

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**  
**SEDE JAÉN**



**“VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO  
EN LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA”**

**TRABAJO MONOGRÁFICO**

**PARTE COMPLEMENTARIA DE LA MODALIDAD “D”  
EXAMEN DE HABILITACIÓN PROFESIONAL MEDIANTE  
CURSO DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

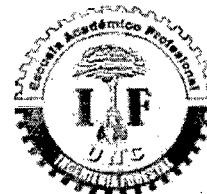
**ANA MARÍA LAURA REYES DÍAZ**

**JAÉN - PERÚ**

**2014**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL  
SECCIÓN JAÉN



"Norte de la Universidad Peruana"  
Fundada por Ley N° 14015 del 13 de Febrero de 1,962  
Bolivar N° 1342 - Plaza de Armas - Telfs. 431907 - 431080  
JAÉN - PERÚ

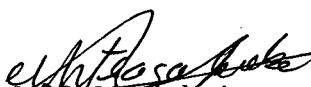
## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE MONOGRAFÍA

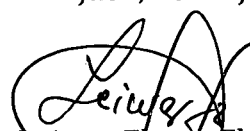
En la ciudad de Jaén, a los veinticuatro días del mes de Junio del año dos mil catorce, se reunieron en el Ambiente del Auditorio Auxiliar de la Universidad Nacional de Cajamarca-Sede Jaén, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 051-2014-FCA-UNC, de fecha 16 de Abril del 2014, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo monográfico titulado: **"VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMATICO EN LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA"**, de la Bachiller en Ciencias Forestales doña **ANA MARÍA LAURA REYES DÍAZ**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.


A las quince horas y trece minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto, invitando a la sustentante a exponer su trabajo monográfico y luego de concluida la exposición, se procedió a la formulación de las preguntas. Concluido el acto de sustentación el jurado procedió a deliberar para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de catorce (14). Por lo tanto, la graduando queda expedita para que inicie los trámites para que se le expida el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las dieciséis horas y treintaicinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 25 de Junio de 2014

  
Mtblga. M. C. Marcela Arteaga Cuba  
PRESIDENTE

  
Ing. Leiver Flores Flores  
SECRETARIO

  
Ing. M.Sc. Germán Pérez Hurtado  
VOCAL

  
Ing. M. Sc. Segundo Vaca Marquina  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la sabiduría e inteligencia para culminar con éxito una nueva etapa de mi vida, A mi madre Ana Melva Díaz Troyes por darme la mejor educación y enseñarme que las cosas hay que valorarlas, trabajarlas y luchar para lograr los objetivos de la vida.

El autor

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, quien medio la vida y me ha acompañado durante mis estudios, dándome Inteligencia y salud. A mi madre Ana Melva Díaz Troyes por ser una buena madre, persona, amiga y un ejemplo de mujer, a quien admiro por su valentía y ganas de salir adelante a pesar de las adversidades.

A mis tíos Madeleine, Víctor, Jorge y Marcos, quienes me han brindado su apoyo incondicional todo el tiempo.

Al ingeniero Segundo Vaca Marquina, por aceptar ser mi asesor, por la paciencia prestada, asesoría y colaboración en la elaboración de este trabajo Monográfico.

El Autor

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
Dedicatoria	
Agradecimientos	
Resumen	
Astract	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>08</b>
<b>CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA</b>	<b>09</b>
1.1. Ubicación de los ecosistemas de montaña	
1.2. Importancia de los ecosistemas de montaña	10
1.2.1 ¿Por qué importan las montañas?	
A. Las montañas ofrecen oportunidades de colaboración regional y mundial	11
B. Las montañas son hogares, fuentes de ingresos, y patrimonio cultural de la humanidad	12
C. Las montañas son las torres de agua del mundo	13
D. Las montañas son centros de biodiversidad mundial	15
E. Moviendo Montañas hacia Río 2012 y más allá	16
1.3. La biodiversidad y ecosistemas de montaña en el Perú	17
1.4. Estado actual de la diversidad florística y fauna de los ecosistemas de montaña	19
1.5. Estado actual de la fauna en los ecosistemas de montaña	21
1.6. Estado de los ecosistemas de montaña en el mundo.	22
<b>CAPÍTULO II: SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA</b>	<b>24</b>
2.1. Servicios que proveen los ecosistemas de montaña	
2.1.1. Servicios de abastecimiento de las montañas	25
2.1.2. Servicio de regulación hídrica	26
A. Regulación hídrica.	26
B. Provisión del servicio	27
C. Modelos para estimar los servicios de protección	30
2.1.3. Servicio de protección de la biodiversidad	32
2.1.4. Servicio de fijación del carbono	34
2.1.5. Servicios culturales	37
2.2. Vacíos de conocimiento de los servicios de ecosistemas de montaña	40
2.2.1. Sobre el servicio de regulación hídrica	41
2.2.2. Sobre protección de la biodiversidad	44
2.2.3. Sobre fijación de carbono	45

CAPITULO III: ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS	48
3.1. Agricultura migratoria	
3.2. Cambios de uso del suelo	48
3.3. Los Monocultivos	49
3.4. Ganadería extensiva	50
3.5. La Minería	53
3.6. Quemas indiscriminadas	54
3.7. Infraestructura vial sin planeación	54
3.8. Turismo sin control	55
CAPÍTULO IV: ECOSISTEMAS DE MONTAÑA Y CAMBIO CLIMÁTICO	57
4.1. Efecto invernadero	
4.2. Calentamiento global	57
4.3. Cambios climáticos	59
4.4. Vulnerabilidad de los ecosistemas de montaña	63
4.4.1. Determinación de la vulnerabilidad	63
4.4.2. Evaluación de la vulnerabilidad	64
4.4.3. Cambio que genera la vulnerabilidad	
4.4.4. La mitigación de la vulnerabilidad	66
4.5. Adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña	66
4.5.1. Iniciativas de programas de manejo y conservación de los bosques andinos.	74
CONCLUSIONES Y APORTES	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXO	90

### **Contenido de tablas y figuras**

Tabla 1. Intensidad y tendencias de los impulsores de cambio en ecosistemas de alta montaña	22
Figura 1: Bajo el esquema propuesto por Céleri y De Bievre (2007)	44
Tabla 2. Valores de almacenamiento de carbono en paramo y selva.	46

## Resumen

Los ecosistemas de montaña ocupan aproximadamente un 27 % de la superficie de la Tierra, y dan lugar para los hogares de más del 20 % de la población del mundo, aunque sus beneficios extienden a billones de personas más que habitan en las tierras bajas y regiones de piedemonte, el presente trabajo pretende dar a conocer los beneficios de los ecosistemas de montaña y cuan vulnerables son ante los cambios climáticos y el calentamiento global. El calentamiento global es el aumento de la temperatura en la superficie de la Tierra, producto del aumento de la concentración de gases llamados de efecto invernadero, que dificulta o impide que la energía del sol se reemita al espacio. Este aumento es producto de una mayor cantidad de emisiones que se originan por la actividad industrial realizada por los seres humanos, y que tiene como consecuencia la alteración de la composición de la atmósfera y la intensificación de los eventos extremos del clima, como consecuencia de este cambio, el ciclo hidrológico se desestabilizará, y conducirá a una mayor variabilidad en la precipitación y en los caudales de los ríos, y a una mayor intensidad de eventos hidrológicos severos, las variaciones del clima repercuten fácilmente en los ecosistemas de las montañas. Las montañas son vulnerables debido al grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. Conforme se calienta la atmósfera, los glaciares están derritiéndose a una velocidad sin precedente, y algunas especies raras de plantas y animales luchan por sobrevivir en espacios cada vez más reducidos, a la vez que los pobladores de las montañas son de los ciudadanos más pobres del planeta y afrontan dificultades mayores para vivir. Entender la forma en que el cambio climático repercute en las montañas es vital para que los gobiernos y las organizaciones internacionales elaboren estrategias para invertir las tendencias actuales de calentamiento del planeta, a través de tratados como el Protocolo de Kyoto y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Palabras claves: vulnerabilidad, cambio climático, ecosistemas de montaña y efecto invernadero.

## **Abstract**

Mountain ecosystems occupy about 27 % of the surface of the Earth, and give rise to the homes of more than 20 % of the world's population, but its benefits extend to billions more people living in the lowlands and regions piedmont, this paper seeks to highlight the benefits of mountain ecosystems and how they are vulnerable to climate change and global warming. Global warming is the increase in the surface temperature of the Earth due to the increase of the concentration of so-called greenhouse effect, which impairs or prevents the sun's energy into space reemita gases. This is a result of a greater amount of emissions originating from industrial activities performed by humans, and that has the effect of altering the composition of the atmosphere and the intensification of extreme weather events as a result of this instead, the hydrological cycle will destabilize and lead to greater variability in rainfall and river flows, and increased intensity of severe hydrological events, climate variations easily affect mountain ecosystems. Mountains are vulnerable because of the degree of susceptibility or inability of a system to address the adverse effects of climate change, particularly climate variability and extreme events. As the atmosphere warms, the glaciers are melting at an unprecedented rate, and some rare species of plants and animals struggle to survive in increasingly smaller spaces, while the mountain people are among the poorest citizens planet and face greater difficulties in living. Understanding how climate change impacts in the mountains is vital for governments and international organizations to develop strategies to reverse current trends in global warming, through treaties such as the Kyoto Protocol and the United Nations Framework Convention Convention on Climate Change.

Words cables: vulnerability, climate change, mountain ecosystems and the greenhouse effect



## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas montañosos en todo el mundo se encuentran desde el Ecuador hasta los polos y ocupan aproximadamente la quinta parte de la superficie de los continentes y las islas. Más allá de sus características comunes como un relieve relativamente elevado (o una variación topográfica muy marcada) y unas fuertes pendientes, las montañas presentan una diversidad notable. Se encuentran en todos los continentes y en todas las altitudes, desde la vecindad del nivel del mar hasta el lugar más alto del planeta.

Las montañas son fuente de valiosos recursos, como el agua, la energía y la diversidad biológica; además, son centros importantes de cultura y recreación. No obstante, las montañas y sus ecosistemas son muy vulnerables al desequilibrio ecológico ocasionado por factores naturales como los cambios climáticos de la atmósfera, y por factores humanos provocando erosión acelerada de los suelos, desprendimiento de tierras, pérdida de diversidad biológica y degradación de cuencas hidrográficas. En las partes más altas de las montañas Andinas, entre el límite superior de los bosques y el límite inferior de las zonas nivales, se encuentran los Páramos, ecosistemas complejos y variados, endémicos de los Andes tropicales venezolanos, colombianos, ecuatorianos y peruanos.

Se calcula que la décima parte de la humanidad recibe su sustento directamente de las montañas. Pero las montañas son importantes no sólo para quienes las habitan, sino para millones de personas que viven en tierras bajas. A escala mundial, el mayor valor de las montañas puede consistir en ser fuentes de todos los grandes ríos del mundo y de muchos menores. Las montañas desempeñan un papel esencial en el ciclo del agua al captar la humedad de las masas de aire; cuando el agua se precipita en forma de nieve, se almacena hasta que se funde en primavera y verano, lo que es esencial para las poblaciones, los cultivos y las industrias más abajo, a menudo durante el periodo de menor pluviosidad. En las regiones áridas y semiáridas, más del 90 % de los caudales fluviales vienen de las montañas. Para el desarrollo del presente trabajo monográfico se plantea el siguiente objetivo.

Aportar conocimientos sistematizados sobre vulnerabilidad al cambio climático en ecosistemas de montaña.

## CAPÍTULO I

### DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

#### 1.1. Ubicación de los ecosistemas de montaña

Devenish *et al.* (2012), indica que alrededor del planeta, el medio montañoso cubre el 27 % de la superficie de la Tierra y mantiene el 22 % de la población del mundo y además dan lugar para los hogares de mas del 20 % de la población mundial, aunque sus beneficios se extienden a billones de personas mas que habitan en las tierras bajas y regiones de piedemonte.

Mosandl (2008), indica que los bosques montanos, por ser ecosistemas con fuertes pendientes y lluvias y por estar asentados sobre suelos muy pobres o poco desarrollados, tienen un alto grado de vulnerabilidad y erodabilidad (presencia de derrumbes), especialmente si están sometidos a una alta tasa de deforestación, como es el caso de las vertientes orientales de los Andes. En definitiva, los cambios que están ocurriendo en el paisaje, entre los 800 y los 3 000 msnm, representan una amenaza muy importante para la biodiversidad en los Andes; no obstante, la mayor amenaza podría estar en el impacto que se genere sobre el funcionamiento hídrico de estos ecosistemas.

El páramo es un sitio de alta montaña, en la zona tropical, localizado a latitudes entre los 11° N y 8° S y a altitudes entre 3 000 y 4 500 msnm, con una temperatura media anual fría y bruscos cambios diarios de temperatura, y una precipitación media anual superior a los 700 mm. Este último rasgo es un importante factor diferenciante de la vegetación de puna (ambiente más seco), común en los altiplanos de Perú y Bolivia, y del zacatonal alpino, presente en Guatemala y México. La vegetación es de porte bajo (2 a 3 m), con hojas pequeñas y coriáceas y de crecimiento lento.

Recharte *et al.* (2004), afirma que en el Perú, los ecosistemas de páramo y punas albergan la mayor parte de las aproximadamente 12 mil lagunas que constituyen reservorios de agua dulce para el país. Las poblaciones de pastores tradicionales tienen un amplio conocimiento del manejo de humedales al punto que han desarrollado numerosos bofedales o humedales para ganado (se han documentado aproximadamente 3 mil zonas con humedales manejados).

Estos páramos, punas y lagunas son la fuente de agua potable para 13 millones de peruanos que habitan en la costa. Y están asociados con la generación de 82 % de la electricidad que se produce en el país.

Arévalo *et al.* (2002), indica que las punas se ubican en las tierras altas de los Andes, desde la Cordillera Blanca donde se inicia la puna húmeda, zona de transición entre la jalca o páramo, y la puna seca del Centro y del Sur. Es difícil establecer una altitud definida en la que se pueda decir donde comienza la puna, pero en general se considera que se inicia alrededor de los 3 800 msnm y puede llegar hasta los 4 800 msnm. El paisaje es característicamente montañoso, con cumbres nevadas, valles glaciares en forma de u o valles de altura cabecera de cuenca, mesetas y lagunas. Las punas están dominadas por un paisaje típico que combina la pradera de pastizales, dominante en el paisaje, con parches de bosque, matorrales y bofedales, limitando con la línea permanente de nieves o región jalca. En el Perú se diferencian, con sus regímenes de clima, dos tipos de puna: la húmeda (al centro) y la seca (al suroeste). La precipitación anual varía ampliamente y oscila entre los 150 y los 800 mm declinando de norte a sur.

Las praderas altoandinas son ecosistemas que se encuentran por encima de los 300 msnm y se ubican en las cabeceras de las cuencas hidrográficas del Perú, a lo largo de 1 800 km de cadenas montañosas.

## **1.2. Importancia de los ecosistemas de montaña**

### **1.2.1. ¿Por qué importan las montañas?**

Maselli y Kohler (2011), determina que las montañas proporcionan bienes y servicios esenciales para toda la humanidad, mientras enfrentan retos globales que amenazan el desarrollo sostenible.

#### **Las Montañas:**

- Cubren el 27 % de la superficie terrestre.
- Están habitadas por el 12 % de la población mundial, al que ofrecen paisajes
- impresionantes pero también ambientes aislados, duros e inhóspitos.
- Proveen de agua dulce a más de la mitad de la humanidad.
- Son fuente de importantes recursos naturales.
- Son destinos turísticos principales.
- Albergan más de la mitad de los lugares más biodiversos del mundo.

Sin embargo, las montañas también: Son hogar de una cuarta parte de la población más pobre y hambrienta del planeta, la cual requiere y merece esfuerzos especiales de alivio de pobreza

- Se encuentran entre las regiones más sensibles y afectadas por el cambio climático. Los ecosistemas de montaña indican tempranamente el cambio, por ejemplo, mediante el derretimiento de glaciares.
- Sufren de degradación generalizada, que pone en peligro los medios de vida rurales y desencadena desastres que afectan también a las tierras bajas.

Recharte *et al.* (2004), las praderas altoandinas son ecosistemas que se encuentran por encima de los 3.300 msnm y se ubican en las cabeceras de las cuencas hidrográficas del Perú, a lo largo de 1.800 km de cadenas montañosas. Estos ecosistemas tienen una gran importancia ecológica, económica, Los ecosistemas altoandinos ofrecen servicios ambientales fundamentales para la sociedad, como son:

- Continua provisión de agua en cantidad y calidad
- Prevención de erosión del suelo (regula el ciclo de nutrientes y energía)
- Almacenamiento de carbono atmosférico (controla el calentamiento global)
- Proporciona el hábitat para la flora y fauna silvestre y doméstica
- Es medio de acopio de plantas medicinales y ornamentales
- Es un ecosistema que mantiene la biodiversidad
- Tiene potencial de desarrollo turístico por sus paisajes asociados a glaciares

#### **A. Las montañas ofrecen oportunidades de colaboración regional y mundial**

Maselli y Kohler (2011), determinan que los países con zonas de montaña varían en población, economía y cultura, pero enfrentan retos similares. Muchos sistemas montañosos cruzan fronteras internacionales, creando así oportunidades de colaboración transfronteriza.

Esta cooperación y la unión de esfuerzos para hablar con una sola voz permiten abordar con mayor eficacia los retos del cambio global y climático en las montañas.

- Más de la mitad del territorio de 53 países está cubierto por montañas.
- Las montañas cubren del 25 al 50 % de la superficie de otros 46 países.
- Muchos otros países tienen menos zonas montañosas pero dependen del agua, del aire limpio y de los muchos otros bienes y servicios ofrecidos por las montañas.
- La colaboración transfronteriza ha cobrado importancia recientemente en proyectos viales, de manejo de agua, conservación de la biodiversidad, y de establecimiento de centros regionales de conocimiento.

#### **Sugerencias en materia de política**

- Promover el diálogo entre las diferentes zonas de montaña, los actores principales y otras partes interesadas.
- Compartir conocimientos y experiencias entre montañas y tierras bajas.
- Dar una voz a la gente de las montañas, particularmente a grupos marginados.
- Promover instituciones, leyes y mecanismos que fomenten el desarrollo sostenible de las zonas de montaña.
- Fortalecer compromisos políticos, económicos y sociales que tratan de habitantes y ecosistemas de montaña.

#### **B. Las montañas son hogares, fuentes de ingresos, y patrimonio cultural de la humanidad**

Maselli y Kohler (2011), indican que casi mil millones de personas viven en montañas y sus diversas culturas son patrimonio mundial, amenazado por la globalización. Muchas montañas han sido consideradas tradicionalmente como lugares sagrados, manifestaciones de energía espiritual, de significado y de orientación. Las montañas también ofrecen espacios de recreación y destinos turísticos importantes, con nuevas oportunidades y desafíos para su desarrollo sostenible.

- Una porción exageradamente alta de la población más pobre del mundo vive en montañas.

- La gente de las montañas ha desarrollado diversos sistemas de uso de la tierra y ha creado paisajes culturales impresionantes, como milenarias terrazas sobre laderas.
- Las montañas son sagradas en muchos lugares. Por ejemplo, el Monte Kailash en China es el lugar más sagrado para más de mil millones de personas.
- De 15 a 20 % del turismo mundial se concentra en las montañas. Esta industria, la de mayor crecimiento a nivel global, es una fuente de ingreso primordial para la economía y el empleo de muchos países en desarrollo.

#### **Sugerencias en materia de política**

- Reducir la pobreza que afecta a las regiones montañosas requiere de esfuerzos concretos para aumentar el ingreso de sus habitantes. Una opción factible es apoyar la diversificación de los medios de vida.
- Es necesario desarrollar políticas e instrumentos que estimulen la inversión en infraestructura en zonas de montaña, que promuevan el fortalecimiento de las capacidades locales y que creen vínculos con la economía nacional y mundial.
- Para optimizar el potencial del turismo en el desarrollo de las zonas de montaña, debe garantizarse que una parte equitativa del ingreso generado le corresponda a la población local y deben respetarse las agendas de desarrollo local.
- Es indispensable conservar los ecosistemas de montaña que, en estas zonas, conforman el principal capital de los medios de subsistencia de las generaciones futuras.

#### **C. Las montañas son las torres de agua del mundo**

Maselli y Kohler (2011), determinan que los principales ríos del mundo se originan en montañas. Más de la mitad de la humanidad depende del agua dulce de las montañas para consumo humano y doméstico, riego, industria y energía hidroeléctrica. Esta agua es la fuente más importante de energía verde y renovable del mundo y abastece ciudades y otros centros de población. Debido al cambio climático, habrá menos agua disponible en momentos de necesidad, mientras que las inundaciones aumentarán en algunos lugares.

Estos procesos impactarán negativamente el desarrollo de las regiones montañosas y la seguridad alimentaria mundial.

- Las montañas contribuyen del 80 al 100 % de la esorrentía total de las cuencas hidrográficas en zonas áridas.
- Allí, el agua de las montañas sustenta el desarrollo económico, mientras que en zonas de mayor precipitación es también importante durante veranos y épocas de sequía.
- 1 350 millones de personas el 20 % de la población mundial viven en las cuencas de los 10 ríos más grandes en las montañas del Hindu Kush-Himalaya. El desarrollo económico de esta región depende cada vez más del agua de las montañas.
- A pesar de la creciente escasez de agua a nivel mundial, su manejo ha promovido más cooperación que conflictos.

De las interacciones intergubernamentales relacionadas con los 263 ríos transfronterizos del mundo durante los últimos 50 años, el 67 % fueron cooperativas y sólo el 28 % conflictivas. Es necesario continuar esfuerzos para mantener o mejorar esta situación.

