonia* 6(1): 61-73.
- Hofstede, R., K. Ambrose, S. Baéz y K. Cueva. 2010. Biodiversity-based livelihoods in the ceja andina forest zone of northern Ecuador: multi-stakeholder learning processes for the sustainable use of cloud forest areas. *Tropical montane cloud forests: science for conservation and management*. L. A. Bruijnzeel, F. N. Scatena and L. S. Hamilton. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Holling, C. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4: 1-23.
- Holling, C. 1978. *Adaptive environmental assessment and management*. London, Wiley & Sons.
- Johnson, N., F. Swanson, M. Herring y S. Greene (eds). 1999. *Bioregional assessments*. Washington, D.C.: Island.
- Lee, K. 1993. *Compass and gyroscope*. Washington DC, Island.
- Ludwig, D., R. Hilborn y C. Walters. 1993. Uncertainty, resource exploitation, and conservation: lessons from history. *Science*. Vol. 260, No. 5104: 17-36.
- Ludwig, D., B. Walker y C. Holling. 1996. Sustainability, stability, and resilience. *Conservation Ecology* 1(1): 7 – 27.
- Molinillo, M. y M. Monasterio. 2002. Patrones de vegetación y pastoreo en ambientes de páramo. *Ecotropicos* 15(1): 19-34.
- Ostrom, E. 1995. Designing complexity to govern complexity. *Property Rights and the Environment*. S. Hanna and M. Munasinghe (Eds). Washington DC, Beijer International Institute, World Bank: 244-275.
- Ostrom, E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325: 419-422.
- Parks Canada Agency. 2005. *Monitoring and reporting ecological integrity in Canada's national parks, guiding principles*. Hull, QC, Parks Canada Agency. 1.
- Parrish, J., D. Braun y R. Unnasch. 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *Bioscience* 53(9): 851-860.
- Peterson, G., G. Cumming y S. Carpenter. 2003. Scenario planning: a tool for conservation in an uncertain world. *Conservation Biology* 17: 358-366.
- Rapport, D., R. Constanza, P. Epstein, C. Gaudet y R. Levins. 1998. *Ecosystem Health*. Blackwell Science, Malden, Oxford, London, Edinburg, Carlton, U.K Malden (Ma), Blackwell Science.
- Robineau, O., M. Châtelet, C-T Souldard, I. Michel-Dounias y J. Posner. 2010. Integrating farming and páramo conservation: A case study from Colombia. *Mountain Research And Development* 30(3): 212-221.
- Rossi, G. 2003. *Questions d'incertitude*. Paris, GRET-Khartala.
- Sinclair, A. 1995. *Serengeti II: Dynamics, Management, and Conservation of an Ecosystem*. Chicago, University of Chicago Press.
- Soliva, R., K. Ronningen, I. Bella, P. Bezak, T. Cooper, B. Flo, P. Marty y C. Potter. 2008. Envisioning upland futures: Stakeholder responses to scenarios for Europe's mountain landscapes. *Journal of rural studies* 24: 56-71.
- Van Oosten, C. J. 2012. Restoring landscapes - governing place. *Forest landscape restoration - a learning approach to landscape governance*. In: *Strategies for landscape-scale restoration in the tropics*. Yale Conference.
- Vargas, O. 2009. ¿Por qué el páramo es un ecosistema frágil? *En: Simposio Páramos para la Vida*. Bogotá DC.
- Vélez-Restrepo, L. A. y A. Gómez-Sal. 2008. Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *Arbor* CLXXXIV (729): 31-44.
- Walker, B., C. Holling, S. Carpenter y A. Kinzig. 2004. "Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems." *Ecology and Society* 9(2): 5.
- Walker, B. 1992. Biological diversity and ecological redundancy. *Conservation Biology* 6: 18-23.
- Walker, B., A. Kinzig y J. Langridge. 1999. Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: The nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems* 2: 95-113.
- Walker, B., J. Langridge y F. McFarlane. 1997. Resilience of an Australian savanna grassland to selective and nonselective perturbations. *Australian Journal of Ecology* 22: 125-135.
- Walters, C. 1986. *Adaptive Management Of Renewable Resources*. New York, Mc-Graw Hill.
- Woodley, S., J. Kay y G. Francis. 1993. *Ecological Integrity and the Management of Ecosystems*. Ann Arbor, St. Lucie Press.
- Zambrano, L. H. y M. Pardo. 2007. *Evaluación de Integridad Ecológica - Propuesta Metodológica*. Convenio WWF-Colombia, Parques Nacionales Naturales de Colombia e Instituto Humboldt.



Un paisaje con muchas dimensiones: el desarrollo de la relación entre la sociedad y los páramos andinos

Robert Hofstede¹

Introducción

Históricamente, el estudio y la conservación de los páramos parece una disciplina biológica-geográfica. Desde las primeras expediciones de los siglos XVIII y XIX hasta hace unos pocos años se ha descrito mucho sobre la maravillosa historia natural de este ecosistema pero relativamente poco de la historia antropológica, social y cultural. Sin embargo, el páramo tiene muchas dimensiones; considerarlo únicamente desde la dimensión biológica-geográfica es una simplificación de la realidad.

El objetivo de este ensayo es presentar algunos aspectos de las otras dimensiones del páramo (social, cultural, económica y política) para entender más de la complejidad del territorio. Conocer y respetar todas las interacciones entre las diferentes dimensiones ayuda a una gestión más positiva del territorio.

¹ Asesor científico para la iniciativa de la delimitación de los páramos de Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Casilla 17-22-20529, Quito-Ecuador. hofstederobert@gmail.com

La historia de la investigación y la evolución de la visión sobre el páramo

La historia de la exploración del páramo explica por qué el trabajo en páramo siempre ha estado fuertemente imbricado con el área de la naturaleza (Mujica 2011). Los primeros estudiosos que fueron atraídos por los páramos (y dieron a conocer el ecosistema a nivel mundial) los miraron con una visión naturalista clásica de los siglos XVIII y XIX. Ellos organizaron grandes expediciones por los Andes para descubrir y describir de forma integrada toda la geografía. Famosos nombres como Mutis, Caldas, Humboldt y Bonpland visitaron los páramos, hicieron sus colecciones botánicas y geológicas, describieron ecosistemas y formularon nuevas teorías sobre la naturaleza (ej. Humboldt 1874-1875).

En la primera mitad del siglo XX, ya desarrollada la ciencia moderna, la atención hacia los páramos fue motivada por una visión de ciencia descriptiva académica. Una serie de académicos (todavía principalmente europeos), entre ellos Jahn (ej. 1931), Smith (ej. Smith y Koch 1935), Troll (ej. 1931) y Cuatrecasas (ej. 1958) visitaron las diferentes regiones de los Andes para describir la biogeografía específica de la flora paramera, relacionada con el clima y la geología de las diferentes cordilleras andinas.

Una tercera generación de académicos trabajó en los páramos en la segunda mitad del siglo XX y formó una visión ecológica más integral, dando un paso más allá de la mera descripción hacia el entendimiento de los procesos ecológicos del páramo (Hofstede 2011).

Toda la base académica del trabajo actual en la conservación de páramos es creada por un grupo de visionarios como Misael Acosta Solís, Luis Eduardo Mora Osejo, Jorge Hernández Camacho, Maximina Monasterio y Thomas van der Hammen. Ellos

analizaron el funcionamiento del páramo y la interacción entre el ser humano y el ecosistema. Además fueron apasionados defensores de la conservación de los páramos y han tenido una influencia directa e importante en muchas de las primeras acciones para su protección. También formaron una escuela de investigadores que aumentó de forma importante la cantidad de estudios y el volumen de conocimiento sobre los páramos.

Aunque el páramo ha sido habitado desde hace siglos, antes y después de la conquista española, la ciencia social en este paisaje es de fecha reciente: apenas en la segunda mitad del siglo XX nació la atención de arqueólogos por las culturas prehispánicas (Mujica 2011).

De un lado, estudios antropológicos y sociales sobre la cultura actual, la situación y las razones de su marginalización social y política y el análisis de los movimientos sociales de las comunidades de las alturas andinas tomaron forma hasta hace unas dos décadas, inspirados por los conflictos emergentes relacionados con la reforma agraria y la emancipación indígena. De otro lado, el paradigma del desarrollo sostenible, término que tomó importancia entre los años 80 y 90, requería tanto del conocimiento de los procesos sociales como de los procesos ecológicos, lo que fue un impulso para mirar a los ecosistemas naturales con una visión social (Hofstede 2011).

Una vez que se sembró la semilla del desarrollo sostenible se puso en evidencia que la conservación del ecosistema no es posible sin proveer alternativas realistas a la población relacionada. Con esta visión la investigación se dirigió a demandas concretas de la sociedad. Además, la aparición en paralelo de grandes programas de conservación de páramo, como el Proyecto Andes (Instituto Humboldt) en Colombia, el Proyecto Páramo (Ecociencia, Universidad de Amsterdam, Instituto de Montaña) en Ecuador y el Proyecto Páramo Andino (Condesan) en los países andinos brindó un espacio concreto



para desarrollar y a la vez aplicar los resultados de la investigación aplicada e integrada entre las ciencias naturales y sociales (Crespo 2012).

Concluyendo, se puede decir que después de siglos de atención de unos pocos individuos, que han sido los pioneros de la conservación del páramo, actualmente hay una acumulación de conocimiento que trae como resultados la disponibilidad de herramientas de manejo, alternativas productivas para la población, estrategias de conservación, valoración de los servicios ecosistémicos y otras respuestas a demandas concretas. No obstante, todavía existe un vacío en la integración del conocimiento tradicional con el conocimiento académico.

El conocimiento milenario de la población sobre el manejo de los páramos, si bien está siendo sistematizado, todavía no está integrado ni en la investigación académica ni en las respuestas técnicas a los desafíos actuales.

La dimensión social: la relación de la gente con el páramo

La historia de la generación del conocimiento, desde una visión naturalista hacia una visión más integral, social y aplicada, es reflejada por la historia de gestión de los páramos. Cuando empezó la preocupación sobre la integridad del páramo (Grubb 1970, Ellenberg 1979) la reacción desde la visión biológica-geográfica fue proteccionista: la inclusión de los páramos en áreas protegidas con un tipo de manejo con el menor uso humano posible.

Luego, conscientes de que hay una realidad compleja entre la población humana y los páramos la gestión se dirigió hacia la zonificación de páramos y la regulación y promoción de buenas prácticas. Finalmente, con el reconocimiento de los derechos de los habitantes y de la relación compleja entre sociedad y ecosistema el enfoque fue hacia la participación social y el consenso de los diferentes actores.

Desde hace mucho tiempo hay poblaciones que viven, trabajan y dependen de los páramos y esta historia constituye la dimensión social. Aunque hay evidencias de que hace varios miles de años la gente estuvo presente en los páramos, durante la época prehispánica estos estuvieron ocupados solo de manera temporal, dentro del uso de diferentes pisos altitudinales (van der Hammen y Correal Urrego 1978, Reichel-Dolmatoff 1982).

Los diversos grupos precolombinos en Colombia (Muisca, Kogui, Tolima, Quimbaya, etc.) usaron el páramo además para fines rituales. En el Ecuador y norte del Perú hay evidencias de uso para caza, leña, agua, extracción de minerales y transporte (Mujica 2011). A pesar de que sí se han hallado los primeros camélidos domesticados no había grupos especializados en pastoreo como en los Andes de Bolivia y el sur del Perú (Schjellerup 1992).

La diferencia general entre el uso de los páramos del centro de los Andes (Ecuador y Perú) y los del norte (Colombia y Venezuela) se originó por la colonización incásica. Desde entonces se inicia el ascenso de la frontera agrícola, la introducción a mayor escala de llamas y alpacas, y la tecnificación de la agricultura (terrazas, riego, nuevos cultivos), lo que permitió la ocupación de espacios más altos.

Además, vinieron nuevos grupos humanos (mitimaes), con otras costumbres y cultura. Finalmente, la mayor parte de la infraestructura inca (caminos, guarniciones, pucarás) estaba construida en los páramos o justo debajo de ellos. La gobernación inca duró apenas cien años, pero tuvo un impacto social similar al de la conquista española.

En todo el territorio andino los españoles llegaron e introdujeron ovejas, reses, caballos y el cultivo de cereales. De esta manera los valles destinados para los cultivos resultaron insuficientes, por lo cual se debió ampliar la frontera agrícola hacia

las laderas de las montañas. Además, las áreas boscosas empezaron a ser taladas y quemadas, estrechando la distancia entre la frontera agrícola y la paramuna. Una de las causas principales de la gran deforestación fue que los españoles usaron leña para calentar, madera para construcciones y minería, usos hasta entonces no conocidos por los incas y los grupos precolombinos en el norte (Schjellerup 1992, Jørgensen y Ulloa 1995).

Especialmente el ganado ovino fue empleado en los páramos, sin mayor sistema de manejo, y gracias a esta práctica el paisaje fue fuertemente modificado por las quemadas y el sobrepastoreo, en varias zonas inclusive más que actualmente.

Los españoles, luego de sangrientas batallas en la conquista del imperio inca, tuvieron que aplicar políticas de control social. Estos sistemas de un lado esclavizaron a los indígenas, pero de otro lado, también los forzaron a organizarse entre sí, ocupando nuevos espacios colectivos en las laderas encima del valle (donde estaban las grandes haciendas) y abajo del páramo. Mientras tanto, los rebaños estatales de camélidos desaparecieron rápidamente por la cacería y alimentación de soldados españoles.

Luego del proceso de la independencia de España cambió la agricultura en los Andes. Esto fue causado por cambios en la tenencia de tierra y una menor demanda de lana desde Europa, debido a la mayor competencia con otros productores como Australia. Es probable que durante la república haya bajado el uso directo de los páramos porque hubo menor atención a la producción de lana y mayor demanda de alimentos en el continente (Ramón 2000).

El último cambio drástico de la ocupación humana en el páramo se dio con los diferentes procesos de la reforma agraria en el siglo XX. En todos los países andinos, este proceso fue, entre otras razones, dirigido a

una redistribución de tierra y ocupación de toda superficie productiva. Como durante el mismo no existía una conciencia ambiental generalizada muchas áreas de importancia ecológica fueron destinadas a la producción agrícola. Además, como regla general las tierras menos productivas fueron entregadas a comunidades pobres y fue así como la reforma agraria causó la ocupación permanente del páramo por diferentes comunidades, generalmente de bajos recursos y poco acceso a técnicas adecuadas de producción (Hess 1990, López 2004).

En el caso de Colombia se suma un fenómeno adicional que son los efectos sociales del conflicto armado interno. De un lado, los páramos han sido el escenario del conflicto, con cultivos de amapola, rutas de tropas y de tráfico de drogas y armas, confrontaciones bélicas entre diferentes grupos. Del otro lado, el efecto indirecto del conflicto armado fue la migración (muchas veces forzada) de la población rural. Por ejemplo, encontramos una población de origen boyacense en la cordillera Central colombiana y de origen nariñense en los páramos en el norte del Ecuador.

Toda esta historia ha determinado la configuración social actual de los páramos. En muchas regiones con páramo hay un uso diverso de sus recursos por diferentes grupos humanos. Generalmente, las poblaciones viven a menor altitud pero usan los páramos continuamente para la ganadería, los cultivos o las plantaciones. No obstante, en algunas regiones sí hay ocupación permanente, con viviendas dentro de ellos. Aunque siguen existiendo grandes haciendas en páramo (ej. Cobo 2001) la mayoría de sus usuarios son campesinos que tienen pocos recursos, poca tierra y poco acceso a mercado y tecnología (Molano 2003).



La ocupación de los páramos es muy irregular. En Táchira (Venezuela), Boyacá, Cundinamarca y Nariño (Colombia), en gran parte de los Andes centrales del Ecuador y en la región de Cajamarca (Perú) la ocupación y el uso es mucho más intenso que en las cordilleras Central y Occidental de Colombia, que en las vertientes extremas de los Andes en Ecuador y que en el extremo norte del Perú (Hofstede 2003).

La diferente ocupación humana de los páramos se debe a razones históricas (regiones con mayor historia de presencia de pueblos precolombinos), geográficas (a ma-

por altitud de los valles interandinos mayor ocupación en los páramos) y demográficos (cercanía de ciudades y polos económicos cercanos). La diferente historia y ocupación actual ha tenido implicaciones para la gestión entre el norte y el sur de la región paramuna.

Tradicionalmente ha habido un mayor interés naturalista en Colombia y Venezuela con la escuela de estudios y gestión temprana de áreas protegidas, mientras que en Perú y Ecuador la gestión ha sido hacia una visión social en apoyo al desarrollo, a combatir la pobreza, a mejorar la salud, la seguridad alimentaria y la seguridad de agua. Las dos visiones son complementarias y los esfuerzos de la última década de trabajo en páramos a nivel regional han terminado en una suerte de encuentros e interacciones positivas de las dos visiones (Crespo 2012).

La dimensión cultural: todos somos paramunos

La dimensión cultural del páramo es la manera como la sociedad percibe al ecosistema, se relaciona con él y lo valora. La sociedad paramuna es muy diversa porque no solamente los campesinos o los pueblos indígenas andinos tienen una relación cultural con este paisaje, sino que todos y todas las personas que vivimos en los países andinos de alguna manera también la tenemos.

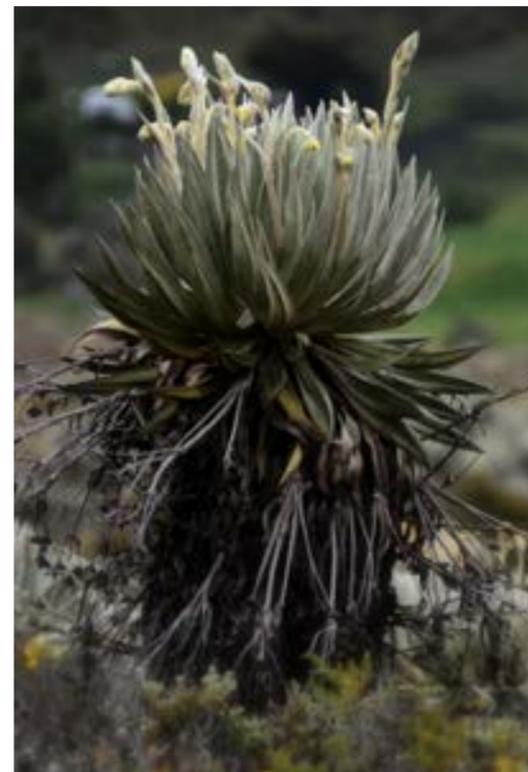
Los aspectos culturales del ecosistema páramo son muy evidentes y generalmente están altamente valorados por la población, pero limitadamente tomados en cuenta en la gestión. En primer lugar, el páramo es un espacio fuertemente relacionado con la espiritualidad y la identidad de la población. Esto es principalmente válido para los pueblos indígenas de los Andes, que tienen un vínculo espiritual fuerte con el territorio; dentro de su cosmovisión y el concepto de Pacha Mama reconocen al páramo como un espacio de respeto, culto e importancia para el balance ecológico y el buen vivir (Ortiz y Viteri 2002).

También, para la población en general existe una apreciación espiritual, a veces subconsciente, del páramo, ya que la gente rural y urbana, inclusive en las grandes ciudades de los Andes, reconoce y valora que su identidad y su cultura está determinada por la montaña, incluyendo el páramo. Esta apreciación es un valor espiritual intrínseco del ecosistema páramo.

Otro aspecto cultural del páramo es el estético. La belleza del paisaje del páramo es valorada por mucha gente y la industria del turismo lo aprovecha de manera importante. El espacio y la posibilidad de ejercer un sinnúmero de actividades recreativas, algunas más intensivas que otras, atraen gente de todo el mundo al páramo. Muchas personas practican deportes de aventura (en pocas ocasiones en concordancia con la vulnerabilidad del páramo), otras van para descansar o de paseo familiar (Mena y Ortiz 2001).

Finalmente, existe el valor del páramo como espacio para la educación y la investigación. La historia ha mostrado cómo la ciencia ha ayudado en el entendimiento del páramo para mejorar su gestión, pero a la vez el páramo es un laboratorio natural, muchas veces de fácil acceso y con disponibilidad de infraestructura, que brinda el servicio a estudiantes y científicos para satisfacer su curiosidad y apoyar el desempeño académico. Es bastante alentador ver el cambio en la “escuela de investigación en el páramo” hacia más disciplinas y mayor participación de más universidades andinas de provincia.

¿Qué arroja esta dimensión cultural para la gestión del páramo? En primer lugar, la autoestima del habitante del páramo, y el respeto que la sociedad en general le tiene, ha cambiado en las últimas décadas, desde que se dio cuenta de que tenía cierto poder. Esto se dio a través de los movimientos emancipatorios y políticos indígenas: al notar que una movilización social masiva podría tener grandes logros (por ej. el cambio de gobierno en Ecuador en el 2000) el mismo



poder fue utilizado para temas ambientales (protestas contra la Ley de Agua en el Ecuador en el 2008, contrala minera Majaz en Piura, en el 2005; De Chave *et al.* 2009).

El debate sobre la minería en Santurbán (Colombia) en años recientes tuvo muchos aspectos en común con las protestas en Ecuador y Perú. Una parte creciente de la población valora especialmente el aspecto natural y el beneficio tradicional del páramo (agua, belleza escénica, productos alimenticios) y se opone al posible gran ingreso de la explotación minera.

La identidad cultural del habitante del páramo, incluyendo su cosmovisión, mitología, conocimiento tradicional, etc., ayuda a incrementar la autoestima, y a la vez a fortalecer las capacidades para dar un manejo sustentable al ecosistema. Esta identidad ha sido tomada en cuenta en los programas de gestión participativa de páramo (Cartaya y Arreaza 2012), lo que ha ayudado a la

valoración ambiental, a la efectividad de la participación de los actores en el proceso de gestión del páramo y a la eficiencia de los procesos en sí, porque acorta considerablemente la “curva de aprendizaje y adaptación”.

La dimensión económica: los beneficios directos y concretos del páramo

El más conocido y estudiado de los beneficios del ecosistema páramo para la sociedad ha sido la regulación hídrica. Imposible de expresar en valores monetarios, es evidente que este servicio ecosistémico es de fundamental importancia para la población andina. El rendimiento hidrológico del páramo (la cantidad de agua dulce que sale del ecosistema) es entre 600 a 1500 mm/año (2 a 5 l/m²/día). El rendimiento nacional de Colombia es de 70 km³/año (Hincapié *et al.* 2002).

El páramo provee el 80% del agua dulce para grandes ciudades como Bogotá y Quito (Buytaert *et al.* 2006). 9000 km² de Colombia son irrigados y se usa casi el 40% del agua dulce del país. En Ecuador, una sola planta hidroeléctrica (Paute) tiene la capacidad de proveer el 60% de la demanda eléctrica del país y un estimado del 40% del agua de esta planta proviene del páramo (Buytaert *et al.* 2006).

La ganadería es probablemente el uso más generalizado de los páramos, muy importante para la economía familiar de los aproximadamente 500000 habitantes de los páramos (Hofstede 2003). Lo curioso es que en la mayoría de los casos no genera mucho ingreso a los habitantes pero es visto como una reserva (“banco de cuatro patas”) y una forma de dar algún uso a un área que no tiene otro beneficio económico directo. Inclusive, hay situaciones en las que las familiares tienen más ingresos de la venta de abono que de la venta de la carne o lana (Chicaiza y Cruz 2001).

El cultivo de papas está concentrado en algunas áreas (no coincidentalmente las de más ocupación humana) y contribuye de manera importante en la economía local y en la seguridad alimentaria regional. De hecho, la mayoría de la papa que se consume en los Andes del norte es producida en zonas dentro o cercana a los páramos (Crissman 2001).

Hay otras actividades económicas menos extendidas pero presentes en muchos páramos como la reforestación con especies exóticas y la piscicultura con truchas. También el turismo de aventura y el ecológico en el páramo han aumentado significativamente, evidenciado por el cada vez mayor número de establecimientos turísticos, por ejemplo alrededor de los parques nacionales con mucho páramo como el Cotopaxi (Ecuador), la Sierra Nevada (Venezuela) y los Nevados (Colombia).

Todas las actividades productivas en conjunto (sin contar el aporte de la regulación hídrica) no aportan más que el 1 a 2% del PIB, dependiendo del país. Lo que sí podría generar mayores ingresos es la minería. El desarrollo minero existe (principalmente aurífero –norte de Perú y sur de Ecuador– y carbonífero –Boyacá, Cundinamarca–) desde hace varias décadas, pero en los últimos años, gracias al aumento del precio de oro la exploración minera se ha incrementado. A la vez, hay muchas voces de oposición por la preocupación de los impactos sociales y ambientales adversos de la minería y sobre el relativamente poco beneficio local en relación con los ingresos nacionales e internacionales de una actividad minera a gran escala (Guerrero 2009).

La dimensión económica es muchas veces considerada la que pone bajo estrés los beneficios del páramo, debido al impacto de las actividades productivas. De otro lado, para muchos actores del páramo el uso productivo es su sustento de vida y no tienen otras posibilidades. Además, es una

cuestión ética si el mantener el páramo en su estado natural/original debe ser el único objetivo de la conservación o si un paisaje cultural, con diferentes usos de la tierra dentro de un paisaje más grande, puede ser una opción (Mujica 1998, Molano 2003).

El debate entre la economía y la ecología en el páramo puede entenderse como un “trade-off”, que quiere decir que al prevalecer uno necesariamente pierde el otro pero que dependiendo de la resiliencia del ecosistema es posible armonizar cierto desarrollo económico dentro de los umbrales del funcionamiento natural (Campbell *et al.* 2010).

La dimensión política: ¿qué decisiones tomar y cómo tomarlas?

La dimensión política se refiere a la gobernanza del páramo; las decisiones que la sociedad toma sobre su gestión y la manera en que se toman. Incluye tanto las formas de gobierno (representatividad, participación), las estructuras (instituciones, agencias), y los instrumentos (leyes, normas, reglamentos, incentivos, control) pero lo fundamental es buscar el consenso sobre qué queremos como sociedad con nuestros páramos.

El sentido que los diferentes grupos de la sociedad dan a las dimensiones del territorio de páramo, crea escenarios distintos y complejos para la toma de decisiones. Hay grandes grupos en la sociedad que buscan la conservación de las fuentes hídricas o de la biodiversidad y otros en los que prevalece el uso ganadero o la exploración minera.

Igualmente, hay diferentes opiniones sobre la manera en que se deben tomar las decisiones: unos grupos argumentan que la gestión de páramo es responsabilidad en primera instancia de las comunidades que los habitan ya que son los propietarios de las tierras, pero otros dicen que los beneficios del páramo implican a toda la sociedad y por ende las decisiones se deben tomar a niveles de gobierno mayor.

Finalmente, hay diferentes opiniones sobre la efectividad y aplicabilidad de los instrumentos de gestión. Por ejemplo, existe mucho debate sobre la ética y el impacto de los sistemas de pago por servicios ecosistémicos (Quintero 2010), sobre los subsidios directos para la conservación (de Koning *et al.* 2011, Reed 2011) y sobre la injerencia del mercado de carbono en el páramo (Milne 2000, Robertson 2002, Granda 2005).

Con el tiempo, las prioridades de la sociedad han cambiado con el avance del conocimiento y el cambio de la coyuntura. Hace pocas décadas (años 50 y 60 del siglo pasado) en muchas zonas la política hacia los páramos era de desarrollo mediante incentivos para la ganadería y la siembra de papas (López 2004, Cubillos 2011). Luego, en las décadas de los 70 y 80 la sociedad promovió políticas de “conservación” pero basadas en un paradigma que ahora consideramos equivocado (la reforestación de los páramos; Morris 1985, Hofstede *et al.* 2002).

Afortunadamente, en esta misma época, la política de la declaración de grandes áreas protegidas logró incluir mucha superficie de páramo bajo diferentes sistemas de protección y hoy en día es uno de los ecosistemas mejor representado en los sistemas de áreas protegidas.