#### **Sugerencias en materia de política**

- Reconocer que el manejo de las aguas de montaña es una prioridad global
- Mejorar la gestión del agua mediante
  - el uso eficiente del agua para fines domésticos, industriales y de riego
  - el aumento del almacenamiento de agua en todos los niveles.
  - el fortalecimiento de mecanismos institucionales para compartir el agua de manera equitativa en y entre naciones<sup>21</sup>
- aprovechar las lecciones aprendidas dentro de acuerdos internacionales existentes.

Viviroli *et al.* (2003), determinan que las montañas y los altiplanos proveen a las llanuras de agua para irrigación, producción de alimentos, industrias y a una población urbana creciente.

Es por ello que algunos especialistas se refieren a las montañas como torres de agua. Por su función vital es necesario conocer más acerca de los recursos hídricos que se generan en las montañas de distintas zonas climáticas.

Los datos que poseemos actualmente son muy limitados; mundialmente sólo contamos con pocas series de mediciones cuyos periodos de cobertura además son extremadamente cortos. Por ello los datos son insuficientes y no dan cuenta de la alta heterogeneidad espacial y temporal que se observa en las condiciones de descarga.

Aunado a estas limitantes, en regiones donde el agua es escasa la información acerca de ésta tiene un valor estratégico, por lo que frecuentemente se mantiene en secreto, lo cual dificulta la realización de estudios científicos e imposibilita la resolución de conflictos en torno a los recursos hídricos.

#### **D. Las montañas son centros de biodiversidad mundial**

Maselli y Kohler (2011), indican que las montañas albergan más de la mitad de las zonas más biodiversas del mundo y son también centros de diversidad agrícola por su variedad de cultivos y ganados locales. Estos recursos genéticos ayudan a garantizar la seguridad alimentaria de la población mundial. La biodiversidad de montaña también proporciona bienes y servicios esenciales, como madera, plantas medicinales y paisajes recreacionales y es un patrimonio mundial, amenazado por el uso insostenible de la tierra, la sobreexplotación de los recursos naturales y el cambio climático.

- Las montañas tropicales y subtropicales son centros principales de biodiversidad: el monte Kinabalu (Malasia) alberga más de 4000 especies de plantas.
- Las montañas son ricas en especies que no se dan en ninguna otra parte (endémicas). En Irán, más del 50% de las plantas de montaña son endémicas.
- La proporción de áreas protegidas de montaña ha aumentado 8 veces en los últimos 40 años.
- de los 8 centros de agro-biodiversidad de plantas domesticadas se encuentran en zonas de montaña.



### **Sugerencias en materia de política**

- El Programa de Trabajo sobre la Diversidad Biológica de Montañas, del Convenio sobre Diversidad Biológica, ofrece un marco de acción de importancia confirmada internacionalmente.
- El Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos rige el acceso, uso y distribución de los beneficios de los recursos genéticos, incluidos los de las montañas.
- Acciones políticas nacionales para conservar la biodiversidad deben incluir campañas de sensibilización y procesos de desarrollo de capacidades y de participación.
- A los beneficios de la preservación de ecosistemas puede accederse a través del pago por servicios ambientales, programas de conservación comunitaria y de paisajes de conservación.

Price (2000), señala que los ecosistemas de montaña son importantes como centros mundiales de diversidad biológica. La mayor diversidad de especies vegetales vasculares se da en las montañas: Costa Rica, Andes orientales tropicales, bosques atlánticos del Brasil, región oriental del Himalaya- Yunna, Borneo septentrional y Papua Nueva Guinea (Barthlott, Lauer y Placke, 1996). Otros centros importantes se encuentran en las montañas subtropicales áridas. Muchas de estas zonas de mayor diversidad biológica están declaradas parques nacionales o gozan de otro tipo de protección.

### **E. Moviendo Montañas hacia Río 2012 y más allá**

Maselli y Kohler (2011), indica que en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en 1992, se reconoció por primera vez la importancia mundial de los ecosistemas de montaña. El capítulo 13 de la Agenda 21 atrajo atención política hacia estas zonas, normalmente olvidadas. Veinte años después, las montañas importan más que nunca, pero siguen marginadas, a pesar de que la globalización y el cambio climático han mostrado el papel crucial que juegan en el suministro de bienes y servicios ecosistémicos.

Las montañas encarnan muchos otros asuntos de trascendencia mundial, entre otros la migración y urbanización, la seguridad alimentaria, la degradación ambiental, los conflictos armados, el abastecimiento de agua, la gestión de residuos, la producción de energía, el transporte, la conservación de la biodiversidad, los fenómenos meteorológicos extremos y los desastres naturales.

A pesar de su lejanía física, la gente de las montañas y su entorno no pueden ser olvidados por el resto de la humanidad. Por el contrario, el desarrollo sostenible a escala mundial depende de la incorporación efectiva de las montañas y sus habitantes en esfuerzos de colaboración y comprensión mutua.

### **1.3. La biodiversidad y ecosistemas de montaña en el Perú**

Recharte *et al.* (2004), afirma que las ecorregiones de páramo y puna se extienden en franjas sobre las zonas más altas del sistema montañoso andino, de modo que su ubicación es crítica en función de su impacto en zonas más bajas. Debido a su altura, a la juventud de sus suelos y a la complejidad topográfica caracterizada por fuertes pendientes propensas a la erosión, se trata de regiones extremadamente frágiles tanto biofísica como socialmente.

Estos frágiles ecosistemas de montaña fueron utilizados ancestralmente por las poblaciones locales, de modo que son espacios arraigados en sistemas culturales autóctonos, que en el caso peruano, incluyen la única región en las Américas con culturas especializadas en el pastoreo. Este capital de conocimiento ancestral local, así como la diversidad genética que lo acompaña, es una fuente de aportes de este grupo peruano a los otros grupos de trabajo en páramo de países nortños, sin población de especies nativas domesticadas adaptadas al uso de estas praderas.

Los diversos recursos que caracterizan los paisajes de estas ecorregiones, es decir no sólo los pastizales que constituyen la característica dominante, sino también los recursos asociados con este paisaje: bosques nublados, lagos y lagunas, humedales, glaciares y formaciones arbustivas. Igualmente, considera que la contribución a la conservación y el uso sostenible de estos ecosistemas pasan por comprender, no sólo la dinámica de las poblaciones vegetales, sino también de los sistemas de producción.

Recharte *et al.* (2004), indica que los temas y campos de acción considerados prioritarios son:

- Estudiar y analizar participativamente las normas y organizaciones, tanto comunales como familiares, para encontrar alternativas de cambio en el manejo técnico de los recursos.

- Las instituciones y tecnologías tradicionales contemporáneas han sido estudiadas sólo ocasionalmente a pesar de su importancia en la gestión de los pastizales naturales Jamtgaard (1997) y Pinedo (1999) citado por Recharte *et al.* (2004).
- Conocer los sistemas tradicionales de plan de manejo locales. Los organismos del Estado, como en el caso de las áreas protegidas, se interesan por la regulación de los usuarios de recursos mediante el uso de planes locales de manejo. Es importante conocer bien las instituciones, capacidades y normas de manejo local así como de parte del Estado y organizaciones de desarrollo establecer pautas homogéneas, claras y adecuadamente concertadas sobre la definición de estos planes de manejo tratando de hacerlos compatibles con las normas y organizaciones locales. Es indispensable rescatar la perspectiva local mediante la investigación participativa de los planes de manejo locales, ya que en muchos casos las familias campesinas los tienen de manera implícita y dan prioridad a objetivos de subsistencia que escapan a la planificación exclusivamente basada en la rentabilidad económica.
- Profundizar en el análisis de las amenazas a la integridad, salud y productividad de estos ecosistemas, incluyendo la perspectiva de los intereses locales.
- Promover acuerdos y estudios de zonificación de estos ecosistemas, que permitan contar con información comparativa, propuestas de intervención ecorregional para el uso sostenido o la conservación, la unificación de sistemas de mapeo e información geográfica compartida.
- Trabajar en conjunto por hacer que estos ecosistemas sean tomados en cuenta tanto por el público en general como por la gente que toma las decisiones en puestos claves del sector público y privado.
- Buscar los vínculos entre estos ecosistemas y los procesos globales de cambio climático, así como las oportunidades de acción regional. vincular las actividades que se hagan a beneficio de los usuarios de los ecosistemas de pradera altoandina, a los convenios internacionales firmados por el Perú, particularmente el de desertificación, cambio climático y biodiversidad.
- Rescatar la importancia de los nuevos servicios ambientales que pueden brindar estos ecosistemas, particularmente con relación a la regulación del ciclo hídrico y el abastecimiento de agua para las ciudades del desierto costero.

- Integrar los temas de manejo del ecosistema de jalcas o páramos y punas a la gestión de cuencas en esquemas de planificación estratégica de largo plazo (la cuenca como unidad de planificación geográfica y el caserío y finca como unidad de acción campesina).
- Subrayar la importancia de los páramos y punas ubicados hacia el oriente andino, que conforman una zona de transición con los bosques nublados caracterizados por su altísima biodiversidad, y sus roles en la regulación de la calidad y cantidad de agua de la cuenca amazónica.
- Fomentar la formación de manejadores de pradera. En la escena contemporánea el papel de las organizaciones del Estado en el manejo de estos ecosistemas es tangencial, salvo en el caso de la explotación de la vicuña. Es interesante contrastar el rol del estado peruano con relación a sus áreas de pastizales con el de los Estados Unidos de América y el Canadá donde las tecnologías de manejo de las grandes praderas de pastos naturales, así como la perspectiva de su manejo, se integran tanto en la formación de objetivos ganaderos como en la provisión de servicios ambientales y de conservación de la biodiversidad.

#### **1.4. Estado actual de la diversidad florística y fauna de los ecosistemas de montaña**

Brehm *et al.* (2008), determina que el área total que conforman los bosques alto andinos generalmente representa un porcentaje muy bajo en las cuencas donde se encuentran; sin embargo, en estos bosques se presentan concentraciones excepcionales de biodiversidad, tanto en flora como fauna. Además, constituyen el hábitat primario (o gran parte de él) de especies endémicas de flora y fauna.

Mares (1992), mostró que aunque los bosques montanos de la vertiente del este en Sudamérica constituyen el 3.2 % del área continental, poseen el 63 % de los mamíferos endémicos. Esta región tiene una tasa de 1.5 especies de mamíferos endémicos por millón de hectáreas, versus 0.26 especies por millón de hectáreas en el bosque amazónico.

Perú ha sido considerado como uno de los 20 países más megadiversos del globo, con 450 especies de mamíferos (Pacheco y Ataroff 2005), 1 702 especies de aves y 255 especies de anuros (ranas). Una importante proporción es endémica de la vertiente del este de los bosques montanos de los Andes.

Los bosques de niebla contribuyen con 17 especies de mamíferos, 29 de aves y 42 de anuros Leo (1994). Una situación similar puede observarse en México, en donde los bosques nublados, incluso cuando representan menos del 1 % del territorio total, contienen el 12 % de su flora y más de 3 000 especies de plantas, de las que un 30 % sólo se pueden encontrar allí Ferwerda *et al.* (2000).

Al igual que en Bolivia y Colombia, los Andes venezolanos exhiben toda la diversidad característica del norte de los Andes, clasificada como de alta prioridad para la conservación Aldrich *et al.* (1997), indica que con una distintividad biológica significativa a escala global. Uno de los dos principales tipos de hábitat de la biorregión del norte de los Andes es el bosque húmedo tropical de hoja ancha, compuesto en gran parte por el bosque húmedo montano (siempre verde, nublado y alpino).

De acuerdo con Gentry (2001), por encima de los 1 500 msnm en el Neotrópico se presenta una reducción lineal de la riqueza de especies en relación con la altitud; esto es altamente significativo en los bosques andinos. Sin embargo, la mayor parte de las investigaciones en inventarios florísticos, no solamente en los bosques andinos sino igualmente en bosque húmedo tropical, se limita a caracterizar la diversidad biológica y la abundancia en especies arbóreas (Brehm *et al.* 2008; Aiba y Kitayama 1999; Gentry 1988, Kitayama 1992) con DAP mayor a 10 cm; y deja por fuera una gran riqueza biológica sin identificar (Bussmann 2005), debido a que la mayoría de la flora vascular en bosques montanos y otros bosques tropicales pertenece a formas de vida no leñosas (Galeano *et al.* 1999); (Balslev *et al.* 1998). Entre las especies no contabilizadas en estos estudios están las epífitas, abundantes en los bosques andinos (Köhler *et al.* 2007), determina que con valores de biomasa seca hasta 16 toneladas por hectárea.

Dado que estas epífitas y los briofitos terrestres tienen una gran capacidad para interceptar y almacenar el agua de la lluvia y de la niebla, hasta cinco veces su peso seco (Tobón *et al.* 2009; Köhler *et al.* 2007), indican que la pérdida de esta vegetación no solamente implica pérdida de una biodiversidad aún no totalmente inventariada, sino igualmente la pérdida de la capacidad hídrica de estos ecosistemas y su función de regulación del microclima y los caudales, especialmente de mantener los caudales de verano (Bruijnzeel 2004).

Brehm *et al.* (2008), determina que esta dinámica ha sido investigada en Ecuador, donde se estudió un transecto lineal de 24 km de este a oeste, desde el bosque húmedo tropical en el piedemonte andino hasta la parte semiárida de

matorrales y arbustos en zonas de sotavento en Guayllabamba. En este transecto se observa una clara disminución de la riqueza de flora, epífitas, bromelias, orquídeas y líquenes de los bosques de niebla de este a oeste, lo que coincide con la presencia de zonas más secas de sotavento. En esas zonas, la reducción de la temperatura del aire en las noches ayuda a condensar el vapor del agua y las estructuras verticales (postes, cables, antenas), y los árboles son invadidos por especies como musgos y bromelias, que colectan el rocío y el agua de la niebla.

Las Yungas son la ecorregión andina que presenta el mejor estado de conservación: aproximadamente el 56 % de su superficie. Por otro lado, la puna húmeda presenta un estado crítico en casi todo su rango de distribución; así, sus bosques de *Polylepis besseri* ssp. *incarum* serían de los más afectados, ya que su distribución potencial natural se restringe a esta ecorregión. Estos cambios en la cobertura han desencadenado cambios en las magnitudes y dirección de los flujos de agua en estos ecosistemas, los cuales, al estabilizarse, recuperan gran parte de su funcionalidad hidrológica (Bruijnzeel *et al.* 2006).

#### **1.5. Estado actual de la fauna en los ecosistemas de montaña**

Recharte *et al.* (2004), indica que la fauna del páramo es de origen amazónico y entre las especies representativas de este ecosistema están tres especies en peligro de extinción: *Tremarctos ornatus*, *Tapirus pinchaque* y *Felis concolor*. Los datos de colecta en esta zona indican la presencia de especies de los géneros *Cryptotis*, *Didelphis*, *Caenolestes*, *Sylvilagus*, *Odocoileus*, *Mazama*, *Pudu*, *Patagona gigas* y *Metallura odornae*, *Telmatobius*, *Gastrotheca* y *Atelopus*.

Recientemente se han realizado inventarios rápidos de biodiversidad en los bosques de neblina de la vertiente occidental de la provincia de Ayabaca, por debajo de los Páramos, identificándose a la fecha tres relictos de bosques con prioridad de conservación: Cuyas (Cerro Chacas), Aypate y El Toldo. Más de cien aves han sido registradas en estos bosques, entre las de mayor importancia están: *Penelope barbata*, *Asio stygius*, *Leptotila ochraceiventris*, *Syndactyla ruficollis*, *Mimocyza griseiceps*, *Nyctidromus albicollis*, *Ensifera ensifera*, *Hemispingus piurae*, *Andigena hypoglauca*, *Saltator cinctus* y *Pipreola arcuata*.

## 1.6. Estado de los ecosistemas de montaña en el mundo

Cabello y Castro (2012), señalan que los cambios recientes (últimos 50 años) ocurridos en los ecosistemas de alta montaña y en consecuencia en su capacidad de proveer servicios han sido inducidos por impulsores directos e indirectos. Entre los impulsores directos (tabla 1) el principal ha sido el cambio climático y los cambios en la gestión y uso del suelo (fragmentación y destrucción de ecosistemas) y en los ciclos biogeoquímicos.

Tabla 1. Intensidad y tendencias de los impulsores de cambio en ecosistemas de alta montaña

UNIDADES OPERATIVAS DE ECOSISTEMAS	IMPULSORES DIRECTOS					
	Cambios de usos de suelo	Cambio climático	Contaminación	Especies invasoras	Cambio en los ciclos biogeoquímicos	Sobre-explotación
ALTA MONTAÑA			↔	↔		↘

Cabello y Castro (2012)

Fillat y Aguirre (2011), determinan que los cambios de uso del territorio presentan una intensidad muy alta y aunque la tendencia de los dos últimos años nos indicaría que continúa, realmente se ha dado un parón generalizado en algunos aspectos parciales como pueden ser, por ejemplo, los de la construcción de segundas residencias. Una tendencia parecida cabe anotar para la contaminación o insumos externos y para la explotación intensiva de servicios y, en ambos casos, su intensidad fue alta.

Esta situación de espera debería aprovecharse para redefinir claramente temas tan importantes como los de ordenación territorial y hacerlo en su doble aspecto de regulación de urbanizaciones y de construcción indiscriminada de grandes vías de conexión entre núcleos. Los mapas de riesgos de avalanchas deberían incluirse de forma especialmente previsora y las estaciones depuradoras planificadas tendrían que incorporarse rápidamente a la regulación de los ríos.

En relación con el cambio climático está claro el retroceso de los glaciares y un cierto aumento general de temperaturas unido a una disminución de precipitaciones (cambios constatados en la estación meteorológica del IPE en Jaca). Paralelamente, se han dado inviernos con nevadas extraordinarias y desplazamiento del calor estival a meses de inicio o final de verano y sus

repercusiones en las actividades turísticas de fin de semana son muy importantes. Respecto a la ocupación estacional de hoteles también se nota la influencia del clima y afecta de forma diferente a los distintos tipos de usuarios.

En cuanto a las especies invasoras no se trata de un territorio que las acoja fácilmente, quizás de forma muy puntual y para el caso del Pirineo, se podría señalar el intenso tráfico de camiones de pienso para las explotaciones ganaderas y la dispersión de semillas en las cunetas de las principales carreteras de paso; de momento se evidencia su presencia en esas zonas sin que se den alarmas importantes de entrada en parcelas agrícolas o zonas de pasto. Por ello consideramos su intensidad baja y un impacto que continúa y que posiblemente habría que regularse en caso de que se detecten problemas de presencia de variedades transgénicas.

Como impulsores indirectos de cambio consideramos fundamentalmente los relacionados con un desarrollo territorial basado fundamentalmente en el turismo. La falta de coordinación en la ocupación urbanística del territorio y su grado de intensidad alto, desarrollado fundamentalmente durante el último decenio, podían influir negativamente en muchos de los servicios de regulación y, con ellos, disminuir también la oferta de servicios de abastecimiento (MARM 2010).



## CAPÍTULO II

### SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

#### 2.1. Servicios que proveen los ecosistemas de montaña

Los servicios de los ecosistemas contribuyen al bienestar humano y a la calidad de vida de innumerables maneras, directa e indirectamente, por lo que la aplicación de metodologías basadas en un enfoque que permita un conocimiento holístico de los valores del territorio, son necesarias para llevar a la práctica una gestión sostenible del territorio, como ya se ha puesto de manifiesto desde distintos foros internacionales (TEEB FOUNDATIONS 2010). Es necesario, por tanto, un enfoque más holístico, que integre la evaluación de los servicios de los ecosistemas en las políticas sectoriales (agricultura, transporte, industria) y en las políticas de desarrollo rural y gestión del territorio.

La Evaluación Ecosistémica del Milenio (2005), presentó una síntesis del nivel de conocimiento de la provisión de los servicios ecosistémicos, que se plantea como el punto de partida de esta sección, además desarrolló un marco teórico importante para vincular al ecosistema, sus servicios y las comunidades que los utilizan y para dar seguimiento al estado de los ecosistemas y las tendencias en los servicios ecosistémicos.

Los servicios de los ecosistemas son las contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas al bienestar humano. Generalmente se agrupan en tres categorías:

- Servicios de abastecimiento: alimento, agua potable, minerales, tejidos vegetales, etc.
- Servicios de regulación: regulación climática, regulación y depuración hídrica, polinización, formación y fertilidad del suelo, etc.
- Servicios culturales: contemplación de un paisaje, enriquecimiento espiritual, investigación, educación, satisfacción por la biodiversidad, etc.

En las siguientes líneas quisiera mostrar brevemente algunos de los servicios de los ecosistemas que generan las regiones montañosas, y de los que se beneficia la sociedad. Por poner una cifra, aproximadamente el 20 % de la población mundial vive en regiones de montaña.

Recharte *et al.* (2004), las praderas altoandinas tienen una gran importancia ecológica, económica, los ecosistemas altoandinos ofrecen servicios ambientales fundamentales para la sociedad, como son:

- Continua provisión de agua en cantidad y calidad.
- Prevención de erosión del suelo (regula el ciclo de nutrientes y energía).
- Almacenamiento de carbono atmosférico (controla el calentamiento global).
- Proporciona el hábitat para la flora y fauna silvestre y doméstica.
- Es medio de acopio de plantas medicinales y ornamentales.
- Es un ecosistema que mantiene la biodiversidad.
- Tiene potencial de desarrollo turístico por sus paisajes asociados a glaciares.