Alrededor del cambio de siglo la sociedad valoró cada vez más la importancia hídrica del páramo y además reconoció la efectividad de la estrategia de incluir a los habitantes del páramo en su manejo. Estos dos procesos fundamentaron una política de manejo integral y participativo, con visión ecosistémica (Hofstede 2006, Andrade 2007).

Actualmente, vivimos otra tendencia en la política de páramos por dos razones: su gran vulnerabilidad al cambio climático y la creciente actividad minera. Las dos han logrado que el páramo esté más que nunca en el centro del debate ambiental de los paí-

ses andinos y que diferentes sectores, más allá de los netamente ambientales, sociales y agrícolas, se preocupen por los páramos.

En buena hora el páramo finalmente recibe la atención que merece, pero al haber sido reconocido como ecosistema estratégico para tantos sectores de la sociedad y la economía igualmente se han multiplicado las diferentes interpretaciones de las dimensiones del páramo. Esto hace aún más complicado lograr consensos para un manejo sostenible. Por esto, considerando que el páramo es diverso no solamente en valores biológicos, pero también sociales, culturales y económicos, la política debe ser diversa también para que el páramo siga siendo un espacio para las múltiples expresiones de vida.

Puede ser que para cada páramo la sociedad decida aplicar una gestión diferente dependiendo de la realidad ecológica, social, cultural y económica, pero independientemente de lo que decida la base del buen manejo debe ser la sostenibilidad y la gobernanza basadas en consensos y respeto a los derechos humanos y de la naturaleza.

Referencias

- Andrade, A. (Ed.). 2007. Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica. Commission on Ecosystem Management, IUCN.
- Buytaert, W., R. Céleri, B. De Bièvre, F. Cisneros, G. Wyseure, J. Deckers y R. Hofstede. 2006. Human impact on the hydrology of the Andean paramos. *Earth-Science Reviews* 79(1-2): 53-72.
- Campbell, B. M., J. A. Sayer y B. Walker. 2010. Navigating trade-offs: working for conservation and development outcomes. *Ecology and Society* 15(2): 16.
- Cartaya, F. V. y H. Arreaza. 2012. Programa de rescate de la tradición cultural ambiental. En P. Crespo y T. Rodríguez (Eds.). Buenas prácticas para la gestión de los páramos Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, pp. 53-64. Condesan, Quito.

- Chicaiza, L. y L. Cruz. 2001. La influencia de los páramos en la economía campesina: agricultura y ganadería en los páramos de Pichincha y Tungurahua. En: G. Medina y P. A. Mena (Eds.). La Agricultura y la Ganadería en los Páramos. Serie Páramo 8. pp. 67-74. GTP-Abya Yala, Quito.
- Cobo, F. 2001. La ganadería vacuna y caballo en los páramos. En: G. Medina y P. A. Mena (Eds.). La Agricultura y la Ganadería en los Páramos. Serie Páramo 8. pp. 59-65. GTP-Abya Yala, Quito.
- Crespo, P. 2012. Puentes entre Alturas. La sistematización del Proyecto Páramo Andino en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Condesan, Quito.
- Crissman, C. C. 2001. La agricultura en los páramos del Ecuador. Production systems and Natural Resources Management Department Working Paper, CIP, Lima.
- Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Rev. Acad. Col. Ci. Exac. 10(40): 221-264.
- Cubillos, A. 2011. El proceso de transformación del páramo de Guerrero por sistemas de ganadería bovina (1960-2010), con énfasis en políticas públicas. Tesis de M.Sc, Universidad Nacional de Colombia Instituto de Estudios Ambientales, Bogotá, Colombia.
- Ellenberg, H. 1979. Man's influence on tropical mountain ecosystems in South America. Journal of Ecology 67: 401-416.
- Granda, P. 2005. Sumideros de carbono en los Andes ecuatorianos. Acción Ecológica - World Rainforest Movement, Quito-Montevideo.
- Grubb, P. J. 1970. The impact of man on the paramo of Cerro Antisana, Ecuador. Journal of Applied Ecology 7(2): 7.
- Guerrero, E. 2009. Implicaciones de la Minería en los Páramos de Colombia, Ecuador y Perú. Documento técnico. CONDESAN - Proyecto Páramo Andino, Lima.
- Hess, C.G. 1990. Moving up, moving down. Agropastoral land use patterns in Ecuadorian paramos. Mount. Res. & Dev. 10: 333-342.
- Hincapié, J. C. A., C. B. Castillo, S. C. Argüello, D. P. R. Aguilera, F. S. Holguín, J. V. Triana, y A. Lopera. 2002. Transformación y cambio en el uso del suelo en los páramos de Colombia en las últimas décadas. En: C. Castaño (Ed.). Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición hotspot y global climatic tensor, pp. 211-333. IDEAM, Bogotá.
- Hofstede, R. 2003. Los páramos en el mundo: su diversidad y sus habitantes. En: R. Hofstede, P. Segarra y P. Mena (Eds.). Los páramos del mundo, pp. 15-38. Quito: IUCN, Global Peatland Initiative, Ecociencia.
- Hofstede, R. 2006. The ecosystem approach applied to the conservation of the paramo ecosystem in the Andes. En: M. F. Price (Ed.). Global Change in Mountain Regions, pp. 237-238. Sapiens Publishing, Duncow, UK.
- Hofstede, R. 2011. Historia, tendencias y perspectivas para el manejo de los páramos. En: S. G. Maldonado y B. De Bievre (Eds.). PARAMUNDI, 2do Congreso Mundial de Páramos. Memorias, pp. 34-45. CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito.
- Hofstede, R., J. P. Groenendijk, R. Coppus, J. Fehse, y J. Sevink. 2002. Impact of pine plantations on soils and vegetation in the Ecuadorian high Andes. Mountain Research and Development 22 (2): 159-167.
- Humboldt, A. von. 1874-1875. Cosmos: Ensayo de una descripción física del mundo. Madrid: Gaspar y Roig Editores.
- Jahn, A. 1931. Los páramos venezolanos: sus aspectos físicos y su vegetación. Bol. Soc. Ven. Ci. Nat. 2: 134-172.
- Jørgensen P. M. y C. Ulloa. 1995. Seed plants of the high Andes of Ecuador: a checklist. AAU reports 34, Aarhus.
- Koning, F. de, M. Aguiñaga, M. Bravo, M. Chiu, M. Lascano, T. Lozada y L. Suárez. 2011. Bridging the gap between forest conservation and poverty alleviation: the Ecuadorian Socio Bosque program. Environmental Science and Policy 14: 531-542.
- López, M. F. 2004. Agricultural and settlement frontiers in the tropical Andes: the paramo belt of Northern Ecuador, 1960 -1990. Regensburger Geographische Schriften, Heft 37.
- Mena P.A. y D. Ortiz (Eds.). 2001. El ecoturismo en los páramos. Serie Páramo 9. GTP-Abya Yala, Quito.
- De Echave, J. D. Alejandro, L. Huber, B. Revesz, X. R. Lanata y M. Tanaka. 2009. Minería y conflicto social. En: Minería y Sociedad 5. CBC, CIPCA, CIES, IEP, Lima, Perú.
- Milne, M. 2000. Forest carbon, livelihoods and biodiversity. A report to the European Commission. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Molano, J. 2003. El páramo: producción social del espacio en las altas montañas ecuatoriales. CESO Universidad de los Andes, Bogotá.
- Morris, A. 1985. Forestry and land use conflicts in Cuenca, Ecuador. Mountain Res. Devt. 5: 183-196.
- Mujica, E. 1998. Paisajes culturales en los Andes. Memoria narrativa, casos de estudio, conclusiones y recomendaciones de la reunión de expertos. Unesco.
- Mujica, E. 2011. El páramo, ¿Paisaje cultural?. En: S. G. Maldonado y B. De Bievre (Eds.). PARAMUNDI, 2do Congreso Mundial de Páramos. Memorias, pp. 42-58. CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito.
- Ortiz, D. y P. Viteri (Eds.). 2002. Páramos y Cultura. Serie Páramo 12. GTP-Abya Yala, Quito.
- Quintero, M. (Ed.). 2010. Servicios ambientales hidrológicos en la región andina. Estado del conocimiento, la acción y la política para asegurar su provisión mediante esquemas de pago por servicios ambientales. Serie Agua y Sociedad 12; Serie Panorama Andino 1. IEP, CONDESAN, Lima.
- Ramón, G. 2000. Cambios históricos en el manejo de los suelos serranos. Manejo, recuperación y conservación de los suelos serranos. CAMAREN, Quito.
- Reed, P. 2011. REDD+ and the Indigenous Question: A Case Study from Ecuador Forests 2: 525-549.
- Reichel-Dolmatoff, G. 1982. Colombia Indígena: manual de la historia de Colombia. Bogotá, Procultura.
- Robertson, N. 2002. From Kyoto to campesino: The rural livelihood impacts of carbon tree plantations in Ecuador. Thesis de MSc, Universidad de Stanford.
- Schjellerup, I. 1992. Pre-columbian field systems and vegetation in the jalca of northeastern Peru. En: H. Balslev y J. L. Luteyn (Eds.). Paramo: An Andean ecosystem under human influence, pp. 137-150. Academic Press, London.
- Smith, A. C. y M. F. Koch. 1935. The genus *Espeletia*: a study in phylogenetic taxonomy. Brittonia 1: 479-530.
- Van der Hammen, T. y G. Correal Urrego. 1978. Prehistoric man on the Sabana de Bogotá (Colombia): data for an ecological prehistory. Palaeogeogr, Palaeoclim. and Palaeoecol. 25: 179-190.
- Troll, C. 1931. Die Landschaftsgürtel der tropischen Anden. Verh. Wiss. Abh. 24: Deutsch Geographentages zu Danzig: 264-270.



Delimitaciones geopolíticas y ambientales en los Andes ecuatoriales de Colombia

¿Por qué y para quién limitar y
delimitar los páramos?

*Joaquín Molano Barrero*¹

*“No podemos permitir que las reservas financieras
sirvan para quemar países enteros,
en la voluptuosidad de la especulación”.*
Cristovao “Chico” Buarque

Introducción

*“Vengo de montañas frescas y aurorales
que protegen en sus pliegues recónditos un río
que canta indescifrables viajes sin regreso”*
Eduardo Gómez (1986)

Existe una gran preocupación en el país por las amenazas y agresiones que afrontan las montañas ecuatoriales andinas de Colombia. Dicha preocupación se ha centrado principalmente en los páramos allí existentes. Hasta hace apenas unas décadas las altas montañas tenían muy poco reconocimiento y aprecio, a pesar de la real importancia que tienen para la totalidad de la vida en el conjunto del cuerpo andino.

¹ Geógrafo y ambientalista. Universidad Nacional de Colombia y Universidad Central. Bogotá.
jmolanob@hotmail.com

Parodiando, podemos afirmar que en Colombia hemos estado de espaldas al océano Pacífico y al mar Caribe así como a los páramos, las sabanas y las selvas. Pero no podemos desconocer que en las últimas décadas se ha acrecentado la conciencia y el ejercicio de la autonomía para defender el territorio colombiano en todas sus configuraciones geográficas.

Este es el motivo por el cual abordamos en este texto el reconocimiento y la defensa de los páramos, rescatando en su conjunto el complejo mundo de las montañas andinas, las cuales los conforman, caracterizan y definen no solo como espacios orográficos sino como ambientes hídricos de especial composición biogeográfica.

Por su parte, las montañas andinas ecuatoriales conforman esa gran casa que los seres humanos decidieron convertirlas en su hábitat y en los espacios de recreación de las culturas, lo cual las ha llevado a alcanzar construcciones sociales y representaciones de mucha significación desde hace milenios. Hoy, en esa gran casa ecuatorial andina, de amplios jardines, huertas, parajes y senderos habita más del 70% de la población colombiana, completamente ligada a la historia y la cultura de los Andes, donde se trabaja, descansa y organizan las sociedades.

Defender es mucho más que conservar y proteger. Defender es preocupación de y por las comunidades y pueblos andinos, está relacionado con la existencia, subsistencia y resistencia. Tiene sentido de territorialización, identidad y huella cultural. En tanto que conservar y proteger es una estrategia exógena que nos han introducido quienes extraen nuestros recursos, mediante procedimientos destructivos e irreparables del entorno.

Conservar es el paliativo y la ideología de tipo científico-académico-político que promueven desde el poder transnacional y nacional, para dar a entender que selvas, sabanas y páramos, evolucionados y confor-



mados durante millones de años, se pueden restaurar con algunas prácticas mecánicas y minúsculas, luego de impactantes y desastrosas intervenciones mayúsculas.

Asumir la defensa de los páramos en vez de las montañas en su totalidad es permitir la fragmentación de los Andes ecuatoriales y perder la integralidad de los complejos territorios montañosos. La fragmentación de las montañas se ha realizado tratando de buscar diferenciaciones en ciertos niveles de altura, cuando en realidad la integralidad se expresa en gradientes, secuencialidades y variabilidades que tejen una urdimbre de continuidad en todo el espectro de las vertientes.

Son muchos los hilos que se entrelazan como la nubosidad y la precipitación, las condiciones mesoclimáticas y los tipos de vida, las redes hídricas y las prolongadas vertientes, la flora y fauna local con los corredores verticales de la macrofauna andina y extra-andina, los vientos de día y los vientos nocturnos, los ritmos del tiempo atmosférico y la estacionalidad pluvial, entre otros. El bandeamiento horizontal que nos trajeron los europeos y que es propio solo de las montañas de latitudes altas no tiene aplicabilidad ni sentido en los Andes ecuatoriales.

Vamos a recordar brevemente dichas zonificaciones, con el fin de no volverlas a aplicar ni a utilizar en los conjuntos orográficos del intertrópico: 1) Zona tórrida, zona templada, zona fría, zona boreal o de tundra y zona glaciar. 2) Posteriormente devino el bandeamiento en: clima cálido, clima templado, clima frío, tundras alpinas y nevados. 3) Más recientemente, las franjas se retomaron y fijaron como selvas ecuatoriales, selvas sub-andinas, selvas andinas, selvas altoandinas, zonas de páramos y glaciares.

En varias zonificaciones no se habla de selva sino de bosque, los cuales jamás podrán equipararse ni serán lo mismo. De otra parte, en tiempo presente se subdividen los Andes en franjas de selvas, cuando están desapareciendo o hace tiempo han desaparecido sobre las vertientes montañosas.

Finalmente y para lo que nos ocupa, se micro-subdividió la alta montaña ecuatorial andina en subpáramo, páramo, súperpáramo, zona periglacial y glaciar. Copiar modelos extraños, tan propio de políticos y académicos ilustrados, y tratar a través de ellos de equiparar los Andes con los Alpes o montañas equivalentes extratropicales significó no solo un error histórico de desconocimiento sino que acogimos un trasunto que desvertebró el sistema montañoso andino, pues luego de 520 años esas arbitrarias distinciones zonales aún se mantienen como criterio de delimitación vertical de los Andes septentrionales. La identidad de estas mon-

tañas andinas continúa en su búsqueda, necesita de la comprensión de su realidad y reclama su especial reconocimiento.

Dentro de tantas rupturas ahora nos convocan a defender el páramo, trazando algún límite que lo diferencie de sus otros páramos semejantes y circundantes, que tampoco tienen delimitaciones claras y que tal vez los logren esquemáticamente aislar del resto del sistema andino.

En reuniones convocadas por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible para tal fin diferentes actores indígenas, campesinos, académicos, gubernamentales, no gubernamentales y de la sociedad civil aportamos de manera amplia y contextual visiones, conceptos, opiniones e ideas con el propósito de fundamentar criterios o multicriterios para defender los páramos, todos los cuales demandaban posiciones éticas y políticas estratégicas dentro de una visión de país y de futuro de lo vivo, la vida y la sociedad colombiana. Nos preguntábamos por qué afirmar una vez más las zonificaciones artificiales con que rompieron la unidad andina ecuatorial.

De otra parte, mover esas cotas establecidas para delimitar los fragmentos trazados no brinda ninguna opción para defender estas territorialidades. Se trata de mantener la arbitrariedad y el desentendimiento. Las delimitaciones pretendidas y requeridas presentan tales niveles de duda e incertidumbre que se convierten en verdaderas limitaciones que no permiten eliminar todas las imitaciones que nos han limitado tanto para entender la integralidad andina.

Desde la perspectiva local de las altas montañas se identificaron varios componentes, así: no existe el páramo sino una gran variedad de ellos, de los cuales se han identificado más de trescientos; en la actualidad los páramos ocupan antiguos campos glaciares y se encuentran rodeados de zonas periglaciares; hay allí complejos lagunares, turberas y amplios pantanales; son territo-

rios sagrados para los pueblos originarios y campesinos; constituyen esenciales estrellas hidrográficas para el país; cuentan con economías indígenas de larga tradición y seguridad alimentaria; se desarrollan hoy en ellos una creciente agroindustria papera soportada con insumos químicos y venenos –agricultura de la muerte, de acuerdo con Mario Mejía–; existen grandes latifundios improductivos y algunas haciendas; la industria del turismo incursiona en los páramos con diversas prácticas y de manera creciente; ocurre una progresiva metropolización de las altas montañas que demanda de bienes y servicio paramunos; y cerca del 50% de los páramos están siendo solicitados para actividades mineras.

Por otra parte, encontramos una gran biodiversidad florística con altos grados de endemismo que en su conjunto pueden resultar afectados por las variabilidades que se logren introducir en el tiempo atmosférico.

Como parte de la guerra y las tensiones del conflicto que vive el país los páramos han sido convertidos en bases militares –batallones de alta montaña– y teatro de operaciones bélicas que, a su vez, también impactan el equilibrio de las altas montañas; además, se lleva a cabo un proceso notorio de apertura de vías, que permite el poblamiento de zonas reconocidas como reservas y para almacenamiento de agua, y el desarrollo de la vegetación oriunda de estos lugares. El desplazamiento poblacional y desarrollo vial propicia la aparición y crecimiento de núcleos urbanos.

Frente a todas estas acciones desestabilizantes de la vida de y en las montañas paramunas reconocimos el papel y la importancia que tienen para el país en general y para las poblaciones humanas que las habitan, pues las aguas provenientes de las cumbres andinas las bebemos más de 28 millones de colombianos, pero además, este valioso don de la naturaleza ecuatorial sustenta complejos procesos urbanos, industriales y agroindustriales, al igual que sistemas

productivos campesinos e indígenas junto con variadas actividades de las comunidades rurales, a lo largo de todas las vertientes interiores y exteriores del sistema andino.

Miradas y observaciones

*“Y qué tal ser dueños de nuestros propio errores... Evitar que los sigan imponiendo emperadores y salvadores”.
Pedro René Eslava (2008)*

Las altas montañas andinas ecuatoriales y esos espacios suyos que fueron tempranamente denominados como páramos han sido evaluadas, comparadas y abordadas desde miradas extranjeras y con criterios exóticos. Cronistas, viajeros y académicos las catalogaron como espacios ignotos, agresivos y peligrosos para quienes se aventuraban por necesidad en estas tierras frías, lluviosas y nubladas.

Debido al establecimiento de los enclaves hispánicos en altiplanos y vertientes altas andinas dichos ambientes se constituyeron en lugares estratégicos y propicios para la colonización de las altas montañas circundantes a los asentamientos rurales y urbanos –haciendas, pueblos de blancos e indios–, cuyas condiciones ambientales, similares a algunos factores climáticos europeos les permitió implantar sistemas trigueros y ganaderos, junto con el cultivo de otras especies introducidas y nativas en los nóveles espacios altoandinos, derivados de la tala y quema de las selvas y los páramos neoequatoriales.

Tales actividades, acompañadas de continuadas intervenciones, prolongadas en tiempos coloniales y republicanos, crearon las condiciones para que la pionera y resistente vegetación de los páramos copara los espacios productivos, los potreros y las áreas de las selva taladas, lo que permitió que los elementos de la flora y la fauna descendieran hasta alcanzar alturas antes no conocidas –por fuera aún de las variacio-



nes altimétricas provocadas por las glaciaciones–; de igual manera, dicho descenso de la vegetación paramuna desde las altas cumbres le permitió establecer contacto con otras especies europeas y autóctonas, logrando de esta manera conformar novedosas asociaciones con taxones de selvas relictuales altoandinas y andinas, así como con vegetación de sabanas bajas –llanos orientales–, vegetación de zonas inundables y vegetación pericaribeña (Molano 1991).

Los nuevos ecotonos encontrados le aportaron a la vegetación paramuna nuevos elementos botánicos, que con el tiempo han venido a enriquecer y conformar los denominados páramos antrópicos, los cuales, bajo ninguna circunstancia se pueden denominar subpáramo.

La colonización de las altas montañas –colonización de altura, paramización, sabanización y urbanización y metropolización– permitió una considerable ampliación de las áreas de páramos, al punto que hoy se sitúa en su nivel inferior alrededor de los 2500 m s.n.m., lo cual pone en entredicho las delimitaciones altimétricas hechas por botánicos,

geógrafos, ecólogos y naturalistas, quienes fijaron cotas a distintas alturas, según experiencias particulares en el tiempo que los visitaron y el espacio geográfico ecuatorial andino específico por donde los contactaron o visitaron.

Rondando la integralidad andina con criterios limitados o limitantes

*“Hoy todo es simplificado por el afán y la avaricia”.
El autor*

Ante tantas zonificaciones exógenas, delimitaciones arbitrarias y ruptura de los ambientes montañosos, así como definiciones equívocas, se hace necesario reflexionar sobre la integralidad de los Andes colombianos. Una primera aclaración consiste en enfatizar que los páramos no son ni serán jamás un ecosistema. Este concepto de tipo naturalista homogeneiza la complejidad de las altas montañas, tratando de establecer regularidades y diseñar modelos. Obvio, el modelo no es la realidad, de ahí su enorme distancia para definir la multiplicidad ambiental de las montañas.

En segundo lugar, los páramos no son tropicales, pues debido a factores de localización, los trópicos no están situados en el ecuador, en tanto que en términos bioclimáticos los trópicos son áridos, secos, con vegetación muy rala y firmamentos despejados, contrario al mundo ecuatorial lluvioso, húmedo, selvático, nublado, con insolación constante y la mayor productividad y biodiversidad del mundo.

Por tanto, no es posible continuar definiendo los páramos como ecosistemas tropicales, concepto tan equívoco como común en las universidades, escuelas, entidades gubernamentales y en consecuencia en el gran público, producto de la difusión ideológica que transmiten los medios de información. Estas miradas conceptuales son posibles en tanto han sido acogidas por las entidades educativas públicas y privadas, de donde egresan los expertos que aplican políticas y toman decisiones y orientaciones del desarrollo bajo posiciones teóricas neopositivistas que respaldan el extractivismo imperial, y que van en contravía del país.

Los páramos requieren una conceptualización más cercana a sus realidades, confrontada con los saberes locales y el pensamiento propio, que escape a la influencia de la civilización colonizadora y de las academias. No es posible realizar una delimitación en la imprecisión y la falta de claridad². Tampoco necesitamos definiciones para explicar parcialidades; requerimos conceptos estructurados desde una geopolítica local que incorpore visiones y saberes creados para comprender las montañas andinas.

De ahí la importancia de pensar las montañas y reflexionar autónomamente so-

2 El conocimiento que se imparte en la escuela, en todos sus niveles de escolaridad, es más ideología que concepciones profundas de las realidades que se viven. Estamos inundados de instituciones educativas que hacen negocio con la mente y los sueños de los colombianos.

bre la integralidad andina. No se trata de copiar y aprender lo que nos imponen sino de admirarnos de lo que sabemos, de preguntarnos por lo que se sabe y lo que ignoramos, pues como lo expresó el chamán Huichol, entre todos lo sabemos todo. Nuestros pueblos no han vivido en vano.

Asumiendo el principio de precaución y planteándonos desde un pensamiento estratégico es necesario considerar que antes de definir y emitir conceptos lo que hay que hacer es defender las montañas andinas de toda agresión geopolítica extractiva transnacional o de cualquier intervención mezquina de carácter nacional, pública o privada.

El sistema ecuatorial andino en toda su longitud y altitud debe ser abordado en su totalidad estructural, funcional, evolutiva, cultural y geopolítica. La montaña no deja de ser montaña por el hecho de partirla en fragmentos que puedan asociarse con unidades zonales tomadas de otras montañas del mundo.

Aunque definamos páramos, su esencia es la montaña. Esa que descansa sobre amplios piedemontes; que abriga valles extensos y profundos; que se prolonga en relieves periféricos enhiestos con alturas mayores a las de los principales ejes cordilleranos; que muestra vertientes bajas, medias y altas de diferente longitud y condiciones de exposición y modelado; que dio lugar a cuencas hidrográficas longitudinales y transversales, consecuentes y obsecuentes, las cuales enmarcan altiplanos, terrazas fluviales y fluvio-glaciares, terrenos de modelado glaciar y complejos lagunares, así como crestas cordilleranas, edificios volcánicos y campos de nevados y glaciares.

Todo este complejo geomorfológico andino, expresado en geovolúmenes y geofor- mas, no existe solo, pues se acompaña de coberturas vegetales naturales o artificiales, sistemas productivos, procesos de poblamiento-despoblamiento y ocupación-des- ocupación, así como de estructuras urbanas,



agroindustriales e industriales, atravesadas por amplias redes viales.

Los Andes poseen una composición geológica diversa que brinda muchos recursos del subsuelo y una alta potencialidad metalogenética. Cuentan a su vez con una gran capacidad de captación, almacenamiento y distribución de agua a través de complejas redes hídricas, internas y externas, estrechamente relacionada con las condiciones pluviales del mundo ecuatorial. Los grandes ríos de vertiente le dan al país un alto potencial de producción de hidroenergía, que cataloga a Colombia como uno de los primeros en el mundo.

Con las coberturas de selvas originarias, las condiciones climáticas variadas y la diversidad geológica del subsuelo se encuentra un enorme espectro edáfico con amplias capacidades productivas. Además, las montañas andinas fueron ocupadas y habitadas por seres humanos desde hace aproximadamente 12500 años antes del presente, llegando en la actualidad a convertirse en la casa de la mayoría de los colombianos, donde conviven comunidades ancestrales, sociedades campesinas, habitantes rurales y urbanos, así como millones de ciudadanos

aglomerados en grandes ciudades y metrópolis.

Desde hace milenios los Andes no son tierras baldías; por el contrario, sobre sus montañas surgieron múltiples expresiones culturales, orgullo de la humanidad y patrimonio de los colombianos, como es el caso de la civilización agustiniana, entre otras más. La memoria de los pueblos andinos está grabada en cada pliegue del territorio nacional. Por ello, ninguno de los componentes esbozados anteriormente puede ser omitido al pensar y constituir la integralidad andina.

Cada uno de aquellos elementos formativos nos acerca más a la andinidad³, ex-

3 El concepto de andinidad expresa pertenencia e identidad con el mundo andino. Tiene en cuenta las manifestaciones profundas que se vinculan con las territorialidades de las comunidades, derivadas de imaginarios colectivos, patrimonios materiales e inmateriales, maneras de ser y habitar, mediante una vinculación con la madre Tierra, las aguas, las selvas, los páramos y las montañas. Se sustenta en la perdurabilidad de las culturas, en la sabiduría alcanzada, en su visión prospectiva y en las relaciones interculturales



presión de una imagen del mundo ecuatorial andino, la cual contiene y expresa la certeza de haber vivido bajo imaginarios y prácticas comunes en las distintas territorialidades y configuraciones territoriales andinas. Andinidad es presencia, identidad, conciencia, pertenencia y herencia patrimonial. Andinidad es un criterio y una condición fundamental para defender las montañas, la casa grande de los colombianos.

El concepto de andinidad debe constituirse en un referente fuerte para precisar criterios propios que permitan entender las montañas andinas sin romper su unicidad, pues él acoge complejas espacialidades y sentidos milenariamente construidos y recreados por distintas culturas en el espectro montañoso de los Andes, donde la gente se encuentra con la identidad de la naturaleza y con las gentes, los objetos, las ideas, los saberes y los haceres, en el entorno socio-cultural.