### **2.1.1. Servicios de abastecimiento de las montañas**

Palomo (2008), manifiesta que los servicios de los ecosistemas de montaña más destacados son los relacionados con el agua. Aproximadamente el 50 % de la población mundial depende directa o indirectamente del agua que proviene de las regiones de montaña. Las montañas funcionan como colectoras de agua de lluvia que luego es distribuida por la geografía de la cuenca hidrográfica, y que es utilizada para consumo humano directo o para la agricultura. Este funcionamiento de las montañas como colectoras de agua es de vital importancia, pues las montañas reciben aproximadamente el doble del agua de lluvia que una región no montañosa del mismo tamaño.

Otros servicios de abastecimiento que podemos encontrar en las regiones de montaña son la madera que se extrae de los bosques, las plantas medicinales, o el pasto para el ganado.

Según Cabello y Castro (2012), determinan que los ecosistemas de alta montaña de Andalucía abastecía con alimentos a partir de una extensa gama de cultivos tradicionales de los que solo quedan algunos testimonios, y de la práctica de la ganadería que aún hoy día se conserva. Gracias a la precipitación que reciben, sobre todo en forma de nieve, estos ecosistemas adquieren una gran importancia en la provisión de agua dulce, un ecoservicio fundamental para el ser humano y el mantenimiento de la biodiversidad. Entre las materias primas de origen biológico destacan las especies vegetales utilizadas en la revegetación para el control de la erosión y el tratamiento de las pistas de esquí.

Estos ecosistemas abastecieron, y todavía lo hacen, con energía renovable en forma de energía hidráulica. Son reservas de variedades locales y de razas ganaderas autóctonas adaptadas a las condiciones de alta montaña. También son frecuentes en su biodiversidad las medicinas naturales y principios activos.

### **2.1.2. Servicio de regulación hídrica**

#### **A. Regulación hídrica.**

Según Cabello y Castro (2012), determinan que la regulación hídrica está indicada por la variación en la cubierta de nieve y el control de la escorrentía superficial que realiza tanto la vegetación como las canalizaciones tradicionales. En particular las acequias de careo vienen representando durante el último milenio una forma eficiente de distribuir en el tiempo y en el espacio el agua del deshielo.

Albán (2007), indica que la regulación hídrica se entiende a la capacidad del ecosistema en proveer un flujo hídrico continuo y de calidad. En este sentido, existen múltiples características que están contenidas en este concepto como provisión de agua para el consumo humano, industrial, agrícola, almacenamiento de agua, purificación del agua, entre otros que aunque no siempre estén vinculados son importantes en forma directa, para el ser humano.

El cambio climático, la degradación de la vegetación, los suelos y el abandono de sistemas de canalización tradicionales representan una limitación para la regulación del ciclo hidrológico de los ecosistemas de alta montaña. El almacenamiento y flujo del agua a través de las montañas representan una de las principales contribuciones de las zonas de montaña al clima y a la escorrentía y redistribución del agua Viviroli *et al.* (2003); Viviroli y Weingartner (2004). Indican que al tratarse de zonas cabecera de cuenca, la importancia del agua disponible se hace notable en la función que desempeñan como fuente de alimentación y recarga de zonas hidrográficamente más bajas.

El servicio de regulación hídrica en los ecosistemas de montaña ha recibido mucho interés desde los organismos públicos y privados, sin embargo, todavía se desconoce mucho de él.

Recharte *J. et al.* (2004), afirma que lo que sí es un hecho que el Perú casi todos los sistemas fluviales nacen de los ecosistemas altoandinos, de modo que los sistemas de riego, agua potable e hidroeléctrica dependen, en gran medida, de esta capacidad del ecosistema de regulación hídrica. El potencial hidroenergético del país reside en las cuencas de las vertientes occidentales y orientales andinas, especialmente en las orientales, donde se encuentra más del 60 % de nuestro potencial, del que apenas aprovechamos el 4 %, lo que permite disponer de grandes recursos para energía limpia. Por ejemplo, la cuenca del río Santa en la vertiente occidental (Departamento de Ancash), abarca 12 200 km<sup>2</sup>, con siete afluentes de la Cordillera Negra y once de la Cordillera Blanca, el volumen promedio de sesenta años es de 4 504 22 millones de metros cúbicos por año. En el trayecto se encuentran instaladas quince centrales hidroeléctricas con una producción anual de 473.1 millones de kWh, lo que equivale aproximadamente a 55 650 000.00 dólares de ingreso para las empresas.

## **B. Provisión del servicio**

Albán (2007), determina que el servicio de provisión de agua en el bosque andino se debe a dos factores: precipitaciones relativamente altas y bien distribuidas a lo largo del año y una baja evapotranspiración (Tobón en prensa). La precipitación se condiciona por variables topográficas y por procesos climáticos locales y regionales. Normalmente la precipitación anual varía en niveles entre 600 a 6000 mm. Según información de Tobón en Oesker (2008), en prensa afirmo que por cada 100 metros de elevación la precipitación aumenta en 150 mm, hasta los 2600 msnm. sumado a este proceso la precipitación horizontal añade 40 mm por cada 100 metros, siendo este un factor muy importante ya que tanto el dosel del árbol así como las epifitas (musgos y líquenes) absorben y retienen la humedad, para luego liberarla por goteo. En las épocas secas la precipitación secundaria por captura de niebla es muy importante, como lo resalta Buytaert *et al.* (2007), porque viene a ser el único suministro de agua al sistema hidrológico. Aunque se desconoce cuánta agua es interceptada por epifitas y cuánta llega a los arroyos, se ha estimado que pueden agregar de 5 a 20 % adicionales. Estas estimaciones igualmente se registran en bosques nublados en el Asia

Bruijnzeel *et al.* (2006). Un caso interesante es el identificado por Hems en Tognetti (2008), quien indica que en el Kilimanjaro donde debido a quemas continuas se ha perdido 15 000 ha de bosque nublado lo que se calcula incidió directamente en la disminución de 20 millones de m<sup>3</sup> de agua.

Por otro lado, el páramo es un ecosistema con una vocación particular para almacenar agua y para distribuirla constantemente en el año. Adicionalmente el agua que sale del páramo es de muy buena calidad. El suelo del páramo también tiene una estructura porosa con alta conductividad hidráulica.

Existen algunos aspectos que constantemente han sido resaltados por varios investigadores como Tobón (2007), Céleri y de Bievre (2007), los cuales se resumen a continuación y que permiten contar con lineamientos básicos para actividades de manejo en estos ecosistemas de montaña.

- ✓ Tobón (2007), indica el suelo es el principal reservorio de almacenamiento de agua tanto para el bosque andino, como para el páramo que presenta un suelo con excepcionales características hidrofísicas.
- ✓ Tobón (2007), los bosques presentan una mayor intercepción, mayor evapotranspiración y resistencia aerodinámica, comparado con cultivos y pastizales. Sin embargo incrementan la humedad atmosférica y por lo tanto existe mayor posibilidad de formación nubes y generación de precipitación, determina que la presencia de bosques definitivamente genera valores protectores (usos indirectos). Mejora la infiltración, regulación de caudales, disminución de la erosión, entre otros servicios. La presencia del bosque, permite que la calidad del agua sea mayor porque el suelo soporta una mayor infiltración y disminuye la escorrentía superficial. La presencia de hojarasca en el suelo amortigua la caída de agua y por lo tanto la erosión del suelo.

El mismo efecto es producido por el musgo en el caso del páramo. Los bosques andinos tienen gran capacidad para captar niebla y por lo tanto aumentar la precipitación por este medio, la cual se adiciona a la precipitación neta en el bosque, especialmente en verano cuando es mayor la neblina.

- ✓ Sobre las prácticas de manejo, a pesar de la escasa información e investigaciones realizadas, se presentan algunas conclusiones básicas:
  - Suárez y Medina (2001) citado por Albán (2007), indican que el efecto de las quemas: a escala local produce un incremento en la evapotranspiración

porque el suelo queda sin cobertura y luego durante el proceso de crecimiento de la vegetación el consumo aumenta, disminuyendo la disponibilidad de agua a nivel de micro cuenca el efecto es aún desconocido Célleri y De Bievre ( 2007), adicionalmente, otro efecto de las quemas es la compactación del suelo, el aumento de la escorrentía superficial y con ella la erosión por agua de los suelos ( Poulenard *et al.* 2001, citado por Albán 2007).

- La agricultura en los páramos disminuye la provisión del flujo de agua por un incremento de la evapotranspiración hasta 66 % del flujo de agua según Sarmiento (2000) citado por Albán (2007).
  - Tobón (2007), señala que la reforestación no mejora necesariamente la capacidad del ecosistema de proveer servicio de protección hídrica o de regulación del flujo hídrico Sin embargo, si el ecosistema ha sido degradado a un nivel extremo (por ejemplo con una pérdida casi total del suelo), cualquier práctica de reforestación podrá mejorar las condiciones.
  - No existe evidencia científica que la forestación de un páramo con pajonales en buen estado puede aumentar el servicio hidrológico.
  - Para el páramo se ha podido recopilar evidencias científicas que la forestación con especies exóticas (pinos) produce cambios significativos negativos en la retención del agua, reduciendo el rendimiento anual en un 50% de acuerdo a PROMAS (2006) y en algunos casos con procesos hidrofóbicos (Farley 2007).
  - Con un monitoreo hidrológico bien diseñado y ejecutado es posible realizar estimaciones de los efectos de (malas) prácticas sobre el ciclo hidrológico a pequeña escala y a corto plazo (un año) (Célleri y De Bievre 2007).
- ✓ Los ecosistemas de montaña tienen rendimientos hídricos mayores que otros ecosistemas. Por ejemplo el bosque seco tropical tiene un rendimiento del 19 %, el Bosque Húmedo Tropical del 42 %, el Bosque Alto andino (niebla) del 63 % y el páramo un 67 % (Buytaert *et al.* 2006, citado por Tobón 2007).

### **C. Modelos para estimar los servicios de protección**

Albán (2007), indica que el debate respecto a la utilización de los modelos hidrológicos está planteado desde hace muchos años. Los modelos se utilizan para entender y verificar procesos que se realizan en los ecosistemas, para simular la provisión de los servicios actuales y predecir el impacto en los cambios hipotéticos (con un análisis de escenarios). En el caso de los servicios de regulación hídrica, los modelos se han desarrollado para estimar la calidad y cantidad de algunos servicios y sobre todo para identificar el impacto relativo que ciertas prácticas de uso del suelo generan en los servicios y priorizar las áreas de intervención. Se presentan algunos modelos utilizados para estimar los servicios hidrológicos.

Hay algunos puntos que centran el debate del uso de los modelos: (i) La representatividad de los modelos y su capacidad de adaptarse a los ecosistemas de montaña y sobre todo en el páramo que tiene un régimen hidrológico muy diferente a los bosques Tobón (2007) y (ii) Los modelos son simplificaciones de la realidad, por lo tanto acarrear un margen de incertidumbre y error.

#### **✓ Modelo Fiesta (Fog Interception and Enhanced Streamflow in Tropical Areas)**

Albán (2007), determina que es un modelo sofisticado para definir la hidrología en ecosistemas de montaña (bosque andino) a través de la construcción del balance hídrico. Este modelo busca dar información sobre interceptación de neblina, evaporación, balance hídrico y escurrimiento. Además da información sobre hidrología del suelo y la producción de sedimentos, de esta forma permite construir escenarios de diferentes tipos de uso del suelo.

El modelo Fiesta fue diseñado en el King's College London, The Vrije Universiteit, Amsterdam y la consultora AMBIOTEK y ha sido aplicado en algunas cuencas hidrográficas de la región e inclusive en Costa Rica. Actualmente se encuentra en desarrollo una versión adaptada para condiciones de páramo.

### ✓ **Modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool)**

Este modelo fue diseñado por el Departamento de Agricultura de los EEUU y la Universidad de Texas para predecir caudales y sedimentos que genera una cuenca hidrográfica con uso intensivo del suelo y sobre todo el efecto en la calidad de agua que tiene la implementación de algunas prácticas de uso del suelo. Por esta razón, este modelo es utilizado para simular el servicio de cantidad y calidad de agua que proveen los ecosistemas de montaña. El SWAT analiza la entrada y salida de agua de la cuenca considerando los diferentes tipos de suelo, variaciones topográficas y climáticas y usos y coberturas. Otra característica del SWAT es que es un modelo de tiempo continuo y requiere información diaria.

Se ha aplicado en numerosas oportunidades el modelo SWAT para el análisis hidrológico en los países de la región y además relacionado al mecanismo de PSA. Por ejemplo se aplicó en las cuencas de Chingaza en Colombia, Paute, El Angel y Catamayo Chira en Ecuador. Quintero (2007), realiza un análisis comparativo de las aplicaciones de SWAT en algunos países andinos.

Su aplicación en cuencas de montaña se ha puesto en seria duda debido a que conceptualmente el modelo no está diseñado para simular los procesos hidrológicos más importantes de los ecosistemas andinos (exceso de saturación y flujo subsuperficial) ya que fue diseñado para simular procesos de cuencas agrícolas de llanura donde predominan otros procesos (exceso de infiltración o flujo Hortoniano), por lo cual tiene muchas suposiciones adecuadas para ese tipo de cuencas. Aplicaciones en cuencas de montaña han demostrado que el modelo no puede simular apropiadamente los procesos hidrológicos de generación de escorrentía (Eckhardt *et al.* 2002, citado por Albán 2007). Esto ha llevado a la necesidad de modificar su código fuente para poder simular los procesos de cuencas de montaña y es así que en Alemania se desarrolló el modelo SWAT-G (Eckhardt *et al.* 2002, citado por Albán 2007) que permite simular condiciones de media-montaña, donde las pendientes, si bien mucho más altas que las de llanura, no son tan fuertes como las de los Andes. En la literatura científica no se encuentran aplicaciones que demuestren la validez del uso de este modelo en cuencas de alta montaña.



### **2.1.3. Servicio de protección de la biodiversidad**

Albán (2007), indica que la protección de la biodiversidad que es un concepto amplio que involucra tanto el valor de existencia a nivel de especies y ecosistemas. Se excluye a la biodiversidad a nivel genético ya que esto tiene un trato diferenciado en la legislación de los países de la región.

PNUMA (2010), determina que las montañas abarcan paisajes espectaculares, una amplia variedad de ecosistemas, una gran diversidad de especies, y distintas comunidades humanas. Los principales tipos de biomas mundiales desde el cálido desierto hiperárido y el bosque tropical a los áridos casquetes de hielo polares se producen todos en montañas. Casi cada área que es en su conjunto importante para las plantas, anfibios y pájaros endémicos se localiza en montañas.

El Convenio sobre Diversidad Biológica adoptó el programa de trabajo sobre diversidad biológica en montañas que tiene un conjunto de acciones que resuelven las características y los problemas específicos de los ecosistemas de montaña. Reivindica conservar la diversidad biológica en montañas y mantener los bienes y servicios de los ecosistemas de montaña, y contribuir a la reducción de la pobreza y a lograr los objetivos de desarrollo del milenio, así como a mejorar la capacidad de las instituciones y las organizaciones para promover la conservación y el uso sustentable de la diversidad biológica.

Naredo *et al.* (2007), determina que las funciones protectoras y de regulación, entre las áreas de montaña tienen una especial asignación. de esta manera, encontramos funciones, de las que se deducen los bienes y servicios asociados, como las siguientes:

- Protección de cuencas hidrográficas y, en especial, de las cabeceras.
- Regulación de los flujos hídricos.
- Disponibilidad hídrica.
- Regulación de la composición de gases atmosféricos.
- Regulación climática (mediante la atemperación de regímenes extremos).
- Protección o amortiguamiento de algunas catástrofes naturales.

- Protección, formación y mantenimiento de suelos.
- Regulación de nutrientes.
- Polinización.
- Control biológico de poblaciones.
- Provisión de hábitat y refugios adecuados a la fauna y flora silvestre.
- Procesado, absorción, reciclado y almacenamiento de residuos.

Albán (2007), Identificar casos sobre proyectos de conservación de servicios ecosistémico que tengan como función central la protección de la biodiversidad en ecosistemas de montaña fue muy difícil. Existen iniciativas suficientes de las cuales aprender y sobre las cuales enfocar los esfuerzos de investigación para obtener resultados que sean útiles para el diseño de estrategias de conservación.

Se encontró proyectos que se enfocan en la biodiversidad como servicio ecosistémico y que utilizan indicadores de biodiversidad como herramienta para monitorear el éxito de una iniciativa de conservación.

Para una escala global o continental existen diversos indicadores de biodiversidad como el Índice de Distinción Biológica, desarrollado por WWF, que es un índice de ecoregiones basados en la riqueza de especies, endemismo, tipos de hábitat, fenómenos especiales y diversidad beta.

En EEM (2005), donde se puede encontrar con detalle información relativa a este índice. Otra iniciativa mundial para modelar biodiversidad es el GLOBIO 3 desarrollado por la Agencia Holandesa para el Ambiente y el Centro de Monitoreo Mundial para la Conservación (World Conservation Monitoring Centre) que utilizan relaciones cuantitativas entre los factores que presionan al ambiente y la biodiversidad (MNP 2006, citado por Albán 2007).

Rodríguez (2007), indica que la aplicación de indicadores de biodiversidad a nivel local se encuentra en la experiencia de Procuena - Colombia que utiliza indicadores biológicos de aves, mamíferos voladores, pequeños mamíferos, anfibios y reptiles para definir el éxito en la aplicación de los acuerdos de conservación.

Este monitoreo se lo realiza con transeptos, trampas de caídas y censos libres. En esta experiencia resalta la producción de protocolos para monitoreo de la biodiversidad, procesos para priorizar y evaluar áreas, y tablas de referencia ecológica para evaluar el impacto sobre la biodiversidad. Lamentablemente para la elaboración de este documento no se encontró experiencias que a nivel local puedan apoyar en la discusión de las necesidades de investigación y el estado del conocimiento de la biodiversidad como servicio.

Para terminar, un aspecto abordado durante el taller de Papallacta (2007), es lo relativo a acuerdos de conservación donde la experiencia de Conservación Internacional en varios países del mundo, así como en la región andina, presenta una gama de posibilidades de relacionar a la biodiversidad, la comunidad y las acciones de conservación (Zurita 2007). En términos de la biodiversidad como un servicio estas iniciativas resaltan el valor de existencia (bosques de polylepis, cocodrilo enano) y valores indirectos como dotar de hábitat y corredor para especies. En estos acuerdos el monitoreo de la biodiversidad se da a través de especies (aves, mamíferos, insectos, invertebrados) y a través de los cambios en la cobertura vegetal.

Para ciertos servicios como la fijación de carbono o la protección de biodiversidad se utilizan modelos ya existentes como el caso de CENTURY para la fijación de carbono y ECOSIM para la biodiversidad.

#### **2.1.4. Servicio de fijación del carbono**

Albán (2007), determina que la fijación de carbono es la capacidad de los ecosistemas en capturar y posteriormente almacenar el carbono de la atmósfera. Se trata tanto al carbono en su forma de biomasa aérea (above ground biomass) y biomasa del suelo (below ground biomass). El servicio de fijación de carbono ha tenido mucha atención por la expectativa de contar con un esquema mundial para su negociación, que requiere estimaciones ex ante y verificaciones ex post exactas del carbono fijado. En los ecosistemas de montaña el interés debe ser mayor ya que no solamente tienen gran potencial para fijar carbono sino que se ha comprobado que sobre los 5000 msnm. se espera que la temperatura suba de 5 a 6 grados en estos ecosistemas en los próximos 100 años.

Según Schutze (2007), indica que este fenómeno sumado a otros procesos ocasionará (aunque en algunos ya se ve este fenómeno) el derretimiento de glaciares, cambios en los regimenes de lluvias, aumento de la frontera agrícola y el incremento de olas de calor e incendios forestales, entre otros.

El ecosistema páramo tiene la característica de poseer un suelo de alto contenido de carbono y eso le da la posibilidad de almacenar una gran cantidad de agua.

Buytaert (2007), determina que el suelo es un factor clave en el almacenamiento debido a la alta carga orgánica estiman que el monto de carbono encontrado en suelos de páramo (Andosoles) usualmente es de 100 g/kg y en zonas húmedas alcanza hasta un 40 % adicional, lo que incide en la capacidad para almacenar el agua. Es así que la humedad del suelo saturado normalmente se ubica entre 0.8 y 0.9 g/g

Es decir, el suelo del páramo se constituye en un enorme reservorio de carbono, el cual ha sido almacenado allí desde hace miles de años.

Farley *et al.* (2004) citado por Albán (2007), indica que se ha medido el efecto de prácticas de forestación con especies exóticas (en especial el pino) liberan el carbono contenido en el suelo, que según, puede ser de entre el 30 al 50%. En cuanto a la reforestación en el páramo con especies nativas algunas mediciones establecen que pueden llegar a almacenar hasta 219 ton/ha en arboles maduros de especies como el *Alnus* y en *Polylepis* 166 ton/ha Fehse *et al.* en de Koning (2007). Sin embargo, no existe información suficiente sobre la liberación de carbono del suelo del páramo con las acciones de (re)forestación.

El bosque andino no ha recibido mucha atención en lo referente a su capacidad para fijar carbono. Las especies nativas son de lento crecimiento y generan bajos rendimientos financieros. Además se resalta que el bosque andino tiene una alta vulnerabilidad a los efectos del cambio climático y cambios en los patrones de uso del suelo sobre todo en las epifitas y anfibios (Bubb *et al.* 2004, citado por Albán 2007).

Brown (2008), señala que para un inventario apropiado del carbono almacenado y de la capacidad de almacenamiento de un país, existen tres niveles de investigación y alcances de sistemas de monitoreo:

- Información básica de acuerdo al IPCC: Biomasa por diferentes tipos de ecosistemas por región y estratificación ecológica,

- Para generar un sistema de monitoreo en el largo plazo se requiere información específica del país: Inventarios, parcelas de monitoreo ecológico, muestras de diferentes estudios con información biofísica,
- Para contar con un sistema de monitoreo preciso se requiere inventarios generales de carbono que incluyen evaluaciones generales (comprehensive assessments) y encuestas e información multitemporal sobre los cambios en el uso del suelo.

Los modelos de predicción buscan generar información del carbono almacenado del cambio de este almacenamiento en el tiempo y en diferentes prácticas de uso del suelo.

Brown (2008) y Herrera (2007), determinan que para estos dos niveles, para los ecosistemas altoandinos, existen limitaciones en términos de metodologías y de acceso a información. Algunos ejemplos de guías se presentan a continuación:

- La IPCC (REDD SOURCEBOOK) da una guía de cómo convertir los inventarios forestales en datos estimados del carbono almacenado.
- El manual de campo para inventarios nacionales de la FAO provee una guía en el diseño de muestras para la construcción de inventarios. Se lo puede encontrar en: <http://www.fao.org/docrep/008/ae578e00.pdf>
- Sourcebook para uso del suelo, cambio de uso del suelo y forestación del Fondo de Biocarbono del Banco Mundial.
- Para la estimación del carbono existen algunas metodologías como: mapeo de biomasa a través de observaciones del satélite de alta resolución o fotos aéreas, encuestas locales, observaciones RADAR con pocos casos a nivel regional y estimaciones directas.
- El modelo ENCOFOR

Existen modelos para convertir las medidas de los árboles en estimados de carbono. Para especies nativas de la región andina existen cálculos parciales y no de todas las formaciones vegetales. Este es un tema que se presenta como un vacío de información.

Para un mejor desarrollo de estrategias de fijación de carbono, autores como Herold (2007), promueven la construcción de un sistema nacional para el monitoreo del carbono y un sistema de contabilidad del mismo. Además, se resalta la necesidad de tener bases de datos de las prácticas actuales y de los cambios de uso del suelo históricos. Esta información en los países de la región es puntual para algunas zonas geográficas.

Según Mena y Hofstede (2001), en Ecuador se han hecho mediciones del servicio potencial de los ecosistemas altoandinos para almacenar y fijar carbono, hicieron mediciones en el pajonal del páramo, obteniendo un máximo de 40 toneladas de materia seca por hectárea en su vegetación, y el 50 % era carbono elemental; esto significa que la vegetación tiene un máximo de 20 toneladas de carbono elemental, equivalente a 72 toneladas de CO<sub>2</sub> (una unidad de carbono elemental, C, equivale a 3,6 unidades de CO<sub>2</sub>.) En este cálculo no se incluyó el suelo. En estos ecosistemas del Ecuador, los suelos altoandinos son muy negros y húmedos, por efecto del clima frío, la alta humedad y por las cenizas volcánicas, condicionando la descomposición de materia orgánica para que sea muy lenta. Si se consideran dos metros de profundidad del suelo, con una concentración de 17 % de carbono, y una densidad aparente de 0,5 kg/litro, podemos calcular que en estos suelos se almacenan 1.700 toneladas de carbono por hectárea. Como resultado del proceso de retención de materia orgánica (la mitad de la cual es carbono), los suelos altoandinos son grandes almacenes de carbono en los que se conserva y se evita la emisión de este elemento a la atmósfera. Las pequeñas áreas de bosques naturales de queñuales (*Polylepis*) también juegan un papel importante en la captura de carbono, se estima que pueden capturar hasta dos toneladas de CO<sub>2</sub> / ha/año (Huerta Ch. L. 2002 y Mena *et al.* 2001), en este caso las condiciones del suelo, del ambiente y de otros componentes que afectan el ciclo de carbono en el suelo son distintas en el Perú, pero es necesario realizar estudios comparativos. Servicios culturales

#### **2.1.5. Servicios culturales**

Según Cabello y Castro (2012), señalan que los servicios culturales adquieren una gran importancia debido al conocimiento que las personas han tenido que desarrollar para vivir en ellos, a la belleza de sus paisajes, y el escenario que representan para la práctica de deportes de la naturaleza y la educación ambiental.

La identidad cultural y sentida de pertenencia está indicada por el número de asociaciones locales que viene creándose para la recuperación de la cultura. El servicio para el disfrute espiritual y religioso y para el disfrute estético y paisajístico están indicados por el número de lugares de culto que existen, y las infraestructuras y servicios para la interpretación ambiental, respectivamente. Las actividades recreativas, de ecoturismo y de educación ambiental están indicadas por la práctica de los diversos deportes de naturaleza.

Naredo *et al.* (2007), indican que las funciones sociales y culturales: aquellas que pueden proporcionar beneficios educativos, culturales, éticos y estéticos a los individuos y a las comunidades. Estas funciones han sido desde múltiples vías, realizadas por las áreas de montaña. Así, podemos diferenciar:

- Función recreativa.
- Cultivo del comportamiento humano armónico con la naturaleza.
- Provisión de espacios para la educación y la cultura.
- Provisión de laboratorios al aire libre para la investigación.

**A. Conocimiento científico.** El conocimiento científico está indicado por el número de publicaciones científicas dedicadas a los ecosistemas de alta montaña andaluces; resultando de especial atención para los investigadores su biodiversidad y el estudio del cambio climático. El conocimiento ecológico local es un factor clave para el uso sostenible del capital natural, y está indicado por la variedad de saberes que las personas han desarrollado en este sentido.

Los niveles de conocimiento que se están adquiriendo a través de la investigación en los ecosistemas de alta montaña están aumentando. Cada vez es mayor el conocimiento científico sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas de alta montaña de Andalucía. Este conocimiento no sólo se refiere al inventario y procesos asociados a la rica biodiversidad que albergan, sino que también las montañas más altas, son los lugares de la Tierra que más posibilidades ofrecen para el estudio de los ecosistemas en relación con la troposfera (Morales Pérez & Reche 2001). Ello no sólo se debe a que permiten la instalación permanente de instrumentos de medida a diferentes altitudes, sino porque los propios ecosistemas que se desarrollan en ellas reflejan directamente las condiciones de selección que soportan.

- B. Conocimiento ecológico local.** El abandono de las actividades tradicionales está provocando que el conjunto de saberes al que se llega a través de la práctica y la experiencia que se transmiten generacionalmente estén desapareciendo. Las poblaciones rurales de las zonas de montaña disponen de un rico elenco de conocimientos en relación con el manejo y aprovechamiento de los ecosistemas de alta montaña. Por otro lado, el antiguo oficio de acequero conocido en algunas poblaciones como el fielll (o ramalero) es tan antiguo como las mismas infraestructuras hidráulicas que le dieron origen y se ha ido transmitiendo de generación en generación. Hasta hace unos años todo el pueblo se implicaba en las labores de mantenimiento y limpieza de acequias como una obligación social. Para conservar estos saberes, recientemente se ha publicado el Manual del acequero (Espín *et al.* 2010), una obra que pretende recuperar la sabiduría y costumbres del manejo del agua y destacar el papel histórico de los regantes y acequeros en la formación de la identidad cultural, natural y agrícola de Sierra Nevada.
- C. Identidad cultural y sentido de pertenencia.** El sentimiento patrimonial de los ecosistemas de alta montaña se está consolidando. A lo largo de la historia, la ocupación de la montaña por el hombre ha dejado un importante legado que se traduce en un gran patrimonio cultural, incluso en gran parte de la población urbana, que tiene como referente las costumbres de los pueblos de origen. Hoy día existe un gran interés por parte de la población urbana por mantener y recuperar eventos festivos y bailes populares. Cada pueblo tiene sus tradiciones expresadas, entre otras manifestaciones, en fiestas y bailes propios, y la gastronomía, ello está provocando el incremento de asociaciones con fines culturales y ambientales.
- D. Disfrute espiritual y religioso.** El uso del paisaje y sus elementos como escenarios en los que celebrar las creencias está aumentando. Los habitantes de los ecosistemas de alta montaña y la población urbana que se desarrolla en su entorno desarrollan profundos valores espirituales que se manifiestan en ritos, creencias, y cultos religiosos que se expresa en festejos, lugares, refranes, y manifestaciones artísticas como la pintura y la poesía.



**E. Paisaje Servicio estético.** La apreciación de lugares, sitios, comarcas que generan satisfacción y placidez por su estética o inspiración creativa o espiritual, es un servicio que está mejorando.

**F.** Los ecosistemas de alta montaña tienen una excelente representación en la obra pictórica de Andalucía, y en la actualidad representan un hito para la fotografía y los visitantes, que tienen así la opción de ver un paisaje glacial en nuestra región. Los piornales tienen un destacado papel en la estructura del paisaje de páramos y montañas (Bonet *et al.* 2009). Este papel se pone de manifiesto especialmente, desde el punto de vista estético, durante la masiva floración primaveral de las leguminosas dominantes en las diferentes comunidades.

**G. Educación ambiental.** La demanda de conocimiento ambiental por parte de los ciudadanos está aumentando, especialmente para los de origen urbano. En consecuencia se está avanzando en la sensibilización y conciencia de la gestión de los servicios de los ecosistemas, lo que se manifiesta a través del aumento experimentado en equipamientos destinados a educación ambiental y turismo científico. Los ecosistemas de alta montaña aportan un evidente servicio educativo y científico que debe ser tomado muy en cuenta (Cabello y Castro 2012).

**H. La regulación morfosedimentaria.** está indicada por las pérdidas de suelo por hectárea, que se ven reducidas cuando la vegetación está en buen estado de conservación. La formación y fertilidad del suelo está indicada por la profundidad de éste y su capacidad de intercambio catiónico.

La capacidad de regular los incendios está indicada por la diversidad de especies nativas que muestran. El control biológico está indicado por la capacidad de regulación de plagas y de especies invasoras, mientras que el servicio de polinización está indicado por el número de especie autóctonas susceptibles de polinizar cultivos Cabello y Castro (2012).

## **2.2. Vacíos de conocimiento de los servicios de ecosistemas de montaña**

Albán (2007), indica que en términos generales, es necesario organizar una agenda de investigación interdisciplinaria y que analice las relaciones entre el ser humano y los ecosistemas desde las diferentes disciplinas.

Milenio (2005), determina que para la Evaluación Ecosistémica recomiendan tres acciones concretas para entender la relación de los servicios ecosistémicos: la necesidad de realizar evaluaciones periódicas de los servicios a nivel ecosistémico, analizar los efectos cruzados de la intervención humana en los ecosistemas y establecer líneas de base sobre la calidad de los ecosistemas, servicios y estimaciones de deforestación.

En forma general existen tres niveles de información que son necesarios para tener un conocimiento integral sobre los servicios del ecosistema.

- Información respecto a la generación de cada servicio ecosistémico.
- Información sobre la capacidad de resiliencia del ecosistema, la respuesta del ecosistema a alteraciones y/o cambios en la cobertura de la tierra y uso del suelo.
- Información sobre el nivel de generación del servicio ecosistémico cuando existen mosaicos de cobertura y uso del suelo y las unidades de área necesarias para la generación del servicio.

### **2.2.1. Sobre el servicio de regulación hídrica**

Albán (2007), determina que se presentan seis principales vacíos de información respecto al servicio de protección hídrica que se requiere para reforzar los esquemas de compensación por servicios de ecosistemas de montaña. Se espera que esta priorización aporte a la planificación y colaboración interinstitucional a escala regional.

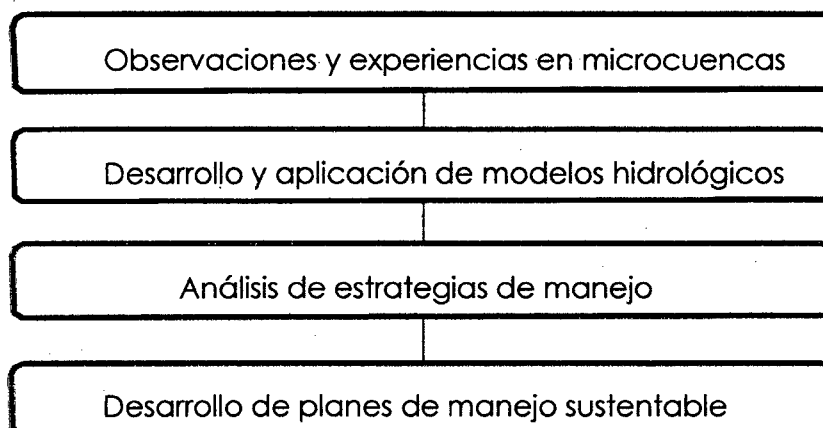
- A.** Se conoce poco de la hidrología y procesos hidrológicos de los ambientes altoandinos y considerando que el servicio de regulación hídrica responde a las características locales de precipitación, altitud, entre otras, se necesita incrementar (i) el esfuerzo de investigación tanto en la recopilación de información de largo plazo de las variables claves, como en mejorar el acceso a la información existente (ii) el análisis de la Información. Se propone seleccionar áreas (microcuencas) mínimas representativas y hacer un esfuerzo coordinado para analizarlas y realizar predicciones. Se puntualiza en los siguientes aspectos:

- Se requieren registros continuos de variables climáticas y de procesos hidrológicos como precipitación, intercepción, infiltración y precipitación secundaria (Célleri y De Bièvre 2007, y Tobón 2007). Un segundo nivel de información son otros parámetros adicionales como cobertura vegetal y cambio en la cobertura de la tierra y en el uso del suelo a nivel espacial y temporal (Tobón 2007).
  - No se conoce los mecanismos de generación de escorrentía (subterránea y superficial), tanto para flujos base (caudal observado al final de un período de estiaje principalmente compuesto por aguas subterráneas o almacenadas en el suelo) como para caudales extremos (Celleri y De Bievre 2007).
  - Se requiere que la información y el análisis de los procesos hidrológicos respondan a los diferentes ecosistemas y a diferentes escalas temporales y espaciales.
  - Se requiere información de suelos hidrofísica y química (como conductividad hidráulica, agua disponible en el suelo, densidad aparente, materia orgánica, textura, entre otra), clave en el funcionamiento hidrológico, y en entender la consecuencia de la irreversibilidad en los ecosistemas de montaña, especialmente el ecosistema páramo.
  - Finalmente, los gestores de proyectos requieren información sobre el área que permite el aporte de los servicios de ecosistemas andinos (Célleri y De Bievre 2007 y Moreno 2007).
- B.** Existe una brecha en el conocimiento sobre los efectos de distintas prácticas de uso del suelo en el flujo hídrico que proveen los diferentes ecosistemas altoandinos.
- Tobón (2007), indica que la Información relacionada con el cambio en las propiedades hidrofísicas del suelo producidas con el cambio de la cobertura, usos de la tierra y su posterior manejo
  - Existen algunos estudios sobre el impacto de usos del suelo, como el impacto de las quemas en el suelo del páramo (Albán 2007), que analizan la relación con el flujo hídrico.
  - Hay ausencia de información sobre el impacto de prácticas que cambian la cobertura original (agricultura, plantaciones forestales) frente al servicio de

provisión hídrica a nivel de microcuenca y cuenca, donde se considere también el impacto frente a diferentes escalas.

- Se conocen más los casos extremos, el ecosistema bien conservado y los efectos de la agricultura y ganadería intensiva. Estudiar mosaicos es una de las brechas de conocimiento.
  - En síntesis, existe aún muy poco conocimiento sobre los efectos del cambio de cobertura del suelo y los impactos de diferentes usos (intensivos y extensivos) en caudales, calidad de agua y producción de sedimentos y en la identificación de buenas prácticas de manejo
- C. Existen demandas específicas en función de los casos de cada cuenca. la discusión sobre caudales ecológicos o caudal unitario demanda de atención en algunas cuencas y en otras el arrastre de sedimentos y recarga de acuíferos. Sin embargo, a escala regional, es prioritario el estudio de caudales base o de estiaje ya que estos son los que más frecuentemente se producen y ocasionan mayores problemas a los diferentes usuarios del agua (Céleri y De Bievre 2007).
- D. La aplicación de modelos adaptados a la realidad de los ecosistemas de montaña es una herramienta importante para entender la dinámica de los servicios ecosistémicos.
- Se requiere una serie de estudios de campo en áreas piloto donde se comparen distintos usos del suelo y prácticas productivas, y que del meta-análisis entre ellos se desarrollen mejores modelos, apropiados para la realidad andina; alimentados con datos observados darán mejores predicciones para ordenar prioridades y evaluar resultados de programas y proyectos.
  - Se debe generar información para vincular los modelos hidrológicos con esquemas de optimización y manejo de ecosistemas y los planes de manejo sustentable.

Figura 1: Bajo el esquema propuesto por Céleri y De Bievre (2007).



- El desarrollo de modelos hidrológicos requiere realizar verificaciones tanto en la conceptualización como en los códigos para asegurar que los modelos sean apropiados. El análisis de incertidumbre debe ser parte integral de cualquier aplicación de los modelos para proporcionar información confiable a los tomadores de decisiones (Buytaert, 2007). Adicionalmente se requiere generar procesos de validación de los modelos en sitios estratégicos y contrastantes.

E. Modelación de los efectos del cambio climático sobre estos ecosistemas y de los efectos del cambio en el uso del suelo.

F. Fomentar la creación de una red andina de cuencas experimentales donde se desarrolle un monitoreo mínimo y se fomente el intercambio de datos, información y experiencias, colaboración y complementariedad, así como brindar asistencia en el procesamiento de datos (Celleri y De Bievre 2007), como insumo fundamental para dar un verdadero avance en el conocimiento hidrológico de los ecosistemas.

### 2.2.2. Sobre protección de la biodiversidad

Albán (2007), señala que se identifican cinco tipos de vacíos de información:

- A. El concepto de protección de biodiversidad como servicio es una limitante en la aplicación de esquemas de conservación, así como en su monitoreo. Se requiere evaluar mejor las condiciones ecológicas de las zonas de intervención, la variabilidad de la biodiversidad a nivel de especies y ecosistemas y definir con más precisión el servicio para desarrollar sistemas costo-efectivos de monitoreo.

- B. Se requiere generar medidas precisas sobre biodiversidad. Hasta ahora sólo se han usado indicadores generales de biodiversidad con sistemas costosos de monitoreo. Con medidas más claras se podrán diseñar mejor los tipos de acuerdos con las comunidades.
- C. Es prioritario encontrar formas de realizar monitoreo biológico costo- efectivo que permitan responder tres preguntas claves:
- ¿Cuál es la relación entre las restricciones a las prácticas de aprovechamiento y la biodiversidad resultante en el área?
  - ¿Sobre qué grupos taxonómicos debe focalizarse el monitoreo para garantizar el mantenimiento de la biodiversidad?
- D. Existe un desconocimiento sobre la biodiversidad que se conserva con proyectos que permiten parcialmente el aprovechamiento de la biomasa, como lo son las actividades agropecuarias con manejo sustentable.
- E. Hasta ahora no existe una clara evidencia de los efectos que sobre los servicios hidrológicos generen las distintas opciones de conservación de la biodiversidad.

Para la gama de bosques y páramos no existe información sobre la relación entre las acciones de protección del servicio de regulación hídrica y las acciones para conservar el servicio de protección de la biodiversidad.

### **2.2.3. Sobre fijación de carbono**

Albán (2007), indica que a pesar que fijación de carbono, como un servicio ecosistémico, existen variadas iniciativas de investigación y monitoreo del servicio, se identifican varios vacíos claves en los ecosistemas altoandinos:

- A. Se requiere información multi-temporal sobre el carbono almacenado en los ecosistemas altoandinos no arbolados (páramo), en el nivel de captura de carbono de diferentes tipos de ecosistemas montanos (con especies nativas), y en el nivel de carbono liberado con cambio de uso de suelo o modificaciones en las prácticas de uso de estos ecosistemas. Esta información se requiere tanto por la restauración dentro de los procesos actuales incluidos en el Mecanismo de Desarrollo Limpio así como por la degradación evitada.

- B. Se necesita un mapeo de prioridades de conservación de carbono fijado a escala regional en los diferentes ecosistemas altoandinos, para desarrollar estrategias para su conservación.
- C. Se requieren modelos adaptados a los ecosistemas altoandinos que permitan construir escenarios sobre la fijación de carbono con cambios en la cobertura y usos del suelo en el futuro.
- D. Se requieren metodologías para proyectos de reforestación que utilicen especies nativas con especial énfasis en su ecología, manejo y crecimiento.
- E. Se necesita saber qué consecuencias tendrá el cambio climático sobre los ecosistemas de la región, y cómo eso alterará los flujos hidrológicos, la fijación de carbono y la biodiversidad. Esto puede generar nuevas regiones prioritarias para proteger de los cambios de cobertura y mantener la resiliencia de los ecosistemas.
- F. Entre las zonas identificadas como prioritarias están las áreas de transición entre el páramo y el subpáramo. Es necesario desarrollar investigaciones específicas en estas zonas para generar herramientas específicas para su manejo.
- G. Como no existe una clara vinculación de los diferentes servicios: hidrológico, fijación de carbono y biodiversidad, se propone acciones para conocer las sinergias existentes entre los servicios y utilizar el marco de análisis del enfoque ecosistémico como la forma para solucionar la falta de información, donde se mida variables de procesos vinculados con indicadores sobre el estado de la biodiversidad.

Los ecosistemas de páramo como retenedores de carbono atmosférico, se ha estudiado más la vulnerabilidad de estos ecosistemas ante el cambio climático, que la función como retenedores de carbono. Los estudios que se han publicado no son numerosos; sin embargo, el tema está cobrando vigencia, de modo que esta función ha sido mencionada en trabajos como los de Hofstede.