No serán únicamente los componentes físico-bióticos ni estructuras ecológicas los que den cuenta de la compleja trama que entreteje la andinidad, la ecuatorialidad, las territorialidades hechas y vividas por las culturas que han habitado milenariamente los Andes húmedos, la colonialidad que enmarca guerras de exterminio y sometimiento, como tampoco las huellas que ha alcanzado a imprimir la modernidad científica y tecnológica expropiando el territorio andino.

Dicho entramado nos advierte la enorme dificultad que se encuentra al tratar de separar un segmento o una área determinada de las montañas. Cualquier delimitación ha de tomar en cuenta la multiplicidad de

nexos que aparecen en las fronteras que se quieran dibujar o que se pretendan realizar.

Al separarse los componentes esenciales señalados se rompen espacialidades que no admiten rupturas. Habría entonces que, de manera peligrosa, desconocer la constitución de los territorios, las relaciones de continuidad que mantienen unos componentes con otros y que solo existen en la regularidad del caos.

Las relaciones no son únicamente de proximidad y continuidad, son también de continuidad-discontinuidad así como de entramados físico-bióticos y ambientales-culturales. Tal grado de interpenetración y dependencias conformativas hacen casi imposible trazar una delimitación física o alimétrica como la que se pretende al demarcar las altas montañas andinas ecuatoriales.

¿Cuántos límites habría que dibujarse y en qué sentido proyectar los trazos para diferenciar un conjunto de elementos dentro de contornos que no desconocen los demás conjuntos que quedan total o parcialmente incorporados en la delimitación, o que no alcanzan a quedar comprendidos, pero que no pueden ser excluidos?

Trazar un límite conduce a una extralimitación por las implicaciones que conlleva, y tiene la equivalencia que se da al definir un objeto, donde en el mejor de los casos, la definición resulta muy limitante y lejana de la existencia del objeto mismo. Los criterios parciales terminan desgarrando o simplificando la totalidad del mundo andino; crean con ello unidades o subdivisiones que resultan inconexas, incompresibles y parciales;

no permiten la comprensión de los espacios fragmentados; e invisibilizan los procesos de continuidad y las relaciones esenciales.

Toda representación de la realidad debe ser remitida a ese universo espacial-territorial-conceptual en el cual se origina, al cual pertenece y en el cual se inscribe cada ser, objeto o proceso que reclama su lugar en el mundo donde ha surgido, evolucionado y permanecido siempre cambiando, lo cual ha de ser comprendido entre las múltiples determinaciones que hacen entendible la existencia de los objetos y sus espacialidades.

No podrá haber precisiones en cualquier delimitación carente de criterios claros, pero de seguro sí serán posibles muchas indeterminaciones y equivocaciones que habrán de ser contempladas y evitadas. No se trata de imponer seccionamientos sino de disponer de una visión⁴ que comprenda los conjuntos que se identifican en sus contextos y realidades encontradas.

Si asumimos el concepto territorio, las montañas expresan muchas territorialidades que pueden ser vistas en términos de fronteras. A través de estas se pueden identificar

áreas propias o compartidas, en las cuales se ejerce el control territorial mediante prácticas culturales, políticas, económicas y sociales, con ciertos grados de autonomía.

Cada una de estas prácticas y huellas demarcan espacialidades propias pero no únicas, razón por la cual no caben límites ni demarcaciones sino evidentes procesos constitutivos en una difusa identificación. Son muchos los espacios que hay que abrir y contemplar para identificar las territorialidades construidas por las sociedades andinas en espacios tan específicos y dinámicos y con estrategias tan exitosas surgidas y sustentadas culturalmente durante milenios, que más que segmentaciones y cortes lo que requieren es reconocimiento propio.

Bordes y fronteras

“Fragmentar para delimitar los páramos, sin defender la integralidad de las montañas, es ya un craso e imperdonable error”.

El autor

Todo proceso de delimitación constituye siempre un problema complejo que presenta diversos limitantes teóricos, al igual que constataciones prácticas. Los posibles caminos trazados en muchos casos no conducen a ninguna parte por no contar con necesaria claridad ni aplicabilidad. Cualquier delimitación se circunscribe siempre en la complejidad, por constituir un problema complejo y generalizado, en cierta forma inabordable.

Partamos del hecho de que no existen bordes precisos que permitan trazar límites. La interpenetración de componentes múl-

4 La visión no debe ser ni estar descontextualizada. Parte de una percepción de sí y de las realidades que se construyen y se viven. Incorpora la capacidad de comprender y prospectar el territorio, el país y la Nación en términos políticos, económicos, culturales y sociales, como premisas para continuar y acceder ventajosamente al futuro, ese espacio-tiempo donde se espera vivir con más posibilidades y anhelos.

tiples puede mostrar aparentes bordes, los cuales no representan precisamente cambios o rupturas, culminaciones o comienzos.

Complejas articulaciones y construcciones convergentes, que aparecen o subyacen, se expresan en los bordes que creemos encontrar o que la realidad nos presenta de manera espontánea, aunque no precisa. Los páramos, como cualquier otro espacio geográfico, constituyen verdaderos territorios donde se entretajan y amalgaman componentes sociales telúricos, cósmicos y culturales.

Como referentes para abordar y obtener formas de comprensión y de criterio pertinentes en cualquier circunstancia debe tenerse presente que el cosmos nos configura, la tierra nos estructura y la cultura nos identifica. Se trata de entender todas las implicaciones que pueden tener estos macrocomponentes constitutivos del mundo, de lo real y de las realidades construidas.

Por la compleja especificidad de los lugares y paisajes en que se nos presentan regularmente las tierras montañosas son múltiples los territorios, las fisonomías y las territorialidades que estructuran y elaboran conjuntamente zonas de vida, paisajes geomorfológicos, sistemas productivos, prácticas culturales y espirituales, y sociedades diversas.

Todos ellos siguen sus propios procesos, los cuales determinan los tipos de interacciones, siempre vibrando en sus equilibrios y transformaciones, en sus composiciones y recomposiciones, conformando ordenamientos y fisonomías, expresión de su variabilidad y permanencia. Imposible romper con un límite estas territorialidades.

La falta de comprensión y de humildad para abordar estas realidades constituye nuestra principal limitación. Hay una cierta audacia que nos lleva a la aventura. Las pretensiones de poder y de saber –o no saber– nos conducen a delimitar, pero estaremos

siempre confusos o carentes de criterios claros e indispensables. En la práctica, lo que se hace es poner e imponer esquemas e ideas dominantes junto con postulados que se absolutizan y aplican, basados en pretensiones de conocer y en uso de los ejercicios del poder.

En el caso que nos ocupa en relación con las montañas andinas, y específicamente con las montañas ecuatoriales de Colombia y países andinos circunvecinos, las fronteras de las espacialidades imbrican complejos procesos: las territorialidades preandinas de tipo oceánico que permitieron preformar los elementos constitutivos de los cuerpos montañosos, cuya dinámica orogénica se debe a fuerzas tectónicas que definieron en tiempos geológicos la transición océano-continente. Somos lo que nos aportó la matriz inorgánica y orgánica de antiguos océanos.

Adicionamos a ello las espacialidades sísmicas y volcánicas que transformaron las estructuras de origen oceánico y que a su vez participaron y aún participan en la edificación de las montañas ecuatoriales continentales y submarinas. El fuego y las elevadas presiones existentes en el interior del planeta encendido se mantienen y manifiestan en espacialidades que dan lugar a fronteras telúricas en el mundo ecuatorial.

Rocas sedimentarias, ígneas, metamórficas y volcánicas integran los territorios estructurales andinos, sin los cuales no podemos hablar de suelos y subsuelos, de relieves enhiestos y barreras orográficas, de ambientes biogeográficos y paisajes culturales andinos.

Los elevados ejes cordilleranos con amplios valles inter e intrandinos constituyen barreras orográficas para las masas de nubosidad oceánica y continental, pero a su vez crean condiciones para la condensación y precipitación, lo que los constituye en territorios de agua en todos sus estados –glaciares y nevados, lagunas y pantanales–, y que originan estrellas hidrográficas que desde

aquellas fuentes originales riegan e irrigan las vertientes.

El cuadro orográfico se complejiza si incorporamos la riqueza de la vida ecuatorial –la más diversa del planeta– en razón de que las selvas ecuatoriales son formaciones originarias que colonizaron y cubrieron todos los relieves andinos, desde sus piedemontes hasta alturas próximas a los 4100 m s.n.m. donde no solo las condiciones ambientales sino el reconocimiento de que ningún otro tipo de relieve podía ofrecer una variabilidad altitudinal tan grande, extendida sobre prolongadas vertientes que ascendían desde los 400 hasta los 5500 m s.n.m.

Esta variabilidad se complejizó con una casi infinita oferta de nichos, hábitats, ambientes diversos, zona de convergencia o dispersión de las especies, espacios abiertos para colonizar, así como bioclimas variados y propicios para todo tipo de taxones que se adentraban en la geografía de los Andes húmedos y pluviales.

Las selvas mismas al irse consolidando dieron lugar en los distintos niveles altitudinales a los ambientes propicios donde encontrar lugar y ofrecer hogar a otras especies que requirieron en su momento de apoyo y protección. Más que territorios de vida, los Andes se constituyeron en verdaderos laboratorios donde se dieron las condiciones para que de manera pionera o en coevolución la vida animal y vegetal alcanzara los máximos niveles de especiación, adaptación, evolución, y originara una de las más ricas expresiones de biodiversidad en el mundo.

La riqueza de aquella vida, en todas sus expresiones, infortunadamente no la pudimos conocer, por causa del impacto provocado por el modelo civilizatorio europeo que convirtió las selvas andinas en fuente de sostenimiento hasta donde le encontró utilidad, pero que catalogó de manigua y malezas para justificar su extinción.

Me atrevo a afirmar que no hubo en los países ecuatoriales andinos una diversidad más rica, exótica y promisoría que la desarrollada sobre la arrugada arquitectura de los relieves andinos; biodiversidad mucho más rica que la encontrada hoy en las selvas que aún subsisten. Pero no todo desapareció y nos correspondió heredar y defender a ultranza la vida andina y los territorios construidos en toda la extensión de nuestros hermanos Andes.

Ante la pregunta ingenua pero sabia de tantos niños, a quienes no escuchamos, de “¿cómo aprendieron los ríos y quebradas a caminar por las montañas?”, podemos intentar una reflexión a manera de respuesta. En el mundo ecuatorial andino –esas montañas sublimes donde vivimos, jugamos y disfrutamos– las propias montañas, por su orientación y disposición se convierten en un poderoso factor que modifica las masas de nubes cargadas de agua, sales y nutrientes. Los bancos de nubes caminan sobre las montañas en sentido contrario a los ríos y quebradas. Su pesada carga hídrica la descarga en los primeros 1000 m de ascenso, para así poder continuar su escalada.

Otros factores y condiciones dados en las alturas como el descenso de la temperatura, los microclimas bajo el dosel de las selvas húmedas y nubladas, la acción de los vientos de los valles o de los vientos planetarios y las variaciones de presión que se encuentran en el gradiente montañoso permiten que las nubes se condensen y continúen aportando aguaceros y lloviznas, lluvias y granizadas, rocíos y nevadas.

Las nubes que ascienden, los nevados que permanecen y los ríos que descienden, conforman la unidad hídrica de las montañas. El agua entonces corre sobre y con el viento, se aquieta y descansa sobre las lagunas y humedales que originan los ríos y que recargan lagunas y quebradas subterráneas, para finalmente precipitarse cantarina sobre los lechos de los valles que cuelgan sobre las vertientes y se desplazan sobre los valles y planicies.

Del conocimiento y el entendimiento

“Muchas ideas extrañas y ajenas condicionan nuestro sistema de creencias”.
Jorge Bucay

Reconozcamos que han existido concepciones y prácticas externas introducidas que no han permitido o han dificultado la comprensión de las montañas ecuatoriales. Asumidas las montañas como espacios de colonización solo interesaba descuajarlas⁵, abrir potreros, trazar caminos y crear asentamientos a partir de haciendas con indígenas sometidos, mano de obra esclava y gentes cautivas.

Este proceso permitió la incorporación de cultígenos europeos, ganados, prácticas agropecuarias exógenas, así como la imposición de un modelo civilizatorio que nos dejó prisioneros de ideologías religiosas, economías de saqueo, acumulación de riqueza y de pobreza, y de una racionalidad que solo se explicaba desde concepciones antropocéntricas y eurocéntricas.

Los saberes locales, de larga y comprobada interacción con el entorno ecuatorial fueron desconocidos, negados y en buena medida borrados dentro del ordenamiento hispánico. De otra parte, el conocimiento que aportaron los europeos se hizo a través de disciplinas fragmentadas, formas de explicación por fuera de la comprensión y con poca pertinencia y acoplamiento con las realidades encontradas e intervenidas en las tierras andinas.

El conocimiento impuesto no solo fue limitado para comprender los lugares y los territorios sino que aún hoy, con todos los avances técnicos y científicos, resulta insu-

⁵ Expresión de las culturas populares montañosas para indicar los procesos de tala de las selvas, conocidos también como “tumar montaña” o “desocolar montaña”.

ficiente para reconocer, dar cuenta y representar el bondadoso mundo ecuatorial con sus territorialidades y territorializaciones, lugares necesitados de interlocución disciplinar y diálogos interculturales, para así poder entender y compartir la vida en común y el sentido o razón de ser de las organizaciones surgidas en las sociedades andinas.

Rescatando saberes y reconociendo conocimientos no se hace necesario sacrificar la vida ni despojar los dones de la tierra, ni construir tensiones y conflictos y mucho menos justificar prácticas de expropiación con modelos descentrados de estas realidades. Estas reflexiones nos ponen ante la necesidad de territorializar el conocimiento para entender sus alcances, fundamentos y pertinencia, como también sus distancias frente a la multidimensionalidad del mundo andino ecuatorial.

Se requiere de un pensamiento geopolítico, ambiental y ético, situado, sensible hacia la vida y lo vivo, así como a lo visible y no visible, que nos permita superar la sistemática erosión de la pluralidad cultural, la desertificación espiritual y la proyección de miradas menos opacas; un pensamiento con empatía y compatibilidad con el mundo de la vida, donde se desista de ocuparlo todo para dominarlo todo. Será entonces posible un diálogo profundo entre lo que se conoce, lo que se sabe culturalmente y lo que nos enseña la naturaleza.

Acumular dinero para conseguir cosas que valen infinitamente menos que la vida misma no vale la pena; sistematizar y homogeneizar es otra manera de desviarnos, cuando la vida ha inventado la multiplicidad (Araujo 1996).

Las propuestas y modelos que han sido introducidos en nuestro país desde hace más de un siglo solo han respondido a los intereses de quienes las imponen y difunden. Progreso, crecimiento económico, desarrollo, ecodesarrollo, desarrollo sostenible nos han servido para catalogarnos como países



inviabiles. A través de estas propuestas nos han adormecido y empobrecido llenándonos de culpas y de miedos. Sin embargo, comunidades y pueblos han resistido a las agresiones y culpabilidades, defendiendo la vida y los derechos que garantizan la soberanía, la dignidad y la autonomía.

Aún en los tiempos que transcurren las apuestas del desarrollo y el crecimiento están vigentes y se sostienen con el creciente auge de la geopolítica, la ciencia y la tecnología, proyectadas a través de la academia y las tecnologías de la información, con las cuales se genera control social y de las mentalidades bajo un lenguaje oficial que no es nada distinto del que promueven los centros de poder y de saber, y del mismo que hablan las empresas transnacionales.

El accionar de las políticas liberales y neoliberales nos ha dejado conocer que el progreso es de quienes saquean nuestros

recursos, que el desarrollo es carente de todo equilibrio y equidad, que lo sostenible no sustenta la dignidad humana y que la economía verde crea un in-desarrollo irracional y desordenado (Espinoza *et al.* 1993), sin ningún control oficial.

El accionar inversionista y extractivista en todo el territorio nacional es cada vez más impactante en selvas, sabanas, mares y montañas, sin respetar áreas protegidas y parques nacionales naturales. Mediante la creciente resistencia la sociedad civil y algunos sectores gubernamentales luchan y exigen preservar los espacios indispensables para la vida ecuatorial y las sociedades humanas andinas.

Bajo estas condiciones de tensión y confrontación social y de resistencia nos corresponde fijar posiciones y proponer criterios propios y pertinentes para defender los territorios de las montañas andinas. A través

de un tipo de defensa que no da cuenta de la integralidad andina también se nos ha impuesto bajo la ideología de la conservación, la cual hace parte de los mismos estilos de desarrollo antes vistos y que se enseña y convierte en política global y nacional al servicio de la intervención, enajenación y expropiación.

Conservar no es ni siquiera una idea romántica, pues la presión que se ejerce con este concepto sobre gobiernos, comunidades académicas y sociedad en general solo da lugar a procesos de degradación en todos los niveles de la naturaleza y la sociedad. Este es el escenario en el cual debe ser evaluado y considerado el concepto de desarrollo sostenible, en todas sus dimensiones y proyecciones, así como en todos sus matices ideológicos.

Montañas de agua en el mundo del agua

“El agua es infinitas cosas...”

El agua conserva esa pluralidad de las formas, estados, significados, símbolos, mitos, leyendas, ceremonias y ritos que integran nuestra vida, imaginación y salud”.

William Ospina (2011)

Con la indispensable aclaración hecha de que estamos en el mundo ecuatorial y no tropical, que no poseemos bosques sino selvas y que los páramos no son alpinos sino andinos nos adentramos un poco más seguros en los Andes y en las altas montañas, donde se han identificado secciones de ellas denominadas páramos.

De acuerdo con el manejo integral que se le ha querido dar a las montañas bajo el concepto de cuencas hidrográficas, precisadas en el país con el acrónimo de POMCAS, veamos cómo esta unidad aborda las montañas y qué implicaciones tiene en términos de la defensa de estas territorialidades hídricas.

La cuenca tiene una distribución longitudinal a lo largo de las vertientes desde las



cúspides de las montañas y las divisorias de agua, pero solo es una parte de las montañas, en cierta forma un fragmento superficial de ellas, de tal manera que podemos contar innumerables cuencas mayores y menores en un conjunto orográfico.

La unidad que establece la cuenca resulta parcial y centra su interés en la captación, conducción y aporte de aguas a una corriente principal. Subdivide la vertiente en parte alta, media y baja, la cual resulta igualmente relativa, de acuerdo con las longitudes de las propias vertientes.

En los glaciares, nevados, páramos y selvas altoandinas el agua allí condensada, precipitada, acumulada, retenida y regulada inicia desde la radialidad de los relieves altoandinos, caminos, rumbos y cauces, a los cuales se irán agregando más fuentes y afluentes hasta conformar redes muy amplias de arroyos, riachuelos, quebradas y ríos, los cuales permitirán conformar e identificar la unidad hidrográfica, hidrológica y geohidrológica de las montañas.

El agua nunca es H₂O en los espacios naturales por donde transita y habita. Taninos y pigmentos, junto con fragmentos de vegetación y organismos animales, viajan y enriquecen la composición de las corrientes. De manera similar, la compleja gama de rocas que estructuran las montañas no solo conforman los valles por donde transitan las corrientes sino que su composición mineralógica hace parte de la carga que van incorporando en su paso por las vertientes.

Los elementos anteriores, en solución, disolución o como fragmentos heterométricos definen la calidad de las aguas. La integralidad de la montaña en cuanto a la vida que la habita, los materiales geológicos que la conforman, los relieves que atraviesa, los valles y vegas que originan se refleja en los espejos del agua; y en la base de las montañas, de manera convergente, se vuelven a encontrar esos viajeros incansables que dejan parte de su vida en la vegetación, los

hogares y cultivos, los ganados, los suelos, los acuíferos que alimenta y las sociedades humanas que jamás existirían sin esa esencial fuente de vida.

La cuenca hidrográfica, más que una unidad de análisis de las montañas, lo que permite es un análisis de la unidad orográfica, biogeográfica, cultural, económica, política y administrativa. Dicho análisis de la unidad trasciende las fronteras físicas y se enmarca dentro de las políticas de autonomía, poblamiento, manejo del suelo y subsuelo, usos múltiples de las aguas, los sistemas de producción alimentaria y las formas de producción y reproducción social.

No es la cuenca sino el agua la que teje la más compleja red espacial que comprende las montañas y que permite revitalizar el concepto de territorio. No bastan los estudios de planeación física, carentes de una real integración con los factores socioeconómicos y político-culturales.

Los sesgos técnicos y naturalistas simplifican las montañas y esconden la riqueza cultural de los pueblos, el conocimiento acumulado, la vigencia de los saberes existentes, junto con los sistemas de uso y manejo milenariamente aprendidos y conservados como formas de desarrollo propio, que no omiten la naturaleza de las montañas y que reafirman las construcciones espaciales en término de territorializaciones.

No se trata solo de identificar problemas desde afuera sino de reconocer la esencia de los territorios, que vinculan glaciares con piedemontes, páramos con selvas, lagunas y ríos con sistemas productivos y formas de vivir y habitar. La cuenca como criterio de delimitación no basta. Las montañas son de agua y la cuenca nos enseña de manera superficial solo una faceta.

Las vulnerabilidades que nos produce un proceso de delimitación de las montañas

“La ciencia se debate entre seguir sosteniendo el modelo global de la economía de mercado y en convertirse en un poderoso instrumento para superar el hambre y la injusticia, a favor del bienestar del planeta y de la humanidad”
El autor

A manera de una síntesis en construcción esbozo los planteamientos de cierre de las reflexiones expuestas, que pueden servir de partida pero que tienen la connotación de continuidad y de ruptura, como lo demanda la confrontación que se cierne sobre las altas montañas ecuatoriales. Sabemos que al delimitar desconectamos, al desconectar nos dividimos y al dividirnos nos entregamos. No se trata de conservar los páramos, lo cual niega muchas realidades locales, regionales y nacionales de las montañas andinas ecuatoriales; se trata de defenderlos de manera efectiva.

El análisis y los diagnósticos realizados hasta hoy, propuestos como criterios de delimitación de los páramos y más particularmente de el páramo –en singular– sin incorporar las demás fronteras sub-unidades en que han sido fragmentadas las altas montañas, resultan bastante limitantes e improcedentes.

Una línea o cota de altura inferior o superior no dice nada cuando solo se contemplan los aspectos fisicobióticos bajo los paraguas de la ecosistémica y la integridad ecológica. De esta manera, no se toca ni toma en cuenta la integralidad de las montañas, la cual transita por la geohistoria de las territorialidades milenarias, por las hegemonías del tiempo y del espacio, en tanto dimensiones de la naturaleza y de las sociedades andinas.

Los páramos contienen importantes representaciones sociales que son formas de conocimiento específico y de sentido común de las comunidades para hacer entendible e imaginable el territorio en la cotidianeidad de las altas montañas, lo cual marca una profunda diferencia entre andar por los páramos y vivir en los páramos: aproximarse a construir explicaciones imaginarias e ideológicas desde afuera o construir paisajes y territorialidades desde el aquí y el ahora de los páramos, es decir, desde el mundo en el cual las sociedades montaÑeras se inscriben y se dan lugar, de acuerdo con Parga (2011).

No será el cambio climático el que dará cuenta de la belleza, biodiversidad, sacralidad, riqueza de las aguas, potenciales productivos, comunidades campesinas, sistemas ancestrales y modernos de uso y manejo de las montañas. Será la indolencia de los gobiernos y la manifiesta debilidad de las instituciones gubernamentales, y principalmente ambientales, las que en su incapacidad de gestión resultan entregando las riquezas de los colombianos a los intereses extranjeros y sectores privados.

Las visiones y prácticas conservacionistas resultan miopes y complacientes en tanto que manejan conceptos y lenguajes

exóticos prestados e impuestos, los cuales no son evaluados y contrastados con nuestras realidades geográficas, ambientales y sociopolíticas.

Los páramos y las montañas deben ser considerados territorios estratégicos que soportan fuertes disputas entre intereses nacionales y extranjeros, militares y paramilitares, de comunidades y enclaves mineros, pero sobre todo entre la sociedad colombiana y el Estado, que no puede permitir entregar ni agotar las bases de sustentabilidad de toda una nación.

Las concepciones ecológicas y climáticas de aparente fundamentación científica y reconocimiento académico emergen como verdaderas expresiones ideológicas. Solo si ellas se promueven, difunden y absolutizan adquieren la sanción y aprobación oficial como conocimiento válido, del cual derivan los criterios para investigar, manejar, conservar, enseñar y usar las montañas.

Pero lo que se impone, acepta y absolutiza son visiones recortadas, conceptos ajenos, reduccionismos científicos y paradigmas naturalistas, obviamente limitados y con muchas restricciones para abordar la diversidad ambiental andina que se encuentra en las culturas tradicionales, las prácticas territoriales comprobadas en largos tiempos, los climas dinámicos y tiempos atmosféricos complejos, los tipos de vida local y global, así como en los sistemas de producción agropecuaria, los ambientes de agua y biodiversidad, junto con una trama más densa de procesos formativos y estructurales como de diversidades funcionales andinas.

En consecuencia, las aproximaciones del conocimiento oficial resultan distantes y lejanas de las realidades andinas ecuatoriales. Obtenemos explicaciones pero quedamos incomprendidos. Se realiza investigación científica pero se desdibuja y simplifica el mundo real de las montañas y sus múltiples realidades construidas en sus complejos espacios físicos, biogeográficos y socioculturales.



Con esos lenguajes prestados y un conocimiento cooptado por el poder no tendremos una real defensa de las montañas sino apenas discursos conservacionistas, ideológicamente proyectados para disimular la devastación y para soportar los riesgos y amenazas que tendremos que afrontar como habitantes y herederos de los patrimonios andinos.

En el proceso de defender los páramos y sus montañas es necesario romper ataduras que nos aprisionan la mente, la creatividad, la conciencia política y la determinación de hacer lo que se debe hacer y sin que nadie ajeno lo mande. No es posible que se continúe acumulando riqueza a costa de acumular más pobreza y miseria, para destruir de esta manera a la madre Tierra.

Con una rica historia social y cultural, elevados niveles de endemismo y biodiversidad, complejos procesos de poblamiento, importantes fuentes de agua que irriga y alimenta la vida del país, ilimitadas riquezas paisajísticas, edáficas y geológicas, y profundas cosmovisiones y concepciones que han llenado las montañas de simbolizaciones y sacralidades no podemos sino reconocer que estamos habitando un mundo andino sinigual.

Desde las nieves, los páramos y los altiplanos hasta las vertientes, los piedemontes y los valles encontramos la urdimbre de la integralidad, la cual, vinculada con la ecuatorialidad y el patrimonio de los pueblos que los habitan establecen relaciones muy profundas con las territorialidades que se manifiestan en la interculturalidad y la sabiduría del universo andino; la propia andinidad.

Hay saberes milenarios, valores y sentimientos por estas montañas y estos territorios, todos ellos vinculados con maneras de ser, aprecio, defensa de su patrimonio y resistencia ante las agresiones de los modelos de desarrollo que nos llegan.

Las montañas ecuatoriales andinas, como sus complejos paramunos son obje-

to de gravísimas agresiones por parte del extractivismo de sus riquezas, con el consecuente deterioro de sus equilibrios ambientales, la destrucción de la diversidad biológica, la desaparición de las culturas andinas, el empobrecimiento y desplazamientos de las comunidades rurales y urbanas, la contaminación y envenenamiento de las aguas y la generación de conflictos y distintas formas de violencia.

Este cuadro de destrucción y miseria es presentado al país como la opción del desarrollo que no hemos logrado y la oportunidad de la inversión extranjera para ayudarnos a superar todos nuestros problemas sociales, económicos y políticos. Un cuadro bastante paradójico y por demás preocupante, mentiroso e incierto.

Las amenazas son reales y están en ejecución. Los gobiernos colombianos de las últimas décadas han venido ofertando el país en distintos foros económicos y reuniones de los grupos multilaterales que controlan la economía mundial.