Este autor ha documentado que el ecosistema de páramo puede almacenar más carbono que la selva tropical si se considera el suelo, los datos calculados por el autor se expresan en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de almacenamiento de carbono en paramo y selva.

Comportamiento	Ton C/ha	
	Paramo	Selva tropical
Vegetación	20	250
Suelo	1700	50
Total	1720	300

Fuente: Modificado de Hofstede (1999) Citado en García 2003

García (2003), indica que las bajas temperaturas hacen que el ecosistema de los páramos tenga reducidas tasas de mineralización y reciclaje de nutrientes, lo cual favorece una lenta pero continua absorción neta de CO<sub>2</sub> atmosférico que es acumulado como parte de la materia orgánica en sus suelos de características histosólicas. La alta capacidad de los suelos de páramo para retener agua favorece la prevalencia de condiciones anaeróbicas durante largos períodos del año, especialmente en las zonas de relieve plano.

Las capas superficiales de suelos cultivados presentan significativamente menores cantidades de carbono y una tendencia a la migración de éste a las capas más profundas donde se registran incrementos respecto a los suelos no intervenidos. Estos últimos presentan compactación, lo cual tiene efectos negativos importantes no sólo sobre la retención de agua, sino que también dificultan notablemente la interpretación de los almacenamientos totales de carbono. Las elevadas cantidades totales de carbono en suelos bajo usos nativos (315-330 ton C/ha) evidencian la gran capacidad de acumulación de carbono de estos suelos.



## CAPITULO III

### ACTIVIDADES ANTROPOGENICAS

#### 3.1. Agricultura migratoria

PNUMA (2010), señala que las áreas de montaña se han visto afectadas por la pérdida de diversidad como resultado de las actividades humanas, debidas en gran medida a cambios en los usos del suelo. Los bosques de montaña están amenazados por la expansión en altura de la agricultura y los asentamientos humanos, explotaciones forestales para aprovechamiento de madera y madera para combustible y sustitución por pastos de montaña.

**La agricultura** en los páramos disminuye la provisión del flujo de agua por un incremento de la evapotranspiración hasta 66 % del flujo de agua según Sarmiento 2000 citado por Albán (2007).

Recharte *et al.* (2004), señala que la erosión de suelos alto andinos es un problema que no sólo afecta la productividad de los usuarios de estos recursos, sino que agrava la disponibilidad de agua normalmente generada por estos ecosistemas.

La prevención de la erosión del suelo es otro de los servicios ambientales que permite regular el ciclo de nutrientes y energía. Se estima que en un pastizal con manejo sostenible la erosión puede llegar hasta un 5 %, mientras que en lugares muy deteriorados por sobré pastoreo puede llegar a 35 % (Verweij 1995, citado por Mena *et al.* 2001).

#### 3.2. Cambios de uso del suelo

Cabello y Castro (2012), señalan que las reforestaciones madereras realizadas en el siglo pasado, y la habilitación de espacios destinados a actividades recreativas (principalmente el esquí) y urbanizaciones asociadas, han determinado que los cambios de uso del suelo afecten al 64% de los servicios que proveen estos ecosistemas. Los cambios de uso del suelo y los cambios en los modelos de aprovechamiento de los recursos tienen una influencia muy importante en las relaciones dinámicas de las comunidades que integran estos ecosistemas, por lo que parece necesario establecer un seguimiento de los efectos de dichos cambios.

El impacto de las reforestaciones se relaciona con la modificación de las condiciones del hábitat. Una de las características de este tipo de este ecosistema es la ausencia de cubierta vegetal arbustiva o de cubiertas arbóreas (excepto en el caso de los pinares autóctonos), de mayor talla y densidad. Las especies vegetales de estos sistemas son heliófilas, por lo que la sombra proporcionada por la mayor cobertura que ofrecen las plantaciones forestales debido a la densificación que muestran, supone una alteración significativa del ecosistema.

En lo que respecta a la evolución de la vegetación en los últimos años, no existen datos previos fiables que puedan servir para comparar con la actualidad, pero sí puede reseñarse que la dinámica vegetal ha sido positiva en todos los tipos de vegetación existentes pues no se ha producido en el territorio, con carácter general, ningún elemento perturbador con intensidad tal que haya podido limitar de forma importante el desarrollo de la vegetación (incendios, talas, grandes transformaciones agrícolas sobrepastoreo, etc.). Sin embargo, en el pasado estos ecosistemas dieron soporte al desarrollo de una agricultura y ganadería tradicional, cuya tendencia a la disminución está dando lugar a efectos dispares en los cambios de uso del suelo en función del tipo de servicio y subtipo de ecosistema al que afecte.

Sánchez et al (2010), señala que un caso particular es el de la Estación de Esquí de Sierra Nevada, que con un dominio esquiable de 965 has supone un elevadísimo grado de transformación del territorio y un importante consumo de agua destinado en gran medida a la producción de nieve artificial. Si bien esta estación tiene un destacado papel socioeconómico en la zona occidental del macizo de Sierra Nevada, su elevada extensión con 103 km y 114 pistas abiertas compromete el flujo de ecoservicios fundamentales para la población del área de influencia de Sierra Nevada.

### **3.3. Los monocultivos**

El monocultivo es la práctica de cultivar grandes extensiones de terreno con árboles u otro tipo de plantas de la misma especie. Si bien es una forma eficiente y rentable de cultivo desde una perspectiva mercantil, desde el punto de vista ecológico es desastroso.

La base de todo ecosistema es la diversidad y una práctica como el monocultivo no hace más que quebrantar este principio. Si hay menos diversidad vegetal, también disminuye la animal. Los insectos y animales que antes se alimentaban de otras especies vegetales ahora desaparecen y por ende también sus depredadores. Así, se propagan las plagas que afectan al monocultivo, se rocían pesticidas para su control, se contamina el aire, la tierra, el agua, suma y sigue, todo está conectado.

Por otra parte el daño a los suelos es considerable, sobre todo si no hay rotación en el monocultivo. Se pierde fertilidad, pues se empobrece la tierra al absorber la misma especie siempre los mismos nutrientes. Entonces debemos enriquecerla artificialmente con químicos y xenobióticos, proceso que requerirá ir en aumento a medida que la tierra se empobrece más.

Generalmente seducidos por las promesas de los países ricos, el monocultivo se ha ganado un lugar en el tercer mundo y en latinoamérica en particular, donde suelen primar visiones miopes que prometen un boom de riquezas para hoy, pero de incalculables pérdidas para mañana. Paradigmático es el caso de los monocultivos para los nefastos biocombustibles, donde los países desarrollados comprometen la compra de toda la producción, movilizand o la agricultura hacia este tipo de prácticas de corto plazo, retorno dudoso pero alto impacto ambiental asegurado.

El desequilibrio medioambiental que significa el monocultivo (además de su innegable y negativo impacto visual en el paisaje) tiene que ver con la alteración que provocamos al pasar de una lógica diversa, rica, circular, autosuficiente y sustentable del ecosistema hacia una homogénea, pobre, recta, artificialmente asistida e insostenible.

#### **3.4. Ganadería extensiva**

Recharte *et al.* (2004), indica que la situación de uso de los pastizales naturales en Perú se caracteriza por la importancia que tienen para las poblaciones de camélidos sudamericanos, tanto en números absolutos como relativos, ya que aproximadamente el 60 % de la población mundial de estos animales habita en el Perú.

El sobrepastoreo es un fenómeno común y significativo en los Andes, determinando que la carga actual duplique en muchos casos la capacidad de carga potencial.

La degradación del ecosistema andino representa un problema complejo que está relacionado, de alguna manera, con el modelo de organización al interior de las comunidades, a la política de tenencia de la tierra y al gobierno. Las peores condiciones ecológicas corresponden a los niveles más elementales de organización y a economías de subsistencia.

Florez y Malpartida (1988) citado por Recharte *et al.* (2004), indican que el sobrepastoreo, las prácticas de manejo inadecuadas, la sobreexplotación de los recursos y la falta de prácticas de conservación se encuentran entre las causas principales de la degradación del suelo en los pastizales andinos. El Instituto Nacional de Recursos Naturales (ex INRENA) reporta que 3 724 711 hectáreas de áreas protegidas que deberían ser entregadas para la protección de cuencas hidrológicas y refugios para animales silvestres, están siendo utilizadas como tierras de pastoreo.

A diferencia de los servicios ambientales listados anteriormente, la ganadería constituye el principal uso directo de este ecosistema en el Perú.

El potencial para ganadería de camélidos está en la puna, que constituye casi el 50 % de la superficie de la región sierra. En este ecosistema se ha desarrollado la ganadería prehispánica de camélidos mediante la crianza de alpacas y llamas, y se han manejado las poblaciones silvestres de vicuña, formas y especies adaptadas a las condiciones ambientales de estas grandes alturas. La gran superficie de pastos naturales altoandinos y la elevada población de camélidos sudamericanos, de los que el país posee cerca del 60 % de la población mundial, ofrecen claras ventajas comparativas desde el punto de vista ecológico (adaptación, forma de pastoreo, etc.) y económico, por el alto valor de su fibra.

Las informaciones estadísticas señalan que de los 14 102 000 ha aptas para el pastoreo solamente el 1 % es de condición muy buena; 11 % de condición buena; 24 % de condición regular; 50 % de condición pobre y 14 % de condición muy pobre. Esto implica que solamente el 12 % de la superficie es apropiada para el pastoreo durante todo el año, y 88 % de la pradera debe necesariamente ser utilizada por sistemas de pastoreo estacional si se quiere revertir la tendencia negativa del pastizal.

El incremento de la población animal sin que se haya efectuado el ajuste de manejo de los pastizales naturales es uno de los factores más importantes para el deterioro de estos ecosistemas. Si a esto se suma que los diseños de programas de pastoreo

no contemplan la bondad del pastizal ni la carga animal óptima para una adecuada utilización, entonces el deterioro del pastizal es un resultado esperado.

Entre 1996 y el 2000 los camélidos sudamericanos tuvieron un incremento del 13.5 %, los ovinos del 13.3 %, los vacunos del 5.5 % y los caprinos 2.2 %. Si consideramos que espacialmente los camélidos y las ovejas se sitúan, en la mayoría de los casos, en áreas de praderas naturales de condición regular a muy pobre, entonces el efecto es un acelerado proceso de desertificación de estos importantes pastizales.

El pastoreo tiene efectos profundos en la estructura y funcionamiento de los páramos. El pisoteo del ganado genera compactación del suelo y pérdida de las propiedades retenedoras de agua y carbono. Sus efectos son notorios en la relación entre la distribución de la biomasa que se encuentra por encima del suelo (epigea) y la biomasa que está por debajo del suelo (hipogea), la fisionomía de las plantas y la ocurrencia del mismo fuego. No obstante, a pesar de la gran influencia humana en los páramos, la cobertura en general es dominada por flora nativa. Existen enclaves de tipo azonal, como comunidades que se encuentran en suelos saturados de aguas, turberas y lagunas (IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo 2002).

Como los suelos contienen alrededor de tres veces más reservas de carbono orgánico que la biomasa vegetal y animal sobre la tierra y el doble del carbono contenido en la atmósfera, la materia orgánica del suelo es potencialmente la fuente más peligrosa de CO<sub>2</sub> para el calentamiento global, aparte del causado por la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas). Indirectamente, el descenso en la producción agrícola y de biomasa resultante de la degradación de los suelos también contribuye a un incremento del CO<sub>2</sub> atmosférico, por descenso en el secuestro de CO<sub>2</sub> en la fotosíntesis y por obligar a incorporar nuevas tierras a la producción agrícola, generalmente a través de deforestaciones incontroladas y quemando la vegetación, especialmente en zonas ecuatoriales.

Belloso *et al* (2002), indica que en la actividad pecuaria, los bajos índices de producción se deben fundamentalmente a un manejo inadecuado del recurso forrajero, los pastizales naturales en su gran extensión están ubicados en zonas de laderas en las partes altas del territorio comunal sometidos a una fuerte presión de pastoreo, que trae como consecuencia la pérdida de las especies vegetales palatables. Además existe una tenencia indiscriminada de ganado

vacuno, ovino, equinos y otros frente a la oferta de pastos, lo que se da fundamentalmente porque la agricultura es de alto riesgo y no atractiva.

### **3.5. La Minería**

Sánchez (2002), indica que los principales impactos de la minería sobre los ecosistemas pueden ser agrupados en cuatro categorías: destrucción de hábitats, su fragmentación, la alteración de sus características e impactos sobre la fauna. Estos impactos tienen como acciones generadoras la supresión de vegetación (nativa o no), el lanzamiento de cargas contaminantes al agua o al aire y procesos erosivos acelerados por diversas actividades.

Los hábitats acuáticos son, frecuentemente, alterados por la minería, así como, por cualquier actividad que pueda promover un aumento en los índices de erosión. Las partículas sólidas en suspensión en el agua aumentan la turbidez, reducen la penetración de la luz y causan diversas alteraciones en los procesos biológicos que tienen lugar en los cuerpos de agua. La sedimentación es consecuencia del transporte de partículas suficientemente grandes que se depositan cuando disminuye la energía cinética del río. Este proceso entierra los organismos en el fondo, interfiriendo de esta forma con toda la cadena alimenticia.

Brenning y Azócar (2010), señala que la minería, después del calentamiento global, es la actividad humana más nociva para la mantención de los glaciares. La actividad minera, en zonas de montaña en diversos países ha sido altamente destructiva de ecosistemas claves como páramos, salares, vegas, bofedales de altura y glaciares.

Los impactos negativos de la minería sobre los glaciares se inician con la construcción de caminos durante la exploración, muchos de los cuales se realizan sobre glaciares, o cerca de ellos cubriéndolos de polvo, lo cual acelera su derretimiento.

En algunos casos se los cubre de arena, sal y rocas para estabilizar caminos o construir plataformas de sondaje sobre ellos. También se los perfora mediante uso de explosivos. En la etapa de explotación, se suma el derrame de aceite, petróleo y tóxicos, la remoción masiva de hielo con maquinaria pesada y la sepultación de glaciares bajo botaderos de estériles. Además, existen casos donde se ha perforado glaciares mediante el uso de explosivos.

Estas prácticas de la minería, han provocado contaminación y acidificación de las aguas, debido a la reacción química del material de descarte en contacto con la atmósfera, lo cual es un hecho de la mayor gravedad, dado que las faenas mineras se desarrollan en las cabeceras de cuenca, y la contaminación percola aguas abajo hacia ríos y esteros, afectando el consumo humano, la agricultura, y los ecosistemas.

En forma generalizada desde 1990, la minería chilena destruye glaciares, agravando la desertificación que sufre el país y haciendo más vulnerable a la agricultura y a las ciudades frente a la mayor estrechez hídrica que trae el cambio climático. El desarrollo de la minería en el Perú está relacionado con el agua de las cabeceras húmedas ubicadas principalmente en las cumbres más altas. El sector minero representa aproximadamente 5 % del PBI base (1994) citado por Recharte *et al.* (2004) y es la fuente de cerca de 50 % de las divisas que entran al país.

### **3.6. Quemadas indiscriminadas**

A escala local la quema produce un incremento en la evapotranspiración porque el suelo queda sin cobertura y luego durante el proceso de crecimiento de la vegetación el consumo aumenta, disminuyendo la disponibilidad de agua Suárez y Medina (2001) citado por Albán (2007). A nivel de micro-cuenca el efecto es aún desconocido Céleri y De Bievre (2007). Adicionalmente, otro efecto de las quemadas es la compactación del suelo, el aumento de la escorrentía superficial y con ella la erosión por agua de los suelos Poulénard *et al.* (2001) citado por Albán (2007).

### **3.7. Infraestructura vial sin planeación**

Sánchez (2002), señala que la construcción de una carretera en medio a un fragmento forestal, no sólo reduce el área de ese ambiente sino que también, aumenta el efecto de borde. Se sabe que en la interface entre un bosque y el campo abierto circundante ocurren procesos interactivos que llevan a la degradación progresiva del ambiente forestal.

Como las especies al interior de un bosque están adaptadas a las condiciones ambientales de sombra, temperatura y humedad, muchas no sobreviven en los bordes, más expuestas a la insolación, los vientos, una mayor variación de temperaturas y humedad más baja.

### **3.8. Turismo sin control**

Bonet *et al.* (2009), sostiene que en los ecosistemas de alta montaña, el desarrollo de actividades de ocio y esparcimiento por la población urbana representa uno de los servicios culturales más demandados actualmente. El incremento en este servicio se debe al valor que la población otorga a los espacios protegidos, y a la identificación de éstos con la celebración de actividades al aire libre satisfactorias. La actividad deportiva, las técnicas, las capacidades y las actividades mismas requeridas son bien específicas de lugares montañosos elevados como: terrenos rocosos, arenosos, nevados o con hielo además de las condiciones atmosféricas particulares como la baja proporción de oxígeno, la temperatura y la presión atmosférica, todas las cuales disminuyen con la altura (altitud). Por lo anterior y por extensión, comúnmente se utiliza el término "alta montaña" para describir la actividad de ascender montañas con las características descritas y su consecuente descenso.

Cabello y Castro (2012), señalan que la demanda más importante de usos turísticos se produce durante la estación invernal cuando la nieve amortigua el impacto sobre los elementos más vulnerables del ecosistema. En verano, el macizo no ofrece el mismo atractivo y la población se desplaza. No obstante, la declaración del Parque Nacional ha difundido a nivel nacional los valores naturales del macizo, por lo que el territorio está soportando en la estación estival una carga sensiblemente más elevada que en épocas anteriores. Puntualmente, las motos y vehículos todo terreno, pueden generar afecciones importantes. También el vertido de residuos, asociado principalmente a núcleos urbanos, tiene efectos contaminantes sobre cursos de agua o ríos próximos, casi todos ellos trucheros.

Si bien la montaña soporta a veces una afluencia masiva de visitantes, en el macizo de Sierra Nevada no se detectan, en general, graves problemas de sobrecarga turística, a excepción de algunos puntos localizados. También reciben una gran afluencia durante la temporada invernal, la estación de Esquí de Sierra Nevada y su entorno y la Estación Recreativa del Puerto de la Ragua.

La concesión de la Carta Europea del Turismo Sostenible en Espacios Naturales Protegidos (CETS) al Espacio Natural de Sierra Nevada, por parte de la Federación EUROPARC, representa el reconocimiento de este espacio en la promoción del desarrollo del turismo sostenible.



Esta galardón, obliga a los gestores de los espacios naturales protegidos y a las empresas del sector del turismo a definir sus estrategias de forma participada y con carácter de sostenibilidad (entendida con criterios ecológicos, socioculturales y económicos).

Recharte et al. (2004), indica que numerosas iniciativas de ecoturismo se están desarrollando teniendo a los páramos, jalcas punas como destino principal de cabalgatas y experiencias culturales. De igual manera, el llamado Qhapac Ñan o Gran Ruta Inca descrito en su arqueología y etnohistoria y más recientemente recorrido y documentado en toda su extensión por Ricardo Espinosa, tiene un trazo que transcurre con frecuencia por los pastizales de altura interconectándolos, de tal modo que la puesta en valor de este inmenso camino andino prehispánico podría ayudar a hacer más visible este ecosistema.

## CAPÍTULO IV

### ECOSISTEMAS DE MONTAÑA Y CAMBIO CLIMÁTICO

#### 4.1. Efecto invernadero

Las emisiones de gases de invernadero han traído consigo un aumento en la temperatura global; para los últimos 100 años, este aumento se ha registrado en 0.5 °C, y se estima que en el próximo siglo la temperatura global aumentará entre 1.4 °C y 5.8 °C IPCC (2007). Como consecuencia de este cambio, el ciclo hidrológico se desestabilizará, y conducirá a una mayor variabilidad en la precipitación y en los caudales de los ríos, y a una mayor intensidad de eventos hidrológicos severos (Bergkamp *et al.* 2003).

Sardans y Peñuelas (2007), señalan que la contaminación en todas sus facetas es uno de los impulsores de cambio que afectan a todos los ecosistemas en general. Esto es debido en gran parte a que el fenómeno no tiene por qué darse exactamente en el mismo ecosistema o incluso en su cercanía para que al final le acabe afectando directamente o indirectamente. Desde la contaminación atmosférica, o la de las aguas hasta la misma contaminación energética, como es el caso de la lumínica (Hölker *et al.* 2010), son presiones que afectan sobre todo a servicios de abastecimiento aunque también a culturales o de regulación.

Llosa *et al.* (2009), sostiene que el efecto invernadero es el fenómeno mediante el cual se acumulan gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. El aumento de estos gases hace que se emita menos radiación y, por ende, que se retenga más calor en la superficie de la tierra, provocando el calentamiento en la Tierra. Esta acumulación de gases se ha incrementado en las últimas décadas por efecto del aumento de emisiones producto de la industrialización.

#### 4.2. Calentamiento global

El calentamiento global es el aumento de la temperatura en la superficie de la Tierra, producto del aumento de la concentración de gases llamados de efecto invernadero, que dificulta o impide que la energía del sol se reemita al espacio. Este aumento es producto de una mayor cantidad de emisiones que se originan por la actividad industrial realizada por los seres humanos, y que tiene como consecuencia la alteración de la composición de la atmósfera y la intensificación de los eventos extremos del clima.

La criósfera de América Latina, compuesta por los glaciares de los altos Andes y tres grandes concentraciones de hielo en el sur del continente, está siendo severamente afectada por el calentamiento global.

El cambio climático está ocasionando la fusión de los glaciares, lo que en el futuro conlleva la reducción del glaciar, la formación de lagos glaciales o el aumento en su tamaño, así como el cambio de composición del ecosistema.