Los páramos de El Almorzadero, Santurbán, Perijá, Pisba, Las Hermosas, el complejo de alta montaña del Macizo Colombiano, los páramos de Miraflores, la Sierra Nevada de Santa Marta, y el conjunto de páramos que rodea el altiplano cundiboyacense, entre otros, están solicitados en concesión para exploración y explotación de metales y minerales, así como de apropiación de las aguas y la biodiversidad.

Los beneficios que otorga el Gobierno y la mano de obra barata que explotan generan miseria en las poblaciones, en tanto acumulan riqueza que sale del país, empobreciéndolo. La minería es altamente impactante en la biodiversidad y las territorialidades, no aporta bienestar a las comunidades y tampoco genera ingresos para el país.

La geopolítica mundial que controla los bloques de poder ha subido en forma arbitraria a las montañas ecuatoriales y las ha convertido en un objetivo estratégico de la

globalización. Es deber del Estado defender las montañas, sus páramos y glaciares, solo por el hecho de no violar la Constitución y el ordenamiento jurídico derivado de ella.

Sin embargo, son las mismas autoridades las que están atendiendo y propiciando el saqueo en nombre de un desarrollo que no tiene otra función que entregar el país a la inversión extranjera y desconocer todas las necesidades relacionadas con el desarrollo humano y con una ética mínima del cuidado de la naturaleza y la sociedad colombiana.

Las élites locales gobiernan para lograr privilegios económicos y políticos que los mantienen en el poder, y ejercen prácticas inescrupulosas de clientelismo y corrupción, por lo cual no ven en el territorio sino otra forma de mantener el poder, concediéndolo a los extranjeros y buscando beneficios particulares a través de gestiones carentes de autonomía y compromiso con los colombianos.

La resistencia de las comunidades, como en los casos de la ciudadanía de Bucaramanga y sus áreas metropolitanas y rurales que se han levantado en defensa de los páramos y particularmente el de Santurbán; las organizaciones sociales, políticas y civiles de la Provincia de García Rovira en recuperación y defensa del páramo del Almorzadero; la ciudadanía ibaguereña y de los municipios de la cuenca de los ríos Combeima y Coello, junto con los productores agrícolas de Plan del Tolima que luchan contra la minería aurífera de la transnacional AngloGold Ashanti, o finalmente las comunidades rurales y urbanas que a lo largo de las vertientes y del país luchan por defender las aguas y los ríos que producen las altas montañas y que alimentan a más del 70% de los colombianos hacen parte de una respuesta necesaria que debe dar la sociedad civil ante la negligencia y las acciones complacientes del Estado con los extractivistas multinacionales.

¿Cómo se podría poner límite –no trazar límites– para que el Gobierno no entregue los páramos y montañas a los intereses extraños y lesivos anotados antes, que convier-

ten los Andes en meras mercancías y que como consecuencia de ello destruyen con los procesos de extracción las territorialidades espirituales y materiales de las comunidades indígenas y campesinas?

¿Cómo limitar el represamiento de las aguas y cuál es el límite al envenenamiento de las aguas, los suelos y las personas de pueblos y ciudades? Hay necesidad de superar las visiones ecosistémicas y naturalistas con que se pretende trazar un límite de los páramos, a solicitud de las empresas mineras y compromiso del Gobierno con la inversión extranjera.

No es posible descargar tal responsabilidad en un instituto dedicado a investigar y conservar la biodiversidad cuando no se trata de delimitar las montañas a partir de las formaciones vegetales y los tipos de fauna móvil existentes. Ellos pueden sugerir algunas variables estratégicas a tomar en cuenta pero no serán las únicas ni las más trascendentes.

Los ecosistemas ni los sistemas socioecológicos tendrán la capacidad de abordar la complejidad ni de crear un marco común para entrever espacios fronterizos. Cuando se utiliza el pensamiento sistémico para analizar las realidades de las montañas uno se da cuenta rápidamente que la realidad es otra, la cual deriva de la complejidad ambiental, las conformaciones geográficas, la heterogeneidad biofísica y las concepciones y simbolizaciones de los páramos y las montañas, todas ellas necesitadas de una comprensión integral que supera cualquier determinación naturalista.

Debe agregarse que el conocimiento de los páramos y de las montañas aún es incipiente si no deficiente, razón por la cual cualquier delimitación será incompleta, errónea o limitante. Dicha falencia es la que nos brinda definiciones y delimitaciones conceptuales parciales y equívocas, las cuales se apoyan en información sistematizada e igualmente incompleta como lo es el “Atlas de páramos de Colombia”, apoyadas en un conocimiento

experto que no tiene visión de realidad, que se ampara en representaciones lejanas⁶ carentes de reconocimiento de lo real, pero a su vez de actualidad.

No se puede intentar construir una concepción-visión amplia de los páramos sin una suficiente conceptualización de las montañas, los océanos, las selvas, las condiciones propias de la ecuatorialidad, el poblamiento y desarrollo cultural, las condiciones climáticas, la tenencia de la tierra y las políticas estatales –de quién son los páramos y quiénes los detectan– y el control político y geopolítico allí ejercido por diversos actores que hay que reconocer y consultar, entre otras “variables” más.

Los páramos no son naturaleza natural ni mucho menos ecosistemas. Son espacialidades complejas históricamente dadas, las cuales solo pueden ser leídas e interpretadas en términos de construcciones y transformaciones territoriales que se expresan en paisajes, formas rurales y urbanas, organizaciones sociales y culturales, relaciones geopolíticas ancladas en el derecho natural, las autonomías y las múltiples formas de existencia y resistencia.

Por lo tanto, delimitar no puede ser una manera perversa de eliminar la presencia humana, los únicos habitantes que mediante consulta previa pueden proponer, sugerir y señalar las distancias o los límites del habitar. Son ellos los que pueden ejercer un control de las fronteras que identifican, las cuales son esencialmente fronteras territoriales donde se ejerce el control y la vigilancia en cuanto autonomía territorial.

Empoderar a las comunidades es una estrategia que la institucionalidad no puede desaprovechar ni omitir, y que las propias comunidades deben lograr de manera pronta y fortalecida. Las fronteras estatales tienen

el carácter de límite y son trazadas por la soberbia, la ignorancia, el desconocimiento, la imposición de la autoridad por la fuerza, el miedo o para proteger intereses públicos y/o privados.

En una geopolítica de la resistencia para la existencia y el buen vivir de las montañas y en las montañas hemos de apoyarnos y reconocernos en la dignidad y la identidad tanto del derecho mayor como de los fundamentos constitucionales, que no sacrifican la democracia ni la soberanía. Demanda un pensar propio con actores propios, una reflexión amplia sobre la significación que tienen las montañas y los páramos para el país y para sus propias comunidades, una advertencia de las magnitudes de las agresiones por parte de la extracción y el saqueo de los dones que brindan las montañas, unas alertas sobre el porvenir de las sociedades andinas y la vida del país si se destruyen y deterioran las montañas y sus fuentes de vida.

Los Andes ecuatoriales constituyen un bien colectivo estratégico y prioritario para Colombia. Estas montañas son la columna vertebral de nuestro país, su afectación disminuye la existencia de la vida en todos sus niveles e invalida a las sociedades andinas para alcanzar autonomía, conocernos más para poder defender las territorialidades y poner límites claros y perentorios a los escenarios de destrucción y negación que nos proponen los gobiernos y sus aliados inversionistas a través de las empresas transnacionales.

Trazar una línea sobre las montañas elevadas de los Andes solo permitirá separar y romper la integridad de las montañas. Una línea es solo la expresión de una visión y concepción lineal del mundo. No solo se deben precisar criterios particulares para delimitar, hay que establecer principios claros de perspectiva territorial, de una geopolítica de dignidad y resistencia y desde los derechos y las autonomías de las comunidades y actores que habitan y poseen los páramos.

La defensa de los páramos guarda estrecha relación con la vida, los sueños, el agua limpia, las esperanzas de todos los colombianos, la armonía social y la gratitud corporal. Estas condiciones de vida están en disputa, sin conocer limitaciones, delimitaciones ni precauciones.

Será una delimitación geopolítica y ética la que nos conduzca al rescate de las fuentes materiales y espirituales de las montañas y los páramos, pero conjugando estratégicamente derechos, necesidades y conciencia de las territorialidades expropiadas y destruidas, ofrecidas por el “desarrollo extractivista”, el cual, como lo bosquejamos antes, se proyectará en cordilleras devastadas; comunidades, pueblos y ciudades sedientas; al igual que cientos de ciudadanos desplazados de sus territorios altoandinos, así como muchos dioses en el exilio.

Hagamos un alto para impedir el desalojo de nuestra casa andina ecuatorial. Hagamos un alto para terminar con las indecisiones y las imposiciones. Hagamos un alto para terminar esta disertación. Hagamos un lugar para reconocer a una persona que no desperdició oportunidad para caminar y estudiar las altas montañas y que nos dijo que “lo que fue este país, lo que es en el presente y lo que va a ser en el futuro, depende de la actitud que el hombre asuma frente a las

montañas, porque lo demás es complemento” (Guhl 1982). La actitud es nuestra y esos hombres y mujeres... somos nosotros.

Referencias

- Araujo, J. 1996. XXI: Siglo de la ecología. Para una cultura de la hospitalidad. Editorial Espasa Calpes. Impresión: Huertas S.A. Madrid.
- Eslava, P. R. 2008. Sin epitafios. Poemas hidropoluri-endo-bio-di-versos. Editorial Juan XXIII. Villavicencio.
- Espinoza, J. M. 1993. “El ordenamiento ecológico en el desarrollo productivo del país”. En M. López-Valdés (Ed.). *La Geografía Hoy. Memorias de Coloquio*. 162 pp. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Guhl, E. 1982. Los páramos circundantes de la Sabana de Bogotá. Jardín Botánico “José Celestino Mutis”. Bogotá.
- Molano, J. 1991. Villa de Leiva: Ensayo de interpretación social de una catástrofe ecológica. Bogotá. Editorial Presencia.
- Ospina, W. (20 de noviembre de 2011). Invocación al agua. *El Espectador*. Recuperado de <http://www.elespectador.com/impreso/opinion/columna-312122-invocacion-al-agua>.
- Parga- L., 2011. Paisajes imaginarios del tiempo. Entre páramos y pueblos andinos de Venezuela. *Revista de Arquitectura*, 13: 13-22.

6 El mapa no es el territorio ni tampoco el lugar. Es sólo una representación que hay que dimensionar y valorar.



Criterios para no limitar la conservación y la diversidad cultural de los páramos en Colombia¹

Guillermo Andrés Ospina²

En este artículo retomo algunos de los elementos centrales presentados durante mi participación en dos reuniones convocadas por el Instituto Alexander von Humboldt en los años 2009 y 2010, con el objetivo de discutir una serie de criterios biofísicos y socioculturales para una nueva delimitación de los páramos en Colombia (Caro 2010).

Esta iniciativa de discusión surge en principio como respuesta a la amenaza que representa para su conservación la actual política minero-energética colombiana, y pone sobre la mesa la necesidad de encontrar los argumentos que permitan garantizar su protección. Se trata de criterios para una delimitación de los páramos, que consideren su integridad como socioecosistema y los ponga a salvo de potenciales procesos de degrada-

1 Este artículo está basado en los resultados preliminares del proyecto de investigación "Criterios sociales para la delimitación y caracterización de la diversidad cultural, usos de la tierra y regímenes de propiedad en páramos de Colombia" registrado en la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca ID 3717, el cual hace parte de la propuesta de trabajo "Páramos habitados" endorsada actualmente por *Global Land Project* (GLP) <http://www.globallandproject.org/endorsement/students.php>.

2 Profesor asistente del Departamento de Antropología y coordinador de la línea Sociedad & Ambiente del Grupo de Estudios Sociales Comparativos (GESC) de la Universidad del Cauca. gospina@unicauca.edu.co

ción, con consecuencias incalculables para el patrimonio natural y cultural de la Nación.

El concepto de “criterio” se entiende en su sentido más general como una condición subjetiva (norma, regla o pauta) que permite hacer una elección. Un criterio es un principio que sustenta un juicio de valor o una decisión y opera como un requisito para alcanzar cierto objetivo o satisfacer una necesidad. En este sentido, cualquier intento de delimitación implica el acto de establecer un límite que define una cosa, y está inevitablemente basado en una elección que determina las cosas mismas.

Al delimitar algo se establece una diferencia entre lo que es una cosa (un páramo) y lo que es otra cosa (no páramo). Entendido de esta manera, un límite se trata en cualquier caso de una decisión política basada en la condición subjetiva de lo que algo es o no es en un momento determinado.

¿Acaso existe un límite natural que define una cosa separándola de otra? ¿O este límite es solo una cuestión de los criterios que usamos como instrumentos de definición? En los intentos de delimitación de los páramos colombianos ha estado implicada la definición de lo que es páramo y por lo tanto el establecimiento de sus características y límites (Ospina y Tocancipá 2000): ¿en dónde y cuándo el páramo deja de serlo?

Como parte de un acto de definición los páramos han sido pensados como islas, archipiélagos en las cumbres, aislados sobre un mar de nubes. En algunos casos estos límites son representados en el gradiente altitudinal por curvas de nivel o líneas que diferencian tipos de cobertura. Lo que es páramo ha sido delimitado, por ejemplo, entre la línea que marca el límite superior del bosque andino y límite inferior de las nieves; es decir que el páramo es aquello que por encima del bosque ya no es bosque y por debajo de las nieves ya no es nieve.

El intento de definición y delimitación de lo que son los páramos de Colombia, a una

mayor escala de detalle, como es el llamado del Instituto Humboldt y de otros sectores de la sociedad colombiana, requiere considerar otra serie de criterios, además de la altura y la vegetación, que den cuenta de las relaciones entre estos ecosistemas y las regiones de montaña de las cuales hacen parte.

Es necesario tener en cuenta, por ejemplo, criterios históricos en la formación de paisaje, que dan cuenta de sus cambios en el tiempo para ser lo que son hoy. Los procesos de poblamiento, los usos de la tierra y las formas de apropiación podrían ser aspectos a considerar. Para ser más explícito a continuación se propone una serie de criterios –valdría decir elementos– para no limitar la relación entre conservación y diversidad cultural en los páramos en Colombia.

Población, usos de la tierra y propiedad en las tierras altas

Una serie de criterios para reconocer la diversidad cultural de los páramos en Colombia podría servir al propósito de redelimitación, que tengan en cuenta la variabilidad de sus poblaciones humanas y características como socioecosistemas.

De acuerdo con Alessa *et al.* (2009), desde una perspectiva socioecológica es preciso considerar a los humanos como parte del ecosistema que habitan. Los vínculos entre sistemas humanos (modos de vida) y biofísicos son interdependientes; en este sentido “lo social” se entiende como parte constitutiva de los sistemas ecológicos más que como un elemento externo (perturbador que degradan los procesos naturales) o separado de lo natural.

¿Cómo delimitar (quizá debería decir *no-limitar*) los páramos y dar cuenta de ellos sin separarlos de la matriz (contexto) en la que se encuentran? ¿Cuál sería una escala de detalle suficiente para entenderlos como configuraciones de sistemas so-

ciales y ecológicos, acoplados y dinámicos en el tiempo? Aunque no pretendo resolver completamente estas preguntas, podrían considerarse tres criterios generales que dan cuenta de las características de las tierras altas como territorio, más allá de sus límites como un polígono en el mapa (Bateson 2000)³ 1. La población, 2. Los usos de la tierra y 3. Las formas de tenencia.

Cada uno de estos criterios tiene atributos descriptivos que vincula a las poblaciones humanas con su ambiente, con el lugar (ecosistema) que habitan. En este sentido, debería tratarse de características que son espacialmente explícitas y que funcionan como indicadores en la representación del territorio en el mapa.

A continuación se presenta una propuesta de criterios basada en una serie de preguntas a resolver y que requieren ser puestas a prueba en el terreno, a partir de estudios de caso que permitan hacer comparaciones entre áreas (regiones) y aproximar de esta manera el conocimiento de la diversidad cultural que habita los páramos, configurando lo que son hoy las tierras altas colombianas.

3 Gregory Bateson en su texto titulado “Forma, Sustancia y Diferencia”, presentado en el 19 *annual Korzybski Memorial* de 1970 y publicado en *General Semantics Bulletin* No. 37 del mismo año retoma el famoso planteamiento de Korzybski en el cual sugiere que *el territorio no es el mapa* y se pregunta lo siguiente: ¿Qué hay en el territorio que se atribuye en el mapa? Si el territorio fuese uniforme nada se captaría en el mapa excepto sus límites, que son los puntos en los cuales este deja de ser uniforme contra alguna matriz más grande. Lo que se capta en el mapa, de hecho, es la *diferencia*, sea esta una diferencia en altitud, diferencia en vegetación, diferencia en la estructura de la población, diferencia en superficie, o cualquier otra. Las diferencias son las cosas que se trasladan en el mapa. Pero, ¿qué es una diferencia? Una diferencia es un concepto muy particular y oscuro” (Bateson 2000).

1. Población (grupos humanos)

¿Cuáles son las poblaciones humanas de la alta montaña colombiana? Población en este contexto y desde la perspectiva de la geografía humana se refiere a un grupo de personas que viven en un lugar (una extensión de tierra) en un momento determinado.

Actualmente no existe información demográfica específica sobre la población de alta montaña y páramos en Colombia. Y aunque existen datos de la población, para el caso de los municipios cuyo territorio político-administrativo está mayoritariamente en tierras altas, tal y como ocurre en ciertas zonas de los departamentos de Boyacá y Nariño –por mencionar algunos–, los censos oficiales de la población nacional a partir de la relación entre cabecera/resto no da cuenta del tamaño, estructura, composición, distribución y dinámica de las poblaciones humanas en los páramos.

En este sentido se requieren estudios históricos y demográficos cuidadosos que den cuenta de las características de la población, con el fin de establecer una tipología con la cual aproximar la diversidad humana y cultural.

A grandes rasgos, un intento de clasificación de las poblaciones humanas situadas en los páramos colombianos podría considerar alguno de los siguientes criterios como atributos descriptivos para determinar categorías generales, indicadoras de los tipos de población:

- El patrón de asentamiento, que da cuenta de una población asentada de manera permanente como habitante en sitios específicos, y/o itinerante, que circula por un área de distribución relativa.
- La subsistencia vinculada a los usos de la tierra y sobre la cual existen categorías como la de ganaderos, agricultores, jornaleros y funcionarios.

- La forma de propiedad, que atribuye a ciertas poblaciones el título de propietarios de la tierra, de ocupantes o de población sin tierra.
- La suscripción a categorías políticas tales como indígenas (grupos étnicos) o campesinos y colonos (no étnicos), y otros entre los que cabrían incluir los miembros de sociedades institucionales o funcionarios.

A continuación, se plantean algunos elementos a considerar en relación con una propuesta de clasificación de las sociedades humanas en los páramos, a partir de la adscripción de poblaciones a las categorías de indígena (grupos étnicos), campesino (grupos no étnicos) y otros grupos humanos.

1.1 Indígenas: grupos étnicos

¿Cuáles son los grupos étnicos y la población indígena en los páramos de Colombia? Los pueblos indígenas son reconocidos por el Estado colombiano en el marco del Convenio 169 de la OIT de 1989 (Ley 21 de 1991) y por la Constitución Política de 1991 como parte de la diversidad étnica y cultural de la Nación, objeto de protección.

Existe una amplia legislación aplicada a la población indígena en Colombia (Gómez 2002; Ochoa y Sánchez 2004) en la que se reconocen las aspiraciones de los pueblos indígenas a “asumir el control de sus propias

instituciones y formas de vida, y de su desarrollo económico y a mantener y fortalecer sus identidades, lenguas y religiones” (*Ibid*: 93).

Una revisión de los grupos indígenas incluidos en el “Atlas de páramos de Colombia” para cada complejo (Morales *et al.* 2007) permite elaborar un listado preliminar de grupos étnicos y resguardos para las tierras altas del país (tabla 1).

Es preciso tener en cuenta varias situaciones en relación con este listado: con la información que presenta no es posible determinar con precisión cuáles son los grupos étnicos y la población indígena que habitan los páramos. En realidad, de lo que da cuenta el atlas respecto a los pueblos indígenas es del desconocimiento que tenemos del asunto y de los vacíos de información sobre el tema. En este sentido, es necesario precisar cuáles son los grupos étnicos actuales y sus jurisdicciones (territoriales y culturales).

En términos de la propiedad se requiere determinar la extensión y configuración de las tierras indígenas, representadas por las áreas de resguardo declaradas, que se encuentran superpuestas con los páramos (complejos) delimitados en Colombia. Además, es preciso explorar las nociones particulares que distintos pueblos indígenas tienen de los páramos en el contexto de sus marcos de referencia político-territoriales y culturales propios.

Tabla 1. Pueblos indígenas y resguardos por complejo de páramo

Sector	Distrito	Complejo	Grupos étnicos	Resguardos	Área (ha)
Cordillera Oriental	Páramos de Perijá	Perijá	Yukos o yukpas	Resguardo Indígena Iroka	226
				Resguardo Caño Padilla	250
				Resguardo de los Yucos de Sokorpa	25000
				Resguardo La Pista	125

Sector	Distrito	Complejo	Grupos étnicos	Resguardos	Área (ha)	
Cordillera Oriental	Páramos de Boyacá	Cocuy	Comunidades u'wa	Sabanas de Caripao	Casi 80000	
				Unido U'wa		
Cordillera Central	Páramos del Macizo Colombiano	Nevado del Huila-Moras	Comunidad páez	Chibariza	Un poco más de 16000	
				Laguna Tranquila		
		Sotará	Comunidades indígenas sin identificar	Valles del Sol	-	
				Resguardo indígena Jambaló	37	
Nariño-Putumayo	Páramos de Nariño y Putumayo	Doña Juana-Chimayoy	Comunidades inga	Resguardo Indígena Inga de Aponte	4263	
				Comunidades kamsá	Resguardo Indígena Sibundoy, parte alta	310
					Comunidades quillasinga	Resguardo indígena sin identificar
Nariño-Putumayo	Páramos de Nariño y Putumayo	Chiles-Cumbal	Comunidades indígenas sin especificar	Resguardos de El Sande	-	
				Resguardos Cumbal	-	
				Resguardos Chiles	-	
				Resguardos Panam	-	
				Resguardos Mayasquer	-	

Sector	Distrito	Complejo	Grupos étnicos	Resguardos	Área (ha)
Cordillera Occidental	Páramos de Frontino-Tatamá	Citará	Comunidades embera	-	-
		Tatamá	Comunidades indígenas sin establecer	-	-
	Páramos del Duende-Cerro Plateado	Cerro Plateado	Comunidades indígenas sin establecer	-	-
Sierra Nevada de Santa Marta	Páramos de Santa Marta	Santa Marta	Comunidades kogui	-	-
			Comunidades wiwa	-	-
			Comunidades arhuaco	-	-
			Comunidades kankuamo	-	-

1.2 Campesinos: grupos no étnicos

El 24 de febrero de 2013 el Comité Consultivo de los Derechos Humanos de las Naciones Unidas aprobó el texto preliminar de la “Declaración Internacional de los Derechos de los Campesinos” como un paso hacia el reconocimiento, la promoción y la protección de esta población, “considerando que los campesinos constituyen un grupo social específico tan vulnerable que la protección de sus derechos requiere de medidas especiales para asegurar que los Estados respeten, protejan y cumplan sus derechos humanos”, entre otros aspectos.

En su artículo 1, la Declaración define a los campesinos como el “hombre o mujer que tiene una relación directa y especial con la tierra a través de la producción de alimentos u otros productos agrícolas”⁴.

4 **“Artículo 1. Definición de campesinos:** 1. Campesino es un hombre o mujer que tiene una relación directa y especial con la tierra y la naturaleza a través de la producción de alimentos u otros productos agrícolas. Los campesinos trabajan la tierra por sí mismos y dependen mayormente del trabajo en familia

y otras formas de pequeña escala de organización del trabajo. Los campesinos están tradicionalmente integrados a sus comunidades locales y cuidan el entorno natural local y los sistemas agroecológicos. 2. El término “campesino” puede aplicarse, hombre o mujer, a toda persona que practica la agricultura, la ganadería o la trashumancia, que produce artesanías relacionadas con la agricultura o que desarrolla otras ocupaciones similares en zonas rurales. Esto incluye a las personas indígenas que trabajan en la tierra. 3. El término “campesino” también se aplica a las personas sin tierra. De acuerdo con la definición de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de la ONU, las siguientes categorías de personas se consideran sin tierra y es probable que se enfrenten a dificultades para asegurar sus medios de vida: 1. familias de agricultores con poca tierra o sin tierra; 2. familias no agrícolas en áreas rurales, con poca o sin tierra, cuyos miembros se dedican a diversas actividades como la pesca, la artesanía para el mercado local o la provisión de servicios; 3. otras familias de trashumantes, nómadas, campesinos que practican cultivos itinerantes, cazadores y recolectores, y personas con medios de subsistencia similares” (<http://www.pnud.org.co/hechosdepaz/64/la-declaracion-de-naciones-unidas.pdf>). Para una comparación ver la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas en http://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/DRIPS_es.pdf

¿Quiénes son los campesinos y cuáles son las poblaciones campesinas en los páramos colombianos? Lo campesino es algo mucho más difícil de definir que lo indígena en términos de sujetos políticos, situados jurídica y territorialmente. Podría decirse que los indígenas también son campesinos pero no todos los campesinos son indígenas, aunque en muchos casos tienen características similares imposibles de diferenciar en la práctica.

Lo campesino no se considera dentro del mismo universo definido para lo étnico, se ubica categóricamente dentro de la denominada diversidad cultural, un aspecto que requiere ser revisado con mayor atención en términos de lo que se entiende por cultura en el marco de las políticas de la etnicidad.

De modo general, los campesinos corresponden con una categoría asociada a formas de vida rural, al sector agrario, a la producción agrícola, no moderna, tradicional, atrasada, pobres, y objeto de las políticas (intervenciones) del desarrollo. En algunos casos, la categoría de campesinos vincula la noción étnico-racial de mestizos, que marca una diferencia con la categoría de indígena.

En Colombia formas de adscripción identitaria y política de los campesinos los ubica dentro de categorías como las de colonos, desplazados, coccaleros, grupos re-indigenizados, empresarios rurales, productores alternativos, etc. (Rodríguez y Camacho 2007).

Si bien existe una larga trayectoria de estudios sobre los campesinos en antropología y sociología (Fals-Borda 1961, Wolf 1971, Kearney 1996, Tocancipá 2007) los campesinos y los modos de vida campesina en la alta montaña han sido muy poco investigados de manera sistemática. Existen variaciones regionales por departamentos, y entre cordilleras, inclusive entre un cañón y otro se presentan diferencias muy marcadas en las

características socioculturales de la población local: usos de la tierra, formas de propiedad y organización social, por mencionar solo algunos aspectos que sirven como indicadores.

1.3 Otros grupos humanos

Aunque a simple vista parezca problemático incluir a las organizaciones o instituciones como otros grupos humanos dentro de la clasificación de la población de los páramos (al lado de los indígenas y campesinos) es necesario considerar que en algunos casos existen. La presencia de otros grupos como los armados legales e ilegales o de instituciones estatales y no estatales incide directa o indirectamente en las dinámicas sociales y ecosistémicas de un área determinada.

Las instituciones funcionan como sociedades en la medida en que determinan el comportamiento de sus miembros entre los límites de una cultura institucional específica (Douglas 1987), y se caracterizan por tener competencias misionales directas sobre un territorio delimitado política y administrativamente como su espacio de gestión. El funcionario como miembro (nativo) de una cultura institucional concreta hace presencia, y en algunos casos permanece en el páramo como un agente de intervención, control y vigilancia, estableciendo nexos con otros grupos o sectores de la población.

En este sentido, es importante determinar cuáles son los grupos humanos institucionales (estatales y no estatales) con jurisdicción político-administrativa, competencias y presencia en los páramos del país. Y con esto no se refiere a un mapeo de actores sociales sino al conocimiento de las características sociales de grupos de personas, que en este caso representan instituciones con intervenciones concretas en los páramos.



Entre las instituciones a tener en cuenta se podría mencionar a la Unidad de Parques Nacionales Naturales y a las Corporaciones Autónomas Regionales, por sus competencias como autoridades ambientales, que regulan decisiones y procesos de intervención en el territorio. Y como parte de estas intervenciones institucionales es preciso comenzar a revisar los resultados de proyectos de cuya efectividad e impacto en el terreno sabemos muy poco.

También existen otro tipo de instituciones cuyo funcionamiento es preciso conocer, tales como los cabildos indígenas que reclaman derechos territoriales, los batallones de alta montaña, las organizaciones no gubernamentales y otras formas de gobierno que regulan el orden en aquellos lugares, donde a menudo no llega el Estado.

2. Usos de la tierra

¿Cuáles son los usos de la tierra y modos de vida en la alta montaña y páramos de Colombia? El uso de la tierra se caracteriza por “los arreglos, actividades y aportes de la gente para producir, cambiar o mantener un determinado tipo de cobertura” (Di Gregorio and Jansen 1998, citado en FAO/UNEP 1999). El uso de la tierra en este sentido establece un vínculo directo entre la cobertura y las acciones de la gente en su ambiente (*Ibid.*).

Los usos de la tierra (interacción entre sistemas naturales y sistemas sociales) son indicadores de modos de vida como adaptaciones humanas (cultura), formas de subsistencia o sistemas de producción con los cuales una población o grupo humano se

gana la vida y el sustento manejando el ambiente para obtener recursos en un momento dado.

Se propone el concepto de usos de la tierra, puesto que se trata de información que puede ser espacialmente explícita en las coberturas y que corresponde con clasificaciones dentro de los llamados ecosistemas transformados o agroecosistemas; se refiere a configuraciones particulares del modo de vida de una población inscrita como huella en el paisaje.

El cambio en los usos de la tierra es una prioridad de investigación para entender el funcionamiento del páramo como socioecosistema, teniendo en cuenta los procesos de transformación en las tierras altas (Alarcón *et al.* 2002, Llambi 2011), pero también las presiones sociales, políticas y económicas que determinan la permanencia o pérdida de páramo como unidad reconocible por encima del límite altitudinal del bosque altoandino, los procesos de paramización o potrerización, cuando este límite natural se pierde o el estado de integridad o fragmentación de las coberturas en un gradiente, entre otros aspectos.

Sobre la premisa de que distintos usos de la tierra implican distintos estados de conservación se requiere investigaciones sobre los usos de la tierra –sistemas productivos– que soportan modos de vida en las tierras altas. Es preciso entender con esto que la conservación también encuentra lugares por fuera de las áreas protegidas, así como para algunas categorías de conservación son compatibles con ciertas actividades humanas (usos agrícolas y extractivos sustentables). Por otro lado, el uso de la tierra define otro tipo de límites en el territorio como las unidades de uso, la capacidad de carga, y la sustentabilidad.

Cuando introducimos el criterio de usos de la tierra como una de las variables sociales para la delimitación de los páramos podría considerarse una taxonomía de usos

directos vinculados a formas de subsistencia (e.g. el pastoreo y la agricultura) y usos indirectos que configuran directamente o indirectamente el estado de conservación del ecosistema en relación con la gente que lo habita. Estamos hablando de entender las características de páramos habitados y no de espacios simplemente naturales.

Pero el uso de la tierra, de manera similar a los atributos sociales y culturales en general, no está solamente expresado en coberturas de ecosistemas transformados o como una huella en el paisaje, además tiene aspectos conceptuales, temporales y económicos no relacionados con un polígono de terreno, y justamente por esto se complica su representación cartográfica.

Una de las formas de clasificación de los grupos humanos y sus modos de vida, desde la perspectiva de la ecología cultural en antropología (Cohen 1974, Steward 1974, Netting 1986), considera a grandes rasgos las siguientes categorías como estrategias adaptativas (formas de subsistencia) que son interdependientes con el tipo de ambiente que habitan: caza-recolección, pesca, pastoreo, horticultura, agricultura y las formas de vida urbana e industrial. Para el caso de los páramos podrían considerarse los siguientes usos de la tierra como modos de vida que configuran distintas características del socioecosistema:

2.1 Pastoreo

El pastoreo es un modo de vida en el que la gente depende directamente de animales de rebaño y de la disponibilidad de tierra con pasturas para garantizar un sistema de producción y la subsistencia de un grupo social (Cohen 1974: Krader 1974, Levinson 1995).

¿Cuáles son los tipos de pastoreo en la alta montaña? De manera general el tipo de pastoreo que se practica en los páramos y la alta montaña ha sido definido como ganade-

ría extensiva, en la cual se utilizan las pasturas naturales del páramo y pastos cultivados tras el despeje del bosque alto andino para la cría –levante y ordeño– de ganado como fuente principal de recursos para la vida.

Las pasturas cultivadas –y es importante reconocer que en algunos casos existe una diversidad de pastos cultivados– son manejadas y mantenidas en unidades delimitadas por cercos, como potreros, dentro de la unidad doméstica, con inversión de trabajo y capital, con el fin de asegurar un espacio de rotación para el ganado.

En Colombia existen estudios importantes sobre el impacto del pastoreo y el uso del fuego sobre la vegetación y el suelo del páramo (Vargas 1996, Vargas *et al.* 2001, 2002a, 2002b), pero también sobre la búsqueda de alternativas para una actividad productiva más sustentable para el ambiente (Galindo y Murgueitio 2005).

Distintas aproximaciones al pastoreo como forma de vida en los páramos pueden verse en estudios realizados en Colombia (Ospina 2000), Ecuador (Hofstede 2001a, 2001b, 2002, 2003) y Venezuela (Molinillo y Monasterio 1996, 1997a, 1997b, 2001, 2002). Actualmente se requiere de un conocimiento más detallado de los modos de vida (culturas) vinculados al pastoreo y las distintas formas de manejo del ganado en las tierras altas, parte de una diversidad cultural prácticamente ignorada o considerada objeto de cambio.

2.2 Cultivos

¿Cuáles son las zonas cultivadas en las tierras altas y sus características socioculturales? Los cultivos ocupan un lugar importante en el paisaje de las tierras altas para algunas regiones de alta montaña en Colombia. Entre los tipos de cultivo sería preciso incluir las áreas de pastos cultivados que sustentan distintas formas de ganadería (pastoreo) y el cultivo de plantas a distintas escalas y con diferentes métodos, que res-

ponden a procesos históricos, sistemas sociales y productivos particulares.

La agricultura es una actividad productiva en ciertos páramos y su magnitud depende en buena medida de las características del terreno, y de si estas permiten laboreo con arados (mecanizado o de tracción animal) o manual. En zonas como el páramo de las Papas (Cauca) es posible encontrar una rotación entre cultivo y potrero, sistema con el que se renuevan praderas permitiendo el barbecho y el descanso de la tierra.

Principalmente el cultivo de la papa –y en menor proporción de otros tubérculos– representa un sector importante en la economía y para la composición social de las tierras altas colombianas. La demanda de papa para el abastecimiento de alimentos tiende a crecer como una presión para la conservación de los páramos (Sánchez *et al.* 2012).

Departamentos como Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia concentran alrededor del 90% de la producción de papa nacional⁵. Dependiendo de la escala, las técnicas y las relaciones entre la población y la tierra el tipo de huella que imprimen los cultivos en las tierras altas configura ciertas características para la delimitación del páramo así como una serie de desafíos para su conservación, especialmente frente a la

5 De acuerdo con Fedepapa y Superintendencia de Industria y Comercio el cultivo de papa en Colombia representa en promedio un 32% de la producción de los cultivos transitorios. El área cosechada para el año 2009 fue de 156568 hectáreas. En Colombia existen aproximadamente 90 000 productores de papa y se generan aproximadamente 20 millones de jornales al año. Los productores se clasifican en pequeños con menos de tres hectáreas, medianos entre tres y diez hectáreas y grandes con más de diez hectáreas. El 85% de la producción de papa se concentra en productores pequeños mientras que el 5% está a cargo de productores grandes. (Fuente: <http://www.sic.gov.co/documents/10157/973ad164-55ea-4c55-9d24-38f11403e400>)



deseccación de humedales, la desaparición del límite bosque-páramo y los procesos de transformación que borran las diferencias entre ecosistemas.

Investigaciones relativas al cultivo en páramos han sido desarrolladas por Bernsen (1991), Crissman (2001), Jarvis *et al.* (2010), Monasterio *et al.* (2002) y Salas (2003).

También existen otros tipos de cultivos (horticultura) que se asocian al cultivo de hortalizas en huertas familiares o jardines, y que son usadas para el consumo doméstico. Una definición más amplia de horticultura hace referencia al tipo de cultivo de una variedad de plantas a pequeña escala con métodos y herramientas relativamente simples, en la ausencia de campos cultivados de manera permanente (Levinson 1995).

Existe una relación directa entre horticultura, características de población y tamaño de la propiedad. Aunque la horticultura representa una actividad marginal en términos económicos –que en muchos casos ha dejado de ser practicada– en ciertas ocasiones es complementaria para otros tipos de uso como el pastoreo o la agricultura intensiva.

En aquellas zonas donde aún existe la horticultura, ella proporciona una fuente importante de alimentos y medicinas para poblaciones locales que viven en condiciones considerables de aislamiento. En este sentido, es necesario explorar la agrodiversidad de especies cultivadas en huertos y jardines, que está desapareciendo rápidamente debido a la pérdida de semillas y a la dependencia del mercado para el abastecimiento de alimentos básicos; esta situación plantea cambios sustanciales en las dietas y posiblemente también en los patrones nutricionales de las poblaciones de la alta montaña.

2.3 Minería

La minería, como otros usos de la tierra aquí considerados, tiene varias facetas: desde las minas de azufre explotadas por indígenas en el Parque Nacional Natural Puracé, pasando por la pequeña minería de oro o carbón en regiones campesinas de Boyacá y Santander, hasta la industria minera a gran escala promovida por el Estado a través de políticas sectoriales.

La minería ha despertado un gran debate nacional en torno a los páramos como valores objeto de conservación, considerados estratégicos por los servicios ecosistémicos que prestan a la sociedad, tal y como se ha manifestado en el caso del páramo de Santurbán en el departamento de Santander, y el páramo de Pisba en el departamento de Boyacá.

¿Cómo entender la minería de subsistencia (formas de vida locales) haciendo la diferencia con la minería a gran escala que constituye la amenaza para la conservación y estructura funcional de los páramos? En este sentido es necesario conocer en detalle las características socioculturales de las poblaciones en zonas mineras de alta montaña y la manera como este tipo de uso de la tierra podría estar cambiando por las presiones de una economía política de Estado, volcada al sector primario y a las presiones de la conservación.

¿Qué alternativas existen para los mineros que habitan regiones de páramo? La minería en páramos ha sido analizada por Guerrero (2009a, 2009b) y Torres (2005).

2.4 Infraestructura

En algunos páramos existen obras de infraestructura como represas, carreteras, acueductos, redes de energía, antenas de comunicaciones y bases militares, entre otras, sobre las que no existe información consolidada ni referencias de la forma como inciden en las características del páramo.

La infraestructura está generalmente asociada a agentes (grupos) institucionales y empresas que facilitan su instalación, mantenimiento y administración. Las carreteras de alta montaña, como aquellas que cruzan páramos o que terminan en “puntas” cerca a estos –por mencionar un ejemplo– son escasas y en la mayoría de los casos se encuentran en mal estado, se trata de carretables poco transitados y con un escaso o ningún mantenimiento.

Este hecho incide en la accesibilidad (movilidad) y es una de las características que marca el aislamiento en el que viven muchas poblaciones de la alta montaña, determinado por la distancia y el tiempo de recorrido entre su lugar de habitación y un centro poblado, de mercado y de servicios básicos como salud y educación. Por supuesto, existen diferencias entre cordilleras y departamentos, de acuerdo con las densidades de población y relaciones históricas territoriales.

El uso de los páramos para infraestructura genera un conjunto de servicios que deberían ser tenidos en cuenta –más allá del impacto directo– en términos de los beneficios que podrían ser redistribuidos. Los esquemas de pago por servicios ambientales (servicios ecosistémicos) son un ejemplo de la forma como las empresas que administran infraestructura o prestan servicios con un re-

curso como el agua financian la conservación aún por fuera de las áreas protegidas.

2.5 Militar

Las características geográficas del terreno, vías escasas y en mal estado, montañas remotas poco habitadas o deshabitadas por completo, sin presencia del Estado, entre otras, son propicias –aunque no determinan– para una guerra de guerrillas (Buhaug *et al.* 2009) como la que ha tenido lugar en Colombia durante más de medio siglo.

El uso militar de los páramos como espacios de control territorial y de tránsito, como corredores para ir de una vertiente acortando distancias, para cruzar cañones laberínticos y avanzar entre las cordilleras o hacia las vertientes exteriores del Pacífico y la Orinoquía-Amazonía ofrece ventajas estratégicas a las fuerzas que dominan las alturas. En el conflicto armado las tierras altas son espacios de confrontación y de hostigamiento, de ataque y de retirada.

Un criterio importante para tener en cuenta, relativo al uso militar de los páramos, es la existencia de ocho batallones de alta montaña instalados varias bases militares de avanzada y distintos frentes guerrilleros que utilizan regiones de páramo como zonas militarizadas. La existencia de campos minados sobre los cuales se tiene muy poca información da cuenta de las estrategias de guerra y dominio territorial que buscan el control de tránsito hacia zonas de repliegue y refugio.

Tampoco existe información precisa de las personas de la alta montaña que han sido reclutadas por grupos armados o que han sido asesinados u obligados a abandonar sus tierras para engrosar las filas de desplazados y desterrados.

Y aunque existen otros tipos de conflicto diferentes al conflicto armado, específicamente aquellos relacionados con la conservación, el uso y la propiedad de los

páramos, es necesario comenzar a pensar en el lugar de las tierras altas como un posible escenario de paz y posconflicto en el que poblaciones que han vivido por generaciones los rigores de la guerra de guerrillas encuentren posibilidades de permanecer en sus tierras y fortalecer su cultura.

2.6 Conservación

En Colombia, los páramos con usos dedicados a la conservación están representados por las áreas cubiertas dentro del Sistema de Parques Nacionales Naturales y bajo otras categorías de áreas protegidas como los Parques Nacionales Regionales y las Reservas Forestales Nacionales.

Castaño *et al.* (2003) reporta 552 107 hectáreas (de las 1 443 4000 del total nacional) en dieciocho parques del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (tabla 2). En el 2007 el “Atlas de páramos de Colombia” plantea que los parques nacionales naturales cubren casi 700 000 hectáreas de páramos de las casi dos millones del total nacional (Morales *et al.* 2007).

Según el “Cuarto Informe Nacional Colombia” –CDB 2010– los páramos en Colombia cubren una extensión aproximada

de 1 933 000 ha (IDEAM 2002) de las cuales 574 575,82 están conservadas dentro de diecinueve áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2010). Como puede observarse, las cifras cambian de una fuente a otra, pero en todos los casos alrededor del 70% de los páramos se encuentra por fuera de la jurisdicción de Parques Nacionales.

No obstante, independientemente del número de hectáreas de páramos cubiertos dentro de los parques nacionales esto no significa que estén deshabitados o sin uso. Hay que llamar la atención en el hecho de que en algunos de ellos habita gente, que también existen distintos estados de conservación por fuera de las áreas protegidas y que en otros casos, como ocurre con las reservas forestales nacionales (caso Reserva Forestal Central, Ley 2 de 1959) no existe ninguna forma de manejo para su protección y conservación pese a las declaratorias vigentes.

¿Cuál es el área y estado real de conservación de los páramos protegidos y los no protegidos? ¿Qué lugar ocupan los páramos en las prioridades de conservación para Colombia?

Tabla 2. Páramos en el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia

	Áreas protegidas del SPNN	Área (ha)	Cobertura páramo en parque nacional	% páramo/total parque nacional
Cordillera Oriental	PNN El Cocuy	306.000	112.418	37
	PNN Guanenta Alto río Fonce	10.429	2.386	23
	PNN Chingaza	50.374	27.787	55
	SFF Iguaque	6.750	2.416	36
	PNN Tama	48.000	3.267	7
	PNN Pisba	45.000	17.704	40
	PNN Sumapaz	154.000	102.945	67

	Áreas protegidas del SPNN	Área (ha)	Cobertura páramo en parque nacional	% páramo/total parque nacional
Cordillera Central	PNN Los Nevados	61.871	40.179	65
	PNN Las Hermosas	125.000	50.530	40
	PNN Nevado del Huila	158.000	32.241	20
	PNN Puracé	83.000	7.126	9
	PNN Complejo Volcánico Doña Juana	65.858	-	-
Altiplano Nariñense	SFF Galeras	7.615	7.216	95
Cordillera Occidental	PNN Farallones	150.000	7.501	4
	PNN Paramillo	460.000	1.001	0,21
	PNN Tatamá	51.900	13.875	26,7
	PNN Las Orquídeas	32.000	2.775	0,73
Sierra Nevada de Santa Marta	PNN Sierra Nevada de Santa Marta	383.000	120.740	30
Total	18	2.603.799	552.107	21.2

Fuentes: Los datos del área en hectáreas fueron obtenidas de “Los Páramos del Mundo” (Hofstede *et al.* 2003) y de la Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia.

3. Tenencia de la tierra y propiedad

La tenencia hace referencia a un conjunto de normas que regulan la relación entre personas y la tierra, definidas de forma jurídica o consuetudinaria, y definen la manera como pueden ser asignados derechos de propiedad de la tierra. “En otras palabras, los sistemas de tenencia de la tierra determinan quién puede utilizar qué recursos, durante cuánto tiempo y bajo qué circunstancias”⁶.

Los derechos de propiedad remiten a un conjunto de derechos que el Estado reconoce y protege, relacionados con la titularidad de un individuo, que privilegian la propiedad titulada e inscrita en el sistema de registro de instrumentos públicos sobre la ocupación y posesión material.

como el agua y los árboles). La tenencia de la tierra es una institución, es decir, un conjunto de normas inventadas por las sociedades para regular el comportamiento. Las reglas sobre la tenencia definen de qué manera pueden asignarse dentro de las sociedades los derechos de propiedad de la tierra. Definen cómo se otorga el acceso a los derechos de utilizar, controlar y transferir la tierra, así como las pertinentes responsabilidades y limitaciones.

(<http://www.fao.org/docrep/005/y4307s/y4307s05.htm#TopOfPage>).

6 De acuerdo con la FAO “tenencia de la tierra es la relación, definida en forma jurídica o consuetudinaria, entre personas, en cuanto individuos o grupos, con respecto a la tierra (por razones de comodidad, «tierra» se utiliza aquí para englobar otros recursos naturales,

Según el “Informe de Desarrollo Humano Colombia”, elaborado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo en 2011, el 52% de la tierra en Colombia corresponde a grandes propiedades que está en manos del 1.15% de los propietarios, el resto solo tiene pequeñas y medianas posesiones. Aunque esta información debería ser revisada con mayor atención refleja las dimensiones del problema. De acuerdo con investigadores como Absalón Machado y Alejandro Reyes, el conflicto interno en Colombia es un problema de tierras.

Una gran parte de la propiedad rural en el país no es legal, 1/3 de los predios no están registrados en catastro, mientras que aproximadamente la mitad se encuentran desactualizados. La tenencia de la tierra es una de las preocupaciones actuales en Colombia frente a la necesidad de actualizar la información de la propiedad y especialmente de formalizar la propiedad rural (PNUD 2011; Ley de Víctimas y Restitución de Tierras, 2012; Política Integral de Tierras: Restitución, Formalización y Procesos Agrarios en Colombia 2012).

La tenencia está relacionada con el tipo de población y su forma de vida, e incide directamente en el tipo de uso de la tierra. Algunas características como el proceso de ocupación y la distribución poblacional (Falla y Rolón 2002) pero también el tamaño de la propiedad, la organización social y las relaciones de poder están estrechamente vinculadas con la tenencia de la tierra y la propiedad en condiciones muy localizadas.

Es necesario revisar la forma como el concepto ocupación ha sido utilizado en el contexto de la conservación para definir a la gente como ocupantes de la tierra, en muchos casos ilegal, condición que sitúa como objetos de saneamiento o reubicación a quienes no se reconocen como propietarios.

¿Cuáles son los sistemas de tenencia de la tierra y la situación de la propiedad en los páramos? Como en muchos casos los

páramos ocupan zonas marginales de difícil acceso por condiciones del terreno y el conflicto armado la información oficial sobre la tenencia y la propiedad de la tierra (catastro) se encuentra desactualizada o es inexistente; la ocupación informal no tiene registro.

Existen inconsistencias en la información catastral del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en cuanto a la coincidencia del tamaño del predio en el mapa (polígono), el área de la ficha catastral y el área de la escritura (en caso de existir), información de los propietarios (herencias y sucesiones no formalizadas), mutaciones del predio sin registro, predios en extinción de dominio, predios en propiedad de los bancos por incumplimiento de deudas, baldíos de la Nación, predios abandonados, etc.

El abandono de tierras en zonas azotadas por el conflicto armado tiene varias facetas: por un lado, al disminuir la población por efectos del desplazamiento o el desestímulo (desmotivación) para permanecer y trabajar en zonas peligrosas con pocas oportunidades de ingresos las propiedades pueden quedar solas y en algunos casos cambiar de dueño al ser ocupadas por otros que las apropian; en otros casos, las tierras abandonadas son alquiladas a un vecino o pariente que permanece en el área a pesar de las dificultades.

El abandono conlleva a la recuperación de la vegetación y en muchos casos a la desvalorización de la tierra productiva al punto de “perderse las fincas”. En ciertos casos, las deudas por el impuesto predial en regiones de alta montaña suman cifras enormes debido principalmente a la baja productividad que lleva a la incapacidad de pago de los propietarios.

Los tipos de tenencia de la tierra que existen en los páramos en tanto formas de propiedad podrían ser resumidos en las siguientes categorías generales: propiedad privada, propiedad pública, propiedad colectiva y otros tipos de tenencia.

3.1 Propiedad privada

La propiedad privada hace referencia al dominio sobre un bien, en este caso la tierra, a partir del reconocimiento de un justo título. Sin embargo, no en todos los casos los dueños de la tierra tienen una titularidad legalmente adjudicada; existen otras formas de tenencia y ocupación que es necesario reconocer.

Una clasificación podría ser planteada en términos del tamaño de la propiedad: gran propiedad; mediana propiedad y pequeña propiedad, aunque es claro que los rangos del tamaño para cada una de estas categorías es relativo al contexto local en el que se determinan.

Los tipos de propietarios para predios privados podrían incluir propietarios presentes que viven en y de su tierra, propietarios ausentes que pagan a un mayordomo o administrador para mantener productiva su tierra, y propietarios que itineran entre su predio y un centro poblado cercano donde generalmente habitan.

Determinar la situación de la propiedad privada en los páramos es un asunto que debe ser considerado a una escala detallada con base en información prácticamente inexistente para buena parte del país o que en el mejor de los casos requiere ser actualizada a partir de la información catastral (cartográfica y alfanumérica) no disponible en el IGAC. ¿Cuáles son los predios privados y quiénes son los propietarios en la alta montaña colombiana?

3.2 Propiedad pública

Se trata de propiedades de dominio público ubicadas en páramos, como ocurre en el caso de los Parques Nacionales Naturales y otras áreas protegidas regionales en jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales. También son los predios adquiridos por los municipios y los baldíos de la Nación sobre los cuales no existe información consolidada a escala nacional ni regional.

Es necesario consolidar la información nacional de los páramos y los actores institucionales con competencias en ellos, con el fin de determinar el estado actual de la propiedad pública y sus formas de manejo.

3.3 Propiedad colectiva

El Artículo 63 de la Constitución Política de Colombia reconoce que las tierras comunales de grupos étnicos y las tierras de resguardo son inalienables, imprescriptibles e inembargables. El derecho fundamental a la propiedad colectiva de los grupos étnicos lleva implícito, dada la protección del principio de diversidad étnica y cultural, un derecho a la conformación de resguardos en cabeza de las comunidades indígenas.

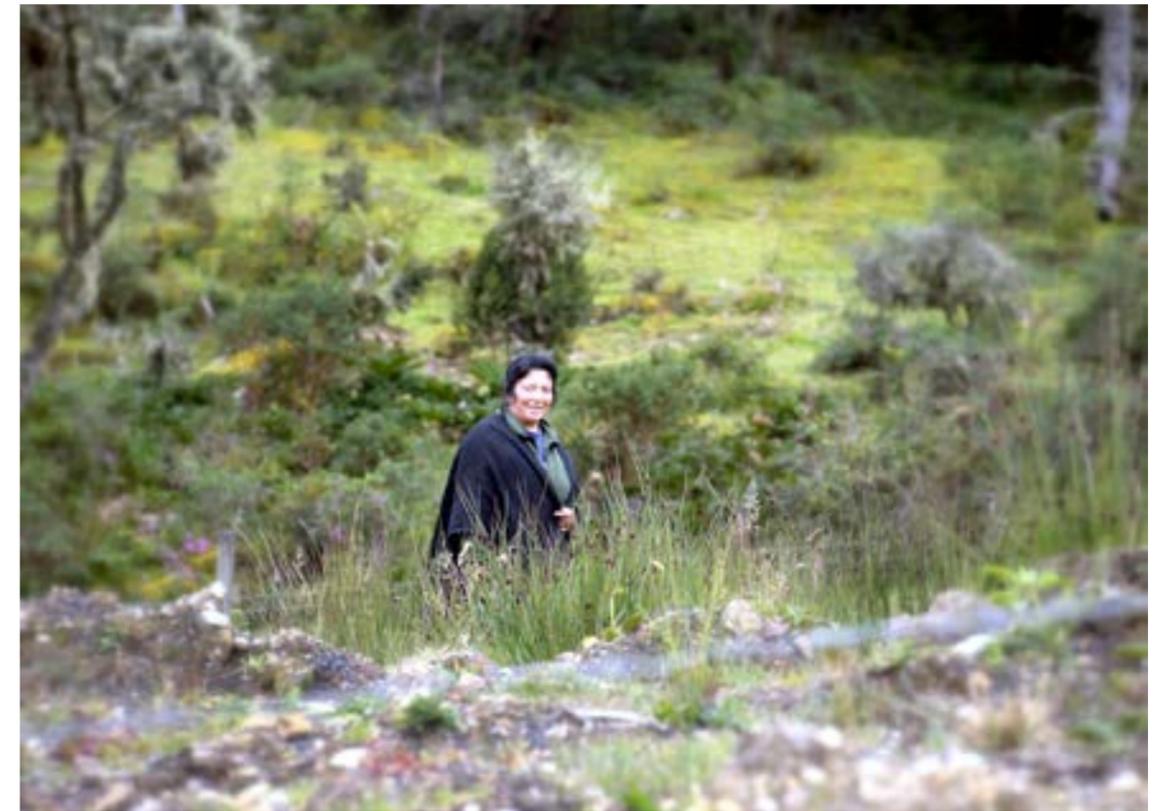
Propiedad colectiva también hace referencia al derecho que tienen las comunidades negras al reconocimiento de un territorio colectivo homólogo a las tierras de resguardo (Decreto No. 1745 de 1995 por el cual se reglamenta el Capítulo III de la Ley 70 de 1993).

Es importante profundizar en la forma como las categorías de reservas indígenas⁷ y zonas de reserva campesinas, concebidas como una forma de redistribuir la tierra equitativamente a los campesinos, constituyen ejemplos de tierras comunales, que en algunas ocasiones funcionan como analogías de la propiedad colectiva.

7 Reserva indígena. Es un globo de terreno baldío ocupado por una o varias comunidades indígenas que fue delimitado y legalmente asignado por el INCORA a aquellas para que ejerzan en él los derechos de uso y usufructo con exclusión de terceros. Las reservas indígenas constituyen tierras comunales de grupos étnicos, para los fines previstos en el artículo 63 de la Constitución Política y la Ley 21 de 1991".

(http://www.minagricultura.gov.co/archivos/03_derechos_tierra_com_indigenas.pdf).