Este cambio contribuye al evidente incremento de las emergencias por inundaciones, sequías, deslizamientos y heladas, entre otros, que se han duplicado en los últimos siete años, poniendo en evidencia la vulnerabilidad de nuestra región ante el cambio climático global y la necesidad de aumentar nuestra capacidad de respuesta ante sus efectos (adaptación).

De La Torre *et al.* (2009), indica que la contracción de los glaciares produce lagunas inestables físicamente, y por cada grado adicional de calentamiento especies sensibles a la temperatura pueden ser forzadas a emigrar a alturas de 150 a 200 m. más arriba.

Así mismo, los países andinos son altamente dependientes de la energía hidroeléctrica (más del 50 % del suministro de electricidad en Ecuador, 70 % en Bolivia y 68 % en el Perú). Algunas de las plantas de energía hidroeléctrica dependen parcialmente del flujo de agua proveniente de los glaciares, particularmente durante las temporadas más secas. Mientras que los glaciares se están derritiendo, los flujos de agua son más altos, aumentando con ello el riesgo de inundaciones. Señala el Banco Mundial citado por (Llosa *et al.* 2009), que: Cualquier disminución en la regulación de los flujos de agua durante temporadas secas, causada tanto por el aumento de la variabilidad de las precipitaciones como por la disminución de almacenamiento de agua natural (glaciares, páramos, lagos de montaña), requeriría nuevas inversiones en sistemas de almacenaje de agua para mantener la capacidad de generación. El fenómeno del derretimiento de los glaciares también tendrá serias consecuencias en el suministro de agua en las ciudades andinas, (PNUD 2007), Es el resultado de la alteración de los ciclos naturales de materia (carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre, agua) y energía; como principales manifestaciones destacan los cambios en la dinámica de estos ciclos, los cambios en la composición de la química de la atmósfera, la

contaminación de la hidrosfera, la lluvia ácida y la eutrofización, el deterioro de la capa de ozono, el calentamiento global, el cambio climático, el incremento del nivel del mar y los cambios en la cobertura de la superficie terrestre.

En una eventual duplicación de las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico, el ecosistema de páramo tenderá a desplazarse hacia arriba casi en su totalidad y se reduciría fuertemente, hasta una cuarta parte de su extensión actual. Esto podría generar una fuerte reducción del área de las zonas bioclimáticas y su ascenso en unos 400 ó 500 metros en altitud, lo que causará muy probablemente una extinción masiva, no sólo de las especies sino también del ecosistema IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo ( 2002).

#### **4.3. Cambios climáticos**

IDEM (2002), el cambio climático, como consecuencia del calentamiento global, se presenta como un factor adicional de perturbación que entra a modificar sustancialmente los regímenes naturales y alterados de perturbación en los ecosistemas. En general, la adaptación de las especies al cambio climático dependerá no solo de su variabilidad genética, sino de su capacidad de migración y dispersión. Especies con altas tasas de propagación y colonización a distancia, serían las más favorecidas. Especies con tiempos generacionales altos y tasas de propagación y colonización de hábitats nuevos menores, serían mucho más vulnerables al cambio climático. Entre más rápida sea la tasa de ocurrencia del cambio climático, mayor será el riesgo de degradación. Por otro lado, los ecosistemas no responderían de una forma única al cambio climático. Cada especie responderá de manera diferente. Las asociaciones actuales entre las especies se pueden romper, y aparecerán nuevas comunidades o formas de combinaciones de especies.

De acuerdo con las últimas comunicaciones del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC 2007), en la medida en que se produzcan cambios globales necesariamente se provocarán también cambios en el ciclo del agua (Grubb *et al.* 1996). El aumento en la temperatura de los océanos elevará su evaporación; el vapor de agua será empujado hacia la atmósfera y cambiará el ciclo hidrológico en varios ecosistemas (IPCC 2007). Varios autores están de acuerdo con que este cambio climático se evidencia más claramente en las zonas templadas y no en los trópicos; no obstante, los bosques de alta montaña

constituyen ecosistemas sensibles que pueden ser afectados seriamente (Bruijnzeel 2006).

Varios autores aseguran que el cambio climático tiene una fuerte influencia sobre la biota terrestre y, especialmente, sobre los bosques de alta montaña (Lawton *et al.* 2001), indica que un incremento en la concentración de gases de invernadero, incluso en cantidades muy bajas, eleva la altitud a la cual las nubes se forman, por lo que se modificaría el ambiente al que la biota de los bosques de niebla se encuentra adaptada. De acuerdo con (Föster 2001), el cambio climático ejerce un efecto negativo sobre los bosques montañosos tropicales al elevar el nivel base de las nubes, lo que hace que se pierda el contacto entre éstas y las montañas (Lawton *et al.* 2001). Así, desaparece el efecto de la niebla sobre el ciclo hidrológico de estos ecosistemas, pero, además, aumenta la evapotranspiración debido a una mayor insolación.

PNUMA (2010), afirma que el cambio climático afecta en gran medida la diversidad biológica reduciendo la zona disponible de suelo para los organismos adaptados al frío. El paso de especies vegetales que se mueven hacia arriba, debido posiblemente al cambio climático, es muy rápido, aumentando el número de especies en las zonas superiores a corto plazo, pero siendo más competentes que las especies raras o las adaptadas al frío a largo plazo.

Cabello y Castro (2012), señala que el cambio climático representa el principal impulsor de cambio sobre los ecosistemas de alta montaña, ya que afecta al 77 % de los servicios. Los cambios en el clima, incluyendo la frecuencia de eventos extremos, va a alterar una amplia gama de características de los sistemas montañosos: la criosfera, los ecosistemas y las economías de montaña. La disminución de los días de nieve, una tendencia que viene observándose y cuantificándose en la última década (certeza alta), representa una limitación en el flujo de eco servicios de abastecimiento y culturales, y fundamentalmente en los de regulación, sobre todo en su capacidad de regular el clima, el ciclo local del agua; la calidad del aire y mantener la biodiversidad. El espesor y duración de la cubierta de nieve se encuentra entre que se verán más afectados con más probabilidad por el cambio climático.

La biota de la montaña está adaptada a rangos relativamente estrechos de temperatura (y por lo tanto, de altitud) y de precipitación, por ello los cambios en el clima pueden tener efectos dramáticos.

La reducción de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas, puede tener una incidencia importante en el mantenimiento de una estructura y funcionamiento de los ecosistemas, afectando a los procesos de reclutamiento y fertilidad, vulnerabilidad frente a parásitos y plagas, además de implicar un desplazamiento de las especies características Benito *et al.* (2011) indica que por alteración de las relaciones de competencia interespecífica, reduciendo su área de distribución. Para el caso concreto de Sierra Nevada se espera que la precipitación media anual se reduzca para el periodo 2011-2040 en relación al período 1960-1990 un 2 %, y 1.3-1.4 °C para el periodo 2011-2020, en relación al mismo periodo Bonet *et al.* (2009).

Estos cambios a escala individual y poblacional pueden generar cambios en el área geográfica de las especies, provocando una reorganización espacial de las comunidades (Lovejoy y Hannah 2005, citado por Moreno *et al.* 2012). De hecho, muchos cambios en el área de distribución de las especies, así como procesos de extinción local, han sido bien documentados en un amplio abanico de organismos en relación con el cambio climático Parmesan y Yohe (2003), Parmesan 2006 citado por (Moreno *et al.* 2012). Precisamente una de las respuestas bióticas más evidentes derivadas del calentamiento global son los desplazamientos latitudinales y altitudinales de las especies y comunidades para poder continuar en el rango de condiciones climáticas que les son más propicias (Jump *et al.* 2008).

UNFCCC, Las regiones montañosas ya sufren la presión de diversas actividades humanas, como el pastoreo excesivo, el abandono o la gestión inadecuada de la tierra, que reducen su resistencia natural al cambio climático.

Asimismo las especies montañosas tienen una capacidad muy limitada de desplazarse a altitudes más altas como respuesta al aumento de la temperatura. Esto se da especialmente en las "islas montañosas", que a menudo están dominadas por especies endémicas.

Llosa *et al.* (2009), señala que el cambio climático tiene impactos serios en los ecosistemas de montaña, dado que produce el retiro y a veces la desaparición de las especies alpestres, que quedan atrapadas en las cumbres. Por ejemplo, en los Alpes, algunas especies de plantas han estado emigrando hacia arriba, de uno a cuatro metros por década, y algunas plantas que previamente se encontraban sólo en las cumbres han desaparecido.

Por otra parte, la contracción de los glaciares modifica la capacidad de retención de agua de las montañas, lo cual afecta los ecosistemas aguas abajo.

Llosa *et al.* (2009), indica que el cambio climático global constituye actualmente la mayor amenaza para el mantenimiento y la conservación de los ecosistemas andinos, de modo particular para los ecosistemas de montañas andinas. A ello se suma el deficiente conocimiento sobre la materia de los tomadores de decisión, la ausencia de políticas públicas para lograr enfoques de adaptación previos, planificados y consensuados, la fragmentación y sectorialización de las acciones para empezar a enfrentar el problema y la falta de recursos para la implementación de dichas políticas, si acaso la no previsión de recursos en los presupuestos públicos destinados a actuar con la urgencia que la situación amerita. Por ello, el mantenimiento y la conservación de las montañas andinas requiere de una mirada comprehensiva de estos ecosistemas, siendo necesario tomar medidas urgentes para reducir las amenazas que afectan la sustentabilidad de dichas áreas.

IPCC (2001), indica que la variabilidad climática se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa). El cambio climático global es la variación en el clima atribuido directo o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial mediante la emisión de los GEI, sus precursores y los aerosoles y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante determinados períodos de tiempo.

Con el cambio climático, se espera que fenómenos como el de El Niño y el de La Niña aumenten su frecuencia (Kane 2000). Dichos fenómenos han sido relacionados con la aridez que se presenta en algunos bosques de niebla en Asia y Sri Lanka (Werner, 1998). La pregunta es entonces: ¿cuánta aridez y déficit de humedad del suelo pueden soportar los bosques alto-andinos, cuando se incrementa su demanda por agua, debido al aumento de la temperatura y a la disminución de las entradas, al menos las de niebla, por el creciente nivel base de las nubes?

La respuesta no se conoce aún, por la falta de estudios que permitan, al menos, simular estas condiciones y que generen un nivel de confiabilidad alto; sin embargo, se espera que esto sea dependiente de las condiciones de cada sitio y del estado de conservación de los bosques, incluso cuando algunos autores sean pesimistas en el sentido de concluir que ciertos bosques de alta montaña no sobrevivirán el cambio climático (Lawton *et al.* 2001).

#### **4.4. Vulnerabilidad de los ecosistemas de montaña**

Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación IPCC (2007). La capacidad de adaptación puede resultar de una respuesta autónoma del sistema por ejemplo, un cambio en la fenología del bosque, o de actividades planeadas de adaptación por ejemplo, el manejo forestal que busca modificar la composición florística del ecosistema. Por ejemplo, una reducción en los niveles de precipitación puede incrementar la probabilidad de incendios forestales, sobre todo en los bosques tropicales secos.

Nepstad *et ál.* (2004) Running (2006), indica que la frecuencia e intensidad de los incendios depende de la condición hidrológica del bosque así como de la disponibilidad de materia seca, factores que a su vez dependen de las condiciones climáticas y del manejo que la sociedad haga de ellos. El cambio climático podría crear condiciones favorables para el desarrollo de plagas o de especies invasoras perjudiciales a un bosque (Kirilenko *et ál.* 2000).

##### **4.4.1. Determinación de la vulnerabilidad**

El estudio del cambio climático en los andes es tan nuevo que los análisis de vulnerabilidad al cambio climático en toda la cordillera no se han completado. De hecho, se han llevado a cabo pocos estudios de vulnerabilidad de ecosistemas. Es más la capacidad de los ecosistemas para poder resistir y recuperarse de las perturbaciones se ve afectado por varios factores de contingencia, incluyendo el uso humano del suelo y la naturaleza de los ecosistemas de determinadas especies (Ives y Carpenter 2007).



Para nuestro estudio de los paisajes andinos, utilizamos lo que sabe sobre factores clave responsables de su formación, la historia de intervención humana y los cambios de clima proyectado para estimar la vulnerabilidad potencial del cambio climático. Hacemos una breve descripción de cada paisaje (Cuestas y Becerra 2009), identificamos los procesos claves exclusivos del paisaje, describimos los usos humanos, discutimos la sensibilidad (a la perturbación de los procesos ecológicos) y la resiliencia (capacidad de regenerarse o restablecerse tras una perturbación) y en base a estos factores, establecemos hipótesis sobre la vulnerabilidad al futuro del cambio climático.

Posiblemente todos los paisajes andinos se verán sometidos a un cierto grado de cambio climático, todos están de acuerdo en que las temperaturas aumentarán, especialmente a grandes alturas, y que la precipitación posiblemente se incrementará en algunas zonas, disminuirá en otras y se producirá en patrones estacionales alterados, en algunas ocasiones con mayor intensidad. Los ecosistemas se caracterizan por las interacciones complejas entre especies y entre las especies y su ambiente. Debido a lo difícil que resulta pronosticar como se desarrollan estas interacciones Parmesan (2006) nuestras hipótesis la vulnerabilidad son preliminares.

- Descripción, procesos clave, Usos humanos, sensibilidad y resiliencia y vulnerabilidad al futuro cambio climático.

#### **4.4.2. Evaluación de la vulnerabilidad**

Para evaluar la vulnerabilidad de los andes tropicales, necesitamos un sistema homogéneo de nomenclatura para poder hablar sin ambigüedades. Los andes tropicales, representan un desafío político y científico para la formulación de una nomenclatura coherente pero completa de los tipos de ecosistema. Con un paso en esa dirección, se ha desarrollado recientemente un mapa de ecosistemas con una sola leyenda. Este esfuerzo se basó en mapas forestales, de sistemas ecológicos y unidades ecológicas a nivel nacional, y utilizó un esquema clasificado aplicable a toda América Latina y el Caribe Josse *et al* (2003). El mapa unificado de sistemas ecológicos de la región Josse *et al* (2009) ya está disponible y se utilizará en este análisis. Un sistema ecológico, al que hace referencia aquí como un ecosistema, es un conjunto de comunidades vegetales que tienden a coexistir en paisajes donde comparten los procesos ecológicos (regímenes incendios o inundación), sustratos (suelos o roca madre) y/o

gradientes ambientales (microclimas, altitud, patrones hidrológicos) (Josse *et al* 2013).

El mapa resultante reconoce 113 ecosistemas en los Andes tropicales. Para ser breves, agrupamos los ecosistemas dentro de seis paisajes andinos que pertenecen a cinco regiones fitogeográficas, según Cuesta y Becerra (2009), aunque reconocemos que un número sorprendentemente elevado de especies vegetales endémicas restringido a los valles interandinos y reconocemos el importante valor histórico socioeconómico de estos ambientes para la sociedad.

#### **4.4.3. Cambio que genera la vulnerabilidad**

Devenish *et al.* (2012), indica que entre tales características se pueden citar:

- La vulnerabilidad al cambio climático de las poblaciones montañas y las especies, debido a factores como la disminución del área terrestre con mayores alturas, el aumento desproporcionado en la temperatura a grandes alturas, los efectos del cambio climático sobre la regulación y producción del agua, entre otros;
- La pobreza más acentuada de muchas poblaciones montañas (especialmente rurales) quienes dependen de mayor grado de los servicios ecosistémicos. El 90 % de la población global de montañas vive en países en desarrollo o en transición, de los cuales el 30 % es vulnerable a la inseguridad alimentaria;
- El acceso difícil de estas poblaciones a servicios de salud y educación;
- La alta diversidad biológica de las regiones de montaña: una cuarta parte de la biodiversidad del planeta se encuentra en zonas montañosas, y la mitad de los Global Biodiversity Hotspots<sup>11</sup> o regiones de alta importancia para la conservación de la biodiversidad;
- Su diversidad de condiciones climáticas y edáficas las convierten en una base diversa para la agricultura y seguridad alimentaria nacional;
- Su uso actual y potencial para el turismo a nivel mundial;

Las inversiones para el desarrollo económico (minería, hidroeléctrica, expansión agrícola) en las montañas, que aunque incluye actividades económicas importantes para los países, presiona la integridad de los ecosistemas y la generación de servicios ecosistémicos.

#### **4.4.4. La mitigación de la vulnerabilidad**

En las etapas subsecuentes a la valoración de la vulnerabilidad será necesario hacer una revisión del modelo de riesgo aplicado al pasado reciente. El ajuste que se obtenga entre evolución de riesgo y actividad de impactos podrá optimizarse si se trabaja con promedios ponderados de los indicadores de vulnerabilidad. Encontrar el mejor ajuste de riesgo e impactos provee información sobre los factores físicos, sociales o económicos que llevan al desastre. Los pesos que se ajusten a cada factor serán también una medida de la importancia que cada uno tiene e indicación sobre el elemento en que se debe trabajar para la prevención.

La mejor valoración se tendrá cuando diversos grupos, sectores o responsables de regiones la apliquen con el fin de analizar adaptación ante cambio climático, dicho proceso se ha iniciado dentro de algunos PEACC e iniciativas sectoriales.

El proceso para desarrollar una gestión integral de riesgos que dé sustento a las medidas de adaptación identificadas a ser implementadas en un sector, región o estado requiere de los siguientes pasos:

- Generar capacidades entre los responsables para diagnosticar vulnerabilidad y gestionar el riesgo de manera que se pueda dar respuesta al reto de reducir vulnerabilidad mediante la adaptación.
- Desarrollar modelos de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos, sectores y regiones prioritarios.
- Generar escenarios de impacto con y sin acciones de adaptación.
- Analizar los resultados entre los responsables de las políticas públicas y actores clave de los sectores involucrados con la finalidad de comparar las propuestas de adaptación de los PEACC y PACMUN con los diagnósticos de vulnerabilidad que se desarrollen.

#### **4.5. Adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña**

Lhumeau y Cordero (2012), señalan el ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas. Cabe distinguir varios tipos de adaptación, en particular la anticipatoria, la autónoma y la planificada ( IPCC 2007).

Devenish *et al* (2012), indica que a pesar del sentimiento de fracaso generado entre muchos comentaristas de la Cumbre de Río+20, leyendo entre líneas, el documento final recoge algunos elementos que son importantes para las montañas y los países andinos.

Ahora habrá que transformarlos en acción concertada con los gobiernos y los actores sociales de la región. Es necesario, entonces, construir ahora sobre los logros de los últimos 20 años para que las montañas y su población ocupen su debido lugar como fuente de soluciones innovadoras hacia el desarrollo sostenible.

Una serie de informes sobre las regiones montañosas del mundo (elaborados en preparación de Río+20 por diferentes miembros de la Alianza por las Montañas) arrojaron los siguientes lineamientos para promocionar una nueva Agenda para mantener la sostenibilidad de las regiones de montañas, que incluyen:

- Estrategias específicas para montañas que se alinean a las particularidades y vulnerabilidades de las montañas, sus poblaciones, y sus servicios ecosistémicos.
- Cooperación transfronteriza, especialmente en torno a cuencas compartidas, y fortaleciendo vínculos entre poblaciones aguas arriba y aguas abajo.
- Maneras justas de compartir los beneficios de los ecosistemas de montaña, con miras a salvaguardar los medios de vida y reducir la pobreza.
- Un balance entre la conservación de la biodiversidad y la inversión económica, respetando la fragilidad de los ecosistemas montanos a la vez que entregando los beneficios del desarrollo a las comunidades de montaña.

En la región andina, este último punto es uno de lo más debatidos últimamente y de gran exposición en los medios de comunicación de todos los países andinos.

Parece que los países norteamericanos y europeos buscan ampliar sus agendas mineras hacia los Andes, mientras que los países andinos las consolidan.

Los conflictos por el agua y los conflictos sociales aumentan, mientras que las posiciones extremas no facilitan una búsqueda de soluciones. Por el contrario, avances regionales, por el caso de políticas propuestas por la Comunidad Andina, podrían servir como puntos de partida para tratar estos temas espinosos de manera conjunta, en la formulación de buenas prácticas a nivel regional.

La integración regional también puede crear una plataforma común para fortalecer la posición de las regiones de montaña en los convenios internacionales (CDB, CMNUCC y CLD) y fortalecer su poder de negociación.

En los ámbitos nacionales y locales, acciones de política deben centrarse en la elaboración e implementación de estrategias específicas y mecanismos institucionales innovadores que permitan incluir los temas relacionados con las montañas en una agenda compartida entre la sociedad civil y el estado. Al final y al cabo, no se trata tanto de mover montañas, sino de mover a la gente. Habrá que reconocer que entre tantos acuerdos, planes de acción y convenios multilaterales, la Declaración de Río+20 se ubica como una más. A pesar de lo que se puede rescatar del texto del documento, la gran oportunidad de Río falló sobre todo por no mostrar el camino claro, sencillo, y verificable hacia un desarrollo más sostenible para los países del mundo; el mismo camino que fue acordado hace 20 años en los tres convenios de la Cumbre de la Tierra.

Estamos ahora en el más allá de la tan mencionada frase Río+20 y más allá. De tanto anhelar el futuro a veces se nos olvida que el futuro que queremos sólo puede empezar en el presente que tenemos. Es por eso que no podemos dejar de actuar ahora de manera coordinada con los diferentes sectores, pero especialmente desde la sociedad civil. Si la causa del fracaso de las políticas anteriores fue abandonar su implementación a los gobiernos, sin dejar lugar a que la sociedad apoyara activamente, entonces es hora de que cada uno de los actores de la región andina, ya sea individual, sector privado, ONG, instituciones de investigación, y comunidades, reconozcamos que somos parte del problema y por esto también podemos ser parte de la solución.