Ver también: <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/html/eplp-068/section3.html>



Retomando la información del “Atlas de páramos de Colombia” (Morales *et al.* 2007) queda claro que con el estado de conocimiento actual es difícil determinar cuáles son las áreas de resguardos indígenas para cada complejo (tabla 3), sus antecedentes históricos y sociales, además de otros tipos de propiedad colectiva que podrían existir en los páramos de Colombia.

3.4 Otras formas de propiedad

Es posible que existan otras formas de propiedad como los *commons* o las apropiaciones simbólicas, que definen los páramos como espacios sagrados partiendo de las visiones del territorio de diferentes grupos humanos. Es necesario explorar mucho más las formas de apropiación y relaciones que establecen poblaciones y usos particulares con la idea de propiedad y derechos en el páramo.

Casos que serían importantes de analizar son aquellos en los que existe superposición (traslape) entre distintos regímenes de propiedad, por ejemplo, el traslape entre resguardos y parques, entre propiedad privada y resguardos o entre parques y predios privados, etc. ¿Qué sucede en la práctica con este tipo de situaciones relacionadas con la propiedad?

Para finalizar

Este artículo presenta una serie de criterios para no limitar la relación entre diversidad cultural y conservación de los páramos de Colombia. Los criterios generales representados por la población, los usos de la tierra y la tenencia podrían servir como elementos descriptivos en un intento por lograr una mejor comprensión de las características de las tierras altas y su configuración como socioecosistemas.

En este sentido, se entiende que cualquier acto de definición y delimitación implica una decisión política que en este caso debería estar basada en el reconocimiento de la diversidad de modos de vida que tienen lugar como parte constitutiva de lo que son los páramos.

Aunque se trata de una serie de atributos muy generales en una tipología para la diversidad cultural en los páramos, puede ser útil como punto de partida contar con descripciones etnográficas comparables

que den cuenta de la variabilidad regional de poblaciones humanas y su relación con un ecosistema considerado como objeto de protección y conservación.

Se requiere un soporte de datos demográficos actualizados y confiables que permitan determinar quién es la gente que habita o se relaciona de algún modo con las tierras altas, a una escala más detallada para interpretar cambios y tendencias poblacionales de los usos y propiedad de la tierra.

Tabla 3. Criterios para la diversidad cultural de los páramos colombianos

Criterio	Atributo	Indicador
1. Población	1.1 Indígenas	Grupos étnicos
	1.2 Campesinos	-
	1.3 Otros	-
2. Usos de la tierra y subsistencia	2.1 Pastoreo	Cobertura: área de pasturas
	2.2 Cultivo	Cobertura: área de cultivos
	2.3 Minería	-
	2.4 Infraestructura	Servicios
	2.5 Militar	Batallones y bases
	2.6 Conservación	Áreas no transformadas
3. Tenencia y propiedad	3.1 Propiedad privada	Área de predios (fincas)
	3.2 Propiedad colectiva	Área de resguardos
	3.3 Propiedad pública	Áreas protegidas y baldíos

Finalmente, podríamos decir que a pesar de los esfuerzos de distintos investigadores por demostrar con rigurosidad científica el impacto de la agricultura, el pastoreo o la minería en el páramo sabemos muy poco sobre las formas de vida (cultura) de las poblaciones humanas que habitan las regiones de alta montaña, cuyo sustento depende de la cría de animales de rebaño, cultivos o extracción de minerales (Ospina 2010).

La gente, los usos de la tierra y la ocupación en muchos sentidos son representados

como una situación anómala, incompatible (irracional e insustentable) con la naturaleza *frágil* del páramo (ontología) que debería ser conservada como algo *intangible*. Frente a este conflicto conceptual de fondo para entender lo social en los páramos se requieren formas de aproximación innovadoras para conocer formas de vida más allá de la idea dominante de “buenas prácticas” (IDEAM 2011, Crespo y Rodríguez 2012) que ubican a la gente como modelo u objeto de intervención, cambio y manejo.



Agradecimientos

Sinceros agradecimientos a Yesid Llanos, María Alejandra Mera y Clara Fleury por su apoyo en la sistematización de los materiales bibliográficos recopilados y organizados durante su participación en el proceso de investigación. También a los estudiantes del Seminario Antropología y Conservación, que orienté en la Universidad del Cauca durante el segundo semestre de 2012, por retroalimentar algunos de los aspectos centrales aquí presentados.

Referencias

Alarcón, J., C. Barbosa, S. Cruz, D. Ramírez, F. Salazar, J. Ville y A. Villa. 2002. Transformación y cambio en el uso del suelo en los páramos de Colombia en las últimas décadas. *En: Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición de Hot Spot & Global Climatic Tensor*. IDEAM. Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, PNUD. Pp. 211-333.

Alessa, L., A. Kliskey y M. Altaweel. 2009. Toward a typology for social-ecological systems. *Sustainability: Science, Practice, & Policy* Volume 5, Issue 1. <http://ejournal.nbii.org>

Bateson, G. [1972] 2000. *Steps to an ecology of mind*. The University of Chicago Press.

- Bersen, O. 1991. Observaciones preliminares sobre el cultivo en zonas de páramo de Colombia. En *Novedades Colombianas*. Nueva Época. Núm. 3. Dic. Museo de Historia Natural. Universidad del Cauca. Popayán. Pp. 63-73.
- Buhaug, H., Gates, S. and L. Päivi. 2009. Geography, Rebel Capability, and the Duration of Civil Conflict. *Journal of Conflict Resolution*. Volume 53, Number 4 August, Pp. 544-569.
- Castaño, C., L. Franco y C. Rey. 2003. Colombia. En: Hofstede, R., P. Segarra y P. Mena. (Eds.). *Los Páramos del Mundo*. Proyecto Atlas mundial de páramos. Global Peatland Initiative/NC-UICN/Ecociencia. Quito. Ecuador.
- Caro, A. (Comp.) 2010. Memorias Talleres Definición de criterios para la delimitación de los diferentes tipos de páramos del país y de lineamientos para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D.C. 76 pp.
- Cohen, Y. 1974. *Man in Adaptation. The Cultural Present*. Chicago.
- Crespo, P. y T. Rodríguez. 2012. Buenas prácticas para la gestión de los páramos Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Proyecto Páramo Andino. CONDESAN. Quito. Ecuador.
- Crissman, C. 2001. La agricultura en los páramos: estrategias de uso del espacio. En: G. Medina Y P. Mena (Eds.). *La Agricultura y la Ganadería en los Páramos*. Serie Páramo 8. GTP/Abya Yala. Quito. Pp. 5-31.
- Douglas, M. 1987. *How Institutions Think*. Routledge & Kegan Paul. London.
- Fals-Borda, O. 1961. *Campesinos de los Andes*. Estudio sociológico de Saucío. Monografías sociológicas. Facultad de Sociología de la Universidad Nacional. Bogotá, Colombia.
- Falla, P. y E. Rolón. 2002. Proceso de ocupación y distribución poblacional y calidad de vida de los asentamientos humanos de alta montaña en Colombia. En: C. Castaño-U. (Ed.). *Páramos y ecosistemas altoandinos de Colombia en condición Hot Spot & Global Climatic Tensor*. Bogotá, Colombia. Pp. 267-274.
- FAO/UNEP. 1999. *The Future of our land: facing the challenge*. Guidelines for integrated planning for sustainable management of land resources. Rome, Italy. 71pp. <http://www.env-edu.gr/Documents/The%20Future%20of%20Our%20Land%20-%20Facing%20the%20Challenge.pdf>
- Galindo, W. y E. Murgueitio. 2005. Reducción Ganadera de los Páramos, una Contribución a la Adaptación al Cambio Climático de la Alta Montaña. Fundación CIPAV. I Conferencia Internacional de Cambio Climático: Impactos en los Sistemas de Alta Montaña. Noviembre 21, 22, y 23. Bogotá – Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, IDEAM, Suiza.
- Gómez, J. (Comp.) 2002. *Legislación indígena colombiana*. Fundación Gaia. Programa Coama. Bogotá.
- Guerrero, E. 2009a. ¿Minería en los páramos? Hacia políticas públicas responsables con los páramos. *Diálogo de políticas*. Edición 10. CONDESAN. Lima-Perú.
- Guerrero, E. 2009b. Implicaciones de la minería en los páramos de Colombia, Ecuador y Perú. Documento de trabajo. Proyecto Páramo Andino.
- Hofstede, R. 2001a. El Impacto de las Actividades Humanas en el Páramo. En: Mena, Patricio; Medina, Galo y R. Hofstede (Eds.). *Los Páramos del Ecuador*. Particularidades, Problemas y Perspectivas. Abga Yala / Proyecto Páramo Quito. Pp. 161-185.
- Hofstede, R. 2001b. El manejo del páramo como ecosistema estratégico. En: Mena, Patricio; Galo Medina y R. Hofstede (Eds.). "Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas". Abga Yala / Proyecto Páramo Quito. Pp. 297-305.
- Hofstede, R. 2002. El páramo como espacio de vida: La experiencia del manejo integral y participativo de un ecosistema, sus servicios ambientales y el desarrollo de sus habitantes. En: High Summit Multiconferencia Transcontinental. CRICYT, Mendoza, Argentina.
- Hofstede, R. 2003. Los páramos en el mundo: su diversidad y sus habitantes. En: Hofstede, R.; Segarra, P.; Mena-V., P. (Eds.). *Los páramos del mundo*. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/Ecociencia. Pp. 15-38.
- Hofstede, R., P. Segarra, P. Mena-V. (Eds.). 2003. *Los páramos del mundo*. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/Ecociencia. Pp. 15-38.
- IDEAM. 2011. *Sistemas agroforestales y restauración ecológica como medidas de adaptación al cambio climático en alta montaña*. Caso piloto Proyecto Nacional de Adaptación al Cambio Climático –INAP– componente B, IDEAM y Conservación Internacional, Bogotá.
- IDEAM 2002. *Páramos y Ecosistemas Altoandinos en condición Hot Spot & Global Climatic Tensor*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia- Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, 324 pp.
- Jarvis, A., E. Zapata, J. Ramírez y E. Guevara. 2010. Incremento en la presión sobre los Ecosistemas altoandinos por cambios en la adaptación de cultivos. En: Franco-Vidal, C. L., A. M. Muñoz, G. I. Andrade y L. G. Naranjo. (Compiladores y editores). 2010. *Experiencias de adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña (páramos y bosques de niebla) en los Andes del Norte*. Memorias del Taller Regional. Bogotá. Febrero 19 y 20 de 2009. WWF, MAVDT, IDEAM y Fundación Humedales. Pp. 55-63.
- Kearney, M. 1996. *Reconceptualizing the peasantry*. Anthropology in global perspective. Westview Press.
- Krader, L. 1974. Pastoreo. En: Sills, David (Dir.). *Enciclopedia Internacional de las Ciencias Sociales*. Vol. 7: 658-665. Editorial Aguilar. España.
- Levinson, D. 1995. *Human Environments*. A cross-cultural Encyclopedia. ABC-CLIO, Inc.
- Llambi, L. 2011. Uso del suelo en los páramos: impacto, dinámicas y tendencias. En Maldonado S. G. y De Bievre, B. (Eds.). *Paramundi 2do Congreso Mundial de Páramos*. Memorias. CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito. Pp. 110-115.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. *Cuarto Informe Nacional ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica*. República de Colombia. Bogotá, Colombia. 239 pp.
- Molinillo, M. y M. Monasterio. 1996. *Patrones tradicionales de pastoreo andino: Una comparación de casos en páramos y punas*. En: Uribe, Alicia. (Ed). *Biodiversidad, conservación y manejo de ecosistemas de montaña en Colombia*. Segundo Simposio Nacional sobre Ecosistemas de Montaña. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia.
- Molinillo, M. y M. Monasterio. 1997a. Pastoralism in paramo environments: practices, forage, and impact in vegetation in the Cordillera de Mérida, Venezuela. *Mountain Research and Development* 17 (3):197-211.
- Molinillo, M. y M. Monasterio. 1997b. Pastoreo y conservación en áreas protegidas de páramo de la cordillera de Mérida, Venezuela. En: Liberman, M. y C. Baied (Eds.). *Desarrollo sostenible de ecosistemas de montaña: manejo de áreas frágiles en los Andes*. UNU. Bolivia. Pp. 93-109.
- Molinillo, M. y M. Monasterio. 2001. Usos del espacio en sistemas pastorales andinos. Una comparación mediante SIG y EMC. En: IV Simposio Internacional de Desarrollo Sustentable en los Andes. La estrategia andina para el siglo XXI. Universidad de Los Andes Mérida. Venezuela.
- Molinillo, M. y M. Monasterio. 2002. El Uso del Espacio Pastoral para Evaluar el Impacto Ambiental Potencial de Sistemas Ganaderos en Cuencas de Montaña. Una Comparación de Casos Andinos Utilizando Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio. En: High Summit. Multiconferencia Transcontinental. CRICYT, Mendoza, Argentina.
- Monasterio, M., M. Molinillo y J. Smith. 2002. Sostenibilidad ecológica y social de la producción Agrícola en la cordillera de Mérida: el Flujo de los Servicios Ambientales de los Páramos Altiandinos para la Agricultura Papera. En X Simposio Latinoamericano de Percepción Remota y Sistemas de información Espacial-SELPER 2002. Cochabamba.
- Morales, M., J. Otero, T. Van der Hammen, A. Torres, C. Cadena, C. Pedraza, N. Rodríguez, C. Franco, J. Betancourth, E. Olaya, E. Posada y L. Cárdenas. 2007. *Atlas de páramos de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá.
- Netting, R. 1986. *Cultural ecology*. Wavelan Press Inc.
- Ochoa, R. y E. Sánchez. 2004. Los pueblos indígenas de Colombia en el umbral del nuevo milenio. Departamento Nacional de Planeación (DNP). Bogotá.

- Ospina, G. 2000. Sociedades campesinas de la alta montaña. Sobreviviendo entre ganado, amapola, ambientalistas y grupos armados en el páramo de Las Hermosas. Trabajo de grado. Departamento de Antropología. Universidad del Cauca. Popayán. Colombia. 148 pp.
- Ospina, G. 2010. La gente de la alta montaña: Propuesta de atributos socioculturales para la delimitación (clasificación) de los páramos en Colombia. *En*: Caro, A. (Comp.). Páramos y gente: Elementos socioculturales para la delimitación de los páramos en Colombia. Memorias Talleres Definición de criterios para la delimitación de los diferentes tipos de páramos del país y de lineamientos para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá. Pp. 31-40.
- Ospina, G. y J. Tocancipá. 2000. Los estudios sobre la alta montaña ecuatorial en Colombia. *Revista Colombiana de Antropología*. Vol. 36. Enero – Diciembre. Instituto Colombiano de Antropología. ICANH. Bogotá.
- PNUD. 2011. Colombia rural. Razones para la esperanza. Bogotá D.C. Colombia. INDH PNUD. 443 pp.
- Política Integral de Tierras: Restitución, Formalización y Procesos Agrarios en Colombia 2012.
- Rodríguez, N. y J. Camacho. (Organizadoras). 2007. Simposio Quienes son los campesinos hoy?: Diálogo en torno a la antropología y los estudios rurales en Colombia. 12° Congreso de Antropología en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Salas, N. 2003. Del frailejón a la papa, entre la conservación y la agricultura. *Revista Venezolana de Sociología y Antropología*. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. Vol. 13, Num. 36, Enero-Abril. Pp. 53-173.
- Sánchez, A., M. Aide, M. Clark y A. Etter. 2012. Land cover change in Colombia. Surprising forest recovery trends between 2001 and 2010. *PloS ONE* 7(8): e43943. doi:10.1371/journal.pone.0043943.
- Steward, J. 1974. Ecología cultural. *En*: Sills, David (Dir.). *Enciclopedia Internacional de las Ciencias Sociales*. Vol. 3: 45-51. Editorial Aguilar. España.
- Tocancipá, J. 2007. Identidades y Cambios sobre las representaciones de lo campesino en la Antropología Colombiana (1960-2000). *En* Rodríguez, Nadia y J. Camacho. (Organizadoras). Simposio Quienes son los campesinos hoy?: Diálogo en torno a la antropología y los estudios rurales en Colombia. 12° Congreso de Antropología en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Torres, F. 2005. Desertificación por minería metálica en páramos y bosques de neblina de nacientes de cuenca en norte de Perú. *Zonas Áridas* No. 9.
- Vargas, O. 1996. El Impacto del Fuego y el Pastoreo sobre el medio ambiente Páramo. *En*: Reyes, P. (ed.). 1996. "El Páramo Ecosistema a Proteger". Fundación de Ecosistemas Andinos (ECOAN). Editorial Códice. Bogotá. Pp. 64-72.
- Vargas, O., M. Zalamea y J. Premacier. 2001. Sucesión, regeneración del páramo después de quemadas y pastoreo. (Parque Nacional Natural Chingaza) Colombia. *En*: IV Simposio Internacional de Desarrollo Sustentable en los Andes. Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela. Pp.103-116. (digital).
- Vargas, O., J. Premauer y C. Cárdenas. 2002a. Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. *Sociedad Venezolana de Ecología, ECOTROPICOS* 15(1).
- Vargas, O., J. Premauer y M. Zalamea. 2002b. Impacto de fuego y ganadería sobre la vegetación de páramo. *En*: Congreso mundial de paramos. Memoria tomo 1. ministerio del medio ambiente, corporación autónoma regional de Cundinamarca, instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, conservación internacional Colombia. Paipa - Colombia. Memorias tomo 1. Pp 819-841.
- Wolf, E. 1971. Los Campesinos. Volumen 126 Nueva Colección Labor. Sociología y Economía. Barcelona. España.

A manera de conclusión

Marco de principios, criterios e indicadores para la delimitación de los páramos del país

David Rivera Ospina, Henry Arellano, María Carolina Pinilla, Catherine Gamba-Triminiño, Camilo Rodríguez, Felipe Rubio Torgler, Nohra León, Camilo Londoño, Martha García y Álvaro Gómez



Marco de principios, criterios e indicadores para la delimitación de los páramos del país

David Rivera Ospina, Henry Arellano, María Carolina Pinilla, Catherine Gamba-Triminiño, Camilo Rodríguez, Felipe Rubio Torgler, Nohra León, Camilo Londoño, Martha García y Álvaro Gómez

Introducción

Los páramos de Colombia presentan actualmente diferentes problemáticas socioambientales. La fuerte presión que ejercen los diferentes sectores productivos en las áreas de páramo hace evidente la necesidad de definir límites precisos y lineamientos que permitan tomar decisiones respecto a la posibilidad o no de desarrollar este tipo de actividades y garantizar de esta manera la integridad ecológica de estos ecosistemas.

La heterogeneidad biofísica, climática, ambiental y social, ubicación geográfica y el estado en el cual se encuentran los páramos en Colombia no permite contar con criterios únicos que permitan delimitar estos ecosistemas y sectorizar las actividades, de manera tal que se evite el desarrollo de actividades nocivas con el medio. La falta de claridad sobre los límites ecosistémicos y geográficos de los páramos genera inconsistencias en la definición de actividades de manejo, a lo que se suma la problemática de orden social y de ordenamiento del territorio.

El Convenio de asociación No. 09.282/2009 entre Instituto Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial "Definición de criterios para la delimitación de los diferentes tipos de

páramos del país y de lineamientos para evitar los efectos adversos sobre su integridad ecológica” plantea una propuesta metodológica “novedosa”, en contraste con anteriores visiones de tipo exclusivamente biofísico, para abordar la compleja problemática de los páramos del país, basada en la construcción de un enfoque socioecológico (Alessa *et al.* 2009). Esto implica abordar un marco referente interdisciplinario (teórico, ético y espacial).

El considerar los páramos como sistemas socioecológicos (SSE o SES) abre el alcance de términos como el de la integridad ecológica, más allá de una dicotomía entre lo biofísico y lo humano. Tal y como lo afirman Quigley *et al.* (2001) la integridad en este caso supone no solamente rehabilitar los ecosistemas o, si es el caso, mantenerlos en su estado prístino, sino también reconocer sus conexiones con los sistemas socioculturales: las implicaciones que tienen los espacios, las formas y procesos de ocupación humana en la estructura y funcionamiento de la naturaleza. Esta idea lleva asociada una consideración ética sobre lo que la sociedad considera admisible imponer a la naturaleza, y por tanto la decisión sobre el tipo y calidad de naturaleza con la que queremos convivir (Vélez Restrepo y Gómez Sal 2008).

El esfuerzo interdisciplinario que constituye este ejercicio descubre y estimula múltiples campos de reflexión sobre los principios, criterios y enfoques con que se define e interpreta nuestro entorno. Se partió de la premisa de que un territorio natural coevoluciona estrechamente con las dinámicas sociales y se conforma y define en consonancia con los procesos históricos de simbolización y apropiación humana.

Presentamos aquí la propuesta final de tipología socioecológica realizada con base en el uso de variables generales pero precisas. Así mismo, realizamos la propuesta de Principios, Criterios e Indicadores (P-C & I) para delimitar los diferentes páramos del país. La definición de variables y criterios



para la tipificación y delimitación se configuró en un proceso complejo y diverso que ahondó en las múltiples preguntas encaminadas a la definición y la esencia misma del páramo, así como de su manejo.

Por ello, la aproximación de este trabajo aborda variables, principios y criterios que contemplan los principales aspectos sociales, ecológicos y ambientales que permitirán guiar los procesos encaminados a definir los posibles límites del páramo. Es preciso aclarar que para su implementación práctica es indispensable continuar aplicándolos a escalas regionales y locales para así poder contemplar suficientemente la especificidad y particularidad propia de cada uno de los tipos de páramos, sus tendencias de cambio y amenazas.

Dentro del proceso de definición de criterios para la delimitación del páramo en la escala nacional es importante tener en cuenta que ella requiere un protocolo sistemático para la definición de dichos criterios, dada la complejidad que puede surgir al tratar de hacer la selección e implementar en las localidades. Este listado potencial deberá ser afinado posteriormente mediante un proceso de selección (filtro), en el que cada criterio cumpla con diferentes premisas, requisitos y supuestos, definidos y fundamentados a partir del análisis del contexto real para el cual se está haciendo la delimitación; es decir, con claridad sobre la finalidad del ejercicio.

La selección puede precisar que cada criterio seleccionado pueda ser relacionado con las diferentes escalas que se están abordando para la delimitación (temática, geográfica, temporal, institucional, etc.) y de esta manera mejorará la comprensión para su implementación.

Consideraciones generales

Según el estado del arte y experiencias en torno a la delimitación y definiciones de páramo, y como parte de las reflexiones

hechas al interior del equipo del trabajo del convenio, y las discusiones y aportes provenientes del taller de expertos, este apartado presenta algunas ideas en torno a los escenarios de delimitación sugeridos dentro del esquema metodológico de Principios – Criterios e Indicadores (P – C & I), que más adelante se mencionarán.

En este orden de ideas, el límite del páramo debe ser definido desde unas variables biofísicas (comunidades vegetales, bioclima, suelos, geomorfología, etc.) que garanticen su integridad en la dimensión ecosistémica. Sin embargo, el límite “científicamente” propuesto se alza en medio de límites anteriores, mojones definidos desde las comunidades que han habitado y/o utilizado el páramo.

Por ello, implantar una delimitación eminentemente técnica podría generar conflictos con esas formas precedentes de territorio y de uso del espacio. Así, una definición del límite paramuno desde la ecología o la biología debe retroalimentarse con las concepciones locales de territorio, necesita hacerse más robusto y socialmente viable, incluyendo la visión del páramo proveniente de las comunidades, y objetivarse bajo el concepto de los espacios de uso.

Un espacio de uso se define como aquella locación en la cual ocurre alguna forma de utilización social: espacios para la agricultura, espacios para la socialización, espacios para la conservación, espacios sagrados, espacios para la cacería, espacios para la recarga de acuíferos, entre otros. En los espacios de uso y en su funcionamiento espacial generado desde el conocimiento local, se evidencia la relación de las comunidades con el ecosistema páramo, así como las necesidades concretas de espacio para la reproducción social y cultural.

Las siguientes premisas pueden ser utilizadas y fortalecidas como **condicionales** para dirigir la selección, claridad y aplicabilidad de los criterios más pertinentes, de manera que se encause el ejercicio sin perder

de vista su finalidad. Así, para la delimitación en general y la definición de cada criterio se supone que:

1. Los criterios deberán asegurar la materialización de la finalidad y objetivos de la presente delimitación. “La finalidad es precisar en campo un límite preexistente del páramo, utilizando los criterios definidos en este evento, como herramienta para la toma de decisiones en los procesos de administración de los recursos naturales”. De esta manera, todos los criterios deberán responder a lo anterior.
2. Se deberá partir del supuesto de que no existe un número de criterios tal que asegure la inclusión de todo lo que se quiere delimitar como páramo desde los diferentes intereses; sin embargo, sí se deberán abordar grupos de criterios asociados a diversas visiones desde la realidad de los territorios. Así como el contexto de planificación nunca una delimitación será perfecta.
“Existe una falta de conocimiento considerable e incertidumbre sobre los límites actuales en diferentes ecosistemas. Si bien una investigación ulterior puede reducir estas incertidumbres, dada la naturaleza dinámica y compleja es posible que nunca lleguemos a un conocimiento perfecto.” (CDB 2004)
3. La aplicación de los diversos grupos de criterios para la delimitación deberá ser dinámica entre regiones o localidades, por tanto, cada criterio deberá ser tan relevante y substancial que no será necesario que un área cumpla con todos los criterios de delimitación, y bastaría con el cumplimien-

to de algunos de ellos para que un área sea incluida dentro del área de páramo.

4. El “objeto” a delimitar cuenta con una definición o caracterización conceptual establecida en la Resolución 0769 de 2000, con el fin de unificar conceptos en las diferentes instancias (estatal, privada, nacional, regional y local) y evitar la multiplicidad de interpretaciones que complejizan y distraen los procesos de administración de recursos naturales.
5. Teniendo en cuenta la finalidad del presente caso la delimitación de páramo no deberá ser una definición legal o política; deberá ser en todo caso una construcción técnico-científica de utilidad para aplicar en el ámbito legal.
6. Todos los criterios de delimitación seleccionados deberán ser lo más objetivos, evidentes, identificables o tangibles posibles para el nivel técnico, y más importante aún, para los que no lo son. Esta objetividad requerida se revierte en su útil aplicación en campo, o en el momento de utilizar tecnologías para su representación cartográfica.
7. La participación de la ciencia en este ejercicio tiene el reto de traducir el conocimiento científico disponible a un contexto práctico de utilidad, teniendo en cuenta la premisa anterior.
8. Cada criterio deberá estar claramente relacionado con una escala temática, geográfica, temporal, etc., a la cual pertenecerá, de manera que sea clara también su aplicación práctica.
9. En relación con la temática de los criterios: la definición de criterios

para la delimitación del páramo deberá considerar la integración de grupos de criterios provenientes de diferentes ámbitos temáticos: biológico, antropológico, servicios ambientales, climático, etc.

- a. *Biológico*: el conocimiento biológico disponible del páramo define la posibilidad de que las manifestaciones de variabilidad de sus patrones ecológicos sean incluidas dentro de la delimitación, lo cual lograría una mayor representación del ecosistema. En la medida en que más variabilidad pueda ser incluida más grande será la escala de delimitación, representada en criterios más específicos. Por el contrario, en la medida en que menos variabilidad se conozca más pequeña será la escala de delimitación representada en criterios de patrones más generales.

Por esto, es necesario tener en cuenta qué tanta especificidad biológica se quiere o puede abordar en criterios para la delimitación: ¿por presencia de patrones o fenómenos ecológicos en el ecosistema a grande, mediana o pequeña escala? ¿Por presencia o patrones ecológicos de determinadas comunidades biológicas (presencia de asociaciones vegetales típicas)? ¿Por presencia o fenómenos ecológicos de especies o poblaciones biológicas (endemismos, extinción)? ¿Por patrones corológicos (distribución de Asteraceae y

especies características o propias del ecosistema)? ¿Por patrones ecológicos de adaptación al clima de la alta montaña (p ej. necromasa por encima del suelo con función de mantenimiento de temperatura, especies adaptadas a la alta presión osmótica del suelo)? ¿O por áreas en proceso de restauración con especies propias del páramo?, etc.

- b. *Antropológica*: en el marco de la pluriculturalidad colombiana algunas comunidades con fuerte identidad cultural pueden tener áreas y elementos naturales asociados al páramo que son utilizados para el desarrollo de sus entidades culturales. En tales casos deberán definirse criterios socioculturales especiales, que puedan ser mapeados directa o indirectamente, los cuales serán implementados en las escalas geográficas más grandes (escala local y subregional según el caso).

A pesar de que los criterios sociales deben ser muy prácticos, en la medida en que sea conveniente o posible establecerlos, la delimitación puede contar con el respaldo social en el momento de su aplicación, monitoreo y vigilancia.

- c. *Servicios ambientales*: con la inclusión de criterios relacionados con los servicios ambientales que ofrece la estructura y función ecológica de los páramos se reconoce tácitamente que esta puede ser igual o mayor al valor

económico de los recursos mineros de tales territorios.

10. La delimitación del páramo para la finalidad específica (punto 1) no necesariamente es pertinente o apta para otras finalidades, por lo tanto los aspectos temáticos en los criterios para la definición de áreas no tienen la misma ponderación. Por ejemplo, la delimitación del páramo para la presente finalidad requiere una mayor tangibilidad y objetividad que deberá ser basada en aspectos físicos y funcionales del ecosistema; es más rígida que una delimitación para el manejo del ecosistema, para el que el principal componente deberá ser el social.
11. En relación con la escala geográfica de los criterios:
 - a. Cada criterio perteneciente a la escala temática abordada también deberá obedecer a una escala geográfica determinada: de aplicación nacional, regional, local (administrativas), según el caso.
 - b. Los criterios de cualquier escala temática deberán asegurar que se aborde la escala geográfica más grande posible, lo cual se explica en que cuanto mayor sea el acercamiento a la realidad en el terreno más preciso y representado quedará el ecosistema en su delimitación frente a los diferentes intereses. Sin embargo, está sujeto a la disponibilidad de información.
 - c. Criterios de escala global: se refiere a los fundamentales, primarios o generales, aplicables como referencia a

cualquier región. Ellos serán la información mínima para la delimitación de los páramos, y servirán de punto de partida y articulación para los criterios de escalas más grandes. Deberán considerarse parámetros o indicadores del páramo, que sean generales, repetitivos geográficamente, persistentes en el tiempo, reincidentes, y que por sus patrones notables puedan identificarse en cualquier parte donde esté presente este ecosistema.

- d. Criterios de escalas subregionales y locales: para cada tema existirán criterios que aborden esta escala, a fin de poder reconocer las particularidades de determinadas regiones o localidades, de forma que se incluya la variabilidad expresada por el ecosistema.
12. En relación con la escala temporal de los criterios: teniendo en cuenta la finalidad del presente caso (punto 1), los criterios para la delimitación del páramo deberán suponer su utilidad en el corto plazo, evitando la necesidad de extensas investigaciones que los inutilicen para la delimitación actual.
13. En relación con el ámbito institucional de los criterios:
 - a. La presente delimitación del páramo no parte de un estado cero: los criterios para esta delimitación deberán permitir que los procesos de gestión, identificación, ordenamiento ambiental y planificación del ecosistema de páramo, desarrollados previamente o en desarrollo por las Cor-

poraciones en atención a directrices y normas (POMCA, EEAP y PMA, definición de áreas de conservación de fauna silvestre, delimitación de zonas y áreas protegidas preexistentes y en proceso, etc.) sean ejercicios considerados como criterios para esta delimitación.

- b. La definición de los criterios deberá tener en cuenta: las posibilidades tecnológicas actuales existentes en las Corporaciones; el requerimiento de personal técnico necesario para su implementación considerando la realidad de las entidades; los costos por evaluación tasados para el usuario; y la necesidad de inversión que las entidades deban realizar para su implementación. Este es un aspecto muy importante que puede, en últimas, definir las escalas de trabajo.

Aproximación metodológica

En la definición de páramo se encuentran diferentes enfoques con predominio de una visión naturalista. De la misma manera, a la hora de establecer los límites entre el bosque y el páramo han prevalecido criterios provenientes de aproximaciones biofísicas como el clima, los suelos, la biodiversidad y el endemismo, la vegetación y la cota altitudinal (Van der Hammen 2007).

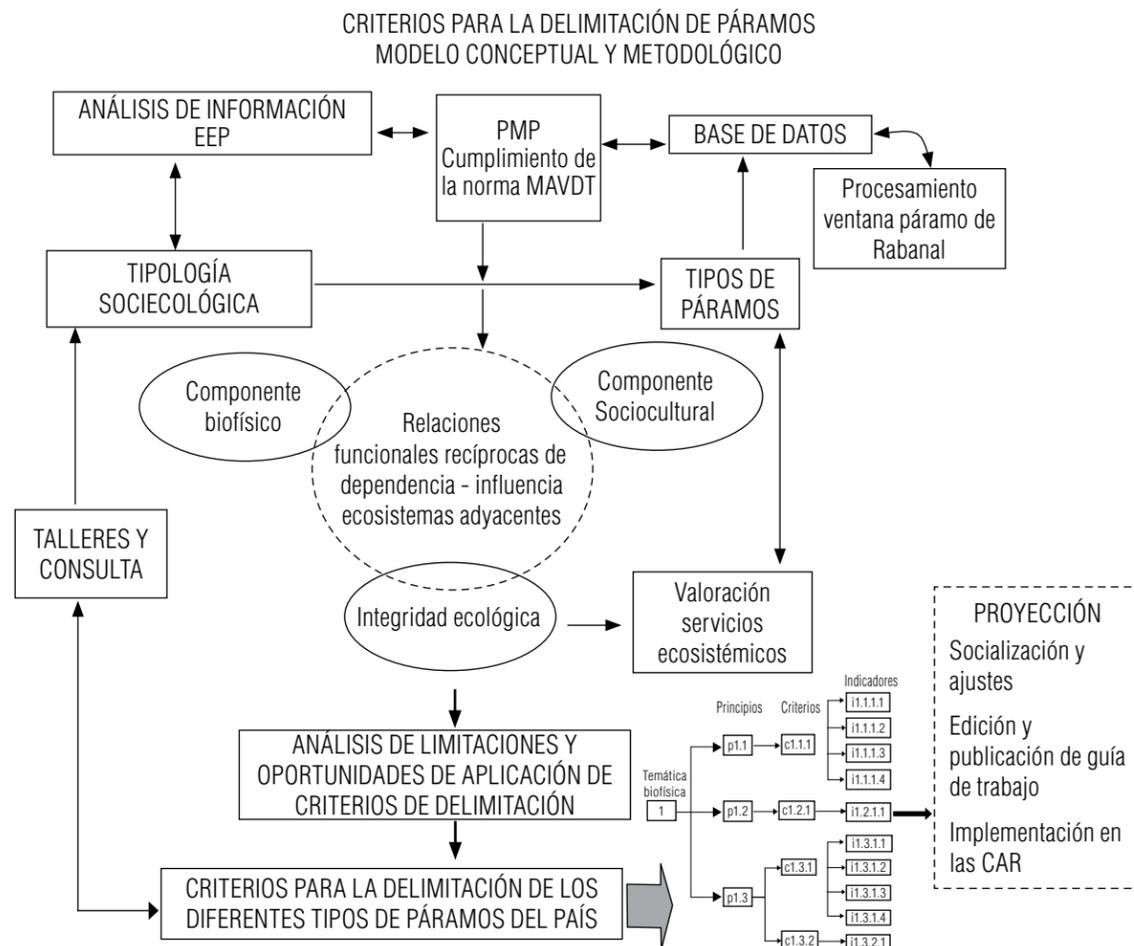
El ejercicio de clasificar y construir una cartografía de los páramos del país a escala 1:250.000 (Morales, *et al.* 2007) implementó como principales criterios: i) la biogeografía en términos de distribución, composición y endemismo de comunidades vegetales, y ii) el análisis detallado de coberturas vegetales (tipos de bioma) y cotas altitudinales con herramientas de sistemas de información

geográfica (SIG). Pese a este gran esfuerzo nacional muchas áreas de páramo han sido excluidas de los límites por cuestiones de escala y de transformación por disturbio antrópico, entre otros.

En la escala regional y local, a partir de los lineamientos establecidos por la Ley 1382 de 20 de febrero de 2010, las Corporaciones Autónomas Regionales deben realizar la delimitación de los páramos en sus jurisdiccio-

nes a partir la base cartográfica del “Atlas de páramos de Colombia”. Así mismo, de acuerdo con las metas de planificación definidas por las resoluciones 0769 de 2002, la 0839 de 2003 y la 1128 de 2006, las CAR deben realizar y adoptar los EEAP y los Planes de Manejo Ambiental de Páramos (PMAP). En la figura 1 se presenta el modelo conceptual de la metodología diseñada para definir los criterios de delimitación de páramos.

Figura 1. Esquema conceptual y metodológico para la construcción de los criterios de delimitación de páramos de Colombia



Durante el taller de expertos en páramo realizado entre el 8 y el 10 de marzo en Bogotá para la definición de criterios de delimitación las CAR que han avanzado en estos

procesos expusieron los criterios utilizados para la delimitación de páramos en su territorio (tabla 1).

Tabla 1. Criterios utilizados para delimitar páramos por parte de las CAR participantes en el taller de expertos de páramos

Corporación	Criterios empleados
CVC	Cobertura vegetal (1:50.000) y cota altitudinal
ALTO MAGDALENA	Usos, coberturas y cota altitudinal
CAR CUNDINAMARCA – BOYACÁ	Bioclima, geomorfología y cobertura vegetal. Delimitación de corredores
CDMB	Bioclima, cota altitudinal
CORPOBOYACÁ	Coberturas vegetales a 1:100.000 con metodología de Corine Land Cover
CORPOCHIVOR	Cobertura vegetal, cota altitudinal y predio
CORPOCALDAS	Bioclima y cobertura vegetal
CORTOLIMA	Cota altitudinal, provincias climáticas, unidades de suelos y coberturas vegetales
CORPOGUAJIRA	Unidades de paisaje: geomorfología y cobertura vegetal
CRQ	Coberturas vegetales, cuencas hidrográficas, límite predial, oferta de bienes y servicios ambientales, corredores biológicos, participación social

El enfoque metodológico propuesto para establecer los criterios de delimitación se definió a partir del esquema de P-C&I propuesto por CIFOR e implementado por De Campos y Finegan (2001). Los estándares de P-C&I son herramientas útiles para coleccionar y organizar información a varios niveles, así como para conceptualizar, evaluar y comunicar sobre el manejo de los recursos (Prabhu *et al.* 1999) (figura 2).

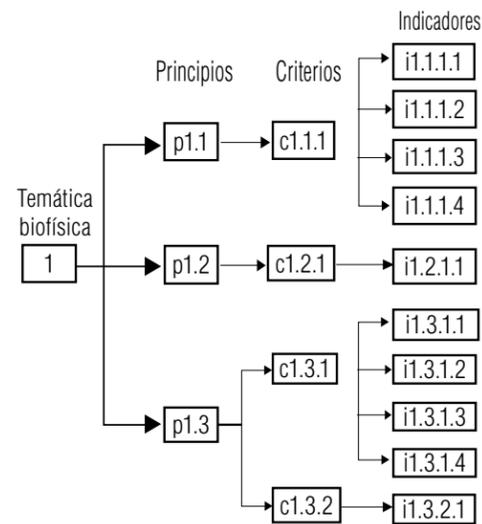
En este orden de ideas los principios corresponden al nivel más alto del esquema jerárquico. Se presentan a manera de afirmaciones fundamentales sobre aspectos del páramo que deben tenerse en cuenta a la hora de hacer la delimitación. El nivel de informa-

ción que presenta el principio es clave para sustentar los criterios que dentro de su sistema jerárquico se encuentren enunciados. El esquema jerárquico general de la estructura de P-C &I por temática se aprecia en la figura 2.

A su vez los criterios son estándares a través de los cuales los principios pueden ser considerados. Se presentan como reflexiones de conocimiento que definen estados o condiciones del páramo y/o su contexto, que deben ser fundamentales para implementar la delimitación.

Finalmente, los indicadores son componentes o variables que se sustentan por criterio y que sirven para orientar las acciones que se deben implementar para realizar la delimitación.

Figura 2. Esquema general de la estructura de P-C & I por temática. P. eg. Temática biofísica



ta general para implementar procesos de delimitación que favorezcan/mantengan la integridad ecológica y territorial del páramo. Con base en un proceso colectivo de recopilación de información y de discusión se definieron los estándares de P-C & I distribuidos en siete temáticas:

- Biofísica (1)
- Sociocultural (2)
- Servicios ecosistémicos (3)
- Escalas de delimitación (4)
- Integridad ecológica (5)
- Hidrología (6)
- Resolución espacial – tecnología (7)

A continuación (tabla 2) se muestra la matriz de Principios, Criterios e Indicadores en los componentes mencionados. En la tabla 3 se muestra el resultado del análisis de oportunidades y limitantes para cada criterio considerado.

Definición de criterios

Partiendo del conocimiento previo sobre delimitación de páramos el presente estudio adoptó una aproximación integrada y sistémica, que permitiera a través de un proceso estructurado desarrollar una propues-

Tabla 2. Principios, Criterios e Indicadores para la delimitación de los páramos

1. Criterios biofísicos

Principio	Criterio	Indicador
1.1 La zona ecuatorial tropical de alta montaña de Colombia presenta en el gradiente altitudinal una región de vida paramuna o páramo.	1.1.1 A partir de la cota altitudinal de 3000 msnm se presentan condiciones biofísicas que identifican al páramo, con variaciones locales de topografía, clima, flora, fauna, suelo y usos. Esta variación local permite el desarrollo de páramos azonales a menor altitud, rodeados por el bosque andino.	1.1.1.1 Variación local de clima según cordilleras y vertientes, exposición de las vertientes, las franjas y las variaciones latitudinales.
		1.1.1.2 Variación local de suelos: andisoles, entisoles, inceptisoles, histosoles, otros.
		1.1.1.3 Variación local de flora, riqueza, diversidad, endemismo.
		1.1.1.4 Variación local de fauna, riqueza, diversidad, endemismo.
		1.1.1.5 Variación local de usos y tradiciones.
		1.1.1.6 Franjas de cota altitudinal.
		1.1.1.7 Rango de acción de grandes mamíferos silvestres (venado, puma, danta, oso, otros).

Principio	Criterio	Indicador
1.1 La zona ecuatorial tropical de alta montaña de Colombia presenta en el gradiente altitudinal una región de vida paramuna o páramo.	1.1.2 El paisaje de páramo se caracteriza por geoformas y procesos de modelado glaciar heredado, producto de la dinámica glaciar, fluvio-glaciar, volcánica, fluviovolcánica o volcanoglaciar, según corresponda al tipo de cordillera, y son principalmente morrenas longitudinales o frontales, diferentes tipos de valles en forma de “u”, cubetas de excavación, entre otras geoformas.	1.1.2.1 Formaciones superficiales asociadas al sistema glaciar heredado.
		1.1.2.2 Formaciones superficiales asociadas al sistema altoandino inestable.
		1.1.2.3 Procesos morfogénicos asociados al sistema glaciar heredado.
		1.1.2.4 Procesos morfogénicos asociados al sistema altoandino inestable.
1.2 Los páramos son “ecosistemas” que están en constante evolución, dinámica y transformación, en estrecha relación con el límite superior del bosque andino.	1.2.1 Hay diferentes ecoclinas o ecotonos, o tipos de límites–fronteras entre el gradiente páramo–bosque altoandino en relación con diferentes tipos de disturbio (incendios, ganadería, agricultura, minería, otros). 1.2.2 Bajo el amparo del principio de precaución las zonas de alta montaña paramuna que, por diferentes disturbios de origen natural o antrópico no posean la vegetación típica de páramo, pueden ser consideradas como tal.	1.2.1.1 Frontera brusca y conectada.
		1.2.1.2 Frontera brusca y desconectada.
		1.2.1.3 Frontera zonal de transición gradual y anchura constante.
		1.2.1.4 Frontera gradual y de anchura variable.
		1.2.2.1 Estimación de vegetación potencial ajustada.

2. Criterios socioculturales

Principio	Criterio	Indicador
2.1 Los páramos son territorios social y culturalmente construidos.	2.1.1 Procesos de transformación de usos y coberturas en el límite inferior del páramo o subpáramo identificada.	2.1.1.1 Grado de transformación.
		2.1.1.2 Áreas dedicadas a cultivo y ganadería.
		2.1.1.3 Identificación del mosaico agrícola.
		2.1.1.4 Áreas dedicadas a minería.
		2.1.1.5 Conflictos por uso de recursos.
	2.1.2 Diversos actores locales participan de un proceso de delimitación del páramo.	2.1.2.1 Nivel de apropiación simbólica y material del páramo.
		2.1.2.2 Grado de transformación bajo diferentes lógicas.
		2.1.2.3 Espacio y subsistencia de las familias que lo habitan.
		2.1.2.4 Nivel de comprensión de la frontera o límite del ecosistema en el conocimiento tradicional.
		2.1.2.5 Grado de integración del conocimiento local y las tecnologías cartográficas.
	2.1.3 Procesos socioculturales y ecosistémicos articulados, necesarios para la supervivencia de las comunidades que habitan la alta montaña.	2.1.3.1 Límite de las zonas aptas para poblamiento.
		2.1.3.2 Zona de manejo de recursos forestales e hídricos.
		2.1.3.3 Sitios de paso.
		2.1.3.4 Áreas de pastoreo temporal.

Principio	Criterio	Indicador
2.2 En el ordenamiento ambiental territorial del páramo la participación social es esencial.	2.2.1 Ordenamiento ambiental territorial del páramo participativo.	2.2.1.1 Número de consultas sobre uso y no uso de ecosistemas de páramo vinculados a procesos de ordenamiento territorial.
		2.2.1.2 Número de procesos de aplicación de mecanismos de participación ciudadana, vinculados al uso y no uso de ecosistemas de páramo.
2.3 Los territorios y las nociones de espacio y lugar de las comunidades locales en la delimitación de páramos es respetada.	2.3.1 Comunidades locales consultadas sobre los lugares significativos y espacios de uso en el mismo complejo de páramos.	2.3.1.1 Asentamientos al interior del páramo.
		2.3.1.2 Zonas de cultivo y de pastoreo.
		2.3.1.3 Áreas de conservación.
		2.3.1.4 Nacederos.
		2.3.1.5 Sitios de captación de aguas.
		2.3.1.6 Sitios rituales y/o de significado social y cultural para las comunidades locales.
		2.3.1.7 Lugares de significado histórico.

3. Criterios de servicios ecosistémicos

Principio	Criterio	Indicador
3.1 Los beneficios y servicios ecosistémicos que inciden en el bienestar de las comunidades presentes en el páramo y su área de influencia es el resultado de una dinámica permanente de múltiples interacciones físico-bióticas y socioecológicas, que expresan una serie de funciones ecosistémicas del páramo.	3.1.1 La regulación hídrica y demás beneficios ecosistémicos proveniente del páramo es garantizada.	3.1.1.1 Áreas (ha) de conservación para la sostenibilidad de la integridad ecosistémica.
		3.1.1.2 Área (ha) en zonas de recarga hídrica.
		3.1.1.3 Grado de conectividad.
		3.1.1.4 Nivel de bienestar de la población humana, derivado de los beneficios que genera la integridad del ecosistema.
	3.1.2 La capacidad del ecosistema para disponer y regular un flujo hídrico continuo, en cantidades y calidad apropiadas es garantizado.	3.1.2.1 Área (ha) de las zonas de conservación y manejo para la captación de aguas.
		3.1.2.2 Índice de almacenamiento del agua en el suelo.
		3.1.2.3 Índice de sostenibilidad (local, regional) del sistema hídrico.
		3.1.2.4 Tasa del umbral de agua sostenible y de alta calidad para satisfacer consumos directos e indirectos de la población.
		3.1.2.5 Mejoras en la calidad de vida de la población humana por provisión adecuada y de alta calidad del agua.
		3.1.2.6 Tasa de infraestructura para reservas de agua a nivel local y regional.
	3.1.3 Acumulación y fijación de carbono en los ecosistemas del páramo evaluado.	3.1.3.1 Tasa de capacidad de retención de carbono.
		3.1.3.2 Tasa de transformación del suelo por actividad ganadera, agrícola y minera.

Principio	Criterio	Indicador
3.1 Los beneficios y servicios ecosistémicos que inciden en el bienestar de las comunidades presentes en el páramo y su área de influencia es el resultado de una dinámica permanente de múltiples interacciones físico-bióticas y socioecológicas, que expresan una serie de funciones ecosistémicas del páramo.	3.1.4 El suelo paramuno en buen estado de conservación.	3.1.4.1 Tasa de transformación del suelo por procesos de ganaderización.
		3.1.4.2 Tasa de perturbación del suelo por actividad agrícola.
		3.1.4.3 Tasa de perturbación del suelo por actividad minera.
		3.1.4.4 Índice de capacidad de carga.
		3.1.4.5 Tasa de reposición de los suelos y restauración.
	3.1.5 Agrobiodiversidad y sistemas de producción campesina protegidos.	3.1.5.1 Índice de cambios en la biodiversidad.
		3.1.5.2 Tasa de diversidad de la producción indígena y campesina, con fines de subsistencia.
		3.1.5.3 Índice de sostenibilidad de la producción/productividad indígena y campesina.
		3.1.5.4 Índice de reposición de suelos por agricultura de conservación.
		3.1.5.5 Tasa de pérdida de agrobiodiversidad y erosión genética.
	3.1.6 La belleza paisajística es conservada y protegida.	3.1.6.1 Índice de pérdida de vegetación nativa del paisaje.
		3.1.6.2 Tasa de diversidad de vegetación.
3.1.6.3 Índices de cambio climático local, regional y global.		
3.1.6.4 Tasa de expansión de la frontera agrícola.		
3.1.6.5 Área (ha) con destino a la conservación.		
3.1.6.6 Grado de transformación del paisaje por la minería.		

4. Criterios de escala en la delimitación

Principio	Criterio	Indicador
4.1 Los límites de los páramos se deben definir e implementar a partir de tres escalas: nacional, regional y local.	4.1.1 El límite en la escala nacional lo determina el "Atlas de páramos de Colombia" (escala 1:250.000).	4.1.1.1 Mapa de complejos de páramo.
	4.1.2 El límite en la escala regional (1:50.000) debe implementarse teniendo en cuenta, entre otros, el predio como unidad básica de análisis.	4.1.2.1 Mapas de vegetación, usos y coberturas.
		4.1.2.2 Mapas de suelos.
	4.1.3 El límite en la escala local debe establecerse teniendo en cuenta procesos de integridad ecológica, negociación y participación.	4.1.2.3 Mapas catastrales.
4.1.2.4 Ajustes cartográficos con la cota altitudinal.		
		4.1.3.1 Talleres de verificación de mapas y de concertación de límites.

5. Criterios de integridad ecológica

Principio	Criterio	Indicador
5.1 La integridad ecológica del páramo se mantiene conservando la conectividad entre bosque altoandino y páramo.	5.1.1 La heterogeneidad del mosaico del paisaje (parches naturales y antrópicos), las formas de apropiación y uso adecuado que mantienen la conectividad y las funciones ecosistémicas y ambientales son conservadas.	5.1.1.1 Dominancia de la vegetación natural en el paisaje.
		5.1.1.2 Índice del área total del interior de los fragmentos.
		5.1.1.3 Grado de conectividad.
	5.1.2 El buen estado de conservación y conectividad de los parches naturales en el mosaico de páramos es conservada.	5.1.2.1 Índice de distancia estadística a la madurez.
		5.1.2.2 Configuración/diversidad de tipos de vegetación.
	5.1.3 El radio de acción de especies endémicas, amenazadas, indicadoras y raras que habitan el páramo y en general la alta montaña son evaluadas.	5.1.3.1 Tamaño poblacional de especies endémicas y/o con algún grado de amenaza.
		5.1.3.2 Acciones específicas para incrementar tamaños poblacionales.
	5.1.4 Procesos que favorezcan la funcionalidad y resiliencia ecosistémica son mantenidos.	5.1.4.1 Estado de conservación de corredores entre áreas protegidas de la estructura ecológica principal.
		5.1.5 La conformación de Sirap en franjas paramunas y altoandinas para proteger y garantizar la conectividad del gradiente bosque andino-páramo es reconocida.
	5.1.6 La estructuración de comisiones conjuntas es una oportunidad para la formulación y manejo de ecosistemas estratégicos compartidos por dos o más autoridades ambientales.	
		5.1.7 Plantear en términos de conservación el ordenamiento territorial de la región de vida paramuna de alta montaña, el cual implica el manejo adecuado del gradiente páramo-bosque.
	5.1.7.2 Grado de conectividad y contraste con mosaicos agrícolas y disturbio antrópico.	
5.2 La sanidad y el bienestar humano son sustentados en la función ecosistémica e integridad del páramo.	5.2.1 Las diferentes formas de apropiación, uso, mercado y gestión que mantiene la conectividad y las funciones ecosistémicas y ambientales del paisaje son reconocidas y valoradas.	5.2.1.1 Estudios de formas de uso del territorio, productividad e impacto en el ecosistema.
		5.2.2.1 Capacidad del páramo de prestar servicios ecosistémicos.
	5.2.2 El bienestar y la salud de la población humana en el páramo dependen de los servicios ecosistémicos.	5.2.2.2 Posibilidad de ofrecer alternativas de manejo.
		5.2.2.3 Bienestar y salud de la población humana.

Principio	Criterio	Indicador
5.2 La sanidad y el bienestar humano son sustentados en la función ecosistémica e integridad del páramo.	5.2.3 Los daños por especies invasoras al medio de vida, la salud humana, la biodiversidad y ecosistemas del páramo son contenidos y evitados ^(GISP) .	5.2.3.1 Inventario y estado de especies invasoras.
		5.2.3.2 Impacto de las especies invasoras sobre la integridad del páramo y los servicios ecosistémicos.
		5.2.3.3 Estrategias de contención y control de especies invasoras.
	5.2.4 Estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático son formuladas y adoptadas (INAP-IPCC).	5.2.4.1 Grado de vulnerabilidad del páramo y estudios de línea base.
5.2.4.2 Estrategias adoptadas.		
5.2.4.3 Medidas implementadas.		
5.2.4.4 Sistemas de evaluación y monitoreo.		

6. Criterios de hidrología

Principio	Criterio	Indicador
6.1 Alta retención de agua, altos rendimientos hídricos y alta capacidad de regulación, flujos de agua superficiales y subterráneos de alcance local y regional caracterizan el páramo.	6.1.1 Flujos superficiales, subterráneos locales e intermedios que representan la dinámica hidrológica de los páramos son reconocidos.	6.1.1.1 Descargas de flujos subterráneos locales e intermedios (manantiales, humedales, cuerpos lénticos en general).
		6.1.1.2 Presencia de manantiales jóvenes.
		6.1.1.3 Recarga de sistemas hidrogeológicos regionales e intermedios.
		6.1.2.1 Humedad del suelo.
		6.1.2.2 Porosidad/conductividad hidráulica.
		6.1.2.3 Conductividad hidráulica.
	6.1.2 Características de almacenamiento y retención de agua del ecosistema son evaluados.	6.1.2.4 Capacidad de infiltración.
		6.1.3.1 Relación caudal/precipitación.
		6.1.3.2 Relación caudal/área.
	6.1.3 Características de alto rendimiento hídrico son evaluadas.	6.1.3.3 Caudal base sostenido.
		6.1.3.4 Número de cuerpos lénticos/área de páramo.
		6.1.3.5 Delineación de protección de acuíferos subterráneos.
	6.1.4 Alta capacidad de regulación hídrica del ecosistema conservada.	6.1.3.6 Área de cuerpos lénticos/área de páramo.
		6.1.5 Buena calidad de agua para abastecimiento de la población y otros usos es garantizada.
		6.1.5.1 Parámetros comparados con la norma para agua potable.
6.1.5.2 Tipo de tratamiento requerido.		
6.1.5.3 Área de cuerpos lénticos/área de páramo.		