### **Impactos del cambio climático en las montañas, la agrobiodiversidad, los sistemas agrícolas tradicionales y el agua**

Las áreas montañosas están altamente expuestas a fenómenos extremos de tiempo y clima, tales como temperatura o precipitación inusualmente alta o baja. El estudio agrometeorológico de la zona andina Frére *et al* 1978 citado por Llosa, *et al.* (2009) provee información detallada sobre las limitaciones particulares que el clima impone al desarrollo en los elevados altiplanos y áreas de montaña de América del Sur, en los Andes centrales Ecuador, Perú y Bolivia.

Aunque la importancia actual de los ecosistemas de montaña en las economías de mercado nacionales varía de un país a otro, las zonas montañosas andinas y extraandinas han mantenido, a lo largo de siglos a milenios, la agricultura

tradicional de subsistencia. La densidad de la población humana es muy baja en el norte y sur de los Andes, pero mucho más alta en los Andes centrales, donde se concentra la mayor población rural de la región.

Existen ya modificaciones en las áreas viables para la producción de cultivos como resultado del cambio climático. Desplazamientos altitudinales de la vegetación y configuraciones hidrológicas alteradas (déficit hídrico) pueden tener consecuencias importantes en el uso y la conservación de los cinturones de vegetación múltiples por parte de las poblaciones andinas tradicionales. Esto puede llevar a la competencia entre usos alternativos de la tierra (tales como conservación de la biodiversidad de especies en condiciones de riesgo) y la expansión de la agricultura de subsistencia hacia los topes de las montañas.

El aumento de las temperaturas amplía la zona de influencia de vectores y plagas, así como su capacidad de adaptarse a temperaturas más frías, posibilitando la llegada a regiones ecológicas elevadas. La adaptación continuada a los climas variantes solo puede ser posible si se conserva la destacada diversidad de genotipos locales. Diseñadores de política y tomadores de decisión deberían estar completamente informados del hecho de que la protección de la amplia variedad de genotipos silvestres y domesticados de los mayores cultivos existentes en los Andes (creación y recreación de la agrobiodiversidad) será también crucial para la introducción de nuevas variedades de cultivos, frente a las condiciones climáticas cambiantes en otras áreas del mundo.

El mantenimiento de los ecosistemas de alta montaña y la conservación de los sistemas agrícolas tradicionales (agrobiodiversidad, paisajes culturales) frente al cambio climático resultan de importancia global, pues aportan al sostenimiento de los sistemas de seguridad, soberanía y suficiencia alimentarias.

Por el hecho de poseer altas montañas tropicales (71 % a nivel mundial) e importante número de cordilleras glaciares (18 cordilleras glaciares con 3 044 glaciares ocupando un área de 2 041,85 km<sup>2</sup>) Hidrandina: 1989 Citado por Llosa *et al.* (2009), el Perú sufrirá definitivamente impactos severos.

En las regiones montañosas del Perú ya está desapareciendo aceleradamente el hielo a más de 5 000 metros de altura y se han perdido 588 km<sup>2</sup> de glaciares en los últimos 36 años (22 % del área total), habiendo desaparecido el área de glaciares menores hasta en un 80 %. de igual manera, el derretimiento de los glaciares ha provocado disminuciones del 12 % en la disponibilidad de agua dulce en la zona costera, que es donde se ubica el 60 % de la población (Magrín G. 2008).

La pérdida de glaciares y nieves perpetuas determinará la desaparición de las aguas provenientes del deshielo, así como de las nieves perpetuas, con lo cual las tierras de secano esto es las que se irrigan con agua de lluvias durante el estiaje carecerán de dicho recurso. En el Perú se encuentra el 5 % del total de agua dulce disponible en el mundo. Los más grandes reservorios de esta agua son los glaciares que alimentan cuencas de la sierra y la costa.

Además, los glaciares de la zona andina desempeñan un papel clave en el sistema hidrológico; junto con los páramos (llamados en el Perú humedales y/o bofedales) tienen la función de amortiguadores que contribuyen a mitigar fluctuaciones naturales, estacionales y otras, por ejemplo debido al fenómeno de El Niño.

Cabría incluir la pérdida de un porcentaje importante de la superficie cubierta por bofedales, toda vez que durante el estiaje el agua procedente de glaciares es su mayor fuente de aprovisionamiento. Con ello estamos sosteniendo que el inventario pecuario que se concentra mayormente en la sierra del país, se vería seriamente afectado, sobre todo los camélidos sudamericanos domesticados (alpaca y llama) y no domesticados (vicuña y guanaco) (Llosa 2008).

A causa del deshielo de los glaciares, los canales de drenaje se han vuelto intermitentes o se han secado. La economía del pastoreo ha sufrido fuertes repercusiones por la necesidad de buscar nuevos pastizales o reducir los rebaños. La modificación del régimen pluvial es otro motivo de preocupación.

Los glaciares, y especialmente los tropicales, son excelentes indicadores de la evolución del clima; son ecosistemas vulnerables y constituyen las reservas sólidas de agua dulce. Este recurso hídrico es utilizado para el consumo, la agricultura, hidroelectricidad, actividad minera y los proyectos agroindustriales; juega un importante papel en el desarrollo socioeconómico de las poblaciones y, por lo tanto, una reducción en su disponibilidad generará una crisis en los suministros y la calidad de vida.

Resulta preocupante que del 100 % del agua estimada en el planeta Tierra, 97,5 % sea agua salada y solo el 2,5 % agua dulce, pues del estimado total de agua dulce 69,9 % se encuentra almacenada en glaciares y cubierta de nieves permanentes. Si el Perú almacena el 5 % del agua del planeta y si además representa el 71 % de las montañas tropicales del mundo, los efectos de la desglaciación y del consecuente estrés hídrico serán muy graves.

En el caso de las comunidades y agricultores conservacionistas de la región Apurímac, las consecuencias del cambio climático global se expresan en la:

ITDG (2007), indica que la falta de agua para riego; afecta más a las zonas de secano como a las alturas; pérdida de cosechas; disminución de las cosechas y de la calidad; disminución de las áreas cultivadas; pérdida de la inversión realizada y descapitalización progresiva.

Las montañas son una fuente importante de agua, energía y diversidad biológica. Además, son fuente de recursos vitales como minerales, productos forestales y agrícolas, y medios de esparcimiento. Al ser un ecosistema importante en que está representada la ecología compleja e interdependiente de nuestro planeta, el medio montano es esencial para la supervivencia del ecosistema mundial. Sin embargo, los ecosistemas de montaña están cambiando rápidamente. Son susceptibles de erosión acelerada de los suelos, desprendimientos de tierras y un rápido empobrecimiento de la diversidad genética y del hábitat. La pobreza es generalizada entre los habitantes de las montañas y se están perdiendo los conocimientos autóctonos. Como resultado de ello, la mayoría de las zonas montañosas del mundo padecen un deterioro ambiental.

Según el Programa de Trabajo sobre Diversidad Biológica de Montañas (Decisión VII / 27, Convenio de Diversidad Biológica-CDB), entre las características y problemas específicos de la diversidad biológica de las montañas Llosa *et al* (2009), destacan:

- La concentración particularmente elevada de zonas especialmente ricas en diversidad biológica en las regiones montañosas, que comprenden la gran diversidad de ecosistemas, la gran riqueza de las especies, la gran cantidad de especies endémicas y amenazadas, y la gran diversidad genética de los cultivos, los rebaños y sus parientes silvestres;
- La diversidad cultural y la función particularmente importante de las comunidades indígenas y locales en la conservación y gestión de la diversidad biológica de las montañas;
- La fragilidad de los ecosistemas y las especies de montaña, y su vulnerabilidad ante las perturbaciones humanas y naturales, en particular ante los cambios en el uso de la tierra y el cambio climático mundial (tales como la contracción de los glaciares, y el aumento de las áreas de desertificación);



- Las interacciones entre tierras altas y tierras bajas que caracterizan a los ecosistemas de montaña, haciéndose hincapié especial en la importancia de lo

**La adaptación al cambio climático** global (Llosa *et al.* 2009), resulta indispensable en un escenario en el que los impactos negativos son ya inevitables y la mitigación del problema mediante la reducción de la emisión de gases contribuirá mínimamente a resolver el daño ya causado al sistema climático mundial. Dada su alta vulnerabilidad y sus relativamente bajas emisiones de GEI, la adaptación resulta prioritaria para los países andinos

Entre las tareas urgentes que deben impulsar los países andinos con el fin de reducir los impactos del cambio climático global en los ecosistemas de montañas andinas, se encuentran:

- A. Diseñar políticas nacionales e instrumentos de política que las implementen, las cuales deberán incorporar el contexto del cambio climático global como una variable que redimensiona drásticamente y a la vez exige reorientar los enfoques de sustentabilidad del desarrollo, contribuyendo así a la gestión de las montañas andinas bajo un enfoque ecosistémico.
- B. Las políticas económicas nacionales sustentadas fuertemente en la promoción de la inversión privada en actividades extractivas (minería, petróleo, gas, forestal) deben integrar la variable cambio climático global como un factor que reoriente la matriz productiva de los países andinos (esencialmente primario exportadora), especialmente porque la presión de dichas actividades en los ecosistemas de montañas, incluyendo la agricultura (monocultivo), los megaproyectos de infraestructura (corredores de desarrollo) y los intensos procesos de urbanización, están presionando sobre ecosistemas estratégicos, lo cual potencia los impactos negativos del fenómeno global (dado cargado: probabilidad natural + probabilidad inducida).
- C. Construir procesos de conocimiento sobre el cambio climático, sus causas y sus efectos, y sobre la manera en que el fenómeno en curso afecta el mantenimiento y la conservación de los ecosistemas andinos, a fin de sensibilizar a diseñadores de política, tomadores de decisión, sociedad civil, sector privado y población en general, contribuyendo de este modo a elevar la conciencia ciudadana y planetaria sobre las amenazas que ello implica para la vida en todas sus expresiones.
- D. Propiciar políticas públicas y acciones que involucren la participación de todos los actores sociales concernidos, mediante mecanismos de participación previa

informada y fundamentada, especialmente de las poblaciones rurales locales, a fin de construir procesos efectivos de planificación previa y consensuada para la adaptación al cambio climático global.

- E. Propiciar reflexiones y acciones desde el pensamiento de la complejidad, la pedagogía ambiental, el pensamiento prospectivo, la ecología política y la ecología profunda, a fin de consolidar un verdadero diálogo de saberes, con el fin de rescatar, revalorar y reaplicar los aportes de los sistemas de conocimientos tradicionales y locales para el mantenimiento de los ecosistemas andinos, los cuales han hecho posible crear y recrear la agrobiodiversidad, domesticar el agua y gestionar el riesgo de la variabilidad climática mediante el paralelismo simultáneo.
- F. Priorizar la ejecución de acciones desde visiones comunes y compartidas de objetivos respecto de ecosistemas transfronterizos y comunes en los países andinos

#### **Gestión del conocimiento para la adaptación al cambio climático global**

Un aspecto que resulta fundamental para la adecuada toma de decisiones relacionadas con el cambio climático global por parte de diseñadores de política y decisores, tiene que ver con la gestión del conocimiento.

Llosa (2008), indica que la gestión del conocimiento implica asumir que la información técnica, científica, legal, económica, social y cultural son fundamentales para informar e incidir positivamente en los procesos de construcción de políticas públicas y su adecuada implementación mediante instrumentos de política (normas legales, grupos de análisis, entre otros aspectos).

La gestión del conocimiento es un componente fundamental para la construcción de capacidades en el nivel local, nacional y subregional andino para el desarrollo de acciones efectivas destinadas a fomentar la adaptación al cambio climático global.

La integración de datos y su adecuada difusión para orientar la toma de decisiones sobre la gestión de los ecosistemas de montañas andinas, en un contexto de cambio climático, deberá incidir en una buena gobernanza y en una gobernabilidad positiva.

Especial atención deberá darse a los sistemas de conocimientos tradicionales asociados con la gestión social del agua, así como a la biodiversidad; y a la forma en que estos conocimientos se crean y recrean gracias a la praxiología de una ecología profunda por parte de comunidades y agricultores conservacionistas que habitan en las montañas andinas.

### **Acciones iniciales recomendadas**

- a. Establecer un programa de difusión y acceso a información sobre los ecosistemas de montañas andinas (bases de datos y meta datos), su relevancia en el ámbito subregional andino y global, así como las dinámicas fluctuantes que enfrentan en un escenario de cambio climático.
- b. Establecer un programa permanente de entrenamiento para diseñadores de política y tomadores de decisión (diplomados, cátedras itinerantes, pasantías) orientado a democratizar el acceso a información relevante en materia de adaptación al cambio climático, políticas públicas globales, ecología política, ecología profunda, pensamiento prospectivo ambiental y aspectos críticos y sustanciales para la gestión sustentable de los ecosistemas de montañas andinas.
- c. Establecer un nodo o red, o red subregional, de intercambio de experiencias y producción de información relevante en materia de adaptación al cambio climático global y gestión sustentable de ecosistemas de montañas andinas (web page, publicación especializada), a fin de construir juicio experto en los países de la subregión (grupos de análisis o think tanks) y contribuir a orientar eficientemente los procesos de toma de decisiones en relación al fenómeno global.

#### **4.5.1. Iniciativas de programas de manejo y conservación de los bosques andinos.**

Diversos autores concuerdan con Bruijnzeel y Hamilton (2000), indican que el hecho de que existen asuntos a escala mundial para los que ha llegado el tiempo de tomar decisiones. Tal es el caso de los ecosistemas de alta montaña, en relación con la biodiversidad y el manejo de los recursos hídricos. Es uno de los retos ambientales más importantes que la humanidad, pero más específicamente los gobiernos, tendrá que enfrentar en este nuevo siglo Manson (2004). En casi todos los países de América Latina, como por ejemplo México, una crisis causada por el mal manejo del agua está siendo acentuada por las altas tasas de deforestación y la pérdida de los servicios hidrológicos proporcionados por los bosques de montaña.

Las causas subyacentes de los impactos adversos en los bosques se vinculan a presiones tan básicas y dominantes como el crecimiento rápido de la población, la desigualdad para acceder a los recursos de la tierra, la demanda por niveles cada

vez mayores de consumo per cápita, la incertidumbre sobre la tenencia de la tierra, la ambición, el oportunismo político y, en algunos casos, la contaminación transfronteriza y el calentamiento global (Bruijnzeel y Hamilton 2000). Se debe aclarar que estas presiones son complejas y difíciles de reducir por parte de una administración o de una agencia administrativa deseosa de manejar mejor los bosques, pero, en muchos casos, hasta que el bosque no desaparezca y se presenten algunos desastres los habitantes locales y los gobiernos no reconocerán y apreciarán la totalidad de los valores y servicios de estos ecosistemas de montaña. Incluso cuando existe algún escepticismo frente al aporte hidrológico real de los bosques, varios autores aclaran la importancia de los de alta montaña, y en especial de los de niebla, en la provisión de agua limpia en forma continua (Ferwerda *et al.* 2000). Estos ecosistemas mantienen niveles de agua en los ríos muchos meses después de la estación lluviosa (Young 2006) y tienen una marcada influencia sobre la hidrología de las cuencas donde se encuentran Ruiz y Sainz (2004). Millones de personas dependen del agua dulce de los bosques de alta montaña: es el caso de Quito, con 1,3 millones de personas, y el de Ciudad de México, con 20 millones de habitantes. El agua se origina en las cuencas de los bosques de alta montaña que alimentan a las ciudades y a las comunidades próximas (Ferwerda *et al.* 2000).

Tal vez uno de los principales programas de manejo de los bosques alto-andinos radica en el reconocimiento que tienen estos ecosistemas para proveer servicios. En los últimos años se han expandido por los países andinos, así como por otras partes del mundo, los llamados programas de Pagos por Servicios Ambientales (PSA). Hoy en día son uno de los programas de manejo de bosques de montaña con mayor desarrollo en varios países, como es el caso de Costa Rica y Ecuador. Estas iniciativas de protección y buen uso de los bosques de montaña generan un instrumento para el manejo y para la provisión de aspectos ambientales y desarrollo rural, ya que dichos pagos son invertidos en la conservación de bosques y en la creación y/o sostenimiento de programas de restauración.

Además del recurso hídrico, estos programas contemplan aspectos como la biodiversidad, la fijación de carbono, la belleza escénica y la protección de las cuencas hidrográficas (Brehm *et al.* 2008). Los bosques andinos contribuyen con todos estos aspectos, con importantes beneficios locales y globales, aun cuando los servicios de protección de cuencas sean generalmente menos claros, especialmente aquellos relacionados con la provisión de cantidad de agua y su distribución espaciotemporal.

Se requiere de programas de investigación que soporten la ejecución de estos proyectos (Ferwerda *et al.* 2000).

## CONCLUSIONES Y APORTES

Los ecosistemas de montaña son altamente vulnerables a los impactos del cambio climático y con un aumento acelerado de la temperatura global del planeta sus efectos se sentirán a nivel social, económico y ambiental.

Las montañas son vulnerables a muchas amenazas naturales y antropógenas, que incluyen riesgos sísmicos, fuego, cambio de la cubierta del suelo e intensificación agrícola y desarrollo de infraestructuras.

Los páramos son considerados uno de los ecosistemas más vulnerables a escenarios de cambio climático al grado de asegurarse que el impacto sobre los mismos tienen poco margen de error: los cambios serán fatales, irreversibles.

Los bosques andinos contribuyen con importantes beneficios locales y globales, aun cuando los servicios de protección de cuencas sean generalmente menos claros, especialmente aquellos relacionados con la provisión de cantidad de agua y su distribución espaciotemporal.

Los cambios en los regímenes de precipitación, especialmente en los incrementos, pueden ocasionar cambios en la composición de especies y promover invasiones de formas vegetales antes menos dominantes, pero las pérdidas de biodiversidad pueden ser menos severas que en sistemas vulnerables.

Los ecosistemas, que se formaron a lo largo de varios cientos de años, no podrán responder en periodos cortos a los efectos del cambio climático como respuesta al rápido efecto que tendrán los cambios climáticos originados por la actividad antrópica. Esto podrá llevar a la extinción de muchas especies que no lograrán escapar a tiempo especialmente aquellas con mucha sensibilidad al déficit hídrico.

Actualmente, y reconociendo cuanto han sido afectados estos ecosistemas de alta montaña debido al avance de la frontera ganadera y agrícola, los páramos cumplen una función vital para la regulación del ciclo hidrológico del país además de albergar una gran diversidad biológica (algunos estudios calculan que en los páramos existen alrededor de 4,700 especies diferentes de plantas y 70 de mamíferos (Van der Hammen). Sin embargo, en escenarios de cambio climático estas funciones ecosistémicas se alterarían casi irreversiblemente a

consecuencia del aumento de la temperatura global y de las modificaciones drásticas en el régimen de lluvias.

Los ecosistemas montañosos serán menos resistentes a incrementos de temperatura, que los ecosistemas de zonas bajas, ya que tendrán que enfrentar una competencia con especies adaptadas a temperaturas más altas que iniciarán su escape de sus zonas originales hacia zonas más frías. Adicionalmente su cualidad única de presentar bajas temperaturas en zonas tropicales podría ser fuertemente modificada afectando fuertemente a las especies que allí habitan.

En referencia a las torres de agua del mundo, los sistemas montañosos cubren aproximadamente el 27 % de la superficie mundial del suelo y soportan directamente el 22 % de las personas del mundo y proporcionan las necesidades de agua dulce de más de la mitad de la humanidad.

El reconocimiento de paisajes culturales de alta montaña (espacios de gestión biocultural que posibilitan la creación y recreación de la agrobiodiversidad, a partir de los sistemas de conocimiento tradicional asociados con la gestión de los diversos componentes de los ecosistemas de montaña) resulta fundamental para la implementación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático global.

Para los servicios de protección hídrica y fijación de carbono existe mayor información, experiencias de monitoreo y modelación. Sin embargo, para el servicio de protección de la biodiversidad, concebido de esta manera, presenta muchas dificultades para su medición y posterior monitoreo. Se requiere que los proyectos realicen un ejercicio más específico para definir el servicio en particular sobre el cual se monta una estrategia (biodiversidad a nivel de una especie, paisaje o valor de existencia).

Todavía existe la necesidad de generar información primaria y mejorar el acceso a la ya existente que permita modelar los servicios y crear escenarios sobre el impacto de los diferentes usos y coberturas del suelo. En términos del servicio de protección hídrica se requieren estaciones hidrometeorológicas que generen información pluviométrica, de clima, caudales, entre otros, así como se necesita información sobre inventarios forestales y la ecología y manejo de las especies nativas.

Es necesario potenciar las respuestas de adaptación al cambio climático global reconociendo que éstas provienen desde la cultura y el territorio (respuestas de espacio, tiempo y lugar), siendo aún escasas las acciones de los gobiernos centrales de los países de la subregión andina.