7. Criterios de resolución espacial y tecnología

Principio	Criterio	Indicador
7.1 La modelación espacial y temporal de las características biofísicas, ecosistémicas y socio-culturales de la delimitación de páramos del país dispone de herramientas tecnológicas y resolución adecuadas.	7.1.1 Modelo de elevación digital (DEM, SRTM o afín).	7.1.1.1 Sistema de elevaciones en múltiples formatos RASTER de trabajo.
	7.1.2 Unidades topoclimáticas, regiones de vida, cotas, exposición, suelos, pendiente, microcuencas, redes hídricas, tipos de cobertura, flora, fauna y ecosistemas son evaluados.	7.1.2.1 Capas cartográficas respectivas con memorias explicativas con información de criterios y variables seleccionadas.

Principio	Criterio	Indicador
7.2 Los datos e insumos cartográficos, tablas, bases de datos, georreferencias, capas, puntos, polígonos, líneas, imágenes y afines deben presentar la integridad y resolución necesaria para la toma de decisiones.	7.2.1 En la delimitación de páramos, modelación de dinámicas y funcionamiento la resolución espacial es fundamental.	7.2.1.1 Construcciones cartográficas, imágenes y afines, con un máximo tamaño de píxel 15x15 metros para grandes páramos e inferior a 5x5 metros para pequeñas áreas.
		7.2.1.2 Escalas óptimas alrededor del 1:5.000 para pequeños páramos y 1:25.000 para grandes territorios paramunos.
	7.2.2 La resolución temporal debe ser tenida en cuenta como un indicador y punto de control de los cambios previos en un territorio.	7.2.2.1 Seguimiento espaciotemporal de la transformación del territorio, mediante las comparaciones del cambio en el uso de la tierra.
		7.2.3.1 Existencia de series geográficas, versiones cartográficas y de implementación y diseños de bases de datos actualizadas.
	7.2.3 En el enriquecimiento, monitoreo y mejoramiento de la información, el desarrollo tecnológico y técnicas de modelación debe ser implementados constantemente.	7.2.3.2 Correlaciones, índices de correlación o bondad de ajuste de la presencia o ausencia de la cobertura paramuna con cada uno de los criterios escogidos y adecuadamente mapeados.
		7.2.3.3 Errores medios cuadráticos RMS para coberturas 1:25.000 inferiores a un metro. Para escalas superiores como 1:10.000 inferior a 60 centímetros.
	7.2.4 La información de campo verificable (georreferenciada) debe validar y permitir el uso de herramientas tecnológicas como la modelación.	7.2.4.1 Información de levantamientos de línea base de flora, fauna y vegetación, encuestas, matrices espaciales, aforos hídricos, puntos de control en tierra, que pueda ser georreferenciada y verificada en campo.

Tabla 3. Oportunidades y limitantes de cada criterio de delimitación propuesto

1. De los criterios biofísicos

Criterio	Limitación	Oportunidad
1.1.1 A partir de la cota altitudinal de 3000 msnm se presentan condiciones biofísicas que identifican al páramo, con variaciones locales de topografía, clima, flora, fauna, suelo y usos. Esta variación local azonal permite el desarrollo de páramos azonales a menor altitud, rodeados por el bosque andino.	Es indicativo de un límite inferior variable, más no lo determina. La geomorfología no es una variable que se pueda estandarizar para definir límites y dinámicas en todos los páramos.	1. Caracteriza geoformas típicas de los paisajes paramunos y altoandinos.
		2. Al relacionarlo con criterios de servicios ambientales e hidrogeología es operativo en términos de visión tridimensional para análisis de recarga de acuíferos y disponibilidad de oro y carbón, entre otros.
		3. Al relacionarlo con criterios de integridad espacial es operativo en términos de las limitaciones de uso.

Criterio	Limitación	Oportunidad
1.1.2 El paisaje de páramo se caracteriza por geoformas y procesos de modelado glaciar heredado, producto de la dinámica glaciar, fluvio-glaciar, volcánica, fluviovolcánica o volcanoglaciar, según corresponda al tipo de cordillera, y son principalmente morrenas longitudinales o frontales, diferentes tipos de valles en forma de "u", cubetas de excavación, entre otras geoformas.	Los páramos azonales quedarían excluidos, a pesar de su importancia ecosistémica.	El ajuste de la delimitación de páramos bajo este indicativo permitirá conservar los procesos ecológicos del gradiente páramo-bosque, mismos que se traducen en bienes y servicios ambientales y conservación de los procesos evolutivos y la diversidad en ambientes azonales de páramo.
1.2.1 Hay diferentes ecoclinas o ecotonos, o tipos de límites-fronteras entre el gradiente páramo-bosque altoandino en relación con diferentes tipos de disturbio (incendios, ganadería, agricultura, minería, otros).	Falta implementar metodología y técnicas de análisis espacial para los páramos del país.	Permite establecer franjas-fronteras en lugar de la línea divisoria convencional.
1.2.2 Bajo el amparo del principio de precaución las zonas de alta montaña que, por diferentes disturbios no posean la vegetación típica de páramo, pueden ser consideradas como tal.	Establecer hasta qué punto el páramo deja de ser páramo. Homologar metodologías y aproximaciones conceptuales.	Permite incluir áreas de transformación dentro de la franja denominada páramo, con el fin de implementar el manejo y gestión de la resiliencia del sistema socioecológico.

2. De los criterios socioculturales

Criterio	Limitación	Oportunidad
2.1.1 Procesos de transformación de usos y coberturas en el límite inferior del páramo o subpáramo identificado.	1. Plantea la cuestión desde el punto de vista técnico de cuál es el límite de la franja o umbral de especies indicadoras.	1. Implica el dinamismo y variabilidad de la franja ecotonal a partir de lo cual se puede plantear que no hay una línea divisoria.
	2. Parte del concepto de páramo como una cobertura.	2. Al relacionarlo con criterios de servicios ambientales da pautas para evitar efectos adversos.
2.1.2 Diversos actores locales participan en un proceso de delimitación del páramo.	1. Los roles de poder de los actores institucionales y de los locales empoderados, y realizan actividades de alto impacto.	1. Reconoce oportunidades de manejo participativo dentro del contexto político.
		2. Abre oportunidades para implementar herramientas de manejo de paisajes.
		3. Permite socializar las leyes en el ámbito local en cuanto a lo que es permisible y lo que no.

Criterio	Limitación	Oportunidad
2.1.3 Procesos socioculturales y ecosistémicos necesarios para la supervivencia de las comunidades que habitan la alta montaña articulados.	1. Cómo medir la presión sobre el ecosistema.	Permite incluir los derechos territoriales locales y la resolución de conflictos concertada.
	2. Es un criterio de tipificación, no de delimitación.	
	3. Política y operativamente desconoce el rol de poblaciones que no habitan la alta montaña.	
2.2.1 Ordenamiento ambiental territorial del páramo participativo.	Requiere de la definición del límite.	1. Brinda herramientas de participación para el ordenamiento. 2. Reconoce el trabajo realizado en términos legales para la participación.
2.3.1 Comunidades locales consultadas sobre los lugares significativos y espacios de uso al interior del mismo complejo de páramos.	Dependiendo del tipo de actores involucrados será adecuado consultar (por ejemplo: comunidades interesadas en conservación y procesos locales).	3. Permite involucrar a comunidades locales en procesos de conservación.
	Excluir actores, como grandes empresarios del sector agropecuario y minería.	

3. De los criterios de servicios ecosistémicos

Criterio	Limitación	Oportunidad
3.1.1 La regulación hídrica y demás beneficios ecosistémicos provenientes del páramo son garantizados.	Líneabase de la oferta hídrica.	Prioridad del agua para consumo humano.
3.1.2 La capacidad del ecosistema para disponer y regular un flujo hídrico continuo en cantidades y calidad apropiadas es garantizada.	Vacíos en el conocimiento de los impactos a nivel regional.	Vulnerabilidad de los ecosistemas de alta montaña al cambio climático.
3.1.3 Acumulación y fijación de carbono en los ecosistemas del páramo evaluado.	Vacíos de conocimiento e información insuficiente para los páramos de Colombia.	Grandes reservas de carbono acumulado en el suelo paramuno.
3.1.4 El suelo paramuno en buen estado de conservación.	Conocimiento de indicadores tempranos de degradación de suelos.	Un recurso estratégico para la productividad del páramo.
3.1.5 Agrobiodiversidad y sistemas de producción campesina protegidos.	Insuficientemente conocida y compleja.	Vulnerable a la pérdida de conocimiento tradicional y transformación cultural.
3.1.6 La belleza paisajística es conservada y protegida.	Identificación de paisajes a ser conservados.	Mayor demanda y aprecio por el paisaje.

4. De los criterios de escala en la delimitación

Criterio	Limitación	Oportunidad
4.1.1 El límite en la escala nacional lo determina el "Atlas de páramos de Colombia" (escala 1:250.000).	Se debe avanzar en la homologación del uso de metodologías para la formulación de POMCAS, EEAP, PMAP, generación de cartografía, vínculos con la participación social y ciudadana, procesos operativos para la implementación de manejo y la ejecución conjunta de acciones administrativas y legales, como autoridades ambientales.	Permite fortalecer el control social frente a los abusos sobre los páramos, contando a nivel local y regional con propietarios y organizaciones sociales interesadas en las aguas y la conservación.
4.1.2 El límite en la escala regional (1:50.000) debe implementarse teniendo en cuenta, entre otros, el predio como unidad básica de análisis.		
4.1.3 El límite en la escala local debe establecerse teniendo en cuenta procesos de negociación y participación.		

5. De los criterios de integridad ecológica

Criterio	Limitación	Oportunidad
5.1.1 La heterogeneidad del mosaico del paisaje (parches naturales y antrópicos), las formas de apropiación y uso adecuado, que mantengan la conectividad y las funciones ecosistémicas y ambientales deben ser conservadas.	Vacíos en la conceptualización y análisis del amosaicamiento del paisaje paramuno y su funcionalidad ecosistémica.	Relativamente fácil de implementar en SIG.
5.1.2 El buen estado de conservación y conectividad de los parches naturales en el mosaico de páramos es conservado.	¿Existe un equivalente de madurez en el páramo? Difícil de aplicar dadas las diferencias entre todos los páramos. Vacíos en el análisis funcional.	¿Ruta de investigación en áreas naturales, qué es madurez en un páramo?
5.1.3. El radio de acción de especies endémicas, amenazadas, indicadoras y raras que habitan el páramo y en general la alta montaña son evaluadas.	Difícil medir impacto en especies de larga vida.	Oportunidad para el monitoreo participativo, oportunidad para mostrar impacto de acciones de conservación, conocimiento de la historia natural.
	Vacíos de información y conocimiento autoecológico de las especies.	
5.1.4 Procesos que favorezcan la funcionalidad y resiliencia ecosistémica son mantenidos.	No se definieron indicadores, es un campo que requiere investigación	Estratégico para tomar decisiones en el manejo y conservación de especies y poblaciones.

criterio	Limitación	Oportunidad
5.1.5 La conformación de SIRAP en franjas paramunas y altoandinas son fundamentales para proteger y garantizar la conectividad del gradiente bosque-páramo.	Fuerte amosaicamiento del paisaje y transformación antrópica.	Consolidación de corredores biológicos y mayor conectividad para especies críticas (grandes mamíferos).
5.1.6 La estructuración de comisiones conjuntas es una oportunidad para la formulación y manejo de ecosistemas estratégicos compartidos por dos o más autoridades ambientales.	Limitantes en la logística y operación administrativa de las comisiones.	Fortalecimiento institucional y optimización de recursos.
5.1.7 Plantear en términos de conservación el ordenamiento territorial de la región de vida paramuna de alta montaña, el cual implica el manejo adecuado del gradiente páramo-bosque.	Complejidad institucional y del territorio paramuno.	Degradación y pérdida acelerada de páramos por disturbio antrópico y por fenómeno de cambio climático.
5.2.1 Las diferentes formas de apropiación, uso, mercadeo y gestión que mantienen la conectividad y las funciones ecosistémicas y ambientales del paisaje son reconocidas y valoradas.	No hay suficientes estudios caracterizando las formas de uso de estos ecosistemas.	Oportunidad para el monitoreo participativo, ruta de investigación en páramos.
5.2.2 El bienestar y la salud de la población humana en el páramo dependen de los servicios ecosistémicos.	Recurso limitado y muy frágil al disturbio.	Territorio paramuno habitado. Alta capacidad de regulación hídrica del ecosistema.
5.2.3 Los daños por especies invasoras al medio de vida, la salud humana, la biodiversidad y ecosistemas del páramo son contenidos y evitados ^(GISP) .		
5.2.4 Estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático son formuladas y adoptadas ^(INAP-IPCC) .		

6. De los criterios de hidrología

criterio	Limitación	Oportunidad
6.1.1 Flujos superficiales, subterráneos locales e intermedios que representan la dinámica hidrológica de los páramos son reconocidos.	Requiere de caracterizaciones hidroquímicas e isotópicas.	Es útil para conocer la dinámica del sistema hidrológico y su relación con los componentes bióticos del ecosistema. Establecer las zonas de protección.
6.1.2 Características de almacenamiento y retención de agua del ecosistema son evaluadas.	Se requieren estudios de infiltración, conductividad hidráulica, humedad y porosidad de suelos.	Permite reconocer las condiciones de almacenamiento de agua en ecosistemas de páramos para evaluar la fragilidad del sistema.
6.1.3 Características de alto rendimiento hídrico son evaluadas.	Requiere de estaciones pluviométricas o pluviográficas y limnigrafos o medidores de caudal y aforos.	Estos indicadores permiten reconocer cambios en el ciclo hidrológico e interacciones en el ecosistema.
6.1.4 Alta capacidad de regulación hídrica del ecosistema.	Requiere de hidrogramas o curvas de duración de caudales para determinación de caudales base.	Permite conocer el régimen hidrológico y establecer condiciones de regulación, evaluar cambios en el régimen y en la regulación hídrica, asociadas con la pérdida de retención de humedad.
6.1.5 Buena calidad de agua para abastecimiento de la población y otros usos es garantizada.	Se requiere monitoreo, línea base de referencia.	Permite establecer condiciones de calidad y evaluar cambios en las características del ecosistema asociadas a la contaminación.

7. De los criterios de resolución espacial y tecnología

criterio	Limitación	Oportunidad
7.1.1 Modelo de elevación digital (DEM, SRTM o afín).	La construcción de modelos detallados exige mucha inversión. Sin embargo, la adquisición de modelos gratuitos como los provenientes de ASTER (30 metros de resolución vertical) y SRTM (90 metros de resolución vertical), sumados a la implementación de las herramientas adecuadas, son completamente recomendados.	Aunque existen muchos más criterios que se pueden evaluar biofísicamente como lo es la presencia de una o varias especies indicadora (para el caso de la biota), o el índice de acumulación topográfica (para el caso de las características físicas del territorio); lo ideal en la definición de la franja límite de páramos con base a los criterios biofísicos es la aplicación integral de al menos cuatro de los propuestos. Estos son: tipos de cobertura (de los cuales se deriva parte de la estructura de los ecosistemas) y por ende la presencia o ausencia de ecosistemas paramunos, modelo de elevación digital y unidades topoclimáticas.
7.1.2 Unidades topoclimáticas, regiones de vida, cotas, exposición, suelos, pendiente, microcuencas, redes hídricas, tipos de cobertura, flora, fauna y ecosistemas son evaluados.	La existencia de suficientes estaciones climatológicas por encima de los 3000 metros es la principal limitación en el estudio climático de los territorios. La utilización de imágenes satelitales exige demasiado tiempo de análisis para completar las series de datos necesarias, aunque son la mejor opción.	

Criterio	Limitación	Oportunidad
7.1.2 Unidades topoclimáticas, regiones de vida, cotas, exposición, suelos, pendiente, microcuencas, redes hídricas, tipos de cobertura, flora, fauna y ecosistemas son evaluados.	La principal limitación es el conocimiento detallado de campo, de la flora y de los mismos tipos de vegetación (levantamientos florísticos y estructurales). La segunda limitación es la adquisición de imágenes de satélite de buena resolución espacial y espectral o en su defecto de fotografías aéreas.	Aunque existen muchos más criterios que se pueden evaluar biofísicamente como lo es la presencia de una o varias especies indicadora (para el caso de la biota), o el índice de acumulación topográfica (para el caso de las características físicas del territorio); lo ideal en la definición de la franja límite de páramos con base a los criterios biofísicos es la aplicación integral de al menos cuatro de los propuestos. Estos son: tipos de cobertura (de los cuales se deriva parte de la estructura de los ecosistemas) y por ende la presencia o ausencia de ecosistemas paramunos, modelo de elevación digital y unidades topoclimáticas.
7.2.2 La resolución temporal debe ser tenida en cuenta como un indicador y punto de control de los cambios previos en un territorio.	Ninguna conocida desde que se cuente con un modelo de elevación digital y una buena base topoclimática.	
7.2.1 En la delimitación de páramos, la modelación de dinámicas y funcionamiento, así como la resolución espacial es fundamental.	Ninguna limitación desde el punto de vista tecnológico, aunque requiere hardware de altas prestaciones. Tiempos administrativos (usualmente más cortos que los tiempos en investigación), carencia de datos verificables en campo. Las normas actuales exigen el uso de líneas base oficiales que obligan el uso de escalas no adecuadas e información desactualizada en la toma de decisiones.	Para el desarrollo de estos criterios existen innumerables procedimientos, metodologías y tiempos de ejecución. En la actualidad, con el manejo adecuado de herramientas tecnológicas, se pueden conseguir excelentes resultados en relativamente cortos periodos de tiempo. Algunos software gratuitos y con alta calidad de desempeño en el manejo de datos y resultados son: GRASS, GVSIG, POSTGIS, MAPSEVER y GEO-SERVER para los sistemas de información geográfica. POSTGRES y MySQL para el manejo de bases de datos, KEPLER para la sistematización de procesos y R para la modelación y el análisis estadístico territorial. El indicador de criterio de resolución temporal puede en muchos casos ser sustituido por un análisis potencial.
7.2.2 La resolución temporal debe ser tenida en cuenta como un indicador y punto de control de los cambios previos en un territorio.	La vulnerabilidad del páramo frente a fenómenos de cambio climático requiere de monitoreo permanente con tecnología avanzada.	Los procesos de modelamiento se pueden fundamentar muy bien con información de campo pero solo es útil cuando se utiliza la resolución espacial y temporal adecuada.
7.2.3 En el enriquecimiento, monitoreo y mejoramiento de la información el desarrollo tecnológico y técnicas de modelación deben ser implementados constantemente.		
7.2.4 La información de campo verificable (georreferenciada) debe validar y permitir el uso de herramientas tecnológicas como la modelación.		

Conclusiones generales

Este apartado busca proyectar una prospección de la labor iniciada, en la medida en que los criterios en sí mismos son la base o guía, pero no la labor final, ya que deben obedecer a procedimientos o protocolos aplicables en campo y a escalas locales que atiendan a las particularidades de los diferentes tipos de páramos (en donde se advierten y contemplan las diferentes situaciones que amenazan su integridad y salud ecosistémica) para así armonizar con los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial.

Partiendo de la premisa de que el páramo como territorio ha “coevolucionado” estrechamente con las dinámicas sociales y en este sentido, se ha conformado y definido en consonancia con los procesos históricos de simbolización y apropiación humana, es importante contextualizar que este bioma históricamente se ha considerado en nuestro marco normativo como un bien colectivo prioritario para la Nación en términos de protección, tanto desde la perspectiva de su naturalidad como por su función ecosistémica y ambiental.

En consecuencia, los criterios presentados contemplan una amplia gama de principios, que se sustentan en principios constitucionales, en los adoptados por la firma de tratados internacionales (como el principio de precaución signado como un compromiso en la Convención de Diversidad Biológica) así como en principios que protegen y velan por el bien común, representado en los valores culturales y ambientales que los biomas andinos nos proveen.

Nuestro marco constitucional y normativo favorece la articulación de políticas y normas existentes, no solo para definir límites sino para implementar el manejo ambiental del territorio. En este sentido, se resalta lo contenido en la Sentencia de la Corte Constitucional No. 339 de 2002, que realza el principio de precaución, el rigor subsidiario y la

posibilidad de excluir desde las mismas determinaciones de las autoridades ambientales las áreas identificadas para la protección y conservación de ecosistemas constitutivos y esenciales de la estructura ecológica principal del país, independientemente de su ubicación altitudinal, latitudinal o longitudinal de los ecosistemas. Ello valida y reafirma lo establecido en las normas de ordenamiento territorial (Ley 388 de 1997 y reglamentarias).

Con la amplitud e integridad que se requiere para abordar y atender el requerimiento de la delimitación se han escuchado variados enfoques: unos encaminados a determinar de manera urgente un límite biofísico estricto; otros que asientan que desde una perspectiva territorial los páramos deben ser manejados desde los principios y no desde los límites; y los que instan, en consonancia con los procesos sociales y la integridad ecológica del territorio, a ajustar en cada situación específica un límite, una franja o áreas integrales.

Si bien la tarea de definir criterios para la delimitación se puede centrar únicamente en la esencia de este objetivo, no podemos dejar de lado el hecho de que tanto el manejo como la definición técnica de un límite se relacionan estrecha y sistémicamente, y tanto una como la otra sustentan argumentos legales y sociales para la protección de biomas y ecosistemas fundamentales para la Nación. Por tanto la sola delimitación sin gestión y manejo ambiental no es suficiente para este fin colectivo.

El mayor reto de esta labor ordenadora del páramo lo constituyen los requerimientos de orden social, que además de demandar mayor participación en la definición e implementación de usos y manejo del territorio exigen una búsqueda de equidad, y mayor coherencia e integralidad entre las políticas públicas para atender a las comunidades locales propietarias o derechohabientes de las zonas altas, así como a los acueductos y usuarios de aguas. De esta forma resulta fundamental poder construir opciones y mante-

ner usos sostenibles que eviten o prevengan mayores amenazas e impactos negativos, provenientes de explotaciones y usos de mayor escala, como la minería o las actividades agropecuarias de orden intensivo.

En este contexto, cabe resaltar la necesidad de atender con suficiente certeza –a través de los actores SINA– cómo está y cambia la integridad del territorio andino, dada la alta transformación histórica y la grave pérdida de su composición, estructura y funcionalidad ecológica y ambiental.

Esta perspectiva es válida en el sentido de esencia de la delimitación y el ordenamiento del territorio andino, ya que actualmente existen extensas áreas que originalmente eran páramos y ecosistemas conexos, y que con su capacidad resiliente de regenerarse o restaurarse indudablemente deben ser contemplados como áreas de manejo y co-manejo especial.

En consecuencia, se hace relevante la necesidad de desarrollar una gestión de la resiliencia de los ecosistemas, vinculada a los ciclos adaptativos, para así poder clarificar un manejo adaptativo del cambio, sin que se pierdan del todo los valores y funciones de los ecosistemas, tratando de entender y manejar con ello los umbrales de cambio aceptable.

Es fundamental desarrollar precisiones regionales y locales en la definición de límites. Para ello se requiere desarrollar protocolos prácticos para afinar los límites-franjas en virtud de la diversidad de cada complejo paramuno, contemplando los páramos azo-nales, y enfocándose prioritariamente en los más afectados, así como en los que sobre ellos existan mayores amenazas en ciernes. Estos procesos deben también potenciar las opciones para fortalecer las dinámicas sociales que favorezcan a la conservación y el manejo sostenible, aprovechando en ello otros instrumentos de planificación y gestión ambiental.

La situación desde el ámbito institucional, y específicamente desde las Corporaciones Autónomas Regionales, se presenta desde varios ángulos de desarrollo e implementación de la política ambiental, que se expresa de diferentes formas de desarrollo en cada región y corporación. Teniendo en cuenta que las condiciones no son las mismas para todas las regiones ni Corporaciones tenemos que a la fecha casi todas las CAR han alcanzado las metas de planificación definidas por las resoluciones 0769 de 2002, la 0839 de 2003 y la 1128 de 2006, aunque no muchas han adoptado los EEAP ni Planes de Manejo Ambiental de Páramos (PMAP), ni tampoco han implementado plenamente estos últimos.

Algunas CAR han avanzado, además, en la constitución de sus Sistemas Regionales de Áreas Protegidas (Sirap), aunque todavía faltan algunas áreas por declarar y adoptar Planes de Manejo para Áreas Protegidas. Esta situación hace ver que varias áreas de páramos y sus ecosistemas asociados por su condición de área protegida están delimitadas desde la perspectiva de aplicación de la política ambiental para la conservación. Pero en este contexto aún hace falta precisar qué áreas altoandinas faltan por declarar, como forma complementaria y subsidiaria a la delimitación. En este orden de ideas, es urgente afianzar los protocolos de delimitación en las zonas preseleccionadas y que aún faltan por proteger con declaratorias.

En el sentido de ordenación del territorio y en consecuencia y complementariedad con la construcción de Sirap, se han conjugado esfuerzos para articular los procesos de ordenamiento territorial, como POMCAS, planes municipales de OT, en confluencia con las definiciones de los EEAP y PMAP, aunque aún falta una mayor y más eficaz respuesta conjugada entre CAR y entes territoriales.

Se ve como una oportunidad para la implementación de los criterios, con el desarro-

llo de protocolos locales, la existencia de las Comisiones Conjuntas (Parágrafo 3 del Art. 33 de la Ley 999 de 1993) que vinculan entidades en las tareas de formulación y manejo de las zonas compartidas (las requeridas por los POMCAS, las áreas o ecosistemas estratégicos conjuntas o compartidos por dos o más autoridades ambientales), a pesar de que se presentan algunos limitantes en la operación de estas comisiones en aspectos como: i) la asimetría en el uso de metodologías para la formulación de POMCAS, EEAP, PMAP, ii) la generación de cartografía, iii) los vínculos con la participación social y ciudadana, y iv) los procesos operativos para la implementación de manejo así como para la ejecución conjunta de acciones administrativas y legales como autoridades ambientales.

Se han escuchado una serie de propuestas que atienden a definir un camino inmediato para definir los límites, desarrollar precisiones cartográficas a escalas de detalle y para afinar protocolos regionales y locales. Entre estas tenemos la urgencia de acoger la cartografía 1:250.000 del Atlas de Páramos del Instituto Humboldt 2007¹ como un referente mínimo para definir los límites,

1 Nota del editor: este documento fue preparado durante el año 2010. La recomendación a la que se refiere el texto fue acogida posteriormente mediante la resolución 0937 de 2011. A la fecha la cartografía escala 1:100.000, producida en 2012, no cuenta aún con resolución de adopción por parte del Ministerio.

hasta que se precisen y apliquen los protocolos para así establecer los límites precisos a nivel regional y local.

Referencias

- Alessa, L., Kliskey, A. y Altaweel, M. 2009. Toward a typology for social-ecological systems. *Sustainability: Science, Practice y Policy* 5 (1): 31-41. <http://ejournal.nbio.org/archives/vol5iss1/0811-034.alessa.html>.
- De Campos, D. & B. Finegan. 2001. Principios, criterios e indicadores para la evaluación de corredores biológicos y su aplicación, Caso Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. 9-13.
- Morales M., Otero J., Van der Hammen T., Torres A., Cadena C., Pedraza C., Rodríguez N., Franco C., Betancourth J.C., Olaya E., Posada E. y Cárdenas L. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p.
- Prabhu, R. Colfer, C. & R. Dudley. 1999. Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management. Jakarta, Indonesia. *Center for International Forestry Research (CIFOR)*. 186 p.
- Van der Hammen, T. 2007. Los páramos: archipiélagos terrestres en el norte de los Andes. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 25-31.
- Vélez Restrepo, L. & A. Gómez Sal. 2008. Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *Arbor* CLXXXIV 729: 31-44.



Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Calle 28A No. 15-09
PBX: (57) 1 320 2767
Bogotá, D.C., Colombia