Las políticas públicas sobre cambio climático, en los países andinos, deben priorizar las estrategias de adaptación e invertir solo secundariamente en acciones de mitigación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aspizúa, R., Barea-Azcón, Bonet, F.J., Pérez-Luque, A.J., y Zamora, R.J. (coords.). 2012. Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada: metodologías de seguimiento. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 112 p.
- Avendaño, D. 2007. Biomasa y capacidad de almacenamiento de agua de las epífitas en el Páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia). Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín 78 p.
- Albán, M. 2007. La información disponible sobre los servicios de ecosistemas de montaña en los Andes del Norte y Centro. Informe que recopila la información del taller Servicios de ecosistemas de montaña en los Andes del Norte y Centroll Proyecto ECOBONA. Papallacta - Ecuador. 39 p.
- Arévalo R. *et al.* 2005. Perú en Tuberías altoandinas, espacios frágiles de vida y cultura, editado por X. Izurieta. Quito: Global Peatland Initiative, Netherlands Committee For IUNC, ECOPAR, and Grupo Paramo. Pp. 33-40.
- Benito, B. Lorite, J. & Peñas, J. 2011. Simulating potential effects of climatic warming on altitudinal patterns of key species in Mediterranean-alpine ecosystems. *Climatic Change*, 108 (3): 471-483.
- Brenning y Azócar. 2010. Glaciares y minería. Continúa la Destrucción de los Glaciares. Chile. 12 p.
- Bonet, F. J., Zamora, R., Gastón, A., Molina, C. & Bariego, P., 2009. 4090 Matorrales pulvulares orófilos europeos meridionales. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 122 p.
- Bonet, F.J. & Cayuela Delgado, L. 2009. Seguimiento de la cubierta de nieve en Sierra Nevada: tendencias en la última década y posibles implicaciones ecológicas de las mismas. In IX Congreso Nacional de la Asociación Española de Ecología Terrestre: La dimensión ecológica del desarrollo sostenible: Ecología, del conocimiento a la aplicación

Brown, S. 2008. Assessment of the Advantages and Limitations of Ground-Based Surveys and Inventories. UNFCCC Workshop on Methodological Issues Relating to REDD in Developing Countries. Tokyo, Japan. Ecosystem Services Team . Winrock International.

Brehm, G., J. Homeier, K. Fiedler, I. Kottke, J. Illig, N.M. Nösk e, F. Werner, y S.-W. Breckle. 2008. «Mountain Rain Forests in Southern Ecuador as a Hotspot of Biodiversity – Limited Knowledge and Diverging Patterns». In Beck, E., J. Bendix, I. Kottke, F. Mak eschin, y R. Mosa ndl. (Eds.). 2008. Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador. Analysis and Synthesis. Ecological Studies, Vol. 198: 15-25

Buytaert, W. 2007. Análisis de incertidumbre de la aplicación de modelos hidrológicos en la estimación de la oferta hídrica. Presentación del taller Investigaciones sobre servicios ambientales en ecosistemas de montaña en los Andes del norte y centro. Lancaster- Bristol

Buytaert W., R. Célleri, B. de Bièvre, F. Cisneros, G. Wyseure, J. Deckers y R. Hofstede. 2006. «Human impact on the hydrology of the Andean páramos». Earth-Science Reviews 79: 53–72.

Bruijnzeel L.A., R. Burka rd, A. Carvaja l, A. Frumau, L. Kohler, M. Mulligan y C. Tobón. 2006. Hydrological impacts of converting tropical montane cloud forest to pasture with initial reference to northern Costa Rica. Tech. Rep. DFID-FRP Project no. R7991, Department for International Development – Forest Research Programm.

Bergkam p, G., Orlando, B. y Burton, I. 2003. Change. Adaptation of Water Management to Climate Change. IUCN. Gland, Suiza y Cambridge, RU.

Belloso, J. A. Del Mar, A., Delgado, N. y Merma, E. 2002. Gestión de Ecosistemas Lacustres de Alta Montaña el Caso de la Sub Cuenca Pomacanchi. Sistematización de Experiencias. Instituto de manejo de agua y medio ambiente. Cusco - Perú. 94 p.

Brack A. 2000. Los mercados mundiales exigen cada vez una mayor calidad ambiental de los productos. Boletín N° 2 - Sistema de las Naciones Unidas..

Brack, A; Mendiola, C. 2000. Ecología del Perú. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Bruijnzeel, L.A. y L.S. Ham i lton. 2000. Tiempo Decisivo para las Selvas de Neblina. UNESCO, WWF, IUCNIHP Humid Tropics Programme Series N°. 13.

Cabello, y Castro, A. (2012), Estado y tendencia de los servicios de los ecosistemas de Alta Montaña de Andalucía. Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global (CAESCG). Dpto. Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Almería. 62 p.

Cuestaa, F. y M. T. becerra. 2009. Atlas de los andes del norte y centro. Lima. Secretaría General de la Comunidad Andina.

Célleri, R., y B. De Bievre. 2007. Implicaciones del manejo del suelo para la dinámica hídrica en zonas de montaña. Identificación de mejores prácticas para optimizar servicios hídricos en la región. Presentación del taller Investigaciones sobre servicios ambientales en ecosistemas de montaña en los Andes del norte y centro. PROMAS-Univ. Cuenca/CONDESAN-PPA.

Devenish, C, Hofstede, R y Saravia, M. 2012. Las montañas en nuestro lugar: La importancia de las montañas para el desarrollo sostenible antes y después de Río+20. MRI/CONDESAN. Revista Virtual REDEMESA. Publicado en CEBEM. Vol 6(1). 8 p.

De La Torre *et al.* 2009. Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático. Banco Mundial, Washington. 50 Pág.

Dana, E.D. 2005. Especies vegetales invasoras en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía

Espín, R., Ortiz, E., Cabrera, J..D.. y Guzmán, J.J. 2010. Manual del acequero. Parques Nacional y Natural de Sierra Nevada. Agencia Andaluz del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Evaluación Ecosistémica del Milenio. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. NNUU.

Fillat, F y Aguirre, A, J. 2011. La conservación de la montaña alpina española y el bienestar humano. Escuela Politécnica Superior de Huesca (Universidad de Zaragoza). Huesca Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Jaca. Barcelona. 10 p..

Farley, K. 2007. Grassland to tree plantations: forest transition in the Andes of Ecuador. *Association of American Geographers*, 97(4), p. 755–77.

Föster, P. 2001. The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews* 55 (2001): 73–106.

Ferwerda W., L. Had eed, T. McShane y S. Rietbergen S., con la as istencia de S. Stolton y N. Dudley. 2000. *Bosques Nublados Tropicales Montanos*. WWF International/IUCN The World Conservation Union.

García, J. 2003. Análisis del potencial de emisión de dióxido de carbono del páramo de Chingaza y lineamientos para su conservación en el contexto del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Tesis de grado para optar al título de Ecólogo. Universidad Javeriana.

Gentry, A.H. 2001. Patrones de diversidad y composición florística en los bosques de las montañas Neotropicales. En: M. Kapelle y A.D. Brown (eds.). *Bosques Nublados del Neotrópico*. Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio. Heredia. 698 p.

Grubb , P. J y T. C. Whi tmore. 1996. «A Comparison of Montane and Lowland Rain Forest in Ecuador II: The Climate and its Effects on the Distribution and Physiognomy of the Forests». *The Journal of Ecology* 54, No. 2: 303-333.

Herrera, M. B. 2007. Visión desde la implementación: Experiencias de PROFAFOR S.A. en el diseño e implementación de proyectos A/R MDL. Presentación del taller Investigaciones sobre servicios ambientales en ecosistemas de montaña en los Andes del norte y centro. Profafor.

Herold, M. 2007. Building national forest carbon monitoring capabilities for REDD GOFCGOLD Land Cover Office, FSU Jena, Germany. [www.gofc-gold.uni-jena.de](http://www.gofc-gold.uni-jena.de)

Hódar, J.A., Castro, J., Zamora, R. 2003. Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming. *Biological Conservation*, 110: 123-129.

Ives, A. R. y S. R. Carpenter. 2007. Stability and diversity of ecosystems. *Science* 317: 58- 62.

IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. L. Parry, O.F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. Van Der Linden and C. E. Hanson, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 p.

ITDG. 2007. Unión Europea, Sistema Nacional de Defensa Civil, Gobierno Regional de Apurímac, MASAL. *La sequía y la desertificación en Apurímac - Diagnóstico*. Lima. Pág. 68.

IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2002. *Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en condición Hot Spot & Global Climatic Tensor*. IDEAM – Colombia.

IPCC, 2001. El IPCC refiere que —las acciones de adaptación apuntan al ajuste de sistemas naturales o humanos como forma de moderar los daños o explotar posibles oportunidades de beneficios asociadas con estímulos climáticos o sus efectos. II

Josse, C. *et al.* 2009. *Ecosistemas de los andes del norte y centro Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú Y Venezuela*. Lima.

Jump, A.S., Peñuelas, J., Rico, L., Ramallo, E., Estiarte, M., Martínez-Izquierdo, J.A. y Lloret, F. (2008). Simulated climate change provokes rapid genetic change in the Mediterranean shrub *Fumana thymifolia*. *Global Change Biology*, 14: 637-643.

Josse, C. *et al.* 2003. Ecological systems of Latin America and the Caribbean: a working classification of terrestrial systems. Arlington, VA: Nature Serve

Köhler, L., C. Tobón, K. Frumau y L. Bruijnzeel. 2007. «Biomass and water storage dynamics of epiphytes in old-growth and secondary montane cloud forest stands in Costa Rica». *Plant Ecology* 193 (2): 171-184.

Kirilenko, A; Belotelov, N; Bogatyrev, B. 2000. Global model of vegetation migration: incorporation of climatic variability. *Ecological Modelling* 132:125-133.

Kane, R.P. 2000. «El Niño/La Niña relationship with rainfall at Huancayo, in the Peruvian Andes». *International Journal of Climatology* 20: 63-72.

Lhumeau, A y Cordero, D. 2012. Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. UICN, Quito, Ecuador. 17 pp.

Llosa, J., Pajares, E. y Toro, O. 2009. Cambio climático, crisis del agua y adaptación en las montañas andinas. Reflexión, denuncia y propuesta desde los Andes. Desco.

Llosa, L. 2008. Perfil de preinversión para elaborar un programa nacional de adaptación al cambio climático, con énfasis en zonas seleccionadas de la sierra centro y sur del país. CONCYTEC . Lima.

Lawton, R.O., U.S. Nair, R.A. Pielke Sr. y R.M. Welch. 2001. «Climatic impact of tropical lowland deforestation on nearby montane cloud forests». *Science* 294: 584-587.

Margaña, V. 2012. Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático. Estudio realizado en el marco del Proyecto de la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC), coordinado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) con recursos del Global Environment Facility (GEF), a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). México. 60 p.

Moreno, R.A., González, P., Navarro, I., Bonet, F.J., Pérez A. J., Zamora, R. al. 2012. Montaña mediterránea. Evaluación de los tipos operativos de ecosistemas. Universidad de Granada, Departamento de Ecología. Granada – España. 39 p.

Maselli, D. y Kohler. Th. 2011. Las montañas. Jugadores clave para el desarrollo sostenible a nivel global. Ideas y materiales para este folleto fueron proporcionados por: CDE, CMS, CONDESAN, la FAO, GMBA, el ICIMOD, MP, RM, SQU, el PNUMA, la UNESCO, la OMT, y la Red Zoi. Copyright del Centro para el Desarrollo y el Medio Ambiente de la Universidad de Berna (CDE) y de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

MARM 2010. Conservación de Especies Amenazadas. España, [En línea] 2010. [Citado el: 14 de Noviembre de 2013]:  
[http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/especies\\_amenazadas/](http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/especies_amenazadas/).

Matesanz, S., Escudero, A., Valladares, F. (2008). Additive effects of a potentially invasive grass and water stress on the performance of seedlings of gypsum specialists. *Applied Vegetation Science*, 11: 287-296.

Mosandl, R., S. Günter, B. Stimm , y M. Weber. 2008. «Ecuador Suffers the Highest Deforestation Rate in South America». In Beck, E., J. Bendix, I. Kottke, F. Mak eschin, y

R. Mosa ndl. (Eds.). 2008. Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador. *Analysis and Synthesis. Ecological Studies*, Vol. 198: 37-41.

Millenium Ecosystem Assessment (MA), 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*.

Manson, R. H., 2004. «Los Servicios Hidrológicos y la Conservación de los Bosques de México». *Madera y Bosques* 10 (1): 3-20.

Mena, P., G. Medina, R. Hofstede (2001). Los páramos del Ecuador: particularidades, problemas y perspectivas. Quito, Abya Yala/Proyecto Páramo.

Morales-Baquero, R., Pérez-Martínez, C. & Reche, I. 2001. Ecosistemas de alta montaña, las atalayas de la troposfera. *Ecosistemas*, 3:

Markham , A., 1998. «Potential Impacts of Climate Change on Tropical Forest Ecosystems. Guest Editorial». *Climatic Change* 39: 141–143.

Naredo, J.M. *et al.* 2007. Reservas de biosfera y ecosistemas de montaña: Ensayando fórmulas para el futuro de las montañas españolasII. Bienes y servicios de los ecosistemas de montaña. Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación Territorial. Asociación de Montañas. Universidad de Cantabria. 151 p.

Osorio, A. y Bahamon, C. 2008. Dinámica de la humedad del suelo en bosques alto andinos en el páramo de guerrero, Cundinamarca-Colombia. Tesis, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 63 p.

PNUMA. 2010. Véase el documento Agenda 21, capítulo 13. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

PNUMA. 2010. La diversidad biológica es nuestra vida. Diversidad Biológica en Montañas. Convenio sobre diversidad biológica. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2 p

PNUD. 2007. Cap. 2: Crisis climáticas: riesgo y vulnerabilidad en un mundo desigual. En: *La lucha contra el cambio climático: solidaridad frente a un mundo dividido*. Informe sobre Desarrollo Humano 207-2008. Pp. 72-107.

Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37: 637-669.

Pacheco, E. y Ataroff, M. 2005. Dinámica ecohidrológica en una selva nublada andina venezolana. Ataroff, M. y J.F. Silva (eds). *Dinámica Hídrica en Sistemas Neotropicales*. ICAE. Univ. Los Andes. Mérida.

Price, M. F. 2000. Las montañas: Ecosistemas de Importancia Mundial. Dirige el Programa de las zonas montañosas en la Unidad de Cambio Medioambiental, Universidad de Oxford, Reino Unido. 30 p.

Quintero, M. 2007. Visión para la implementación: Prioridades de investigación y monitoreo para focalizar las inversiones en servicios hídricos (tres estudios de



caso: Pimampiro, Fuquene, y Moyabamba). Presentación del taller Investigaciones sobre servicios ambientales en ecosistemas de montaña en los Andes del norte y centro. CIAT/CPWF-ANDES.

Rodríguez, H. 2007. Visión desde la implementación: Indicadores de biodiversidad para la implementación de pagos por protección de biodiversidad. Presentación del taller

Investigaciones sobre servicios ambientales en ecosistemas de montaña en los Andes del norte y centro. Procuena

Regato, P. & Del Río, M., 2009. 9530 Pinares (sud-) mediterráneos de *Pinus nigra* endémicos. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid. 96 pp.

Running, SW. 2006. Is Global Warming Causing More, Larger Wildfires? *Science*

Recharte, J. et al. 2004. El grupo páramos/ jalcas y punas del Perú: instituciones y acciones en beneficio de comunidades y ecosistemas alto andinos. El Grupo Páramos/Jalcas y Punas del Perú. Lima – Perú. 20p.

Ruiz, D. y L. Sainz. 2004. «Bosques de Alto Valor de Conservación (BAVC)-Bolivia». Disponible en:

[www.wwf.cl/archivos\\_publicaciones/Bosques%20con%20Alto%20Valor%20de%20conservaci%F3n%20webfinal.pdf](http://www.wwf.cl/archivos_publicaciones/Bosques%20con%20Alto%20Valor%20de%20conservaci%F3n%20webfinal.pdf).

Sánchez, J. Sierra Nevada. En: Cantos, F.J., Torres, A. & Beltrán, N, (eds.), 2010. Guía de reservas de la biosfera de España. Armonía hombre-naturaleza. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rura. y Marino.

Shultze, K. 2007. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático para el mantenimiento de S.A. en los Andes. Presentación del taller Investigaciones sobre servicios ambientales en ecosistemas de montaña en los Andes del norte y centro. IDEAM. Colombia

Sánchez, L. E. 2002, Impactos sobre los ecosistemas. II curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental. Departamento de Engenharia de Minas Escola Politécnica da Universidad de São Paulo. 10 p.

TEEB FOUNDATIONS (2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Local and Regional Policy Makers. [www.TEEBweb.org](http://www.TEEBweb.org).

Tobón, C., Bruijnzeel, L.A., y Frumau, A. 2009a. «Physical and hydraulic properties of Tropical Montane Cloud Forest soils and their changes after conversion to pasture». Proceedings of the Second International Symposium: Science for Conserving and Managing Tropical Montane Cloud Forests, Waimea, Hawaii, July 27 – August 1, 2004.

Tognetti, S. 2008. —La ciencia en la niebla y los misterios de los bosques nubosos II. Flows No. 8. IIED, Banco Mundial, Bank-Netherlands Watershed Partnership Program.

Tobón, C. 2007. Manejo de Cuencas: Dinámica del servicio hídrico, mantenimiento de caudales, estabilización de flujos, mantenimiento de calidad de agua, control de erosión y sedimentación y conservación biodiversidad acuática. Presentación del taller Investigaciones sobre servicios ambientales en ecosistemas de montaña en los Andes del norte y centro. Universidad Nacional, sede Medellín.

Viviroli, D., Weingartner, R. y Stefan Wunderle, S. et al. 2003. Las montañas torres de agua del mundo. 10 p.

Zurita, P. 2007. Acuerdos de conservación: un mecanismo para pagar por la conservación de la biodiversidad. Presentación del taller Investigaciones sobre servicios ambientales en ecosistemas de montaña en los Andes del norte y centro. Conservación Internacional.

Werner, W.L. 1998. «The mountain forests of Sri Lanka—a world of its own». En: Domroes, M.H.R. Ed., Sri Lanka: Past and Present; Archaeology, Geography, Economics. Bohler Verlag, Weikersheim, pp. 118–130.

Young, K.R. 2006. «Bosques húmedos». En: Moraes R. et al., (eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

# **ANEXOS**

## **ANEXOS 1: Acrónimos**

**AIDER** Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral

**CDC** Centro de Datos para la Conservación

**CEPAL** Comisión Económica para América Latina y el Caribe

**CMNUCC** Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático

**CO<sub>2</sub>** Dióxido de carbono

**CONDESAN** Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina

**ECOBONA** Programa Regional para la Gestión Social de Ecosistemas Forestales Andinos

**EFA** Ecosistema Forestal Andino

**GEI** Gases de Efecto Invernadero

**IDEAM** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia

**IPCC** Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change)

**IVC** Índice de Vulnerabilidad Climática

**LAC** Latinoamérica y el Caribe

**PNUD** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

**PNUMA** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

**REDD** Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal

**UICN** Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

**UNFCCC** Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (United Nations Framework Convention on Climate Change)

## Glosario de términos

**Capacidad adaptativa:** refleja la capacidad de los individuos, sistemas y sociedades para anticiparse, adaptarse y hacer frente a las fuentes de tensión y estrés relacionadas tanto a factores climáticos como sociales, económicos o político.

**Cambio Climático:** Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables (LGCC, 2012)

**Desagregación:** Debido a la necesidad de incrementar la escala de resolución de los GCMs para generar coberturas que puedan ser aplicadas a escalas subcontinentales o regionales, la comunidad científica ha desarrollado varias aproximaciones metodológicas para disminuir el tamaño del pixel de los GCMs e incrementar su resolución, conocidas como desagregación (o—downscalingll en inglés).

**Desplazamiento de los sobres climáticos:** Se refiere a los desplazamientos de las condiciones climáticas actuales en el espacio geográfico por efectos del cambio climático. Generalmente en el contexto de los paisajes de montaña, los desplazamientos están asociados a cambios en la gradiente altitudinal.

**Disponibilidad de agua:** representa la oferta hídrica disponible considerando los ingresos o entradas de agua al sistema (precipitación) y las pérdidas (evapotranspiración); cambios en el estado de los ecosistemas ligados a cambios de cobertura y uso de la tierra pueden exacerban la falta de disponibilidad de agua especialmente en épocas de sequía.

**Fragmentación:** La fragmentación de hábitat se refiere a un proceso de cambios ambientales que tiene implicaciones en la evolución y conservación de las especies y sus hábitats. Como su nombre implica, describe la aparición de discontinuidades (fragmentación) en el medio ambiente de un organismo (hábitat), generalmente vinculadas a procesos de cambios de cobertura y uso de la tierra.

**Gases de efecto invernadero:** Aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación infrarroja (LGCC, 2012).

**Impactos climáticos:** Consecuencias de la variabilidad climática y cambio climático en los sistemas naturales o humanos.

**Manejo adaptativo:** es una estrategia alternativa para la gestión de recursos naturales, que implica un proceso continuo de aprendizaje del sistema y el ajuste continuo de medidas por parte de gobiernos e individuos basada en la consulta y participación de actores claves, la incorporación de nuevo conocimiento, y la evaluación del cumplimiento de metas.

**Resiliencia:** se refiere a la capacidad de un sistema social o ecológico para absorber las perturbaciones y mantener las funciones esenciales y estructuras, al mismo tiempo que es capaz de auto-organizarse, aprender y adaptarse.

**Suficiencia de agua:** considera la disponibilidad de agua como la demanda de agua proveniente de múltiples usos (consumo humano, riego, energético) y la institucionalidad que medio su acceso a través de reglas de uso y sistemas de infraestructura.

**Vulnerabilidad:** de un sistema social o ambiental se describe el potencial de experimentar pérdidas o daños asociados a eventos o variaciones en un conjunto de condiciones, los cuales se relacionan a factores tanto socioeconómicos como biofísicos.

**Variabilidad climática:** La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa) (IPCC, 2007).

**Zonas de Producción:** Conjunto específico de recursos productivos manejados comunalmente en los cuales los cultivos crecen en distintas formas. El concepto sintetiza interacciones y mutuas transformaciones entre naturaleza y sociedad utilizando conocimientos sobre las características ambientales de distintos pisos ecológicos y manteniendo la organización social necesaria para su manejo.